

[Escribir texto]



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

“PLAN DEL MANEJO DEL ACUÍFERO DEL VALLE DE TOLUCA”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

JOSÉ CARLOS RUIZ RAMOS

ASESOR DE TESIS

ING. NELSON PIÑÓN MARTÍNEZ



MEXICO, D.F.

MAYO DEL 2007

[Escribir texto]



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN
FING/DCTG/SEAC/UTIT/065/05

Señor
SR. JOSÉ CARLOS RUÍZ RAMOS
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. NELSON PIÑÓN MARTÍNEZ, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

"PLAN DEL MANEJO DEL ACUÍFERO DEL VALLE DE TOLUCA"

- INTRODUCCIÓN
- I. OBJETIVO
- II. ANTECEDENTES
- III. USOS DEL AGUA
- IV. BALANCE HIDRÁULICO DEL ACUÍFERO
- V. CALIDAD DEL AGUA
- VI. PLAN DEL MANEJO DEL ACUÍFERO DEL VALLE DE TOLUCA
- VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria a 5 de agosto del 2005.
EL DIRECTOR

[Handwritten signature]
M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO
GFB/AJP/crc.

V.B. Adriano Cofejari
12-01-07
Ing. Nelson Piñón Martínez
[Handwritten signature]

Vo Bo, se puede Imprimir

Recibi' copia de la
tesis 11-Dic-06
[Handwritten signature]
Vo Bo, se puede imprimir

[Handwritten signature]
DOS TESIS
10/ENE/07
[Handwritten signature]
ROBERTO VACENCA

[Handwritten signature]
Vo Bo se puede imprimir

[Escribir texto]

DEDICATORIAS.

A la memoria de mi querido padre.
Carlos Ruíz Rios q.e.p.d., por ser el valuarte
en mi formación.

A mi querida madre.
Elsie Ramos de Ruíz, con cariño, amor
y admiración.

A mi esposa.
Sandra, por su respaldo, amor y
confianza.

A mis hijas.
Montserrat, Estefanía y Sandra Paola
con amor y ejemplo para sus estudios y
superación.

A mis hermanos.
Viviana, Minerva, Adriana, Julio Cesar
y Xóchitl, como símbolo de unión y --
comprensión

A mis tíos Francisco Javier, Abelardo y
Víctor Manuel.
Por estar siempre pendientes de mí.

A todos mis familiares.
Que de una u otra forma me apoyaron
y estuvieron conmigo.

[Escribir texto]

AGRADECIMIENTOS.

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento al Ing. Nelson Piñón Martínez por su incalculable colaboración y estímulo que me brindo para la realización de este trabajo.

A todos mis amigos y compañeros.
Que participaron de una u otra manera e hicieron posible la elaboración de este trabajo y culminación de mi carrera.

Finalmente a la Universidad Nacional Autónoma de México y en especial a la Facultad de Ingeniería por la formación profesional que en ella adquirí y a mis maestros por el cúmulo de conocimientos – que me impartieron.

[Escribir texto]

PLAN DEL MANEJO

DEL ACUÍFERO

VALLE DE TOLUCA

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

- I. OBJETIVO

- II. ANTECEDENTES
 - II.1. MARCO GEOGRÁFICO
 - II.2. ASPECTOS SOCIODEMOGRÁFICOS
 - II.3. HIDROMETRÍA Y CLIMATOLOGÍA
 - II.4. CARACTERÍSTICAS DEL ACUÍFERO
 - II.5. ESTUDIOS REALIZADOS

- III. USOS DEL AGUA
 - III.1. USO PÚBLICO–URBANO
 - III.2. USO INDUSTRIAL
 - III.3. USO AGRÍCOLA
 - III.4. USO EN SERVICIOS
 - III.5. OTROS USOS

- IV. BALANCE HIDRÁULICO DEL ACUÍFERO
 - IV.1. ZONA DE VEDA
 - IV.2. ZONAS DE DISPONIBILIDAD
 - IV.3. BALANCE HIDRÁULICO SUBTERRÁNEO
 - IV.3.1. MODELO DE FLUJO
 - IV.3.2. ZONAS DE RECARGA
 - IV.3.3. EXTRACCIONES
 - IV.3.4. EVAPOTRANSPIRACIÓN
 - IV.3.5. PIEZOMETRÍA

- IV.4. EFECTOS DE LA SOBREEXPLOTACIÓN**
 - IV.4.1. DESCENSO DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS**
 - IV.4.2. ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES**
 - IV.4.3. DESECAMIENTO DE LAS LAGUNAS DEL LERMA**

- V. CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA**
 - V.1. FUENTES DE CONTAMINACIÓN**
 - V.2. SITUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

- VI. PLAN DEL MANEJO DEL ACUÍFERO DEL VALLE DE TOLUCA**
 - VI.1. PLANEACIÓN DEL PROYECTO**
 - VI.1.1. OBJETIVOS GENERALES**
 - VI.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**
 - VI.1.3. ACTIVIDADES A REALIZAR**
 - VI.2. MATRIZ DEL PROYECTO**
 - VI.2.1. PROBLEMAS PRINCIPALES EXISTENTES**
 - VI.2.2. RESULTADOS**
 - VI.2.3. INDICADORES**
 - VI.3. PARTICIPANTES**
 - VI.3.1. DEPENDENCIAS GUBERNAMENTALES**
 - VI.3.2. USUARIOS DE AGUAS NACIONALES**
 - VI.3.3. FUNDAMENTOS DE LOS COMITÉS TÉCNICOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS**

- VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el medio ambiente. El agua tiene un valor económico, social y ambiental en todos los usos a que se destina, sin embargo, siendo un recurso natural tan importante y vital, los seres humanos parece que nos hemos empeñado en degradarlo y usarlo ineficazmente, suponiendo por ignorancia o por inconciencia, que se trata de un recurso natural infinito del que se puede disponer libre o ilimitadamente. Por ello, son cada vez más las regiones en las que se registra una presión creciente sobre los recursos hídricos al aumentar la población y con ella la demanda de agua. México no es la excepción, por su clima y por sus características geográficas, económicas, sociales y demográficas, enfrenta problemas complejos para satisfacer los requerimientos de agua.

Son las regiones ubicadas en el centro del país donde se asienta la parte mayoritaria de la producción y población mexicana y donde la escasez y la demanda del recurso son mayores.

Es en estas regiones donde la explotación del agua subterránea se ha dado en una forma más intensa, debido a que el agua superficial está plenamente comprometida y no existe permanentemente. En los acuíferos se sustenta principalmente el abastecimiento de agua potable de las grandes ciudades importantes del centro del país, casi la totalidad de la planta industrial mexicana.

El acuífero del valle de Toluca permaneció casi inalterado hasta el principio de la década de los 40, cuando se inició en mayor escala su explotación, que se incrementó sustancialmente en los años cincuenta por la perforación de pozos del Sistema Lerma para abastecer de agua potable a la ciudad de México, por lo que en la década de los sesenta fue necesario declarar veda por tiempo indefinido en gran parte del territorio de este acuífero. No obstante en las décadas de los 70 y 80, el Gobierno del Estado de México alentó y finalizó programas para impulsar la instalación de grandes industrias y en la actualidad el acelerado crecimiento

demográfico de migración de otros estados presenta un fuerte crecimiento en la zona conurbada del valle de Toluca, motivado por asentamiento de corredores industriales en la cercanía de la ciudad capital, ocasionando con ello la inmigración de los estados vecinos para cubrir la demanda de mano de obra. Esta situación se presentó en las dos últimas décadas (80 y 90), y vino a generar una mayor demanda de agua para uso público-urbano, industrial y de servicios, agravando la condición de sobreexplotación que ya presentaba el acuífero.

La extracción de agua subterránea en el acuífero del valle de Toluca se realizó sin ningún control hasta finales de los ochentas, cuando con la creación de la Comisión Nacional del Agua (CNA) se estableció un control más estricto en la perforación de pozos y en la extracción de volúmenes concesionados, pero sin lograr detener los efectos de la sobreexplotación.

Por ello, se considera necesario establecer una estrategia que garantice el recurso para sostener el desarrollo actual del valle de Toluca, sin afectar a las generaciones futuras. Esta estrategia debe partir de la base de la participación de todos los involucrados en la problemática, es decir, los tres órdenes de gobierno, los usuarios de aguas subterráneas, instituciones académicas y la sociedad en general, conjuntamente con voluntad e iniciativa deberán definir y establecer un plan de manejo del agua subterránea en el Acuífero Valle de Toluca (AV de T), que permita la estabilización del acuífero y mitigue los efectos de la sobreexplotación.

El presente trabajo se consideran los aspectos más relevantes que inciden en la situación actual que presenta el (AV de T) derivado de la sobreexplotación a que está sujeto, con el fin de proponer un plan de trabajo que permita lograr la preservación del mismo.

Se presenta una reseña de su comportamiento por la extracción y exportación del agua a la ciudad de México; lo que significa el agua y lo que representa, cuál es su situación así como acciones que se han realizado para eficientar su uso,

distribución, conservación y preservación por diferentes organizaciones a nivel mundial.

Se integra la información correspondiente a: localización geográfica, hidrológica, cómo está comunicada la región de influencia del acuífero, los municipios que lo comprenden y estadísticas en sus aspectos demográficos; los aspectos climatológicos que prevalecen en la región, su comportamiento, las estaciones climatológicas e hidrométricas con su localización, instrumentación y equipo que existen en el área de influencia del acuífero; cómo está conformado el acuífero geológicamente, su determinación y constitución, superficie, materiales que lo conforman, topografía y su comportamiento hidráulico

Se presentan los estudios que se han realizado por diferentes instancias involucradas en su explotación así como las conclusiones específicas de cada uno de ellos.

Con base en la información de la Gerencia Estatal del Edo. de México de la Comisión Nacional del Agua (CNA), se presentan los diferentes usos del agua, incluyendo volúmenes y porcentajes de sus extracciones con los aprovechamientos subterráneos registrados para cada uno de ellos.

La dependencia normativa (CNA), realizó en 2002 un estudio para la determinación de la disponibilidad de agua en el AVdeT, Estado de México, mismo que se consideró en éste estudio con el fin de plasmar su situación jurídica, balance hidráulico, con sus zonas de disponibilidad y recarga, modelo de flujo con su definición, parámetros hidráulicos, extracciones y la piezometría instalada en el acuífero así como los efectos de la sobreexplotación, referenciando los descensos de niveles estáticos y dinámicos, etc.

El presente trabajo incluye análisis físicos y químicos realizados sobre la calidad del agua, interpretaciones regionales basadas en muestreos de norias y pozos, así como resultados y comparaciones de diferentes años concluyendo sobre un

incipiente a moderado deterioro del agua subterránea, se relacionan fuentes de contaminación y sistemas de tratamiento existentes en el área de influencia del acuífero, con base a datos de la Gerencia Estatal de CNA en el Estado de México.

Se propone el plan del manejo del acuífero a través de una matriz de planificación del proyecto para el manejo integral de la cuenca del Río Lerma en el Valle de Toluca.

Se comenta el porqué de la creación de un Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS), organismo que es integrado esencialmente por usuarios; la autoridad del agua solamente asiste y apoya técnicamente. Los efectos de la sobreexplotación del agua subterránea hicieron impostergable la creación de un organismo que a su vez sería organismo auxiliar del Consejo de Cuenca Lerma-Chapala, para plantear acciones concensadas y concertadas que permitan la estabilización del acuífero.

I.- OBJETIVO

El presente documento tiene como finalidad considerar los aspectos más relevantes que inciden en la explotación del Acuífero Valle de Toluca.

Uno de los objetivos principales es contrarrestar la sobreexplotación de los 142 Mm³, esto es, estabilizar los abatimientos y recuperar los volúmenes piezométricos. Esta sobreexplotación se pretende lograr reduciendo los volúmenes del Uso-Público-Urbano que se exporta al Distrito Federal así como del que se consume en la región.

Una meta ideal será la de ir reduciendo los abatimientos de niveles de agua en el acuífero y por último buscar la manera de recuperar dichos niveles de agua, bien sea por eficiencia en el uso, reducción de volúmenes consumidos y/o, reutilización del agua tratada con plantas de tratamiento.

De acuerdo a las tasas de crecimiento poblacional, se hace una proyección a los años 2010 y 2020 en el que se proyecta el crecimiento poblacional de los municipios que se localizan en el área de influencia del AVdeT.

Lograr la consolidación del Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS), como instancia organizadora que permita la vinculación de los usuarios del agua subterránea con la Comisión Nacional del Agua y las instancias de los Gobiernos Federal, Estatal y Municipal, debiendo ser expedita con el fin de obtener resultados positivos en su gestión.

Llevar a cabo una planeación del manejo del Acuífero Valle de Toluca que permita desarrollar, aplicar y dar seguimiento a un Plan de Manejo Sustentable a través de una matriz de planeación del proyecto, con la participación decidida del "Comité Técnico de Aguas Subterráneas", los Gobiernos Federal, Estatal y Municipal, Instituciones Académicas y Organizaciones no Gubernamentales para formulación y ejecución de programas y acciones para la recuperación, estabilización y

preservación del acuífero, debiendo considerarse los diversos problemas existentes en las áreas de trabajo del proyecto con indicadores verificables a corto, mediano y largo plazo; así mismo, recomendaciones que deben considerarse para que se logre implantar este plan del manejo del acuífero que permita su estabilización y asegurar su sustentabilidad en bien de las generaciones futuras.

II.- ANTECEDENTES

El valle de Toluca forma parte de la cuenca alta del Río Lerma junto con el Valle de Ixtlahuaca, con un buen potencial de aguas subterráneas; el cual ha sido mermado por la explotación de grandes volúmenes mediante la batería de pozos del Sistema Lerma para abastecer de agua a la ciudad de México y zona metropolitana, así como por explotaciones locales para su desarrollo, las extracciones han rebasado la potencialidad del acuífero, es decir, el monto de la recarga media anual es mucho menor que la descarga, ante el aumento de una demanda siempre creciente de las extracciones, lo que refleja un abatimiento acelerado en los niveles piezométricos y la consecuente formación de grietas y hundimientos diferenciales en el terreno.

El agua es elemento de la vida, el planeta Tierra alberga aproximadamente 14000 millones de km³ del líquido en los tres estados de la materia: sólido, líquido y gaseoso, el 94% de éste es salada, el 2% se encuentra en estado sólido mientras que el 2.5% es agua dulce, y está disponible tan sólo el 0.01% respectivamente (PNUMA, 2000; Seoáñez, 1998).

El agua se considera un recurso estratégico y crítico, de él depende el grado de desarrollo económico de los países, interviene en diferentes aspectos (social, económico, político, ambiental, etc.); por ello organismos como la FAO promueven el aprovechamiento eficiente y la conservación del agua con el fin de lograr la seguridad alimentaria, el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y el Banco Mundial colaboran en el programa conjunto del agua y saneamiento, entre otros, vienen poniendo interés en el asunto (CIRU, 2000).

De acuerdo a datos obtenidos por la Revista de Tecnología Ambiental, el 60% del agua dulce a nivel mundial se encuentra en 10 países, destacándose Brasil,

Estados Unidos, China e Indonesia; México se ubica como el LXXV lugar que cuenta con reservas de agua dulce con el 0.1%.

El uso, aprovechamiento, conservación y distribución del agua varía en espacio y tiempo, generalmente su calidad depende del tipo de actividad socioeconómica que se desarrolla en el lugar.

Uno de los factores que ha impulsado la demanda del líquido es el crecimiento poblacional, sin embargo no es directamente proporcional; de acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas (ONU) su demanda es dos veces mayor a la del incremento de la población. Una vez satisfechas las necesidades de la población, se vierte con diferentes contaminantes a cuerpos de agua que no son asimilados fácilmente, porque la concentración es superior a su capacidad de autodepuración.

Actualmente el origen de la contaminación del agua se debe principalmente a descargas de aguas residuales industriales y domésticas, además por el arrastre de agroquímicos y fertilizantes utilizados en la agricultura. Éstos últimos pueden disolverse en presencia de agua, provocando efectos negativos al cuerpo de agua (pérdida de especies animales y vegetales), daños a la salud humana y socioeconómicos.

Día a día los cuerpos de agua se han convertido en desagües de las descargas de aguas residuales ocasionando daños como los ya mencionados, además existe una disminución en cuanto al volumen del agua dulce disponible para uso humano. Es por ello que existe una preocupación internacional en materia de agua para poder revertir o en dado caso restaurar el bien o servicio ambiental (agua) para gozar en un presente y en un futuro del recurso. Con el propósito de eficientar el uso, distribución, aprovechamiento, conservación y sobre todo la calidad; se han establecido una serie de acciones internacionales, entre las cuales destacan: (tabla 1).

TABLA 1
(1 de 2)

EVENTO	CONTENIDO
Decenio Internacional de Agua Potable y del Saneamiento Ambiental 1981-1990	<ul style="list-style-type: none"> • Debido a que cada país es diferente en cuanto a raza, idioma, religión, etc., también éste será diferente en términos del uso y aprovechamiento de los recursos naturales en especial en el tema del agua, independientemente de sus diferencias
Declaración de Nueva Delhi 1990	<ul style="list-style-type: none"> • En esta se proclama formalmente la necesidad de facilitar el servicio del agua potable a la población a través de un lema: "algo para todos y no mucho para pocos", es decir, un uso sustentable del mismo.
Conferencia Internacional sobre Agua y Medio Ambiente, Dublín 1992	<ul style="list-style-type: none"> • Temas relacionados con el valor de el bien y servicio ambiental, (Principios rectores. Declaración de Dublín sobre el Agua y el Desarrollo Sostenible)
Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, Río de Janeiro (Cumbre de la Tierra). 1992	<ul style="list-style-type: none"> • Se concluye que "Una ordenación global del agua dulce y la integración de planes y programas hídricos sectoriales dentro del marco de la política económica y social nacional son medidas que revisten la máxima importancia entre las que se adopten en el decenio de 1990 y con posterioridad."(Programa 21, Sección 2, Capítulo 18, 18.6)
Conferencia Internacional "El Agua en las Américas 2002a	<ul style="list-style-type: none"> • Su objetivo fue analizar las formas que refuercen asociaciones para la gestión integrada del agua en las Américas, particularmente enfocadas a las necesidades de los pobres, concluyéndose el adecuar los esfuerzos para controlar la contaminación del agua, avanzar en una cultura de la misma, entre otros. (RIOCI, 2003)

<p>Cumbre de Johannesburgo 2002</p>	<ul style="list-style-type: none"> • AGENDA 21, Capítulo 18 la Protección de la Calidad y el Suministro de los recursos del Agua Dulce: • Aplicación de criterios integrados para el aprovechamiento, ordenación y uso de los recursos del Agua Dulce; uno de ellos a nivel internacional es precisamente que el recurso exista y que satisfaga las necesidades de la población a nivel internacional en calidad, en este caso se deberán tomar medidas que permitan un crecimiento poblacional y una demanda de agua a la par, con el objetivo de lograr un desarrollo sustentable. • Manejar un sistema que permita acceder a datos reales y evaluar los recursos hídricos.
<p>Año Internacional del Agua dulce (AIRAD) 2003</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El agua es el recurso esencial en el desarrollo económico, ambiental y social de cualquier región. • Objetivo: fortalecer una sensibilización en todos los sectores sobre la importancia del agua dulce y hacer hincapié en decir porqué es importante el uso integrador del vital líquido.
<p>Foro Mundial del Agua. Kyoto, 2003</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El objetivo fue el de intercambiar los conocimientos entre las naciones y conocer las nuevas tecnologías que se han aplicado para la restauración y el aprovechamiento del recurso agua (agua potable, saneamiento y plantas de tratamiento más eficientes y a menor costo). (Agenda 21)
<p>Decenio Internacional para la Acción “El Agua fuente de la Vida” 2005—2015.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Empezó a partir del 22 de marzo, Día Internacional del Agua. • Los objetivos están enfocados hacia una interdisciplinariedad, destacándose el papel de la mujer; para la ejecución de los programas y proyectos estipulados para lograr un desarrollo sustentable.

II.1.- MARCO GEOGRÁFICO

El acuífero del valle de Toluca se localiza en el estado de México (25), dentro de la cuenca alta del Río Lerma, situada al sur del altiplano mexicano, y limitada al norte por el acuífero de Atlacomulco-Ixtlahuaca, al sur por el cerro de Tenango, al surponiente del volcán nevado de Toluca y al oriente por la Sierra de las Cruces y Monte Alto respectivamente, cubriendo un área total aproximada de 2738 Km².

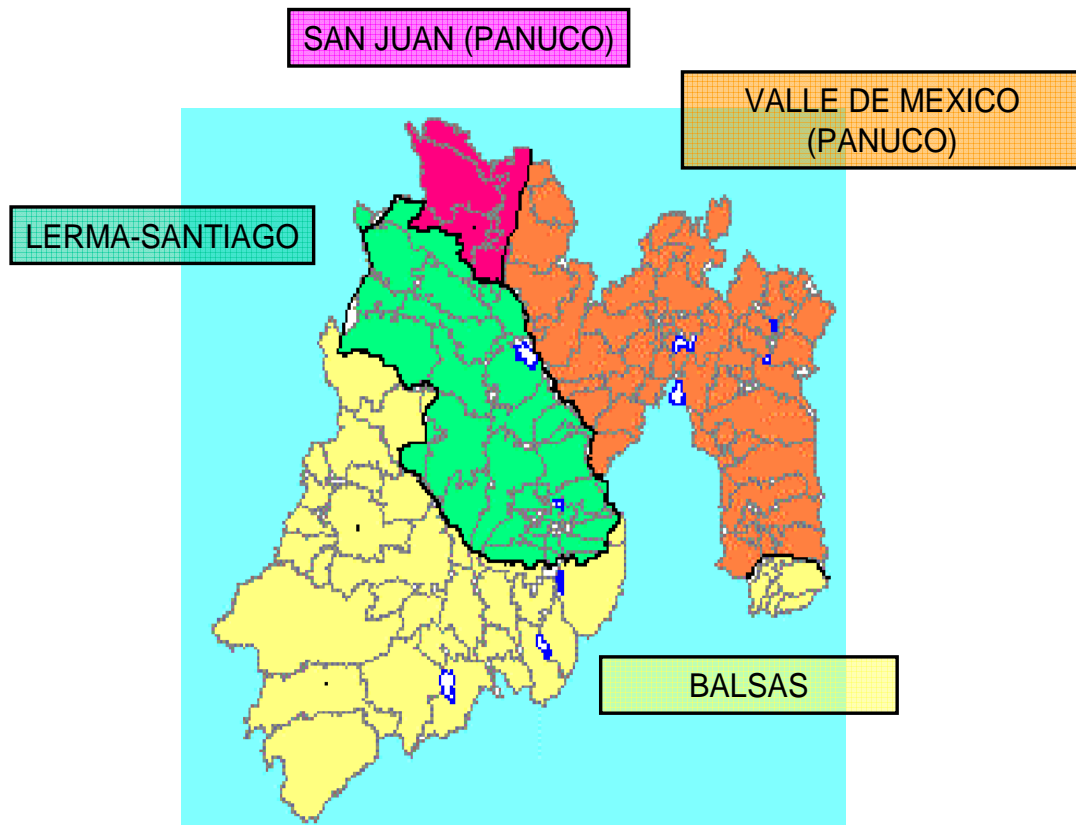
Geográficamente se localiza entre las coordenadas 19° 03´ latitud norte y entre los meridianos 99° 18´ y 99° 59´ de longitud oeste, se puede decir sin duda que en general la zona esta muy bien comunicada, por lo que se refiere a vías terrestres, la ciudad de Toluca se comunica con la ciudad de México por la carretera N° 15, hacia el norte con Atlacomulco y Querétaro por la autopista estatal no. 55, comunicando con almoloya de Juárez y pasando por Ixtlahuaca; hacia el poniente con Zitacuaro, Valle de Bravo y Temascaltepec por las carreteras N° 15,1 y 134 respectivamente y hacia el sur con Tenango del Valle y Tenancingo por la continuación de la carretera N° 55. También hay buena comunicación a través del ferrocarril que comunica a la ciudad de México y Acambaro, Morelia y Guadalajara, cuenta además con el aeropuerto internacional Adolfo López Mateos, ubicado entre Lerma y Toluca, a un lado del corredor industrial y a escasos 5 Km. de la capital del Estado. (Plano D-09, Localidades y Vías de Comunicación, anexo 01).

Son 23 municipios los que comprende el polígono del AVdeT; Almoloya de Juárez, Almoloya del Río, Atizapan, Calimaya, Capulhuac, Chapultepec, Xalatlaco, Jiquipilco, Lerma, Metepec, Mexicaltzingo, Ocoyoacac, Oztolotepec, Rayón, San Antonio la Isla, San Mateo Atenco, Temoaya, Tenango del Valle, Texcalyacac, Tianguistenco, Toluca, Xonacatlan y Zinacantepec, existiendo otros de menor cuantía como: Ocuilan, Villa Victoria, Joquicingo y Morelos. (Plano D-23, División Municipal, anexo 02).

Territorialmente pertenece a la región o cuenca hidrológica VIII Lerma-Santiago-Pacífico, Subregión Alto Lerma (plano 3), la principal corriente superficial que atraviesa al AVdeT es el Río Lerma, esta corriente nace prácticamente en el poblado de Almoloya del Río, a partir de este punto su cauce sigue en dirección más o menos franca hacia el norte, continuando en su trayecto atraviesa el Valle de Ixtlahauca-Atzacomulco, saliendo del estado de México en el municipio de Temascalcingo para integrarse posteriormente al estado de Michoacán.

PLANO 3

CUENCAS HIDROLOGICAS



Fuente: Documento básico" Acuífero del valle de Toluca (16).

II.2.- ASPECTOS SOCIODEMOGRÁFICOS

La población del Estado de México, en las estadísticas del año 2000 del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), es de 13'083,359 habitantes, representando el 13% de la población del país, siendo la entidad con mayor densidad de población con 581 hab/km². El crecimiento de la población del estado no ha sido homogéneo, y es particularmente en el valle de Toluca en la que se ha concentrado en áreas muy delimitadas como es el caso del corredor Toluca-Zona Industrial entre los municipios de la cuenca alta del río Lerma respectivamente, creciendo de 1'354,010 habitantes en 1990 a 1'865,554 en 2000, esto es que la población creció casi un 27% en diez años, debido al acelerado crecimiento por el desarrollo industrial y habitacional. (tabla 2 y gráfica 1, periodo de observación 1930-2000), se hace una proyección a los años 2010 y 2020, reflejando un crecimiento del orden de 2'574,375 y 3'538,003, 28% y 27% respectivamente, (tabla y gráficas Densidad de Población, anexo 03).

Cabe destacar que entre 1950 y los años ochenta, el Estado de México pasó del séptimo al primer lugar en cuanto a población total, entre las 32 entidades federativas.

El acelerado crecimiento demográfico se debe en gran parte a que el Estado de México recibe una gran cantidad de migrantes de otras entidades que llegan a la región en busca de satisfactores económicos. Esta situación propicia una fuerte presión a las actividades encaminadas a la creación de infraestructura y servicios, entre ellos el servicio de agua potable. Así de antemano, se puede deducir que el consumo público urbano es de relevancia en el valle de Toluca.

DENSIDAD DE POBLACIÓN EN LOS MUNICIPIOS DE LA CUENCA DEL ALTO LERMA
PERIODO DE OBSERVACIÓN 1930-2000 Y SU PROYECCIÓN AL AÑO 2010 Y 2020

TABLA 2

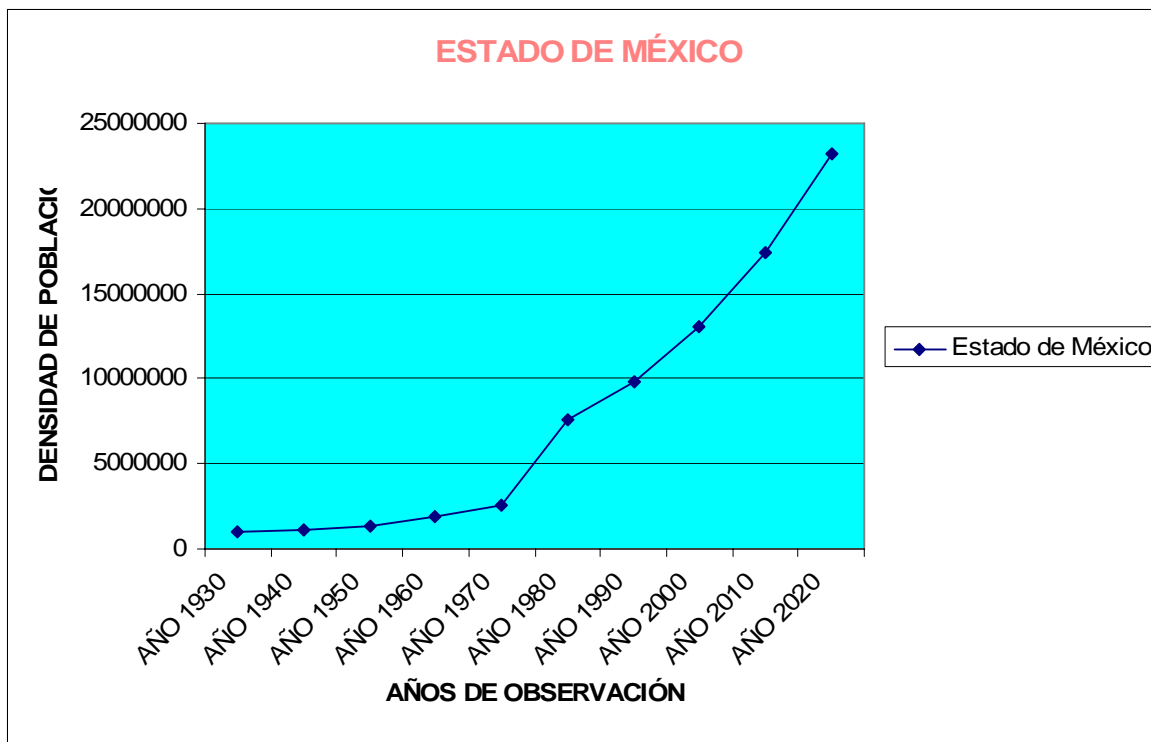
MUNICIPIO	SUPERFICIE EN KM2	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010	2020
ALMOLOYA DEL RIO	12,49	2441	2702	2986	3387	3714	6193	6777	8873	11617	15210
CALIMAYA	228,61	8252	9871	11007	12335	15666	21876	24906	35196	49737	70287
CAPULHUAC	37,48	8032	7152	8160	9609	12350	18257	21258	28808	39039	52905
CHAPULTEPEC	18,75	1093	1201	1462	1531	1909	3675	3863	5735	8514	12640
JALATLACO	81,20	3691	4446	5241	5311	7861	12097	14047	19182	26194	15770
JIQUIPILCO	314,81	13492	15859	19108	22939	29467	29744	44012	56614	72824	93676
JOQUICINGO	266,09	3525	3848	4712	5141	5809	7211	7769	10720	14792	20411
LERMA	203,63	15511	17300	23623	27814	36071	57219	66912	99870	149062	222483
METEPEC	61,21	13701	15460	17247	18915	31724	83030	140268	194463	269597	373761
MORELOS	154,90	9920	11051	12737	16021	15702	19068	21853	26971	33288	41084
MEXICALCINGO	10,00	1941	2032	2418	2887	4037	6079	7248	9225	11741	14944
OCUILAN	99,94	4680	6225	7142	8496	11974	15809	19043	25989	35469	48406
OCOYOACAC	71,21	9770	10255	12423	14574	19364	33952	37395	49643	65903	87488
OTZOLOTEPEC	77,45	10799	12921	15463	15990	22203	29112	40407	57583	82060	116942
RAYON	26,23	1891	2080	2657	3063	3831	5688	7026	9024	11590	14886
SAN ANTONIO LA ISLA	22,49	2217	2414	2686	2794	4252	9504	7321	10321	14550	20513
SAN MATEO ATENCO	31,23	6528	7267	9224	11987	18140	33719	41926	59647	84858	120725
TEMOAYA	11,18	11480	14903	19743	23131	30190	34120	49427	69306	97180	136265
TENANGO DEL VALLE	181,14	17137	18187	20972	24628	29091	38381	45952	65119	92281	130772
TEXCALYACAC	13,75	1209	1417	1345	1222	1604	2381	2961	3997	5395	7283
TIANGUISTENCO	114,93	10423	13385	15927	19688	24600	37017	42448	58381	80295	110433
TIMILPAN	187,39	6429	7286	9133	8998	9510	11566	12059	14512	17464	21016
TOLUCA	377,28	89895	97962	115019	156033	239261	357071	487612	666596	911278	1245774
XONACATLAN	179,89	5598	7325	8582	10600	15237	19546	28837	41402	59442	85342
ZINACANTEPEC	306,07	17368	20217	26080	31718	44182	60232	83197	121850	178461	261373
ALMOLOYA DE JUAREZ	484,71	21733	10886	32679	38310	44900	58379	84147	109408	142252	184957
ATIZAPAN	28,73	1524	1559	1811	2250	2794	3726	5339	7119	9492	12657
SUMA =	3602,79	300280	325211	409587	499372	685443	1014652	1354010	1865554	2574375	3538003
SUP. EDO. DE MÉXICO	21461,00	990112	1146034	1392623	1897851	2585433	7564335	9815795	13083359	17429906	23243783

REFERENCIA: Información obtenida del censo general de población y vivienda del INEGI de 1930-2000

NOTA: Para la proyección de la población 2010 y 2020, se considero con base los años 1930 al 2000, empleando la fórmula de: TCMA = Tasa de Crecimiento media anual

Pp = Población proyectada

GRAFICA 1



II.3.- HIDROMETRÍA Y CLIMATOLOGÍA

El clima que prevalece en la zona del valle de Toluca se clasifica como templado, subhúmedo con lluvias en verano y precipitación promedio invernal de 12 mm. Hacia las estribaciones del nevado de Toluca se torna un clima frío subhúmedo y con lluvias en verano, con precipitación promedio invernal de 16.5 mm., Enriqueta García (20), (tabla 3) 26 estaciones climatológicas localizadas en la cuenca alta del Río Lerma. (Plano D-29 Estaciones Climatológicas, anexo 04).

Fuente: Dpto. de Aguas Superficiales, Área Técnica Gerencia Edo. México CNA.

La temperatura media anual en todo el valle varía entre 12° y 14° C; en los meses de diciembre y enero del orden de 9.5° C, a partir del cual se va incrementando hasta mayo, mes en que se registran temperaturas medias cercanas a 14° C para descender gradualmente hasta diciembre, la temperatura mensual y anual media

registrada en las estaciones climatológicas del Observatorio de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM) y Oficinas de la Gerencia Estatal en el Estado de México de CNA pueden considerarse representativas de la región, bajo estudio en el periodo 1946–2003, la temperatura media resulta de 12.8° C en el año y sus valores extremos de -6° C en invierno y 27.0° C en primavera, (tabla 4).

Fuente: Dpto. de Aguas Superficiales, Área Técnica Gerencia Edo. México CNA.

La precipitación pluvial media anual está entre los 800 y 1,000 mm para el valle de Toluca; las estaciones más representativas, es la de Toluca, registra 785 mm/año con valores extremos de 1,183 y 776.4 mm/año, hacia las faldas del nevado la precipitación se incrementa a 1,200 y 1,400 mm anuales. La temporada de lluvias se presenta de mayo a octubre, siendo más intensa los meses de junio a septiembre con valores cercanos a unos 140 mm mensuales, (tabla 5) y (tabla 6) contempla las 14 estaciones hidrométricas representativas en la cuenca alta del curso del Río Lerma; el estiaje tiene lugar entre noviembre y abril, con precipitaciones del orden de 12 mm/mes. (Plano D-29 Estaciones Hidrométricas, anexo 04).

La evaporación media anual en el periodo 1948–2003 resulta de 1.55 mm anuales en la porción noreste del valle, disminuyendo hacia el sureste con valores del orden de 1.57 mm/año, (tabla 7).

Fuente: Dpto. de Aguas Superficiales, Área Técnica Gerencia Edo. México CNA.

ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS EN LA CUENCA DEL CURSO ALTO DEL RÍO LERMA

TABLA 3

No	NOMBRE	LOCALIDAD	MUNICIPIO	COORDENADAS			ACCESOS	PERIODO DE REGISTRO*		INSTRUMENTOS Y EQUIPO					OPERA
				LATITUD	LONGITUD	ALTURA		INICIO	TERMINO	PLUVIO METRO	EVAPORI METRO	TERMO METRO	VELET A	PLUVIOGRA FO	
001	CALIXTLAHUACA	CALIXTLAHUACA	TOLUCA	19 20 20	99 41 03	2630	CARRETERA, BRECHA	Jun-1975	Diciembre de 2004	X	X	X	X	X	SI
002	CAPULHUAC	SAN MATEO APULHUAC	OTZOLOTEPEC	19 26 27	99 32 43	2760	CARRETERA, BRECHA	Ene-1969	Diciembre de 2004	X	-	X	X	-	SI
003	CBETA DE JALATLACO	JALATLACO	JALATLACO	19 10 47	99 25 18	2800	CARRETERA, BRECHA	Ene-1983	Diciembre de 2004	X	X	X	X	X	SI
004	CODAGEM (GERENCIA C.N.A.)	RANCHO GUADALUPE	METEPEC	19 14 54	99 34 32	2595	CARRETERA, BRECHA	Jun-1980	Diciembre de 2004	X	X	X	X	-	SI
005	COLONIA ALVARO OBREGON	COLONIA ALVARO OBREGON	LERMA	19 22 40	99 29 45	2580	CARRETERA, BRECHA	Jun-1980	Diciembre de 2004	X	X	X	X	-	SI
006	EPCCA	EPCCA	LERMA	19 17 09	99 31 25	2575	CARRETERA, BRECHA	Ene-1973	Diciembre de 2004	X	X	X	X	X	SI
007	HACIENDA LA Y	COLONIA GUADALUPE	OTZOLOTEPEC	19 24 18	99 33 47	2576	CARRETERA, BRECHA	Ene-1961	Diciembre de 2004	X	X	X	X	X	SI
008	LA MARQUESA	SALAZAR	OCOYOACAC	19 18 31	99 23 16	2989	CARRETERA, BRECHA	Ene-1971	Diciembre de 2004	X	X	X	X	X	SI
009	LOMA ALTA	LOMA ALTA	ZINACANTEPEC	19 10 19	99 48 22	3432	CARRETERA, BRECHA	Oct-1977	Diciembre de 2004	X	X	X	X	-	SI
010	MEXICALCINGO	MEXICALCINGO	MEXICALCINGO	19 12 34	99 35 19	2602	CARRETERA, BRECHA	Ene-1969	Diciembre de 2004	X	X	X	X	-	SI
011	MIMIAPAN	SAN MIGUEL MIMIAPAN	XONACATLAN	19 26 35	99 27 52	2935	CARRETERA, BRECHA	Feb-1961	Diciembre de 2004	X	X	X	X	-	SI
012	NEVADO DE TOLUCA	NEVADO DE TOLUCA	ZINACANTEPEC	19 06 49	99 44 45	4110	CARRETERA, BRECHA	Jul-1964	Diciembre de 2004	X	X	X	X	X	SI
013	NUEVA OXTOTITLAN	COLONIA NUEVA OXTOTITLAN	TOLUCA	19 16 44	99 41 09	2695	CARRETERA, BRECHA	Feb-1976	Diciembre de 2004	X	X	X	X	X	SI
014	NUEVA SANTA ELENA	EL CERRILLO	TOLUCA	19 24 40	99 41 58	2611	CARRETERA, BRECHA	Ene-1961	Diciembre de 2004	X	X	X	X	-	SI
015	OBSERVATORIO C.N.A.	MELEAGRICULTURA	ZINACANTEPEC	19 17 00	99 41 00	2721	CARRETERA, BRECHA	Ene-1961	Diciembre de 2004	X	X	X	X	X	SI
016	OBSERVATORIO U.A.E.M.	RECTORIA DE LA U.A.E.M.	TOLUCA	19 17 07	99 39 10	2640	CARRETERA, BRECHA	Ene-1946	Diciembre de 2004	X	-	X	X	-	SI
017	SAN BERNABE	PRESA JOSE ANTONIO ALZATE	TEMOAYA	19 27 58	99 42 12	2560	CARRETERA, BRECHA	Ene-1961	Diciembre de 2004	X	X	X	X	X	SI
018	SAN FRANCISCO PUTLA	SAN FRANCISCO PUTLA	TENANGO DEL VALLE	19 07 08	99 37 55	2710	CARRETERA, BRECHA	Ene-1978	Diciembre de 2004	X	X	X	X	-	SI
019	SAN FRANCISCO TLALCICALPAN	SAN FRANCISCO TLALCICALPAN	ALMOLOYA DE JUAREZ	19 17 32	99 46 04	2545	CARRETERA, BRECHA	Ago-1946	Diciembre de 2004	X	X	X	X	X	SI
020	SAN JOSE DEL CONTADERO	SAN JOSE DEL CONTADERO	ZINACANTEPEC	19 14 04	99 48 29	3045	CARRETERA, BRECHA	Oct-1980	Diciembre de 2004	X	X	X	X	-	SI
021	SAN JUAN DE LAS HUERTAS	SAN JUAN DE LAS HUERTAS	ZINACANTEPEC	19 14 15	99 45 51	2840	CARRETERA, BRECHA	Ene-1982	Diciembre de 2004	X	X	X	X	X	SI
022	SAN MARCOS DE LA CRUZ (ZOO)	ZOOLOGICO DE ZACANGO	CALIMAYA	19 11 54	99 38 54	2970	CARRETERA, BRECHA	Ene-1986	Diciembre de 2004	X	-	X	X	-	SI
023	TEMOAYA	TEMOAYA	TEMOAYA	19 28 11	99 35 35	2694	CARRETERA, BRECHA	Ene-1961	Diciembre de 2004	X	X	X	X	-	SI
024	TENANGO	TENANGO DEL VALLE	TENANGO DEL VALLE	19 06 25	99 37 02	2603	CARRETERA, BRECHA	Ago-1959	Diciembre de 2004	X	-	X	X	-	SI
025	TROJES	TROJES	TEMOAYA	19 25 41	99 36 45	2500	CARRETERA, BRECHA	Jun-1974	Diciembre de 2004	X	X	X	X	X	SI
026	VILLA VERDE	VILLA VERDE	CALIMAYA	19 08 20	99 36 35	2340	CARRETERA, BRECHA	Ene-1986	Diciembre de 2004	X	-	X	X	-	SI

Fuente: Dpto. de Aguas Superficiales, Área Técnica Gerencia Edo. México CNA.

**COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA EN LA CUENCA DEL CURSO ALTO DEL RÍO LERMA
(DESDE EL ORIGEN DEL RÍO LERMA HASTA LA PRESA JOSÉ ANTONIO ALZATE**

TABLA 4

Década	Temperatura Media Anual (°C)
1940-1950	13.0
1950-1960	13.5
1960-1970	12.3
1970-1980	12.7
1980-1990	12.1
1990-2000	13.2
2001-2003	13.2

Fuente: Dpto. de Aguas Superficiales, Área Técnica Gerencia Edo. México CNA.

**COMPORTAMIENTO DE LA PRECIPITACIÓN EN LA CUENCA DEL CURSO ALTO DEL RÍO LERMA
(DESDE EL ORIGEN DEL RÍO LERMA HASTA LA PRESA JOSÉ ANTONIO ALZATE)**

TABLA 5

<i>Década</i>	<i>Precipitación Media Anual Promedio (mm)</i>
<i>1940-1950</i>	<i>825.8</i>
<i>1950-1960</i>	<i>901.3</i>
<i>1960-1970</i>	<i>1011.5</i>
<i>1970-1980</i>	<i>935.7</i>
<i>1980-1990</i>	<i>824.1</i>
<i>1990-2000</i>	<i>886.7</i>
<i>2001-2003</i>	<i>841.2</i>

Fuente: Dpto. de Aguas Superficiales, Área Técnica Gerencia Edo. México CNA.

ESTACIONES HIDROMÉTRICAS EN LA CUENCA DEL CURSO ALTO DEL RÍO LERMA

TABLA 6

No	NOMBRE	COORDENADAS							ACCESOS	PERIODO DE REGISTRO		INSTRUMENTOS Y EQUIPO				OPERA
		LATITUD			LONGITUD			ALTURA		INICIO	TERMINO	MOLINETE	LIMNIGRAFO	CANASTILLA	ESCALA	
001	ATOTONILCO II	19°	27'	43"	99°	46'	19"	2539	CARRETERA, BRECHA	Jun-1965	Oct-2000	X	X	X	X	SI
002	CALIXTLAHUACA	19°	20'	16"	99°	41'	25"	2630	CARRETERA, BRECHA	Jul-1961	Oct-2000	X	X	X	X	SI
003	LA LOMA	19°	17'	30"	99°	33'	16"	2570	CARRETERA, BRECHA	Oct-1976	Jun-1999	X	-	-	X	SI
004	LA "Y"	19°	24'	00"	99°	35'	00"	2566	CARRETERA, BRECHA	Abr-1942	Jun-1999	X	X	-	X	SI
005	LOS VELAZQUEZ	19°	24'	35"	99°	52'	29"	2559	CARRETERA	Jun-1963	Oct-2000	X	X	-	X	SI
006	OTZOLOTEPEC	19°	23'	53"	99°	34'	26"	2568	CARRETERA, BRECHA	Ene-1942	Jun-1999	X	-	-	X	SI
007	PRESA SALAZAR (SALIDA)	19°	18'	06"	99°	23'	52"	2989	CARRETERA, BRECHA	May-1980	Jun-1999	X	X	-	X	SI
008	PUENTE LOS VELAZQUEZ	19°	25'	32"	99°	52'	16"	2557	CARRETERA	Jun-1963	Jun-1999	X	X	-	X	SI
009	SN. BERNABE	19°	27'	53"	99°	42'	33"	2546	CARRETERA, BRECHA	Jun-1960	Jun-1999	X	X	X	X	SI
010	TLACOPA 1	19°	19'	37"	99°	37'	10"	2600	CARRETERA, BRECHA	Jun-1977	Jun-1999	X	-	-	X	SI
011	TLACOPA 2	19°	19'	21"	99°	37'	37"	2600	CARRETERA, BRECHA	Jun-1977	Jun-1999	X	-	-	X	SI
012	TLACOPA 3	19°	19'	40"	99°	37'	23"	2600	CARRETERA, BRECHA	Jun-1977	Jun-1999	X	-	-	X	SI
013	TRES BARRANCAS	19°	21'	12"	99°	47'	30"	2610	CARRETERA, BRECHA	Jun-1980	Jun-1999	X	X	X	X	SI
014	TROJES	19°	25'	39"	99°	36'	39"	2577	CARRETERA, BRECHA	Mar-1974	Jun-1999	X	X	-	X	SI

Fuente: Dpto. de Aguas Superficiales, Área Técnica Gerencia Edo. México CNA.

**COMPORTAMIENTO DE LA EVAPORACIÓN EN LA CUENCA DEL CURSO ALTO DEL
RÍO LERMA
(DESDE EL ORIGEN DEL RÍO LERMA HASTA LA PRESA JOSÉ ANTONIO ALZATE)**

TABLA 7

Década	Evaporación Media Anual (mm)
1940-1950	1615.8
1950-1960	1571.3
1960-1970	1569.5
1970-1980	1535.5
1980-1990	1488.1
1990-2000	1574.8
2001-2003	1546.0

Fuente: Dpto. de Aguas Superficiales, Área Técnica Gerencia Edo. México CNA.

II.4.- CARACTERÍSTICAS DEL ACUÍFERO

El Acuífero Valle de Toluca se localiza dentro de la provincia fisiográfica Eje Neovolcánico (21), la cual se caracteriza por una serie de manifestaciones volcánicas, que dieron origen entre otros al Popocatepetl, Iztaccíhuatl y Nevado de Toluca. Comprende un extenso valle con elevaciones del orden de 2600 msnm y ocupa una superficie alrededor de 700 km², estando constituido por materiales aluviales y lacustres interdigitados con derrames volcánicos y tobas de baja permeabilidad, dicho valle está rodeado hacia el oriente, sur y poniente por elevaciones topográficas formadas por roca de origen ígneo, como la sierra andesítica y basáltica de Las Cruces, con elevaciones entre 3600 y 3800 msnm, y el Nevado de Toluca a más de 4000 msnm con una superficie aproximada de 2783 km².

El sistema acuífero de la zona se ha logrado determinar por medio de perforaciones y prospecciones geofísicas, desde un punto de vista geológico existe la presencia de dos acuíferos; uno superior en el medio poroso, funcionando como libre, que descansa sobre unas tobas de baja permeabilidad que actúan como acuitardos, las que a su vez yacen y confinan físicamente al acuífero inferior conformado con material fracturado que debe funcionar hidráulicamente como confinado a semiconfinado.

Este esquema del sistema del acuífero regional tiene como fronteras laterales a las sierras perimetrales del valle de Toluca, manifestando continuidad geológica únicamente a través del estrechamiento de Perales hacia el valle de Ixtlahuaca, comunicación que es somera, el flujo subterráneo tiene una dirección preferencial sur-norte; sin embargo alrededor de la zona industrial la dirección del flujo se invierte conformando localmente un círculo de abatimiento con dirección concéntrica hacia la mancha urbana de la ciudad de Toluca.

En las inmediaciones del valle, el acuífero está constituido en su parte superior por materiales aluviales no consolidados como gravas, arenas, limos y arcillas que

forman estratos interdigitados de geometría irregular, cuyo espesor varía desde unos cuantos metros hasta 300 m en el centro del valle con predominio de los más gruesos y permeables en las proximidades del cauce principal; subyacen al relleno de aluvión con conglomerados y rocas ígneas fracturadas con espesores de 150 a 250 m. (Plano 5, Geológico, anexo 5).

La principal fuente de recarga vertical es producida por la precipitación pluvial que captan las rocas fracturadas ampliamente expuestas en la zona de la sierra de Monte Alto y Las Cruces, con prolongación hacia el norte de las inmediaciones del volcán Nevado de Toluca, así como los ríos que aportan los escurrimientos superficiales importantes al cauce, como son los ríos Ocoyoacac, Mayorazgo, Oztolotepec, Temoaya, Verdiguél, Ojo de Agua y Tejalpa entre otros. Así mismo los retornos agrícolas, pérdidas en canales de riego y fugas en redes de agua potable forman parte de la recarga inducida. (Plano D.02, Red Hidrográfica, anexo 06).

II.5.- ESTUDIOS REALIZADOS

Los estudios y evaluación del área se han venido realizando desde principios del siglo pasado, enfocándose principalmente en estudios de factibilidad para obtener agua que permita abastecer a la ciudad de México, además de la localización de fuentes de abastecimiento, volúmenes de agua disponible, obras de extracción y conducción del agua.

Con el paso del tiempo y el constante incremento de la demanda de agua se han generado cambios sobre el área por lo que se han realizado otros estudios para evaluar los impactos generados por la sobreexplotación (agrietamientos, hundimientos del terreno, cambios en la dirección natural del flujo subterráneo y calidad del agua subterránea, en 1960 se realiza ésta última poco estudiada, aunque cada día toma mayor importancia debido a su acelerado deterioro).

En 1960 se hizo un estudio cuantitativo del Alto Lerma enfocado específicamente a determinar el volumen de agua subterránea factible de captar.

Uno de estos estudios fue realizado en 1960 por el Dr. A. Loehner (1), quien llegó a determinar un potencial del orden de 7.1 a 10.5 m³/seg. Aproximadamente para el área que nos ocupa, por medio de coeficientes empíricos de infiltración.

Otros fueron hechos por Veytia en 1960 (2) y (3); en el primero determina la potencialidad de los acuíferos en la cuenca alta del río Lerma hasta la estación de La "Y", entre 11.8 m³/seg hasta 3.2 m³/seg adicionales en caso de abatir el nivel freático en la zona de lagunas y pantanos para evitar evaporaciones. En el segundo estudio se afina la cifra anterior a 12.2 m³/seg.

El estudio de 1966 realizado por Servicios Geológicos (4), limita la recarga a los acuíferos en 5.48 m³/s al aplicar también coeficientes empíricos de infiltración.

El siguiente estudio se realizó en 1970 por la Oficina de Estudios Especiales de la Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH) (5), como una distribución al abastecimiento de agua para la ciudad de México. Es uno de los más completos en la materia, pues se apoyó en observaciones hechas en una red de estaciones piezométricas, con piezómetros colocados a distintas profundidades para el estudio de acuíferos múltiples, además de las medidas piezométricas tradicionales en pozos de bombeo.

Presenta una serie de configuraciones piezométricas con las que se calibró un modelo matemático, representativo del comportamiento de los acuíferos, es de hacer notar que la elevación del nivel piezométrico a 150 m de profundidad era del orden de 2,650 msnm en el área urbana de Toluca, y en el periodo 1966-1970, el abatimiento piezométrico fue del orden de 3 a 4 m en la misma zona urbana.

Hay varios estudios relativos al comportamiento de grietas y su medición en el valle del Alto Lerma, que tienen interés por estar relacionados con la sobreexplotación de los acuíferos y sus efectos secundarios inducidos.

En 1977 la Cía. Ingenieros Civiles y Geólogos Asociados llevó a cabo una actualización del levantamiento de las grietas (6), para la Comisión de Aguas del Valle de México, con el objetivo de censar todas las grietas localizadas en los valles de Toluca e Ixtlahuaca, verificando localización, abertura, profundidad y orientación.

El estudio de Consultec realizado en 1978 (7), concluye que las grietas se deben a la sobreexplotación del agua subterránea y se localizan en formaciones lacustres compresibles, cerca de transiciones geológicas con formaciones más compactas, en el valle se detectaron tres grietas activas localizadas en las porciones de las exlagunas.

En 1979 Consultec, realizó otro estudio para la Comisión de Aguas del Valle de México (8), con el objeto de estudiar las causas y efectos de los agrietamientos. Reporta la existencia de aproximadamente 100 grietas en un área de 1,500 Km². Las grietas que finalmente se seleccionaron para su instrumentación, tres corresponden al valle de Toluca. En este valle se censaron 21 grietas al sur de la carretera Toluca-Lerma, reportando aumentos en su longitud y profundidad, y aumentos o disminución de su abertura.

Otro trabajo realizado por la Cía. ICATEC (9), en 1985 “Estudio Geohidrológico preliminar del Valle de Toluca” realizó un censo de 626 pozos, determinando un volumen de recarga natural de 364 Mm³ y extracciones de 413 Mm³.

En 1987 la Cía. Lesser y Asociados (10), realizó otro trabajo con el propósito de medir los niveles estáticos en los pozos piloto de los valles de Toluca e Ixtlahuaca. Reporta datos interesantes relacionados con la evolución piezométrica registrada, como la del periodo 1970-1987, que manifiesta abatimientos de 70 m en la zona industrial aledaña a la ciudad de Toluca, que disminuyen radialmente hasta mostrar abatimientos entre 10 y 20 m en el resto del valle; en la porción sur, los mayores abatimientos son del orden de 30 m y se presentan hacia Almoloya del Río; a la altura de la población del Lerma, el abatimiento piezométrico es del orden

de 40 m hacia el oriente y disminuye a 20 m hacia el poniente; en el área de Santa María Atarasquillo los abatimientos varían entre 30 y 60 m en el periodo señalado, en la parte del norte del valle de Toluca se localizan los menores abatimientos, del orden de 10 m.

El siguiente trabajo se hizo en 1989 (11) por la Cía. Perforaciones Leor, con objetivos diversos, entre los cuales destacan los estudios de la evolución de niveles y gastos de extracción en cada pozo. Se concluye que el agua que ingresa a la ciudad de México proveniente del Alto Lerma ha registrado disminuciones a través del tiempo, en 1974 se estimaba en 14.6 m³/s, en 1985 de 6.2 m³/s y en 1989 de 4.3 m³/s; se asienta que las causas principales de la disminución del bombeo son: pozos suspendidos para no afectar la estabilidad de la presa Alzate y Ramírez; pozos suspendidos por mala calidad del agua subterránea.

En 1992 (12) la Cía Lesser y Asociados S.A. de C.V. realizó un estudio para implementar la reglamentación de las extracciones del agua subterránea en el acuífero de Toluca, resultando un estudio muy completo desde el punto de vista de la hidrología subterránea, pues después de abordar aspectos geológicos, piezométricos, determinar volúmenes de extracción, características hidrodinámicas y balance de las aguas subterráneas, se aplicó el modelo PLASM, derivado del Prickett y Ionnquist, adaptado por el consultivo de la CNA, con el cual se investigaron distintas alternativas de reordenación y manejo que teóricamente permiten recuperaciones piezométricas en el área urbana de Toluca y la zona industrial.

En 1992 la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH) del Departamento del Distrito Federal (DDF), a través del grupo Herram, realizó un estudio regional de los valles de Toluca e Ixtlahuaca (13), con objetivos consistentes en evaluar las características y condiciones hidrogeológicas en los valles señalados, a fin de corroborar y estructurar los modelos conceptual y de funcionamiento de los acuíferos; establecer los efectos generados por las

extracciones de agua subterránea, especialmente en las áreas donde operan los pozos de la DGCOH; delimitar las estructuras y unidades del subsuelo aprovechables como acuíferos y realizar un balance de aguas subterráneas de la zona.

En 1993, Figueroa llevó a cabo una actualización de los acuíferos de Toluca e Ixtlahuaca (14), consistiendo principalmente en el censo de aprovechamientos del agua subterránea y las correspondientes extracciones por usos, llegando a un total anual de 332 millones de metros cúbicos.

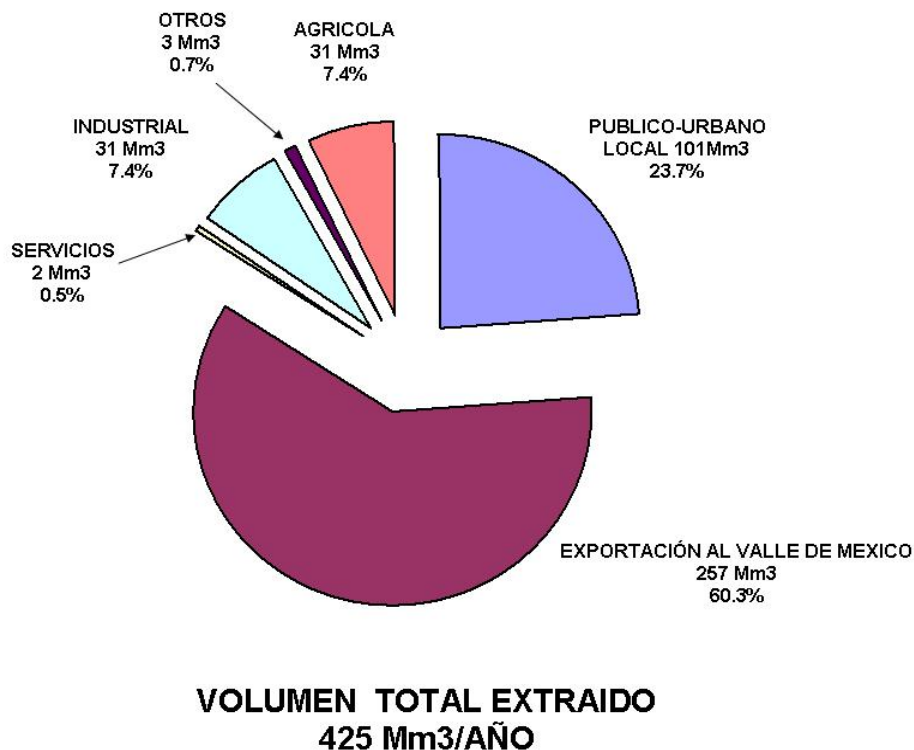
En el año de 1996 la Cía. Ariel Consultores S.A. realizó el “Estudio de Simulación Hidrodinámica y Diseño Óptimo de las redes de observación del Acuífero Valle de Toluca” (15), determinando el balance geohidrológico y el modelo de simulación y predicción de flujo hidrodinámico principalmente, llegando a los siguientes resultados: Entradas de 256.5 Mm³, Salidas de 342.0 Mm³ y un cambio de almacenamiento de -85.5 Mm³.

En 2002 la Subgerencia de Evaluación y Modelación Hidrogeológica de la Gerencia de Aguas Subterráneas de la Subdirección General Técnica de la CNA,(17), llevó a cabo el estudio para la determinación de la disponibilidad de agua en el AVdeT, basándose en información histórica de estudios realizados y referenciados con anterioridad, información elaborada y proporcionada por el área técnica de la Gerencia en el Estado de México y del Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), concluyendo que de acuerdo a la recarga total media anual de 336.76 Mm³/año, descarga natural comprometida 53.61 Mm³/año y volumen total concesionado 329.59 Mm³/año, existe un déficit de – 46.44 Mm³.

III.- USOS DEL AGUA

Con base en estudios realizados por el área técnica de la Gerencia Estatal del Estado de México CNA (16) y el Instituto de Tecnología del Agua (IMTA)(18) y estadísticas, indican que actualmente existen 795 aprovechamientos registrados entre pozos y norias; con dicha infraestructura se extrae un volumen total de 425 millones de metros cúbicos, de los cuales el 84%, 357 Mm³ es para uso público-urbano, de los cuales 101.0 Mm³/año, 23.7% para consumo local y 257.0 Mm³, 60.4% para la ciudad de México y área conurbada; el 16% restante se destina a la demanda local entre otros usos (gráfica 2), se consideran alrededor de 105 pozos clandestinos en diferentes usos, teniendo en consecuencia alrededor de 900 pozos aproximadamente, lo que se presupone rebasan los 500 MM³ de extracción. (Plano D-07, Aprovechamientos de pozos, anexo 07 y Plano 6.2.1.A., Batería de Pozos del D.F. anexo 08).

GRAFICA 2



Fuente: Documento Básico” del acuífero del valle de Toluca (16)

Los mayores usuarios por uso de agua subterránea son por orden de importancia: Público-Urbano, Industrial, Agrícola y servicio, (gráfica 3).

III.1.- USO PÚBLICO-URBANO

Para la exportación de agua hacia el Distrito Federal y el abastecimiento de los centros de población del valle de Toluca, se extrae del acuífero un volumen anual de 358 Millones de metros cúbicos, lo que representa un poco más del 84% de la extracción total y en cantidad es el principal uso en importancia. De este volumen, el 72% (257 millones de metros cúbicos) se exporta y utiliza en el Distrito Federal y Área Metropolitana y 28 % (101 millones de metros cúbicos) en el área de influencia del AVdeT, la infraestructura establecida en este uso es de 404 aprovechamientos subterráneos.

III.2.- USO INDUSTRIAL

El uso industrial se presenta en siete parques y/o zonas industriales, en los cuales se extraen volúmenes de 31 millones de metros cúbicos, este uso representa el 7.4% del volumen total extraído, destaca el corredor industrial cercano a la ciudad de Toluca. La extracción se realiza mediante 172 aprovechamientos.

III.3- USO AGRÍCOLA

Existen 136 unidades de riego organizadas, con una superficie total de 21,233 has. y 16,724 usuarios, la extracción anual en este sector es de 31 millones de metros cúbicos, que representa el 7.4% del volumen total extraído. Se tienen censados un total de 162 aprovechamientos en este uso.

III.4.- USO EN SERVICIOS

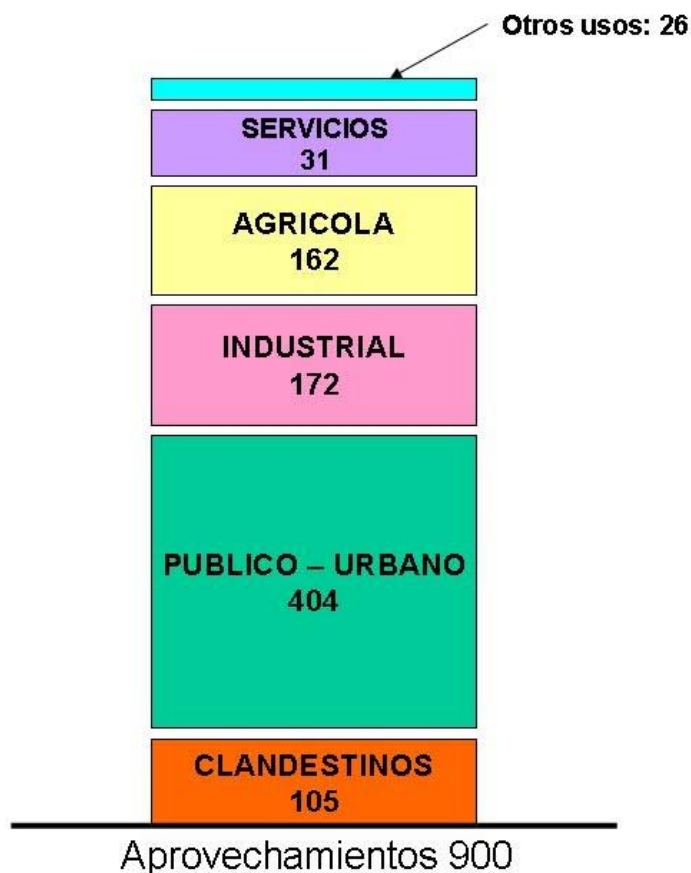
En el sector servicios se extrae un volumen total cercano a los 2 millones de metros cúbicos al año. Representa tan sólo el 0.5% del volumen total extraído del

acuífero. Los usuarios de este sector cuentan con 31 aprovechamientos para el suministro.

III.5.- OTROS USOS

En este concepto se incluyen 26 aprovechamientos de uso pecuario, doméstico y acuícola. El volumen anual suministrado a éstos asciende a 3 millones de metros cúbicos al año, que representan el 0.7% de la extracción total.

GRÁFICA 3



Fuente: Documento Básico” del acuífero del valle de Toluca (16)

IV.- BALANCE HIDRÁULICO DEL ACUIFERO

IV.1.- ZONA DE VEDA

La sobreexplotación fuerte del acuífero se ha venido dando desde la década de los sesenta, por lo que desde entonces fue necesario establecer veda por tiempo indefinido para el alumbramiento de las aguas del subsuelo mediante Decreto Presidencial de fecha 10 de agosto de 1965 (24), que estableció veda por tiempo indefinido en la zona conocida como Valle de Toluca, del “TIPO CONTROL”, su disponibilidad se consideró escasa y su condición geohidrológica sobreexplotada. Fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 23 de septiembre del mismo año, esta veda sirvió en gran medida para controlar las extracciones durante varios años subsecuentes.

Ante la situación actual, es importante señalar la urgencia de establecer un plan del manejo adecuado del acuífero que permita lograr la recuperación de niveles piezométricos y lograr su estabilización, de continuar con su explotación sin un debido control se puede llegar a la necesidad de implementar en un futuro no lejano “VEDA RIGIDA”, lo cual arrojaría serios problemas que repercutirían en el desarrollo y consecuentemente con una inestabilidad social y política de la región.

IV.2.- ZONAS DE DISPONIBILIDAD

Derivado del comportamiento observado en el acuífero en los últimos años, se ha detectado que éste presenta diferentes grados de explotación y condiciones geohidrológicas; en función de ello se han establecido zonas de disponibilidad por municipio de acuerdo a la Ley Federal de Derechos en materia de agua del año 2000, comprendidas dentro del AVdeT, están las siguientes:

Zona 1) Huixquilucan y Naucalpan de Juárez; Zona 2) Atizapan y Toluca; Zona 3) Almoloya de Juárez, Calimaya, Capulhuac, Chapultepec, Jalatlaco, Joquicingo, Rayón, San Antonio la Isla, Tianguistenco, Texcalyacac y Zinacantan; Zona 4)

Almoloya del Río, Lerma, Metepec, Mexicalcingo, Ocoyoacac, Otzolotepec, San Mateo Atenco, Temoaya y Tenango del Valle y Zona 5) Jilotzingo; siendo publicado en el Diario Oficial de la Federación el 31 de diciembre de 1999,(17).

IV.3.- BALANCE HIDRÁULICO SUBTERRÁNEO

Se consideró para el desarrollo de los siguientes subtemas de éste capítulo, el trabajo que realizó la Comisión Nacional del Agua en 2002 para determinar la disponibilidad de agua del AVdeT, es conveniente señalar, que para tal efecto recurrieron a estudios efectuados con anterioridad, referenciados en el capítulo II del presente documento; información que permite darse idea de los cambios que se han venido dando en el comportamiento hidráulico del acuífero.

IV.3.1.- MODELO DE FLUJO

Definición del sistema acuífero

Atendiendo a las propiedades de porosidad y fracturamiento de las unidades litológicas, el sistema acuífero regional queda integrado a ellas, correspondiendo el acuífero superior al medio poroso y el inferior al fracturado. Funciona el primero en general como acuífero libre, bien como drenaje diferido, con fracturamientos y/o manifestando efectos de recarga y el segundo semiconfinado compuesto por materiales con fracturamiento.

Se consideran unidades acuífugas; Basaltos, Chichinautzin, Complejos volcánicos Andesitas (Tpv) Xochitepec, Andesitas Las Cruces (tomc), y Domos andesíticos (Qa), por su muy baja permeabilidad, en general se consideran impermeables, presentan fronteras entre los acuíferos laterales o de fondo según condiciones de funcionamiento de acuíferos libres, confinados o semiconfinados, en algunas partes presentan fracturas confiriéndoles permeabilidad secundaria propiciando infiltración del agua de lluvia, no se sabe hasta que profundidad funcionan de esa manera.

Los acuíferos se han constituido en las siguientes unidades: Tarango (Tpt), Tobas y arenas (Qtb) (Qtb-a), Depósitos lacustres (Qla), Depósitos aluviales (Qal) y Formación Chichihuatzin (Qbc).

Como acuitardos se consideran a las tobas lacustres que no afloran pero están presentes en el subsuelo intercaladas en los depósitos lacustres y de aluvión, algunos materiales finos del Nevado y lahares de la Tarango.

De acuerdo a lo anterior, se resumen las características de las unidades hidroestratigráficas con un criterio cualitativo, (Tabla 8).

CARACTERÍSTICAS CUALITATIVAS DE LAS UNIDADES HIDROESTRATIGRÁFICAS

TABLA 8

UNIDAD	PERMEABILIDAD	POROSIDAD	ESPESOR	MEDIO	COMPACIDAD	CONTINUIDAD HIDRÁULICA
Acuífugos						
Basaltos Chichinautzin	Baja a muy baja	Nula		Masivo	Compacta	
Andesitas Xochitepec(Tpv)	Baja a muy baja	Nula		Masivo	Compacta	
Andesitas Las Cruces (Tomc)	Baja a muy baja	Nula		Masivo	Compacta	
Domos andesíticos (Qa)	Baja a muy baja	Nula		Masivo	Compacta	
Acuíferos						
Acuífero superior						
Tarango (Tpt) ?	Media a alta	Poroso	400	Granular	Media	Regional
Tobas y arenas (Qtb)(Qtb-a)	Media a alta	Poroso	300	Granular		Regional
Lacustres (Qla)	Media	Poroso	20	Granular		Regional
Aluviales (Qal)	Media	Poroso	200	Granular		Regional
Chichinautzin	Alta		300			Local

(Qbc)				Fracturada		
Acuífero inferior						
Tarango (Tpt) ?	Media a alta	Poroso	250	Granular y fracturado	Media	Regional
Acuitardo						
Tobas lacustres (no aflora)	Muy baja	Poroso	20	Granular y cementado	Compacta	Regional

Fuente: "Determinación de la Disponibilidad de Agua en el Acuífero Valle de Toluca",

Parámetros hidráulicos

De pruebas de bombeo efectuadas en estudios anteriores, se cuenta con información interpretadas por métodos convencionales, cuyo objetivo fueron determinar la conductividad hidráulica a partir del cociente T/b (Transmisividad entre espesor del acuífero), con base en estas pruebas de bombeo fue posible determinar los siguientes parámetros hidrodinámicos para el valle de Toluca.

Las transmisividades fluctúan entre $0.83 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ a $0.82 \text{ m}^2/\text{s}$, donde los valores mas altos se localizan hacia el extremo suroriental y norte del valle, correspondiendo al pie del monte de las sierras limítrofes. Hacia el área del canal Lerma, la transmisividad es del orden de 3.8 a $0.82 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$.

En la parte central del Valle las transmisividades son del orden de $5 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ y hacia el occidente de $1 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ al sur de Almoloya y al oriente de la presa A. Alzate se localizan los valores más altos de esta propiedad, en base a los resultados anteriores se aprecia que la mayoría de los pozos manifiestan acuíferos confinados o semiconfinados.

Los caudales específicos oscilan entre 1 y 10 lps/m en el valle, al oriente del Canal del Lerma varían entre 2.36 a 121 lps/m; hacia el norte del área entre 4.20 y 116 lps/m y en Almoloya del Río entre 5 y 58 lps/m. Los valores máximos de 116 y 121 lps/m corresponden a zonas de alto fracturamiento. Estas pruebas se reinterpretaron por medio del programa Groundwater for Windows, el cual se basa

en las ecuaciones y soluciones analíticas clásicas de la hidráulica de pozos, propuesta por Theis, y Hantush.

“Determinación de la Disponibilidad de Agua en el Acuífero Valle de Toluca”, Subdirección General Técnica, CNA, 2002 (17).

Las pruebas se dibujaron para período de abatimiento, permitiendo así su comparación con las curvas tipo abatimiento-tiempo de diferentes modelos teóricos para determinar el tipo de acuífero y las condiciones de frontera que prevalecen, de acuerdo con las condiciones geológicas descritas anteriormente.

El método alternativo seleccionado, fue el modelo de flujo radial propuesto por Rathod y Rushton (17), también conocido como modelo de dos capas. Este método modela la curva tipo en base de datos reales de campo, empleando ecuaciones diferenciales que describen el movimiento del agua, permitiendo al calibrarlo obtener tanto la conductividad hidráulica como el coeficiente de almacenamiento, además de las pérdidas hidráulicas que ocurren en el pozo; por lo tanto, se obtienen diversos valores de las características hidrodinámicas de las distintas unidades que conforman el sistema de acuíferos.

A partir de este modelo se aprecia que la unidad productora está constituida principalmente por los depósitos piroclásticos recientes (Qbc) y aluviones del Cuaternario (Qal), siendo el valor de la conductividad hidráulica prácticamente 1 m/día. Los valores de conductividad hidráulica para el acuífero superior resultaron dentro del rango de 1 a 16.5 m/día, en donde los pozos ubicados al norte del valle, penetran básicamente en la formación Tarango, se presentan las conductividades hidráulicas más altas en los sitios donde existe una alta densidad de fracturamiento y fallas.

Balance de aguas subterráneas

En los trabajos de 1970 (5) y 1992 (11) se hicieron balances de agua subterránea, aunque incompletos, los resultados se concentran en (tabla 9), junto al balance representativo de las condiciones del 2000.

La ecuación general de balance se definió por la ecuación:

$$E-S = \pm\Delta S \quad \text{en donde:}$$

E = Entradas al acuífero

S = Salidas del acuífero

ΔS = Cambio de almacenamiento

Para el caso que nos ocupa se desglosó de la siguiente manera:

$$E_s + I_1 (LI) + I_2 (Ag) = B + S_s \pm V_d * S \quad \text{en donde:}$$

E_s = Entradas subterránea

S_s = Salidas subterráneas

I = Coeficiente de infiltración vertical

LI = Lluvia

Ag = Agua aplicada al riego

B = Extracción por bombeo

V_d = Volumen drenado

S = Coeficiente de almacenamiento

Las entradas y salidas subterráneas se determinan con la ayuda de las configuraciones piezométricas de 1996, midiendo la longitud de los canales de flujo y el gradiente hidráulico, además de utilizar los valores de transmisividad; las entradas subterráneas en un volumen total en 157.680 Mm³ anuales, de los cuales 94.608 Mm³ son provenientes del Nevado y 63.072 Mm³. de la Sierra de Las Cruces. (Tabla 9).

La recarga vertical se debe a la infiltración del agua de lluvia principalmente, además de riegos para los cultivos servidos con agua rodada o con pozo e infiltración de los principales escurrimientos superficiales a lo largo de los cauces. En el balance para 2000 se consideró la precipitación de 800 mm/año y el

volumen de retorno de aguas subterráneas aplicado al riego del 2% de una lámina de 3000 m³/ha. con un volumen de 179.079Mm³.

Los volúmenes de extracción por medio de pozos y norias principalmente, representan la salida más importante. Para 1970 la extracción estimada fue de 353.9 Mm³ al año, para 1992 de 327.0 Mm³, para 1996 de 327.4 millones y para el 2000 de 422.344 Mm³ (tabla 9).

Cambio de almacenamiento, en el estudio de 1970 se estimó en -13.8 Mm³; en 1992, -40 Mm³; en 1996, -85.5 Mm³; considerándose para el 2000, -85.584 Mm³. La salida subterránea actualmente es prácticamente nula.

Substituyendo estos valores en la ecuación de balance, se obtiene una recarga total de 336.760 Mm³ y descarga total de 422.344 Mm³.

En la (tabla 9) se pueden comparar los resultados de los balances efectuados en los estudios anteriores mencionados y el realizado en el presente trabajo.

RESULTADOS DEL BALANCE DE AGUA SUBTERRÁNEA VALORES EN MILLONES DE METROS CUBICOS

TABLA 9

	1970	1992	1996	2000
ENTRADAS				
Entradas subterráneas (Nevado)			94.6	94.608
Entradas subterráneas (Cruces)			63.0	63.072
Total de entradas subterráneas		299.0	157.6	157.680
Recarga vertical natural		81.0	98.2	177.806
Recarga natural inducida			0.8	1.273
SUMAS	342.1	380.0	256.5	336.760

Rendimiento permanente				283.149
SALIDAS				
Salidas subterráneas	2.0	2.0	0.0	0.0
Extracción	353.9	327.0	327.4	422.344
Evapotranspiración		10.0	14.7	0.0
Descarga natural comp. ríos, manantiales				53.611
SUMAS	355.9	339.0	342.1	475.955
CAMBIO ALMACENAMIENTO				
Coeficiente de almacenamiento	-13.8	-40.0	-85.5	-85.584
Coeficiente de infiltración			0.045	0.045
			0.067	11=0.067 12=0.02

Fuente: "Determinación de la Disponibilidad de Agua en el Acuífero Valle de Toluca", Subdirección General Técnica, CNA, 2002 (17)

Disponibilidad

Para el cálculo de la disponibilidad del agua subterránea, se aplica el procedimiento indicado en la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000 (23), 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 la expresión siguiente:

$$\begin{array}{l} \text{Disponibilidad media} \\ \text{anual de agua} \\ \text{subterránea} \end{array} = \begin{array}{l} \text{Recarga total} \\ \text{media anual} \end{array} - \begin{array}{l} \text{Descarga natural} \\ \text{comprometida} \end{array} - \begin{array}{l} \text{Volumen anual de} \\ \text{agua subterránea} \\ \text{concesionado en} \\ \text{REPDA} \end{array}$$

Recarga total media anual

La recarga total media anual, corresponde a la suma de todos los volúmenes que ingresan al acuífero, en forma de recarga natural más la recarga inducida, para el acuífero valle de Toluca es de 336,760,000 millones de metros cúbicos por año.

Descarga natural comprometida

Se cuantifica mediante medición de los volúmenes de agua procedentes de manantiales o de caudales base de los ríos alimentados por el acuífero, que son aprovechados y concesionados como agua superficial y las salidas subterráneas que deben de ser sostenidas para no afectar a las unidades geohidrológicas adyacentes. Para el AVdeT la descarga natural comprometida es igual a 53,611,000 millones de metros cúbicos por año.

Volumen anual de agua subterránea concesionado e inscrito en el REPDA

En el acuífero Valle de Toluca el volumen anual concesionado, 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 de 2002 es de 329,590,765 m³/año.

Disponibilidad de agua subterránea

La disponibilidad de agua subterránea conforme a la metodología indicada en la Norma Oficial Mexicana referida, se obtiene de restar al volumen de recarga total media anual, el valor de la descarga natural comprometida y el volumen de agua subterránea concesionado e inscrito en el REPDA, con el siguiente resultado.

$$336,760,000 - 53,611,000 - 329,590,765 = - 46,441,765$$

Con base a éste estudio elaborado en 2002, la cifra indica que no existe volumen disponible para nuevas concesiones en la unidad hidrogeológica denominada AVdeT en el Estado de México.

“Determinación de la Disponibilidad de Agua en el Acuífero Valle de Toluca”, Subdirección General Técnica, CNA, 2002 (17).

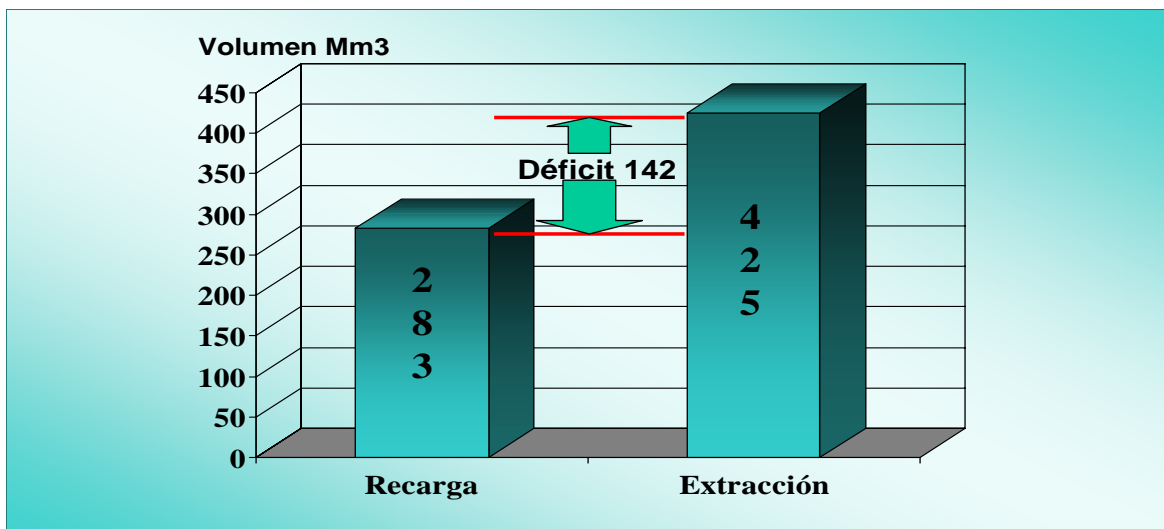
Ahora, si se le restan a la recarga total media anual el volumen de 425,000,000 MM³ concesionado en el REPDA al 2005, tenemos: 336,760 – 425,000 = - 88,240, lo que incrementa el déficit arriba citado.

Por otra parte, si consideramos restarle a la recarga total media anual, la descarga natural comprometida: $336,760,000 - 53,611,000 = 283,149,000 \text{ Mm}^3/\text{año}$, resulta en este caso, que la recarga media anual del acuífero se estima en $283 \text{ Mm}^3/\text{año}$, que equivale al 67 % del volumen de agua extraída mediante pozos, que totalizan $425 \text{ Mm}^3/\text{año}$, más el no regularizado o clandestino que se estima rebasan los 500 MM^3 , situación que incrementa considerablemente el déficit a lo publicado en el Diario Oficial de la Federación. el 31 de enero de 2003, más la irregularidad de las precipitaciones impide contrarrestar el efecto acumulado de décadas de sobreexplotación y en consecuencia, presenta un **déficit de $142 \text{ Mm}^3/\text{año}$** que se está cubriendo a costa de la reserva subterránea no renovable, (gráfica 4).

GRÁFICA 4

BALANCE HIDRÁULICO

Aguas Subterráneas



Fuente: Documento básico" del acuífero valle de Toluca (16)

IV.3.2.- ZONAS DE RECARGA.

La configuración del flujo subterráneo demuestra que la recarga principal proviene del Nevado de Toluca por la parte “SE” y circula hacia el Valle distribuyéndose en tres direcciones principales,

Otra zona de recarga principal del acuífero proviene de la Sierra de las Cruces donde el flujo subterráneo se dirige hacia los pozos en explotación de la batería de Sistema Lerma. Cabe mencionar que las configuraciones del flujo subterráneo se han ido modificando en el transcurso del tiempo, esto debido a la alta concentración de pozos y sobreexplotación de agua subterránea, observándose la presencia de conos de abatimiento en las inmediaciones de la Ciudad de Toluca con la zona industrial, así como también por el lado de la Sierra de las Cruces que ha sido interceptada totalmente por la batería de pozos del D.F., perdiéndose su influencia hacia el interior del Valle. (Plano D-03, Zonas de Recarga, anexo 9).

IV.3.3.- EXTRACCIONES.

En la zona de estudio correspondiente a la cuenca del Alto Lerma, se han hecho varios censos de aprovechamientos del agua subterránea, desde 1970 hasta 1992, que se han ido complementado y actualizando, esta información se consigna en los censos levantados que incluyen el de 1969, 1983-1984 y 1992, éste último actualizado a 1996. Entre los censos más confiables y que todavía tienen vigencia cuando menos parcial, está precisamente el realizado en 1970 por la extinta Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México (5), que comprende tanto a los aprovechamientos del D.F. para exportar agua a la Ciudad de México, como a los que clasifica “locales” por su aprovechamiento en el mismo valle de Toluca.

En la (Tabla 10), se consigna un resumen de los resultados obtenidos en cada ocasión en que se actualizó el censo, para 1970 se refleja la existencia de 344 pozos en total, donde predominan los de uso doméstico con 211, sigue el uso industrial con 72 y el agrícola con 42, siendo éstos los usos más importantes con

extracciones de 290.25, 26.96 y 11.61 x 10⁶ m³/año respectivamente, en los domésticos y doméstico industrial es mínimo, los englobados en “otros” se estimó bombeo por 20.60 x 10⁶ m³/año para un total de extracciones de 353.91 x 10⁶ m³/año. Aclarando que dentro de los clasificados como de uso doméstico, fueron considerados los pozos del D.F. que exportan agua bombeada a la ciudad de México, es importante señalar que lo que corresponde al levantamiento local, excluyendo los aprovechamientos del D.F., el uso predominante era el destinado al público-urbano.

En 1983 y 1984 la DGCOH del DF, reporta la existencia de 385 pozos, de los cuales sólo 284 estaban en operación cuando se levantó dicho censo, los volúmenes estimados resultaron de 116.07 x 10⁶ m³/año, el más importante sigue siendo el público-urbano, no involucrando los correspondientes al D.F.; los pozos clasificados fuera de servicio reflejan un volumen de extracción de 19.61 x 10⁶ m³/año. Debe suponerse que se trata de extracción una vez reparadas las bombas, o bien antes de quedar fuera de servicio.

En 1992 fue realizado un estudio por la DGCOH del D.F., que de hecho es una actualización del anterior, pues no reporta los pozos operados por la citada dependencia, mismos que se incluyeron en forma aparte. Este censo está consignado en el estudio de 1993 (12). Para entonces, se puede ver en la citada tabla 10 que el número de pozos alcanza la cifra de 530. Analizando la clasificación de los aprovechamientos por usos a lo que se destina el agua alumbrada, para el potable fueron 324, industrial 77, riego 47, fuera de operación 64 y los restantes se encuentran en usos combinados.

Para el presente trabajo se actualizó otra vez el censo, considerando los cambios registrados principalmente por la DGCOH, los municipios, industrias y particulares, pues la extracción más importante está involucrada con el incremento de pozos de agua potable, que varía de 324 a 343 x 10⁶ m³/año, tal como se verá adelante.

Para 1992 la extracción total fue estimada en 327.38 mm³/año, correspondiendo 290.00 mm³/año al agua potable, 21.00 mm³/año al industrial y 12.00 mm³/año al riego, para los usos combinados agua potable-riego con 1.29 mm³/año, agua potable-industrial con 1.76 mm³/año; sigue predominando el uso público-urbano.

Para el estudio de 1996 (19), el volumen anual de salidas es de 342.0 x 10⁶ m³/año Las entradas de 256.5 x 10⁶ m³/año, resultando un cambio de almacenamiento de -85.5 x 10⁶ m³/año; el uso más importante es el suministro de agua potable para uso público-urbano mediante 403 pozos, cifra que incluye a los aprovechamientos del Gobierno del D.F. le siguen en importancia el uso agrícola con 205 pozos, el industrial con 155 aprovechamientos, servicios con 29 y otros usos múltiples con 56 aprovechamientos.

En el AVdeT el volumen concesionado, 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 de 2002 es de 329,590,765 m³/año.

(gráfica 5), histórico se extracciones en el acuífero valle de Toluca.

Fuente: "Determinación de la Disponibilidad de Agua en el Acuífero Valle de Toluca", Subdirección General Técnica, CNA, 2002, (17).

(

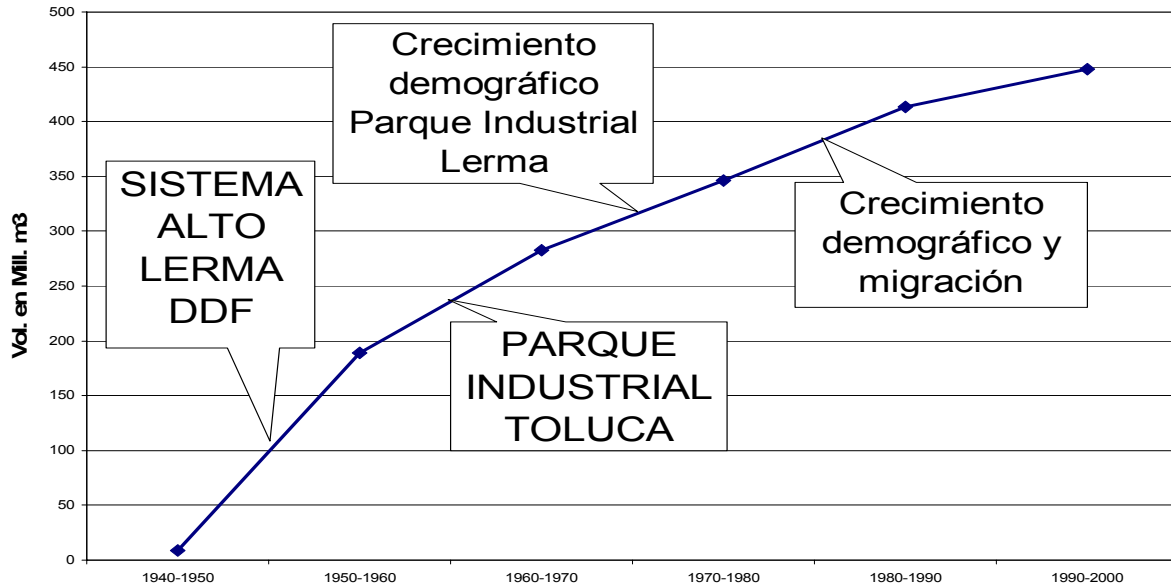
CENSOS DE APROVECHAMIENTOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL VALLE DE TOLUCA

TABLA 10

USOS												
No. de pozos	DOMESTICO	INDUSTRIA L	AGRÍCOLA	PECUARIO	POTABLE	DOM/IND	DOM/AGR	OTROS				TOTAL
CENSO LERMA 70												
344	211	72	42			3	5	11				344
Extracción anual	290,252,414	26,959,900	11,606,000			336,296	4,154,000	20,606,000				353,911,610
CENSO 1983 – 1984 POZOS EN OPERACIÓN												
No. de pozos	DOMESTICO	INDUSTRIA L	AGRÍCOLA	PECUARIO	POTABLE	DOM/IND	DOM/AGR.	DOM/OT R	DOM/POT	AGRI/PEC	OTROS	TOTAL
284	156	63	24	1		1	14	1	6	2	16	284
Extracción	59,474,108	22,913,218	7,117,585	28,800	0	252,288	8,093,469	368,640	14,222,736	272,160	3,332	116,075,886
CENSO 1983 – 1984 POZOS FUERA DE SERVICIO												
N° de pozos	DOMESTICO	INDUSTRIAL	AGRÍCOLA	PECUARIO	POTABLE	DOM/IND	DOM/AGR	.DOM/POT	PEC/OTR	OTROS		TOTAL
101	33	10	19			1	5	2	1	30		101
Extracción	8,485,092	792,014	8,437,536	0	0	141,912	1,751,760	0	0	0		19,608,314
CENSO 1992												
N° de pozos	AGUA POT.	POT/RIEGO	RIEGO	INDUSTRIAL	IND/POT.	SERVICIO	FUERA OP.	S/CLASIF.	RECREATIVO			TOTAL
530	324	11	47	77	3	2	64	1	1			530
Extracción	290,000,000	1,292,976	12,000,000	21,000,000	1,762	120,888	0	730,720	473,040			327,380,618
CENSO 1996												
N° de pozos												
563	343	11	46	76	5	2	75	4	1			563
Extracción	290,125,506	1,292,976	12,156,984	20,938,142	1,699,	120,688	0	630,720	473,040	327,438,178		327,438,178

Fuente: "Determinación de la Disponibilidad de Agua en el Acuífero Valle de Toluca", Subdirección General Técnica, CNA, 2002 (17).

ACUIFERO DEL VALLE DE TOLUCA HISTORICO DE EXTRACCIONES



Fuente: "Documento básico" del acuífero valle de Toluca (16)

GRAFICA 5

IV.3.4.- EVAPOTRANSPIRACIÓN

La descarga de una unidad hidrogeológica a la atmósfera puede tener lugar por evaporación directa de agua freática somera y por la transpiración de la flora.

Por evaporación directa, se estima multiplicando el área donde tiene lugar el fenómeno meteorológico por una lámina de agua equivalente a una fracción de la evaporación potencial medida en las estaciones climatológicas. El valor de esa fracción varía entre un máximo de uno cuando el nivel freático aflora, y cero cuando éste se localice a profundidades mayores que la altura de la faja capilar de los materiales predominantes entre la superficie del terreno y el nivel freático, que para el caso del acuífero valle de Toluca los niveles piezométricos se encuentran por debajo de los 10.0 m. a falta de información se supone que el valor de la fracción varía entre valores extremos linealmente según la profundidad de dicho nivel.

La descarga de agua subterránea por evapotranspiración depende de varios factores climáticos, hidrogeológicos y fisiológicos (tipo y densidad de vegetación), que por su amplia variación en el espacio y en el tiempo no son controlables a la escala de una cuenca o de un acuífero. Ante esta dificultad, la magnitud de este componente de descarga no se estimará por separado y su valor quedará implícito en el resultado del balance, lo cuál se traduce en una estimación conservadora de la recarga y la disponibilidad de agua subterránea.

Fuente: Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2002), (23).

IV.3.5.- PIEZOMETRÍA

Actualmente la red piezométrica existente en el AVdeT, está constituida por 62 pozos o estaciones distribuidas en la superficie acuífera de 23 municipios de los que lo comprenden en su área de influencia. Se cuenta con un historial que data desde el año de 1968. (Plano D-26, Red de Pozos Piezométricos, anexo 10).

La característica principal del sistema de observación de la red piezométrica es con piezómetros tipo casa-grande a distintas profundidades, cada estación está constituida con 6 a 8 bulbos o piezómetros y se construyeron siguiendo los lineamientos de la extinta Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. (Plano pozo piezométrico, anexo 11).

Las lecturas piezométricas se han venido realizando ininterrumpidamente a lo largo de los años, inicialmente se efectuaban 7 lecturas anuales a cada piezómetro y en la actualidad, derivado de la disminución de asignaciones presupuestales y de personal de CNA, se realizan entre 2 y 1 lecturas anuales, existiendo además estaciones piezométricas que requieren rehabilitación.

Es imperante que con la información existente se actualice y afine el modelo matemático mediante calibración dinámica y estática, lo cual no será posible mientras que no se conozca con precisión el monto de los volúmenes extraídos por todos y cada uno de los pozos de la región, resultando sumamente importante

que todos los pozos se equipen con medidor integrado, tanto los oficiales como los particulares, actualmente el sistema de medición de los pozos del Distrito Federal deja mucho que desear y en los pozos particulares en muchos no hay medición.

Comportamiento hidráulico

La configuración de los niveles estáticos durante el período de 1970 - 1995, alcanza un abatimiento del orden de 35 metros lo que implica una velocidad de 1.4 m/año, generando colateralmente el problema conocido como hundimiento regional.

En la zona estudiada los aspectos piezométricos pueden analizarse con apoyo en las profundidades de los niveles estáticos de los pozos de bombeo, o bien en el estudio de la distribución piezométrica con respecto a la profundidad, por medio de la red piezométricas que se tiene instalada en el valle de Toluca, así como los hidrógrafos más representativos, lo cual representa un método más preciso para definir las características del flujo subterráneo hidráulico.

Para este trabajo fue utilizada esta última información mencionada, misma que se describe en incisos subsiguientes con mayor detalle, con base en las configuraciones de igual elevación a 150 m de profundidad y de evolución a esa misma profundidad, durante el sondeo practicado entre mayo y junio de 1970 principalmente. Estos datos son los más antiguos y confiables a nivel regional que sirvieron de apoyo al estudio mencionado.

La presencia de manantiales, actualmente lloraderos en temporadas de lluvias, generalizados en las laderas de la sierra de las Cruces y su prolongación hacia el norte, indican que el flujo subterráneo adopta en esta franja un sentido general oriente-poniente; sin embargo, una buena parte de este flujo ha sido interceptado por las baterías de pozos del DF situados al pie de la sierra para abastecimiento

de la ciudad de México. Esto ha invertido incluso el gradiente original, pues ahora los acuíferos de la planicie aportan a los pozos.

No se tuvo noticia de pozos brotantes, salvo el artesianismo de este tipo en piezómetros profundos de las estaciones piezométricas ubicadas en los alrededores de la presa Ignacio Ramírez, así como la porción SE del área estudiada, entre las estribaciones del Nevado de Toluca y la laguna de Almoloya del Río, no obstante que se ignora la altura que sube el agua sobre el terreno, pues el agua mana por las mangueras, es evidente que el flujo del agua subterránea se induce desde esta área hacia las partes más bajas del valle.

Lo anterior no implica la inexistencia de pozos brotantes, pues quizá no fueron censados, o bien si se perfora en el área de artesianismo no resulten brotantes o cuando menos resulten artesianos, pues las condiciones y mecanismos que justifican dicho artesianismo están presentes. Las áreas de recarga representadas por las serranías del NW y del norte inducen una infiltración del agua de lluvia hacia profundidades del subsuelo. Estos materiales se clavan hacia la planicie y están cubiertos por clásticos menos permeables que los confinan, tales como aluviones; como sus condiciones de saturación están a una elevación piezométrica mayor que las de los materiales aluviales de la planicie, están a una presión también mayor que será manifiesta cuando se perfora un pozo que alcance la profundidad a la que se hallan estas rocas.

Configuración de la profundidad del nivel piezométrico a 150 m de profundidad.

Las profundidades máximas del nivel piezométrico registrado a 150 m de profundidad, se localizan en los alrededores de Toluca, hacia el Sur hasta el orden de 80 a 90 metros, en los alrededores del poblado Tlaltenango, en la porción Norte, entre 60 y 70 m de profundidad, aunque en este caso es debido al efecto de la topografía, pues se localiza en las faldas de la sierras; los valores mínimos

se localizan al Este en la zona de la extinta laguna de Lerma, alcanzando la profundidad de un metro en la estación piezométrica número 159. En el área de la presa Ignacio Ramírez el nivel piezométrico brota como ya se ha mencionado anteriormente, denotando una zona de artesianismo, sin que éste se haya cuantificado. Hacia el centro del valle la profundidad promedio puede ser de unos 40 m aproximadamente.

Configuración de la elevación del nivel piezométrico a 150 m de profundidad.

La serie de planos sobre configuraciones de elevación piezométrica se inicia con la de las curvas de igual elevación de los niveles piezométricos regionales de 1970 (5), donde se aprecia que las elevaciones mayores corresponden a la curva 2,780 msnm, que se localiza al pie del Nevado de Toluca y disminuyen en dirección Noreste rumbo a la ciudad de Toluca, donde el flujo subterráneo se bifurca al Norte y al Oriente, este último rumbo marcado por la curva 2,650 msnm, descendiendo hasta la 2,570, a la altura de Lerma de Villada, donde desemboca el flujo alimentando a los acuíferos constituidos bajo la laguna de Almoloya del Río. El segundo flujo que proviene del Nevado se define a partir de Toluca mediante la curva 2,650 msnm y se dirige al norte hasta la curva 2,540, apuntando en dirección a Ixtlahuaca, a la altura de las presas Ignacio Ramírez y Antonio Alzate. Es de mencionarse que en esta configuración se advierte una zona de artesianismo en el extremo Noroccidental del área estudiada, un poco al Sur de la presa Ignacio Ramírez, que se identifica donde las curvas de igual elevación se han dibujado con línea interrumpida. En realidad no es posible fijar exactamente la posición de estas curvas, pues los piezómetros situados a profundidades cercanas a los 150 m, únicamente denotan dicho artesianismo brotante manando el agua por las mangueras respectivas, pero sin que se haya determinado la altura hasta donde pudieran ascender, pues no era práctico dar una altura mayor de 2 o 3 metros a la caja protectora de la estación piezométrica, ni se determinó la presión respectiva mediante manómetros.

Igualmente, en la porción Sur del área configurada, entre las faldas del Nevado de Toluca y la población de San Antonio la Isla, se manifiesta otra área de artesianismo brotante.

Para mayo de 1984 y para los 150 m de profundidad, la configuración muestra características similares a la configuración anterior en cuanto las zonas de recarga y sentidos generales del flujo subterráneo, no así en cuanto a la posición de las curvas de igual elevación piezométrica, que han sido afectadas por la explotación de los acuíferos. El área urbana de Toluca, donde antes estaba cruzada por la curva de valor 2,670 msnm, para esta fecha aparece ocupada por la curva 2,600 msnm; en la porción Norte, a la altura de la estación radio monitora, donde estaba la curva de 1,560 msnm ahora la ocupa la del valor 2,530, y así por el estilo en el resto del área configurada; sin embargo, se conservan en superficies más reducidas las zonas artesianas señaladas en la configuración de 1970.

En el estudio de 1992 (11), se presenta una configuración de las curvas de igual elevación de los niveles estáticos de los pozos que muestra los flujos antes descritos: el flujo proveniente del Nevado que circula hacia el Oriente y llega hasta al pie de la Sierra de Las Cruces; asimismo, muestra el flujo que establece rumbo al Norte y hasta la cuenca del valle de Ixtlahuaca. Como resultado de una “ampliación de las observaciones”, se observa un flujo más que proviene del piamonte de Las Cruces y circula hacia el Poniente, donde es captado por la batería de los pozos del DF, tal como se comentó.

Configuración de la evolución del nivel piezométrico a 150 m de profundidad.

Analizando los planos consignados en estudios geohidrológicos, acerca de la evolución piezométrica en el Valle de Toluca, es interesante remontarse al período 1966-1970 (5), cuando las extracciones por medio de pozos no era tan exagerada. Para la profundidad de 150 m, se presentan curvas que indican abatimientos de -1.00 a -10.00 m. Los valores mínimos se localizan en las porciones Suroeste y

Oeste del valle, en las estribaciones de las sierras, en tanto que los abatimientos máximos en los alrededores de San Francisco Xonacatlán, al Oriente del valle, y entre las presas A. Alzate e Ignacio Ramírez. En el centro del valle, en la zona Industrial, un poco al Oriente de la ciudad de Toluca, se marca un abatimiento piezométrico de -5 m, en tanto que la zona urbana de dicha ciudad es de -3 m.

En el período 1970-1984, los abatimientos más pronunciados se localizan entre el poblado Capultitlán y la ciudad de Toluca con -30 m, al igual que en dos pequeñas superficies localizadas en la porción norte de la configuración, entre las curvas con valor -5.00 m, así como en la porción NW, en las estribaciones de la serranía que limita al valle de Toluca al occidente. Puede afirmarse que en promedio para todo el valle, el abatimiento piezométrico es del orden de unos -12 m.

Cabe señalar que los excesivos abatimientos registrados entre las presas Ignacio Ramírez y J. A. Alzate, seguidos por la formación de grietas en el terreno algunos años después, fueron los primeros avisos para suspender la operación de los pozos circundantes, a fin de asegurar la estabilidad de las cortinas de las presas.

Para el período 1984 a 1996, la evolución piezométrica también a 150 m de profundidad, en el área urbana de Toluca y el corredor industrial colindante muestran abatimientos piezométricos de -10 m, denotando una disminución en la velocidad de abatimiento en general en la zona estudiada.

En la porción oriental, se aprecian recuperaciones piezométricas a lo largo de una franja colindante con las estribaciones de la sierra de Las Cruces, marcada por la curva con valor +1.00 m, pero que entre las poblaciones Lerma de Villada y Santiago Tianguistenco alcanzan los 4 m, como respuesta a la suspensión de varios pozos del D.F. que estaban alumbrando agua de mala calidad.

Acercas de las configuraciones piezométricas a la profundidad de 150 m, se marcan las zonas de recarga natural en las fajas transicionales entre las serranías y las planicies, para inducir un flujo subterráneo general SSW-NNE hasta el llamado estrechamiento de Perales, que comunica al Valle de Toluca con el

colindante de Ixtlahuaca, por un lado, y por el otro, un flujo hacia el oriente hasta las estribaciones de la sierra Las Cruces, donde se formaron las lagunas que a su vez dieron origen al río Lerma.

Los abatimientos observados entre 1970 y 1996 llegan a unos -40 m como máximo en el área urbano-industrial de Toluca.

La dirección principal del flujo subterráneo para ambos acuíferos es de sur a norte, flujo al cual se unen aportaciones radiales de las sierras circundantes. La salida natural se localiza en el estrechamiento de Perales, coincidente con el cauce del río Lerma.

Fuente: "Determinación de la Disponibilidad de Agua en el Acuífero Valle de Toluca", Subdirección General Técnica, CNA, 2002 (17).

IV.4.- EFECTOS DE LA SOBREEXPLOTACIÓN

Gráfica 6, pág. 57.

El desequilibrio entre la recarga y la extracción ha dado como resultado serios problemas que actualmente enfrentan los usuarios, entre ellos destacan los siguientes:

Mayor riesgo de contaminación.- La presencia de grietas, sobre todo en cuerpos de agua receptores de aguas residuales municipales, provoca que éstas tengan una mayor facilidad para infiltrarse hacia el acuífero, haciéndolo más vulnerable a la contaminación, aunque a pesar de éste efecto, todavía se conservan la mayoría de los índices químicos dentro de la normatividad para agua potable.

Degradación de la calidad del agua.- En un principio el acuífero contaba con agua de buena calidad, pero debido a la sobreexplotación se han incrementado las extracciones a mayores profundidades, lo que genera riesgos potenciales a futuro, consistentes en la presencia de elementos en el agua extraída como el flúor, litio, hidrocarburos y metales pesados.

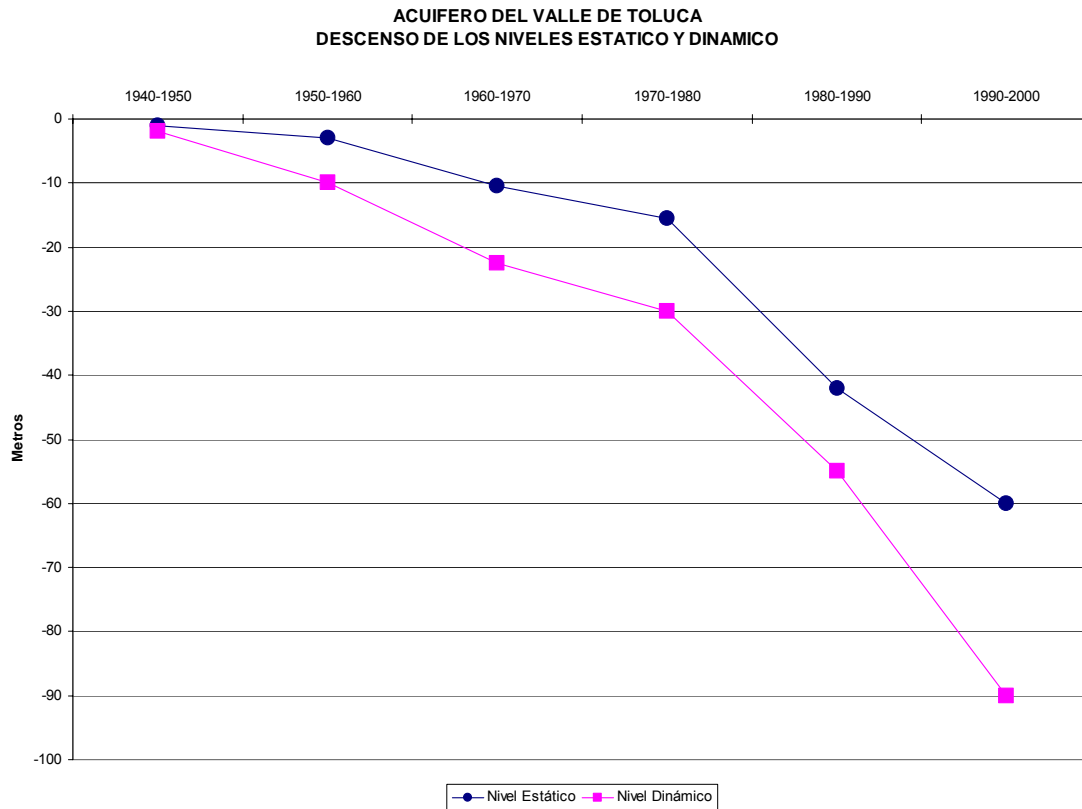
Freno al desarrollo de sectores productivos.- La sobreexplotación provocó que se estableciera veda de control desde de la década de los sesentas, y que actualmente ya no se permitan nuevas explotaciones de agua subterránea que incrementen los volúmenes de extracción. Estas medidas frenan el desarrollo y el crecimiento de algunos sectores, sobre todo el industrial, debido principalmente a que ya no hay disponibilidad para poder cubrir sus demandas. Lo mismo sucede en el sector servicios y público – urbano con los nuevos fraccionadores. En cuanto al sector agropecuario, los altos costos de bombeo impuestos provocados por la sobreexplotación representan un freno para su desarrollo.

Fuerte competencia por el uso del agua.- Dado que la demanda continúa en aumento y ésta no puede seguir cubriéndose a costa de la reserva no renovable del acuífero, se tiene que suministrar en detrimento de algún otro uso; en el caso del acuífero Valle de Toluca, la competencia se está dando entre los usuarios del

uso público – urbano e industrial, los cuales adquieren derechos de los usuarios agrícolas

IV.4.1. DESCENSO DE NIVELES PIEZOMETRICOS

GRAFICA 6



Fuente: "Documento básico" del acuífero valle de Toluca (37)

Descenso drástico de los niveles de agua.- La profundidad de los niveles del agua, originalmente a unos cuantos metros, se localiza ahora a varias decenas de metros y en algunos casos se encuentra a profundidades que alcanzan los 90 m. .

Reducción en el rendimiento de los pozos.- Al reducirse severamente el espesor de los estratos explotables por la baja de niveles, los rendimientos se reducen considerablemente.

Incremento en los costos de extracción.- Los exagerados abatimientos presentados en las zonas agrícolas acumulados a través del tiempo, inciden en

costos de bombeo mayores, tan altos que muchos cultivos ya no son redituables bajo las condiciones de riego tradicionales (por gravedad), razón por la cual la actividad agrícola pierde capacidad de supervivencia ante otros usos que todavía soportan los altos costos de bombeo. Estudios económicos realizados al respecto, indican que en el Valle de Toluca desde el año de 1980 los costos son superiores a los beneficios en el sector agrícola, específicamente en cultivos básicos.

Pozos fuera de operación.- Al descender los niveles piezométrico las cámaras de bombeo quedan por sobre dichos niveles y ello impide que los pozos puedan seguir extrayendo agua del subsuelo, quedando muchos fuera de operación y en la necesidad de profundizarlos y autorizar reposiciones.

IV.4.2.- ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES

Impacto social a causa del asentamiento del terreno y agrietamiento de estructuras.- Este puede apreciarse de manera impactante, en donde se han identificado un sinnúmero de grietas, situación que ha provocado serios daños a la infraestructura civil como calles y avenidas, edificios, casas habitación y redes de agua potable y alcantarillado, en la zona urbana:

GRIETAS

Sta. Ana Tlapatlán
San Pedro Totoltepec
Santa María Totoltepec
San Juan de las Huertas
San Lorenzo Coacalco
Col. Independencia
Col. Los Angeles
Col. Tlacopa
Col. Jesús Jiménez Gallardo
Col. Morelos
Col. Granjas
Col. Plazas de San Buenaventura





2005



Afectación al entorno natural.- Definitivamente el descenso de los niveles de agua ha provocado la desaparición de los manantiales y las lagunas del Lerma antaño existentes y también ha revertido el proceso de alimentación entre ríos y arroyos con el propio acuífero, desapareciendo totalmente el flujo base en los mismos y por lo tanto la flora y fauna acuática que en algún tiempo existieron en dichos cuerpos de agua.

IV.4.3. DESECAMIENTO DE LAS LAGUNAS DEL LERMA.

Desde finales de 1800, la ciudad de México ha venido padeciendo la insuficiencia de agua potable, optando por diversas alternativas para dar solución al problema; durante el periodo de 1910 a 1920 las situaciones políticas que vivió el país provocaron una gran concentración de población en la ciudad de México, por otra parte al entrar en una época de paz y prosperidad, ocasionaron un desequilibrio

entre los caudales de agua necesarios y los disponibles para satisfacer el explosivo crecimiento demográfico. En los años cuarenta, como resultado de estudios y proyectos realizados en la zona del valle de Toluca, se determinó recurrir al aprovechamiento de las aguas de Lerma que ofrecían entre otras, las ventajas de ser la fuente externa de mayor importancia y más cercana a la ciudad con la ventaja de encontrarse los manantiales a una mayor elevación, además de ser agua subterránea potable y prácticamente de no necesitar tratamiento.

La primera etapa de las obras se inició en el año de 1942, terminándose en 1951, consistiendo en captaciones y conducciones a través de galerías filtrantes interceptando las corrientes subterráneas de manantiales y la captación de aguas subterráneas por medio de pozos profundos a profundidades variables, la operación del sistema se formalizó en 1953, aunque los primeros pozos iniciaron su operación en 1951, La operación de los pozos afectó al caudal de los manantiales.

Al continuar el incesante crecimiento poblacional, el DF confrontó, como problema de extrema gravedad la insuficiencia de agua potable aunado a los hundimientos de su superficie por el bombeo de aguas subterráneas, en consecuencia se determinó en 1965, obtener el déficit alumbrando aguas del subsuelo en la zona del valle de Toluca.

Para llevar a cabo las obras de alumbramiento, se requirió la conformidad del Gobierno del Estado de México (GEM), para su realización, de la Secretaría de Recursos Hidráulicos para otorgar los permisos de alumbramiento de las obras, correspondiéndole al DF su ejecución; acordándose diversos compromisos de cooperación, entre otros el GEM, al obtener la conformidad de los campesinos de la región para la explotación de las aguas subterráneas, adquirió el compromiso de promover ante el Gobierno Federal la desecación de las lagunas del Lerma, en una superficie de 7000 hectáreas mediante las obras de drenaje necesarias con la finalidad de destinarlas a labores agrícolas

Con fecha 26 de septiembre de 1924 se promulgo el acuerdo que declara que las aguas, lechos y riberas de las lagunas de Lerma en el Estado de México son de propiedad nacional, publicándose en el Diario Oficial de la Federación el 31 de octubre del mismo año (26), desconociéndose la superficie total de las mismas.

Con fecha 21 de julio de 1943 se acuerda que se reservan para satisfacer necesidades agrarias de varios pueblos ribereños, con los terrenos que se descubran con motivo de los trabajos de captación de las aguas de las lagunas del Lerma, publicándose en el diario oficial de la federación el 11 de septiembre de 1943 (27).

En 1949 se realizan trabajos (levantamientos topográficos), encontrándose una superficie de 10,704-00-00 has., distribuidas de la siguiente manera.

A.- PRIMER VASO	ALMOLOYA.	3,203-00-00 has.
B.- SEGUNDO VASO	TULTEPEC	3,747-00-00 HAS.
C.- TERCER VASO	CHIGNAHUAPAN	1,289-00-00 HAS.
D.- CUARTO VASO	SAN BARTOLO	2,465-00-00 HAS.

Con la siguiente situación de tenencia de la tierra

- 1.- 861-00-00 has., superficie controladas por la SARH, mediante permisos precarios
- 2.- 3,580-00-00 has., superficie dotada legalmente como ejidos.
- 3.- 312-00-00 has., superficie amparada en contra de SARH.
- 4.- 1,000-00-00 has. Aproximadamente, superficie de propiedad privada, donde se localizan fabricas, ranchos, planta de tratamiento de aguas negras, casas particulares y terrenos agrícolas.
- 5.- 4,951-00-00 has., superficie que con base a documentación o solicitudes para dotaciones ejidales y comunales se viene usufructuando

PRIMERA LAGUNA (ALMOLOYA)

Superficie 3,203-00-00 has., en 1924, esta laguna era alimentada por los ríos Acalote o Santiaguito y Santa María Rayón, productos de las filtraciones del nevado de Toluca o Xinantecatl y los manantiales denominados Rambata, Almoloya, Veladero, Aguas blancas, y Quemada, dando origen al río Lerma, considerándose posteriormente como vaso regulador de las tres lagunas restantes. En 1951 se inician las obras para conducir las aguas a la ciudad de México mediante la explotación de una batería de pozos profundos, localizándose en la parte sur-este del vaso cerca de su zona federal y en ciertos casos dentro del embalse.

SEGUNDA LAGUNA (TULTEPEC)

Superficie 3,747-0-00 has., la SARH tenía bajo su control permisos precarios por 660 has. Para el poblado de San Mateo Atenco 557 permisos en una superficie de 480 has. Y San Pedro Tlaltizapan 579 permisos en una superficie de 180 has. Beneficiando a más de 1000 usuarios

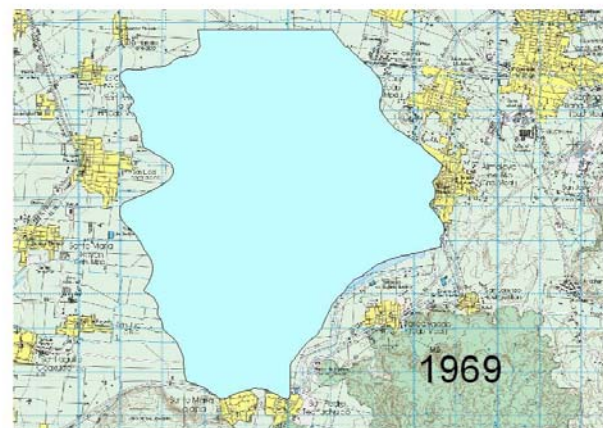
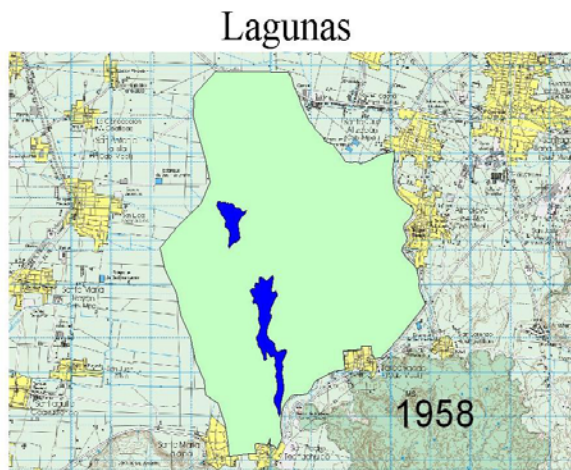
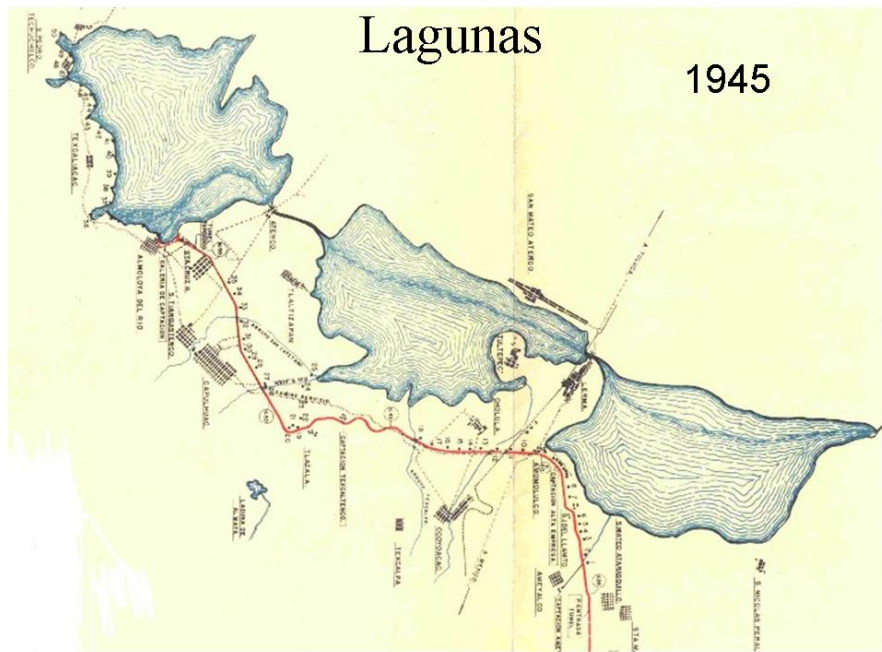
TERCER VASO (CHIGNAHUAPAN)

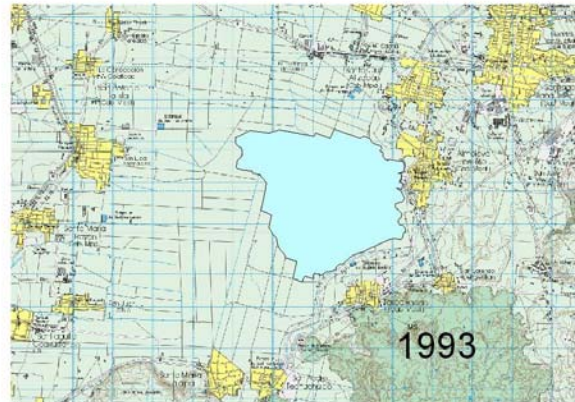
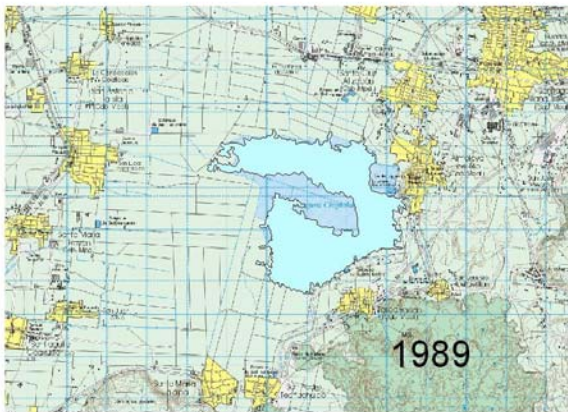
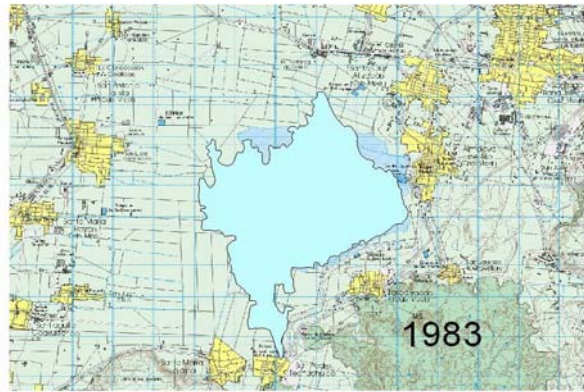
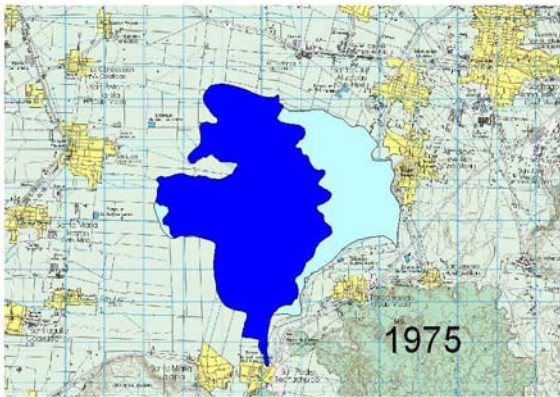
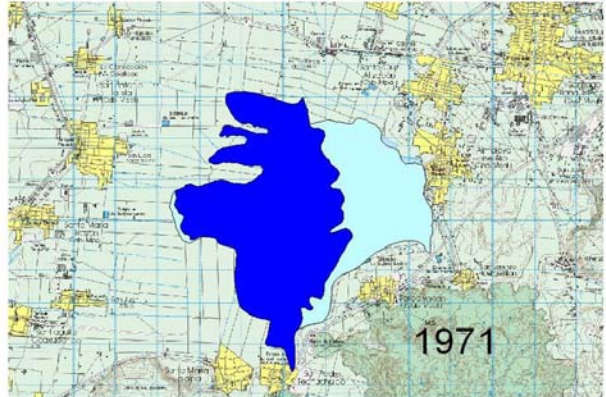
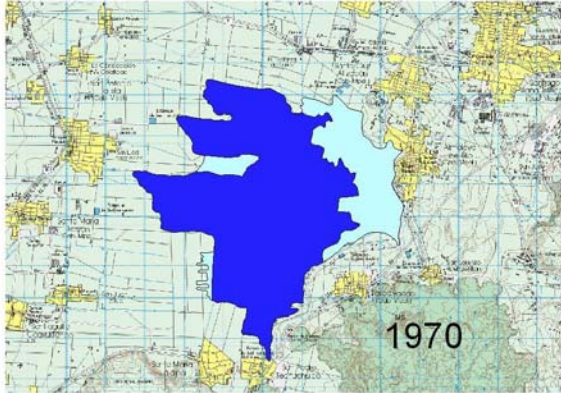
Superficie 1,230-00-00 has., en control por la SARH, 261-00-00 has. con permisos precarios a los poblados de San José de los Llanitos 86 has., Amomolulco 46-00-00 has., El Cerrillo 69-00-00 has., beneficiando a 208 usuarios. Terrenos donde se localizan propiedades privadas (ranchos, planta de tratamiento), asentamientos urbanos con servicios de agua, luz y escuelas con población de más de 100 familias.

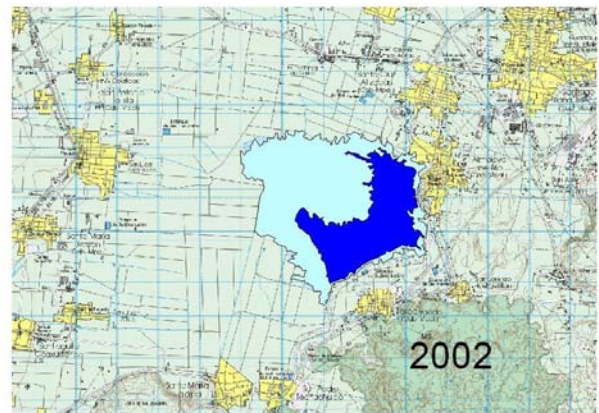
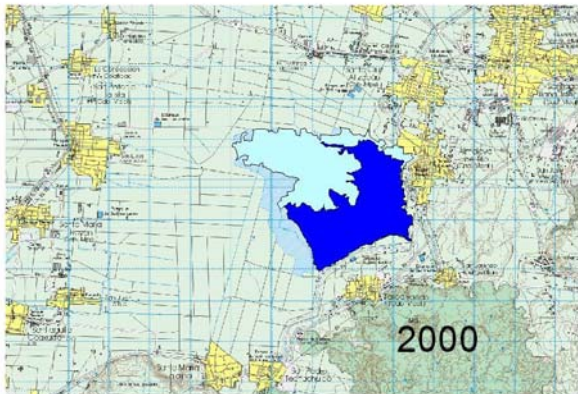
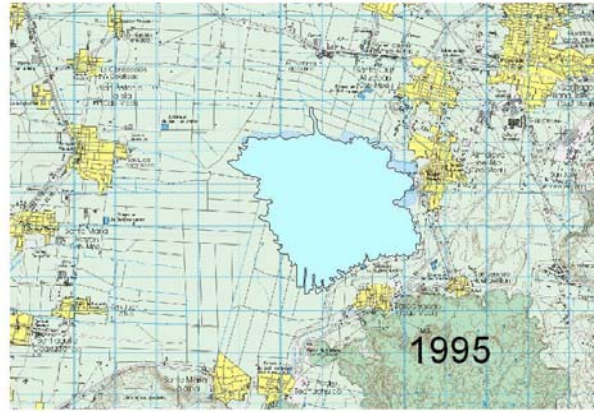
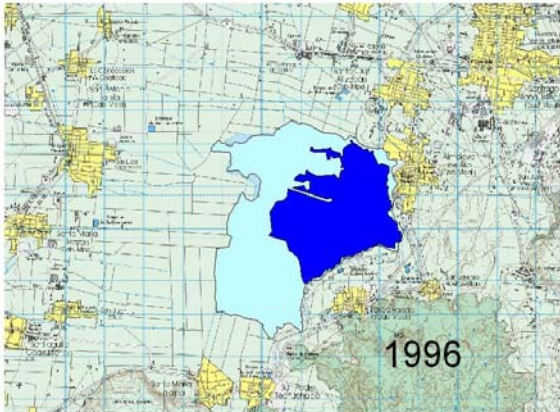
CUARTO VASO (SAN BARTOLO)

Superficie 2,466-00-00 has., terrenos ejidales con permisos precarios del poblado del Cerrillo, San Mateo Atenco y terrenos federales dotados legalmente por la SARH a varios poblados.

Actualmente no se tienen datos reales del área de las lagunas, a continuación se refleja esquemáticamente como han descendido sus niveles y áreas correspondientes desde el año de 1945 al 2002.







Fuente: Área Técnica, Subgerencia de Ingeniería, G.E.M.

V.- CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA

El acuífero del valle de Toluca se clasifica con permeabilidad alta y media.

A partir de los resultados de los análisis físicos y químicos de muestras de agua alumbradas y recolectadas desde 1959, se tiene un panorama amplio acerca de la calidad del agua subterránea, otorgándole en los estudios geohidrológicos realizados, la categoría de excelente, casi siempre dentro de normas de potabilidad con base en los índices químicos analizados.

Algunas interpretaciones hidrogeoquímicas regionales con apoyo en los sólidos totales disueltos, que resulta el índice más representativo, muestran que la salinidad varía entre 150 y 300 ppm en el valle de Toluca. Las curvas de menor valor definen, al igual que la piezometría, las zonas de recarga perimetrales del valle, aumentando sus concentraciones a medida que el agua subterránea se dirige hacia las partes bajas de las planicies, donde tienen lugar las curvas de máximas concentraciones.

Estas interpretaciones se basan en muestreos de norias y pozos someros y profundos, deduciéndose que los sistemas de flujo, tanto del acuífero somero como profundo, siguen las direcciones generales, aunque lo que se menciona a continuación no tiene aplicación para definir sistemas de flujo, que dé como constancia de un deterioro de la calidad del agua subterránea por contaminación de aguas residuales de las áreas urbana, rural y zonas industriales.

Desde 1986, se señaló un incipiente a moderado deterioro del agua subterránea por contaminación, cuyo origen es el desarrollo urbano e industrial de Toluca y su zona industrial, donde ya se manifestaba la salinidad mayor y las concentraciones más altas de casi todos los índices químicos analizados

En 1993 (12), se señaló la existencia de dos zonas problemáticas, una vecina a la Laguna de Almoloya y la faja que contiene el cauce del Río Lerma. En la primera debido a la existencia de turbas en la laguna, quizá asociada con hidrotermalismo,

y desde luego con el sistema de flujo, cuyas concentraciones de sólidos totales disueltos se incrementaron de 500 a 1,500 ppm entre 1970 y 1992; en la segunda, entre Ixtlahuaca y Atlacomulco, pero que debe de ser extensiva entre las poblaciones de Lerma e Ixtlahuaca, por la infiltración de aguas residuales de la ciudad de Toluca y alrededores, además de las descargas industriales del corredor Toluca- Lerma.

Una situación similar debe de estar sucediendo a lo largo del río Verdiguél, que recibe también descargas de aguas residuales de Toluca y poblados vecinos antes de descargar en el río Lerma, poco antes de que a su vez, dicha corriente descargue en la presa J. Antonio Alzate.

V.2.- FUENTES DE CONTAMINACIÓN

Entre las fuentes de contaminación tenemos:

Las fuentes continuas, intermitentes y puntuales, los rellenos sanitarios, los tiraderos de basura y descargas de aguas residuales que representan fuentes de contaminación al acuífero dependiendo del lugar donde se encuentran ubicados.

Actualmente según el inventario de descargas de aguas residuales de CNA, Gerencia en el Estado de México, se tienen 1059 descargas de acuerdo a la siguiente clasificación:

Descargas de aguas residuales inventariadas	353
Descargas de tipo industrial inventariadas	200
Descargas de tipo municipal y de servicios, inventariadas	153
Descargas a influentes de cuerpos de agua incluyendo al Río Lerma	232
Descargas que son influentes de pozos de absorción o se infiltran al subsuelo	121

Fuente: Dpto. de Saneamiento y Calidad del Agua, Área Técnica, G.E.M., CNA.

Es necesario revisar detalladamente las descargas que son influentes de pozos de absorción o que están infiltrando al subsuelo, determinar flujo y carga contaminante que se está vertiendo, tener bien localizados los sitios, solicitar estudios geológicos de los lugares donde este tipo de descargas presenten un elevado volumen y carga

contaminante para localizar las posibles zonas de vulnerabilidad del acuífero y poder corregir los daños si es que se están presentando.

Otra posible causa de contaminación es el uso y operación de fosas sépticas, el establecimiento de estas se desconoce, se presentan en sitios donde se carece de drenaje; se requiere contactar a los municipios para localizar e identificar las localidades carentes de drenaje y localizar fosas sépticas proponiendo otros métodos de tratamiento de sus descargas en los sitios que sean de alta permeabilidad.

El acuífero del valle de Toluca por sus características presenta mayor vulnerabilidad sobre la contaminación.

Es de esperarse que esté habiendo una infiltración contaminante a todo lo largo del río Lerma, debido al abatimiento piezométrico del acuífero y a la fuerte contaminación de las aguas del río, que funciona en dicho tramo como canal abierto de aguas negras, situación que puede obligar a llevar a cabo una drástica reducción de los caudales explotados por una rápida degradación de la calidad del agua subterránea si no se llevan a cabo de inmediato los estudios pertinentes para prever y controlar este tipo de amenazas, en caso de comprobarse su existencia.

En 2005 se realizó programa de trabajo de monitoreo cuyo objetivo fue determinar las características físicas, químicas y bacteriológicas, seleccionándose para ello 21 pozos en explotación (tabla 11), con el fin de evaluar la calidad del agua subterránea en laboratorio de acuerdo a la NOM-127-SSA1-1994, (33), para determinar:

- Concentraciones de contaminantes (coliformes fecales, nitratos, hierro y magnesio).
- Realizar propuesta de disminución de la contaminación en los pozos en caso que estas sean de origen antropogénico, para dar alternativas de solución al problema.

- Realizar comparación con resultados de años pasados sobre características fisicoquímicas y metales pesados.

RELACIÓN DE POZOS Y MUESTREOS

TABLA 11

POZOS	COORDENADAS		POT.HID.pH	TEMP. °C	TEMP. °C	COND. ELECT. C.E
	LATITUD	LONGITUD				
CLUB DE GOLF SN. CARLOS	19°15'56.3"	99°37'29.0"	7,3	21	19,5	246
ZOOLOGICO ZACANGO	19°11'59.3"	99°38'53.4"	7,3	22	16,5	113,4
PANTEÓN MUNICIPAL. TOLUCA	19°15'28.7"	99°38'38.1"	7,3	27	20,1	331
COL. JIMÉNEZ GALLARDO	19°15'26.1"	99°38'06.0"	7	17	17	215
ASUNCIÓN METEPEC	19°15'57.6"	99°34'33.6"	7,4	19	17	218
CODAGEM	19°14'58.7"	99°34'50.6"	7,3	17	18	226
PARQUE IND. TOLUCA 2000	19°22'14.2"	99°34'18.1"	7	21	21	231
SOR JUANA	19°18'54.3"	99°33'47.5"	7	21	20	368
CHACRAS	19°14'54.8"	99°37'33.8"	7,4	27	20	237
MERCEDES BENZ	19°10'03.4"	99°27'11.0"	7	13,5	15	192,2
RANCHO LA MACARIA	19°15'13.3"	99°41'30.7"	7	17	16	131,6
SAN PEDRO CHOLULA	19°16'09.6"	99°28'45.1"	7	20	19	275
TLALOC I	19°24'42.9"	99°31'31.7"	7	22	21	158
TLALOC II	19°27'51.3"	99°38'23.7"	7,5	24	20	152
BARRIO LA UNION	19°24'42.8"	99°51'09.9"	7	23	20	220
TLACHALOYA 1RA SECCION	19°26'50.3"	99°39'48.9"	7	22	21	227
SANTA JUANA	19°22'17.2"	99°43'55.1"	7	23,5	20	274

1RA SECCION						
ZINACANTEPEC	S/D	S/D	7,2	23	17	181,4
BOMBEROS TOLUCA	19°17'13.4"	99°38'14.7"	7,3	21	20	366
MACIMEX	19°08'22.5"	99°34'41.8"	S/D	22	16	144,8
EL CORRALITO	19°06'23.2"	99°36'44.4"	7	24	17	144,4

Los análisis de campo obtenidos son comparados con las NOM: Temperatura, NOM-AA-007-1980; Conductividad eléctrica, NOM-AA-093-1984 y Potencial de hidrogeno (PH), NOM-AA-008-1980; no presentando problemas, los resultados están dentro de la norma.

Los análisis de laboratorio se compararon con las NOM: Nitratos (N-NO₃), NOM-AA-079-1982 y NMX-AA-082-1986; Sulfatos (SO₄), NOM-AA-074-1981; Cloruro (Cl), NOM-AA-073-1981; Manganeso (Mn); Sodio (Na) ; Cromo (Cr), NOM-AA-044-1981; Hierro (Fe), NOM-AA-051-1981; Cobre (Cu), NOM-AA-066-1981; Zinc (Zn), NOM-AA-078-1981; Arsénico (As), NOM-AA-046-1981; Plomo (Pb), NOM-AA-057-1981; Mercurio (Hg), NOM-AA-064-1981; Coliformes totales, NOM-AA-102-1987; Coliformes fecales, NOM-AA-102-1987 y Sólidos disueltos totales, NOM-AA-034-1981.

RESULTADOS:

Sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas resultó que algunos pozos presentan problemas de contaminación incipiente, 8 fuera de la norma 127: CODAGEM presenta plomo; parque industrial Toluca sobrepasa los límites de cloruro; zoológico de Zacango y Sor Juana presentan mercurio; panteón municipal sobrepasa límites de cloruro, coliformes totales y fecales; en 2004 el pozo club San Carlos no rebasó la norma, en 2005 salió contaminado por coliformes totales y fecales; pozo Chacras no presenta coliformes, en 2004 se realizaron dos muestreos uno en agosto sin presencia de coliformes y en noviembre con coliformes, indicando que no se controló la contaminación, presenta también problemas con cloruro y cromo; el pozo bomberos de Toluca con manganeso.

Estas contaminaciones pueden estar atribuidas a las descarga de aguas residuales, basureros clandestinos cerca de zonas de alta infiltración.

El consumir agua en estas condiciones corre el peligro que se tengan problemas de salud como enfermedades gastrointestinales, infecciones y hasta la muerte.

Los límites permisibles de metales se refieren a su concentración total en el agua, incluyendo los suspendidos y disueltos.

Los metales pesados llevan un tratamiento que se puede utilizar para su disminución, situación que se puede solucionar mediante la prevención y manejo adecuado en la extracción, conducción y distribución y en el manejo de las descargas de aguas residuales, de no ser así su tratamiento será muy difícil y costoso.

A continuación se describen los resultados de los análisis físicos y microbiológicos aplicados a diferentes pozos en 2004 y 2005, (tablas 12 y 13). Coliformes totales y fecales:

Pozo Zoológico de Zacango, se obtuvo un resultado muy elevado de coliformes totales y fecales, esto se puede atribuir a que esta zona es de alta infiltración además de que en el lugar están los animales del zoológico y también existen 10 basureros clandestinos en la periferia, por lo tanto es muy fácil que los lixiviados penetren directa y rápidamente al pozo y de así se generen los coliformes totales y fecales.

Los pozos club de golf San Carlos, Col. Jesús Jiménez Gallardo y la Asunción del municipio de Metepec se encuentran influenciados por un basurero que es el socavón y de las descargas de aguas residuales en canales a cielo abierto sin revestir. El panteón municipal de Toluca se encuentra afectado por el mismo cementerio, 5 basureros clandestinos y aproximadamente 25 descargas de aguas industriales y 7 de servicios.

El pozo Tlachaloya cuenta con altos índices de coliformes totales, debido a la influencia de las aguas residuales almacenadas en la presa José Antonio Alzate que se encuentran a escasos 100 m. de distancia del pozo.

Los pozos de Rancho la Macaria, San Pedro Cholula, barrio la Unión y el pozo de Zinacantepec se encuentra afectados con coliformes totales y fecales, esto es posiblemente por los arroyos a cielo abierto que sirven como colector de aguas residuales y basureros clandestinos cerca del sitio.

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE POZOS EN 2004 Y 2005.

TABLA 12

POZOS	2004 S.D.T.	2005 S.D.T.	2004 I.C.A.	2005 I.C.A.	2004 C.T	2005 C.T	2004 C.F.	2005 C.F.
Club de Golf San Carlos	137	125	88.4	65.6	ND	3	ND	≤3
Zoologico Zacango	58.1	58.6	94.2	45.4	ND	460	ND	43
Panteón municipal	173	173	62.5	92.9	<3	ND	≤3	ND
Col. Jiménez Gallardo	118	110	89.4	66.3	ND	3	ND	≤3
Asunción Metepec	114	110	89.3	54.6	ND	14	ND	9
CODAGEM	146	141	59.6	93.3	9	ND	≤3	ND
Parque Ind. Toluca 2000	120	118	89.5	94.3	ND	ND	ND	ND
Sor Juana	179	177	86.9		ND	ND	ND	ND
Chacras	124	121	89	93.9	ND	ND	ND	ND

**POZOS CONTAMINADOS Y LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE LA
NORMA 127 DE ACUERDO A LOS ANÁLISIS DE EL AÑO 2000.**

TABLA 13

PARÁMETRO	LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE	LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE	RESULTADO FUERA DE NORMA
		PANTEÓN MUNICIPAL TOLUCA	11.81
		CHACRAS	7.59
		COL. JIMÉNEZ GALLARDO	8.02
CLOURS	0.2-1.50	ASUNCIÓN METEPEC	8.44
		CODAGEM	3.37
		PARQUE IND. TOLUCA 200	4.45
		SOR JUANA	11.72
FIERRO	0.3	PARQUE IND. TOLUCA 200	0.479(+/- 0.004)
PLOMO	0.025	CODAGEM	0.032(+/- 0.001)
MERCURIO	0.001	ZOOLOGICO ZACANGO	0.077(+/- 0.002)
		SOR JUANA	0.060(+/- 0.001)
C.F.	Cero UFC/100ml	PANTEÓN MUNICIPAL TOLUCA	<3
		CODAGEM	<3
C.T.	2 UFC/100ml	PANTEÓN MUNICIPAL TOLUCA	<3
		CODAGEM	9
CROMO	0.05	CHACRAS	0.123(+/- 0.007)
MANGANESO	0.15	BOMBEROS TOLUCA	0.163(+/- 0.003)
		MACIMEX	0.255(+/- 0.004)

El Índice de Calidad del Agua (ICA) que la CNA emplea, (tabla 14); agrupa los parámetros contaminantes más representativos dentro de un marco unificado, como instrumento que permite identificar el deterioro o mejora de la calidad de un cuerpo de agua, se adapta y modifica a un modelo propuesto en la literatura (Dinius, 1987).

El laboratorio de la Gerencia Estatal de CNA determina en base a los siguientes rangos para cada uso distinto como a continuación se indica.

RANGOS COMPARATIATIVOS DE ICA

TABLA 14

	APTO	NO APTO
FUENTE DE ABASTECIMIENTO PÚBLICO	50 - 100	< 50
RECREACIÓN	50 - 100	< 50
PESCA Y VIDA ACUÁTICA	60 - 100	< 60
INDUSTRIAL Y AGRÍCOLA	30 - 100	< 30

Se determina con los parámetros de PH de campo, conductividad eléctrica de campo, temperatura del agua, nitratos, sólidos disueltos totales, coliformes totales y coliformes fecales, donde los valores y su clasificación resultan ser los siguientes. (Tabla 15).

CLASIFICACIÓN Y RANGOS COMPARATIVOS DE PARÁMETROS.

TABLA 15

	ÍNDICE DE LA CALIDAD DEL AGUA
ALTAMENTE CONTAMINADO	0-29.9
CONTAMINADO	30 - 49.9
POCO CONTAMINADO	30 - 49.9
ACEPTABLE	70 - 84.9
EXCELENTE	85 – 100

Es necesario continuar con programas integrales de muestreo que puedan arrojar mayor información, lo conveniente sería en cada caso determinar por lo menos una vez al año todos los parámetros contemplados en la norma oficial mexicana de salud ambiental, agua para uso y consumo humano, límites permisibles de calidad y tratamiento a que debe someterse el agua para su potabilización.

Exigir a los Municipios y Organismos Operadores un monitoreo frecuente de sus fuentes de abastecimiento para poder identificar problemas de la calidad del agua suministrada y que se apeguen a la normatividad vigente NOM-127-SSA1-1994, para en caso de detectarse alguna contaminación en la fuente de abastecimiento se le pueda dar un tratamiento al agua suministrada a la ciudadanía.

Uno de los más grandes problemas que enfrenta la cuenca es la contaminación por basura, en la región se arroja un promedio de 1611.20 ton/día (desechos sólidos), que son depositados en los tiraderos municipales (sitios de disposición final) (tabla 16), de los cuales el 28% son tiraderos a cielo abierto, 34 % sitios controlados, 19% en proceso de saneamiento, 3% rellenos sanitarios y el 16% no cuenta con sitios de disposición final propio, (30 y 31).

Existe una gran obstrucción en los cauces naturales por grandes cantidades de basura, principalmente en zonas rurales donde la población no tiene acceso al

servicio municipal de limpia y recolección de la misma, provocando la contaminación por residuos sólidos en los tiraderos a cielo abierto clandestinos con ubicaciones en zonas inadecuadas aunado a la inconciencia e irresponsabilidad en menor escala en las zonas urbanas.

Es importante se actualice el censo de localización de tiraderos clandestinos con el fin de que se apliquen las medidas pertinentes, debiendo participar los ayuntamientos y obligarlos para que dispongan de sitios o depósitos adecuados que cumplan con las normas y den un servicio eficiente a la ciudadanía.

SITIOS DE DISPOSICIÓN FINAL Y FUENTES DE CONTAMINACIÓN UBICADOS EN LA CUENCA RÍO LERMA

TABLA 16

MUNICIPIO	INGRESOS DE RESIDUOS TON/DÍA	UBICACIÓN DEL SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL	CONDICIONES DEL SUBSUELO	OBSERVACIONES
ALMOLOYA DE JUÁREZ	8.2	EJIDO DE SAN PEDRO LA HORTALIZA A 6 KM C.M.	CONTROLADO	
CAPULHUAC	20	EJIDO LAS HAMACAS O LAS CHINAMPAS	PROCESO DE SANEAMIENTO	
LERMA	40			DEPOSITA EN TEMOAYA
METEPEC	300	SOCAVON A 2 KM C.M.	SITIO CONTROLADO	DEPOSITAN SAN MATEO ATENCO, TOLUCA Y OCOYOACAC
MEXICALTZINGO	3	PARAJE EL JARAL A 1.5 C.M.	TIRADERO A CIELO ABIERTO	
OCOYOACAC	15	NO CUENTA CON SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL		DEPOSITA EN METEPEC. CUENTA CON CENTRO DE COMPOSTA
SAN MATEO ATENCO	100	NO CUENTA CON SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL		DEPOSITA EN METEPEC
TENANGO DEL VALLE	50	EJIDO ATLATLAUCA, PARAJE LA JOYA	CONTROLADO	
TIANGUISTENCO	35	CARRETERA LA MARQUEZA-TENANGO	CONTROLADO	
TOLUCA	800	EJIDO SAN JUAN TILAPA	RELLENO SANITARIO	DEPOSITA METEPEC Y TEMOAYA
XONACATLAN	20	NO CUENTA CON SITIO		DEPOSITA EN TEMOAYA
ZINACANTEPEC	80	EJIDO SAN LUIS MEXTEPEC A 5 KM C.M.	SITIO CONTROLADO	
ALMOLOYA DEL RÍO	15	COMUNIDAD YOLOTZINGO	SITIO CONTROLADO	
SANTA CRUZ ATIZAPAN	0.5	PARAJE LOS CHAMISALES A 4 KM C.M.	SITIO CONTROLADO	
CALIMAYA	44	LOS MADROÑOS A 4 KM, C.M.	TIRADERO A CIELO ABIERTO	
CHAPULTEPEC	5.5	PARAJE LAS ANIMAS CERRO DE CHAPULTEPEC	SITIO CONTROLADO	
JALATLACO	12	LA PEDRERA TILAC	TIRADERO A CIELO ABIERTO	

JIQUIPILCO	5	JUASHI, MANZANA 3ª C.M.	PROCESO SANEAMIENTO	
JOQUICINGO	3	PARAJE LA PEDRERA TECHUCHULCO	TIRADERO A CIELO ABIERTO	
RAYON	5	CAMINO A LA LOMA 5 KM, C.M.	TIRADERO A CIELO ABIERTO	
MORELOS	1.5	PARAJE PIEDRA DE CORAZÓN	PROCESO SANEAMIENTO	ELABORA PROYECTO EJECUTIVO PARA RELLENO SANITARIO
OTZOLOTEPEC	18	NO CUENTA CON SITIO		DEPOSITA EN TEMOAYA
SAN ANTONIO LA ISLA	3.5	PARAJE LOS CRUZADOS	TIRADERO A CIELO ABIERTO	
TEMOAYA	10	SAN PEDRO ARRIBA, PARAJE EL CAMPANARIO	SITIO CONTROLADO	DEPOSITA TOLUCA, XONACATLAN, OTZOLOTEPEC Y LERMA
TEXCALYACAC	17	PARAJE LA PEDRERA	TIRADERO A CIELO ABIERTO	ELABORA PROYECTO EJECUTIVO PARA RELLENO SANITARIO.

Fuente: Atlas Ecológico de la Cuenca Hidrográfica del Río Lerma, Tomo V, Urbano, GEM.2002

V.3.-SITUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

En el área de influencia del acuífero Valle de Toluca existen registradas en el inventario de la CNA 150 plantas de tratamiento, las cuales se clasifican de la siguiente manera:

- Lagunas de estabilización
- Fosas sépticas y de sedimentación
- Lodos activados
- Físico, físico –químico y físico-biológico y químico, físico-químico-biológico, biológico y bioquímico.
- Bacterio-enzimático
- Aeróbico, anaeróbico y combinado
- Evaporación
- Ultra filtración
- Osmosis inversa
- Tanque bioenzimático

16 municipios cuentan con plantas de tratamiento, 12 no cuentan con sistemas de tratamiento municipal (tabla 17), de los cuales 7 cuentan con plantas de tratamiento para aguas residuales municipales y 12 con sistemas lagunares.

MUNICIPIOS CON Y SIN SISTEMAS DE TRATAMIENTO

TABLA 17

N°	MUNICIPIO	PLANTA DE TRATAMIENTO MUNICIPAL	TIPO DE TRATAMIENTO	GASTO DISEÑO	GASTO OPERACION
1	ALMOLOYA DEL RÍO	SI	LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN	31.0	18.0
2	CALIMAYA	SI	LODOS ACTIVADOS	32.0	0.0
3	CAPULHUAC	SI	LODOS ACTIVADOS	50.0	35.0
4	CHAPULTEPEC	NO	--	-	-
5	JALATLACO	SI	LODOS ACTIVADOS		
6	JIQUIPILCO	SI	LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN	9.0	7.0
7	JOQUICINCO, SAN PEDRO TECHUCHULCO	SI	LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN	18.0	15.0
8	LERMA	NO	--	-	-
9	METEPEC	SI Y NO	RECICLAGUA Y LAGUNA DE ETABILIZACIÓN, NO CUENTA CON PLANTA PROPIA	3.0	3.0
10	MORELOS (SAN BARTOLO MORELOS)	SI	LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN	10.0	7.0
11	MEXICALTZINGO	SI	LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN	37.0	25.0
12	OCUILAN	NO	--	-	-
13	OCOYOACAC	NO	--	-	-
14	OTZOLOTEPEC	NO	--	-	-
15	SANTA MARÍA RAYÓN	SI	LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN	32.0	0.0
16	SAN ANTONIO LA ISLA	SI	LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN	42.0	0.0
17	SAN MATEO ATENCO	NO	--	-	-
18	TEMOAYA	NO	--	-	-
19	TENANGO DEL VALLE	NO	--	-	-
20	TEXCALYACAC	SI	LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN	17.0	0.0
21	SANTIAGO	SI	LODOS ACTIVADOS Y LAGUNA DE	5.0	3.0

	TIANGUISTENCO		ESTABILIZACIÓN		
22	TIMILPAN	NO	--	-	-
23	TOLUCA: NORTE ORIENTE (EPCCA) RECICLAGUA	SI	LODOS ACTIVADOS LODOS ACTIVADOS LODOS ACTIVADOS	1,250.0 1,000.0 600.0	1,116.0 454.0 376.0
24	XONACATLAN	NO	--	-	-
25	ZINCANTEPEC	NO	--	-	-
26	ALMOLOYA DE JUÁREZ	SI	LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN	34.0	0.0
27	SANTA CRUZ ATIZAPAN	SI	LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN	26.0	25.0
				3,196.0	2,084.0

Fuente: Subdirecciones Generales de Infraestructura Hidráulica Urbana y Técnica, Gerencia Estatal Edo. de México, CNA. y Atlas Industrial de la Cuenca Alta del Río Lerma.

Dentro de estas plantas destaca RECICLAGUA (EPCCA), trata las aguas residuales de 140 industrias del corredor industrial Toluca-Lerma con una capacidad instalada de 600 lps y una operación del orden de 376 lps equivalente al 63 %. (30 y 31).

El caudal de aguas residuales municipales generado en la cuenca es de 5,418 lps, con una capacidad de tratamiento de 2870 lps, equivalente al 53% en este intento por sanear los recursos de la cuenca, (29 y 31).

Las descargas domésticas en las áreas urbanas son colectadas a través de sistemas hidráulicos de drenaje y alcantarillado, vertidos directamente a cuerpos de agua o infiltrados al subsuelo y a las plantas de tratamiento existentes en la cuenca; se estima un total de 400,977 descargas de tipo domiciliario cuyas deficiencias se presentan en zonas ocupadas por asentamientos humanos dispersos y sin un ordenamiento, principalmente por la irregularidad del terreno que no permite la incorporación del servicio de drenaje, lo cual origina encauzar las aguas negras a los principales cauces existentes en la cuenca, (30 y 31).

La cobertura de servicio de drenaje en la cuenca es muy deficiente, sólo el 54% de viviendas cuenta con el servicio, existen un total de 121,730 viviendas que no disponen del servicio; así mismo existe un total de 23,247 viviendas cuyo desagüe se encuentra conectado a un río, lago, grietas y barrancas, (30 y 31).

De acuerdo a información obtenida en campo por la Gerencia Estatal de CNA, los sistemas de tratamiento instalados en las cabeceras municipales, requieren de un plan sistemático de operación, mantenimiento, conservación y rehabilitación, debiendo planear para ello los prestadores del servicio y municipios, programas presupuestales para aplicar acciones que permitan cumplir cabalmente con la norma oficial mexicana NOM-001-ECOL-1996 en lo que respecta a análisis bacteriológico (coliformes fecales); sin embargo no todas las aguas residuales de la ciudad de Toluca con su área conurbada son tratadas, así como algunos otros municipios que cuentan con sistemas de tratamiento incluyendo además las poblaciones rurales que carecen de sistemas de tratamiento y que sus descargas inciden a cuerpos receptores federales y estatales.

Es necesario continuar impulsando la construcción e instalación de sistemas de tratamiento por la federación en coordinación con el estado ante los municipios que carecen de ello, que la dependencia normativa programe sistemas de monitoreo que permitan un mejor control y el cumplimiento de las normas oficiales establecidas.

VI.- PLAN DEL MANEJO DEL ACUÍFERO DEL VALLE DE TOLUCA

Gestión de la cuenca hidrológica del Río Lerma en el valle de Toluca.

Objetivo.- Desarrollar, aplicar y dar seguimiento a un plan de manejo sustentable para el acuífero del valle de Toluca.

1ª Fase del Proyecto, presente fecha hasta finales 2007.

VI.1.- PLANEACIÓN DEL PROYECTO–MATRIZ DEL PROYECTO

VI.1.1.- OBJETIVOS GENERALES

Conformación de la matriz de planeación del proyecto, que consideren adecuadamente las condiciones del entorno e instituciones vigentes.

Elaboración de la planeación operativa que incluya las actividades y subactividades, resultados esperados, fechas, responsables de su ejecución y aportes de los resultados.

VI.1.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Objetivo Superior.- (al cual el proyecto hace una contribución).

La cuenca del Río Lerma se ha estabilizado ecológicamente (y como espacio de vida), en el marco de una gestión descentralizada del agua.

Objetivo del Proyecto.- El acuífero del Valle de Toluca se maneja de manera integral y sustentable, con participación de los usuarios, considerándose los siguientes indicadores:

VI.1.3.- ACTIVIDADES A REALIZAR.

A. El Plan del Manejo del Acuífero del Valle de Toluca (PMAV de T) se elabora con la participación de los usuarios, considerando un trato equitativo y justo hacia los mismos.

B. Mecanismos de coordinación y de toma de decisiones son utilizados por todos los involucrados para el manejo integral y sustentable del acuífero.

C. Se ha establecido un sistema de información y divulgación para el manejo integral del acuífero.

D. Instrumentos legales, administrativos y económicos para la protección y explotación del acuífero, se han elaborado y están en aplicación, en cooperación con el COTAS, los Gobiernos Federal, Estatal y Municipales, Instituciones Académicas y Organizaciones no Gubernamentales.

E. Se realiza intercambio permanente de información y experiencias entre los COTAS de la Cuenca Lerma-Chapala.

VI.2.- MATRIZ DEL PROYECTO

MATRIZ DE PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO MATRIZ DE PLANIFICACIÓN PARA EL PROYECTO MANEJO INTEGRAL DE LA CUENCA DEL RÍO LERMA VALLE DE TOLUCA

PRODUCTO/RESULTADO	INDICADORES VERIFICABLES OBJETIVAMENTE	FUENTES DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS IMPORTANTES
A. El PMAV de T se elabora con la participación de los usuarios, considerando un trato equitativo y justo de los mismos	<p>A.1. En 2007 se ha mejorado al 100% la red de monitoreo piezométrico del acuífero.</p> <p>A.2. en 2007 se tiene implementada la red de monitoreo de calidad del agua subterránea del acuífero con cobertura total de parámetros representativos</p> <p>A.3. En 2007 el Comité Estatal de reforestación ha establecido programas de ampliación en reforestación en zonas de recarga del acuífero.</p> <p>A.4. En 2007 se ha censado el 100% de los aprovechamientos de AVT.</p> <p>A.5. En 2007 se implanta un programa de cancelación de pozos clandestinos en el acuífero.</p> <p>A.6. En 2007 se tiene concertado y aprobado el PMAV de T.</p> <p>A.7. En 2007 se tiene el reglamento de AVT aprobado y publicado.</p>	<p>A.1. Informes de CNA</p> <p>A.2. Informes de CNA</p> <p>A.3. Informes del Comité y sus instituciones y miembros.</p> <p>A.4. Informes de CNA</p> <p>A.5. Informes de CNA.</p> <p>A.6. Informe de la CNA Y del Cotas, Gaceta de Gobierno.</p> <p>A.7. Diario Oficial de la Federación.</p>	<p>Para el objetivo del proyecto:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Continuidad en la cooperación de las dependencias gubernamentales. ○ Usuarios dispuestos y en condiciones de usar eficientemente el agua ○ El Gobierno del Distrito Federal se suma al objetivo del PMAV de T. ○ Existen Recursos suficientes de los 3 ordenes de Gobierno.
B. Mecanismos de coordinación y de toma de decisiones son utilizados por todos los involucrados para el manejo integral y sustentable del acuífero.	<p>B.1. En 2003 El Cotas del Valle de Toluca está constituido formalmente y funcionando con representantes de los distintos usos del agua.</p> <p>B.2. En 2007 se realizan en forma creciente actividades conjunta entre instituciones, COTAS, ONG'S, instituciones educativas y otros, relacionados con la elaboración y ejecución del PMAV de T.</p> <p>B.3. En 2007 se han establecido mecanismos para monitorear y evaluar el avance del PMAV de T con participación de las instituciones, COTAS, sociedad civil.</p>	<p>B.1. Actas de instalación del COTAS, comité de usuarios, informes de actividades del COTAS.</p> <p>B.2. Informes, minutas de actividades.</p> <p>B.3. Informes del Sistema de monitoreo, convenios de cooperación entre instituciones.</p>	

**MATRIZ DE PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO
MATRIZ DE PLANIFICACIÓN PARA EL PROYECTO MANEJO INTEGRAL DE LA CUENCA DEL RÍO LERMA
VALLE DE TOLUCA**

PRODUCTO/RESULTADO	INDICADORES VERIFICABLES OBJETIVAMENTE	FUENTES DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS IMPORTANTES
C. Se ha establecido un sistema de información y divulgación para el manejo integral del acuífero	<p>C.1. En 2007 se dispone de un sistema de información en operación para PMAV de T con un concepto abierto e interactivo para instituciones, usuarios, sociedad, y de actualización permanente.</p> <p>C.2. A partir de 2007 aumentan las visitas de usuarios a la página WEB en un 50% anual.</p> <p>C.3. A partir de 2007 las instituciones involucradas, alimentan en forma permanente el sistema de información relevante sobre el AV de T.</p> <p>C.4. A partir de 2007 se incrementa en un 20% anual las denuncias ingresadas al sistema sobre las fuentes de contaminación.</p> <p>C.5. A partir de 2007 las instituciones involucradas utilizan crecientemente el sistema para la divulgación de información relevante sobre el AV de T.</p>	<p>C.1. Sistema de Información Gaceta de Gobierno.</p> <p>C.2. Informes del Sistema de información con análisis de demanda.</p> <p>C.3. Informes del Sistema de Información.</p> <p>C.4. Informes del Sistema de Información.</p> <p>C.5. Informes del Sistema de Información</p>	
D. Instrumentos legales, administrativos y económicos para la protección y explotación del acuífero se han elaborado y están en aplicación en cooperación con el COTAS, los Gobiernos Federal, Estatal y Municipales	<p>D.1. Se cuenta con los instrumentos jurídicos necesarios para la protección, explotación, uso y aprovechamiento del AV de T al alcance nacional y del Estado de México, avalados por colegios, barras de asociaciones especialistas en la materia.</p> <p>D.2. El 70% del personal de las instituciones involucradas en el Plan y relacionado con su ejecución está capacitado jurídicamente para la aplicación de leyes, reglamentos y normas.</p> <p>D.3. Están identificadas las descargas contaminantes a los cuerpos receptores del acuífero, y en un 50% se han regularizado y sancionado en su caso a los responsables.</p>	<p>D.1. Gaceta, Diario oficial de la federación.</p> <p>D.2. Informes de las capacitaciones, informes de las instituciones.</p> <p>D.3. Informes de la Gerencia Estatal de CNA, PROFEPA y Secretaría de Ecología. Informes de las inspecciones y los procesos.</p>	

**MATRIZ DE PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO
MATRIZ DE PLANIFICACIÓN PARA EL PROYECTO MANEJO INTEGRAL DE LA CUENCA DEL RÍO LERMA
VALLE DE TOLUCA**

PRODUCTO / RESULTADO	INDICADORES VERIFICABLES OBJETIVAMENTE	FUENTES DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS IMPORTANTES
<p>E. Se realiza intercambio permanente de información y experiencias entre el COTAS de la Cuenca Lerma–Chapala</p>	<p>E1. En 2007 el COTAS está constituido, fortalecido y funcionando con cobertura regional y nacional.</p> <p>E.2. Lecciones aprendidas y experiencias exitosas son presentadas y discutidas en reuniones, congresos o convenciones nacionales en el manejo de la red de COTAS, a partir de su funcionamiento.</p> <p>E.3. El COTAS participa en la página WEB con sus aportes y experiencias, a partir de la constitución de la RED de COTAS 2004.</p> <p>E.4. A partir de enero de 2004 se realizan actividades de capacitación a nivel regional para usuarios representantes de los usos, miembros de los COTAS, en cooperación con Consejos de Cuenca.</p>	<p>E.1. Informes de la propia RED de COTAS.</p> <p>E.2. Informes de los eventos.</p> <p>E.3. Informes de los COTAS y de los responsables de las páginas WEB.</p> <p>E.4. Informes de los talleres.</p>	

MATRIZ DE PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO
MATRIZ DE PLANIFICACIÓN PARA EL PROYECTO MANEJO INTEGRAL DE LA CUENCA DEL RÍO LERMA
VALLE DE TOLUCA

<p>RESULTADO A: PMAV de T SE ELABORA CON LA PARTICIPACIÓN DE USUARIOS, CONSIDERANDO UN TRATO EQUITATIVO Y JUSTO A LOS MISMOS:</p> <p>A.1. Realizar y actualizar estudios básicos para el PMAV de T. A.2. Actualizar El modelo de simulación del flujo del acuífero. A.3. Establecer un programa para el manejo de la demanda. A.4. Establecer un programa de evaluación y seguimiento de la ejecución del PMAV de T. A.5. Identificar y promover la participación de las instancias responsables y de apoyo. A.6. Consensar el PMAV de T en todas sus etapas. A.7. Identificar las necesidades de recursos, gestionarlos y establecer mecanismos para su utilización coordinada.</p>	<p>PARA EL RESULTADO A:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Instituciones relevantes relacionadas con el plan de manejo, designando enlaces permanentes con el proyecto. ○ CNA institucionaliza en su estructura el equipo de trabajo dedicado al Plan del Manejo. ○ INEGI entrega información para estudios y evalúa su publicación.
<p>RESULTADO B: MECANISMOS DE COORDINACIÓN Y TOMA DE DECISIONES SON UTILIZADOS POR TODOS LOS INVOLUCRADOS PARA EL MANEJO INTEGRAL Y SUSTENTABLE DEL ACUÍFERO.</p> <p>B.1. Identificar los actores participantes en el manejo integral y sustentable del agua. B.2. Identificar objetivos, necesidades y atribuciones de los actores involucrados. B.3. Desarrollar y concertar mecanismos de coordinación y consulta considerando aspectos de género de los actores involucrados. B.4. Informar, divulgar y concientizar sobre las necesidades de coordinación de los actores y sociedad. B.5. Organizar a los usuarios para fortalecer el COTAS. B.6. Fortalecer los Comités de Usuarios de aguas superficiales existentes en el Consejo de Cuenca y coordinarlos con el COTAS.</p>	<p>PARA EL RESULTADO B:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Interés de los usuarios para participar en el COTAS y aplicar sus disposiciones ○ Involucrar (usuarios, sociedad civil), e instituciones dispuestas a colaborar y coordinarse para impulsar el plan de manejo.
<p>RESULTADO C: SE HA ESTABLECIDO UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL ACUÍFERO</p> <p>C.1. Implementar operativos periódicos de verificación del uso del agua con apoyo del COTAS. C.2. Realizar monitoreos periódicos y sistematizados de cantidad y calidad del agua del acuífero, ordenar y sistematizar la información. C.3. Establecer un centro de atención a la ciudadanía para denuncias de fugas y contaminación del acuífero. C.4. Apoyar la creación de un centro de información y consulta relativa al manejo del agua. C.5. Diseñar los procesos de acopio y procesamiento de transformación. C.6. Buscar apoyo externo en instancias afines para intercambiar, recopilar, procesar y divulgar información del acuífero.</p>	<p>PARA EL RESULTADO C:</p>

**MATRIZ DE PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO
MATRIZ DE PLANIFICACIÓN PARA EL PROYECTO MANEJO INTEGRAL DE LA CUENCA DEL RÍO LERMA
VALLE DE TOLUCA**

<p>RESULTADO D: INSTRUMENTOS LEGALES, ADMINISTRATIVOS Y ECONÓMICOS PARA LA PROTECCIÓN, EXPLOTACIÓN, USO Y APROVECHAMIENTO DEL ACUÍFERO, SE HA ELABORADO Y ESTÁ EN APLICACIÓN EN COOPERACIÓN CON EL COTAS, LOS GOBIERNOS FEDERAL, ESTATAL Y MUNICIPAL:</p> <p>D.1. Establecer mecanismos de coordinación entre las autoridades responsables de los tres órdenes de gobierno en materia del agua.</p> <p>D.2. Fortalecer a la CNA en acciones de inspección y vigilancia en el marco del proyecto.</p> <p>D.3. Realizar un inventario de cantidad y calidad de los afluentes del Río Lerma en el valle de Toluca.</p> <p>D.4. Identificar fuentes potenciales y activas de contaminación y establecer programas de saneamiento y ordenamiento.</p> <p>D.5. Establecer y delimitar zonas de recarga del acuífero e implementar su protección.</p> <p>D.6. Impulsar un recinto de protección de las lagunas del Lerma.</p> <p>D.7. Crear un fideicomiso para el financiamiento del manejo integral de los bosques y de conservación de las zonas de recarga,. (pago de servicios ambientales).</p> <p>D.8. Implementar programas de incentivos a la población para el ahorro y uso eficiente del agua.</p> <p>D.9. Evaluar los arreglos institucionales (convenios, etc.), en torno al sistema Lerma y determinar sistemas de mejora.</p>	<p>PARA EL RESULTADO D:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Voluntad política para aprobar el Plan y su Reglamento.
<p>RESULTADO E: SE REALIZA UN INTERCAMBIO PERMANENTE DE INFORMACIÓN Y EXPERIENCIAS ENTRE LOS COTAS DE LA CUENCA LERMA – CHAPALA:</p> <p>E.1. Apoyar y fortalecer creación “RED DE COTAS”.</p> <p>E.2. Apoyar a los COTAS en la sistematización de sus experiencias y lecciones aprendidas.</p> <p>E.3. Identificar aliados, aportes y financiamiento para apoyo al COTAS y su red de intercambio y gestionar su cooperación.</p> <p>E.4. Incorporar información generada por los COTAS en páginas WEB existentes.</p> <p>E.5. Apoyar a los COTAS en la elaboración de materiales de divulgación.</p>	<p>PARA EL RESULTADO E:</p> <p>Condición previa.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ CNA asigna a corto plazo personal para el proyecto de dedicación permanente.

VI.2.1.- PROBLEMAS PRINCIPALES EXISTENTES.

Previo a la formulación de actividades, se identifican los problemas principales en las áreas de trabajo, de las cuales se derivan los productos/resultados del proyecto. Los problemas identificados sirvieron para formular las acciones (actividades principales), necesarias para revertir esas situaciones.

PROBLEMAS A:

- Sobreexplotación
- No hay participación organizada y representativa de los usuarios.
- Falta la aplicación de la Ley.
- Falta sensibilizar a la población sobre el valor real del agua.
- Falta una cultura del uso eficiente del agua
- Carencia de criterios de eficiencia y equidad
- Falta de coordinación y planeación intergubernamental e intersectorial.

PROBLEMAS B:

Usuarios:

- No está debidamente fortalecido EL COTAS
- Falta de organización de los usuarios.
- Falta de participación de los usuarios.
- Falta de atribuciones de usuarios para las decisiones.

Instituciones gubernamentales:

- Decisiones se van con personal (cambio de ayuntamientos, gobierno, etc.).
- Falta de continuidad en los programas de gobierno.
- Falta de coordinación entre las dependencias gubernamentales.
- No existe tradición de cooperación interinstitucional.
- Duplicidad de funciones de autoridad.

Distrito Federal:

- El Gobierno del Distrito Federal administra con anarquía el sistema Alto Lerma.
- Falta integración del GDF.

Capacitación e información:

- Los pozos del Alto Lerma se operan sin que se conozcan los datos reales por aprovechamiento.
- Falta de información a los involucrados.
- Falta de información técnica – estudios geográficos
- Falta destacar, no sólo la calidad si no la cantidad de agua.
- Conocer el problema a fondo.
- Faltan programas de orientación a usuarios por uso.

PROBLEMAS C:

- Falta de capacidad de la CNA para aplicar la Ley.
- .No hay monitoreo confiable de calidad y cantidad de agua
- Desconfianza y poca colaboración de los usuarios.
- No hay capacidad en CNA de procesar información.
- Falta de credibilidad en la autoridad.
- Incapacidad para divulgación.
- No se reporta calidad del agua.
- Falta de estrategia para divulgación.
- No hay veracidad en la información reportada.
- No hay intercambio con instancias afines.
- Padrón de usuarios incompleto.
- Dispersión y falta de sistematización de la información
- Falta de continuidad en la obtención de datos.
- Falta de medio expedito de demasía de fugas, contaminación, etc.
- Estudios incompletos y actualizados del acuífero.

PROBLEMAS D:

- Falta de aplicación de leyes en la materia.
- Indefiniciones en las leyes y reglamentos, llevan a interpretaciones equivocadas.
- Hay leyes y reglamentos obsoletos o poco congruentes con requerimientos actuales.
- Escasa difusión de las leyes en la materia.
- Faltan incentivos para ahorrar agua.
- Deforestación y cambios de uso del suelo en las áreas de recarga de los acuíferos.
- Monitoreo no confiable de la explotación del acuífero.
- Incumplimiento de programas de la federación.
- Explotación del acuífero por el Gobierno del Distrito Federal.

PROBLEMAS E:

- El COTAS no está fortalecido
- No hay una forma institucional de intercambio
- No hay motivación para intercambio de información.
- No está sistematizada ni ordenada la información y experiencias.
- Carencia de recursos
- No se valora la información sobre experiencias
- Debilidad del COTAS.

VI.2.2.- RESULTADOS

RESULTADO A: El Plan de Manejo del Acuífero se elabora entre los usuarios, considerando un trabajo equitativo y justo.

RESULTADO B: Mecanismos de coordinación y de toma de decisiones son utilizados por todos los involucrados para el manejo integral y sustentable del agua.

RESULTADO C: Se ha establecido un sistema de información y divulgación para el manejo integral del acuífero

RESULTADO D: Instrumentos legales, administrativos y económicos para la protección, explotación, uso y aprovechamiento del acuífero, se han elaborado y está en aplicación en cooperación con el COTAS, los Gobiernos Federal, Estatal y Municipales.

RESULTADO E: Se realiza un intercambio permanente de información y experiencia entre el COTAS de la Cuenca Lerma-Chapala.

VI.2.3.- INDICADORES

Los indicadores verificables objetivamente precisan los impactos esperados en el objetivo del proyecto y en los productos/resultados. Los indicadores conllevan, además del criterio general de medición, elementos de calidad, cantidad, tiempo, región y género o grupo social. Las fuentes de verificación nos indican donde se deben obtener los datos y la información para verificar el cumplimiento de cada indicador.

Los indicadores verificables para el objetivo del proyecto son:

PLAZO AL 2007

1. Cada involucrado principal ha realizado por lo menos una actividad establecida en el (PMAV de T), en forma coordinada con los usuarios y la CNA.
2. Las instituciones involucradas asignan partidas presupuestarias para realizar actividades de alto impacto contenidos en el plan de manejo.
3. Se ha regularizado o cancelado el 50% de los aprovechamientos de agua clandestinos identificados.

Fuentes de verificación:

1. Informe de los involucrados sobre las actividades realizadas.
2. Informe de las instituciones.
3. Informes de la Subgerencia de Administración del Agua de CNA.

Los indicadores para los productos/resultados se encuentran en la Matriz de Planificación del proyecto. Se plantea la necesidad de formular objetivos e

indicadores a largo y mediano plazo, que permita visualizar mejor, el propósito del proyecto y la importancia estratégica de su impacto, más allá de la 1ª fase de ejecución que llega al 2007.

MEDIANO PLAZO, AL AÑO 2015

1. En el (AVdeT), se ha reducido de manera sostenida el ritmo de abatimiento en un 50% respecto al estado actual.
2. En la zona de recarga del (AVdeT), se ha aumentado la cobertura vegetal en un 2% de manera sostenida, respecto a la situación actual.
3. En el (AVdeT), se ha mejorado la calidad del agua subterránea hasta un ICA de 50 (bueno).
4. En el (AVdeT), se ha mejorado la calidad del agua superficial hasta un ICA de 40 (regular).
5. En el (AVdeT), se ha reducido de manera sostenida el déficit de extracción en un 50% respecto al estado actual.

Fuentes de verificación:

1. Informes sobre la evolución del nivel piezométrico de la Comisión Nacional del Agua, Organismos Operadores y COTAS.
2. Informes de calidad del agua de Comisión Nacional del Agua y Organismos Operadores.
3. Informes del Comité Estatal de Reforestación.
4. Informes Usuarios del acuífero.

LARGO PLAZO, AL AÑO 2025

1. En el (AVdeT), el nivel piezométrico ha sido estabilizado de manera sostenible.
2. En el (AVdeT), se ha recuperado el nivel piezométrico a un nivel económicamente explotable.
3. En el Valle de Toluca se ha mejorado la calidad del agua subterránea hasta un ICA de 69 (bueno).

4. En el Valle de Toluca se ha mejorado la calidad del agua superficial hasta un ICA 46 (bueno)

Fuentes de verificación:

1. Informes sobre evolución del nivel piezométrico de la Comisión Nacional del Agua, Organismos Operadores y COTAS..
2. Informes de calidad del agua de la Comisión Nacional del Agua y Organismos Operadores.

Supuestos importantes:

Los supuestos son de importancia para el éxito o fracaso de la estrategia del proyecto; pero se encuentran fuera del control de los responsables directos de este, la incorporación de los supuestos (llamados también condicionantes externos) en la Matriz de Planificación deriva de la necesidad de darles un seguimiento y tratar de influir en su comportamiento.

Los supuestos deben interpretarse como las condiciones para alcanzar plenamente los impactos establecidos en los objetivos y productos/resultados. Es decir, los supuestos que condicionan el cumplimiento de los productos/resultados deben darse junto con la realización de las actividades. Ver Matriz de Planificación del proyecto.

Los supuestos para el objetivo del proyecto son los siguientes:

- Continuidad de la cooperación de las dependencias gubernamentales.
- Usuarios dispuestos y en condiciones de usar eficientemente el agua.
- El Gobierno del Distrito Federal se suma al objetivo del Plan de Manejo del Acuífero del Valle de Toluca.
- Existen recursos suficientes de los tres órdenes de gobierno.

VI.3.- PARTICIPANTES

En la realización de actividades para los Resultados/Productos los participantes de las instituciones u organizaciones que podrían estar participando en su ejecución y

apoyo, además de su identificación, deben de establecerse los posibles aportes que podrían hacer a la realización del proyecto y al logro de sus objetivos.

VI.3.1.- DEPENDENCIAS GUBERNAMENTALES

Es importante una estructura para el proyecto, que permita darle un seguimiento al avance del Plan del Manejo del Acuífero y coordinar las actividades de las instituciones y organizaciones involucradas, debiéndose seleccionar un grupo de representantes de las organizaciones, que deben generar la base inicial para impulsar la elaboración y ejecución del proyecto, considerándose para tal efecto las siguientes:

H.- Ayuntamientos de la Cuenca Alta del Río Lerma.

SEMARNAT.- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

PROFEPA.- Procuraduría Federal de Protección al Medio Ambiente.

CNA.- Comisión Nacional del Agua.

CONAFOR.- Comisión Nacional de Forestación.

SAGARPA.- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación

DGCOH.- Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica.

IIIGCEM.- Instituto De Información, informática, Geografía Estadística y Catastro del GEM.

INEGI.- Instituto Nacional de estadística Geografía e Informática.

SEDAGRO.- Secretaría de Desarrollo Agropecuario del GEM.

SAOPID.- Secretaría de Agua, Obras Públicas e Infraestructura para el Desarrollo del GEM.

CAEM.- Comisión de Aguas del GEM..

SEGEM.- Secretaría de Ecología del GEM.

SEDECO.- Secretaría de Desarrollo económico del GEM.

CIRA.- Centro Interamericano de Recursos del Agua, UAEM.

COTAS.- Comité técnico de Aguas Subterráneas.

ONG.- deberán evaluarse las que se juzguen convenientes.

VI.3.2.- USUARIOS DE AGUA NACIONALES

Para la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas del subsuelo en las zonas reglamentadas o de veda decretadas por el Ejecutivo Federal, incluso las que hayan sido libremente alumbradas, requerirán de **Concesión o Asignación** que otorgue la autoridad del agua en los términos dispuestos por el Título Cuarto, Quinto y Sexto de la Ley de Aguas Nacionales y Títulos Quinto y Sexto de su Reglamento (32), los cuales se otorgarán de acuerdo con los estudios de disponibilidad respectivos

VI.3.3.- FUNDAMENTOS DE LOS COMITES TECNICOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA

Para la gestión del agua subterránea dentro del ámbito de una cuenca hidrológica o acuífero, es necesaria la creación de un grupo de trabajo que atienda la problemática específica del acuífero. A este grupo se le denomina Comité Técnico de aguas subterráneas (COTAS), y es la instancia de organización y participación que vincula a los usuarios del agua subterránea con la CNA y las instancias de los Gobiernos Federal, Estatal y Municipal.

Objetivo.

Coadyuvar en la formulación y ejecución de programas y acciones para la estabilización, recuperación y preservación de los acuíferos sobreexplotados y prevenir la sobreexplotación de aquellos donde aún no se presenta.

Organización básica.

- El COTAS es un organismo formado por usuarios.
- Su directiva se elige entre los representantes de los diferentes usos del agua
- El Gobierno presta apoyo y consultoría técnica jurídica y vigila se respete la legislación vigente.

Funciones.

Con base a la condición geohidrológica del acuífero, la prioridad de instalación la establece la Federación a través de la Gerencia Regional y Gerencia Estatal de CNA, la función de un COTAS sólo es estabilizar y preservar un acuífero, los parámetros de decisión son cualitativas, debiéndose considerar lo siguiente:

Los “COTAS” son una forma de organización de los usuarios de las aguas nacionales subterráneas que se constituyen para facilitar su participación en los programas de recuperación, estabilización y preservación de los acuíferos sobreexplotados.

Los “COTAS” son organizaciones auxiliares de los Consejos de Cuenca que contribuyen al cumplimiento de sus fines en el ámbito territorial de los acuíferos.

Los “COTAS” concentran su atención en la reglamentación, control y vigilancia de los acuíferos sobreexplotados

Complementando lo anterior descrito:

- Participar en la elaboración de estudios y propuestas del plan de manejo y reglamentación del acuífero, y coadyuvar con CNA en su instrumentación.
- Recibir y canalizar ante el Consejo de Cuenca respectivo y CNA, las sugerencias, solicitudes, denuncias o quejas de los usuarios con relación a la explotación del acuífero e informar periódicamente al grupo de seguimiento y evaluación (GSE) del Consejo de Cuenca de los acuerdos y avances de las actividades del COTAS.
- Crear un fondo para realizar estudios, proyectos y actividades que contribuyan al aprovechamiento racional y uso eficiente del agua del acuífero, promoviendo la concurrencia de recursos técnicos, financieros, materiales y tecnológicos, directamente o a través del consejo.
- Diseñar y promover programas educativos e informativos sobre la importancia en la sustentabilidad de la región.
- Colaborar en la resolución de los conflictos por el uso y la distribución de las aguas del acuífero.

- Promover la participación amplia y democrática de los usuarios en la programación hidráulica de la cuenca y el acuífero, la cual propondrá el Consejo de Cuenca.
- Promover la integración de comisiones y grupos de trabajo que atiendan los problemas específicos relacionados con el uso y aprovechamiento del acuífero.
- Promover y participar en el desarrollo de estudios de disponibilidad y de comportamiento del acuífero.
- Representar por medio de su directiva a los usuarios del acuífero ante la asamblea de representantes de usuarios del correspondiente Consejo de Cuenca, y en su caso como vocales usuarios ante el Consejo.
- Las demás que contribuyan al cumplimiento de los objetivos del COTAS y no sean exclusiva competencia de CNA.

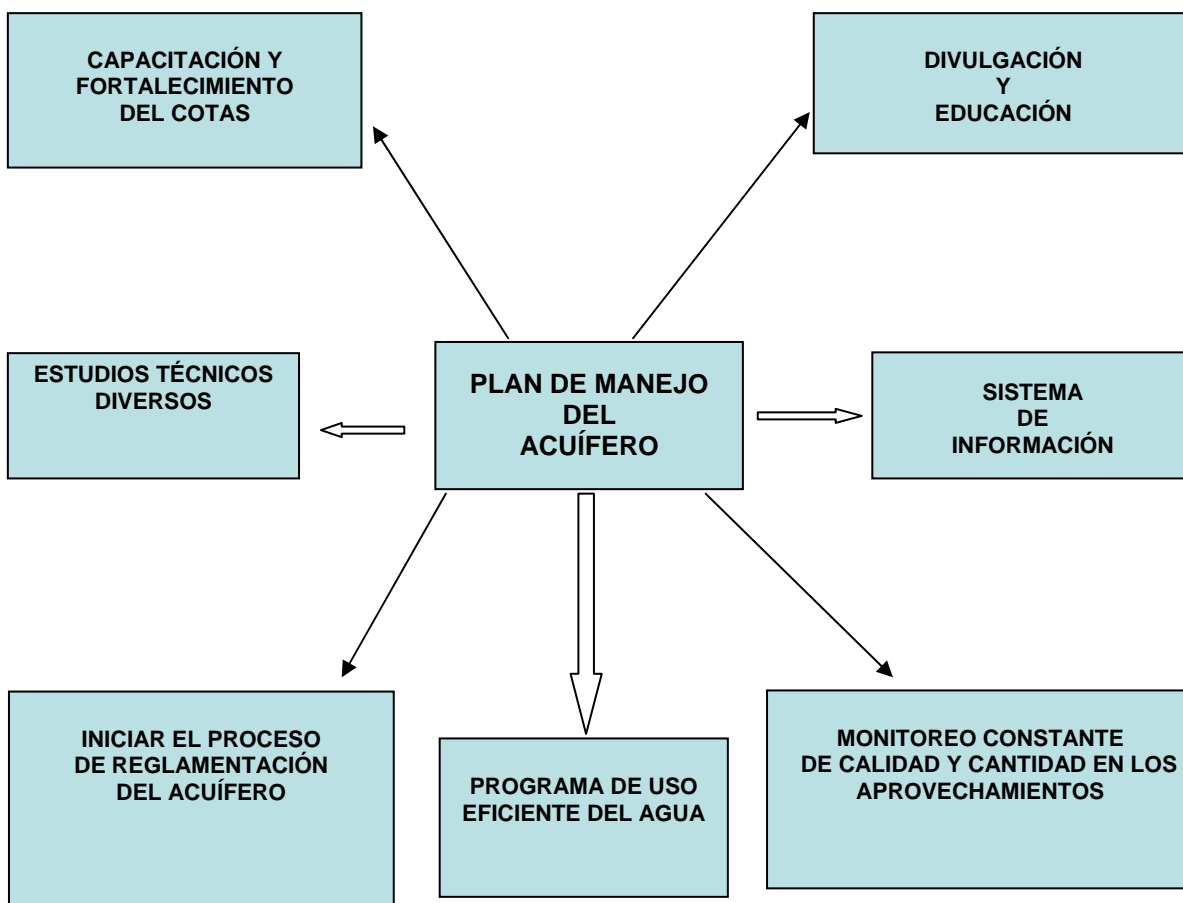
¿QUÉ PUEDEN HACER LOS COTAS?

No pueden ejercer actos de autoridad	➤ En cambio pueden participar en la gestión de las aguas subterráneas.
No pueden Expedir o retirar permisos o títulos de concesión	➤ Tener acceso al REPDA donde se concentra la información de los usuarios con derechos urgentes /títulos de concesión)
No pueden cobrar derechos federales en materia de agua	➤ Establecer por acuerdo de asamblea cuotas o aportaciones para solventar sus gastos de operación
No pueden proponer sanciones administrativas por faltas a la CNA y su reglamento	➤ Denunciar ante la autoridad violaciones o faltas a la LAN y su reglamento.
No pueden expedir normas o reglamentos que pretendan regular el uso y explotación de las aguas subterráneas.	➤ Puede formular, opinar y proponer mecanismos y reglas para la recuperación y estabilización del acuífero.

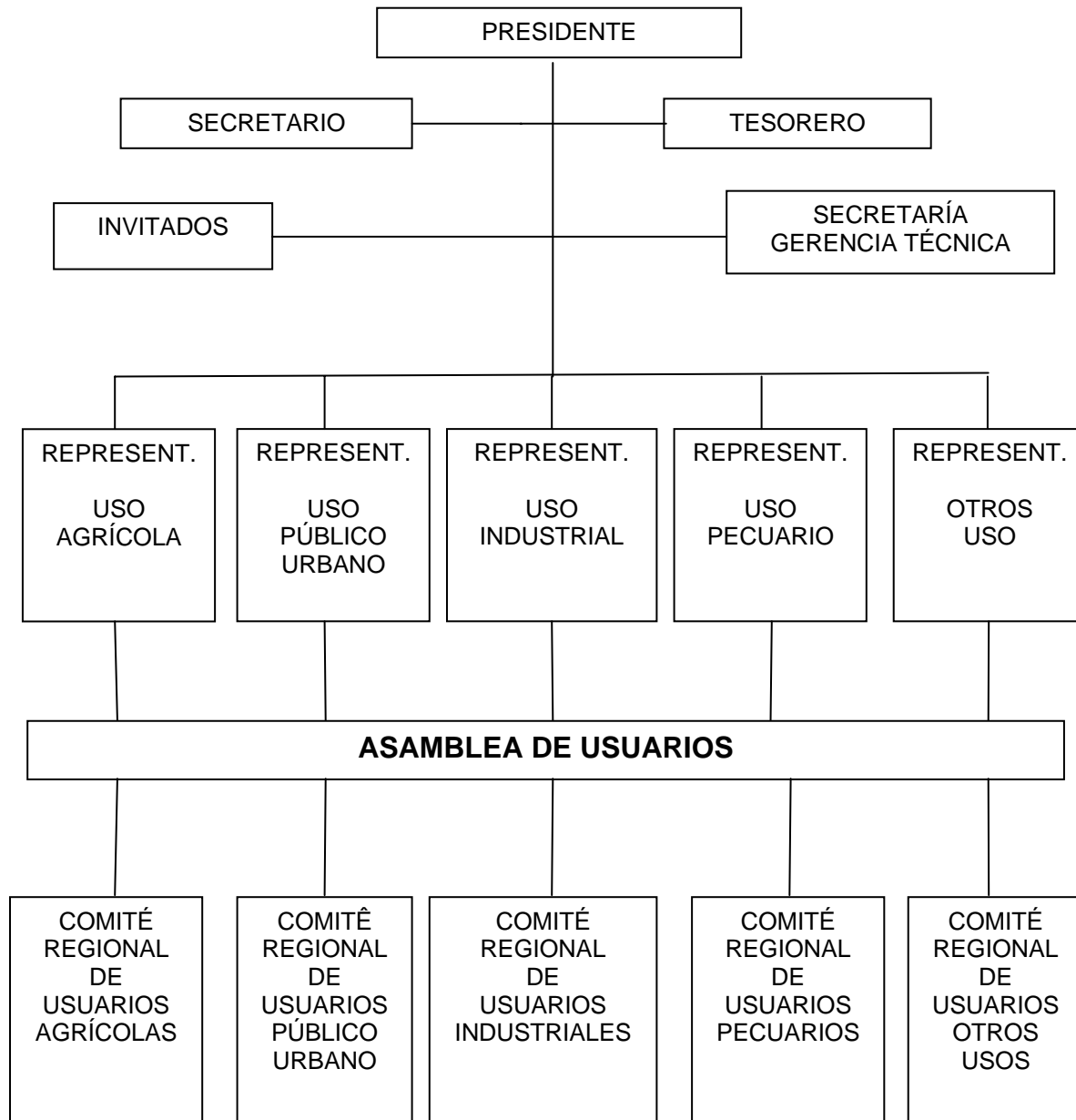
PROGRAMAS Y LÍNEAS DE ACCIÓN

<p>Ordenamiento y regulación de la explotación</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Validación y actualización del censo de aprovechamientos ➤ Actualización y difusión del Registro Público de Derechos de Agua. ➤ Reglamentación, control y vigilancia de la explotación del acuífero ➤ Contribuir al desarrollo del mercado del agua.
<p>Conservación de agua y suelo</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Identificación de proyectos de recarga de acuíferos. ➤ Desarrollo y evaluación de proyectos de recarga de acuíferos.
<p>Saneamiento</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Identificación de sitios de contaminación de agua subterránea. ➤ Estudios de identificación de acciones de remediación. ➤ Monitoreo de las acciones de remediación
<p>Uso eficiente</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modernización de sistemas y procesos. ➤ Seguimiento en las acciones de uso eficiente ➤ Vinculación con los programas institucionales.
<p>Reconocimiento del valor social, económicoambiental del agua</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Participación en estudios de costos del agua que determinen contribuciones de los usuarios para los programas del COTAS. ➤ Formulación y participación en los programas de participación, divulgación y educación.

PROGRAMA DE TRABAJO DE CONSOLIDACIÓN



**ESTRUCTURA DEL COMITÉ TÉCNICO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS
ORGANO DIRECTIVO DEL COTAS**



VII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES:

En el acuífero del valle de Toluca se incrementa su explotación en la década de los cincuenta, debido a la perforación de pozos del Sistema Lerma para abastecer de agua potable a la ciudad de México. En la década de los sesenta se incrementa el volumen de abastecimiento a la ciudad de México y se declara veda por tiempo indefinido en el acuífero del valle de Toluca; en los setenta y ochenta, el Gobierno del Estado de México impulsó la instalación de grandes industrias motivando el asentamiento de corredores industriales, acelerando con ello el crecimiento demográfico derivado de la inmigración de los Estados vecinos y del interior de la República para cubrir la demanda de mano de obra, mermando también el acuífero por explotaciones locales, generando por consiguiente mayor demanda de agua para uso público-urbano, industrial y de servicios, agravando las condiciones de sobreexplotación, la cual se realizó sin ningún control hasta finales de los ochenta. De lo anterior se deduce que el consumo Público-Urbano es de relevancia tanto en el valle de Toluca como en la ciudad de México y su área Metropolitana.

Como se describió anteriormente, de acuerdo a la recarga media anual y a los volúmenes de extracción concesionados en sus diferentes usos, existe un déficit del orden de los ciento cuarenta y dos millones de metros cúbicos al año, **concluyéndose** que el acuífero del valle de Toluca está sobreexplotado y no permite por consiguiente nuevas concesiones para el alumbramiento de aguas subterráneas, haciendo impostergable la elaboración de un plan del manejo del acuífero del valle de Toluca que permita realizar acciones concensadas entre los diferentes usuarios, teniendo como objetivo principal contrarrestar la sobreexplotación, reduciéndola a cero, estabilizando los abatimientos y recuperando los niveles piezométricos.

El volumen se pretende reducir del uso público-urbano que se exporta al Distrito Federal y su área Metropolitana, así como el que se consume en la región; la meta

ideal será ir reduciendo los abatimientos buscando la manera de recuperarlos bien sea por eficiencia en el uso, reducción de volúmenes consumidos y reutilización del agua tratada con plantas de tratamiento, así como la implementación de acciones inmediatas que contribuyan a preservarlo y equilibrarlo, debiéndose tomar medidas estrictas, tales como cambio de hábitos en el uso del agua, realización de transferencia de tecnologías sobre conducción y aplicación en los sistemas de riego, mantenimiento de los equipos de bombeo en condiciones óptimas y económicamente operables, mantenimiento de las redes de conducción y distribución de agua potable, así como de los respectivos almacenamientos de ésta.

El mantenimiento debe tener una cultura de índole preventiva, las mejoras para elevar la eficiencia se amortizan con el tiempo sin mostrar evidencias inmediatas, pero a corto plazo exigen fuertes inversiones que resultan más difíciles en algunos sectores de la economía que en otros.

Es fundamental fortalecer la capacitación y coordinación técnica y administrativa del Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS), con el fin de que participe con las acciones que le corresponden y contribuya en la ejecución del plan del manejo, ya que en la actualidad deja mucho que desear en el desempeño de sus funciones.

En lo que respecta a la calidad del agua, las áreas próximas al río Lerma y otras zonas en el valle de Toluca, el agua subterránea a profundidades someras son las que presentan una mayor contaminación antropogénica, mientras que a mayor profundidad, se considera de gran calidad, para el caso de las industrias que se dedican a la comercialización del agua embotellada, representa una de las mejores del país.

El riesgo de contaminación y de uso de agua contaminada en el acuífero de Toluca, se relaciona principalmente con problemas locales de usuarios dispersos.

Las fuentes puntuales de contaminación ponen en riesgo potencial a casi un 20% del acuífero, si este fenómeno no se controla, en el largo plazo puede representar una seria afectación a la totalidad del acuífero.

Finalmente el agua subterránea por naturaleza propia presenta generalmente buena calidad, en la mayoría de los casos no se requiere ningún tratamiento previo para cumplir con las normas de calidad para consumo humano. En la medida que el contenido de sales en el agua subterránea es menor, es indicativo que se trata de agua que tiene poco tiempo de residencia en el subsuelo, debido a una rápida circulación o a una reciente infiltración. En cualquier caso el bajo contenido de sales en el agua subterránea, aparte de hacerla más favorable para el consumo humano, nos refleja una renovación favorable para la ubicación de nuevas fuentes de abastecimiento de agua. El índice comparativo propuesto se basa en el contenido de sólidos totales disueltos como una medida del contenido de sales disueltas en el agua subterránea.

RECOMENDACIONES:

Deberá realizarse la configuración piezométrica cuidadosamente y continuarse en forma ininterrumpida con el monitoreo, la reactivación de los piezómetros obstruidos o perdidos, así como la reposición en su caso, nivelación de brocales y el levantamiento físico de dos o tres secciones perpendiculares a las líneas de igual elevación con la finalidad de rectificar la topografía base y hacerlo coincidir con varios piezómetros para rectificar la elevación de brocales y finalmente para poder cuantificar los hundimientos regionales se sugiere la instalación de bancos de nivel y referencias superficiales colocados en puntos estratégicos cercanos a las áreas de mayor afectación; efectos colaterales presentados por la explotación, grietas, desaparición de manantiales que alimentaban las lagunas desecándose éstas casi en su totalidad y el secado de numerosas norias por el descenso de los niveles freáticos, así como el incremento en la carga de bombeo de los pozos profundos.

En las dos últimas décadas la perforación de pozos se incrementó notablemente aunado a los volúmenes de extracción superando la recarga del acuífero, resulta conveniente apoyar el sistema de medición actual utilizando técnicas modernas como la instalación de transductores de presión, que permitan contar con una red automática que registre los niveles del agua subterránea en forma simplificada y confiable, información básica que permita definir las políticas de operación, planear el uso del recurso subterráneo, tomando en cuenta las demandas y disponibilidad del agua como resultado de los cambios por las condiciones de recarga natural, inducida o extracción por bombeo.

ESTRATEGIAS

En las propuestas de mejora, se considera esencial poder medir la extracción de agua que se hace de cada uno de los aprovechamientos, es evidente la falta de instrumentos que contribuyen a medir la cantidad de agua extraída de cada uno de ellos, los pozos carecen de aditamentos que son básicos para la evaluación de las eficiencias electromecánicas.

Aumentar la Recarga Inducida

Restringir la tala de bosques e incrementar la reforestación.

Captar Escurrimientos Extraordinarios no comprometidos para su infiltración.

Infiltración de aguas pluviales en zonas industriales.

Infiltración de aguas pluviales en zonas urbanas.

Infiltrar las aguas tratadas no comprometidas.

Disminuir la extracción de aguas subterráneas

Intercambiar Aguas Residuales no comprometidas por agua subterránea.

Eficientar los Sistemas de Riego.

Cambios en el Patrón de Cultivos.

Programas de Reducción de Extracciones.

No incrementar la extracción de agua subterránea para uso Público – Urbano

Controlar la Calidad del Agua de la Recarga Inducida en Zonas Rurales

Reducción de la carga contaminante por uso de agroquímicos.

Tratamiento de aguas residuales para uso agrícola

Reducir los retornos de riego en las zonas agrícolas

Controlar la Calidad del Agua de la Recarga Inducida en Zonas Urbanas

Reducir fugas en los sistemas de alcantarillado.

Reducir la carga contaminante en el sistema de alcantarillado.

Controlar la Calidad del Agua Infiltrada por Descarga de Aguas Residuales

Tratamiento de las descargas de aguas residuales antes de que se infiltren.

Controlar la migración en el subsuelo de aguas de mala calidad.

Controlar y prevenir eventos de contaminación de acuíferos.

Mantener el Nivel Socioeconómico de la Región

Aumentar la productividad marginal del agua.

Reorientar los subsidios en materia agrícola.

Considerando lo anterior, se propone en primera instancia una serie de medidas que de realizarse contribuirían a la medición más acertada de agua que se extrae de cada uno de los aprovechamientos:

ACCIONES DE MEJORA GENERALES:

Instalar medidores de flujo volumétrico que permitan tener mayor y mejor control de los volúmenes de extracción de los aprovechamientos.

Equipar con manómetro todos los aprovechamientos, ya que la mayoría carece de ellos.

Instalar horómetros en todos los pozos para poder cuantificar con mayor precisión los caudales extraídos, aplicando la relación de gasto promedio producido por horas de operación, considerándose éste método como uno de los más confiables para el cálculo de volúmenes de extracción.

Una vez instalados los implementos de lectura, es recomendable llevar a cabo las lecturas de los consumos reales efectuados por los usuarios de todos los sectores, a fin de tener mejor control sobre los volúmenes de extracción que realizan.

MEJORA ELECTROMECAÁNICA

Se observa que las acciones de rehabilitación o sustitución están dirigidas al motor eléctrico, a la bomba, a la estructura del pozo o a una combinación de ello, según se de el caso, de tal forma que se pretende alcancen valores mínimos de eficiencia que varían entre el 55 y 64%, debe considerarse que se debe operar con una eficiencia entre el 85 y 90%.

Una de las causas más comunes que influye en la baja eficiencia electromecánica es la capacidad del equipo actualmente instalado, por lo regular la capacidad de los motores es mayor a la que necesitan de acuerdo con los caudales de extracción actuales y la carga hidráulica que tiene que vencer la bomba, por que actualmente las bombas están sobradas y no operan adecuadamente.

Es importante mencionar que las acciones para elevar la eficiencia en la extracción del agua subterránea reflejan la situación actual de los equipos de bombeo, es necesario realizar una caracterización detallada sobre las condiciones electromecánicas e hidráulicas del pozo a través del desmantelamiento del equipo y hacer corrida de videos a fin de detectar daños que condicionan las eficiencias del pozo con el fin de determinar:

Si el equipo instalado es el adecuado

Si el pozo presenta problemas de diseño

Si existe recuperación del nivel dinámico de acuerdo al caudal de extracción

Si existe desgaste de sus componentes

Así mismo, es necesario determinar condiciones particulares de operación de pozos, debiéndose realizar un análisis más detallado para establecer las características de operación.

Adicionalmente se pueden implementar medidas correctivas que contribuyan a eficientar el uso del recurso en función del sector al que sea destinada el agua subterránea, los cuales a continuación se enumeran:

MEJORA EN EL SECTOR USO PÚBLICO – URBANO

Simultáneamente a las propuestas para eficientar la medición de los volúmenes que se extraen y elevar la eficiencia electromecánica de los aprovechamientos, se sugiere adoptar acciones de mejora que optimicen el consumo del agua:

1.-En pozos administrados por particulares que suministran agua a fraccionamientos, ranchos, haciendas e instituciones educativas, se recomienda instalar de acuerdo a la dimensión de sus servicios, plantas de tratamiento de aguas residuales, con la finalidad de aprovecharla en el riego de áreas verdes y en servicios sanitarios y de limpieza.

2.-Revisión periódica de las redes de conducción y distribución, así como de los tanques de almacenamiento para prever y en su caso reparar las fugas que normalmente se dan y accionan grandes pérdidas en la dotación de este recurso. Cabe señalar que probablemente gran parte de las pérdidas o fugas, se localiza en las tomas e instalaciones domiciliarias por lo que es primordial crear conciencia en todos los usuarios de una política de ahorro de agua en función de una revisión continua para detectar fugas y corregirlas.

3.-Dentro de los volúmenes considerados como pérdidas o fugas, son los generados por usuarios clandestinos y derivados, siendo estos últimos los que generalmente se conectan a la red de distribución de las tomas regulares en áreas donde no existe medición, de tal manera que estos volúmenes no son contabilizados en la facturación, se sugiere la revisión continúa y actualización del padrón de usuarios de los Organismos Operadores de Agua Potable.

4.-Se propone evitar el crecimiento habitacional hacia las partes topográficamente más altas, ya que esto conduce a generar infraestructura más costosa desde su inicio constructivo, operacional y finalmente de distribución.

5.-Simultáneamente a campañas de difusión para crear una cultura de ahorro en el uso del agua, se deberán aplicar políticas de sanciones para todos los usuarios que hace caso omiso de esta.

6.-Independientemente que se autoricen concesiones por parte del Organismo Operador, éstas deben contabilizarse con los reportes de facturación, ya que se generan interpretaciones que recaen en cálculos de porcentajes de pérdidas sumamente altos, provocando con ello criterios equivocados sobre la eficiencia en la distribución del agua.

Las medidas propuestas para eficientar el uso del agua, están enfocadas a resolver los problemas de gasto excesivo.

La propuesta más relevante sobre las acciones conducentes al ahorro del agua, es concientizar a toda la población sobre el uso de la misma, es cierto que estas actividades se han difundido a través de medios publicitarios, sin embargo esta cultura de aprovechamiento racional de los recursos naturales, en este caso la cultura debe venir desde la educación primaria.

La captación de agua subterránea en zonas contaminadas deberá de evitarse a toda costa por la amenaza que representa para la salud. A medida que nos alejamos de estas zonas contaminadas se disminuye la posibilidad de que estos agentes contaminantes puedan ser alcanzados por las zonas de captación de los pozos de abastecimiento.

MEJORA EN EL SECTOR AGRICOLA

El sistema de riego empleado en el acuífero de Toluca, es en su mayoría por gravedad por medio de surcos (80.7%), los cuales presentan un índice alto de deterioro por encontrarse el revestimiento de los canales agrietados o ausente en la mayoría de los tramos, provocando por ello un porcentaje alto de pérdidas antes de llegar a las parcelas, adicionalmente no se tienen nivelados los terrenos, de tal manera que las eficiencias en la aplicación del riego son muy bajas.

A la fecha aproximadamente el 19.3% de las has. con riego tienen métodos tecnificados, clasificándose como riego de alta presión (aspersión, pivote, cañón)

y de baja presión (goteo, aspersión, micro aspersión), presentando una mejor eficiencia

Es necesario aplicar programas de transferencia de tecnología para eficientar los sistemas de riego realizando demostraciones para difundir las amplias ventajas.

Se considera que un buen número de hectáreas son susceptibles de implementar, obteniéndose ahorro en el agua empleada actualmente, esperando elevar la eficiencia en la aplicación y el uso del agua subterránea.

Se propone hacer intercambio de algunos de los pozos actuales de este sector por volúmenes de agua tratada, libres de compuestos tóxicos y orgánicos patógenos que pongan en peligro la salud de los consumidores.

Además de mejorar las técnicas de conducción, se recomienda realizar nivelaciones en las parcelas para una mejor distribución de las láminas de riego, teniendo a la vez un mejor control de las extracciones de cada uno de los pozos, siendo necesario implementar actividades en el manejo del agua, suelo, planta a nivel parcelario.

También es indispensable crear conciencia entre los propietarios de los aprovechamientos, ya sean particulares o ejidatarios, respecto al uso adecuado del recurso agua.

MEJORA EN EL SECTOR INDUSTRIAL

Dentro del sector industrial se propone lo siguiente:

1.-Implementar programas de intercambio de agua potable por aguas tratadas en aquellas empresas en las que los requerimientos de calidad no son tan estrictos, dentro de los cuales se pueden incluir a las industrias cuya actividad está enfocada en procesos de enfriamiento, generación de vapor, humidificación, limpieza y riego de jardines que no requieren agua potable.

2.-Igualmente crearse plantas de tratamiento dentro de las industrias, a fin de emplear el agua en los procesos en los que no haya requerimientos de calidad especiales.

- 3.-El mantenimiento continuo y oportuno de los equipos de bombeo.
- 4.-El no tener conciencia de las condiciones actuales de sobreexplotación del acuífero, se corre el riesgo de provocar la profundización de los niveles piezométrico, generando necesidades inmediatas de cambio en los equipos de bombeo, aumento en la longitud en columnas de succión, incrementando consumos de energía eléctrica, provocando alza en costos de producción y consecuentemente en los precios de los productos fabricados y ofertados al consumidor. Por lo anterior es recomendable crear una conciencia de cultura del uso del agua para poder preservar el acuífero y continuar con una explotación controlada dentro del desarrollo industrial.
- 5.- En actividades industriales de todo tipo, tener especial cuidado en el almacenamiento y disposición de desechos tóxicos y residuos peligrosos bajo tierra, así como las descargas a los cuerpos de agua.

MEJORA EN EL SECTOR SERVICIOS

Dentro del sector servicios se incluye a hoteles, restaurantes y clubes principalmente, por lo que las acciones de mejora estarán enfocadas al cambio de hábitos:

- 1.-Revisión continua y permanente de las instalaciones hidráulicas para detectar problemas de fugas y proceder a su reparación de inmediato.
- 2.-Llevar a cabo el programa de cambio de retretes sugerido en el sector público – urbano, además de instalar economizadores de agua en regaderas y lavabos e instalaciones de comedores.
- 3.-Se propone implementar el reciclado de agua a base de plantas de tratamiento, empleándose en áreas verdes, servicio sanitario, limpieza de pisos y en albercas contar con un eficiente sistema de filtros que mantengan condiciones favorables para su uso.
- 4.-En los clubes construir plantas de tratamiento para emplear el agua en riego de áreas verdes, lagos artificiales, mantenimiento y demás actividades que no se requiera agua potable.

5.-Para el suministro de agua potable en el caso de las zonas habitacionales localizadas dentro de estas instalaciones, se recomiendan las mismas mejoras para el uso público – urbano.

Es conveniente establecer estrategias entre los tres órdenes de gobierno, usuarios del agua subterránea e instituciones académicas con el fin de fortalecer y consolidar al comité técnico de aguas subterráneas “ COTAS “, ya que a la fecha su participación ha sido incipiente, debiéndolo encausar a cumplir con empeño y participación decidida haciendo a un lado todas aquellas situaciones que no les permite realizar su trabajo e intervención satisfactoria de acuerdo con sus atribuciones. Es conveniente señalar y proponer que uno de los principales problemas del “COTAS” es la falta de recursos que permitan a sus representantes poder cumplir satisfactoriamente con sus funciones, por ello es necesario que las diferentes instancias de los gobiernos, presupuesten dentro de sus partidas recursos que permitan lo anterior descrito y dar con ello apoyo a los usuarios que integran este grupo de trabajo.

Se requiere que la Institución e instancias involucradas, asignen partidas presupuestales para actualizar los estudios existentes y la realización de nuevos estudios que se requieran, que permitan fortalecer los programas de manejo del acuífero.

Normar un mercado del agua, de tal manera que la transmisión de derechos sean sujetos de restricciones a favor del acuífero; por ejemplo, que determinados porcentajes sean a favor del acuífero incidiendo para su recuperación.

Es necesario apoyar el sistema actual de medición piezométrica con técnicas modernas como la instalación de transductores de presión, que permitan contar con una red automática que permita definir las políticas de operación y planear el uso del recurso subterráneo.

Se requiere implementar acciones para proteger las zonas de recarga contra la contaminación en general así como de invasiones urbanas.

Continuar con un programa integral de muestreo, exigiendo a los municipios y organismos operadores un monitoreo frecuente de sus fuentes de abastecimiento para poder identificar problemas de calidad del agua y aplicar las acciones a que haya lugar dentro del plan de manejo del acuífero.

Los sistemas de tratamiento instalados en las cabeceras municipales (sistemas lagunares), requieren de un sistemático plan de mantenimiento, conservación y rehabilitación, los municipios y prestadores del servicio deben planear y programar presupuestalmente las acciones que les permitan cumplir con la norma oficial mexicana NOM-001ecologica 1996.

No todas las aguas residuales son tratadas en la ciudad de Toluca y área conurbada y otros municipios que cuentan con sistemas de tratamiento incluyendo la zonas rurales que carecen de sistemas de tratamiento y que sus descargas inciden en cuerpos receptores federales y estatales, por lo que es necesario seguir impulsando la construcción e instalación de sistemas de tratamiento y programar sistemas de monitoreo que permitan un mejor control y cumplimiento de las normas oficiales mexicanas.

Continuar actualizando el censo de localización de tiraderos de basura clandestinos para aplicar las medidas pertinentes, debiendo participar los ayuntamientos y obligarlos a que dispongan de sitios y depósitos adecuados que cumplan con las normas oficiales y den un servicio eficiente a la ciudadanía.

Poner en marcha un programa de inspección para verificar los aprovechamientos clandestinos, debiendo sumar esfuerzos de diferente índole por todos los involucrados, aplicando la Ley de Aguas Nacionales por la entidad normativa sancionando a los infractores de acuerdo a sus atribuciones, permitiendo un mejor control de las extracciones.

El plan de manejo del acuífero Valle de Toluca, requiere implementar una coordinación eficaz y decidida entre todos los involucrados que permita implementar mecanismos de coordinación, toma de decisiones para el manejo

integral y sustentable del acuífero, que las instancias involucradas autoricen recursos para realizar actividades de alto impacto contenidas en el plan de manejo; elaborar instrumentos jurídicos, administrativos y económicos para la protección, uso y aprovechamiento del acuífero, llevar a cabo todo lo anteriormente descrito requiere de una labor ardua, sin embargo también es necesaria una voluntad política decidida y participativa para implementar las acciones conjuntas, de lograrlo en la medida de lo posible creo que se llegará a tener resultados favorables en pro del acuífero del Valle de Toluca y de la sociedad en general.

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- 1.- Plan que se propone para incrementar el abastecimiento de la ciudad de México por medio del sistema Lerma. Dr. A. Loehnberg, DGCOH 1960.
- 2.- Estudio para la ciudad de Toluca, Ing. Mario Veytia Barba, septiembre 1960.
- 3.- Estudio geohidrológico de la parte alta de la cuenca del río Lerma. Ing. Mario Veytia Barba, DGCOH diciembre 1960.
- 4.- Estimación preliminar de los recursos de agua subterránea en la cuenca alta del Río Lerma hasta el estrechamiento de Atlacomulco. Servicios Geológicos S.A. Julio 1966.
- 5.- Los acuíferos del Alto Lerma pub. No. 7, Oficina de estudios especiales de la CHCVM-SRH, 1970.
- 6.- Actualización del levantamiento de grietas en los valles de Toluca e Ixtlahuaca-Atlacomulco. Ingenieros Civiles y Geólogos Asociados, S.A, CAVM-SARH, 1977
- 7.- Estudio del comportamiento de grietas en el valle del Alto Lerma. Consultec, Ingenieros Asociado, S.C, CAVM-SARH, 1978.
- 8.- Estudio sobre las causas y efectos de los agrietamientos en el valle de Toluca. Consultec, Ingenieros Asociado S.C, CAVM-SARH, 1979.
- 9.- Estudio Geohidrológico preliminar del valle de Toluca, ICATEC - DGCOH, 1986.
- 10.- Estudio sobre la evolución piezométrica de los valles de Toluca e Ixtlahuaca. Cía. Lesser y Asociados SARH 1987.
- 11.- Cuantificación de agua subterránea en el valle de Lerma, para determinar las causas de la disminución de caudales de extracción Perforaciones. Leor, S.A.- DGCOH, 1989.
- 12.- Estudio para el diagnóstico del acuífero valle de Toluca, para implementar la reglamentación de la extracción del agua subterránea. Lesser y Asociados, S.A.de C.V - GEM, 1992.
- 13.- Estudio Regional Geohidrológico de los valles de Ixtlahuaca y Toluca, Grupo Herraam - DGCOH, 1992.

- 14.- Actualización de la información de los acuíferos del Alto Lerma y la adaptación de su Modelo DAS al lenguaje Basic. M.en I. Germán E. Figueroa Vega, CNA: 1993.
- 15.- Estudio de simulación hidrodinámica y diseño óptimo de las redes de observación del acuífero del valle de Toluca. Ariel Consultores S.A., CNA 1996.
- 16.- “Documento Básico”, Acuífero del Valle de Toluca Subgerencia de Ingeniería, Gerencia en el Estado de México, C N A 2001.
- 17.- Determinación de la Disponibilidad de agua en el Acuífero Valle de Toluca, Estado de México, Subdirección General Técnica, CNA. 2002.
- 18.- Visitas integrales para el diagnóstico de aprovechamientos de pozos en el acuífero valle de Toluca. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, CNA 2003.
- 19.- Integración de un sistema de información Geográfica para el acuífero del valle de Toluca. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, CNA 2003.
- 20.- Modificaciones al Sistema de clasificación climática de Koppen, para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana, Enriqueta García, edición 1988
- 21.- Geología General, López Ramos, 1972.
- 22.- Ley Federal de Derechos de Agua, CNA 2002.
- 23.- Norma Oficial Mexicana NOM-011, Conservación del recurso agua. Establece especificaciones y metodología para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales. Diario Oficial de la Federación. CNA 2002.
- 24.- “Decreto en el que se establece veda para el alumbramiento de aguas del subsuelo, Estados Unidos Mexicanos. Diario Oficial de la Federación 23 de septiembre de 1965.
- 25.- “Acuerdo por el que se establece y da a conocer al público general la denominación única de los acuíferos reconocidos en el territorio de los Estados Unidos Mexicanos, por la Comisión Nacional del Agua, y la homologación de los nombres de los acuíferos que fueron utilizados para la emisión de los títulos de concesión, asignación o permisos otorgados por este órgano desconcentrado”.

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación. 5 de diciembre de 2001

26.- Acuerdo, publicado en el Diario Oficial de la Federación, 31 octubre 1924.

27.- Acuerdo, publicado en el Diario Oficial de la Federación, 11 septiembre 1943.

28.-Inventario Nacional de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación. Subdirección General de Infraestructura Hidráulica Urbana y Subdirección General Técnica, CNA. 2001.

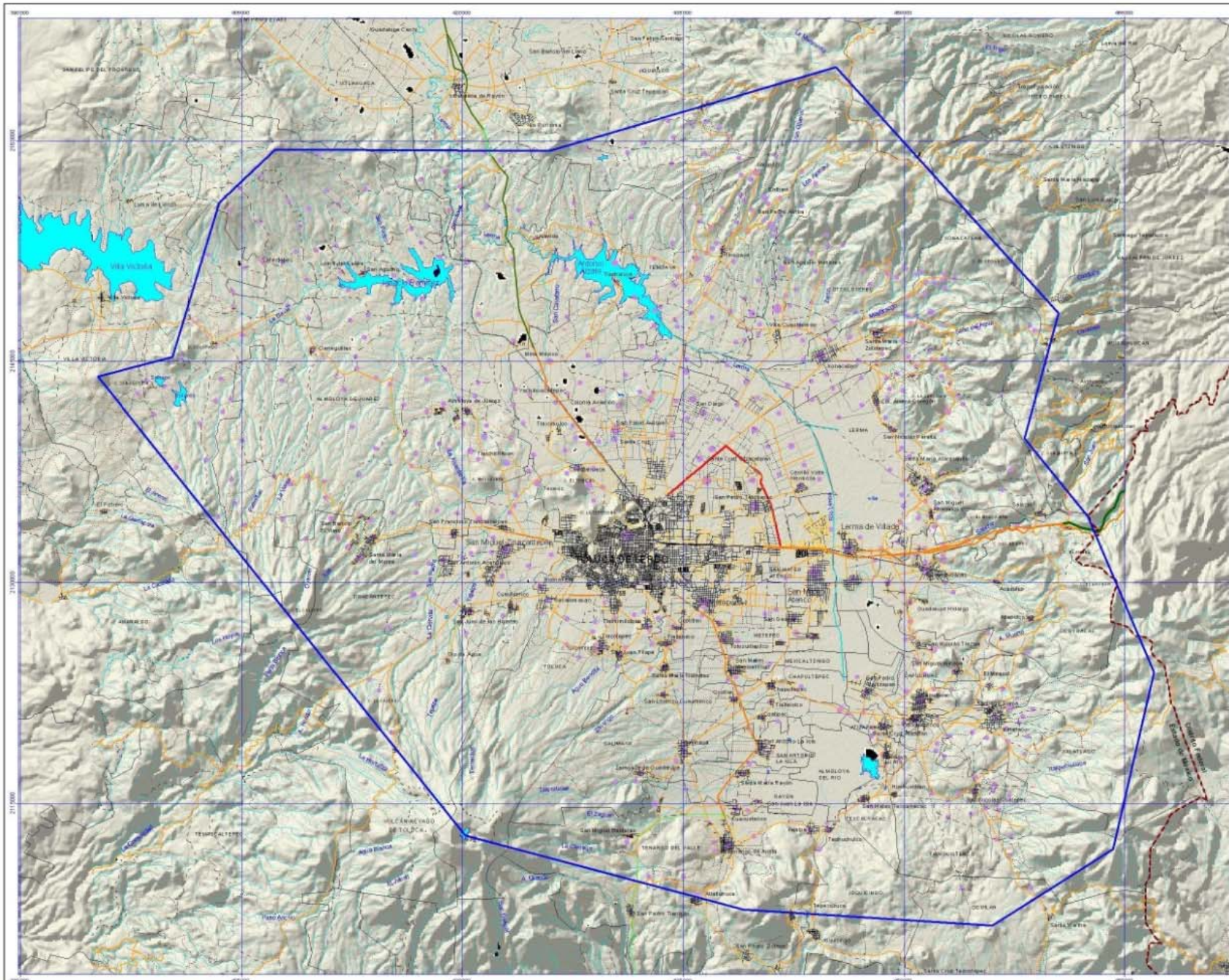
29.-Inventario Nacional de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales, Subdirección General de Construcción y Subdirección General Técnica CNA 2002.

30.-Atlas Ecológico de la Cuenca Hidrográfica del Río Lerma Tomo V Industrial, GEM, Comisión Coordinadora para la Recuperación de la Cuenca del Río Lerma, 2000.

31.- Atlas Ecológico de la Cuenca Hidrográfica del Río Lerma, Tomo VII Urbano, GEM, SEDUOP, 2002.

32.- Ley Aguas Nacionales y su Reglamento, (2004).

33.- NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental, agua para uso y consumo humano, límites permisibles de calidad y tratamiento para su potabilización, D.O.F. 22 de noviembre de 2002.



SIMBOLOGÍA TEMÁTICA

- Carreteras Pavimentadas**
- Carretera de cuota de 2 carriles
 - Carretera de cuota de 4 carriles
 - Carretera de cuota de 6 carriles
 - Carretera libre de 2 carriles
 - Carretera libre de 4 carriles
 - Carretera libre de 6 carriles
- Caminos**
- Terracería
 - Brecha
 - Vereda
- Ferrocarriles**
- Via de ferrocarril
- Localidades (No. de habitantes)**
- 1 - 100
 - 100 - 2500
 - 2500 - 15000
 - 15000 - 50000
 - 50000 y más

FUENTE: Sistema de Información Geográfica del Acuífero del Valle de Toluca, SIG-AVT (CNA - IMTA)

SIMBOLOGÍA BÁSICA

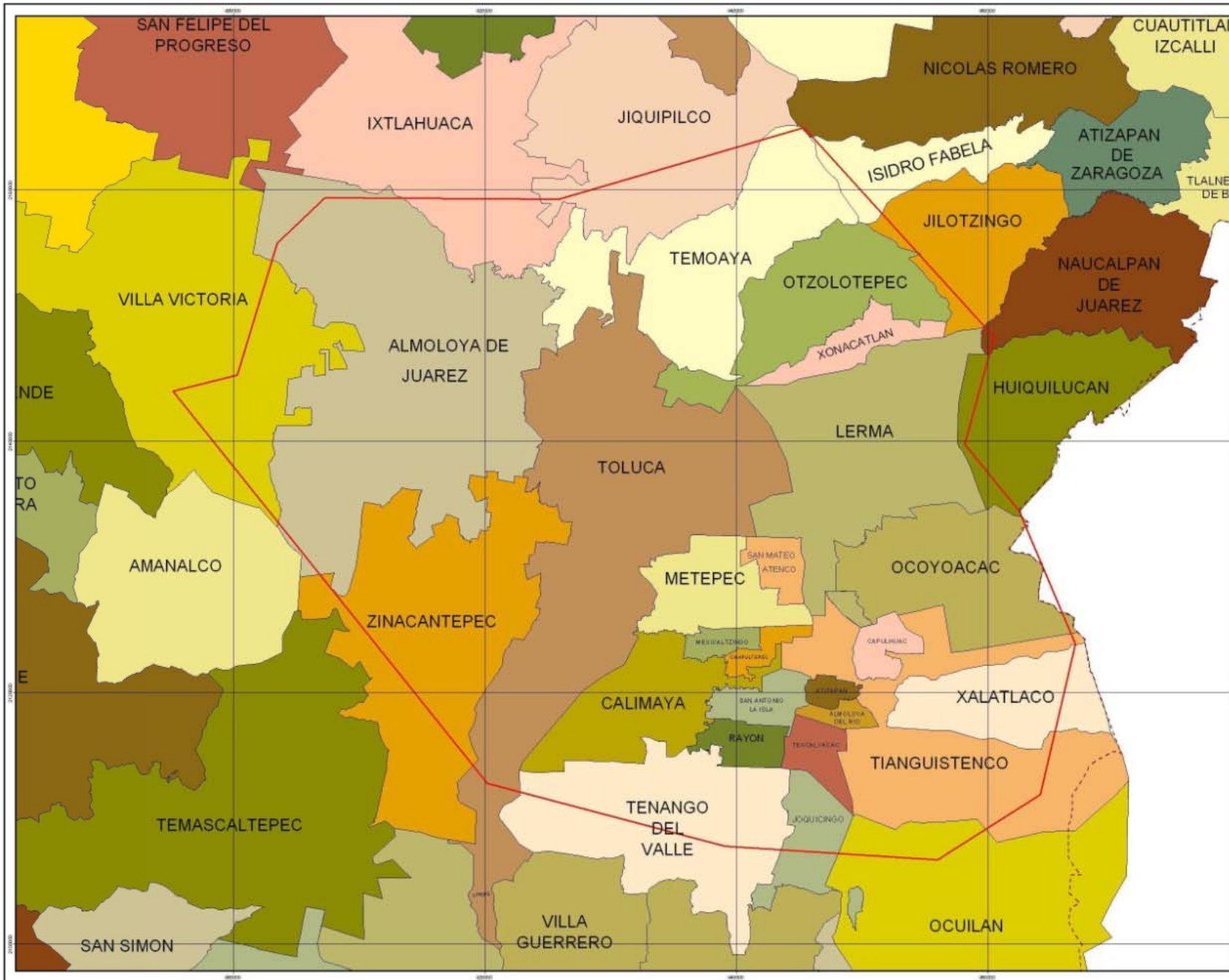
- Poblamiento**
- Área urbana
- Hidrología**
- Cuerpo de agua
 - Corriente intermitente
 - Corriente permanente
 - Poligonal del acuífero del Valle de Toluca
- Limites Politico-administrativos**
- Límite estatal
 - Límite municipal




Escala 1:125,000

Código de mapa
D-09

Fecha
Junio del 2004

LOCALIDADES Y CARRETERAS



- SIMBOLOGÍA TEMÁTICA**
-  Límites de los Municipios (Fuente: IGCEM)
 -  Acuífero
 -  Límites estatal (Fuente: INEGI)

Proyección: Universal Transversa de Mercator
 Datum: Norteamericano de 1927 (NAD27). Zona 14
 Elipsoide: Clarke 1866
 Cuadrículas UTM a cada 20000 metros



POBLACIÓN
DENSIDAD DE POBLACIÓN EN LOS MUNICIPIOS DE LA CUENCA DEL ALTO LERMA
ESTADO DE MÉXICO
PERIODO DE OBSERVACIÓN 1930-2000 Y SU PROYECCIÓN AL AÑO 2010 Y 2020

ANEXO 3

MUNICIPIO	AÑO 1930	AÑO 1940	AÑO 1950	AÑO 1960	AÑO 1970	AÑO 1980	AÑO 1990	AÑO 2000	AÑO 2010	AÑO 2020
ALMOLOYA DEL RIO	2441	2702	2986	3387	3714	6193	6777	8873	11617	15210
CALIMAYA	8252	9871	11007	12335	15666	21876	24906	35196	49737	70287
CAPULHUAC	8032	7152	8160	9609	12350	18257	21258	28808	39039	52905
CHAPULTEPEC	1093	1201	1462	1531	1909	3675	3863	5735	8514	12640
JALATLACO	3691	4446	5241	5311	7861	12097	14047	19182	26194	35770
JIQUIPILCO	13492	15859	19108	22939	29467	29744	44012	56614	72824	93676
JOQUICINGO	3525	3848	4712	5141	5809	7211	7769	10720	14792	20411
LERMA	15511	17300	23623	27814	36071	57219	66912	99870	149062	222483
METEPEC	13701	15460	17247	18915	31724	83030	140268	194463	269597	373761
MORELOS	9920	11051	12737	16021	15702	19068	21853	26971	33288	41084
MEXICALCINGO	1941	2032	2418	2887	4037	6079	7248	9225	11741	14944
OCUILAN	4680	6225	7142	8496	11974	15809	19043	25989	35469	48406
OCOYOACAC	9770	10255	12423	14574	19364	33952	37395	49643	65903	87488
OTZOLOTEPEC	10799	12921	15463	15990	22203	29112	40407	57583	82060	116942
RAYON	1891	2080	2657	3063	3831	5688	7026	9024	11590	14886
SAN ANTONIO LA ISLA	2217	2414	2686	2794	4252	9504	7321	10321	14550	20513
SAN MATEO ATENCO	6528	7267	9224	11987	18140	33719	41926	59647	84858	120725
TEMOAYA	11480	14903	19743	23131	30190	34120	49427	69306	97180	136265
TENANGO DEL VALLE	17137	18187	20972	24628	29091	38381	45952	65119	92281	130772
TEXCALYACAC	1209	1417	1345	1222	1604	2381	2961	3997	5395	7283
TIANGUISTENCO	10423	13385	15927	19688	24600	37017	42448	58381	80295	110433
TIMILPAN	6429	7286	9133	8998	9510	11566	12059	14512	17464	21016
TOLUCA	89895	97962	115019	156033	239261	357071	487612	666596	911278	1245774
XONACATLAN	5598	7325	8582	10600	15237	19546	28837	41402	59442	85342
ZINACANTEPEC	17368	20217	26080	31718	44182	60232	83197	121850	178461	261373
ALMOLOYA DE JUAREZ	21733	10886	32679	38310	44900	58379	84147	109408	142252	184957
ATIZAPAN	1524	1559	1811	2250	2794	3726	5339	7119	9492	12657
SUMA =	300280	325211	409587	499372	685443	1014652	1354010	1865554	2574375	3538003
SUP. EDO. DE MÉXICO	990112	1146034	1392623	1897851	2585433	7564335	9815795	13083359	17429906	23243783

ANEXO 3

AÑO	ALMOLOYA DEL RIO	CALIMAYA	CAPULHUAC	Chapultepec	Jalatlaco	Jiquipilco	Joquicingo	Lerma	Metepec	MORELOS	MEXICALCINGO	OCUILAN	OCOYOACAC	OTZOLOTEPEC	RAYON	SAN ANTONIO LA ISLA	SAN MATEO ATENCO	TEMOAYA	Tenango del Valle	TEXCALYACAC	TIANGUISTENCO	TIMILPAN	TOLUCA	XONACATLAN	ZINACANTEPEC	Almolya de Juárez	ATIZAPAN	Estado de México
AÑO 1930	2441	8225	8032	1093	3691	13492	3525	15511	13701	9920	1941	4680	9770	10799	1891	2217	6528	11480	17137	1209	10423	6429	89895	5598	17368	21733	1524	990112
AÑO 1940	2702	9871	7152	1201	4446	15859	3848	17300	15460	11051	2032	6225	10255	12921	2080	2414	7267	14903	18187	1417	13385	7286	97962	7325	20217	10886	1559	1146034
AÑO 1950	2986	11007	8160	1462	5241	19108	4712	23623	17247	12737	2418	7142	12423	15463	2657	2686	9224	19743	20972	1345	15927	9133	115019	8592	26080	32679	1811	1392623
AÑO 1960	3387	12335	9609	1531	5311	22939	5141	27814	18915	16021	2887	8496	14574	15990	3063	2794	11987	23131	24628	1222	19688	8998	156033	10600	31718	38310	2250	1897851
AÑO 1970	3714	15666	12350	1909	7861	29467	5809	36071	31724	15702	4037	11974	19364	22203	3831	4252	18140	30190	29091	1604	24600	9510	239261	15237	44182	44900	2794	2585433
AÑO 1980	6193	21876	18257	3675	12097	29744	7211	57219	83030	19068	6079	15809	33952	29112	5688	9504	33719	34120	38381	2381	37017	11566	357071	19546	60232	58379	3726	7564335
AÑO 1990	6777	24906	21258	3863	14047	44012	7769	66912	140268	21853	7248	19043	37395	40407	7026	7321	41926	49427	45952	2961	42448	12059	487612	28837	83197	84147	5339	9815795
AÑO 2000	8873	35196	28808	5735	19182	56614	10720	99870	194463	26971	9225	25989	49643	57583	9024	10321	59647	69306	63119	3997	58381	14512	666596	41402	121850	109408	7119	13083359
AÑO 2010	11617	49737	39039	8514	26194	72824	14792	149062	269597	33288	11741	35469	65903	82060	11590	14550	84858	97180	92281	5395	80295	17464	911278	59442	178461	142252	9492	17429906
AÑO 2020	15210	70287	52905	12640	35770	93676	20411	222483	373761	41084	14944	48406	87488	116942	14886	20513	120725	136265	130772	7283	110433	21016	1245774	85342	261373	184957	12657	23243783

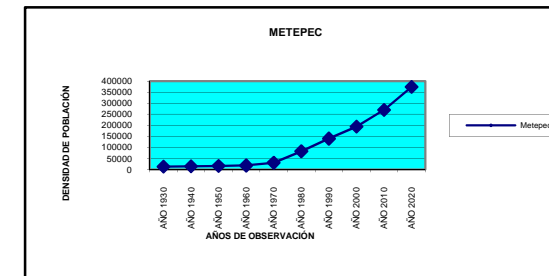
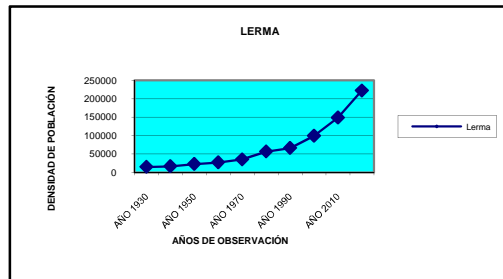
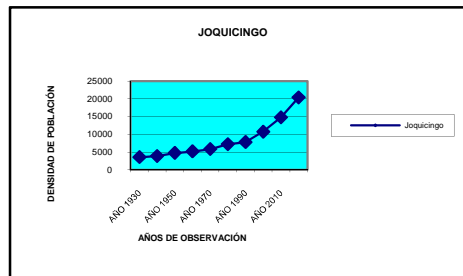
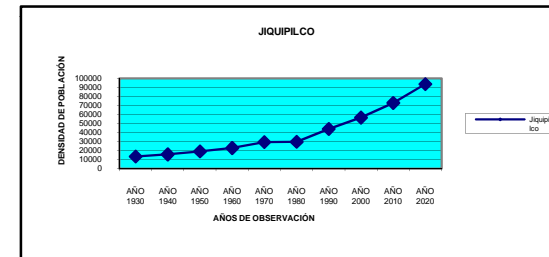
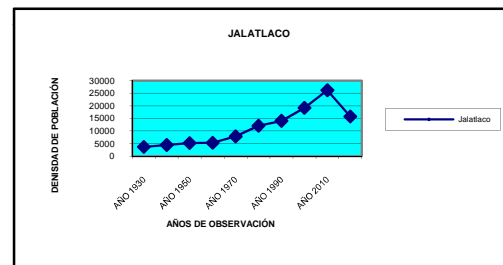
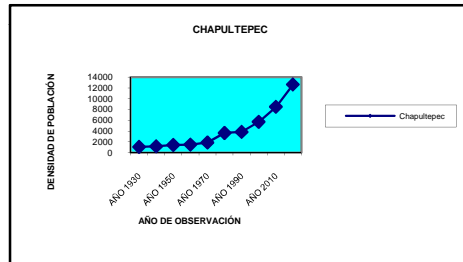
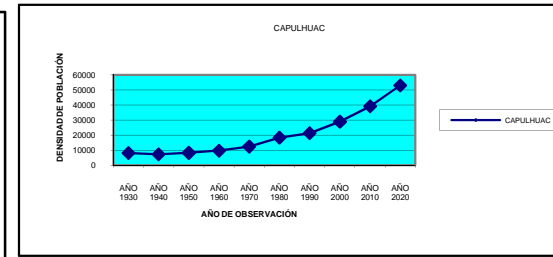
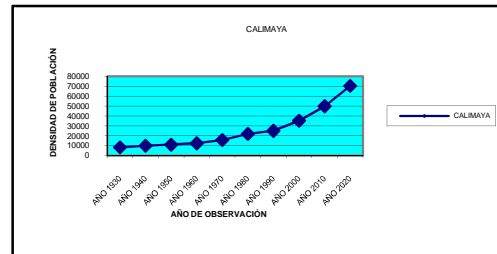
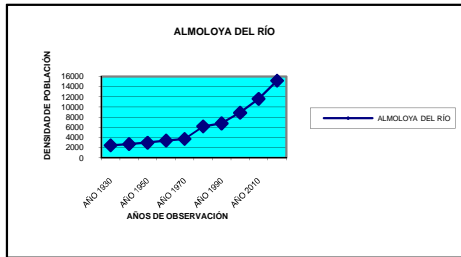
REFERENCIA: Información obtenida del censo general de población y vivienda del INEGI de 1930-2000

NOTA: Para la proyección de la población 2010 y 2020, se considero como base los años 1930 al 2000, empleando la formula de:

TCMA = Tasa de Crecimiento media anual Pp = Población proyectada.

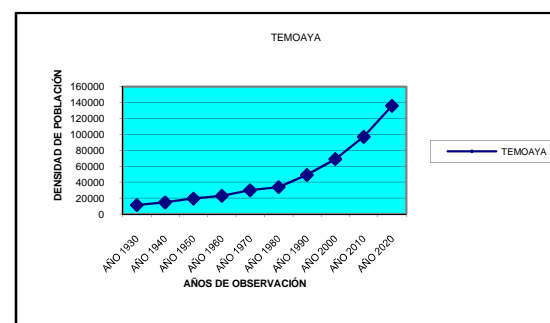
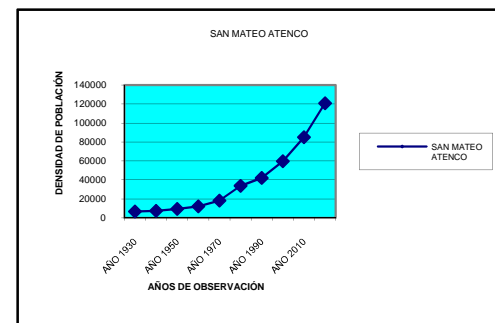
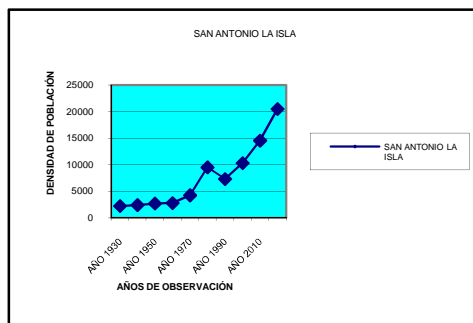
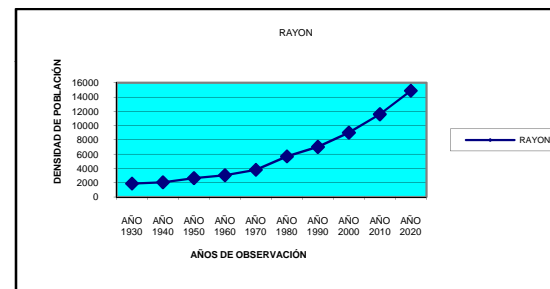
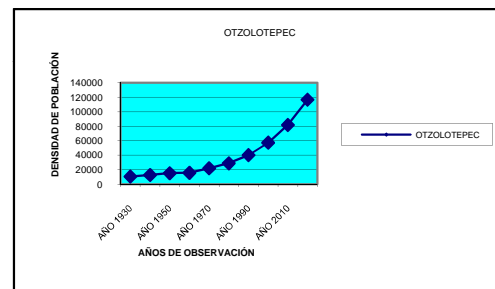
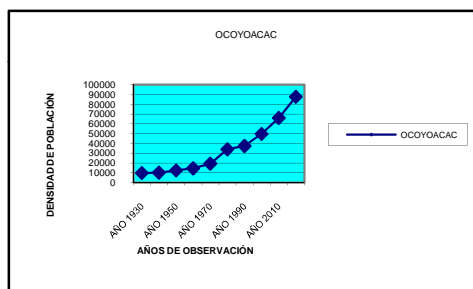
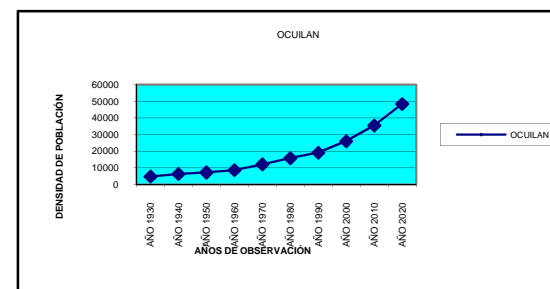
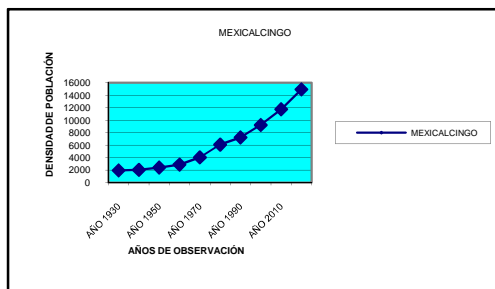
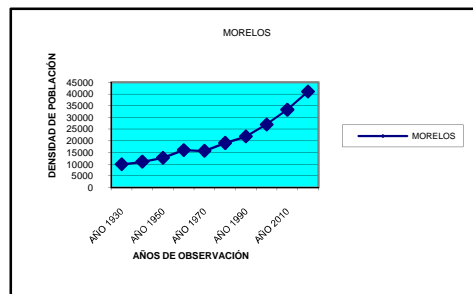
**MUNICIPIOS DEL ESTADO DE MÉXICO QUE SE ENCUENTRAN DENTRO DE LA CUENCA DEL RÍO LERMA
GRAFICAS QUE MUESTRAN LA TENDENCIA DE CRECIMIENTO DE POBLACIÓN DEL AÑO 1930-AL AÑO 2020**

ANEXO 3



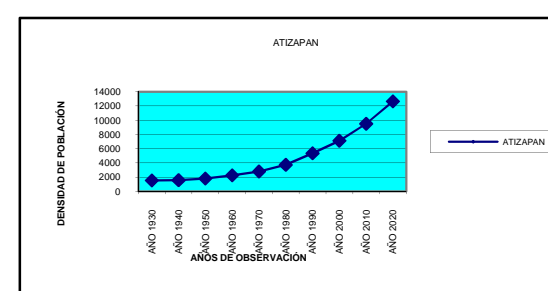
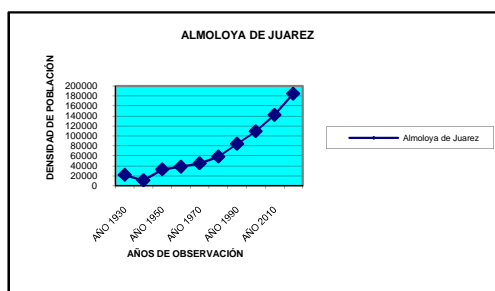
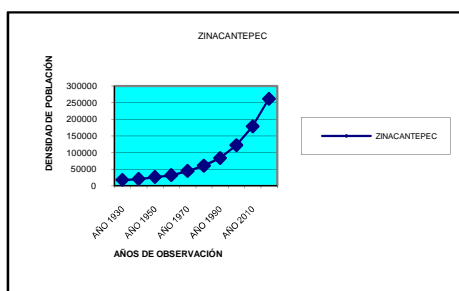
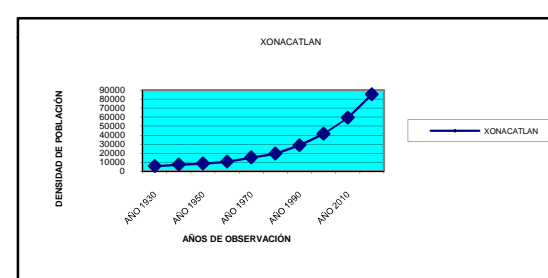
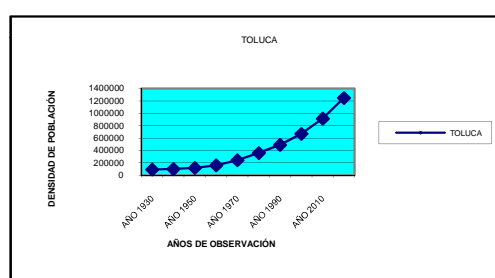
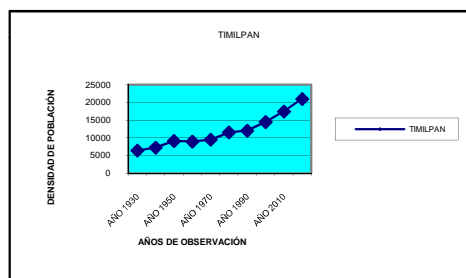
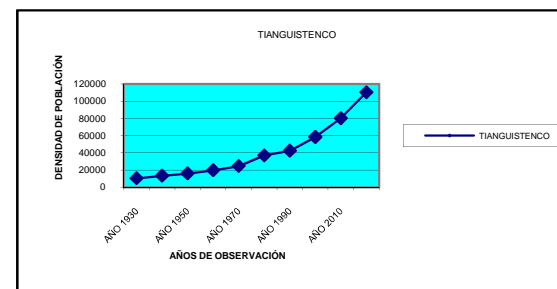
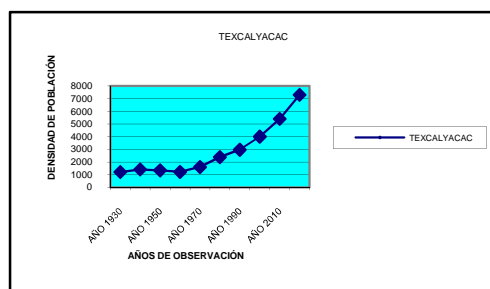
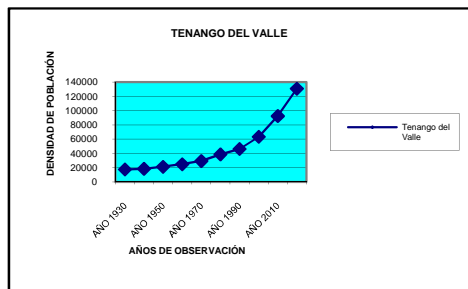
**MUNICIPIOS DEL ESTADO DE MÉXICO QUE SE ENCUENTRAN DENTRO DE LA CUENCA DEL RÍO LERMA
GRAFICAS QUE MUESTRAN LA TENDENCIA DE CRECIMIENTO DE POBLACIÓN DEL AÑO 1930-AL AÑO 2020**

ANEXO 3

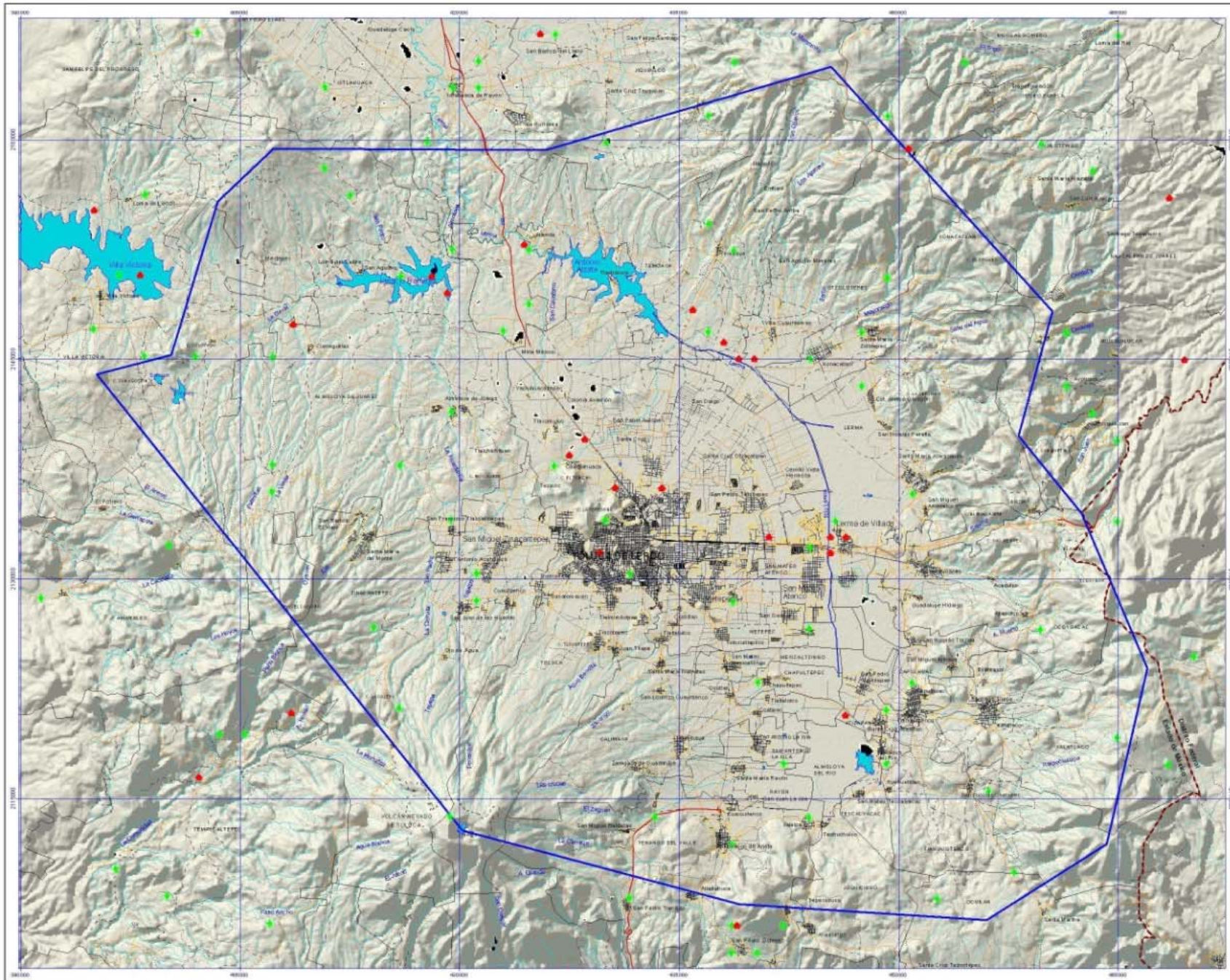


**MUNICIPIOS DEL ESTADO DE MÉXICO QUE SE ENCUENTRAN DENTRO DE LA CUENCA DEL RÍO LERMA
 GRAFICAS QUE MUESTRAN LA TENDENCIA DE CRECIMIENTO DE POBLACIÓN DEL AÑO 1930-AL AÑO 2020**

ANEXO 3







- SIMBOLOGÍA TEMÁTICA**
- Estación**
- Hidrométrica
 - Climatológica

FUENTE: Sistema de Información Geográfica del Acuífero del Valle de Toluca, SIG-AVT (CNA - INTA)

- SIMBOLOGÍA TEMÁTICA**
- | | |
|-----------------------------|---|
| Poblamiento | Hidrología |
| ■ Área urbana | ■ Cuerpo de agua |
| Vías de Comunicación | — Corriente intermitente |
| — Carretera de Cuota | — Corriente permanente |
| — Carretera Libre | ■ Polígono del acuífero del Valle de Toluca |
| — Trazados | Limites Politico-administrativos |
| — Erietas | — Límite estatal |
| — Veredas | — Límite municipal |
| — Vía ferrea | |

Escala 1:125,000

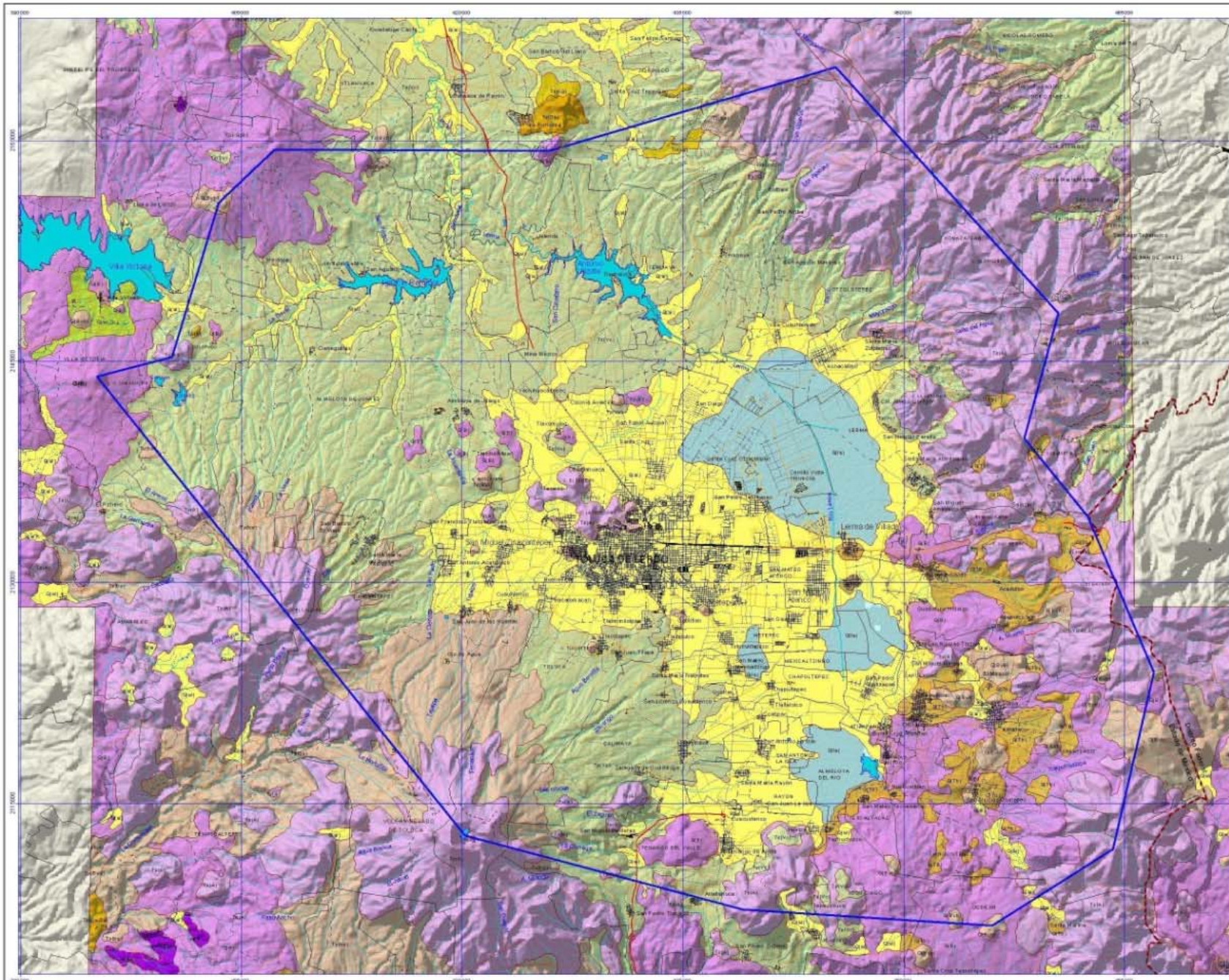
Clave del mapa

D-29

Fecha:

Junio del 2004

ESTACIONES HIDROMÉTRICAS Y CLIMATOLÓGICAS



SIMBOLOGÍA TEMÁTICA

Litología

Unidad	Clave
Aluvial	Q(al)
Andesita	Ts(A)
Arenisca-Toba básica	Q(ar-Tb)
Basalto	Tpl-Q(B)
Brecha sedimentaria	Ts(Bs)
Brecha volcánica ácida	Ts(BvA)
Brecha volcánica básica	Ts(BvB)
Brecha volcánica intermedia	Ts(BvI)
Conglomerado	Ts(cgl)
Dacita	Ts(Da)
Dacita-Toba ácida	Ts(Da-Tb)
Esquistos	Ms(P)
Lacustre	Q(la)
Riolita	Ts(R)
Toba básica	Q(Tb)
Volcanoclástico	Ts(Vc)

Estructuras

	Falla
	Fractura

FUENTE: Sistema de Información Geográfica del Acuífero del Valle de Toluca, SIG-AVT (CNA - IMTA)

SIMBOLOGÍA TEMÁTICA

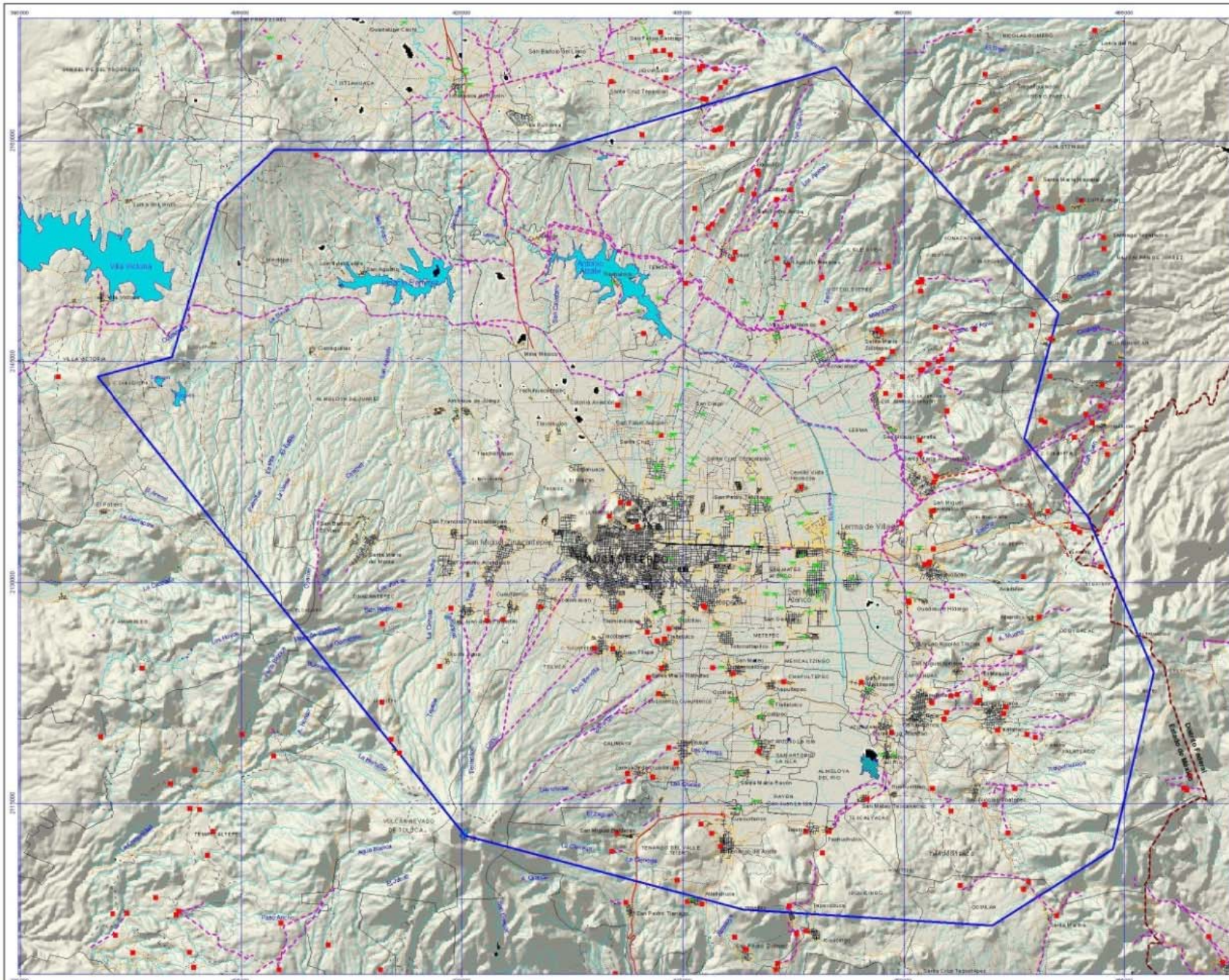
	Área urbana		Cuerpo de agua
	Carretera de Cuota		Corriente intermitente
	Carretera Libre		Corriente permanente
	Terracería		Polígono del acuífero del Valle de Toluca
	Brecha		Límite estatal
	Vereda		Límite municipal
	Vía férrea		

Detalle del mapa

D-05

Fecha: Junio del 2004

Escala 1:125,000



SIMBOLOGÍA TEMÁTICA

- Ríos**
- Corriente intermitente
 - Corriente permanente
- Cuerpos de Agua**
- Presa
 - Lago
 - Estanque
- Infraestructura Hidráulica**
- Tanque de agua
 - Tanque de agua elevado
 - Acueducto elevado
 - Acueducto subterráneo
 - Acueducto superficial
 - Canal
- Acuífero del Valle de Toluca**
- Poligonal del acuífero

FUENTE: Sistema de Información Geográfica del Acuífero del Valle de Toluca, SIG-AVT (CNA - IMTA)
 Conjunto de datos vectoriales 1:50,000. INEGI

SIMBOLOGÍA BÁSICA

- Poblamiento**
- Área urbana
- Vías de Comunicación**
- Carretera de Cuota
 - Carretera Libre
 - Terraería
 - Brecha
 - Vereda
 - Via terrea
- Límites Politico-administrativos**
- Límite estatal
 - Límite municipal

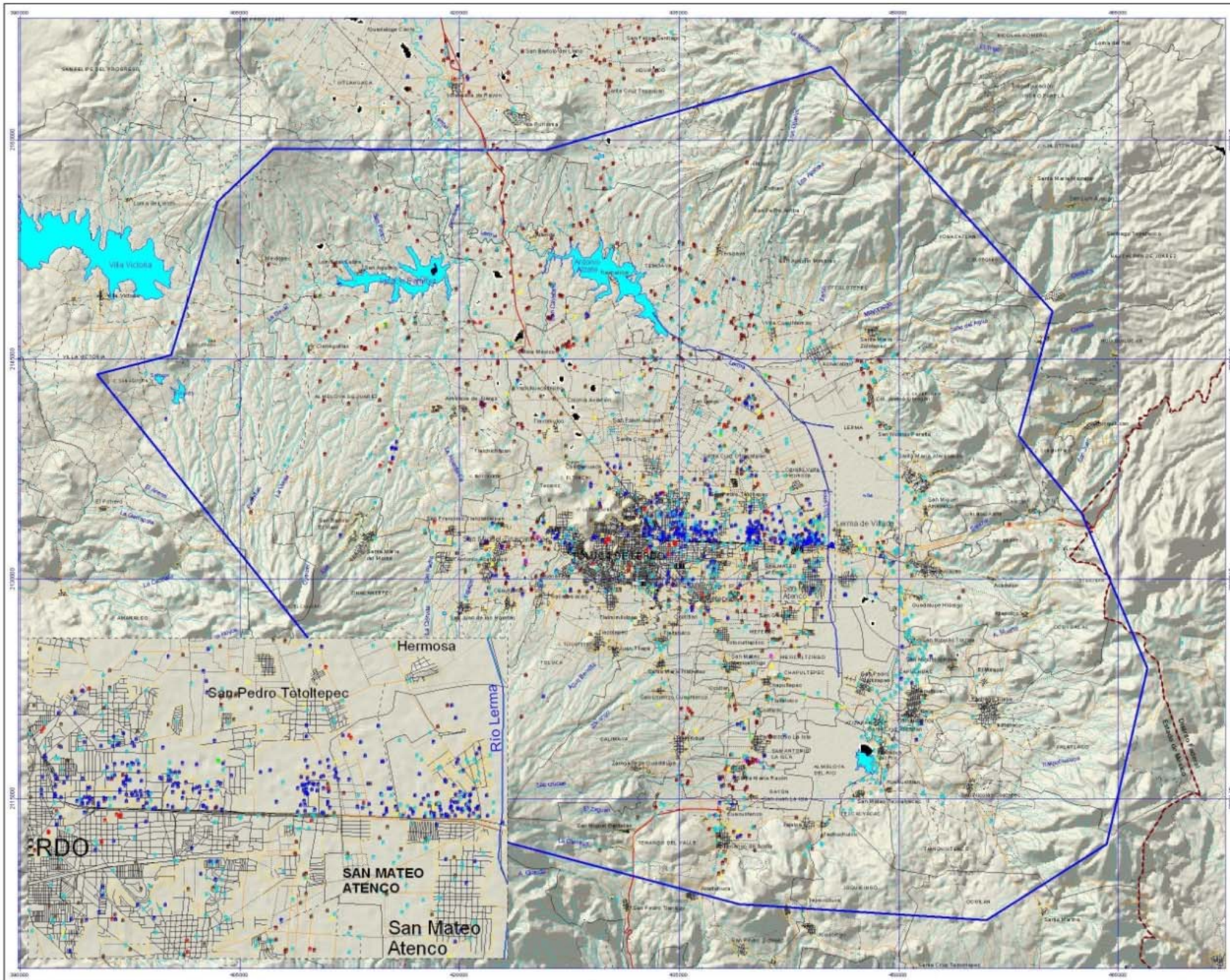
Escala 1:125,000

Código del mapa
D-02

Fecha
Junio del 2004

RED HIDROGRÁFICA





SIMBOLOGÍA TEMÁTICA

Aprovechamientos según tipo de uso

- Público urbano
- Agrícola
- Doméstico
- Industrial
- Acuicultura
- Pecuario
- Múltiples
- Servicios
- Abrevadero
- Otro

FUENTE: Sistema de Información Geográfica del Acuífero del Valle de Toluca, SIG-AVT (CNA-IMTA)

SIMBOLOGÍA BÁSICA

- | | |
|-----------------------------|---|
| Poblamiento | Hidrología |
| ■ Área urbana | ■ Cuerpo de agua |
| Vías de Comunicación | ■ Corriente intermitente |
| ■ Carretera de Cuota | ■ Corriente permanente |
| ■ Carretera Libre | ■ Polígono del acuífero del Valle de Toluca |
| ■ Tercerera | Límites Político-administrativos |
| ■ Brecha | ■ Límite estatal |
| ■ Vereda | ■ Límite municipal |
| ■ Via ferrea | |

Carta del mapa

D-07

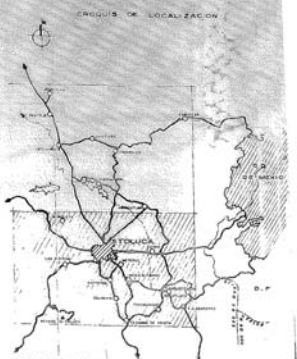
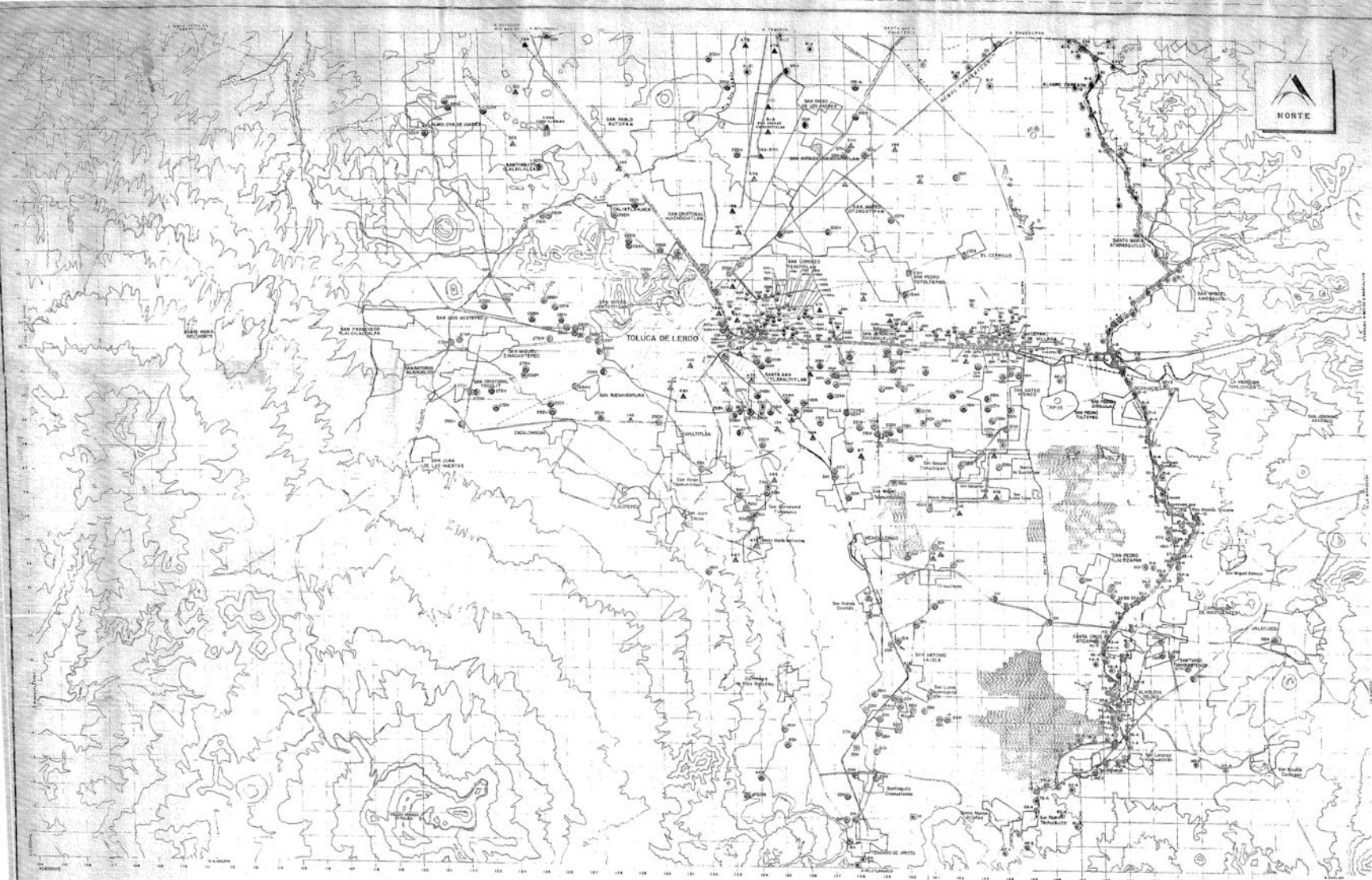
Fecha: Julio del 2004

Escala 1:125,000

APROVECHAMIENTOS (POZOS)

ANEXO 07

Comisión Nacional del Agua



SIMBOLOGIA

- Ciudad
 - Pueblo
 - Camino pavimentado
 - Carretera
 - Via de ferrocarril
 - Achecado
 - Rio
 - Laguna
 - Area de inundacion
 - Presal
 - Curva de nivel
 - Pozo municipal
 - Pozo particular
 - Pozo de agua potable
 - Pozo para riego
- CENSO 1992**
- Pozo del S.A.T. cobijado
 - Pozo de pesca
 - Pozo de agua potable
 - Pozo de ceas
 - Pozo de cal y sarea
 - Pozo particular
 - Noria
 - Nanantial y pozos resarte

ESCALA 1:50,000

GRUPO HERRAM DE MEXICO S.A. DE CV		D.G.C.O.M.	
AV. JUAREZ 1000 - 2da. SECCION	PROYECTO	REVISOR	ASISTENTE
CALLE CENTRO	ENCARGADO DEL PROYECTO	ELABORADO	INFORME FINAL
ESTADO DE MEXICO	FECHA	APROBADO	
C.P. 06000			
TEL. 56 324 00 53			
FAX 56 324 00 53			
2-33-1-0-88			

N.º DE ARCHIVO	PLANS COMPLEMENTARIOS

ANEXO 08

REV	FECHA	MODIFICACIONES	MODIFICADO	REVISO	APROBADO

CIUDAD DE MEXICO *1992*

DDF SECRETARIA GENERAL DE URBANISMO

DIRECCION TECNICA

DIRECCION DE PROGRAMACION URBANA DETAL DE PLANES MAESTROS

ESTUDIO HIDROLOGICO REGIONAL DE LOS VALLES DE TOLUCA Y NEZAHUALCOYOTL

0.2.1.A

CENSO DE APROVECHAMIENTOS 1992

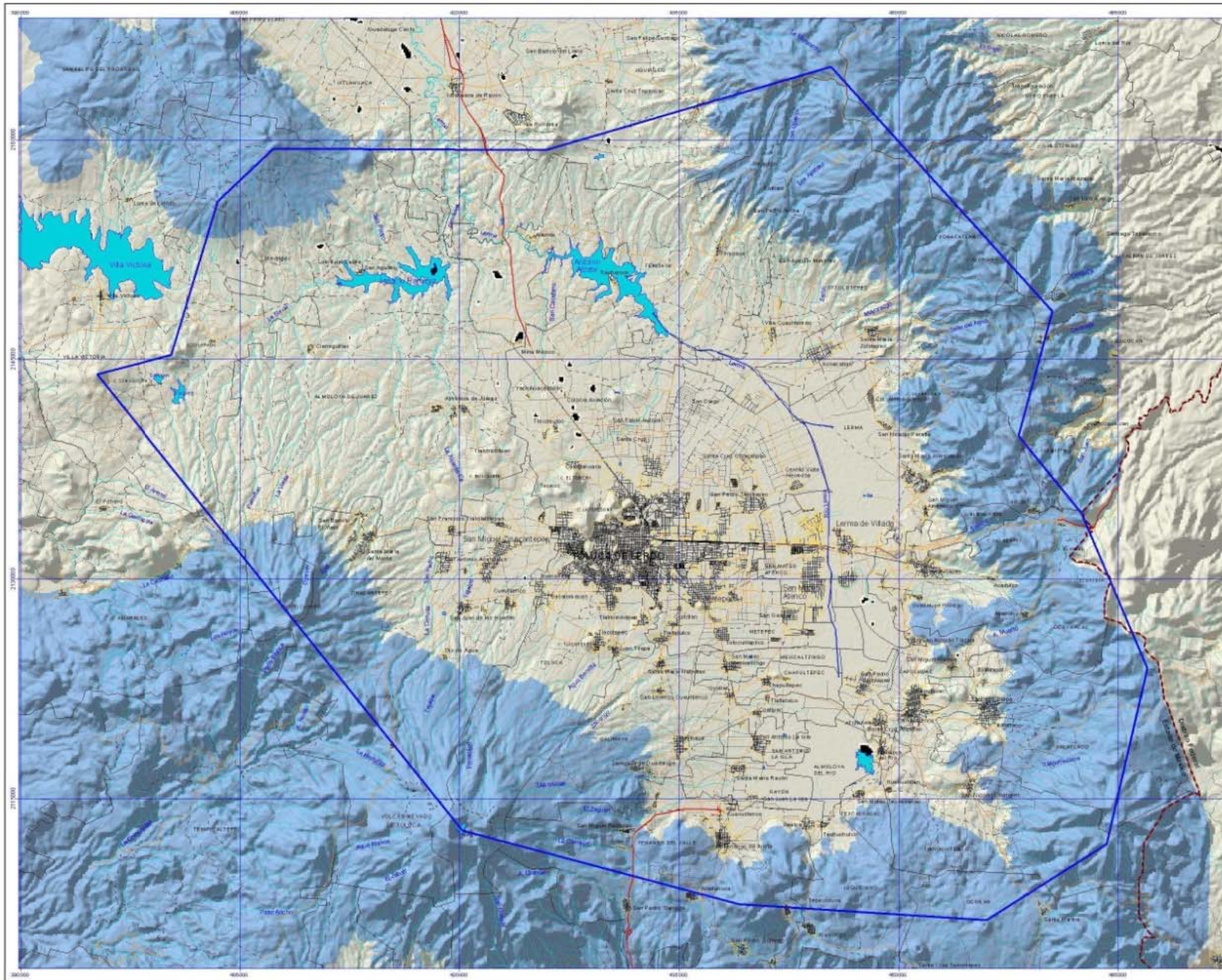
ZONA SUR VALLE DE TOLUCA

SECRETARIA GENERAL DE URBANISMO

SECRETARIA GENERAL DE URBANISMO

SECRETARIA GENERAL DE URBANISMO

SECRETARIA GENERAL DE URBANISMO



SIMBOLOGÍA TEMÁTICA
Zonas de Recarga de Mantos Freáticos (Corredores Ecológicos)
 Zona de recarga

FUENTE: Secretaría de Ecología, Gobierno del Estado de México

SIMBOLOGÍA TEMÁTICA

Poblamiento	Hidrología
Área urbana	Cuerpo de agua
Vías de Comunicación	Corriente intermitente
Carretera de Cuota	Corriente permanente
Carretera Libre	Polígono del acuífero del Valle de Toluca
Tamacera	Limites Politico-administrativos
Brecha	Limite estatal
Vereda	Limite municipal
Via ferrea	

Escala 1:125,000

0 2 4 6 8 10 KM

Colección de Mapas

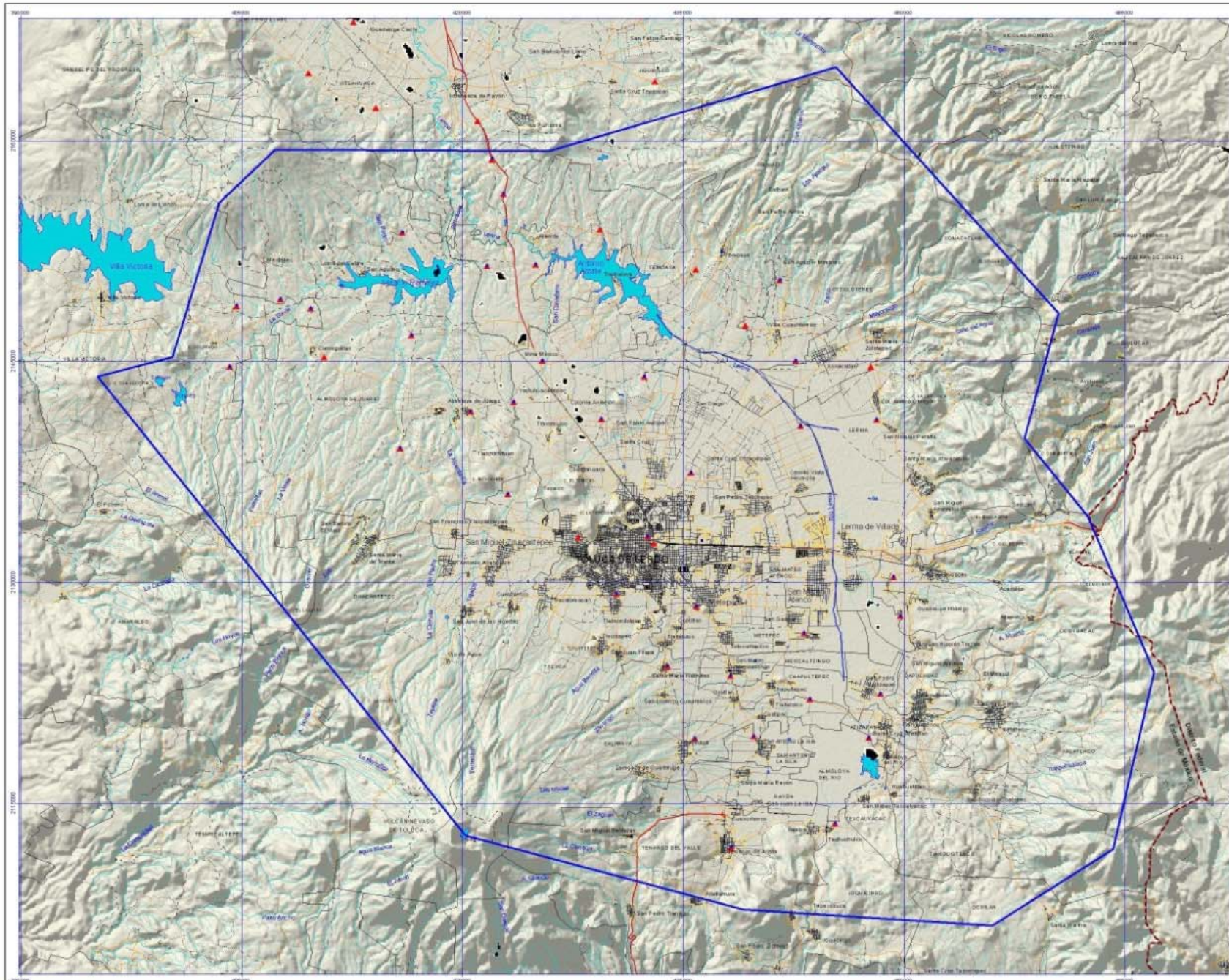
D-03

Fecha: Junio del 2004

ZONAS DE RECARGA

ANEXO 09

Comisión Nacional del Agua



SIMBOLOGÍA TEMÁTICA

Ubicación de pozos piezométricos

- ▲ Pozo
- ▲ Pozo empleado para la calibración del modelo matemático

FUENTE: Sistema de Información Geográfica del Acuífero del Valle de Toluca, SIG-AVT (CNA - INTA)

SIMBOLOGÍA TEMÁTICA

Poblamiento	Hidrología
■ Área urbana	■ Cuerpo de agua
Vías de Comunicación	■ Corriente intermitente
— Carretera de Cuota	■ Corriente permanente
— Carretera Libre	■ Poligonal del acuífero del Valle de Toluca
— Terracería	Limites Politico-administrativos
— Brecha	— Limite estatal
— Vereda	— Limite municipal
— Via ferrea	

Escala 1:125,000

Clave del mapa

D-26

Fecha: Junio del 2004

POZOS PIEZOMÉTRICOS

ESQUEMA DE UNA INSTALACIÓN PIEZOMETRICA

