



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN



5  
2oje.

**TOPICOS SELECTOS DE LA PRODUCCION  
AGRICOLA ACTUAL.  
SANEAMIENTO DE LA CUENCA DEL RIO LERMA**

**TRABAJO DE SEMINARIO**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRICOLA  
P R E S E N T A  
J. CARMEN ROGELIO BECERRIL ZARCO

ASESOR: M.C. LAURA BERTHA REYES SANCHEZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1994

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



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

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

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: OFICIO DE TERMINACION  
DE LA PRUEBA ESCRITA.

DR. JAIME KELLER TORRES  
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN  
PRESENTE

ATN: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la F.E.S.-C.

Con base en los art. 19 y 20 del Reglamento General de Exámenes, informo a ud., que ha sido concluido el trabajo de seminario: Tópicos Selectos de la Producción Agrícola Actual. Saneamiento de la Cuenca del Río Lerma.

que presenta el pasante: J. Carmén Rogelio Becerril Zarco  
con número de cuenta: 7503501 5 para obtener el TITULO de:  
Ingeniero Agrícola

Bajo mi asesoría, cubriendo los requisitos académicos.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuatitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 23 de noviembre de 199 4.

M. en C. Laura Berta Reyes Sánchez

NOMBRE Y FIRMA DEL ASESOR

U. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES-CUAUTITLAN

Yo. Bo. DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

**TOPICOS SELECTOS DE LA PRODUCCION AGRICOLA ACTUAL**

**SANEAMIENTO DE LA CUENCA DEL RIO LERMA**

## INDICE

Página.

- Introducción.	
- Antecedentes.....	1
- Situación Actual y Usos Futuros de la Cuenca.....	11
- Objetivos.....	16
- Objetivos del Programa de Saneamiento de la Cuenca.....	17
- Condiciones y Grados de Contaminación de la Cuenca.....	18
- Subcuencas Hidrológicas.....	19
- Municipios representativos de la Cuenca del alto Lerma.....	32
- Programa para la Restauración Integral de la Cuenca Hidrológica del Río Lerma.....	61
Subprograma para establecer un sistema de recolección y disposición final de los desechos sólidos municipales.....	62
Subprograma del Manejo de Aguas Superficiales y Subterráneas...	70
- Estrategias de Solución y Acciones Tomadas dentro del Programa.	79
- Conclusiones.....	94
- Láminas.....	98
- Bibliografía.....	108

## Introducción.

En la vida y la historia el hombre y el agua van de la mano, grandes civilizaciones se han desarrollado en las margenes de los ríos y de los cuerpos de agua, y han realizado obras hidráulicas para abastecer a sus ciudades e irrigar sus campos.

Las Culturas de la antigüedad como la Babilónica, la Mesopotámica, la China, la Griega y la Romana, entre otras, han dejado muestras evidentes de sus esfuerzos técnicos para captar y conducir el agua.

En las Culturas Mesoamericanas, se desarrollaron grandes civilizaciones durante la época prehispánica, con base en la agricultura como actividad predominante. Esto requirió la construcción de grandes obras hidráulicas como canales de irrigación, diques, y represas, además de la ampliación de zonas de cultivo, a través de las chinampas, método que permite un uso racional y eficiente de los recursos.

Los Aztecas y Texcocanos construyeron obras de conducción importantes como los acueductos de mampostería de Texcoco y Chapultepec y lograron avances sanitarios para el manejo de sus descargas de desechos orgánicos. Destaca en el siglo XV el rey de Texcoco, Nezahualcoyotl, como un auténtico ingeniero hidráulico por su contribución principalmente de las obras para prevenir de inundaciones a la gran Tenochtitlán. En Tikal, considerada como la ciudad Maya más majestuosa y gran centro ceremonial, quedan vestigios también de obras hidráulicas que demuestran

avances tecnológicos importantes, entre los que destaca una clara visión para resolver los problemas sanitarios.

México cuenta con una gran tradición hidráulica, en la época de los Aztecas ya existían formas de administración del agua. En nuestra historia destacan las 80 leyes expedidas, precisamente por Nezahualcoyotl ya que el agua era considerada como producto divino y en este sentido, de uso público común, no susceptible de apropiación exclusiva o privativa, su manejo recaía en la jurisdicción de la clase sacerdotal y de la nobleza y no existía un regimen legal de propiedad o del uso del agua.

En la época colonial prevaleció el marco jurídico Español, que determina que las tierras y los recursos son de dominio de los monarcas. Este derecho se deriva de las Bulas Alejandrinas del 4 de mayo de 1493, de recopilación de las leyes de India en la que se conjuntan leyes, cédulas y ordenanzas y en los diversos códigos expedidos en la época colonial, se puede observar una regulación de las aguas en la que predomina en dominio real. En ella, hay ejemplos de cómo se manejaba el aprovisionamiento de agua a las ciudades, la sanidad y prevención de la contaminación, el ordenamiento para la repartición de las aguas para riego y en general, todos los aspectos para lo relacionado con el uso y explotación de las aguas.

En la época independiente se inicia de hecho la formación del derecho hidráulico del Estado Mexicano. Es un período largo y difícil de la historia. En el contexto de la pugna entre conservadores y liberales, el concepto individualista de la propiedad y de los usos y aprovechamientos de los recursos

naturales, vá cambiando a un concepto de función social, de beneficio común, que tiene un efecto importante en los usos colectivos del agua, primero para irrigación y posteriormente para generación eléctrica, fuerza motriz, para usos públicos y domésticos y protección de poblaciones por inundaciones.

En este siglo el derecho relacionado con las aguas que se deriva de la Constitución de 1917, surge del Artículo 27, se considera en este ordenamiento fundamental que la propiedad de las tierras y aguas originalmente corresponde a la nación, la cual tiene el derecho de transmitir el dominio, mismo que es inalienable e imprescriptible.

Con la Ley Federal de Aguas de 1972 reglamentaria del Artículo 27 Constitucional, se dá el marco legal para ordenar el manejo de los recursos hidráulicos del país, adaptado a las circunstancias históricas de ese momento.

La Ley de Aguas Nacionales de diciembre de 1992, que sustituye a la ley federal de aguas, es un instrumento jurídico encaminado a brindar seguridad a los usuarios respecto de sus aprovechamientos de agua, a promover la participación privada de las obras hidráulicas y en general a fomentar una mayor participación de la sociedad en los asuntos y acciones hidráulicas en un marco de corresponsabilidad, y considerando a la cuenca hidrológica como unidad geográfica ideal para la gestión moderna del agua en México.

### **Antecedentes**

La Cuenca del Río Lerma, se ubica en la zona centro y norponiente del Estado de México, en los Valles de Toluca e Ixtlahuaca-Atlacomulco, comprende una superficie de 5,354 Km<sup>2</sup>, que es el 24% del territorio estatal, en cuanto a la división política, en la cuenca están ubicados 32 municipios de los 121 de la entidad (26%), y viven casi 2 millones de mexiquenses.

En esta región se ubica la Capital del Estado y la segunda zona industrial de la entidad con más de 1,500 industrias y se tiene la zona agrícola temporalera más importante, principalmente a lo que al cultivo de maíz se refiere.

#### **- Disponibilidad del Agua.**

El sistema hidrográfico de la Cuenca está constituido por un colector de 174 Km. de longitud al cual se integran los Ríos, Las Cruces, El Saguán, Cano, Caballero, Verdiguél, Tejalpa, La Gavia, San Bartolo, Sila, Temoaya, La Venta, Oztolotepec, El Arenal, Acalotli, y otros de menor importancia. El Río Lerma nace en la Laguna de Almoloya y sale del Estado de México por el municipio de Temascalcingo hacia el Estado de Michoacán.

#### **- Balance Hidrológico.**

La precipitación media de la Cuenca es de 850 mm. que en la superficie de 5,354 km<sup>2</sup> nos dá un volumen de lluvia de 4,551 millones de m<sup>3</sup>, de estos 3,295 millones se evapotranspiran, 796 millones escurren y 460 millones se infiltran.

Estos valores corresponden a la precipitación media en la cuenca, pero hay zonas en la parte alta que alcanzan los 1,300 mm. por año y en los Valles de Toluca e Ixtlahuaca-Atzacmulco de 600 a 700 mm. por año, en cuanto a la distribución de la precipitación, está se dá en mayor proporción en el período de junio a septiembre, con valores medios en los meses de abril, mayo y octubre y escasas precipitaciones de noviembre a marzo.

**- Aguas Superficiales.**

Como ya se indica en el balance hidrológico, para un año promedio de precipitación se dá un escurrimiento de 850 millones de m<sup>3</sup>, el 60% de esto ocurre en los meses de julio a octubre y el resto de noviembre a junio.

A partir de 1990, la distribución y aprovechamiento de las aguas superficiales se enmarca en el acuerdo para llevar a cabo un programa de coordinación especial sobre la disponibilidad, distribución y uso de las aguas superficiales de la cuenca Lerma-Chapala.

En este acuerdo el aprovechamiento del agua superficial se establece a partir de una política de niveles críticos, medios y abundantes y en las cuales el aprovechamiento oscila entre los 300 y 330 millones de m<sup>3</sup> al año, es conveniente aclarar que de estos volúmenes autorizados sólo se han utilizado 150 millones de m<sup>3</sup>. al año, debido principalmente al hecho de tener solo cultivos de primavera-verano en donde los riegos sólo se dan de punteo.

**- Infraestructura de Almacenamiento.**

La infraestructura se orienta principalmente al control de avenidas y aprovechamiento para el riego. del total de las obras hidráulicas destacan 4 por su importancia y varias obras menores con un almacenamiento total de 235 millones de m<sup>3</sup>, por otro lado se tienen derivaciones directas de los cauces con un volumen anual total de 124.6 millones de m<sup>3</sup>. para dar un gran total de aprovechamiento de las aguas superficiales de 344 millones de m<sup>3</sup> por año.

**- Aguas Subterráneas.**

Los tres acuíferos que existen en esta Cuenca están constituidos predominantemente por materiales aluviales y vulcano clásticos.

La recarga total de estos acuíferos es de 460 millones de m<sup>3</sup>, correspondiendo el 70% de ésta al acuífero Toluca-Tenango, el 25% al Ixtlahuaca-Atlacomulco y el 5% restante al San Felipe del Progreso-Villa Victoria.

En cuanto a la infraestructura se controlan 971 pozos profundos de los cuales poco mas de 300 son operados por el Departamento del Distrito Federal para abastecer de el vital líquido a la zona Metropolitana de la Ciudad de México.

Estudios realizados en el acuífero del Valle de Toluca determinaron una zona de abatimiento en la región contigua al corredor Toluca-Lerma y 2 zonas de recuperación al norte y sur de la Ciudad de Toluca.

**- Usos del Agua.**

La extracción total de la Cuenca, considerando las aguas superficiales y subterráneas es de 834 millones de m<sup>3</sup>. por año el 50% de este volumen se destina al riego otro 45% al abastecimiento de agua a las poblaciones y el 5% restante al uso industrial.

**EXTRACCIONES POR USO Y ORIGEN M<sup>3</sup>/AÑO,**

USO	AGUA SUP.	AGUA SUB.	TOTAL
AGRICOLA	412.7	68.7	481.4
AGUA POTABLE		397.2	*397.2
INDUSTRIAL		40.0	40.0
TOTAL	412.7	505.9	918.6

\* Incluye 136. m<sup>3</sup>. que se transfieren al Valle de México.

**- Uso Agrícola y Pecuario.**

De la superficie acuícola de la cuenca, estimada en 190,000 ha., aproximadamente el 20%: 40,000 has. son de riego y utilizan en promedio un volumen de 344 millones de metros cúbicos por año, de los cuales 90 millones los utiliza el Distrito de Riego Atlacomulco (033) y el resto 254 millones las Unidades de Riego para el Desarrollo Rural.

La infraestructura para riego está integrada por 279 aprovechamientos de aguas superficiales y 127 pozos para la

extracción de aguas subterráneas, regándose con los primeros 30,000 has. y 10,000 has. con los segundos.

Datos del Distrito de Riego 033, indican que la lámina bruta de riego de 33cm., con una eficiencia global de conducción y aplicación del 36% (en términos absolutos, muy baja), en cuanto a la productividad en el ciclo 90/91 fué de 2,520 nuevos pesos por ha. y la eficiencia financiera fué del 41%, (ésta se determina como la recuperación de los costos de operación, conservación y administración del Distrito), como referencia a nivel nacional la productividad es de 5,565 nuevos pesos por ha.

En lo que se refiere a los usos pecuarios, el volumen de extracción es de 7.9 millones de metros cúbicos para el beneficio de 572,000 cabezas de ganado.

La problemática que enfrenta el Distrito de Riego 033 puede resumirse en el bajo nivel de aprovechamiento de la capacidad útil de las Presas, importantes pérdidas en la conducción y distribución debida al mal estado de los canales, la existencia de mecanismos en mal estado, la falta de revestimiento en un 50% de los canales principales y en más de un 80% en los canales laterales y sublaterales.

En cuanto a las Unidades de Riego, la problemática es la siguiente:

- A) Expansión Insuficiente de la Infraestructura Hidráulica: debido a los problemas financieros derivados de la época de

crisis, se determinaron reducciones importantes en la inversión para infraestructura hidráulica, propiciando la postergación de nuevos desarrollos hidroagrícolas.

- B) Deterioro significativo de la infraestructura: se ha limitado considerablemente la conservación y el mantenimiento de estructuras y canales, que sumado a la persistencia de altos niveles de azolve de los mismos y bajos niveles de conducción por falta de revestimiento propicia finalmente grandes desperdicios de agua.

**- Uso Urbano.**

La evolución de las extracciones de agua para uso Urbano, así como su distribución especial, resultan principalmente del proceso de urbanización que la Cuenca ha experimentado y de la exportación de agua a la Cuenca del Valle de México.

Desde luego los volúmenes de extracción y los que posteriormente se descargan a los cuerpos receptores como aguas residuales están asociados a los servicios de agua potable y alcantarillado de cada localidad. Su cobertura y eficiencia determinan los volúmenes de extracción actuales y futuros y las descargas a través de los sistemas de alcantarillado impactan la calidad del agua en el Río Lerma.

Actualmente la población de la Cuenca es de 1,822,291 hab., el 40% se concentra en la zona Metropolitana de Toluca incluyendo los municipios de Metepec y Zinacantepec, y el resto en los otros municipios.

#### **- Uso Industrial.**

En la Cuenca están establecidas casi 1,700 industrias de las cuales 477 se ubican en el corredor Toluca-Lerma, el más importante de la Cuenca. el volumen anual de extracción es de 40 millones de m<sup>3</sup>. todo de origen subterráneo.

En cuanto a los giros hay productos alimenticios, textiles, industria de la madera, papel y celulosa, sustancias químicas y derivados del petróleo, minerales no metálicos, metálicos básicos, maquinaria y equipo y otras industrias manufactureras.

#### **- Acuicultura**

En la Cuenca existen diseminados múltiples almacenamientos dedicados al desarrollo de la pesca, repartidos en presas, bordos y estanques. las especies de explotación son: carpa, trucha, arcoiris, mojara tilapia, bagre, lobina y langostino.

#### **- Calidad del Agua.**

La urbanización y el acelerado desarrollo de las actividades productivas de la Cuenca, sustentadas en el aprovechamiento del agua , generan alrededor de 4,500 litros por segundo, de aguas residuales debido a la descarga de las poblaciones y zonas industriales del Valle de Toluca, la Presa José Antonio Alzate y el Río Lerma desde su nacimiento y hasta la Presa antes mencionada son los cuerpos de agua mas contaminados de la Cuenca, la Presa Alzate está convertida en una gran laguna de estabilización en condiciones completamente sépticas y con cero oxígeno disuelto en el agua. además se ha desarrollado en el vaso

el lirio acuático, siendo esta planta el lugar propicio para el desarrollo de la plaga del mosquito culex, el cual afecta considerablemente la salud de los pueblos ribereños.

**A) Aguas Residuales Municipales.**

En la Cuenca hay casi 1,200 localidades que descargan sus caudales de aguas residuales a cauces y almacenamientos, de estos destacan por su importancia los municipios de Toluca, Zinacantepec, Atlacomulco, Lerma, Tianguistenco y Capulhuac.

**B) Aguas Residuales Industriales.**

Del catálogo de industrias por su grado de contaminación del corredor más importante de la Cuenca, que es el Toluca-Lerma, se determinó que de 477 industrias, el 13% (60), son altamente contaminantes, el 82% (389), de mediana contaminación y 5% (28), de baja contaminación.

Están registradas 349 descargas directas al Río Lerma, de las cuales 249 tienen fijadas las condiciones particulares de descarga.

**C) Infraestructura de Tratamiento.**

Dentro de la primera etapa del programa de saneamiento, se terminaron y están operando 16 sistemas de tratamiento de aguas residuales municipales, se inició la construcción de las macroplantas Toluca Norte y Toluca Oriente.

En infraestructura de tratamiento de aguas residuales industriales, opera actualmente en la Cuenca la Planta de

Tratamiento EPCCA (Empresa para la Prevención y Control de la Contaminación del Agua), que dá servicio a las industrias del corredor industrial Toluca-Lerma, esta planta opera con un gasto de 333 lps., y trata un volumen anual de 10 millones de m<sup>3</sup>.

#### **- Ecología y Medio Ambiente**

En el siglo XVI, la Cuenca era una región que impactaba por su natural belleza, posteriormente en el siglo XIX, era considerada como una de las regiones del mundo con mayor tasa de productividad agrícola y ganadera, actualmente en el siglo XX el desmesurado crecimiento de la población, la sobreexplotación de los recursos naturales y los acuíferos, la deforestación y el pastoreo, han originado un cambio en el ciclo hidrológico, un desequilibrio de los elementos naturales y una degradación de los recursos agua, suelo y bosque que se refleja en un ambiente más agreste.

#### **A) Zonas Lacustres.**

El impacto en las Lagunas del Lerma es evidente, por un lado el descenso en el nivel de las aguas subterráneas ha ocasionado hundimientos y resequedad en las tierras lo cual en época de estíaje se refleja en pequeñas pero numerosas manchas de agua, con la consecuente degradación del suelo y en épocas de lluvias en grandes zonas de inundación, por otro lado no contar con cuerpos perennes de agua a causado un tremendo impacto ambiental, ya que han desaparecido prácticamente la fauna y flora originaria de esta región.

Situación similar se puede observar en otras zonas lacustres de la Cuenca como la ribera del Río Sila y el Valle de los Espejos. actualmente la primera Laguna del Lerma, Almoloya del Río, esta practicamente recuperada, por un lado el confinamiento de casi 500 has. con el uso de bordos perimetráles esta permitiendo contar con un espejo permanente de agua y la recuperación de 2,500 has. de tierras con alta productividad agropecuaria.

#### B) Suelo y Bosque.

El Río Lerma es el eje y punto de referencia natural de esta área, hallándose a sus dos flancos importantes zonas agrícolas, y conforme aumenta la altitud hacia los dos extremos, se establece una competencia y posteriormente una mezcla entre el uso agrícola y ganadero del suelo con respecto al forestal del mismo.

En el área se tienen calculadas un total de 77,502 has. con bosque, correspondientes al 14.5 % del total de la Cuenca y se componen de diferentes especies de pino, encino, oyamel y algunas latifoliadas. Es decir recursos maderables de alta y mediana calidad que arrojan 7.4 millones de m<sup>3</sup>. de existencias reales de madera y una posibilidad de 560 mil m<sup>3</sup>, de la carta de INEGI de uso potencial forestal para la Cuenca plantea 135 mil has. de superficie arbolada total, pero la actual sólo cubre el 57% de la propuesta, existiendo un deficit de 57,500 has. en donde es necesario hacer labores de acondicionamiento, contención de suelos y la subsecuente forestación.

La erosión de los suelos del bosque es del 85% y de ésta la considerada como riesgosa cubre apenas el 5%, lo que resalta el papel contenedor del bosque.

Adicionalmente, de esta superficie erosionada el 42% de la misma tienen pendientes mayores al 20% y están sujetas a uso agropecuario inadecuado y llegan incluso a ser incultas.

Es decir, el diagnóstico plantea una situación del bosque que puede calificarse como crítica, con superficie arbolada menores y con una expansión de actividades agropecuarias sobre suelos de vocación forestal, abriendo nuevas áreas a una erosión más intensa que en suelos con cubierta boscosa.

#### **Situación Actual**

Las extracciones han bajado las presiones interiores del agua, permitiendo el descenso de aguas superiores con la correspondiente reducción de volumen de los terrenos arcillosos que han tenido hundimientos y agrietamientos, claramente visibles en varios lugares.

Los montos superiores de agua ya sea por agrietamiento o por drenaje directo de mantos arenosos, han tenido en muchos lugares reducciones de agua, creando problemas con las tierras de cultivo que usan para su ciclo agrícola humedad especial antes de las lluvias y ha sido necesario perforar pozos profundos para ayudar a resolver este problema.

Por otra parte en la zona de las Lagunas del Lerma, se presenta después de la temporada de lluvias un descenso de agua que los campesinos aprovechan para sembrar las tierras que dejaron las lagunas al retraerse y que son usadas indebidamente en diversos

lugares, al venir la temporada de lluvias y subir el agua de las lagunas, se pierden las siembras por no haber un control de esta nueva situación de la tierra, en relación al agua cambiante de las lagunas.

Independientemente de lo anterior; si la explotación del acuífero continúa en la forma actual, puede en un futuro iniciarse la reducción de las posibilidades de bombeo en las cantidades actuales, ya que las reservas del acuífero están usándose y puede agotarse y quedar limitadas las extracciones en cantidades del orden de las filtraciones de lluvia.

La degradación tanto del suelo como del bosque están asociados con el arrastre de los suelos, la falta de humedad y la disminución en la cobertura vegetal.

En el caso del agua la disminución del caudal en el Río Lerma por la sobre-explotación del acuífero han eliminado su capacidad de autodepuración, aunado a esto el aumento de las descargas de aguas residuales industriales y domésticas que vierten al Lerma y sus afluentes sin ningún tratamiento.

El desequilibrio natural en la cuenca se ha reflejado en primer lugar, como ya se mencionó, en una disminución en el gasto base del río y en segundo término en la orografía regional. principalmente en las Valles de Lerma, Ixtlahuaca y Toluca, en donde se pueden apreciar agrietamientos que llegan a tener más de 40 km. de longitud, afectando estructuras, caminos, casas y obras hidráulicas, además, al descender el nivel de aguas fráticas en

los manantiales, estos han invertido su funcionamiento ocasionando que las aguas superficiales degradadas alcancen los mantos acuíferos, en este sentido se pueden alcanzar proporciones de alto riesgo ya que las aguas subterráneas son utilizadas en consumo humano.

En contrapartida los cambios en el ciclo hidrológico provocan que en época de lluvias cuando se presentan las precipitaciones del tipo torrencial, lo cual aunado a la baja ubicación de los rasantes de los afluentes del Río Lerma conlleva al desbordamiento de estos formadores por no existir descarga natural; además la pérdida de pendiente en el cauce del río, por excesivo depósito de azolves a generardo contrapendientes hidráulicas y grandes remansos, como consecuencia de lo anterior, frecuentemente hay inundaciones en las superficies ribereñas a lo largo del desarrollo del Río Lerma.

Por último, y tan importante como todo lo anterior se tiene el problema de la disposición incorrecta de basura y desechos sólidos de carácter doméstico industrial; esta disposición se realiza dentro de los afluentes del Río Lerma y en el propio Río, lo cual agrava el problema de degradación ya que constituyen material no biodegradable.

#### **Usos Futuros.**

El desarrollo de la cuenca es dinámico, es por esto que las necesidades actuales se verán incrementadas a futuro dentro de los mismos rubros de usos agropecuarios, domésticos e industriales.

En base al uso eficiente del agua es posible que el distrito de riego no. 33 amplíe su cobertura en casi 6,000 hectáreas con una mayor diversificación de cultivos y con cambios del maíz a praderas u hortalizas, lo cual era común en esa región en otros tiempos dentro de este mismo rubro la generación de un volumen mayor de aguas negras por el crecimiento de la población y el tratamiento de las mismas vá a permitir abrir al riego de punta 17,000 hectáreas mas en los distritos de desarrollo rural I y V. en lo referente al servicio de riego con pozos del acueducto "Alto Lerma" es posible que se mantenga constante.

La perspectiva de crecimiento de las poblaciones de la cuenca para el año 2010 es de 178 millones de habitantes actuales a 3.8 futuros, lo cual nos lleva a un volumen anual de 418.1 millones de m<sup>3</sup>/año; para la zona conurbada de la Ciudad de México se enviará un volumen de 110.4 millones de m<sup>3</sup>. que atenderán a un millón de habitantes.

En cuanto a uso industrial las 5 zonas existentes tienen capacidad física de expansión y no obstante que la política actual es la de aceptar industrias secas y poco contaminantes, se estima que en este rubro se requiere alrededor de 25 millones de m<sup>3</sup>/año adicionales a los actuales, los cuales se obtendrán de las aguas residuales municipales e industriales tratadas.

En las láminas No. 7 y 8 se puede observar la distribución de los usos por rubro y su porcentaje con respecto al total y por tipo de aprovechamiento.

## **Factores que Inciden en un Mayor Aprovechamiento del Agua**

1.- Dado el incremento de la población a futuro, se requería un volumen adicional para uso doméstico, dentro de la cuenca, de 192 millones de  $m^3/año$ , los cuales se obtendrán de las fuentes que se mencionan:

1.- a) Importación del Cutzamala, 16 millones de  $m^3/año$ .

2.- b) Se deja de enviar al D.F. 62 millones de  $m^3/año$ .

3.- c) 114 millones de  $m^3/año$  que actualmente se usan para riego se emplean como primer uso en abastecimiento doméstico y como reuso, después de ser tratadas en la agricultura.

2.- De manera similar el incremento en volumen para uso industrial, 25 millones de  $m^3/año$ , será mediante el reuso de aguas tratadas.

3.- En agricultura se dispondrá de 139.6 millones de  $m^3/año$  adicionales al uso actual, provenientes principalmente de las descargas de los centros de población, que serán tratadas y usadas para el riego.

## **Objetivos**

**Dar a conocer las acciones tomadas para la Rehabilitación del Río Lerma.**

**Recopilar las acciones que están llevando a cabo el Gobierno del Estado de México, la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos y la Comisión Nacional del Agua para el Saneamiento del Río Lerma.**

## **Objetivos del Programa de Saneamiento de la Cuenca del Río Lerma.**

- Promover el establecimiento de nuevas formas de administración del agua, con la participación de los usuarios, apoyadas por las distintas instancias Gubernamentales.
- Fortalecer la organización de los usuarios con miras a garantizar su participación efectiva en la administración de recursos y su aprovechamiento benefico, esto en torno a proyectos productivos derivados de las obras de infraestructura hidroagrícola.
- Promover el uso eficiente del agua y la preservación de su calidad, en todos los usos y por todos los usuarios.
- Apoyar el estableciemiento de una nueva cultura del agua, en donde la conservación del recurso y su uso eficiente en cantidad y calidad, sea el resultado de la movilización total de la sociedad.
- Identificar, formular y ejecutar los proyectos de infraestructura hidráulica, con el objeto de coadyuvar en la producción primaria.
- Conservar el agua en cantidad y calidad conforme a criterios que garanticen el desarrollo sustentable de la población y de sus actividades productivas.

- Restaurar el equilibrio hidrológico en la cuenca y asegurar la distribución racional y equitativa del agua.
- Sanear la cuenca, para avanzar en la consecución de objetivos concretos de la calidad del agua, en términos de los usos actuales y futuros deseables.
- Elevar el nivel de eficiencia en el uso del agua por todos los usuarios y favorecer que el aprovechamiento de recursos se acerque a una mayor rentabilidad económica y social.
- Restaurar y conservar la cuenca alimentadora y los cuerpos de agua, en apoyo a los objetivos de calidad del agua y preservación de los ecosistemas, con atención especial en las zonas lacustres de la cuenca.
- Modernizar e integrar plenamente a la producción y productividad agropecuaria las obras de infraestructura hidráulica.

#### **Condiciones y Grado de Contaminación de la Cuenca.**

Para conocer el grado de contaminación de la cuenca se procedió a elaborar los perfiles de la demanda biológica de oxígeno y del oxígeno disuelto a la largo del cauce, considerando tanto los resultados de los análisis físicos químicos y bacteriológicos realizados por la red nacional de monitoreo de la SARH, como por las de la dirección general de la prevención y control de la contaminación de la SEDESOL, las estaciones de muestreo fueron ubicadas sobre el río Lerma y dentro del Estado de México.

Asimismo, se complementaron con datos adicionales contenidos en el estudio piloto para el control de la contaminación del agua del Río Lerma del Instituto de Ingeniería de la UNAM, y de un trabajo inédito, también del Instituto de Ingeniería de la UNAM elaborado por los investigadores Francisco Montayo Urangaz y Ernesto Murguía Vaca: "Estudio Piloto en la Cuenca del Río Lerma en el trayecto Almoloya - Atlacomulco para controlar la contaminación de torrentes superficiales."

La secuencia histórica de los estudios, mostró el deterioro que ha sufrido el río en la calidad de su agua, al constatar que los valores de la demanda bioquímica de oxígeno se han incrementado hasta 15 y 20 veces en 18 años.

Como es natural, se observa la influencia que ejerce la presa José Antonio Alzate como regeneradora de la calidad, esto se muestra en el abatimiento del demanda bioquímica de oxígeno entre las estaciones localizadas antes y después de la presa.

#### **Subcuencas Hidrológicas.**

Debido a la importancia de este estudio, la cuenca alta del río Lerma, en la parte correspondiente al Estado de México, se delimitó con ayuda de las cartas topográficas del INEGI, escala 1:50,000 y se formó un mosaico cartográfico, en el cual se destacan los límites municipales, así como las diversas localidades, asimismo; para una mejor apreciación de la problemática de la contaminación ambiental, esta cuenca se subdividió en 20 subcuencas con los principales escurrimientos superficiales y cuerpos receptores de agua.

A continuación se enlistan las subcuencas consideradas:

- 1.- Subcuenca de la Laguna de Almoloya del Río.
- 2.- Subcuenca Arroyo El Muerto y Jalatlaco.
- 3.- Subcuenca Arroyo Salazar.
- 4.- Subcuenca Arroyo Seco y San Mateo.
- 5.- Subcuenca Río San Lorenzo y Arroyo El Jilguero.
- 6.- Subcuenca Río Zolotepec.
- 7.- Subcuenca Río Mayorazgo.
- 8.- Subcuenca Arroyo Zarco y Solanos.
- 9.- Subcuenca Arroyo Temoaya.
- 10.- Subcuenca Presa José Antonio Alzate.
- 11.- Subcuenca Arroyo Sila y El Arroyo San Bartolo.
- 12.- Subcuenca San Pedro del Rosal.
- 13.- Subcuenca Tierra Blanca.
- 14.- Subcuenca Río El Mortero.
- 15.- Subcuenca Arroyo La Jordana, Santiago y El Grande.
- 16.- Subcuenca Presa Tepetitlán y Arroyo Jaltepec.
- 17.- Subcuenca Arroyo San Cayetano.
- 18.- Subcuenca Arroyo Tejalpa.
- 19.- Subcuenca Río Verdiguél y Cano.
- 20.- Subcuenca Presa Ignacio Ramírez.

De cada una de estas subcuencas se elaboró una descripción general de los principales escurrimientos superficiales y se obtuvieron sus principales características Hidrológicas tales como:

- Area.

- Pendiente.
- Numero De Orden De Los Cauces.
- Longitud De Tributarios Densidad De Los Cauces.
- Densidad De Drenaje.

A continuación se describen las más representativas:

#### Subcuenca no.1

##### Laguna de Almoloya del Río.

Esta subcuenca contiene varios arroyos y canales que desfogan a la laguna o a los bordos existentes en este tramo del río; la subcuenca se caracteriza por ser casi en su totalidad una zona plana, y por la gran cantidad de poblados importantes de los cuales se pueden mencionar: San Pedro, Nicolás Coatepec; San Lorenzo Huehuetitlan; Texcalyacac; San Pedro Techuchulco; Santa María Jajalpa; Tenango de Arista; San Juan la Isla; Santiaguito Coauxstenco; San Antonio la Isla; Chapultepec; Mexicalcingo; San Sebastián; San Lucas Tunco; San Gaspar Tlahuilpan; y barrio de Guadalupe. estos poblados descargan sus aguas a la laguna por medio de canales o drenes; existen también una serie de arroyos provenientes del oeste de la subcuenca, los cuales se pierden al llegar a la zona plana debido a la poca pendiente que tiene.

Area drenada = 550.87 km<sup>2</sup>.

Orientación sur-norte

Número de orden de recorrido 2

Número de corriente = 120

Longitud de tributarios = 283 Km.

Temp. media = 12.8 °C  
Temp. máxima = 29.8 °C  
Temp. mínima = -6.6 °C  
Pluviosidad prom. anual = 813.1 mm  
Volumen precipitado = 450,000,000  
Volumen escurrido = 95,000,000  
Volumen evapotranspirado = 319,000,000  
Volumen infiltrado = 36,000,000

### SUBCUENCA No.3

#### **Corriente: Arroyo Salazar.**

Tiene sus orígenes al este del cerro el angel, desciende desde una altitud del orden de 4,400 m.s.n.m. a 3.5 Km. de su nacimiento atraviesa la población la Marquesa, a partir de este sitio toma el nombre de río la Marquesa y sigue una dirección oeste; 2 km. aguas abajo de este punto, vierte sus aguas en la laguna Salazar para salir en una dirección oeste con el nombre de arroyo Salazar; sigue su recorrido a 7 km. de la dirección sur hasta recibir por la margen izquierda a 7 km de la laguna un afluente denominado arroyo Agua Apestosa que se forma con la aportación de tres arroyos denominados Agua de la Lechuza, Paso de Tejamantiles y Dos Conejos; 1 km. aguas abajo de esta unión, pasa por la parte norte de la población San Jerónimo Acazulco. 2 km. aguas abajo de la confluencia del arroyo Salazar y el arroyo Agua Apestosa, atraviesa las poblaciones de la Asunción Tepezoyuca y Ocoyoacac; sigue en una dirección oeste hasta que 2 km. aguas abajo de esta población, su caudal se incrementa con la aportación por la margen izquierda del arroyo Texcalpan. dicho arroyo tiene una dirección este-oeste, en sus inicios se conoce

como arroyo México y pasa por las poblaciones de Guadalupe Victoria y San Pedro Cholula; sigue en dirección oeste 1.5 km. con el arroyo Texcalpan recibe las aguas de la zona industrial y cambia en dirección oeste hasta descargar finalmente sus aguas al

Río Lerma, 1 km. al sur de la población de Lerma de Villada.

Area drenada = 88.30 km<sup>2</sup>.

Número de orden de recorrido 2

Orientación este-oeste

Número de corriente = 40

Longitud de cauce 26 km.

Longitud de tributarios = 78 km.

Temp. media = 13.07 °C

Temp. máxima = 35 °C

Temp. mínima = 6 °C

Pluviosidad prom. anual = 1 075 mm

Volumen precipitado = 95,000,000 m<sup>3</sup>

Volumen escurrido = 20,000,000 m<sup>3</sup>

Volumen evapotranspirado = 67,500,000 m<sup>3</sup>

Volumen infiltrado = 7,500,000

#### Subcuenca No. 6

Corriente: Río Zolotepec

El Río Zolotepec tiene sus orígenes en el flanco norte del cerro el Malsano en la zona de manantiales a 1 km. al suroeste de la población la Glorieta, donde se conoce como Río Salto del Agua; desciende desde una altitud del orden de 3,200 m.s.n.m. en dirección noroeste en un tramo de dos kilómetros, cambia a dirección oeste pasando por la población de las rajás, en este

tramo recibe la aportación de varios manantiales por ambas márgenes, continua en dirección noroeste en un tramo de 3 km. y la margen derecha 1 km. al suroeste de la población de Tejocotillos, el arroyo Dos Ríos; a partir de esta confluencia se conoce como Río Zolotepec, continua en dirección oeste en un tramo de 4 km. y cambia a dirección sur en un tramo de 2.5 km. pasando por la población de Santa María Zolotepec continua en dirección oeste con el nombre de río Santa Catarina, descarga sus aguas al río Lerma después de pasar por la población de Xonacatlán de Vicencio.

Area drenada = 57.07 km<sup>2</sup>.

Número de orden de corriente 3

Orientación este-oeste

Número de corriente = 49

Longitud del cauce = 26

Longitud de tributario = 74 km.

Temp. media = 12.4 °C

Temp. máxima = 24.0 °C

Pluviosidad prom. anual = 1290.41 mm

Volumen precipitado = 73,000,000 m<sup>3</sup>

Volumen escurrido = 15,300,000 m<sup>3</sup>

Volumen evapotranspirado = 51,800,000 m<sup>3</sup>

Volumen infiltrado 5,900,000 m<sup>3</sup>

## Subcuenca No. 10

### Presa José Antonio Alzate

Esta subcuenca cuenta con varias corrientes que descargan sus aguas en la presa Antonio Alzate, de los arroyos más relevantes podrían considerarse el arroyo Cordero que se forma con las corrientes de los arroyos Agua Apestosa, Joya de San Juan, que pasan por las poblaciones de Tlaltenanguito, la Cañada, Loma Alta, San Diego Alcalá y San José Pathe, para descargar finalmente en la presa mencionada, existen otras corrientes de menor importancia, son el arroyo el temporal que pasa por la población de San José Comalco, los arroyos San Lucas y el Toro que pasan por la población Tlachaloya, antes de desembocar en la presa existe otra serie de corrientes sin nombre que pasa por poblaciones como Allende, Lorenzo Tóxico, San Jerónimo Ixtapantongo, San Joaquín e Ixtlahuaca de Rayón, antes de descargar sus aguas al Río Lerma.

Area drenada = 183.56 Km<sup>2</sup>

Orientación noroeste-sureste

Longitud de los tributarios = 154 Km

Número de corrientes = 52

Temp. media = 14 °C

Temp. máxima = 28 °C

Temp. mínima = 2 °C

Pluviosidad prom. anual = 920 mm

Volumen precipitado = 169,000,000 m<sup>3</sup>

Volumen escurrido = 35,500,000 m<sup>3</sup>

Volumen evapotranspirado = 120,000,000 m<sup>3</sup>

Volumen infiltrado = 13,500,000 m<sup>3</sup>

## Subcuenca No. 12

### **Corriente: Arroyo San Pedro del Rosal.**

Esta subcuenca cuenta con 3 corrientes importantes que drenan hacia el río Lerma de las cuales la más importante podría considerarse el Dren Cote las Mercedes (conocido también como San Pedro del Rosal); este tiene su nacimiento al este del cerro la Panquela ubicado 5 km. al norte de San Pedro del Rosal; desciende desde una altitud del orden de 2800 m.s.n.m en dirección sur con el nombre de arroyo Mabatl; 3 km. aguas abajo de su nacimiento recibe por la margen derecha al arroyo Los Corrales; 1/2 Km. aguas abajo de esta confluencia recibe por la margen izquierda al arroyo el Salto proveniente de la presa Trinidad Fabela, 2 Km. aguas abajo de esa confluencia recibe por la margen derecha al arroyo la Huerta, localizado a la altura del poblado la Joya; a partir de esta confluencia el arroyo parte en dos direcciones: la primera hacia el noroeste, pasando por los poblados de San Pablo Atotonilco, El Rincón (La Candelaria) y Atlacomulco, para descargar sus aguas al río Lerma, a la altura de la presa Tic-Tic; la segunda derivación al suroeste en lo que podría llamarse arroyo Atotonilco, 4 Km. aguas abajo de la desviación recibe por la margen derecha dos arroyos que pasan por las poblaciones de San Pedro del Rosal y San Francisco Chalchihuapán; 1 Km. al oeste de esta confluencia recibe por la margen izquierda un canal que recoge las aguas de los poblados de San Antonio Enchisi, Santa María Endare y Zacualpan. un Km. aguas abajo de esta confluencia, el arroyo se divide en lo que se llama, Dren Cote Las Mercedes que descarga sus aguas al río Lerma, a la altura de la población Las Mercedes. la tercera corriente, el arroyo Zacualpan que se origina en los bordos denominados

Zacualpan y la Soledad, tiene una dirección norte en un tramo de 5 Km. para cambiar a dirección oeste y descargar sus aguas al río Lerma, a la altura de la poblado el Carmen.

Area drenada = 210 km<sup>2</sup>

Orientación este-oeste

Número de orden de corriente 3

Número de corriente = 42

Longitud del cauce = 35 km.

Longitud de tributarios = 77 km

Temp. media = 12 °C

Temp. máxima = 28 °C

Temp. mínima = 3 °C

Pluviosidad prom. anual = 950 mm

Volumen precipitado = 200,000,000 m<sup>3</sup>

Volumen escurrido = 42,000,000 m<sup>3</sup>

Volumen evapotranspirado = 1,420,000,000 m<sup>3</sup>

Volumen infiltrado = 16,000,000 m<sup>3</sup>

## Subcuenca No. 16

### Tepetitlán y Arroyo Jaltepec.

La cuenca cuenta con varios arroyos unidos por un canal denominado Enyeje que tiene su origen en la falda este del cerro la Gudalupana, ubicado 2 Km. al suroeste de San Miguel el Alto; desciende desde una altitud del orden de 3,200 m.s.n.m. en dirección este, 5 km. aguas abajo de su nacimiento cambia radicalmente al norte; 2 km. al norte de la presa San Juan se divide en dos direcciones, la primera hacia abajo de la bifurcación, continua la misma dirección descargando al río Lerma 5 Km. agua abajo del poblado señalado a la altura del bordo largo; la segunda trayectoria lleva una dirección oeste, 4 km. adelante de la bifurcación se deriva un ramal con dirección noroeste a la altura de Dolores Enyeje, dicha derivación pasa por las poblaciones de San Ignacio del Pedregal, San Pedro el Alto y San Pedro el Chico, descargando sus aguas al río Lerma, 2 Km. al este de estación Tepetitlán. el canal principal continua en la misma dirección pasando por las poblaciones de San Andres el Pedregal, 4 Km. al oeste de esta población, recibe por la margen izquierda al arroyo Tlapujahuilla; continua en la misma dirección en un tramo de 8 Km. hasta la derivación del arroyo Jaltepec que descarga sus aguas al río Lerma, 5 Km. aguas abajo del poblado Emilio Portes Gil; 2.5 km. al oeste de esta derivación, se bifurca formando el canal Tepetitlán que se alimenta con el arroyo San Felipe y las aguas provenientes de la presa Tepetitlán; pasa por las poblaciones de San Felipe del Progreso, la Cabecera, el Calvario de Buenavista, Palmillas y San Juan Xalpa; este canal desemboca al río Lerma a la altura de San

Isidro Nenaxi.

Area drenada = 780.50 km<sup>2</sup>.

Orientación sur-norte

Número de orden de corriente 3

Número de corrientes = 140

Longitud del cauce = 95 km.

Longitud de tributarios = 305 km.

Temp. media = 15 °C

Temp. máxima = 32 °C

Temp. mínima = 7 °C

Pluvisiosidad promedio anual = 800 mm

Volumen precipitado = 624,400,000 m<sup>3</sup>

Volumen escurrido = 131,124,000 m<sup>3</sup>

Volumen evapotranspirado = 443,324,000 m<sup>3</sup>

Volumen infiltrado = 49,952,000 m<sup>3</sup>

## Subcuenca No. 20

### Cuenca de la Presa Ignacio Ramírez.

Esta subcuenca cuenta con varias corrientes de las cuales la mas importante puede considerarse el arroyo La Gavia, que en sus inicios se conoce como arroyo Turcio; desciende desde una altitud del orden de 2 800 m.s.n.m. en dirección noreste en una longitud de 4 km. de donde cambia gradualmente su dirección mediante una curva a al altura del poblado Turcio; 8 Km. aguas abajo de su nacimiento vierte sus aguas en la presa Dolores, localizada al oeste de San Agustín Altamirano; aguas abajo de la presa se conoce como arroyo Dolores, sigue una dirección noroeste; a la altura del poblado de San Joaquín del Monte, su caudal se incrementa al recibir por la margen derecha un afluente formado por los arroyos Chiquito, los Capullos y la Gavia; 2 Km. aguas abajo de este punto recibe por la margen izquierda al arroyo el Rosario, 3 km. al norte del poblado de Cieneguillas; continua la misma dirección y recibe por la margen izquierda el arroyo Solanos, formado por los Arroyos San Juan, la Morera, San Javier y San José a la altura del poblado Benito Juárez; 1 km. aguas abajo de este, descarga a la presa Ignacio Ramírez, además de este afluente, la presa recibe por el norte y sur varios arroyos que son; por el norte, los Caballos, el Salitre, San Pedro y Guajolote; por el sur, Cristobal, San Diego y Almoloya, el cual pasa por las poblaciones de Almoloya de Juárez, San Lorenzo Cuahutenco y San Pedro. aguas abajo de la presa se conoce como arroyo Almoloya, que descarga al río Lerma, 5 Km. al norte de la cortina, por la parte norte de Almoloya de Juárez se encuentra el

arroyo Mina de México que tiene sus orígenes en las faldas del cerro Molcajete ubicado 2 Km. al noreste de Santa María Nativitas, desciende desde una altitud del orden de 2700 m.s.n.m. en dirección este; bordeando el poblado de Santiaguito Tlalxilalcali y continúa su recorrido en dirección norte; 12 Km. aguas abajo de su origen recibe un alfuente por la margen derecha a la altura del poblado Mina México continuando su recorrido en la misma dirección y descarga sus aguas al río Lerma a la altura del poblado de Mayorazgo de León.

Area drenada = 540.13 km<sup>2</sup>

Orientación sur-norte

Número de orden 1

Número de corrientes 70

Longitud del cauce 92 km.

Temp. media = 12 °C

Temp. máxima = 28 °C

Temp. mínima = 2 °C

Precipitación prom. anual = 800 mm

Volumen precipitado = 432,104,000 m<sup>3</sup>

Volumen escurrido = 90,741,840 m<sup>3</sup>

Volumen evapotranspirado = 190,626,480 m<sup>3</sup>

Volumen infiltrado = 21,479,040 m<sup>3</sup>

## MUNICIPIOS REPRESENTATIVOS DE LA CUENCA DEL ALTO LERMA

En la cuenca del río Lerma están establecidos 32 municipios y todos ellos guardan características especiales en cuanto a calidad y cantidad de aguas residuales que descargan en el río Lerma, por lo que a continuación se describen algunos de los más representativos:

### ALMOLOYA DEL RIO

#### 1.- Aspectos Generales.

El municipio del Almoloya del río se localiza en la parte central del Estado de México, limitando al norte con Santa Cruz Atizapán, al sur con Santa María Rayón y Texcalyacac, al oriente con Santiago Tlanquistenco y al poniente con San Antonio la Isla. Su extensión geográfica es de 8.15 km<sup>2</sup>. con una población de 9,023 habitantes.

El clima en este municipio es templado subhúmedo, con lluvias en verano (en los meses de junio y julio). Los meses mas calurosos se presentan en mayo y junio y la dirección de los vientos es, en general de norte a este, además los aspectos climatológicos presentan las siguientes características: temperatura 11.2 c, máxima extrema 22.9 c, mínima extrema -8.8 c, con lluvia total de 871.1 mm.

De acuerdo a las características de las localidades del municipio de Almoloya del río, y a la información proporcionada por las autoridades municipales, la cabecera municipal resulta ser la población más representativa en cuanto a la aportación de desechos sólidos y aguas residuales que contribuyen a la contaminación de la cuenca del río Lerma.

A continuación se hace una breve descripción de la situación actual de la localidad en materia de contaminación ambiental.

## **2.- Sistema de Agua Potable.**

La información obtenida acerca del sistema de agua potable indica, que la población en cuestión se abastece a través de un acueducto que proviene de un pozo cercano a la laguna de Almoloya; de este pozo se extrae agua para enviarla a la Cd. de México, pero, la población de Almoloya del Río toma el gasto necesario para cubrir el 100 % de su demanda. No se sabe cual es el gasto actual consumido por la población ni se conoce el caudal requerido en el futuro sin embargo, se considera que para cubrir la demanda en aumento, será necesario recurrir a nuevas fuentes de abastecimiento cercanas a la localidad; el agua que se suministra no recibe ningún tratamiento de potabilización previo a su distribución, ya que se considera que ésta es potable.

### **3.- Sistema de Recolección, Tratamiento y Disposición Final de las Aguas Residuales.**

En cuanto al sistema de alcantarillado, este es únicamente sanitario y el 90 % de la población cuenta con este servicio, el porcentaje restante lo conforman familias que de manera aislada y dispersa eliminan sus aguas en terrenos donde se infiltran al subsuelo. Las descargas al sistema de alcantarillado son cinco (de la cabecera municipal) y se vierten a canales azolvados y obstruidos con basura y vegetación; además, existe una descarga que proviene de la localidad de san Lorenzo, municipio de Santiago Tlanquistenco. Estos canales descargan directamente a la laguna de Almoloya del Río y al río Lerma sin recibir ningún tratamiento previo.

Las aguas residuales descargadas son producto de las aportaciones de las poblaciones únicamente, ya que no existen industrias y estas serán tratadas próximamente en una laguna de estabilización.

### **4.- Sistema de Manejo, Recolección y Disposición Final de los Desechos Sólidos.**

La información obtenida acerca del manejo, de los desechos sólidos o basura, indica que la recolección se realiza cada tercer día y que el servicio cubre el 100% de la población. Esta

se hace con una unidad compactadora que recoge 24 m<sup>3</sup> aproximadamente en cada recorrido. la disposición se lleva a cabo en un relleno sanitario que actualmente está cubierto en un 90% y que prácticamente funciona como un tiradero a cielo abierto; considerandose que este tiradero tiene una vida remanente de un año y aún no se tiene seleccionado otro sitio para la disposición final de los desechos, sin contar con que la disposición de la basura es incorrecta y altamente contaminante.

#### 5.- Contaminación de Suelos y Deforestación.

En relación con la contaminación del suelo y la deforestación, se sabe que cada año se vierten plaguicidas en terrenos agrícolas en una extensión de 800 Has., y que para riego agrícola se utilizan aguas residuales en una mínima parte. En las inmediaciones de la laguna de Almoloya, existen terrenos en proceso de erosión con una extensión aproximada de 100 Has.

Existen zonas deforestadas en una área poco más o menos 900 Has. también cerca de la laguna de Almoloya, pero se tiene un programa de reforestación consistente en la plantación de árboles en plan de reposición.

#### 6.- Contaminación Atmosférica.

No existe problema de contaminación atmosférica.

## **7.- Reservas Ecológicas.**

En cuanto a este tema, se puede mencionar la laguna de Almoloya la cual una vez restaurada sera una importante reserva ecológica para esta cuenca.

## **8.- Escurrimientos Superficiales.**

En la localidad existen 20 canales que atraviezan o pasan cerca de ésta. Sus aguas se encuentran contaminadas y los canales se encuentran azolvados provocando que el agua se encharque.

## **Municipio: Atlacomulco.**

### **1.- Aspectos Generales.**

El municipio de Atlacomulco se localiza en el noreste del Estado de México, limitando al norte con los municipios de Acambay y Temascalcingo, al sur con los municipios del el Oro, Jocotitlán y San Bartolo Morelos, al oriente con los municipios de Morelos y San Andrés Timilpan y al poniente con los municipios de Temascalcingo y el Oro. Su superficie geográfica es de 272.4 km.<sup>2</sup>, con una población de 56,550 habitantes.

El clima en este municipio es templado con régimen de lluvias en los meses de junio a septiembre. Los meses más calurosos se presentan de abril a junio y la dirección de los vientos es del noreste de mayo a diciembre, con un promedio de velocidad de 8 km/hr. Además los aspectos climatológicos presentan las siguientes características: heladas con un promedio de 107 al año, distribuidas de octubre a mayo. La evaporación es un factor importante que influye en la humedad del suelo y en el almacenamiento de los cuerpos de agua; el dato que se registra es de 1673 mm al año.

El municipio de Atlacomulco cuenta con 38 localidades registradas, de las cuales tres son representativas, en razón de su importante producción de elementos contaminantes al ambiente de ésta región perteneciente a la cuenca del río Lerma.

las localidades son:

- 1.- Atlacomulco.
- 2.- San Fernando Chalchihuapan.
- 3.- San Lorenzo Tlacotepec.

A continuación se hace un breve descripción de la situación actual del municipio en materia de contaminación ambiental.

## **2.- Sistema de Agua Potable.**

En las localidades mencionadas, el sistema de agua potable satisface casi el total de la demanda, sabiéndose que en un futuro próximo será necesario buscar nuevas fuentes para abastecer el agua que la creciente población demanda. Actualmente las fuentes de abastecimiento la constituyen tres pozos y un manantial, cuyas aguas no cuentan con un sistema de potabilización, pero la S.S.A. realiza análisis periódicos de éstas para corroborar su potabilidad.

## **3.- Sistemas de Recolección, Tratamiento y Disposición Final de las Aguas Residuales.**

En cuanto al alcantarillado, este existe en algunas localidades que sirven al total de la comunidad, hallándose otros sistemas en proceso de construcción en cualquier caso, todas las descargas de aguas negras se vierten sin ningún tratamiento, directamente al río Lerma. Las 33 industrias del parque industrial Atlacomulco, tienen sus descargas independientes del sistema de alcantarillado municipal y al igual que la población vierten sus aguas negras directamente al río Lerma.

#### **4.- Sistema de Manejo. Recolección y Disposición Final de los Desechos Sólidos.**

Por lo que se refiere al servicio de recolección pública de basura solo en la cabecera municipal existe, sirviendo al total de la población con aproximadamente 36 m<sup>3</sup> diarios. No así en el resto de las localidades donde se dan casos de que no existe este servicio. La basura recolectada en la cabecera municipal se dispone en un tiradero a cielo abierto ubicado en un lugar llamado Rincón de la Candelaria.

En las localidades restantes, la basura es quemada, ó se tira en terrenos ó canales. Existe el proyecto para que el actual tiradero de basura se convierta en un relleno sanitario, esta obra está funcionando.

#### **5.- Contaminación de Suelos y Desforestación.**

El uso de plaguicidas en este municipio es ampliamente utilizado en cultivos como el maíz, en unas 8,000 Has. con dos aplicaciones por ciclo anual. Por otra parte, las aguas residuales tienen aplicación en unas 200 Has. en todo el municipio abarcando además de la cabecera municipal, otras localidades. Asimismo, hay terrenos en proceso de erosión, localizados principalmente en los sitios denominados las Arenas, con una extensión aproximada de 150 Has; en el Cerro de San Pedro y Cerro Tepari donde existen aproximadamente 50 Has. y también existen problemas de

deforestación; sobre este tenor y un programa de reforestación en las localidades de Atlacomulco y San Lorenzo Tlacotepec, consistente en la siembra de 31,500 árboles.

#### **6.- Contaminación Atmosférica.**

En este aspecto, el municipio cuenta con una zona industrial denominada como Parque Industrial Atlacomulco, en donde ninguna industria cuenta con un programa de control de la contaminación atmosférica.

Finalmente, tratando el aspecto de reservas ecológicas, se sabe que existen algunos sitios como son: área de donación de la zona industrial, zona de la Lagunita, zona de Cerro de Atlacomulco y el Cerro de Jocotitlán (Isidro Fabela).

#### **7.- Escurrimientos Superficiales.**

En la cabecera municipal existen cuatro arroyos naturales cuyas aguas son limpias, mientras que en las otras dos localidades, el escurrimiento principal es el río Lerma, cuyas aguas se encuentran contaminadas.

## **MUNICIPIO: SAN FELIPE DEL PROGRESO.**

### **1.- Aspectos Generales.**

El municipio de San Felipe del Progreso, se localiza en la parte noroeste del Estado de México, limitado al norte con los municipios de el Oro y Jocotitlán, al sur con el municipio de Villa Victoria, al oriente con el municipio de Ixtlahuaca y al poniente con el Estado de Michoacán, su extensión geográfica es de 806.9 km<sup>2</sup>. con una población de 128,948 habitantes.

El clima en este municipio es templado subhúmedo, con lluvias en verano entre los meses de junio a septiembre, los meses mas calurosos se presentan de mayo a agosto. La temperatura media es de 15 grados centigrados; con lluvia de 800 mm.

El municipio cuenta con 91 localidades cuyas características urbanas son muy similares, de aquí que se han elegido 17 de ellas considerándolas como las más representativas del municipio:

las localidades son:

- 1.- San Felipe del Progreso.
- 2.- La Providencia.
- 3.- Rincón de Los Pirules.
- 4.- Emilio Portes Gil.
- 5.- San Onofre.

- 6.- San Nicolás Guadalupe.
- 7.- San Antonio Pueblo Nuevo.
- 8.- El Obraje.
- 9.- San Francisco La Loma.
- 10.- Santa Ana Nichi Centro.
- 11.- San Fresno Nichi.
- 12.- La Cabecera.
- 13.- San Agustín Mexztepec.
- 14.- El Tunal Nenaxi.
- 15.- Concepción de la Venta.
- 16.- San Isidro Nenaxi.
- 17.- San José del Rincón.

A continuación se hace una breve descripción de la situación actual del municipio en materia de contaminación ambiental.

## 2.- Sistema de Agua Potable.

En este municipio el servicio de agua potable es muy deficiente pues existen localidades donde mas de la mitad de su población no cuenta con este servicio; simplemente en las localidades de la Providencia y San José del Rincón, que tienen la mayor cobertura del municipio, apenas se cubre el 70 % de la demanda. el agua que consume la población del municipio proviene de pozos y manantiales cuya agua es considerada como agua potable, por esta razón no existen sistemas de tratamiento.

### **3.- Sistema de Recolección, Tratamiento y Disposición Final de las Aguas Residuales.**

En cuanto al sistema de alcantarillado es eficiente en unas cuantas localidades, manejándose solamente las aguas sanitarias y careciendo totalmente de alcantarillado pluvial. En la mayoría de las localidades, la población elimina sus aguas negras descargando libremente a zanjas y arroyos no definidos, en el caso de las descargas de los sistemas de alcantarillado, éstas se realizan sobre arroyos que son afluentes del río Lerma, en cualquier caso, las aguas residuales no reciben ningún tratamiento previo a su descarga final; en este orden de ideas sólo en la cabecera municipal existe un proyecto a nivel de planeación para la creación de lagunas de oxidación que capten las aguas residuales aportadas por la población de la localidad. La población de San José del Rincón, descarga parte de sus aguas negras a la presa Tepetitlán cuyas aguas se utilizan para riego, que es el uso que se les dá a las de todo el municipio, principalmente en el cultivo de maíz. Para el presente año está programada la construcción de sistemas de tratamiento de ésta localidad.

#### **4.- Sistema de Manejo, Recolección y Disposición Final de los Desechos Sólidos.**

En lo que se refiere al servicio de recolección de basura, éste sólo existe en la cabecera municipal, sirviendo a toda su población y disponiéndola en un tiradero a cielo abierto que se localiza demasiado cerca del poblado, lo cual lo hace muy peligroso y contaminante.

En el resto de las localidades del municipio, la gente deposita su basura en tiraderos al aire libre cercanos a sus casas, parte de esta basura se utiliza para elaborar composta para abono.

#### **5.- Contaminación de Suelos y Deforestación.**

En materia de contaminación de suelos, debemos hacer notar que casi todas las localidades del municipio utilizan plaguicidas en sus cultivos (siendo el maíz el principal), también existen problemas fuertes en cuanto a terrenos en proceso de erosión con una superficie de 20 Has. cercanas a la cabecera municipal y en otras zonas del municipio.

Por otra parte, los problemas de deforestación no son tan agudos debido a que la mayor parte de la superficie municipal son terrenos de cultivo, aunque esto no elimina la existencia de algunas zonas ostensiblemente deforestadas. En los cerros Papalotepec y Xalpa se realizaron prácticas de reforestación, sin embargo, el proceso erosivo continuó y la formación de cárcavas

ha dejado al descubierto la roca. Es notable la protección que se le ha proporcionado al suelo en las pequeñas porciones reforestadas, evitándose la formación de las mismas.

Además de lo anterior, el ayuntamiento de San Felipe del Progreso cuenta con viveros para parques, jardines y reforestación en general, además de la cooperación de PROBOSQUE.

#### **6.- Contaminación Atmosférica.**

Es importante señalar que en este municipio no existen industrias contaminantes.

#### **7.- Reservas Ecológicas.**

Finalmente, se menciona que como reserva ecológica, a este municipio le corresponde, junto con el Estado de Michoacán, una parte de la zona reservada para la protección de las mariposa monarca.

#### **8.- Escurrimientos Superficiales.**

En cuanto a arroyos importantes que pasen cerca de las localidades, se tiene varios entre los cuales destacan los ríos Lerma, Piedras Negras y el arroyo Purla que conducen aguas contaminadas.

## **MUNICIPIO: IXTLAHUACA.**

### **1.- Aspectos Generales.**

El municipio de Ixtlahuaca se localiza en la porción noroccidental del Estado de México, limitando al norte con el municipio de Jocotitlán, al sur con el municipio de Almoloya de Juárez, al oriente con los municipios de Jiquipilco y Temoaya y al poniente con los municipios de San Felipe del Progreso y Villa Victoria; su extensión geográfica es de 374.39 km<sup>2</sup>. con una población de 91,818 habitantes.

El clima en este municipio es templado subhúmedo con régimen de lluvias en los meses de junio a septiembre; los meses más calurosos se presentan de abril a junio y la dirección de los vientos es en general, de sur a este, además, los aspectos climatológicos, presentan las siguientes características: se producen fenómenos como niebla, granizo, heladas, tormentas eléctricas, ventarrones, etc.

De las 46 localidades con que cuenta el municipio de Ixtlahuaca, 4 son las más representativas del municipio dadas sus características particulares de generación de elementos contaminantes del medio ambiente.

las localidades son:

- 1.- Ixtlahuaca.
- 2.- San Antonio Bonixi.
- 3.- San Antonio de Los Remedios.
- 4.- San Pedro de Los Baños.

A continuación se hace una breve descripción de la situación actual del municipio en materia de contaminación ambiental.

## 2.- Sistema de Agua Potable.

En términos generales, se puede considerar que la mayoría de la población del municipio cuenta con servicio de agua potable, la cual es obtenida de pozos principalmente y cuyo caudal, en el caso de la cabecera municipal, supera la demanda requerida actual y la estimada al futuro, no así en las otras localidades que tienen necesidad de buscar nuevas fuentes de abastecimiento, la calidad del agua suministrada a las poblaciones se tiene considerada como buena y no se aplican sistemas de tratamiento, salvo en el caso de la cabecera municipal donde se aplica un sistema de desinfección a base de hipoclorito.

### **3.- Sistema de Recolección, Tratamiento y Disposición Final de las Aguas Residuales.**

El sistema de alcantarillado, sólo existe en la cabecera municipal y es deficiente. La mayoría de la población realiza la eliminación de aguas negras a través de zanjas que descargan directamente al río Lerma ó a afluentes de este, en ningún caso se aplica tratamiento a las aguas negras, pero en Ixtlahuaca existe un proyecto en etapa de ejecución consistente en una planta de tratamiento. Esta planta de tratamiento es en base al sistema de filtros rociadores, se tiene programada su construcción para 1989. En cuanto a industrias, se tienen industrias caseras de importancia en Ixtlahuaca que descargan aguas negras al sistema de alcantarillado existente y una industria calera que descarga a una zanja; excepto en la cabecera municipal, en el resto de las localidades se utilizan las aguas del río Lerma para riego agrícola en la siembra del maíz el agua contaminada de este río también la utilizan para el lavado de ropa.

### **4.- Sistema de Manejo, Recolección y Disposición Final de los Desechos Sólidos.**

En este municipio no se utilizan plaguicidas en los cultivos, en cuanto a terrenos en proceso de erosión y zonas desforestadas, existen en el municipio alrededor de 5,000 has. que están en esta

situación, en este municipio existe el programa de PROBOSQUE que consiste en la siembra de 100,000 árboles al año.

#### **6.- Contaminación Atmosférica.**

En relación con las industrias contaminantes, se tiene la industria calera de San Antonio Bonixi y la zona industrial Pastejé que no cuentan con programas para el control de la contaminación.

#### **7.- Reservas Ecológicas.**

Por último, no existe ningún lugar detectado como zona de reserva ecológica.

#### **8.- Escurrimientos Superficiales.**

El principal escurrimiento con que cuenta el municipio es precisamente el río Lerma.

## MUNICIPIO: LERMA.

### 1.- Aspectos Generales.

El municipio de Lerma se localiza en la zona geográfica 70 "Estado de México-Toluca", limitando al norte con el municipio de Xonacatlán, al sur con el municipio de Ocoyoacac, al oriente con el municipio de Huixquilucan y al poniente con los municipios de Toluca y Otzolotepec. Su extensión geográfica es de 199 km<sup>2</sup>. con una población de 116,314 habitantes.

El clima en este municipio es templado subhúmedo, con lluvias en verano (entre los meses de julio a septiembre). Los meses más calurosos son de mayo a junio y la dirección de los vientos es, en general, de sur a norte; además, los aspectos climatológicos presentan las siguientes características: temperatura media 12.4 °C, máxima extrema 37 °C, mínima extrema 10.6 °C; con lluvia total de 822.5 mm. y evaporación de 1,373 mm.

El municipio de Lerma cuenta con 33 localidades, de las cuales. 13 de ellas son las representativas del municipio en lo que a medio ambiente se refiere.

las localidades son:

1.- Lerma de Villada.

- 2.- Zona Industrial.
- 3.- Amomolulco.
- 4.- Santa María Atarasquillo.
- 5.- San Mateo Atarasquillo.
- 6.- Santa Cruz Chignahuapan.
- 7.- San Miguel Ameyalco.
- 8.- San José del Llanito.
- 9.- Santiago Analco.
- 10.- Colonia Alvaro Obregón.
- 11.- Colonia Alfredo del Mazo.
- 12.- San Nicolas Peralta.
- 13.- San Pedro Tultepec.

A continuación se hace una descripción breve de la situación actual del municipio en materia de contaminación ambiental.

## 2.- Sistema de Agua Potable.

En el aspecto de agua potable, las distintas localidades se abastecen de pozos y acueductos, los cuales satisfacen la demanda de la mayoría de la población. El agua extraída de pozos no cuenta con sistema de potabilización, ya que los análisis realizados por la S.S.A. demostraron que el agua es potable; a diferencia de la zona industrial en la que el abastecimiento se hace con agua de dudosa calidad por ser para uso únicamente industrial, pero se ha observado que también se utiliza para consumo humano.

En cuanto al agua extraída, de acueductos, a ésta se le aplica una cloración en la localidad de Almoloya del río. En relación con la potencialidad de las fuentes de abastecimiento, se sabe que tienen capacidad potencial suficiente para satisfacer la demanda que se presente en el futuro, por lo que no se considera como problema el abastecimiento de agua potable.

### **3.- Sistemas de Recolección, Tratamiento y Disposición Final de las Aguas Residuales.**

Considerando el aspecto del sistema de alcantarillado, se informó que todo el municipio cuenta con sistemas de alcantarillado sanitario que sirven a la mayoría de la población; en varias localidades, el sistema de alcantarillado cuenta con una sola descarga y en otras con 2 ó 3 descargas, cuyas aguas residuales se vierten a canales o directamente al río Lerma; pero de cualquier forma, todas vierten sus aguas sin tratamiento y llegan al río Lerma, con excepción de la zona industrial, que cuenta con una planta de tratamiento (EPCCA) que capta tanto las aguas que aporta la población aledaña, como las que eliminan las industrias. Con excepción de las colonias Alvaro Obregón y San Nicolás Peralta, el resto de las localidades cuentan con un proyecto común en etapa de planeación para la construcción de una planta de tratamiento de aguas negras que se localizará en Santa Cruz Chignahuapan.

Es importante señalar que en algunas localidades existen industrias que descargan sus aguas residuales al sistema de alcantarillado municipal, estas son:

- San Pedro Tultepec: industrias dedicadas a las artesanías.
- Zona Industrial: 24 industrias, no canalizadas a la planta de tratamiento EPCCA.
- San Miguel Ameyalco: una industria textil.
- Lerma de Villada: 7 industrias varias.

Debido a la gran cantidad de desechos arrojados al río Lerma, la sección de este se ha reducido ocasionando obstrucción al flujo normal por lo que se hace necesario su desazolve.

#### **4.- Sistema de Manejo, Recolección y Disposición Final de los Desechos Sólidos.**

En cuanto al sistema de recolección de basura, éste es regular y la disposición de los desechos se hace en rellenos sanitarios con excepción de la zona industrial que cuenta con servicio particular de recolección de basura; pero se desconoce su disposición final, la disposición actual de los desechos municipales es un tiradero de basura, pero actualmente se está realizando el proyecto ejecutivo de relleno sanitario para este municipio.

#### **5.- Contaminación de Suelos y Deforestación.**

En el aspecto de contaminación del suelo, en todas las localidades se usan plaguicidas en terrenos donde se cultiva el maíz principalmente, las aguas residuales no se utilizan para riego.

Existen terrenos en proceso de erosión, así como áreas deforestadas esparcidas por todo el municipio. Por otra parte, se tienen programas de reforestación en algunas localidades, que consisten en la siembra de una cierta cantidad de árboles suministrados por PROBOSQUE y el DIP.

#### **6.- Contaminación Atmosférica.**

Por lo que concierne a la contaminación atmosférica provocada por las industrias, se informó que no se tienen programas para el control de ésta.

#### **7.- Reservas Ecológicas.**

En cuanto a las reservas ecológicas en el municipio, se tienen algunos sitios detectados entre los cuales se cuenta el parque municipal y la laguna de San Bartolo, la cual ha sido restaurada actualmente.

## **8.- Esgurrimientos Superficiales.**

Este municipio se localiza entre las subcuencas hidrológicas números 3, 4, 5 y 6 correspondientes al presente estudio.

Sólo el río Lerma es un escurrimiento de importancia en este municipio, que por lo demás es el río que se pretende sanear.

### **MUNICIPIO: OCOYOACAC.**

#### **1.- Aspectos Generales.**

El municipio de Ocoyoacac se localiza en la parte central del Estado de México, limitando al norte con los municipios de Lerma de Villada y Huixquilucan, al sur con los municipios de Capulhuac de Miraflores y Tianquistenco de Galeana, al oriente con el Distrito Federal y al poniente con San Mateo Atenco; su extensión geográfica es de 121.31 km<sup>2</sup>. con una población de 51,724 habitantes.

El clima en este municipio es semicálido subhúmedo con lluvias en verano (entre los meses de julio a agosto). Los meses más calurosos son de abril a junio y la dirección de los vientos es, en general, de norte a este. Las características climatológicas que presentan las siguientes: características temperatura media 13c, máxima 35c, mínima extrema -6c; con lluvia total de 1075mm.

El Municipio de Ocoyoacac cuenta con 17 localidades y una zona industrial, de las cuales por sus características poblacionales, 13 de ellas son las que más inciden en materia de contaminación del ambiente, en la cuenca del Río Lerma en estudio.

Las principales localidades son las siguientes:

- 1.- Ocoyoacac (cabecera municipal)
- 2.- San Antonio Abad.
- 3.- Loma Bonita.
- 4.- Loma Los Esquiveles.
- 5.- Colonia Ortiz Rubio.
- 6.- Pedregal de Guadalupe Hidalgo.
- 7.- Guadalupe Victoria.
- 8.- El Llanito San Antonio.
- 9.- San Pedro Cholula.
- 10.- San Jerónimo Azaculco.
- 11.- San Pedro Atlapulco.
- 12.- La Marquesa.

A continuación se hace una breve descripción de la situación actual del Municipio en materia de contaminación ambiental.

## **2.- Sistema de Agua Potable.**

En este aspecto las localidades se abastecen tanto de pozos profundos, como del acueducto del Sistema Lerma y de Manantiales; la mayoría de la población de las localidades cuenta con este servicio; presentando deficiencias únicamente en la cabecera municipal, la cual solo es abastecida en un 70% (50% de pozo profundo y 20% del acueducto), por lo que se estima necesario para un futuro inmediato, la ampliación de este sistema. En las demás localidades aunque actualmente cuentan con un acueducto que les suministra agua, es necesario prever en lo futuro nuevas fuentes de abastecimiento, sobre todo porque se desconoce el potencial de las actuales.

En cuanto a las calidad del agua que proviene de pozos y manantiales, se comentó que es de buena calidad, pero no se tiene un sistema de desinfección; aunque en la mayoría de las localidades se realizan periódicamente análisis, físico-químicos y bacteriológicos para determinar la potabilidad del agua que se consume, la cual según los mismos resulta apta para beberla.

## **3.- Sistemas de Recolección, Tratamiento y Disposición Final de las Aguas Residuales.**

En lo que respecta al sistema de alcantarillado, la mayoría de las localidades que integran el municipio no tienen este servicio y aún en la cabecera municipal solo el 75% de la población cuenta con él.

De las localidades visitadas las únicas que cuentan con alcantarillado son: Ocoyoacac, San Jerónimo Acazulco, Guadalupe Victoria y San Pedro Cholula. El sistema es únicamente sanitario y sólo cubre la parte central de cada localidad, el resto de la población y en las demás localidades utilizan fosas sépticas y sus descargas las hacen directamente hacia los arroyos y cauces a cielo abierto y que finalmente descargan al río Lerma. Por otra parte la zona industrial de Ocoyoacac descarga a fosas sépticas ó a un drenaje con sistemas de tratamiento (lagunas), parte de esta agua se reutiliza y parte se tira a terrenos en los cuales se vá infiltrando.

#### **4.- Sistema de Manejo, Recolección y Disposición Final de los Desechos Sólidos.**

Con relación al sistema de recolección de desechos sólidos, la mayoría de las localidades encuestadas cuentan con este servicio pues solamente en loma los Esquiveles y loma Bonita no lo tienen; debido principalmente a que no hay vías de acceso adecuadas.

La disposición final de la mayoría de los desechos sólidos generados por las localidades del municipio que cuentan con este servicio. lo hacen en un sitio común llamado el portezuelo el cual se ubica al noroeste de la cabecera municipal (atrás del centro de formación Nestlé), actualmente la disposición, es a cielo abierto sin control, pero próximamente se dispondrá allí

mismo en forma de relleno sanitario. La población que no cuenta con este servicio la dispone en los cauces de los arroyos o en las orillas de los caminos.

#### **5.- Contaminación de Suelos y Deforestación.**

Sobre el aspecto de contaminación de suelos y deforestación, la fuente principal de contaminación de suelos la constituyen los desechos sólidos generados por la zona industrial de ocoyoacac. Estos son recogidos por el servicio de limpia municipal y depositados en el tiradero municipal, ya que existe un convenio entre los industriales y el municipio.

La utilización de fertilizantes y plaguicidas es común en algunas áreas cultivables; en cuanto al uso del agua residual, ésta no se emplea ni para riego.

No existen zonas importantes deforestadas, pero sí, cierto proceso de erosión hídrica en zonas dispersas del centro y noroeste del municipio sin embargo, se tiene un programa de reforestación en todos los cerros.

#### **6.- Contaminación Atmosférica.**

Respecto a la contaminación atmosférica, no existe problema, aunque en la cabecera municipal se tiene ciertos visos de contaminación de aire ocasionado por la zona industrial o por

arrastres que hacen las masas de aire provenientes del distrito federal.

#### **7.- Reservas Ecológicas.**

En cuanto a reservas ecológicas no están previstas en el municipio, aunque dentro de los planes de desarrollo urbano se tiene contempladas algunas áreas a preservar, como son el parque nacional Miguel Hidalgo conocido como la Marquesa y algunas otras áreas ubicadas al este y norte de la cabecera municipal.

#### **8.- Escurrimientos Superficiales.**

Este municipio se localiza entre las subcuencas hidrológicas números 2, 3 y 4 correspondientes al presente estudio.

Los principales escurrimientos que drenan hacia el río Lerma son los arroyos: Agua Apestosa o Paso de Tejamaniles, Agua de Lechuza, Muerto, La Lagunilla, Atlalolco, Salazar, Texcalpa y el Río la Marquesa.

Los cuales se encuentran azolvados debido a la erosión hídrica de las partes altas y a la acumulación de basura a lo largo de su cauce.

## **Programa para la Restauración Integral de la Cuenca Hidrológica del Alto Lerma.**

### **Descripción.**

En base al análisis de la problemática y situación actual de la cuenca alta del río Lerma, presentados en el capítulo anterior; se puede proponer una estrategia de solución que es la siguiente:

Cuatro son los grandes problemas de la cuenca; las aguas residuales domésticas e industriales, la deforestación y la erosión en la cuenca y el manejo de aguas superficiales y subterráneas. partiendo de estos grupos podemos dividir el programa para la restauración integral de la cuenca hidrológica del alto lerma en cinco subprogramas que son:

- Subprograma para la recolección, tratamiento y disposición final de aguas residuales.
  
- Subprograma para la recolección, manejo y disposición final de los desechos sólidos.
  
- Subprograma de manejo de cuenca.
  
- Subprograma para el manejo de aguas superficiales y

subterráneas.

- Subprograma de concertación interinstitucional.

Los primeros cuatro subprogramas son básicamente obras tendientes a resolver los problemas de las aguas residuales, de los residuos sólidos, de la erosión y deforestación y del manejo inadecuado de aguas superficiales y subterráneas, el quinto subprograma es una serie de acciones que permitirán una ejecución correcta de los primeros cuatro subprogramas.

A continuación se presentan los cinco subprogramas divididos en dos partes, la primera con una descripción y listado de las obras a ejecutar y la segunda con una propuesta de quién y cómo puede ejecutar los subprogramas.

**Subprograma para la Recolección, Tratamiento y Disposición Final de las Aguas Residuales.**

**Descripción de Acciones.**

**A). Tipo Doméstico.**

Una vez que se identificaron todas las descargas de aguas residuales sobre el río Lerma y sus afluentes, se determinó el caudal y los principales parámetros de contaminación; pudiendose observar lo siguiente:

Que actualmente todas las descargas de aguas residuales se vierten sin ningún tratamiento a los diversos cuerpos receptores a excepción de una parte de las aguas residuales generadas en el corredor industrial Toluca-Lerma. Aun cuando la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento (CEAS) y el Gobierno del Estado de México a través del Convenio de Desarrollo Municipal (CODEM) tiene proyectos ejecutivos para el tratamiento de las aguas residuales, la mayoría de éstos cubren únicamente la cabecera municipal, dejando a las demás calidades al margen de cualquier tratamiento; esta es la razón por lo cual se elabora un programa para la recolección, tratamiento y disposición final de las aguas residuales de todas las localidades dentro de la cuenca alta río Lerma, de acuerdo a condiciones de localidad y volumen, adquiriendo así este programa, un nivel integral.

A fin de tomar medidas tendientes a evitar que las descargas de aguas residuales sean vertidas directamente sin previo tratamiento a los principales escurrimientos y cuerpos de agua y lograr una mejoría de la calidad de agua que contienen; además por las características tan distintas de las poblaciones, en cuanto a número de habitantes, calidad y cantidad de aguas residuales generados, se tomó en cuenta lo siguiente:

- A) El Alto grado de contaminación del río Lerma y sus principales afluentes.

B) Localización de las principales fuentes contaminantes; de ubicación de los diversos sistemas de tratamiento propuestos.

C) Posibles sitios de reutilización del agua tratada.

Por tales motivos se generaron diversas propuestas, que van desde el tratamiento particular de cada afluente de aguas residuales, hasta el tratamiento en conjunto de las descargas de varias localidades de un mismo municipio.

La primera solución que se plantea se basa en optimizar el sistema de tratamiento existente en proyecto o en construcción para lo cual se propone incluir las aguas residuales de aquellas localidades que por su ubicación geográfica y topografía son factibles de incorporarse a este sistema. Dada la cantidad y calidad de las aguas residuales, la planta de tratamiento puede ser una laguna de estabilización y de lodos activados en cualquiera de sus modalidades.

Una segunda solución es la construcción de un sistema de tratamiento ubicado en algún sitio estratégico para que preste servicio a una ó un conjunto de localidades pequeñas con drenaje o salidas definidas por zanjas. Este sistema puede construirse mediante la formación de bordos para confinar el agua residual y que funcione como laguna de estabilización o bien construir una planta de tratamiento con cualquier tipo de proceso que sea adecuada a las características de la población, principalmente

por su bajo costo y facilidad de operación y mantenimiento. Los sistemas propuestos son:

El de laguna de estabilización y el de filtros rociadores.

Como una tercera solución se considera para la población dispersa; la construcción de fosas sépticas ó letrinas, según dispongan o no de agua entubada.

La cuarta solución, contempla la construcción de sistemas de tratamiento únicamente para las descargas de aguas residuales industriales en aquellos centros ó zonas con tal actividad.

#### **B). Tipo Industrial.**

En la cuenca se ubican siete zonas perfectamente diferenciadas en donde se localizan los desarrollos industriales, estos son:

Toluca  
Lerma  
Tenango del Valle  
Santiago Tianguistenco  
Ocoyoacac  
Atlacomulco  
Pastejé

Todos estos desarrollos desalojan sus aguas residuales a una red de alcantarillado específica puesto que se ubican en lotificación separada de la zona residencial; solamente el conjunto Lerma-Toluca no está totalmente aislado, sino que se mezcla con desechos líquidos de origen doméstico procedente de las descargas de poblaciones y fraccionamientos que alteran con los lotes industriales. Esta zona industrial abarca una franja paralela a la carretera México-Toluca transversal al río Lerma que se prolonga tanto a la izquierda como a la derecha del río.

La parte ubicada al oriente, tomando como origen al río, desaloja su caudal a un canal paralelo a la carretera México-Toluca que es tratado en la planta EPCCA ubicada en la margen izquierda del río Lerma a unos 200 metros aguas abajo del puente del ferrocarril. La parte poniente de esta zona está ubicada propiamente en la población Lerma y no recibe tratamiento antes de verterse al río.

La zona industrial Pastejé trata sus desechos líquidos en una laguna de estabilización. El resto de los fraccionamientos o zonas industriales desalojan sus aguas residuales junto con las de la población donde se ubican.

Dado que son aguas de calidad muy diversa y en general más contaminadas que las de origen doméstico, conviene someterlas al

tratamiento adecuado según sus características contaminantes.

Las aguas residuales industriales como las de la zona industrial, de Atlacomulco y algunas industrias de los municipios de Lerma y Toluca; se vierten a través de un colector común a cada fraccionamiento y directamente sin tratamiento al río Lerma, ó al alcantarillado general de la población aledaña.

Según el reglamento para prevenir y controlar la contaminación de aguas, las industrias pueden optar por pagar la parte proporcional del tratamiento de sus desechos en una planta común, o bien ajustarla a los límites máximos pertinentes; ó a los que se marque para su descarga, según las características y uso del cuerpo receptor.

Se propone como solución viable e inmediata, la construcción de una planta común a cada fraccionamiento o zona industrial para que el afluente pueda destinarse a la reutilización de las propias industrias y al riego de las áreas verdes del fraccionamiento ó bien a uso agrícola en regiones vecinas; para lo cual se requiere de los estudios apropiados para determinar de acuerdo al tipo y cantidad de contaminantes generados, el proceso de tratamiento adecuado para la zona industrial en conjunto ó en forma particular.

## **Plan de Acción.**

Las aguas residuales domésticas por su origen, son problemas de ingerencia municipal, por lo que se propone que las obras sean ejecutadas por los propios municipio mediante programas como el CODEM, esto permitirá cumplir con los principios de descentralización administrativa pasando al tercer nivel de gobierno las obras que resuelven problemáticas del orden municipal, como lo son las aguas residuales domésticas.

Por otro lado, esto permitirá a los ayuntamientos equiparse del personal necesario para la operación y mantenimiento de las obras y para la ejecución de proyectos similares.

En este sentido la problemática de los gobiernos municipales es la falta de personal técnico calificado, tanto para supervisión de los estudios y proyectos, como para la construcción de las obras, por lo que se recomienda que la dependencia normativa para este tipo de obras (Secretaría de Desarrollo Agropecuario) dé el apoyo y supervisión técnica tanto en proyectos como obras, capacitando al mismo tiempo a los residentes de los ayuntamientos y aumentando con esto la independencia técnica de estos últimos.

El programa en su segunda parte considera la construcción de sistemas caseros o por grupos de casas en las poblaciones diseminadas, siendo estos sistemas letrinas y fosas sépticas.

Este tipo de obras, se recomienda sean ejecutadas por los municipios pero con la participación de las comunidades con lo cual se tendrían las siguientes ventajas:

- Creación de programas de mano de obra en zonas marginadas de la cuenca.
- Participación directa de los habitantes en la solución de sus problemas ambientales, lo cual les dará una mejor formación hacia el cuidado y protección del medio ambiente que les rodea.
- Ejecución de una gran cantidad de obras con inversiones mínimas con un gran beneficio y un gran impacto regional.
- Abatimiento del costo de las obras, al ser éstas ejecutadas por administración con la adquisición directa de los insumos y un mínimo de gastos indirectos.

En este programa conviene dar cursos de capacitación a los pobladores de las comunidades.

En cuanto a la construcción, operación y mantenimiento de las obras, esta capacitación la daría la dependencia normativa (SEDAGRO) y así como la supervisión constructiva de las obras; la supervisión administrativa sería dada por los ayuntamientos y las inversiones podrían manejarse mediante CODEM. En cuanto al tercer paquete de sistemas que serían los correspondientes a los

residuos líquidos industriales en este caso dada la diversidad en la localidad de agua producto de cada industria, sería muy difícil el tratamiento de todas las aguas en una misma planta ó sistema, por lo que en este caso, basandose en la ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente se debe obligar a las industrias a descargar dentro de parámetros convenientes (los marcados por el reglamento). Con esto se daría un tratamiento primario, dandose el tratamiento secundario y definitivo en las plantas de tratamiento.

Para la construcción de los sistemas de tratamiento primario, las industrias cuentan con créditos internacionales con intereses "blandos" para obras de protección ambiental; este tipo de créditos son manejados por CANACINTRA y también se podrían considerar estímulos fiscales para las industrias que cumplan con este requisito.

Para considerar esta acción es conveniente que la Secretaría de Desarrollo Económico, como cabeza de sector estudie y realice los convenios con cada una de las 244 industrias asentadas en la cuenca.

**Subprograma para Establecer un Sistema de Recolección y Disposición Final de los Desechos Sólidos Municipales.**

#### A). Tipo Doméstico.

Se observó que actualmente el servicio de recolección de los desechos sólidos municipales en la mayoría de las localidades, no cubre a la totalidad de la población y la disposición final de los mismos, con excepción de la Cd. de Toluca que los deposita en un relleno sanitario, en basureros a cielo abierto sin el menor control sanitario ó son arrojados indiscriminadamente en los cauces de ríos, arroyos, cuerpos de agua, o bien; es quemandolos, lo cual ha contribuido notablemente a incrementar el deterioro del ambiente de la cuenca.

Aunque existen programas para el manejo y disposición final de los desechos sólidos en los municipios por parte de la Delegación Estatal de la Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología y de las autoridades municipales, solamente en algunos municipios se han realizado actividades apropiadas al respecto; esta es la razón que mueve a tomar medidas y acciones inmediatas a fin de lograr un adecuado manejo y disposición final de los desechos sólidos en todos los municipios que integran la cuenca alta del río Lerma, para evitar que avance el deterioro del ambiente y lograr una adecuada restauración de la misma en forma permanente.

En este programa de gran visión, se contempla la implantación de un plan estratégico con objeto de que el sistema de recolección y disposición final de los desechos sólidos municipales se mejore y optimice en las localidades que cuentan ya con este servicio y se

implemente en donde no se cuenta; con este plan se pretende incorporar a esta fase de restauración a toda la población, tanto urbana como rural y rural dispersa.

Aunque existen varios sistemas para efectuar la disposición final de los desechos sólidos municipales, el sistema recomendado por la experiencia nacional y que cumple con las normas establecidas en la legislación vigente en materia de contaminación ambiental, además de que resulta ser el más económico, es el relleno sanitario. Una adecuada definición y explicación de la metodología constructiva básica del relleno sanitario, es la establecida por la "American Society of Engineers - ASCE" la cual se enuncia a continuación:

"El relleno sanitario es una buena técnica para disponer la basura en el suelo sin causar perjuicios al ambiente, ni molestias o peligros para la salud y seguridad, utilizando principios de ingeniería para confinar las basuras en un área lo más pequeña posible, para reducir el volumen al mínimo práctico y para cubrir las basuras así depositadas con una capa de tierra diariamente al fin de la jornada o todas las veces que ello fuera necesario".

La expresión de relleno sanitario se extiende a la obra y al terreno donde se realiza esta acción.

Como obra de ingeniería, el relleno sanitario debe ser construido mediante un proyecto que cumpla con los objetivos generales y los específicos, el objetivo general siempre es alojar la basura urbana en forma sanitariamente correcta y a un costo viable, los objetivos específicos pueden ser por ejemplo la recuperación de un terreno que anteriormente no tenía valor, la utilización posterior como área verde, la construcción de locales ligeros para recreación.

Otra forma de disposición final de los desechos sólidos municipales es el tiradero cubierto, el cual consiste en el arreglo lógico de la basura en el terreno y su recubrimiento con tierra al final del día, ó con la mayor frecuencia posible, dependiendo de la disponibilidad local de maquinaria y tierra. esta última técnica se confunde a veces con el tiradero común que se practica en muchas partes, distorsionando el concepto de relleno sanitario. Esta modalidad se justifica plenamente en pequeñas localidades o donde no existen depresiones naturales; los requerimientos básicos son: \*

- Que el terreno seleccionado para el relleno éste seco.
- Que el nivel freático esté a más de dos metros de profundidad.
- Que las casas y pozos de agua estén a más de 200 mts. de distancia.

El relleno sanitario puede realizarse al cubrir zanjas para obtener tierras y éstas son las que reciben los desechos que

después se cubren. Lo importante estriba, como ya se había mencionado, en que la disposición final de los desechos sólidos urbanos debe hacerse en el suelo de acuerdo a cualquier técnica de relleno sanitario; porque ésta forma de disposición cubre las exigencias sanitarias a bajo costo, en las pequeñas localidades desprovistas de maquinaria para el manejo de la basura. Como se ha explicado, es factible la disposición de la también escasa producción para cubrirla con tierra en condiciones sanitarias aceptables cada vez que se vierta, bastando herramientas manuales y uno o dos peones, para dos o más localidades próximas es también ventajosa la utilización de un mismo relleno, siempre y cuando un analista económico lo justifique.

Para establecer un sistema de recolección y disposición final de los desechos sólidos generados por los habitantes de las zonas urbanas y rurales, y que esté de acuerdo con las condiciones, características y necesidades de la población y además que sea fácilmente implementado en las diversas localidades que integra la cuenca alta del río Lerma, se proponen tres formas de solución.

La primera propuesta de solución consiste en establecer un sistema de recolección y un solo sitio para la disposición final de los desechos que sirva a diversas localidades de uno o varios municipios, es decir; se pretenden integrar los sistemas de

recolección pública bajo un criterio de optimización económica.

La segunda solución es para cuando una localidad o municipio, dadas las condiciones topográficas, económicas o políticas, no sea factible de incorporarse a un relleno sanitario común. Se propone entonces la creación de un relleno sanitario propio, de operación manual para el cual se utilizará el sitio en que actualmente depositan sus desechos reacondicionándolo para tal fin, siempre y cuando reúna las condiciones adecuadas, en caso negativo solo se procedera a reubicarlo.

En ambas propuestas de solución se pretende incorporar a todas aquellas localidades que no cuenten con servicio de recolección pública, que su población no esté dispersa y además que sea de fácil acceso; para lo cual se requiere ubicar sitios estratégicos para concentrar la basura mediante el empleo de contenedores u otro tipo de recipientes para disponerla finalmente en un relleno sanitario.

Periódicamente serán retirados y transportados al tiradero para su procesamiento.

La tercera propuesta de solución es para aplicarse a toda la población rural dispersa; para la cual se propone la construcción de rellenos sanitarios familiares consistentes en construir en las inmediaciones de los terrenos, excavaciones tipo letrinas en las cuales se viertan sus desechos sólidos orgánicos para después

cubrirlos con una capa de tierra. Este modo de disponer la basura evita la procreación de insectos y roedores que invaden a las casas-habitación insalubres; al mismo tiempo que se cumple con la restauración de la cuenca.

Los criterios básicos fueron:

- A) En la zona intensiva asentar el relleno sanitario en uno de los lugares actualmente utilizados para tiradero de basura.
- B) Asignar el área de influencia factible del relleno como receptor de basura, considerando distancias, tiempo y economía.
- C) En la zona extensiva, debido principalmente a las distancias de recorridos entre municipios se utilizará el mismo sitio que actualmente se ocupa como tiradero municipal de acuerdo a sus características y capacidad.

Para seleccionar el tiradero con mayores posibilidades de éxito, se visitaron todos los que actualmente sirven a las poblaciones visitadas. Las condiciones que dieron la pauta de la solución fueron:

- Capacidad aparente.
- Accesibilidad.

- Profundidad del nivel freático.
- Geología del sitio.
- Disponibilidad de la tierra para el relleno.

Los lugares fueron seleccionados, suponiendo que su utilización actual, eliminará toda dificultad para su operación, además de que cumplan con las condiciones impuestas antes indicadas.

Para asignar el área de influencia en la zona intensiva se procedió a formar una superficie circular con radio de 10 km. y centro en el tiradero. Esta área se depuró después al colocar la frontera de manera que abarque preferentemente municipios completos; la zona extensiva se delimitó en función de las localidades factibles de ser incorporadas en el mismo.

La vida útil se estimó para cada uno de los rellenos, calculando la cantidad de basura generada por habitante y en función del volumen compactado antes de su recubrimiento con tierra.

Del polígono de frecuencias se obtuvo el promedio de la muestra que resultó ser de  $0.027 \text{ m}^3/\text{hab./mes}$  y la moda de  $0.010 \text{ m}^3/\text{hab./mes}$ , optándose por este factor para determinar la generación de desechos sólidos de las demás localidades.

Cabe hacer notar que en la mayoría de sitios seleccionados para realizar el relleno sanitario tiene una capacidad mayor a la considerada, por lo que es factible efectuar una ampliación en un

futuro para cubrir los requerimientos que se presenten.

**Las Características de los Rellenos son los siguientes:**

- Los rellenos sanitarios de la zona intensiva que reciban un volumen de basura a menor a los 20.000 m<sup>3</sup>/mes estarán equipados con un tractor de oruga con lámina frontal y 25 toneladas de peso, para el manejo de volúmenes mayores se considerará el uso de dos equipos de las mismas características.

- Los rellenos sanitarios de la zona extensiva estarán equipados con tractor agrícola e implementos agrícolas comunes para el manejo del material de cubierta, el cual se tomará del mismo sitio donde se ubique el relleno; requiriéndose que periódicamente, conforme a las necesidades, se amontone el material excavado del frente de trabajo para evitar su transportación manual de larga distancia.

- Para evitar el sobreequipamiento de los rellenos de la zona intensiva se considera tener un banco de material para que suministre la tierra para cubrirla; equipando el mismo de un bulldozer, un cargador frontal y seis camiones, pudiendo servir este mismo banco como futuro relleno sanitario.

- A la entrada de los rellenos sanitarios de la zona intensiva se instalará una caseta para llevar el control del mismo, y en la zona extensiva solo se requerirá de una cerca perimetral.

Para etapas posteriores se necesita que se efectúen un estudio económico y de optimización de equipos para el conjunto de rellenos sanitarios.

#### **Estrategias de Solución.**

##### **Administrativas.**

- Fortalecer la administración de los recursos hidráulicos mediante la creación de Consejos de Cuenca.

- Orientar la administración del agua hacia la solución de conflictos generados por el uso actual y asegurar el desarrollo hidráulico sustentable en forma equitativa y justa.

- Buscar una mayor movilización de todos los recursos disponibles: financieros, físicos y humanos.

- Cambiar el actual esquema de manejo del agua, orienta a aumentar la oferta, por el de incidir en la disminución de la demanda del agua.

- Fortalecer la programación hidráulica en la cuenca.
- Conocer, evaluar y proveer sistemáticamente el comportamiento del sistema hidrológico de la cuenca, así como de los usos actuales y futuros.
- Incrementar el uso y recirculación del agua, principalmente en la industria.
- Realizar los estudios necesarios de manera que las tarifas reflejen el costo de oportunidad del agua y el costo del servicio.
- Promover la recarga de los acuíferos con excedentes de aguas superficiales y residual tratada.
- Impulsar el establecimiento de plantas tratadoras de aguas residuales, domésticas e industriales.
- Reducir la contaminación no puntual del agua mediante el control efectivo en el uso de plaguicidas y pesticidas altamente contaminantes.
- Continuar con las acciones para controlar las malezas acuáticas en los embalses y lagos de la cuenca.

- Fortalecer los organismos operadores de plantas o sistemas de tratamientos de aguas residuales, con el objeto de garantizar en el tiempo una verdadera mejoría en la calidad del agua que llega a los cuerpos receptores.
  
- Fomentar el programa de agua limpia principalmente en lo que se refiere al riego con aguas residuales de cultivos restringidos.
  
- Mejorar la infraestructura hidráulica de riego con la plena participación de los usuarios, pues los ahorros de agua que pueden resultar de esta acción representan impactos positivos sustanciales en el balance hidráulico de las cuencas, estas mejoras deben incluir la eficiencia electromecánica e hidráulica de pozos y equipo de bombeo.
  
- Establecer el control progresivo de los recursos de cada cuenca, desde las partes altas a las bajas con prioridad de las zonas productivas y áreas estratégicas con riesgo de degradación.
  
- A nivel de cuenca y subcuenca, considerar de manera integrada las necesidades de infraestructura de aprovechamientos, con la recarga de acuíferos, el control de inundaciones y azolves, la protección y adecuación de sistemas de drenaje y caminos e infraestructura menor.
  
- Formular y ejecutar un programa integral de conservación de cuenca a partir de la experiencia que se ha obtenido en las

subcuencas piloto ya instrumentadas.

- Ampliar los esquemas de participación privada en la prestación de los servicios de agua potable y alcantarillado, en los programas de saneamiento y en el subsector hidroagrícola.

- Promover y apoyar la organización de los usuarios para mejorar el aprovechamiento del agua, la preservación y control de su calidad y la participación solidaria en la planeación y manejo del agua.

- Recuperar las antiguas zonas lacustres de la cuenca, partiendo del modelo de recuperación de parte de las superficies a las actividades agropecuarias o urbanas, mediante el sistema de drenes y la otra parte, como cuerpos de aguas perennes que restablezcan los ecosistemas; para este fin lo realizado en la primera y cuarta laguna del Lerma deben ser tomadas como modelo.

En los cuerpos de aguas perennes, implantar usos múltiples como la acuicultura, el turismo y el riego; pero siempre partiendo de la base de la protección y el cuidado de los ecosistemas.

#### **Acciones tomadas dentro del Programa.**

Con el objeto de priorizar y optimizar los recursos, así como de lograr un impacto medible en el mejoramiento de la calidad del

agua, la cuenca en el estado se ha dividido en 4 regiones, en base a subcuencas y a la problemática que en ellas se presenta.

Las principales acciones a desarrollar por cada una de las regiones se presenta a continuación:

#### **Región I.**

Esta región cuenta con una superficie, de 702.5 km<sup>2</sup> y representa el 14% de la cuenca.

**Bordo de Confinamiento de la 1a. Laguna Almoloya del Río.-** El gobierno del estado terminó la construcción del bordo de confinamiento, por administración, su financiamiento es con recursos de la SARH (15,655 millones de pesos) y del Gobierno del Estado (5,200 millones). El proyecto ejecutivo fué revisado por la CNA.

**Confinamiento de la 2a. Laguna de Lerma Tultepec.-** se encuentra con los estudios básicos y el proyecto ejecutivo con un 30% de avance, debido a que existen problemas en la tenencia de la tierra con los precaristas.

**Desazolve del Río Lerma.-** se requiere mejorar hidráulicamente el cauce del río desde su inicio hasta la desembocadura en la presa José Antonio Alzate, a fin de desalojar los encharcamientos que se provocan en su cauce, mediante su rectificación y desazolve.

El río tiene una longitud de aproximadamente 35 km.; de estos, los primeros 15 km. son los más críticos, su costo aproximado es de 8,000 millones de pesos, en 1991 se llevaron a cabo trabajos en este tramo y fueron ejecutados por la SEDAGRO con recursos del Gobierno del Estado y de la SARH. A la fecha se tiene un avance significativo en el levantamiento del perfil del cauce del río.

**Plantas Municipales para el Tratamiento de Aguas Residuales.**- de 11 plantas programadas a construir, se han terminado 2 en Txcalyacac y Almoloya del río; 5 se encuentran en proceso de construcción en Sta. Cruz Atizapán, San Antonio la Isla, San Pedro Techuchulco, Sta. María Rayón; y está pendiente la construcción de 4 en Tenango del Valle, Calimaya, Capulhuacac y Santiago Tianquistenco.

## **Región II**

Esta región cuenta con una superficie de 1,142.4 km<sup>2</sup>. y representa el 23% de la cuenca.

**Rehabilitación de la 3a. Laguna de Lerma San Bartolo.**- está por iniciarse la construcción del bordo de confinamiento en su primera etapa, su costo total es de 14,000 millones de pesos de los cuales se tiene autorizados 1,000 millones. en la construcción de drenes se tiene un avance global del 70% y se tienen autorizados 1,600 millones de pesos.

**Confinamiento de la 4a. Laguna de Lerma Chignahuapán.-** originalmente formó parte de la 3a. laguna. no se cuenta con proyecto ejecutivo, debido que existen problemas en la tenencia de la tiene con los precaristas.

Plantas municipales para el tratamiento de aguas residuales. Se tiene programadas la construcción de 3 plantas municipales en Xonacatlán, Temoaya y Zinacantepec.

**Macroplantas para tratamiento de aguas residuales.**

**Macroplanta Toluca Norte.-** el estudio está acargo de CBAS, su costo estimado es de 62,000 millones de pesos. Esta planta tratara las aguas residuales de Toluca que son conducidas por el río Verdiguel.

**Macroplanta Toluca Oriente.-** el estudio está a cargo de la CNA, su costo estimado es de 20,000 millones de pesos. Esta planta capta, mediante un colector paralelo al canal Totoltepec, las aguas residuales que se generan de san Lorenzo Tepetitlán hasta el Cerrillo, y mediante otro colector; las aguas desde San Lorenzo Tepetitlán hasta las inmediaciones del aeropuerto. Se tienen programados recursos para el pago de indemnizaciones por concepto de adquisición del terreno.

**Colector EPCCA.-** se tiene contemplada la construcción de un colector para 700 litros por segundo que intercepte aguas residuales industriales para incorporarlas a la planta EPCCA ya existente.

**Macroplanta San Mateo-Metepec.-** su costo estimado es de 54,000 millones de pesos. esta planta tratara las aguas generadas desde la porción sureste de Toluca hasta San Mateo Atenco, incluyendo gran parte del municipio de Metepec; adicionalmente se construirán colectores para incorporar las aguas generadas por las poblaciones de Lerma y Ocoyoacac. Se tienen programados recursos para el pago de indemnizaciones por concepto de adquisición del terreno.

**Macroplanta Lerma Atarasquillo.-** su costo estimado es de 12,800 millones de pesos. esta planta tratará las aguas residuales de Santa María Atarasquillo, Santiago Analco, San Miguel Ameyalco y San Nicolás Peralta.

### **Región III**

Esta región tiene una superficie de 2,330.6 km<sup>2</sup>. representa el 48% de la cuenca y en ella se localizan 4 de los principales almacenamientos de la cuenca; José Antonio Alzate, Ignacio Ramírez, Tepetitlán y J. Trinidad Fabela.

**Destrucción de Lirio Acuatico en Presa José Antonio Alzate.-** el cuerpo de agua mas afectado por la contaminación de la cuenca, es la presa José Antonio Alzate, que presenta problemas de lirio acuático y mosquitos kulex, propios de las aguas estancadas, lo que constituye un alto riesgo para la salud de los pobladores ribereños. Por tal motivo, a fines de 1990 la CNA y el Gobierno del Estado se comprometieron a llevar a cabo la destrucción del lirio acuático, aportando cada uno el 50% del costo de la obra; durante 1990 y 1991 el Gobierno del Estado invirtió 633 millones de pesos, adicionalmente autorizó un prestamo fuerte por 630 millones, que le serán reintegrados por la CNA vía CUD.

**Plantas Municipales para el Tratamiento de Aguas Residuales.-** de 6 plantas programadas a construir, se han terminado 2 en San Bartolo Morelos y Jocotitlán; 3 se encuentran en proceso en Almoloya de Juárez, Jiquipilco y San Felipe del Progreso y se tiene pendiente la construcción de una en Ixtlahuaca.

#### **Macroplanta para tratamiento de aguas residuales**

**Macro Planta Atlacomulco.-** esta planta tratará aguas residuales municipales e industriales, su costo estimado es de 8,700 millones de pesos.

**Zona de Riego Tepetitlán.-** con la finalidad de apoyar el desarrollo agropecuario, mediante la rehabilitación de infraestructura hidráulica, se construirán y rehabilitarán los

canales y estructuras de la zona de riego Tepetitlán, para beneficiar una superficie de 7,300 hectáreas. La fuente de abastecimiento es la presa Tepetitlán con una capacidad de 70 millones de metros cúbicos. El proyecto se encuentra en ejecución por la Comisión Nacional del Agua. Para la realización de esta obra, la Comisión Nacional del Agua construirá los canales principales y sus estructuras, y el Gobierno del Estado la red de canales secundarios y sus estructuras.

#### Región IV

Esta región tiene una superficie de 736.4 km<sup>2</sup> y representa el 15% de la cuenca.

**Plantas Municipales para el Tratamiento de Aguas Residuales.**- de 2 plantas programadas a construir, se ha terminado la de el Oro y se encuentra en proceso la de Acambay.

#### Toda la Cuenca

**Reforestación y Recuperación de Suelos.**- con el fin de contrarrestar la tala indiscriminada de árboles y el pastoreo que ha dejado desnudo el suelo, con la consecuente erosión de los suelos forestales, se ha venido trabajando en la reforestación y acondicionamiento en poco más de 1,000 hectáreas, para lo que resta del año, se estima sembrar poco mas de 1 millón de árboles

en la cuenca, todo esto con una inversión de 2,000 millones de pesos.

**Manejo de Cuencas.-** con la finalidad de controlar la erosión y restaurar los suelos dañados, el FIRCO durante 1990 genero proyectos ejecutivos por poco más de 250,000 millones de pesos.

Dada la magnitud y el costo de las acciones a realizar, y ante el ofrecimiento del Gobierno Japonés de prestar ayuda económica a países en vía de desarrollo, para la realización de proyectos de ordenamiento, restauración y preservación ecológica, a través de créditos blandos en yenes con bajas tasas de intereses y largos períodos de gracia y amortización; se está gestionando un crédito por 75 millones de dólares para llevar a cabo trabajos de restauración de la cuenca que eliminen el avance de la erosión, la pérdida de los suelos productivos y el azolve del cauce de los ríos y de la infraestructura hidráulica.

A la fecha se ha elaborado el perfil inicial del proyecto de restauración de la cuenca del alto río Lerma, con la finalidad de obtener el respaldo del Gobierno Federal y sea incorporado en la lista de proyectos candidatos a un crédito del Fondo de Cooperación Económica de Ultramar del Japón, (OECE).

**Obras en la cuenca a cargo de otras dependencias.**

**Terminación de Sistemas de Alcantarillado.-** con la finalidad de que las plantas de tratamiento de aguas residuales trabajen con

eficiencia, se requiere la terminación de los sistemas de alcantarillado de las localidades que verterán sus aguas y estas acciones las deberán llevar a cabo la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento.

- En el Estado de México, con respecto a el compromiso adquirido, ha terminado la construcción de 4 plantas de tratamiento, que ya están en la etapa de operación. Además de otras tres que están en proceso constructivo y de siete más se ha concluido el proyecto ejecutivo para iniciar su construcción en breve.
  
- Se han reforestado 1,500 has. con la siembra de 3 millones de árboles.
  
- En cuanto al mejoramiento de suelos, se han atendido 258 has. y por lo que toca ha la rehabilitación de la laguna de San Bartolo se ha alcanzado un avance del 50% en la construcción de los drenes.
  
- Por parte del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), en coordinación con el Soil Conservation Service está efectuando la adecuación de metodologías de conservación de agua y suelo a la zona del alto Lerma.
  
- Se están realizando los estudios geohidrológicos en los acuíferos para tener las bases que permitan estimar los

volúmenes disponibles por acuífero y el grado de explotación; se pretende la conclusión de los mismos en el término del presente año.

- Se han fijado los volúmenes de extracción anual a cada sistema de usuarios en la cuenca con base a las condiciones de escurrimientos y almacenamiento a la fecha.
- Se ha avanzado con firmeza en el control de aprovechamientos ilegales; en poco tiempo se realizaron 1,414 visitas de inspección de aprovechamientos hidráulicos, de ello se derivaron 25 procesos de suspensión y 395 sanciones.
- La Procuraduría General de la República, creó la Fiscalía Especial para atender denuncias por aprovechamientos ilegales.
- La primera fase de saneamiento permitió, reducir la contaminación del río Lerma en 50% y del Lago de Chapala en un 65% esto comprendió a lo largo de la cuenca Lerma-Chapala la construcción de 23 plantas de tratamiento para tratar 3,580 litros por segundo de descargas municipales e industriales.
- Para abatir el rezago en la conservación y mejorar la operación de los distritos de riego, en los últimos dos años se incrementaron las cuotas en 465%.

Esto ha repercutido en un mejor uso del agua, al elevarse la eficiencia de conducción y la productividad por metro cúbico.

Los tantos de agua potable y alcantarillado se incrementaron en promedio un 30% en las principales ciudades de la cuenca y se ha trabajado en la rehabilitación de los redes de agua potable.

En lo referente a usos agropecuarios dentro de la cuenca está ubicado el distrito de riego no. 33 con una superficie de 17,881 hectáreas divididas en 3 unidades (Tepetitlán, Atlacomulco y Temascalcingo), que con dobles cultivos asciende a una superficie de 21,734 hectáreas en donde se cultiva maíz, pastos, hortalizas, trigo, frutales y avena, por otro lado en los distritos de desarrollo rural I y V (Toluca y Atlacomulco) se tienen actividades agrícolas en 37,297 hectáreas (con unidades de riego para el desarrollo rural y pequeños propietarios), además con la batería del acueducto "Alto Lerma" se riegan otras 8,700 hectáreas con 87 pozos, teniéndose un gran total de 67,731 hectáreas.

En usos domésticos, con aguas provenientes principalmente del acuífero se abastece con agua potable a las poblaciones de los 32 municipios de la cuenca (1'780,000 habitantes) y mediante el acueducto del alto Lerma a 1.55 millones de personas en la Cd. de México y municipios del estado conurbados con la misma, en este renglón existe un volumen de 15 millones de m<sup>3</sup>. por año que se

importa de la cuenca del Cutzamala para servicio de agua potable en el municipio de Toluca.

El caudal del acueducto alto Lerma ha venido disminuyendo en los últimos años (de 14 m<sup>3</sup>/seg en 1968 a 5.5 m<sup>3</sup>/seg., actualmente).

La extracción total para los usos actuales en la cuenca es de 849.9 millones de m<sup>3</sup>/año., en las láminas se muestra la distribución de estos volúmenes por uso y en la lámina por tipo de aprovechamiento.

### **Relenos Sanitarios**

Con la finalidad de evitar que la basura y los desechos sólidos municipales e industriales vayan a dar a los ríos y arroyos agravando el problema, se propone la construcción de 16 relenos sanitarios que darán servicio a los 32 municipio de la cuenca, distribuidos de la siguiente manera: 3 en la región uno, 3 en la región dos, 7 en la región tres y 3 en la región cuatro.

## CONCLUSIONES

La poca disponibilidad del líquido y la alta demanda del mismo por los diferentes sectores de la población, han creado la necesidad de programas como el expuesto en este documento, en donde puede observarse se están tomando en cuenta todos los aspectos que la contaminación, así como las consecuencias que traen consigo, tratando de llegar a una solución que además de rápida sea efectiva

En éste trabajo se observa que las diferentes instancias de Gobierno están realizando las acciones adecuadas para la prevención de la contaminación y las medidas ecológicas necesarias para el mejoramiento del medio ambiente, es muy importante recalcar que dentro de las estrategias se le está dando mucha importancia a la participación de la población ya que el problema es tan extenso que el Gobierno por sí sólo no es capaz de solucionar la amplia gama de dificultades resultantes de la contaminación de la cuenca del Lerma, y es sin duda alguna la población la que a través de la conscientización y el cambio de hábitos la que impactará en el cuidado y enriquecimiento de su entorno.

Por tratarse del primer Consejo de Cuenca que se forma a nivel Nacional se ha tenido cuidado de no dejar ningún detalle sin contemplar, puesto que los resultados que aquí se obtengan, serán tomados como ejemplo para el saneamiento de otras cuencas.

Las reformas que sufrió la legislación en materia de agua (Ley de Aguas Nacionales), son muy positivas ya que al cobrar ahora el derecho de descarga promoverá de alguna manera que los industriales y los municipios construyan su planta de tratamiento y depósitos de desechos sólidos, por resultarles mas económico.

Las dependencias reguladoras deberán de contar con todo lo necesario en cuanto a personal y equipo se refiere para darle continuidad al programa, puesto que de nada valdrían que después de terminar con las acciones programadas, por falta de vigilancia y aplicación de los reglamentos se propiciara nuevamente que los niveles de contaminación en la cuenca del río subieran nuevamente a rangos peligrosos para la salud humana.

Dentro de estas reformas es también importante destacar que por primera vez la población tiene el derecho de intervenir directamente en la toma de decisiones para la formulación y aplicación de los programas, pretendiéndose con esto incentivar su participación.

Algo realmente importante de este programa es que no solamente contempla el abatimiento de los niveles de contaminación y degradación ambiental, que son daños palpables actualmente, sino que además, tiene contemplado la prevención de la deforestación y la erosión de los suelos, lo que por fuerza devolvera a la región su belleza y la productividad que tantos elogios suscitará; en

otros tiempos y si todo llega a buen termino, sus pobladores podran tener aquella gran variedad de actividades productivas de las que gozaban y mayor calida y cantidad de agua.

En la disponibilidad y aprovechamiento del agua superficial y subterránea se nota un desequilibrio, mientras que el agua de origen superficial se desaprovecha, dejando pasar por la entidad alrededor de 150 millones de m<sup>3</sup>. al año, que corresponden a usuarios del Estado de México; en el agua subterránea se muestra una sobreexplotación de algunas zonas de los acuíferos de los Valles de Toluca e Ixtlahuaca-Atlacomulco, la situación anterior vá a llevar por un lado una reducción del volumen de aguas superficial autorizado a los usuarios de la entidad y por otro lado un abatimiento total de los acuíferos que hará incosteable la extracción del agua; propiciándose además hundimientos y grietas en dichos valles.

Las demandas futuras de agua para suministro de las poblaciones obligarán a una mejor planeación de recursos ya que desde ahora en la cuenca se estan realizando importaciones del vital líquido de la cuenca del río Balsas, situación contradictoria, ya que se exporta agua del sistema alto Lerma hacia el Valle de México.

Lo que evidencia una deficiencia en la administración del recurso, que terminará con grandes problemas sociales y altos costos.

Si la planeación en la instalación de nuevos corredores industriales no toma en cuenta la disponibilidad del recurso agua, en el futuro generará un peligroso conflicto por el vital líquido entre los diferentes grupos de usuarios y se agravarán los problemas de contaminación en cauces, presas y acuíferos.

En cuanto al saneamiento; de no establecer las medidas que lleven al tratamiento del total de las aguas residuales municipales e industriales, se tendrán dos problemas:

1.- Continuará el río Lerma como un colector de aguas residuales con los problemas ambientales y de salud ya conocidos.

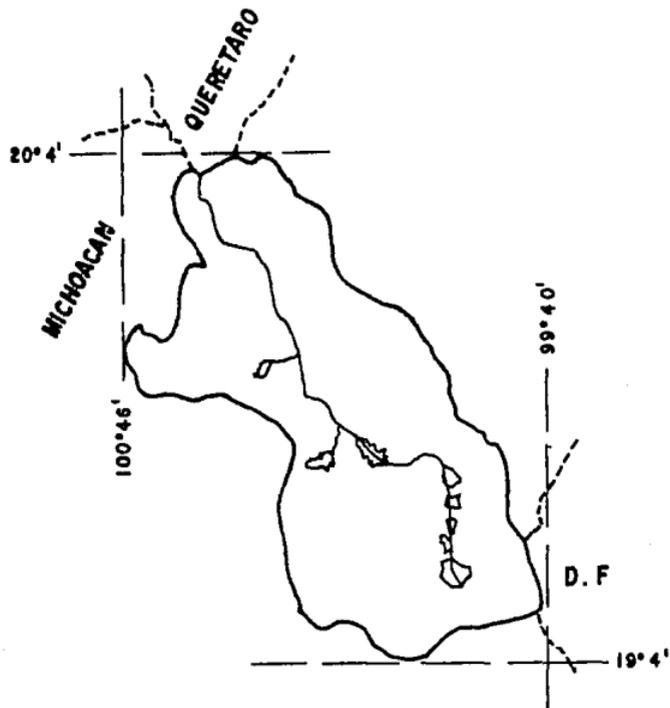
2.- Se tendrán que pagar al Gobierno Federal los derechos por descargas residuales a cuerpos de aguas nacionales con montos superiores al costo de tratamiento de agua residual.

En lo que se refiere a los recursos suelo y bosque, las consecuencias están a la vista: decremento y posible extinción de la flora y fauna silvestre, deforestación y erosión, azolve y daños a la infraestructura hidráulica, abatimiento de los niveles freáticos por insuficiencia de recarga de acuíferos, agrietamientos y desecación generalizada del suelo y un serio problema económico en la cuenca por la irremediable pérdida de los recursos suelo, agua y bosque.

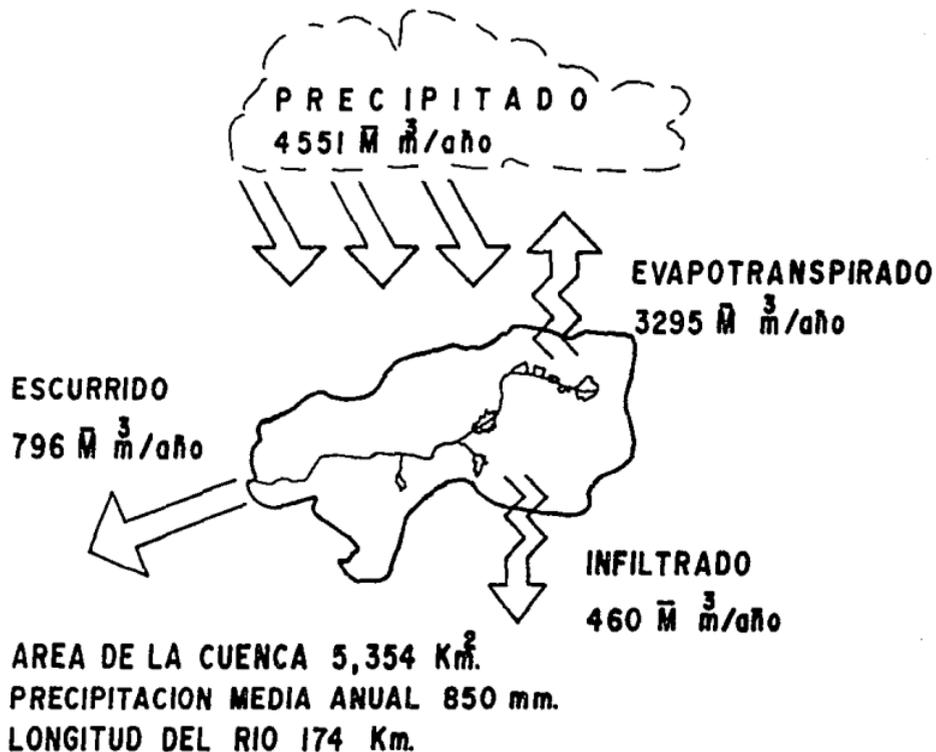
# *LAMINAS*

# LAMINA I

## LOCALIZACION

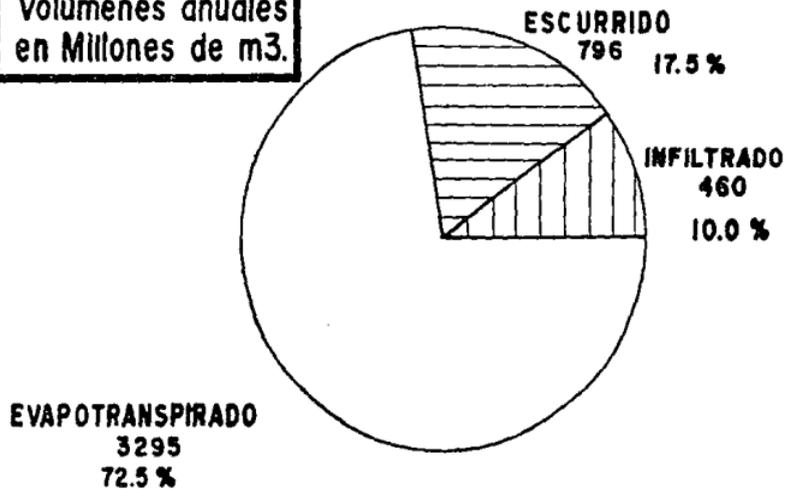


# LAMINA 2



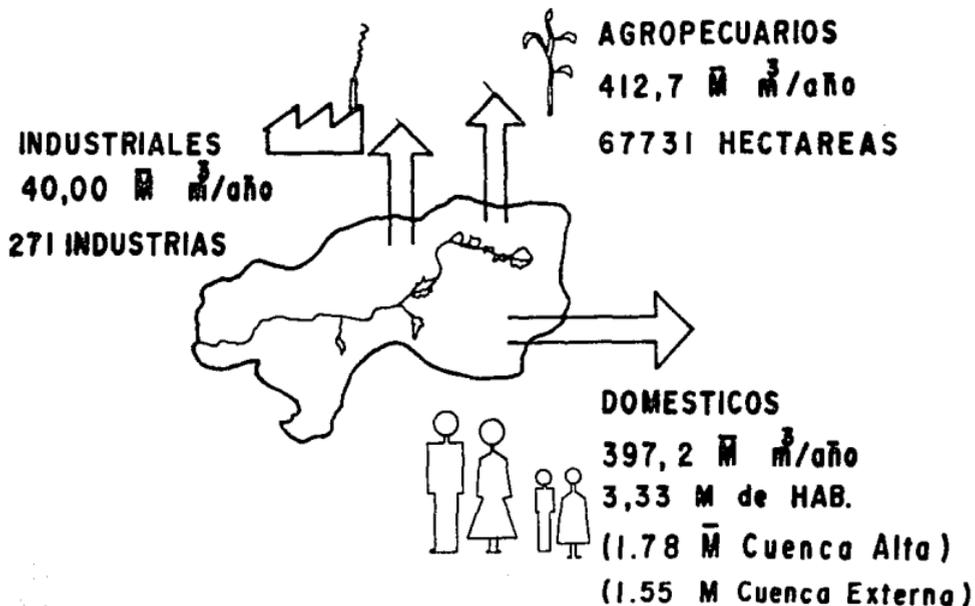
# LAMINA 3

**Volúmenes anuales  
en Millones de m<sup>3</sup>.**



# LAMINA 4

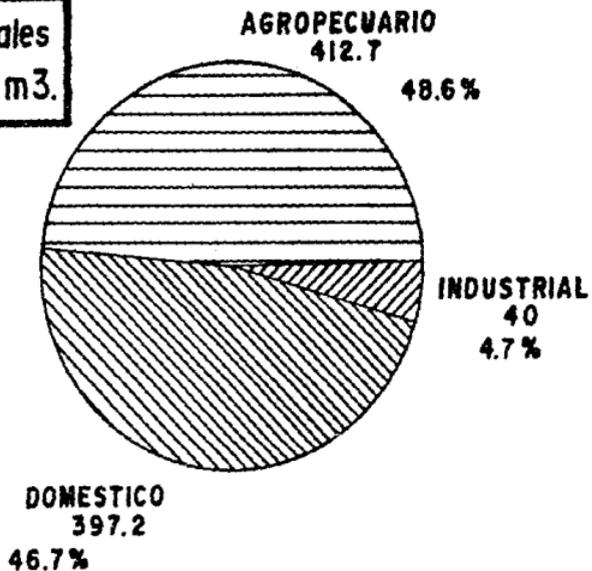
USOS ACTUALES  
VOLUMEN TOTAL 849.9 M<sup>3</sup>/año



# LAMINA 5

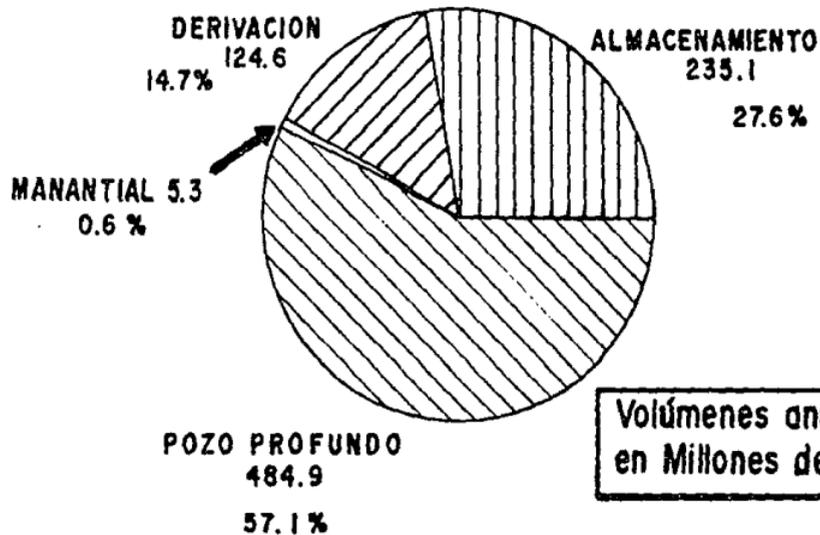
## USOS ACTUALES

Volúmenes anuales  
en Millones de m<sup>3</sup>.



# LAMINA 6

## TIPO DE APROVECHAMIENTO

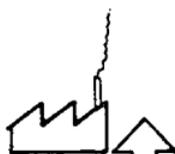


Volúmenes anuales  
en Millones de m3.

# LAMINA 7

USOS FUTUROS (2010)  
VOLUMEN TOTAL 1145.8 M<sup>3</sup>/año

INDUSTRIALES  
65,00 M<sup>3</sup>/año



AGROPECUARIOS

552.30 M<sup>3</sup>/año

90645 HECTAREAS



DOMESTICOS

528,50 M<sup>3</sup>/año

4.8 M de HAB.

(3.8 M Cuenca Alta)

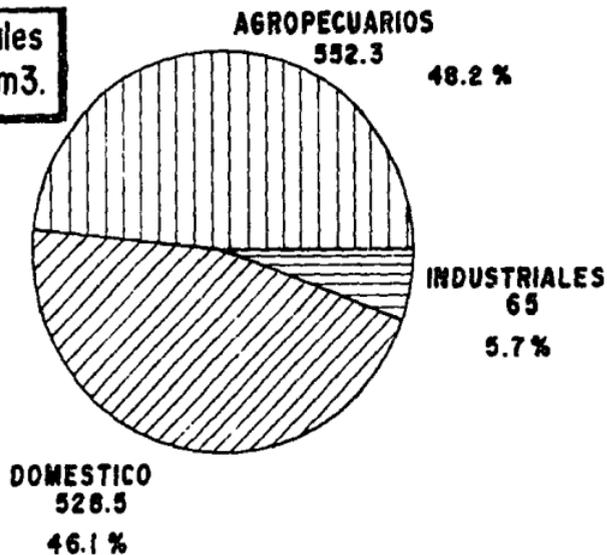
(1.0 M Cuenca Externa)



# LAMINA 8

## USOS FUTUROS

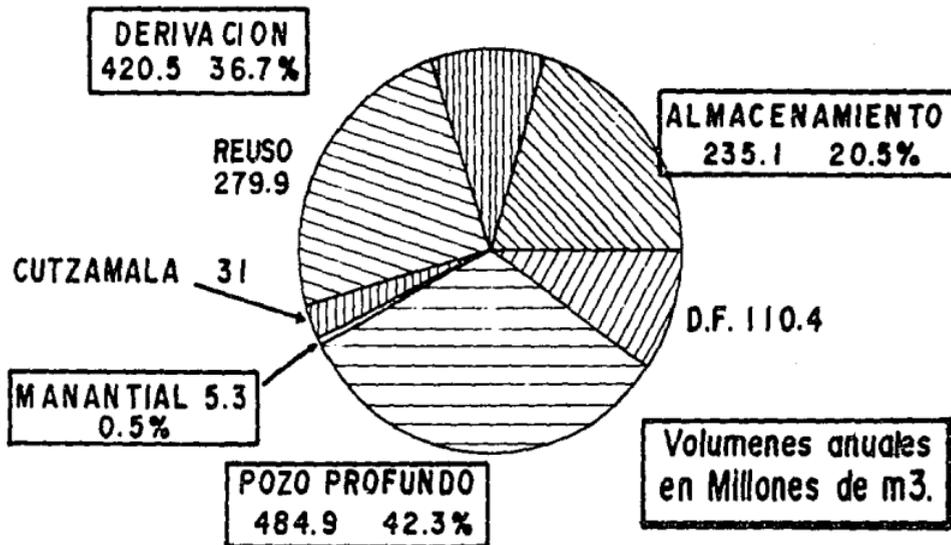
Volumenes anuales  
en Millones de m<sup>3</sup>.



# LAMINA 9

## TIPO DE APROVECHAMIENTO

### USOS FUTUROS



## Bibliografía

- Restauración integral de la Cuenca Hidrológica del Alto Lerma. Secretaría de Desarrollo Agropecuario. Dirección de Infraestructura Agropecuaria y Forestal. Unidad de Programación del Gobierno del Estado de México.
- Gaceta Lerma Chapala. Comisión Nacional del Agua.  
1 del 2 abril de 1994.
- Programa para la Restauración Integral de la Cuenca Alta del Río Lerma. Secretaría de Desarrollo Agropecuario [1]
- Programa para la Restauración Integral de la Cuenca Alta del Río Lerma. Secretaría de Desarrollo Agropecuario [2]
- Disponibilidad, Usos y Aprovechamiento del Agua en la Cuenca del Río Lerma en el Estado de México. Gobierno del Estado de México. Grupo Técnico de Trabajo Cuenca Lerma-Chapala., noviembre de 1990.
- Ing. Martinez I. Moreno A.J. 1984. Tratamiento del Afluente de la Zona Industrial de Lerma. Informe Técnico aii-84-477.
- Urroz E. Programa Nacional contra la Contaminación del Agua. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

- Del Valle de Trujillo. Contaminación de Aguas Mexicanas. Dirección General de Planeación, SAM.
- Diagnosticó Ambiental de la Zona Industrial del Alto Lerma por medio de la Técnica de Evaluación rápida de fuentes de contaminación del aire, agua y suelo. Informe Final. SARH.
- Plan para la Recuperación de la Cuenca Alta del Río Lerma. Comisión Estatal para la Recuperación de la Cuenca Alta del Río Lerma. Comisión Nacional del Agua.
- Disponibilidad Usos y Aprovechamientos del Agua en la Cuenca del Río Lerma en el Estado de México. Gobierno del Estado de México. Grupo Técnico de Trabajo Cuenca Lerma-Chapala 1990. CNA
- Plan Maestro de Desechos Sólidos para el Estado de México. CNA
- Comisión Estatal para la Recuperación del Alto Lerma. 1990 Gobierno del Estado de México.
- Avances de Consejo Consultivo de Evaluación, de Ordenación y Seguimiento del Programa de Saneamiento de la Cuenca Lerma-Chapala. CNA

- Evaluación de los Avances en el Programa de Ordenación de los Aprovechamientos Hidráulicos y Saneamiento de la Cuenca Lerma Chapala. CNA