

**EL COLEGIO DE MEXICO A. C.
CENTRO DE ESTUDIOS DEMOGRAFICOS Y DE
DESARROLLO URBANO**

**TRANSFORMACIONES EN LA DINAMICA DE LOS
VOLUMENES ALMACENADOS EN EL LAGO DE
CHAPALA: SUS DETERMINANTES E
IMPLICACIONES**

**Tesis para Obtener el Grado de
Maestra en Desarrollo Urbano**

**Presentado por:
Isabel Brigida Porras Silva**

**Asesorada por:
Dr. Fernando Tudela**

**Lector:
Dr. Boris Graizbord**

México, D.F., 25 de Enero, 1995

A tí Manuel,

Como una muestra de mi amor y agradecimiento a tu estímulo y apoyo, y principalmente a tu cariño.

A mi madre y a mis hijos Chantal y Sergio, por su comprensión y apoyo, sin los que no hubiera podido terminar ésto que inicié hace casi cuatro años.

A la memoria de mi hermano Sergio.

Agradezco especialmente su colaboración a:

Ing. Luis Manuel Jiménez Guerrero

Ing. Richard Reyes Bouchan

Lic. Mercedes Escamilla

Ing. Felipe Tito Lugo Arias

Ing. Jorge Ramos Palazuelos

Ing. Francisco Javier Parra Acosta

**TRANSFORMACIONES EN LA DINAMICA DE LOS VOLUMENES
ALMACENADOS EN EL LAGO DE CHAPALA:
SUS DETERMINANTES E IMPLICACIONES**

INDICE

1. Aspectos Teóricos	1
2. Acción Institucional respecto al aprovechamiento del Lago de Chapala	5
3. Relevancia del Lago de Chapala	21
3.1 Importancia ecológica del Lago	21
3.2 Desarrollo económico-social en torno al Lago	27
4. La dinámica de los niveles y volúmenes almacenados en el Lago	32
4.1 Registro histórico de los niveles de agua mínimo y máximo en el Lago	32
4.2 Variabilidad y tendencias de mediano plazo en los volúmenes almacenados en el Lago.	37
5. Mecanismos que rigen la dinámica volumétrica del Lago	48
5.1 Aportaciones al Lago de Chapala	48
5.2 Salidas del Lago de Chapala	60
5.2.1 Evaporación en el Lago	60
5.2.2 Evolución de las extracciones al Lago	65

6. Posibles causas de las tendencias de la dinámica volumétrica en el Lago	70
6.1 ¿Los ciclos climáticos explican las tendencias?	70
6.2 ¿La dinámica volumétrica del Lago ha estado determinada por el crecimiento de la población en la cuenca?	77
6.3 ¿Las tendencias en los volúmenes de almacenamiento podrían ser resultado de las extracciones al Lago para la ciudad de Guadalajara?	79
6.4 ¿La dinámica de las aportaciones del Río Lerma ha determinado la dinámica de los volúmenes almacenados en el Lago?	83
6.4.1 Usos del agua en la cuenca Lerma-Chapala	83
6.4.2 Aportaciones decrecientes del Río Lerma al Lago de Chapala	91
7. Conclusiones	100
Bibliografía	106

PROPOSITO:

El propósito de este trabajo de tesis es describir las transformaciones del medio ambiente que constituye el Lago de Chapala, en un sistema que tiene implicaciones reales y virtuales, destacando la dinámica de los niveles y volúmenes almacenados; describir el comportamiento de los mecanismos que rigen la dinámica volumétrica; plantear como hipótesis, posibles explicaciones de las tendencias identificadas en la dinámica de los volúmenes almacenados, identificando los elementos que determinaron esos cambios (el medio físico y los agentes sociales).

En este contexto, la información y la forma en que se manejará la misma es la siguiente. Se parte de los registros históricos (1900-1992) de los niveles mínimo y máximo y de los volúmenes de agua almacenada que éstos representan; una vez identificadas las tendencias de mediano plazo en la gráfica correspondiente, se consideran seis períodos con la finalidad de analizar a mayor detalle la variabilidad que se presenta en los volúmenes almacenados y su relación con los mecanismos que rigen ésta.

Posteriormente se grafica también la información que corresponde a los diferentes mecanismos que rigen la dinámica volumétrica en el Lago, a fin de establecer el

nivel de interrelación de cada uno de ellos con las tendencias en los volúmenes almacenados. Dichos mecanismos son, aportaciones al Lago de Chapala, identificando los escurrimientos que corresponden a la cuenca propia y, por otro lado, los escurrimientos de la cuenca del río Lerma y la cuenca del río Duero; registros de la evapotranspiración en el Lago; evolución del medio acuático en el Lago; y la evolución de las extracciones al Lago. De esta información se cuenta con registros a partir de 1930.

Al plantear las posibles explicaciones de las tendencias se incorpora la información climatológica de 11 estaciones, cuyos registros son considerados como representativos de la precipitación de la cuenca Lerma-Chapala. Se incorpora también la tendencia en el crecimiento de la población de los estados involucrados en la cuenca, además de variables relacionadas con la actividad económica de la región, tales como, áreas abiertas al cultivo, crecimiento del PIB agrícola e industrial.

1. ASPECTOS TEORICOS.

El estudio de la dinámica de los niveles y volúmenes almacenados en el Lago de Chapala se abordó a partir de la teoría de sistemas complejos basada en los trabajos de I. Prigogine, quien obtuvo el Premio Nobel por sus investigaciones acerca de los sistemas abiertos, disipativos, (Tudela,1991). El caso que aquí nos interesa es el estudio de un ecosistema natural que ha sufrido la acción del hombre, ya sea por medio de la explotación de sus recursos renovables o no-renovables, o bien por la instalación de asentamientos humanos de diverso tipo, inclusive las urbanizaciones y las obras de infraestructura.

Como ningún sistema está dado en el punto de partida de la investigación o estudio, el primer paso a seguir fue la definición del sistema en el que se localiza el ecosistema y fenómeno a estudiar. Se trata de un recorte de la realidad física de la región donde se localiza el Lago de Chapala, así como de la realidad socioeconómica, cultural y política de la región, sus relaciones internas significativas y sus condiciones de contorno. Este tipo de recortes se establece con un cierto grado de arbitrariedad, y su ubicación está en buena parte determinada por la problemática planteada, (García Rolando, 1986). Tal recorte de la realidad, le pone límites al sistema y establece sus condiciones de contorno, es decir, las relaciones entre el sistema y los sistemas definidos como externos, pero que están relacionados con él.

El sector de la realidad que resultó pertinente definir como sistema para abordar el problema concreto que nos ocupa en este trabajo, es la cuenca del Lerma-Chapala. La cuenca hidrológica ha sido considerada en nuestro país, desde la mitad de los años cuarenta, como la unidad de planeación del aprovechamiento de los recursos hidráulicos, ya que dentro de ella es posible tomar en cuenta los efectos que pueden causar las acciones relacionadas con el aprovechamiento y control del agua. Esto ha favorecido la sistematización y disponibilidad de información relacionada tanto con la dinámica natural del ecosistema, como con aquellos aspectos derivados de la acción del hombre, situación que también fué considerada en la construcción del sistema.

Cuando se establecen los "límites" del sistema, se comienza sin duda por las fronteras geográficas, para luego proseguir con otros tipos de límites menos obvios. Pueden establecerse límites entre formas de producción, de organización económica o de culturas que coexisten en una región, algunas de las cuales no son pertinentes para el estudio o lo son con menor prioridad y pueden, por consiguiente, dejarse "afuera". Dejar afuera no significa necesariamente dejar fuera de consideración. Cuando aquello que quedó afuera interactúa con lo que quedó adentro, su acción se toma en cuenta a través de las condiciones de contorno o condiciones en los límites, (García R., 1986)

La definición de límites requiere, además, una selección de las escalas espaciales y temporales del fenómeno o problema a estudiar, así como de los elementos del sistema que intervienen en éste, y entre los cuales se han podido detectar las relaciones más significativas. Los "elementos" del sistema suelen ser "unidades" también complejas que interactúan entre sí, que pueden ser consideradas como subsistemas.

En relación con el caso que nos ocupa, se propusieron en principio tres elementos, cada uno de los cuales fue desagregado, según las necesidades del análisis. El elemento "ecológico" que incluye aquellos componentes biofísicos que se relacionan con las entradas y salidas del Lago de Chapala (precipitación, evaporación). El elemento socioeconómico que incluye sólo aquellos aspectos que contribuyen a definir la dinámica volumétrica del Lago (usos del agua en la parte alta de la cuenca y en el Lago). El elemento político-administrativo que incluye la acción normativa, la gestión y la problemática relacionada con las demandas del recurso del Lago (la acción institucional).

Un gran número de propiedades de un sistema quedan determinadas por su estructura y no por sus elementos; aunque las propiedades de estos últimos determinan las relaciones entre ellos y, por consiguiente su estructura. El abordamiento estructural de cualquier sistema en un periodo dado, permite analizar el conjunto de interrelaciones entre elementos, y confiere al sistema su

carácter de totalidad organizada con una visión evolutiva que se centra en los procesos de transformación de aquellas relaciones, (Tudela,1991).

El nudo central del análisis de la dinámica de los sistemas es el estudio de procesos. Los procesos nos describen los cambios que ocurren en el sistema. Pero ello requiere considerar, que la sola descripción del comportamiento de los elementos no sería suficiente para conocer las causas y efectos de los cambios en el sistema, es necesario así, establecer y analizar las interrelaciones entre éstos.

En el presente estudio, una vez desagregados los elementos constitutivos del sistema definido, se analizó la dinámica de los componentes en las escalas de tiempo seleccionadas. Después, se analizaron las interrelaciones entre estos componentes y, de manera enfática, la interrelación que presentan con el fenómeno central de estudio.

2. LA ACCION INSTITUCIONAL RESPECTO AL APROVECHAMIENTO DEL LAGO DE CHAPALA.

Durante casi todo el siglo XIX el Lago de Chapala estuvo virgen en materia de obras hidráulicas. No ocurría lo mismo con el Río Lerma, alimentador del Lago, cuya infraestructura hidráulica tuvo su primera realización en el año de 1580, cuando el fraile agustino Diego de Chávez derivó con la presa Lomo de Toro el río al canal Compuertas Grandes por la margen izquierda, formando al Lago Yuriría.

En el siglo pasado Carlos Markazuza construyó sobre el Lerma el dique Casablanca, que forma una presa con capacidad de 12 Mm³, con la que se deriva el agua al canal Zurumato para fines de riego, en los límites de Guanajuato y Michoacán. Se mencionan estas dos obras en el Lerma, la de Yuriría, por su buena ingeniería, realizada 59 años después de consumada la conquista, y la segunda, por el papel que tuvo en la crisis de 1955 (sequía), (Sandoval, 1981).

En el año 1883 se construyeron las primeras obras hidráulicas que afectaban la dinámica natural del Lago, la presa La Corona y la planta hidroeléctrica de El Salto de Juanacatlán; con la presa Corona se pudieron regar las márgenes del Santiago por los canales Atequiza, en la izquierda, y Zapotlanejo, en la derecha. Ya en operación estas obras, en 1897 se registró en el Lago el nivel más bajo de

que hay noticia, deduciéndose haber sido probablemente 30 centímetros inferior al registrado en 1955, que fué cuatro metros abajo de la salida del Santiago, luego se presentaron en varios años consecutivos aportaciones muy escasas del Lerma. Esto ocasionó el paro de la recién instalada planta de El Salto, (Sandoval, 1981).

Lo anterior, hizo evidente la necesidad de construir una presa que permitiera conservar en el Lago un almacenamiento firmemente utilizable por encima del lecho del Santiago. Esta obra se realizó en 1903 en Poncitlán, por ser el sitio más apropiado por su topografía y geología.

La construcción de esta presa significó hacer normal la inundación de la Ciénega, por lo que se construyeron de 1905 a 1910 los diques en la parte oriente del Lago, éstos fueron construidos por concesión del Presidente Porfirio Díaz para el aprovechamiento agrícola de las 50,000 hectáreas de la Ciénega, ahora protegidas de inundaciones; además, fue necesario encauzar los ríos Lerma y Duero, con sendos diques, a la altura adecuada para que sus corrientes tomaran niveles superiores a los del Lago y pudieran descargar en éste. La longitud de los diques es de 95 km. (Sandoval, 1981; CNA, 1994).

Entre 1911 y 1924 fue evidente la inquietud por ampliar los recursos hidráulicos para la irrigación en el país. Sin embargo, la conmoción social y la inestabilidad

política y económica aún presente, además de los efectos de la Primera Guerra Mundial en el exterior, limitaron la capacidad de realización, (SARH, Agua y Sociedad, 1988).

Hasta 1924 se había tratado de aprovechar los recursos hidráulicos de la nación para emplearlos en obras capaces de alcanzar a una parte importante de la población, y se había esperado que los particulares realizaran en mayor proporción las obras de riego. A partir de 1926 la tendencia no se dirigió, como hasta entonces, únicamente a concesionar, administrar y distribuir los recursos de agua entre inversionistas particulares, sino a llevar a cabo las obras necesarias para abrir grandes superficies al riego, fraccionando y colonizando áreas de antiguos latifundios y de terrenos nacionales, (SARH, 1988).

En este año de 1926 se promulga la Ley sobre Irrigación con Aguas Federales y se forma la Comisión Nacional de Irrigación; con ello se marca el principio de la formación sistemática de la infraestructura hidráulica en México y por ende también en la Cuenca Lerma-Chapala.

Realizadas en el Lago de Chapala las obras que hacen posible su aprovechamiento -Presa Poncitlán, diques de la Ciénega-, en esta nueva etapa fueron completándose los elementos de infraestructura necesarios para el mejor funcionamiento del sistema; por ejemplo, la red de drenes transversales que

permitiera mantener los terrenos de la Ciénega en buenas condiciones para el uso agrícola.

Las obras y trabajos realizados durante la época postrevolucionaria hasta el inicio de la cuarta década del siglo, estuvieron orientados al estudio y aprovechamiento de las potencialidades del bajo Lerma, del Lago y del Alto Santiago.

El crecimiento demográfico y económico en la región, principalmente a partir de la década de los cuarentas, propiciaron consecuentemente incrementos en la demanda del agua. A principios de los años cuarenta, Guadalajara contaba ya con un cuarto de millón de habitantes. Aunado a esto, a partir de 1945 se inicia un periodo de temporales de lluvia escasos que duraría 13 años -con excepción de 1955-, no sólo en la región que nos ocupa, sino en todo el país, (Sandoval, 1981).

Esta situación se agudiza en Jalisco, particularmente en Guadalajara por su plena dependencia del Lago de Chapala, en el cual se empezaron a registrar abatimientos en los niveles debido a que los escurrimientos del río que lo alimenta disminuyeron de manera importante.

Como las precipitaciones escasas se sucedieron durante tres años, las recuperaciones del Lago eran de un tercio o un cuarto de lo normal, pero como sus extracciones eran las mismas de siempre, el descenso en los niveles se hizo alarmante.

Lo anterior preocupó por igual a la Eléctrica Chapala, usuaria de los almacenamientos del Lago a través del Río Santiago, y a la Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH), operadora de los sistemas hidráulicos del país. La Chapala planeó y la SRH aprobó una serie de obras destinadas a subvenir las consecuencias de la cada vez mayor escasez del agua. Por otro lado, se inicia una campaña de acción cívica, cuya bandera fue la "defensa del Lago", generándose así diversas manifestaciones de ataque a los niveles de gobierno estatal y federal.

Como parte de las diversas acciones que se emprendieron para hacer frente a la difícil situación, tanto por la Eléctrica Chapala y la SRH, el titular de esta última decide crear una comisión integrada por ingenieros especialistas representantes de los gobiernos de los estados cruzados por el Río Lerma-Santiago, y presidida por un funcionario de la SRH, cuyo propósito residía principalmente en la realización de estudios y proyectos y en la reglamentación del uso del agua. Así pues, en noviembre de 1950 se instaló la Comisión de Estudios del Sistema Lerma-Chapala-Santiago, (SARH, 1988).

En el mismo año, y como consecuencia de los serios problemas que empezaron a surgir del abastecimiento de agua y manejo de los recursos hidráulicos, se crean la Comisión de Recursos Hidráulicos en el Valle de México y la de estudios del Bajo Río Pánuco. De hecho, hacia 1947 se inició el establecimiento de Comisiones Ejecutivas para las cuencas más importantes de la República, (SARH, 1988).

La Comisión del Lerma se abocó a la elaboración de Estudios y Programas de investigación y aprovechamiento de los recursos, clima, agua y suelo, que luego sirvieron de base para la creación del organismo de planeación regional en septiembre de 1963, que se denominó Plan Lerma Asistencia Técnica. Así también, la Comisión construyó varias obras hidráulicas en la cuenca, entre las que destacaron el desagüe del Lago Cuitzeo, la primera sobreelevación de los diques de la Ciénega de Chapala, y el sistema de abastecimiento de agua a Guadalajara por el Río Santiago. Al mismo tiempo, por encargo presidencial, se solicitó a la Comisión la coordinación de la operación de todo el sistema de obras de la cuenca, lo cual contribuyó a aminorar los efectos de la aguda sequía.

A principios de 1956 se inicia un periodo de recuperación en las precipitaciones de la cuenca, y consecuentemente en los escurrimientos del Río Lerma al Lago. La causa natural de la crisis de la sequía empezaba a desaparecer, se presentaron sucesivamente temporadas abundantes. Sin embargo, la otra

limitación o causa de la situación crítica generada por las bajas precipitaciones y que se refiere a la decadencia del Río Lerma, ocasionada por el crecimiento de la demanda de agua en la cuenca, seguía permaneciendo; decadencia que precisamente por la causa que la produce, es desafortunadamente un hecho sistemático y progresivo.

Así pues, el crecimiento demográfico y económico en la región, han propiciado incrementos elevados en la demanda del agua, propiciando con ello desequilibrios entre la oferta y demanda del recurso a lo largo de la cuenca. Esta situación ha venido generando, de manera creciente, competencia por el agua, transformándose en ocasiones en agudos conflictos entre usos y usuarios, además de la contaminación del recurso. En este sentido, las diferentes instancias de gobierno se vieron rebasadas por la problemática de la región, propiciando con ello, una inadecuada gestión de los recursos hidráulicos en la Cuenca Lerma-Chapala.

Por tal razón, y dado que nuevamente a principios de los ochentas se empieza a presentar en la cuenca y el Lago una situación de escurrimientos escasos, contaminación y bajos volúmenes de almacenamiento respectivamente, resultaba indispensable iniciar un programa de ordenamiento de los aprovechamientos y de acciones de saneamiento, a lo largo del Río Lerma y en

el Lago de Chapala, con objeto de preservar el recurso agua en calidad y cantidad.

De esta manera, los gobiernos federal y estatal involucrados plantearon la ejecución de un programa que se llevara a cabo a través de etapas sucesivas, fijando acciones y recursos coordinados entre la Federación y los Estados de Guanajuato, Jalisco, México, Michoacán y Querétaro, los cuales se establecerían y formalizarían en acuerdos de coordinación.

Así, el 13 de abril de 1989 el Ejecutivo Federal y los Gobiernos de los estados mencionados, firmaron un Acuerdo de Coordinación para llevar a cabo un Programa de Ordenamiento de los Aprovechamientos Hidráulicos y el Saneamiento de la Cuenca Lerma-Chapala, con el objeto de lograr lo siguiente:

- a) La preservación de la calidad del agua y su saneamiento en la cuenca.
- b) La ordenación y regulación de los usos del agua para controlar los volúmenes existentes y hacer una distribución equitativa entre entidades y usuarios.
- c) El uso eficiente del agua, realizando programas de aprovechamiento urbanos, agropecuarios e industriales, y promoviendo el tratamiento y reutilización de las aguas residuales.

- d) El manejo y la conservación de cuencas y corrientes promoviendo actividades para infiltración y recarga de acuíferos, retención de azolves y recuperación de suelos.

En aquella ocasión, con base en esas cuatro directrices se asumieron conjuntamente compromisos concretos para atender y solucionar la problemática más apremiante. En septiembre de ese mismo año, se creó y sesionó por primera vez el Consejo Consultivo que sería el encargado de evaluar los avances y dar seguimiento al cumplimiento de los compromisos contraídos. En su seno se instaló el Grupo de Trabajo Técnico en octubre de 1990, encabezado por la Comisión Nacional del Agua (CNA), con el propósito de elaborar un acuerdo sobre disponibilidad, distribución y usos del agua en la cuenca, así como determinar y concertar las acciones del programa de ordenamiento y saneamiento.

Para ordenar la cuenca, se inició en una primera etapa un acuerdo de distribución de las aguas superficiales que se utilizan para el riego agrícola, ya que este sector se constituye en el mayor usuario de estas aguas. En tal acuerdo se estableció como objetivo básico: asegurar una distribución del agua racional, equitativa y justa, adaptable a periodos de escasez y de abundancia, que permita sostener y apoyar el desarrollo económico de la región. Con ello se

pretende reducir los conflictos entre los diferentes usuarios tanto a nivel geográfico, como los que se generan en la competencia por el uso a nivel local.

A fin de conseguir lo anterior se hizo un análisis de la oferta y demanda del recurso. En este sentido, se partió del análisis histórico de datos hidrométricos en la cuenca, para lo cual se consideró la red hidrométrica y la infraestructura hidráulica más importante. Con el propósito de proteger los derechos vigentes de los usuarios, se determinaron los volúmenes reales demandados por el sistema de usuarios de derecho, con apoyo de los Distritos de Riego, y las Unidades de Riego para el Desarrollo Rural.

El criterio para la distribución de las aguas superficiales en la Cuenca Lerma-Chapala, considera en primera instancia la disponibilidad real del escurrimiento superficial; en función de esto, se trata de atender al máximo permisible y de manera equitativa, las demandas de los usuarios de riego en los diferentes estados. Por otro lado, dado que el Lago de Chapala es parte importante del sistema hidrológico, la política de distribución considera la magnitud de sus entradas. Para ello, se determinó el factor de ajuste que pudiera garantizar los volúmenes mínimos de entradas al Lago que aseguren la preservación de dicho cuerpo, considerando también como punto de partida el escurrimiento mínimo registrado históricamente. Así, al multiplicar el factor de

ajuste por el grado de aprovechamiento de cada entidad se obtiene el criterio de distribución.

En agosto de 1991 se firmó el Acuerdo de Coordinación para distribuir las aguas superficiales de la cuenca, cuyo contenido se deriva de los criterios técnicos antes expuestos. A partir de noviembre de ese año, la cuenca Lerma-Chapala se rige bajo este nuevo orden para asignar los volúmenes de agua superficial para su aprovechamiento.

El Acuerdo mencionado se aplicó cabalmente para determinar los volúmenes de extracción autorizados para el ciclo 1991-1992. La Comisión Nacional del Agua por conducto de la Gerencia Regional Lerma-Balsas y de sus Gerencias en los estados de Guanajuato, Jalisco, México, Michoacán y Querétaro, realizó el seguimiento estricto de las extracciones de agua superficial, principalmente en los distritos de riego de la cuenca. Con ello se aseguró que ninguno de los usuarios aprovecharan un volumen mayor al máximo autorizado.

Lo mismo ocurrió para el ciclo 1992-1993, con los escurrimientos generados entre noviembre de 1991 y octubre de 1992, y la situación del almacenamiento en el Lago de Chapala al primero de noviembre del 92, se aplicaron las ecuaciones consignadas en el Acuerdo para determinar los volúmenes por autorizar para el ciclo en cada una de las subregiones y para cada uno de los

sistemas de usuarios de la cuenca. Estos volúmenes se dieron a conocer mediante Boletín No. 2 de Volúmenes Máximos Autorizados.

El Consejo Consultivo sesionó por tercera ocasión en marzo de 1992, se evaluaron los avances y también se acordó lo relacionado a cuatro puntos fundamentales; elaborar el Plan Maestro de la Cuenca, concluir la primera fase de saneamiento y concertar la segunda fase de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales y urbano-industriales; formular el acuerdo de aguas subterráneas; e implantar el Sistema de información de la cuenca con participación de las instituciones representadas en el Consejo.

En materia de aguas subterráneas, el 28 de enero de 1993 el Ejecutivo Federal y los Gobiernos de Guanajuato, Jalisco, México, Michoacán y Querétaro firmaron un acuerdo de coordinación para reglamentar el uso, explotación y aprovechamiento de las aguas subterráneas de la cuenca Lerma-Chapala con los objetivos de: lograr una distribución de los volúmenes en forma equitativa, proporcional y justa entre los usuarios legalmente establecidos; y preservar los acuíferos ubicados en la cuenca.

Así, se inició un proceso de ordenamiento y regulación de los aprovechamientos hidráulicos de los 26 acuíferos de la cuenca. En primer orden, se comenzó la elaboración de un padrón único que permitiera determinar con precisión los

caudales utilizados por los usuarios, esto con el propósito de determinar los volúmenes reales demandados por los sistemas de usuarios. Con esta información, y al contar con el reglamento respectivo, anualmente se revisarán las condiciones geohidrológicas de los acuíferos y se elaborarán mecanismos anuales de ajuste por acuífero que definan las políticas de operación y conservación del mismo.

Para aliviar la problemática relacionada con la contaminación y deterioro de la calidad del agua en la cuenca se adoptó una estrategia que consistió en tratar primero las aguas de las poblaciones cuya ubicación o magnitud fueran estratégicas, y después tratar las aguas residuales domésticas e industriales en puntos focales de contaminación, cuya envergadura y repercusiones sean micro o macroregionales. En la primera fase de saneamiento se planteó reducir en términos de sólidos totales y DBO, en un 50% la contaminación que el Río Lerma descarga a Chapala y en un 65% la ocasionada por las poblaciones ribereñas del Lago. Esta primera fase requirió una inversión federal y estatal a precios actuales de 260 millones de nuevos pesos.

Esta primera fase del Programa de Saneamiento de la cuenca comprende la construcción de 48 plantas de tratamiento de aguas residuales municipales, con una capacidad de tratamiento en conjunto de 3,619 lps. Hasta enero de 1993, se habían terminado 36 plantas de tratamiento: 3 en Guanajuato, 1 de Comisión

Federal de Electricidad en Salamanca, 16 en Jalisco, 13 en el Estado de México, 1 en Michoacán y 2 en Querétaro. Esto representa el 80% de avance en cuanto a la fase constructiva.

En la cuenca se descarga un total de 72,800 toneladas/año de materia orgánica medida como DBO, proveniente de descargas municipales, de las cuales se calculaba que aproximadamente 14,500 toneladas/año alcanzaban a llegar al Lago de Chapala y otras 4,150 toneladas/año se descargaban directamente por las localidades ribereñas. Con las plantas de tratamiento que se encontraban en operación hasta 1993 se tenía una remoción de 25,040 toneladas/año, de las cuales se estima que 5,075 toneladas/año dejan de llegar al Lago por el río, lo cual significa un avance del 70% del compromiso de la primera fase del Programa de Saneamiento.

Por otro lado, en cuanto a la carga contaminante que se descargaba directamente por las localidades ribereñas, se logró reducir en un 65% esta carga, al entrar en operación 11 plantas de tratamiento en el estado de Jalisco, ubicadas en la ribera del Lago y que remueven un total 2,700 toneladas/año de materia orgánica.

Algunos usuarios industriales se han interesado en participar en la solución de los problemas de contaminación del agua, por lo que en varios estados de la

cuenca se han propuesto plantas que tratarán tanto aguas residuales de origen municipal como industrial. En esto, ha desempeñado un papel fundamental la entrada en vigor de la Ley Federal de Derechos, que especifica que el que contamina el agua la debe descontaminar, o en su defecto, se genera un derecho que el usuario debe de pagar al Gobierno Federal. Esta política está diseñada de tal manera que al usuario le resulte menos costoso el tratar sus descargas, que el pagar los derechos por no tratarlas. La entrada en vigor de la Ley de Aguas Nacionales, también reforzó esta política al indicar que las descargas hacia los cuerpos receptores se realicen con una calidad definida, que impida la contaminación del agua. Por ello, al proponerse en la segunda fase del Programa de Saneamiento, con duración de 3 años a partir de 1993, plantas que traten descargas municipales-industriales, se requiere de sistemas más avanzados de tratamiento, ya que la mezcla de contaminantes presenta una mayor complejidad.

Las condiciones de escasez y las expectativas de incremento en las demandas de agua han obligado a adoptar medidas para abatir aquellas por la vía de un mejor uso del agua. Así, la fuente idónea para satisfacer la demanda y para la recuperación del potencial de los acuíferos y las corrientes en la cuenca, es el ahorro de volúmenes que actualmente se desperdician. En este sentido es que se inician los Programas de Uso Eficiente del Agua en Ciudades y en el Sector Agrícola.

Además de las acciones mencionadas, en abril de 1991 se inició el Programa de Agua Limpia a nivel nacional, con el propósito de evitar la propagación de enfermedades gastrointestinales. Una de las acciones más importantes de este Programa ha sido la instalación y puesta en operación de equipos de desinfección que garanticen la calidad bacteriológica del agua suministrada para consumo humano. Antes del Programa, en los 5 estados que comparten la cuenca Lerma-Chapala se desinfectaba un gasto de 5,763 lps en 10 localidades que albergaban una población de 2'255,000 habitantes. En la actualidad se tiene un gasto clorado de 15,192 lps, con los que se beneficia una población de 4'830,000 habitantes que se ubican en 176 localidades. Este gasto clorado representa un avance del 81% con respecto al caudal total suministrado en la cuenca.

Lo descrito anteriormente es una breve recapitulación de los esfuerzos emprendidos dentro del marco del Acuerdo de Coordinación, por las diferentes instancias de Gobierno involucradas, con base en sus atribuciones y ámbitos de acción. La información correspondiente proviene de los documentos oficiales elaborados por las diferentes instituciones involucradas en el Acuerdo (Consejo Consultivo de Evaluación y ..., 1991, 1992, 1993).

3. RELEVANCIA DEL LAGO DE CHAPALA.

3.1 Importancia ecológica del Lago.

El Lago de Chapala ubicado entre los estados de Jalisco y Michoacán es con sus 1,200 km² el ambalse más grande de México. Al conjugarse con su cuenca local, su ubicación mundial y su altura sobre el nivel del mar, propicia en conjunción un ecosistema de comportamiento climático moderado; ideal para la supervivencia de su fauna y flora propias, y además se brinda como abrigo paternal a otra fauna y flora que sobre este ecosistema se induce como consecuencia natural o premeditada, además de brindarse como albergue protector de diferentes especies de la fauna migratoria cíclica que normalmente se alejan en las temporadas invernales de lugares nórdicos y llegan a estos lugares para evadir los rigores de temperaturas gélidas extremas y prolongadas.

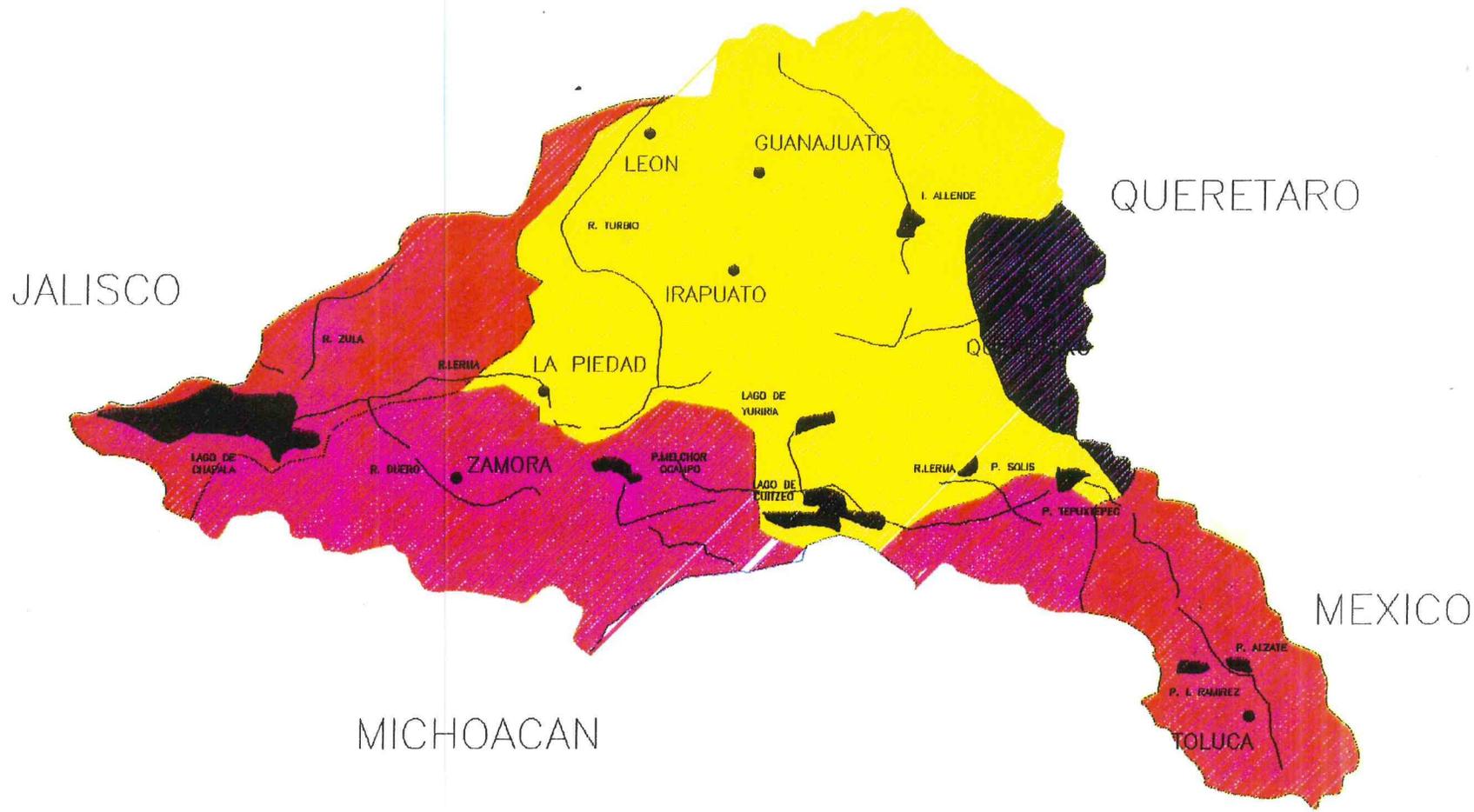
El Lago está alimentado por el Río Lerma y descarga por la embocadura del Río Santiago, tres kilómetros aguas arriba de Ocotlán, a distancia en línea recta de 15 kilómetros de Maltaraña por donde actualmente el Lerma entra al Lago; de tal modo que depende de las aportaciones de éste último para mantener un nivel que le permita drenar por el Río Santiago, sin inundar a los poblados de la ribera y sin quedarse tampoco por debajo del lecho de ese río. Se constituye así

en vaso regulador de la cuenca hidrológica Lerma-Chapala-Santiago, la cual tiene una superficie de 126,000 km² .

El río en esta región tiene un recorrido de aproximadamente 1,200 Km desde el inicio del Río Lerma en los manantiales de Almoloya en el Estado de México, hasta la desembocadura del Río Santiago en el Océano Pacífico.

La parte de la cuenca que abarca al Río Lerma y el Lago de Chapala tiene una superficie de aproximadamente 48,215 Km², ésta representa menos del 3% del territorio nacional, sin considerar las cuencas cerradas de Pátzcuaro y Cuitzeo, se ubica en el centro del país y comprende parcialmente los estados de Guanajuato, Jalisco, México, Michoacán y Querétaro, aquí se asientan uno de cada once mexicanos, se genera poco más de la tercera parte de la producción industrial nacional, se origina el 20% del comercio total y queda comprendida una de cada ocho hectáreas de riego y temporal. (Lámina No.1 Cuenca Lerma-Chapala)

CUENCA LERMA-CHAPALA GUANAJUATO



ESTADO	% SUPERFICIE	PRECIPITACION mm
MEXICO	11	650
QUERETARO	5	580
GUANAJUATO	49	620
MICHOACAN	20	880
JALISCO	15	840
CUENCA	48,215 Km ² (SUPERFICIE TOTAL)	744

LAMINA-1

El Río Lerma está regulado hasta donde se encuentra la Presa Solís, cuyos ingresos son de 958 millones de metros cúbicos. A partir de este punto, la corriente está sujeta a las aportaciones que se provocan en los vasos de almacenamiento para abastecer los volúmenes requeridos por las zonas de riego que se están comprendidas desde Acámbaro hasta Yurécuero en las mediaciones del Lago de Chapala.

Desde la Presa Solís hasta la desembocadura en el Lago de Chapala, el río Lerma tiene un recorrido de 421 Km, con una cobertura de área de 32,121 Km², donde se generan los volúmenes que escurren por el río para alimentar al Lago. Otra aportación al Lago es por cuenca propia, la cuál tiene una extensión de 3,215 km², donde destacan corrientes como la del Río de la Pasión y Huaracha.

Por lo que respecta al Lago de Chapala en particular, situado a 42 km de la Cd. de Guadalajara, geográficamente pertenece al estado de Jalisco y una pequeña parte al de Michoacán, sin embargo, se ve afectado por las actividades socio-económicas del Estado de México, la Cd. de México, los estados de Queretaro y Guanajuato, ya que como se mencionó el Río Lerma desagua en el Lago.

En diferentes libros, revistas y notas periodísticas ("Cámara Nacional de la Industria de la Construcción, 1989"); (Alba Carlos, 1989); (Paré Luisa, 1989); (Sandoval Francisco, 1993), se exponen medidas del Lago que generalmente no coinciden; al respecto, José Escotto Jimenez (Lago de Chapala, 1986) considera que el dato conveniente es el que da el levantamiento foto-aéreo-gramétrico que realizó CETENAL en el año 1973, cuando el Lago alcanzó la cota 98.78 el día 23 de septiembre. Datos que a su vez coinciden con la Carta General del Estado de Jalisco del mes de mayo de 1984. De esta manera, se determinó que la longitud máxima del lago es de 75 Km, con un promedio de ancho de 18 Km, lo cual representa una superficie superior de 1,350 Km².

A finales del siglo XIX la región Chapala estaba formada por tierras de cerro y ciénega, estas últimas en el caso de las de Chapala, anualmente se unían a las de Zamora. Las ciénegas se originaban por la poca permeabilidad del terreno en un sinnúmero de manantiales que rodeaban los valles, por las aguas pluviales que se estancaban en las depresiones de los terrenos, y por las inundaciones que realizaban en forma anual, las corrientes de los ríos Santiago y Duero. Estos terrenos anegados por los ríos quedaban en su mayoría libres de agua en el período de secas.

Las razones de que el Lago y sus inmediaciones sea un ecosistema benéfico para cualquier ser vivo, son a grandes rasgos las siguientes. El clima de la

ribera de Chapala se considera uno de los más benignos del país, ya que los veranos no son extremadamente calurosos ni los inviernos muy fríos debido a la presencia del Lago. En enero, el mes más frío, la temperatura al amanecer es de 11°C y al medio día de 22 °C; en mayo el mes más cálido, los valores son de 17°C y 29°C. Se supone que de no existir el Lago, los grandes volúmenes evaporados ya no pasarían a la atmósfera y el clima se volvería más extremo, correspondiente a una zona semidesértica, los veranos serían más cálidos y los inviernos más fríos con un mayor número de heladas.

Los principales recursos bióticos del Lago están constituidos por el plánton, el benton, las plantas acuáticas, las aves y 39 especies de peces, entre los que pueden destacarse los charales, los blancos, los bagres y las tilapias. En general no se conoce bien la cadena trófica en el lago de Chapala, (Pare Luisa, 1989).

Uno de los principales problemas ecológicos del Lago, según diversas fuentes, es el lirio. Planta originaria del Africa, traída a la región hace cerca de cien años, además de acelerar las condiciones de evapotranspiración en el lago, presenta serios inconvenientes para la navegación, la pesca, los deportes acuáticos, la irrigación, la conservación de equipos y obras de infraestructura, para el necesario movimiento del agua, y la penetración de los rayos solares necesarios para el desarrollo de la flora acuática, (Pare, Luisa, 1989).

3.2 Desarrollo económico-social en torno al Lago.

La cuenca del sistema hidrológico Lerma-Chapala-Santiago ha desempeñado un papel clave en la vida de México. Baste recordar que fué a través de ella como se establecieron las comunicaciones humanas más antiguas entre Tenochtitlán y las regiones norteañas y del occidente, y también por donde se desplazaron los colonizadores españoles en sus exploraciones hacia el norte y el noroeste, y posteriormente, el lugar de tránsito obligado hacia las principales zonas mineras. Además, entre las ciudades de León y Querétaro se extiende, dentro de la cuenca, la amplia región del Bajío, compuesta de tierras aluviales drenadas por los afluentes del Lerma, que fué durante varios siglos la zona agrícola más importante del país, hasta que se abrieron al cultivo los sistemas agrícolas del noroeste del país.

Se trata de una zona de grandes aprovechamientos hidráulicos a lo largo de los estados de Querétaro, Michoacán, México, Guanajuato y Jalisco, en donde el desarrollo de las actividades productivas en la minería, la agricultura y la ganadería, la industria y el comercio, se tradujo a lo largo del tiempo en un crecimiento económico que hizo posible la expansión de la población. Para el último cuarto del siglo XIX, es de suponerse que la cuenca abastecedora del Lago y las riberas del mismo ya se encontraban regularmente pobladas y haciendo uso del recurso agua y los productos por ella y en ella generados.

El Lago es famoso desde la época prehispánica por la pesca de charal y del pescado blanco. Si bien hoy día se embarca pescado fresco fileteado, aunque en pequeña escala, desde Chapala hacia lugares distantes, antiguamente la actividad pesquera tenía un carácter regional. A los mercados mas alejados se destinaban las especies que se prestaban para ser secadas y saladas, por ejemplo, la popocha, el charal y la carpa (Pare Luisa, 1989).

Algunas de las especies que se explotaban comercialmente, hoy pueden considerarse desaparecidas del lago, estas son la popocha, la sardina, la lisa, la barbata y la lobina. Actualmente los que son capturados para fines comerciales son el charal, el pescado blanco, el bagre, la carpa y la tilapia. La actividad pesquera del lago de Chapala aporta el 40% de la producción total nacional del charal y más del 70% del volumen de la pesca en agua dulce del Estado.

La producción agrícola de la cuenca del lago no es despreciable. De los municipios vecinos al lago, en la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) a través de la Comisión Nacional del agua (CNA), se ha calculado que más del 10% de la población económicamente activa, depende en forma directa de las áreas bajo riego, que alcanzan ahí unas 50 mil hectáreas, localizadas principalmente en la zona conocida como "La Ciénega". Además de la producción de granos en el distrito de riego de la Ciénega, se cultivan

hortalizas en el municipio de Tizapán, y el chayote en toda la ribera, especialmente en la del norte y la del poniente.

De acuerdo a la estadística agrícola de riego de la Comisión Nacional del Agua (CNA, 1994), a la fecha, en toda la cuenca del Lerma se cuenta con una superficie de 780,000 hectáreas abiertas al cultivo, que corresponde a 9 distritos de riego y 16,000 unidades de riego de desarrollo rural.

Otra modalidad en el uso del agua de los afluentes y almacenamientos del lago, lo fué la generación de energía eléctrica. A finales del siglo pasado se instaló la primera planta hidroeléctrica en el Salto de Juanacatlán. Ya en operación esta planta, se registró en el lago uno de los niveles mas bajos de los que se tenga historia, ésto ocasionó el paro de la recién instalada planta de El Salto.

Considerando ésto, se vió la necesidad de construir una obra que permitiera conservar en el lago un almacenamiento utilizable por encima del lecho del Santiago. Esta obra se realizó en 1903 en Poncitlán, se trata de una presa móvil de 22 compuertas de madera.

Posteriormente se construyeron otras plantas para suministrar energía eléctrica a Guadalajara y otras poblaciones de los alrededores. Dos a principios de siglo en el río Santiago, Puente Grande y Juntas. Otra fué la iniciada en 1942, aguas

arriba de la planta de Juntas, a la que se le llamó Colimillas. Para la operación de las obras hidráulicas mencionadas es necesario pasar por el río Santiago determinados volúmenes que requieren que el nivel del lago esté como mínimo a la cota 95.50 . En tal situación, se planeó el bombeo del Lago a través de la planta de bombeo en Ocotlán, previendo un descenso de éste hasta la cota 93.50, cuatro metros treinta centímetros abajo de su nivel normal.

Durante la década de los años 30, se sigue ampliando la diversificación del uso de las aguas de la cuenca Lerma-Chapala-Santiago, sobre todo aguas abajo del Lago, ya que se empiezan a establecer industrias como la Nestlé en 1935, en la población de Ocotlán, Jalisco; y Celanese Mexicana en 1946, en Cuitzel, Municipio de Poncitlán.

Por los años 50's y 60's se incrementa la demanda del líquido tomado del afluente principal (Río Lerma) a consecuencia del incremento de las actividades agropecuarias e industriales que se establecen en el corredor del Bajío, sobre todo en el estado de Guanajuato. Al ostensible crecimiento de zonas industriales, desde Lerma, Estado de México, hasta El Salto, Jalisco, se le agrega el establecimiento de la refinería en Salamanca, Guanajuato, caracterizada por sus acciones de deterioro de aguas superficiales.

La cuenca del Río Lerma abastece de agua potable a ciudades tan importantes como: Guadalajara, Distrito Federal, Toluca, León, Irapuato, Guanajuato, Querétaro, Salamanca, Zamora, Abasolo, La Piedad y algunas otras de menor población, en total resultan ser alrededor de 25 ciudades. Se puede considerar que esta cuenca atiende a más 20 millones de personas en el rubro de agua potable.

La zona metropolitana de Guadalajara se abastece principalmente de los volúmenes almacenados en el Lago de Chapala desde noviembre de 1956, fecha en que se puso en operación la infraestructura para abastecimiento de agua potable a Guadalajara, tomando el agua de la presa Corona.

Todos estos factores relativos a los diferentes usos del agua de la cuenca, han ido conformando un comportamiento de volúmenes de embalse y calidad del agua en el Lago de Chapala.

4. LA DINAMICA DE LOS NIVELES Y VOLUMENES ALMACENADOS EN EL LAGO DE CHAPALA.

4.1 Registro histórico de los niveles de agua mínimos y máximos en el Lago

Al plantear el interés de estudiar la relación sociedad-naturaleza en torno al Lago de Chapala, mi intención es identificar, dentro de la compleja problemática en relación al equilibrio ecológico del Lago, cuáles han sido las transformaciones en la dinámica de los niveles y volúmenes almacenados en el cuerpo lacustre, sus determinantes y, aquello que se desprende de esas transformaciones.

Para tal propósito, consideré necesario disponer de la información para un periodo lo suficientemente amplio que permita dar cuenta de dicho proceso. Acerca de los niveles en el Lago, se tienen registros de 1900 a 1993; sobre los volúmenes almacenados, se cuenta con registros desde 1934 a 1993. (Comisión Nacional del Agua, 1993)

Para referirse a la capacidad y los niveles del lago se utiliza el término "cota", cuyo origen y equivalencia vale la pena explicar: las primeras obras hidráulicas realizadas en el lago, requirieron de una base de apoyo de ingeniería. Así se estableció el sistema de cotas y altitudes topográficas convencionales, cuyo patrón fijo se localizó en el intradós de la clave del arco central del puente de

Cuitzeo sobre el Río Santiago frente a Ocotlán -demolido en 1965- con la cota 100.0 metros; posteriormente se encontró que ese punto tenía la elevación sobre el nivel del mar de 1526.80 metros. Así mismo, se hizo necesario establecer la cota de "tasación" del lago lleno, tal que el agua, al alcanzarla, no causara afectaciones en las riberas y representara un nivel óptimo de operación en función del almacenamiento. Esta cota es la renombrada 97.80, la cual corresponde a 1,524.60 metros sobre el nivel del mar, (Sandoval, 1980).

Al revisar la información correspondiente al registro de niveles de agua en el Lago de Chapala para el período 1900-1993, se observa que, durante los primeros 45 años los niveles del Lago presentan un comportamiento ascendente y descendente año con año, pero con un promedio más o menos constante durante esta parte del período. A partir de 1946, año en que se registró un nivel mínimo en la cota 94.78, el descenso en los niveles del lago se presentó de manera constante, hasta llegar en julio de 1955 a la cota 90.80, fecha en que incide el nivel más bajo desde que se tienen registros. (Cuadro Gráfica No. 1)

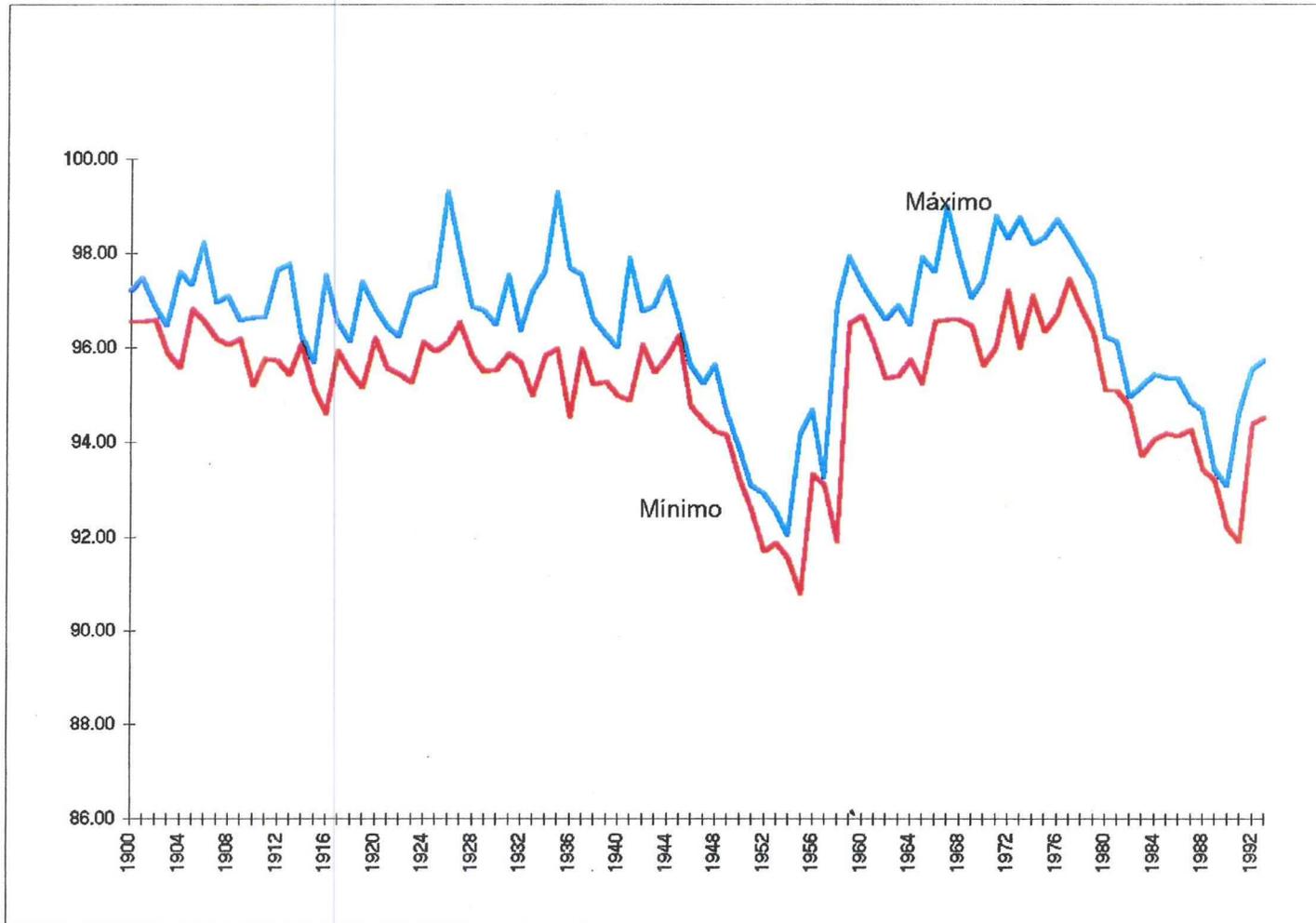
**Cuadro No. 1 Niveles de Agua Máximo y Mínimo
en el Lago de Chapala 1900-1993**

Año	Mínimo (m)	Máximo (m)
1900	96.56	97.22
1901	96.55	97.50
1902	96.59	96.88
1903	95.90	96.50
1904	95.59	97.62
1905	96.82	97.35
1906	96.58	98.26
1907	96.20	96.98
1908	96.06	97.12
1909	96.20	96.60
1910	95.21	96.66
1911	95.78	96.66
1912	95.74	97.67
1913	95.43	97.80
1914	96.10	96.30
1915	95.15	95.72
1916	94.62	97.57
1917	95.94	96.58
1918	95.47	96.16
1919	95.16	97.41
1920	96.21	96.87
1921	95.58	96.48
1922	95.45	96.26
1923	95.27	97.14
1924	96.13	97.24
1925	95.92	97.34
1926	96.12	99.33
1927	96.53	98.09
1928	95.82	96.89
1929	95.50	96.80
1930	95.55	96.52

Año	Mínimo (m)	Máximo (m)
1931	95.88	97.57
1932	95.70	96.38
1933	95.00	97.20
1934	95.84	97.64
1935	95.98	99.30
1936	94.54	97.70
1937	95.98	97.56
1938	95.22	96.63
1939	95.29	96.30
1940	95.00	96.02
1941	94.89	97.92
1942	96.06	96.79
1943	95.47	96.92
1944	95.82	97.53
1945	96.25	96.63
1946	94.78	95.67
1947	94.48	95.26
1948	94.25	95.67
1949	94.15	94.68
1950	93.24	93.90
1951	92.58	93.10
1952	91.70	92.94
1953	91.88	92.58
1954	91.58	92.05
1955	90.80	94.22
1956	93.34	94.70
1957	93.10	93.28
1958	91.91	96.93
1959	96.52	97.97
1960	96.67	97.40
1961	96.10	97.00

Año	Mínimo (m)	Máximo(m)
1962	95.35	96.62
1963	95.42	96.90
1964	95.75	96.52
1965	95.24	97.93
1966	96.56	97.62
1967	96.60	99.01
1968	96.59	97.92
1969	96.46	97.08
1970	95.62	97.46
1971	96.03	98.81
1972	97.20	98.33
1973	95.98	98.78
1974	97.09	98.22
1975	96.35	98.37
1976	96.70	98.73
1977	97.46	98.36
1978	96.85	97.95
1979	96.29	97.45
1980	95.13	96.25
1981	95.11	96.15
1982	94.76	94.98
1983	93.72	95.21
1984	94.07	95.46
1985	94.19	95.40
1986	94.14	95.38
1987	94.29	94.90
1988	93.45	94.71
1989	93.20	93.47
1990	92.20	93.11
1991	91.91	94.66
1992	94.41	95.56
1993	94.53	95.76

**Gráfico No. 1 Niveles de Agua Máximo y Mínimo Anuales
en el Lago de Chapala (m) 1900-1993**



Fuente: Gerencia de la Comisión Nacional del Agua en Jalisco

No obstante, a finales de este mismo año (1955) se presenta un temporal tardío pero abundante, que logra influir en la recuperación de los niveles del Lago. Esta recuperación se extiende desde finales de 1955 hasta 1959. Después, de 1960 a 1979, observamos un periodo en el que los niveles se mantienen entre las cotas 96.00 como mínimo y 99.00 como máximo, situación similar a la registrada en los primeros 45 años del siglo.

A principios de los ochentas se vuelve a presentar un fuerte descenso en las elevaciones del agua en el Lago. Este periodo de descenso se extiende a 1991, año en el que el nivel mínimo se registra en la cota 91.91 m. Para 1992 los niveles mínimos y máximos se incrementan, mismos que se mantienen en 1993; en caso de mantenerse las elevaciones mencionadas, esto puede representar un indicio hacia una nueva recuperación.

Así, a partir del análisis de los niveles en el lago, se identifican los periodos que se apuntan en el cuadro siguiente:

Normal	1900-1944
Descenso	1945-1955
Recuperación	1956-1959
Normal	1960-1979
Descenso	1980-1991
Hacia la recuperación	1992-

Los registros de los niveles del agua máximo y mínimo anuales en el lago constituyen un indicador que permite dar cuenta de los volúmenes almacenados durante el año. Para poder evaluar de manera más clara la dinámica del almacenamiento se infirieron los volúmenes almacenados en el Lago de Chapala (se cuenta con información a partir de 1935) y se estudio la relación que éstos guardan con las entradas.

4.2 Variabilidad y tendencias de mediano plazo en los volúmenes almacenados en el Lago.

La mayor parte de lo escrito sobre el lago de Chapala, en la prensa o en ponencias de los coloquios realizados (Colegio de Jalisco, 1984; CNIC, Jalisco 1989; Colegio de Ingenieros Civiles, Guadalajara, 1985; Villela, 1989), se refiere a su capacidad de almacenamiento. Esta preocupación refleja los respectivos intereses de los distintos sectores sociales: de los habitantes de Guadalajara, de los industriales, de los pescadores, de los agricultores, de los ganaderos y campesinos solicitantes de tierras, dispuestos a ocupar todo terreno que va dejando al descubierto el lago cuando se retira, y otros.

Visualizar la dinámica hidrológica de Chapala es básico para la comprensión cabal de la problemática social y ecológica del lago, porque para entender la contradicción de intereses en la apropiación social de un ecosistema determinado, es necesaria una comprensión de éste en su dimensión natural.

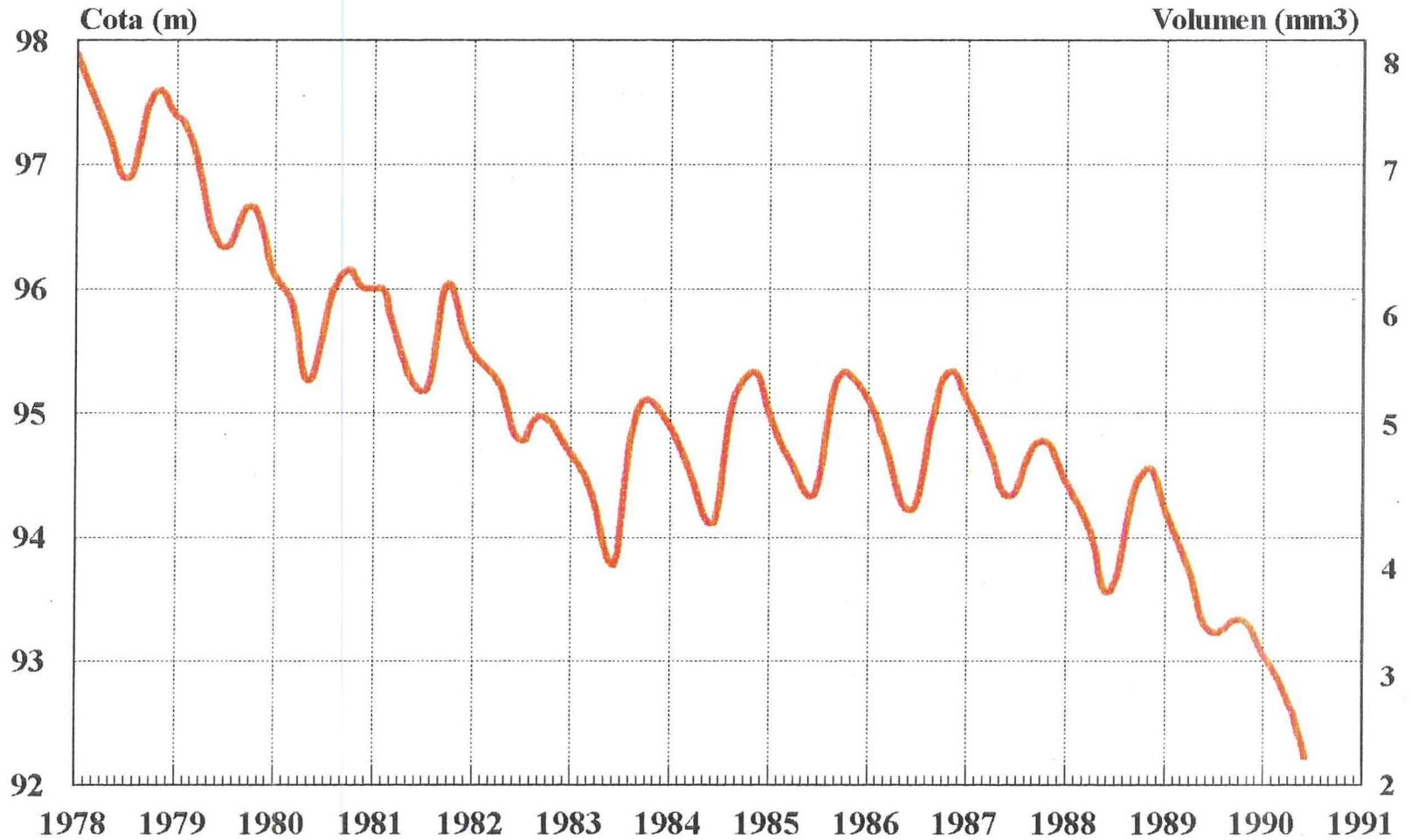
Así pues, con el propósito de dar mayor claridad al análisis de la dinámica volumétrica del lago, se describen las características dimensionales del mismo y los elementos necesarios para determinar su capacidad de embalse.

La descripción morfofísica del vaso del lago, tradicionalmente se ha descrito como la imagen de un gran plato; descripción que se usa para exponer que la base del lago o fondo del mismo, tienen poca capacidad de almacenamiento, y que conforme van creciendo los niveles a la parte alta, la capacidad de embalse se va ampliando.

La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos ha determinado una serie de parámetros o medidas, desde el fondo del lago hasta la vertiente alta de seguridad, con graduaciones, que le permiten saber de inmediato al leer éstas en un estadal o regla graduada, qué volumen puede tener almacenado el lago en un instante o periodo determinado (Lámina No. 2 Niveles-Almacenamiento Lago de Chapala).

El fondo del lago se ubica en la cota 87 y prácticamente ya no existe almacenamiento. La cota máxima de almacenamiento (antes de desbordarse) es la 97.80 (Lámina No.3 Plano batimétrico).

Lamina No. 2 Niveles/Almacenamiento del Lago de Chapala 1978-1990



Fuente: Gerencia Estatal de la Comisión Nacional del Agua en el estado de Jalisco

A partir de la cota 95.50 el agua del lago de Chapala puede salir por gravedad a través del río Santiago, el cual nace en el Lago. A 18 Km aguas abajo sobre el mismo río se localiza la presa derivadora "Poncitlan", construída en 1910, con la cuál se controlan las extracciones de agua del lago.

En la cota 95.50 el lago almacena 5,295 millones de Mm³, para aprovechar este volumen que no sale por gravedad es necesario utilizar bombeo. En la cota máxima, que es la 97.80, se logra almacenar un volumen de 7, 885 Mm³.

La dinámica de almacenamiento del lago de Chapala depende tanto de sus aportes como de sus salidas. Los aportes están constituídos por aquellos que le proporcionen cuenca arriba, los ríos Lerma y Duero, más los cada vez más escasos aportes del Río de la Pasión; otros son los volúmenes que escurren de su cuenca local en tiempo de lluvias, además de las precipitaciones concentradas en la propia superficie del Lago.

Las salidas del Lago son, por un lado las extracciones que se realizan al mismo para diferentes usos (Urbano-industrial, riego agrícola, y generación de energía eléctrica), más su coeficiente de evaporación y filtraciones.

Con respecto a la trayectoria de la dinámica de su embalse, pérdidas o gastos anuales, no es sino hasta el siglo XX, desde 1901 y hasta la fecha, que se dispone de documentos particulares y oficiales, en donde se ha plasmado una estadística que cubre ciclos anuales. Sin embargo, aunque no existe documento escrito que lo narre, se presume que en fechas lejanas el lago también se vió disminuído en su volumen almacenado, o bien se prestaron abundantes aportes que causaron desbordamientos de sus aguas. ("Chapala Ayer y Hoy", 1984)

En el libro "Chapala Ayer y Hoy" publicado por la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística de Jalisco, en un artículo de José Vicente Orozco y Orozco, se menciona que en 1897 se registraron niveles muy bajos en el lago y que es precisamente en esa fecha que se originó el proyecto de construcción de la presa Poncitlán, aguas abajo del lago y sobre el Río Santiago, para controlar escurrimientos y racionar volúmenes que pudieran ser aprovechados en tiempo de estiaje.

Al revisar la dinámica general de la gráfica de volúmenes almacenados en el lago, se observan las mismas tendencias que se presentan en la gráfica de niveles. Durante los primeros 45 años del siglo, el lago mantiene almacenamientos importantes que oscilan entre los 6,500 y 8,500 millones de m³ como máximo y un mínimo que varia entre los 5,000 y 6,000 millones de m³. En los años 1926 y 1935 se alcanzan almacenamientos que rebasan los 9,500

millones de m³, estos representan dos de los más elevados almacenamientos que se registran durante toda la serie histórica con la que se cuenta. (Cuadro y Gráfica No. 2 Volúmenes almacenados máximo y mínimo en el Lago de Chapala).

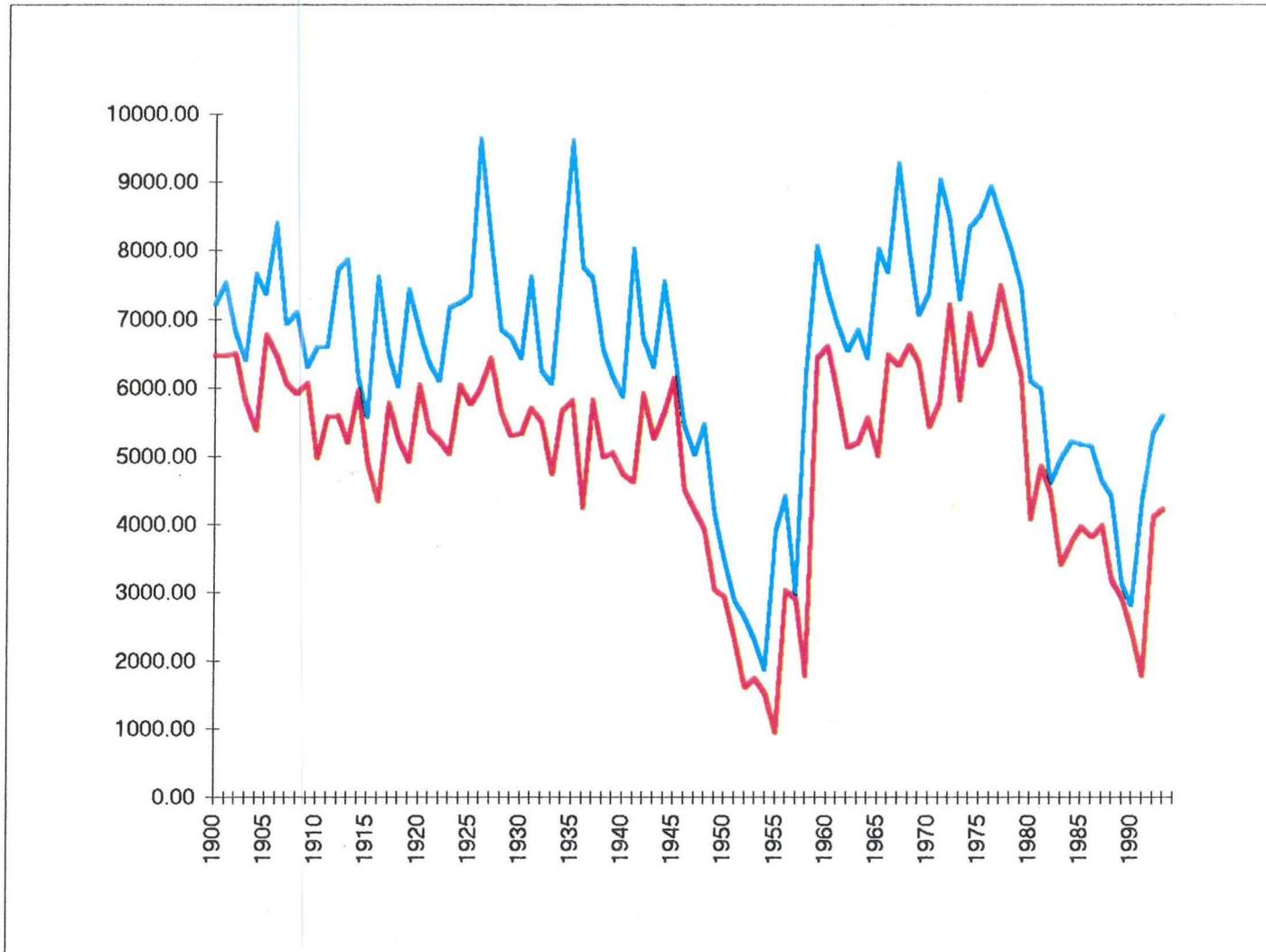
**Cuadro No. 2 Volúmenes Almacenados Máximo y Mínimo
en el Lago de Chapala 1900-1993**

Año	Mínimo (Mm3)	Máximo (Mm3)
1900	6478.00	7222.00
1901	6461.00	7542.00
1902	6507.00	6835.00
1903	5781.00	6405.00
1904	5386.00	7674.00
1905	6767.00	7370.00
1906	6480.00	8414.00
1907	6067.00	6940.00
1908	5909.00	7103.00
1909	6067.00	6310.00
1910	4969.00	6596.00
1911	5577.00	6596.00
1912	5583.00	5475.00
1913	5200.00	7085.00
1914	5954.00	6179.00
1915	4904.00	5580.00
1916	4335.00	7628.00
1917	5775.00	6485.00
1918	5253.00	6022.00
1919	4914.00	7439.00
1920	6033.00	6824.00
1921	5375.00	6382.00
1922	5231.00	6114.00
1923	5035.00	7181.00
1924	6038.00	7245.00
1925	5758.00	7358.00
1926	5977.00	9651.00
1927	6430.00	8210.00
1928	5642.00	6847.00
1929	5295.00	6745.00
1930	5341.00	6427.00

Año	Mínimo (Mm3)	Máximo (Mm3)
1931	5708.00	7628.00
1932	5508.00	6270.00
1933	4740.00	6067.00
1934	5664.00	7199.00
1935	5820.00	9616.00
1936	4240.00	7771.00
1937	5820.00	7610.00
1938	4980.00	6582.00
1939	5056.00	6179.00
1940	4740.00	5864.00
1941	4623.00	8028.00
1942	5909.00	6738.00
1943	5258.00	6891.00
1944	5641.00	7556.00
1945	6138.00	6576.00
1946	4505.00	5475.00
1947	4196.00	5024.00
1948	3943.00	5475.00
1949	3044.00	4190.00
1950	2943.00	3519.00
1951	2336.00	2910.00
1952	1605.00	2661.00
1953	1740.00	2336.00
1954	1510.00	1864.00
1955	947.00	3915.00
1956	3030.00	4420.00
1957	2910.00	2982.00
1958	1772.00	6993.00
1959	6427.00	8080.00
1960	6597.00	7427.00
1961	5954.00	6971.00

Año	Mínimo (Mm3)	Máximo(Mm3)
1962	5123.00	6541.00
1963	5190.00	6858.00
1964	5564.00	6427.00
1965	5002.00	8034.00
1966	6478.00	7677.00
1967	6316.00	9279.00
1968	6616.00	8020.00
1969	6360.00	7068.00
1970	5419.00	7405.00
1971	5876.00	9048.00
1972	7199.00	8494.00
1973	5820.00	9013.00
1974	7074.00	8356.00
1975	6325.00	8529.00
1976	6631.00	8944.00
1977	7485.00	8517.00
1978	6780.00	8046.00
1979	6168.00	7468.00
1980	4882.00	6112.00
1981	4860.00	5999.00
1982	4473.00	4601.00
1983	3410.00	4969.00
1984	3750.00	5231.00
1985	3975.00	5187.00
1986	3823.00	5155.00
1987	3989.00	4644.00
1988	3184.00	4431.00
1989	2915.00	3158.00
1990	2011.00	2819.00
1991	1772.00	4367.00
1992	4114.00	5352.00
1993	4223.00	5597.00

Gráfico No. 2 Volúmenes Almacenados Máximo y Mínimo en el Lago de Chapala (Mm3) 1900-1993



Fuente: Gerencia de la Comisión Nacional del Agua en Jalisco

A partir de 1946 empiezan a descender los volúmenes almacenados, hasta llegar en 1955, a 947 millones de m³, almacenamiento que representa aproximadamente el 10% del que es considerado como máximo. De 1955 a 1959, entre incrementos y decrementos el embalse del Lago vive un período de recuperación. En 1959 el almacenamiento mínimo fue de 6,427 millones de m³ y el máximo subió hasta 8,080 Mm³.

Durante los siguientes 20 años los volúmenes mínimos almacenados en el lago oscilaron entre 5,500 y 6,500 millones de m³, y en algunos años los volúmenes máximos llegaron alrededor de los 9,000 Mm³.

Después de este período, el volumen de embalse del Lago empieza nuevamente a descender, en 1980 el nivel baja 2.32 m y sólo recupera 1.16 m después de la época de lluvias, las pérdidas anuales se suceden durante toda la década y, en junio de 1991 el Lago sólo logra almacenar 1,772 Mm³. No obstante, para el ciclo otoño-invierno de este 1991, el nivel del lago se recupera incrementando su almacenamiento a 4,367 Mm³. Los años siguientes, 92 y 93, se mantienen almacenamientos mínimos de un poco más de 4,000 Mm³, observándose así, nuevamente, un indicio hacia la recuperación del almacenamiento del agua en el Lago.

La estadística refleja la variabilidad en la dinámica de almacenamiento del Lago, dinámica que depende como ya mencionó del comportamiento de las variables correspondientes a las entradas y las salidas, las cuales se describen en el capítulo siguiente.

5. MECANISMOS QUE RIGEN LA DINAMICA VOLUMETRICA DEL LAGO.

5.1 Aportaciones al Lago de Chapala

Para evaluar los períodos de escasez que se presentaron en el pasado en el Lago, y poder vislumbrar las determinantes más importantes de esas tendencias de disminución y recuperación en los volúmenes almacenados, es necesario, además de la revisión y análisis del registro de los niveles y volúmenes correspondientes, establecer la relación que estos últimos guardan con las entradas al Lago de Chapala.

Los componentes de las entradas al Lago de Chapala son, los escurrimientos por el Río Lerma, principal abastecedor de agua al Lago, los escurrimientos por el Río Duero y la precipitación directa y escurrimiento de su cuenca inmediata.

Las entradas al lago por los escurrimientos de los ríos Lerma y Duero son medidas en las estaciones hidrométricas más próximas al lago; Yurecuaro en el río Lerma y Estanzuela en el Duero. La entrada al Lago por la lluvia que cae de manera directa en el mismo se calcula por la diferencia que se presenta entre el volumen total estimado que entra al lago durante el año y los escurrimientos medidos en las estaciones hidrométricas mencionadas.

Primero revisamos el comportamiento de las entradas por precipitaciones en el propio lago y escurrimiento de su cuenca inmediata. (Cuadro y Gráfica No. 3)

Como se puede apreciar, el comportamiento histórico presenta una dinámica sin cambios muy drásticos, altas y bajas que se mantiene en un promedio más o menos constante a través de todo el período 1934-1990. Sólo en el lapso de 1949-1957 se observa una disminución más sensible, debido a que en este período se registran precipitaciones bajas en toda la cuenca Lerma-Chapala, reflejo de una situación de sequía generalizada en el país.

En el comportamiento histórico de las entradas al lago por el Río Lerma se pueden observar los siguientes cambios o tendencias durante el período de registros. El primero se presenta a partir de 1945 y hasta 1954, cuando, después de presentarse un escurrimiento promedio anual de 2,060 Mm³ durante los 10 años anteriores, se registra un escurrimiento de alrededor de los 730 Mm³. En el período de 1955-1959 se observa una recuperación en los escurrimientos del Lerma al Lago, principalmente en los años 1958 y 1959, debido a que el abundante temporal de 1958 (ver cuadro y gráfica No. 9 Precipitación anual en la Cuenca), cuyos escurrimientos se extendieron hasta enero de 1959, permitió que el río Lerma aportara 4,627 Mm³, y 2,701 Mm³ respectivamente; en este período, el escurrimiento promedio anual fue de 2,071 Mm³. (Cuadro y Gráfica No.4)

Cuadro No. 3

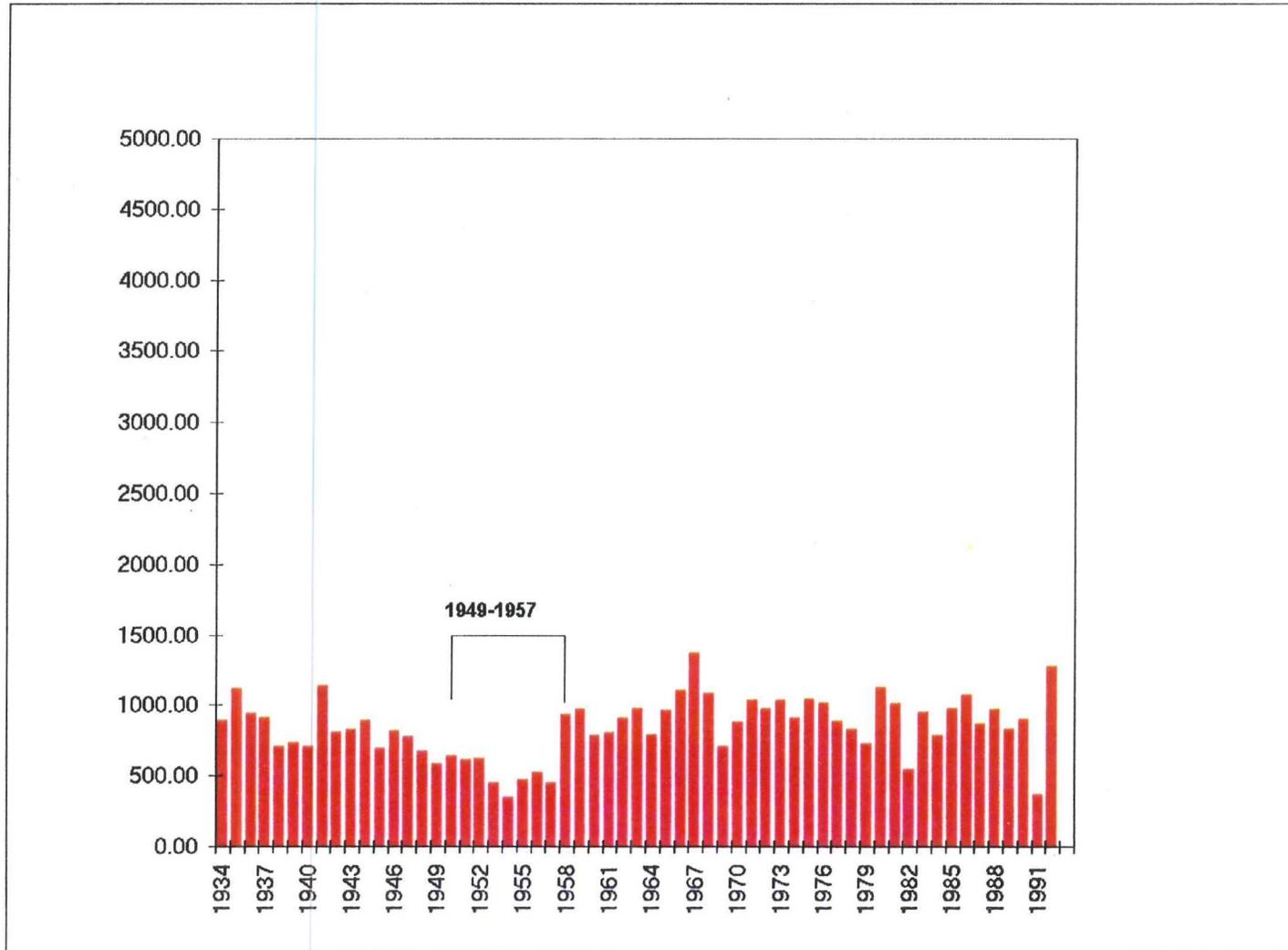
ENTRADAS AL LAGO DE CHAPALA (Mm3)

PRECIPITACION DIRECTA

		1934-1992			
Año	Mm3	Año	Mm3	Año	Mm3
1934	896	1954	341	1974	907
1935	1 117	1955	468	1975	1 045
1936	940	1956	524	1976	1 019
1937	914	1957	448	1977	883
1938	705	1958	934	1978	829
1939	737	1959	968	1979	726
1940	705	1960	786	1980	1 125
1941	1 142	1961	805	1981	1 012
1942	813	1962	910	1982	540
1943	824	1963	975	1983	948
1944	894	1964	793	1984	784
1945	694	1965	959	1985	976
1946	818	1966	1 109	1986	1 070
1947	777	1967	1 374	1987	864
1948	676	1968	1 082	1988	965
1949	582	1969	704	1989	831
1950	638	1970	879	1990	912
1951	609	1971	1 034	1991	991
1952	615	1972	972	1992	1 278
1953	447	1973	1 037		

Fuente: Gerencia Estatal de la Comisión Nacional del Agua en Jalisco

Gráfico No. 3 Entradas al Lago de Chapala por lluvia (Mm3) 1934-1992



Fuente: Gerencia de la Comisión Nacional del Agua en Jalisco

Cuadro No. 4

ENTRADAS AL LAGO DE CHAPALA POR EL RIO LERMA (Mm3)

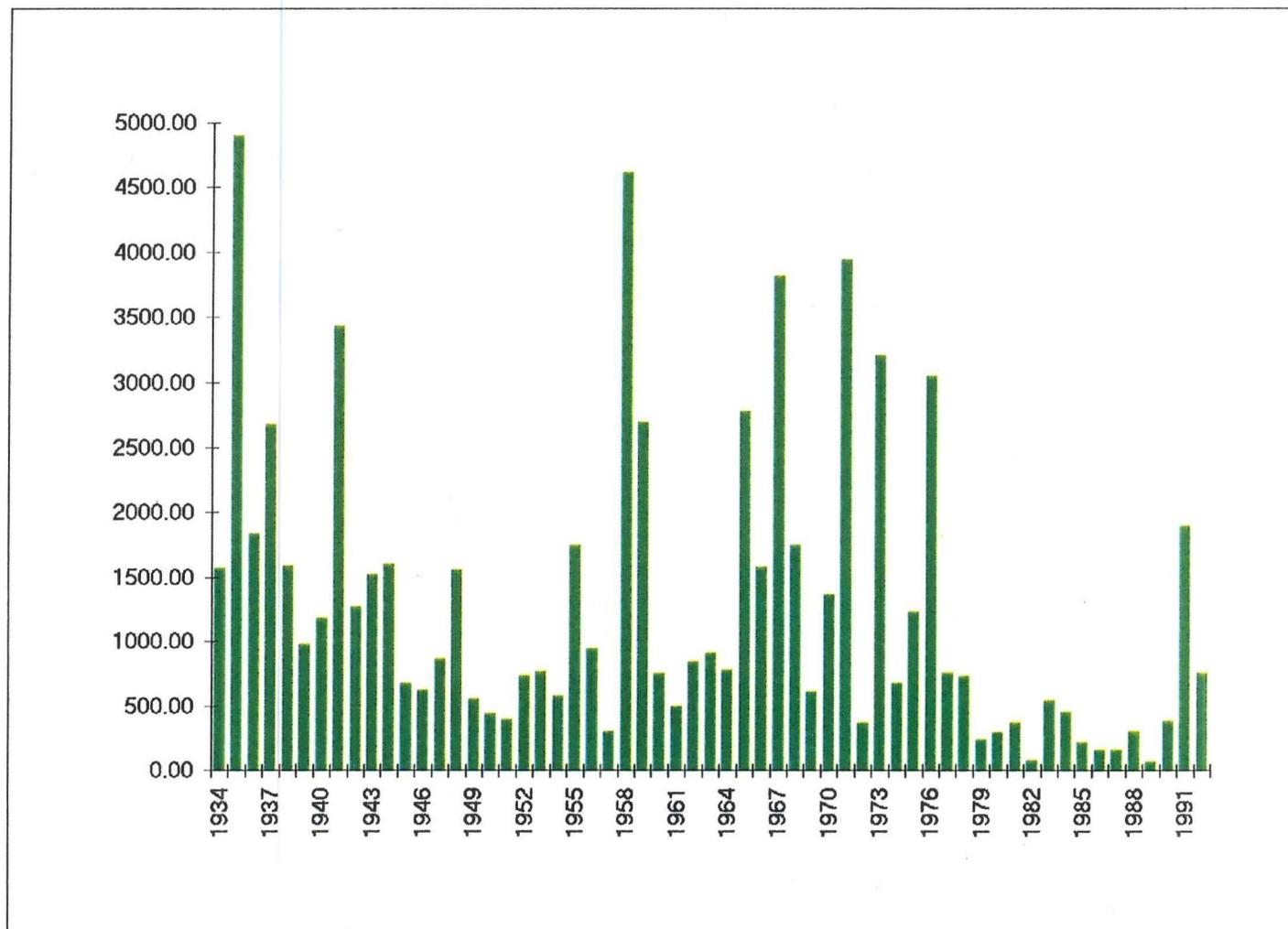
1934-1992

Año	Mm3	Año	Mm3	Año	Mm3
1934	1 578	1954	589	1974	688
1935	4 907	1955	1 758	1975	1 240
1936	1 848	1956	960	1976	3 057
1937	2 686	1957	311	1977	771
1938	1 594	1958	4 627	1978	738
1939	987	1959	2 701	1979	250
1940	1 193	1960	762	1980	299
1941	3 440	1961	507	1981	375
1942	1 282	1962	849	1982	82
1943	1 528	1963	922	1983	549
1944	1 614	1964	793	1984	457
1945	683	1965	2 789	1985	223
1946	631	1966	1 592	1986	166
1947	872	1967	3 827	1987	163
1948	1 568	1968	1 755	1988	311
1949	568	1969	618	1989	78
1950	452	1970	1 375	1990	394
1951	403	1971	3 953	1991	1 906
1952	746	1972	375	1992	771
1953	774	1973	3 215		

Periodo	Escurrimiento Promedio Anual Mm3
1934-1944	2060
1945-1954	730
1955-1959	2071
1960-1978	1570
1979-1990	279

Fuente: Gerencia Estatal de la Comisión Nacional del Agua en Jalisco

Gráfico No. 4 Entradas al lago de Chapala por el río Lerma (Mm3) 1934-1992



Fuente: Gerencia de la Comisión Nacional del Agua en Jalisco

El tercer cambio se presenta de 1960 hasta 1978, período en que las aportaciones del río Lerma disminuyen a un promedio anual de 1,570 Mm³. Después, a partir de 1979 y hasta 1990 la disminución es más importante, con un promedio anual en el período de 279 Mm³. En 1991 y 1992 se incrementan los escurrimientos

También en el registro histórico de las entradas a través del Río Duero se observa, como en el caso del Lerma, una drástica disminución en los últimos 13 años. (Cuadro y Gráfica No. 5)

Cuadro No. 5

ENTRADAS AL LAGO DE CHAPALA POR EL RIO DUERO (Mm3)

1934-1992

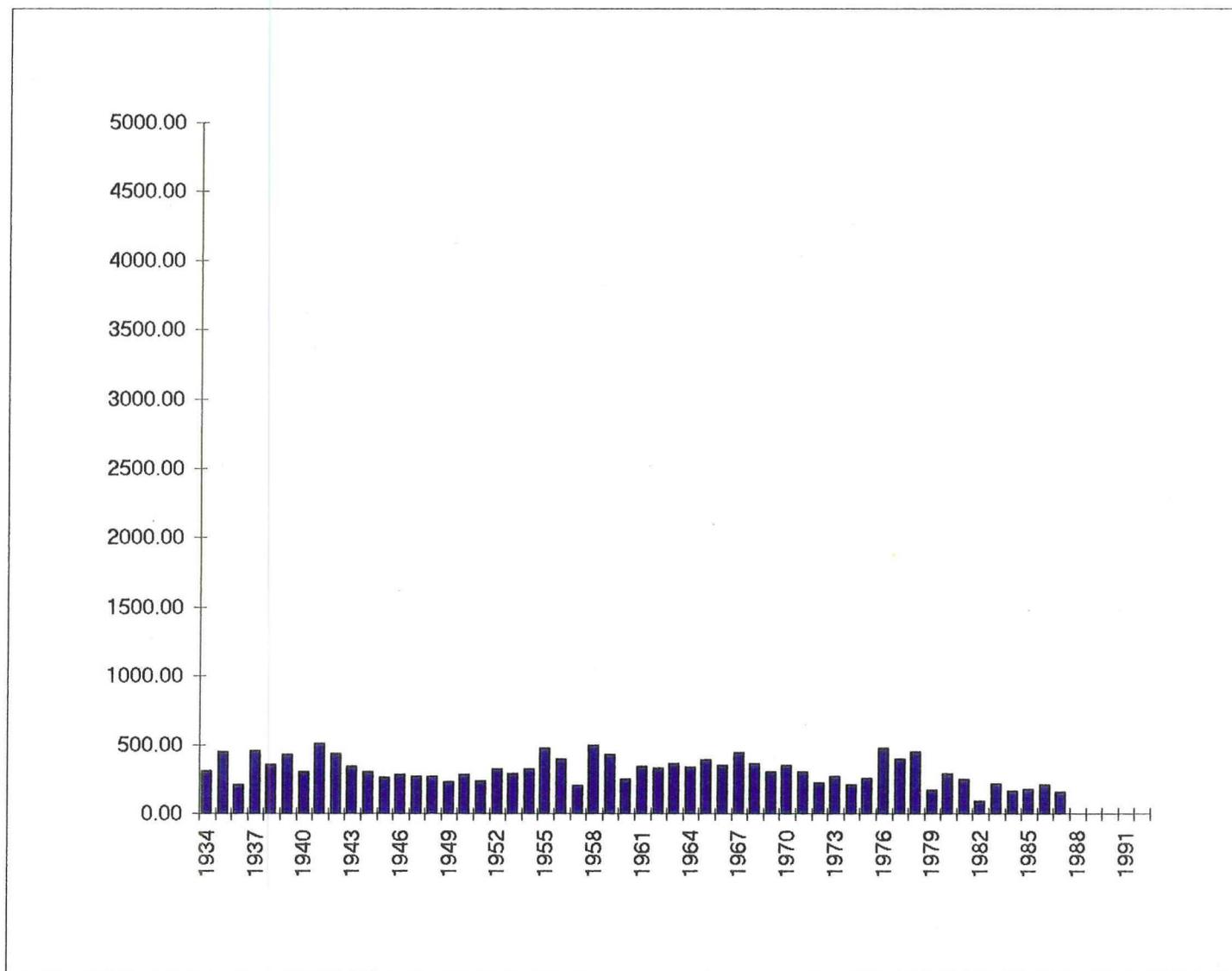
Año	Mm3
1934	305
1935	441
1936	207
1937	449
1938	350
1939	424
1940	299
1941	503
1942	430
1943	338
1944	301
1945	260
1946	279
1947	263
1948	263
1949	226
1950	280
1951	235
1952	319
1953	288

Año	Mm3
1954	321
1955	474
1956	393
1957	199
1958	489
1959	425
1960	243
1961	341
1962	322
1963	357
1964	331
1965	384
1966	342
1967	440
1968	357
1969	299
1970	345
1971	296
1972	222
1973	267

Año	Mm3
1974	205
1975	255
1976	470
1977	388
1978	446
1979	166
1980	288
1981	246
1982	88
1983	210
1984	158
1985	171
1986	205
1987	153
1988	0
1989	0
1990	0
1991	0
1992	0

Fuente: Gerencia Estatal de la Comisión Nacional del Agua en Jalisco

Gráfico No. 5 Entradas al lago de Chapala por el río Duero (Mm3) 1934-1992



Fuente: Gerencia de la Comisión Nacional del Agua en Jalisco

Si se hace un análisis de los porcentajes de las aportaciones a Chapala, se observa que en el lapso de 1934-1944, del escurrimiento total registrado en el lago, el 27% proviene de precipitación directa en la cuenca del lago (cuenca propia), el 62% del Río Lerma y el 11% del Río Duero. En los siguientes tres periodos el porcentaje que el río Lerma aporta al Lago, disminuye, pero sigue siendo la mayor fuente de aportación. Sin embargo para el periodo de 1979-1990 la relación de porcentajes cambia drásticamente constituyéndose como mayor aportación al lago la lluvia directa, esta representa el 68% del total del escurrimiento del Lago, el porcentaje restante se aporta por el río Lerma y el río Duero en un 21% y 11% respectivamente. Este mismo análisis elaborado en el período 1979-1992 nos muestra que del escurrimiento total en el Lago, el 62% proviene de cuenca propia, el 30% del Río Lerma y el 8% del Río Duero. Esto debido a que durante los dos últimos años, el escurrimiento por el Lerma se incrementa. (Cuadro y Gráfica No.6)

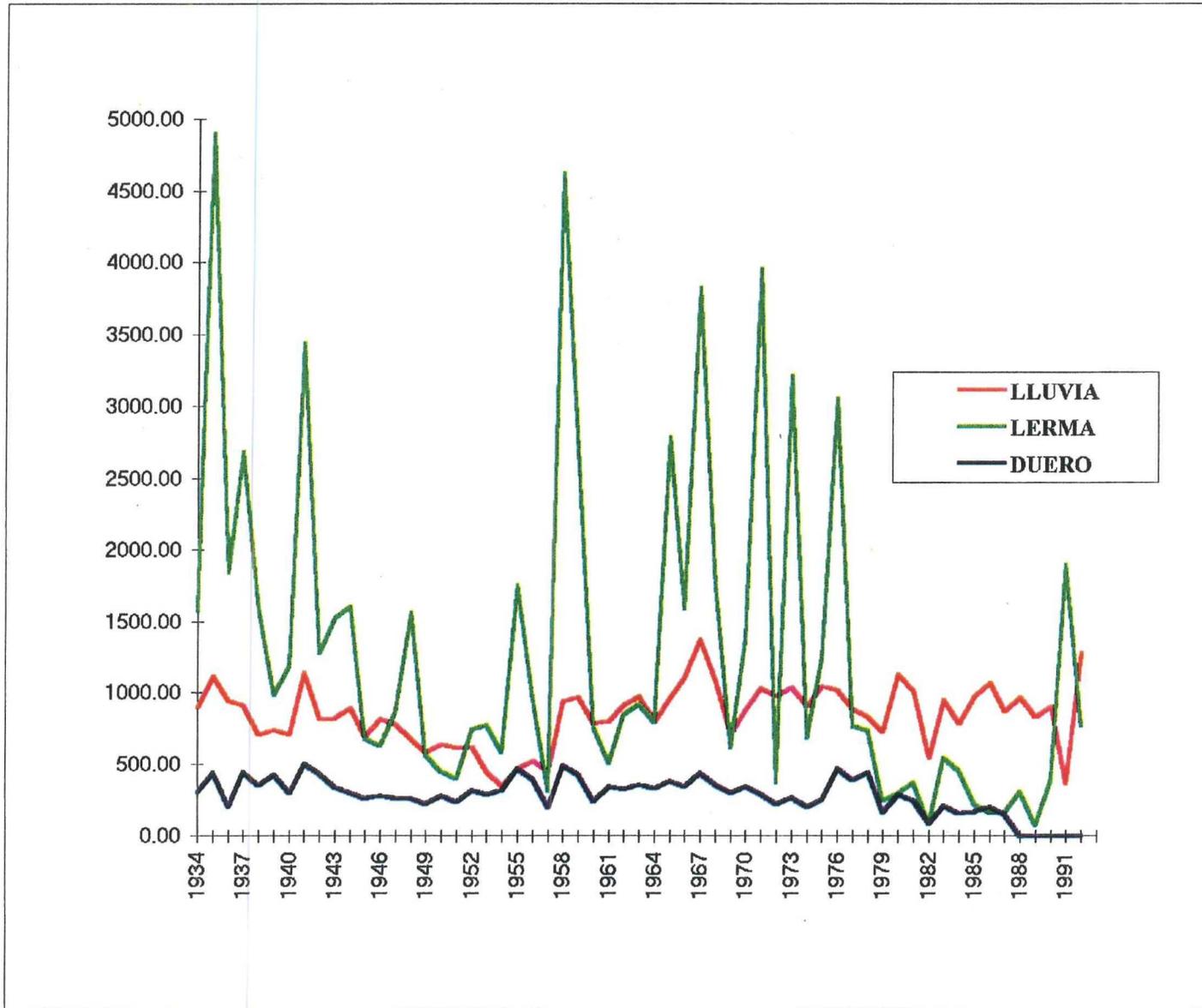
Por otro lado, al obtener el escurrimiento promedio anual de cada uno de los periodos identificados, se observa que del primer periodo (1934-1944) en el que el escurrimiento promedio anual era de 3,308 Mm³ al año, paso a un promedio de 1,315 Mm³ anuales durante 1979-1990.

Cuadro No. 6 Entradas al Lago de Chapala (Mm3) 1934-1992

Año	Total (Mm3)	Río Lerma (Mm3)	Río Duero (Mm3)	LLuvia (Mm3)	Año	Total (Mm3)	Río Lerma (Mm3)	Río Duero (Mm3)	LLuvia (Mm3)	Año	Total (Mm3)	Río Lerma (Mm3)	Río Duero (Mm3)	LLuvia (Mm3)
1934	2779.00	1578.00	305.00	896.00	1954	1251.00	589.00	321.00	341.00	1974	1800.00	688.00	205.00	907.00
1935	6465.00	4907.00	441.00	1117.00	1955	2700.00	1758.00	474.00	468.00	1975	2540.00	1240.00	255.00	1045.00
1936	2995.00	1848.00	207.00	940.00	1956	1877.00	960.00	393.00	524.00	1976	4546.00	3057.00	470.00	1019.00
1937	4049.00	2686.00	449.00	914.00	1957	958.00	311.00	199.00	448.00	1977	2042.00	771.00	388.00	883.00
1938	2649.00	1594.00	350.00	705.00	1958	6050.00	4627.00	489.00	934.00	1978	2013.00	738.00	446.00	829.00
1939	2148.00	987.00	424.00	737.00	1959	4094.00	2701.00	425.00	968.00	1979	1142.00	250.00	166.00	726.00
1940	2197.00	1193.00	299.00	705.00	1960	1791.00	762.00	243.00	786.00	1980	1712.00	299.00	288.00	1125.00
1941	5085.00	3440.00	503.00	1142.00	1961	1653.00	507.00	341.00	805.00	1981	1633.00	375.00	246.00	1012.00
1942	2525.00	1282.00	430.00	813.00	1962	2081.00	849.00	322.00	910.00	1982	710.00	82.00	88.00	540.00
1943	2690.00	1528.00	338.00	824.00	1963	2254.00	922.00	357.00	975.00	1983	1707.00	549.00	210.00	948.00
1944	2809.00	1614.00	301.00	894.00	1964	1917.00	793.00	331.00	793.00	1984	1399.00	457.00	158.00	784.00
1945	1637.00	683.00	260.00	694.00	1965	4132.00	2789.00	384.00	959.00	1985	1370.00	223.00	171.00	976.00
1946	1728.00	631.00	279.00	818.00	1966	3043.00	1592.00	342.00	1109.00	1986	1441.00	166.00	205.00	1070.00
1947	1912.00	872.00	263.00	777.00	1967	5641.00	3827.00	440.00	1374.00	1987	1180.00	163.00	153.00	864.00
1948	2507.00	1568.00	263.00	676.00	1968	3194.00	1755.00	357.00	1082.00	1988	1276.00	311.00	0.00	965.00
1949	1376.00	568.00	226.00	582.00	1969	1621.00	618.00	299.00	704.00	1989	909.00	78.00	0.00	831.00
1950	1370.00	452.00	280.00	638.00	1970	2599.00	1375.00	345.00	879.00	1990	1297.00	394.00	0.00	903.00
1951	1247.00	403.00	235.00	609.00	1971	5283.00	3953.00	296.00	1034.00	1991	2269.00	1906.00	0.00	363.00
1952	1680.00	746.00	319.00	615.00	1972	1569.00	375.00	222.00	972.00	1992	2049.00	771.00	0.00	1278.00
1953	1509.00	774.00	288.00	447.00	1973	4519.00	3215.00	267.00	1037.00					

Periodo	Río Lerma (%)	Río Duero (%)	LLuvia (%)	Escurrimiento Promedio
1934-1944	0.62	0.11	0.27	3308
1945-1954	0.45	0.17	0.38	1622
1955-1959	0.66	0.13	0.21	3136
1960-1978	0.55	0.12	0.33	2855
1979-1990	0.21	0.11	0.68	1315

Gráfico No. 6 Entradas al lago de Chapala (Mm3) 1934-1992



Fuente: Gerencia de la Comisión Nacional del Agua en Jalisco

5.2 Salidas del Lago de Chapala

5.2.1 Evaporación en el Lago

La salida mas importante del lago es a través de la evaporación de sus aguas, el promedio anual de ésta es superior a los 1,400 millones de m³. Este volumen de evaporación tan alto se debe, por un lado, a la configuración del lecho lacustre, que es la de un gran plato, la superficie del embalse varia muy poco entre la cota máxima y la 93.00, y consecuentemente la evaporación también varía muy poco mientras el nivel no se encuentre abajo de la cota 93.00. Por otro lado, la presencia del lirio acuático en el lago desde finales de siglo pasado, según se tiene conocimiento, es un factor que ha contribuido a propiciar altos volúmenes de evaporación debido a que esta maleza acuática favorece la pérdida de agua por evaporación, afectando el intercambio gaseoso entre el agua y la atmósfera, además de que restringe la penetración de la luz y el libre tránsito de embarcaciones entre otros problemas.

En el cuadro y gráfica No. 7, se presenta la tendencia y la información de la evaporación anual en el Lago de Chapala desde 1935 hasta 1992. Como se puede apreciar en los años de 1951 a 1955 se presentan volúmenes de evaporación bajos, comparativamente con el promedio anual del periodo de registros, debido a que en estos años se registraron cotas menores a los 93.00m. En el resto del período se presenta una evaporación anual que generalmente supera los 1,400 millones de m³. En la gráfica correspondiente se

puede observar el comportamiento casi constante de la variable de evaporación en el Lago.

Cuadro No. 7

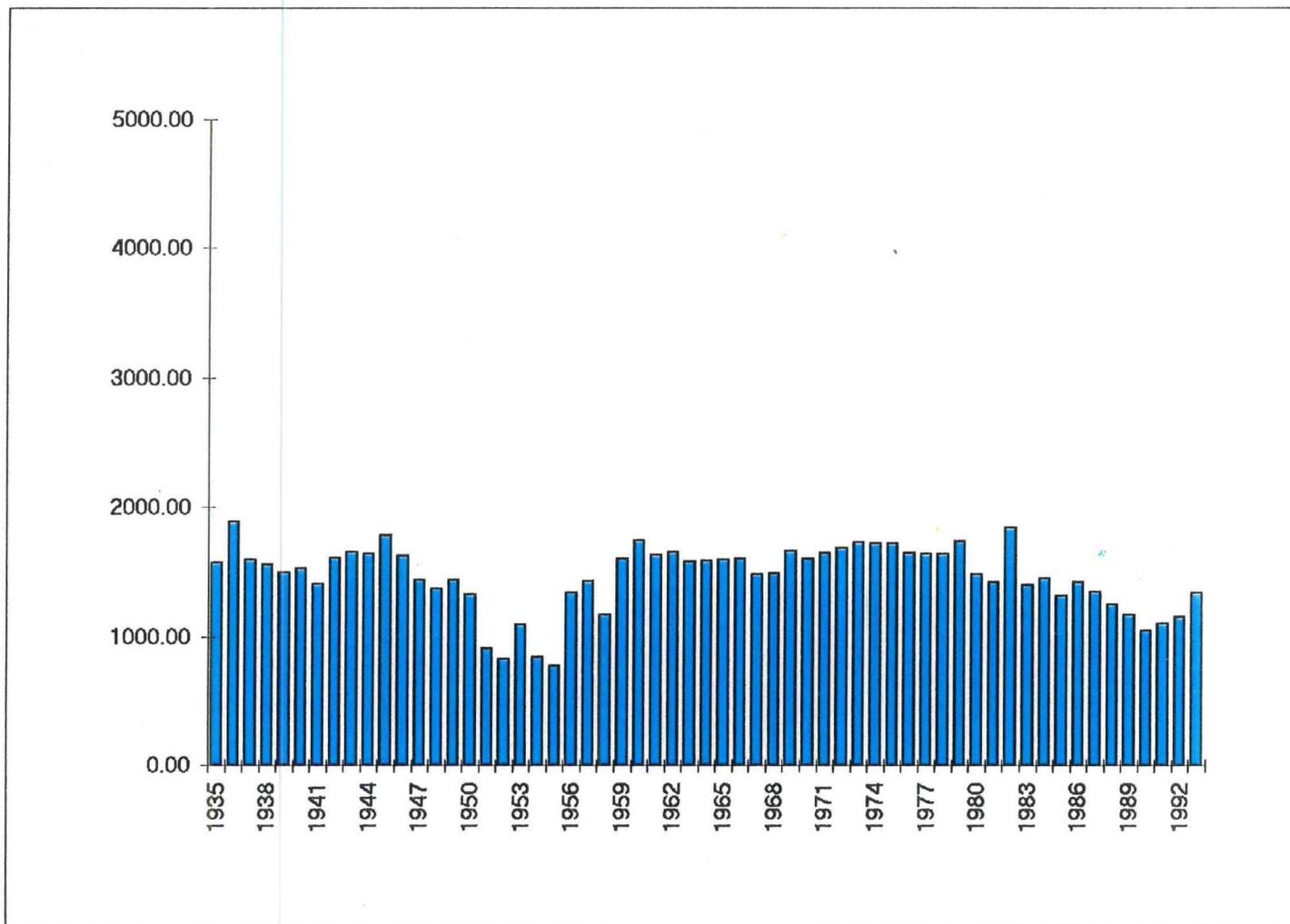
EVAPORACION TOTAL EN °EL LAGO DE CHAPALA (Mm3)

1935-1993

Año	Mm3	Año	Mm3	Año	Mm3
1935	1 573.0	1955	775.3	1975	1 726.0
1936	1 889.0	1956	1 345.0	1976	1 826.0
1937	1 595.0	1957	1 429.0	1977	1 357.0
1938	1 560.0	1958	1 168.0	1978	1 552.0
1939	1 502.0	1959	1 601.0	1979	1 622.0
1940	1 527.0	1960	1 745.0	1980	1 486.0
1941	1 411.0	1961	1 635.0	1981	1 428.0
1942	1 615.0	1962	1 654.0	1982	1 841.0
1943	1 659.0	1963	1 578.0	1983	1 402.0
1944	1 645.0	1964	1 589.0	1984	1 453.0
1945	1 783.0	1965	1 593.0	1985	1 318.1
1946	1 623.0	1966	1 601.0	1986	1 424.5
1947	1 439.0	1967	1 486.0	1987	1 351.6
1948	1 372.0	1968	1 495.0	1988	1 249.8
1949	1 440.0	1969	1 665.0	1989	1 170.5
1950	1 329.0	1970	1 601.0	1990	1 051.8
1951	909.4	1971	1 646.0	1991	1 099.8
1952	822.3	1972	1 687.0	1992	1 151.0
1953	1 096	1973	1 734.0	1993	1 343.5
1954	838.9	1974	1 727.0		

Fuente: Gerencia Regional Lerma-Balsas de la Comisión Nacional del Agua

Gráfico No. 7 Evaporación total anual en el lago de Chapala (Mm3) 1935-1993



Fuente: Gerencia de la Comisión Nacional del Agua en Jalisco

Dado que la presencia del lirio en el lago se detecta desde finales de siglo pasado, podemos considerar a éste un factor constante en la dinámica de evaporación del lago.

Algunos de los hechos que atestiguan la invasión del lirio en el lago son: La planta hidroeléctrica de El Salto, construída en la última década del siglo pasado sobre el río Santiago, tenía frecuentes interrupciones en su operación por causa de la obstrucción de la toma del canal alimentador de sus turbinas, por grandes cantidades de lirio llevadas por el río procedentes del lago. Posteriormente al construirse la presa Poncitlán (1903-1905), el problema disminuyó en la planta pero ha tenido lugar desde entonces en la presa citada. Antes de 1910, la zona del lago conocida actualmente como la Ciénega de Chapala, se veía año con año casi totalmente cubierta de lirio y tule acarreado por el río Duero. Después de 1910, año en que terminó la construcción de los diques de contención, todo el lirio llevado por los ríos Lerma y Duero fue a cubrir el vaso de Chapala, llegando a ser en ocasiones tan abundante que ha causado numerosos y graves daños a diversas instalaciones, y dificultado notablemente la pesca y la navegación comercial.

La infestación del lirio en México es difícil de cuantificar con precisión, dada su velocidad de propagación y de crecimiento. En algunos embalses se agudiza su crecimiento, en otros su infestación es crónica, pero en unos pocos se erradica

(como fué el caso de la presa Madín, Estado de México). A la fecha, con excepción de las zonas del país carentes de aguas dulces superficiales (California y Yucatán), se puede encontrar el lirio acuático en toda la república. Sus mayores enemigos naturales son el viento, el frío y la salinidad, ya que en zonas elevadas o frías no se desarrolla explosivamente, y en cuanto los ríos lo llevan a las lagunas costeras salobres o al mar, el lirio languidece y muere.

Respecto a la problemática por la presencia del lirio, estudios sobre el tema concluyen que un grupo denso de plantas acuáticas aporta más agua a la atmósfera por transpiración que la que aportaría una superficie de agua de las mismas dimensiones por evaporación física. Sin embargo difieren significativamente en los porcentajes de incremento en pérdidas por evapotranspiración entre: 20 y 200%.

Por otro lado, la navegación con botes convencionales en zonas invadidas por malezas acuáticas superficiales principalmente, se vuelve muy difícil o imposible. En algunas regiones donde la infestación es muy densa resulta impenetrable aún con barcos sumamente potentes. En la pesca surge un problema adicional, consistente en la interferencia o inoperancia de las artes de pesca, particularmente las artes de pesca activa como la atarraya. El uso recreacional de los lagos es seriamente inhibido, si no impedido completamente.

Otro problema económicamente serio es la devaluación de las propiedades adyacentes a zonas acuáticas invadidas por el lirio. La infraestructura urbano-turística construida baja considerablemente de valor con la infestación de las malezas acuáticas, lo que llega a representar grandes pérdidas.

Las malezas acuáticas y en especial el lirio acuático producen interferencia de las turbinas de las centrales hidroeléctricas. Asimismo afectan los sistemas de riego al disminuir su capacidad por interferencia y evaporación.

5.2.2 Evolución de las extracciones al Lago.

Las extracciones al lago han estado destinadas a la generación de energía eléctrica, al abastecimiento de agua a la ciudad de Guadalajara, y al riego agrícola.

La extracción destinada a la generación de energía en 4 plantas del Alto Santiago, se inició desde finales del siglo pasado y fué cancelada a partir de 1980. La concesión era de 600 millones de m³ anuales. El abastecimiento de agua a la ciudad de Guadalajara para uso de la población y de la industria procedente del Lago de Chapala, se inicia en 1956 a través de los canales Atequiza-Las Pintas con un gasto de 1m³/seg, tomando un total de 30 millones de m³ anuales. El caudal aportado por el Lago de Chapala se fue incrementando

a través de los años hasta llegar a un gasto de 6.6 m³/seg en 1985, año en que las extracciones de aguas subterráneas para agua potable eran 2 m³/seg, por lo que la aportación de el Lago de Chapala representaba el 77% del abasto total a la ciudad. En el periodo de 1986 a 1991 la extracción del lago para la zona metropolitana de Guadalajara fue en promedio de 8 m³/seg, esto representa el 67% del abasto total a la ciudad, ya que el aporte de aguas subterráneas se incrementó a 4 m³/seg.

En 1991 se pusieron en operación las obras de la primera etapa del Sistema La Zurda para aprovechar las aguas del río Calderón, que ha venido aportando un caudal medio de 1.5 m³/seg; igualmente en 1991 inició la operación del Acueducto Chapala-Guadalajara para sustituir el sistema antiguo, eficientando así la extracción de agua del Lago de Chapala del que se ha extraído un caudal medio de 6.7 m³/seg en años recientes (Gerencia Estatal de la CNA en Jalisco y el Sistema de Agua Potable y Alcantarillado).

Con las nuevas obras antes descritas y junto con programas de uso eficiente del agua, así como con el establecimiento de medidores en las tomas domiciliarias, el abastecimiento de agua a la Zona Metropolitana de Guadalajara de 1991 a 1994 ha llegado a establecerse de la siguiente forma:

Lago de Chapala 6.7 m ³ /seg	56%
Primera Etapa Sist. La Zurda 1.5 m ³ /seg	13%
Aguas Subterráneas 3.7m ³ /seg	31%

Para el riego agrícola en las inmediaciones del Lago y algunas zonas aledañas, particularmente el Valle de Ocotlán, se extraen del lago aproximadamente 170 millones de metros cúbicos anuales.

Al revisar la gráfica de la evolución de las extracciones al Lago de Chapala, (Cuadro y Gráfica No. 8) se identifican claramente dos períodos durante los cuales éstas son importantes. El primero de 1935 a 1945, con una tendencia descendente, cuya extracción estaba destinada principalmente para generación de energía eléctrica y en segundo término para riego; el segundo abarca de 1965 a 1979, periodo en el que ya se realizan extracciones para abastecer de agua potable a la ciudad de Guadalajara. En los otros periodos de 1946-1964 y de 1980-1992, las extracciones al lago se mantienen en un nivel mucho menor que oscila entre los 650 y 500 Mm³.

Cuadro No. 8

EXTRACCIONES AL LAGO DE CHAPALA (Mm3)

1935-1992

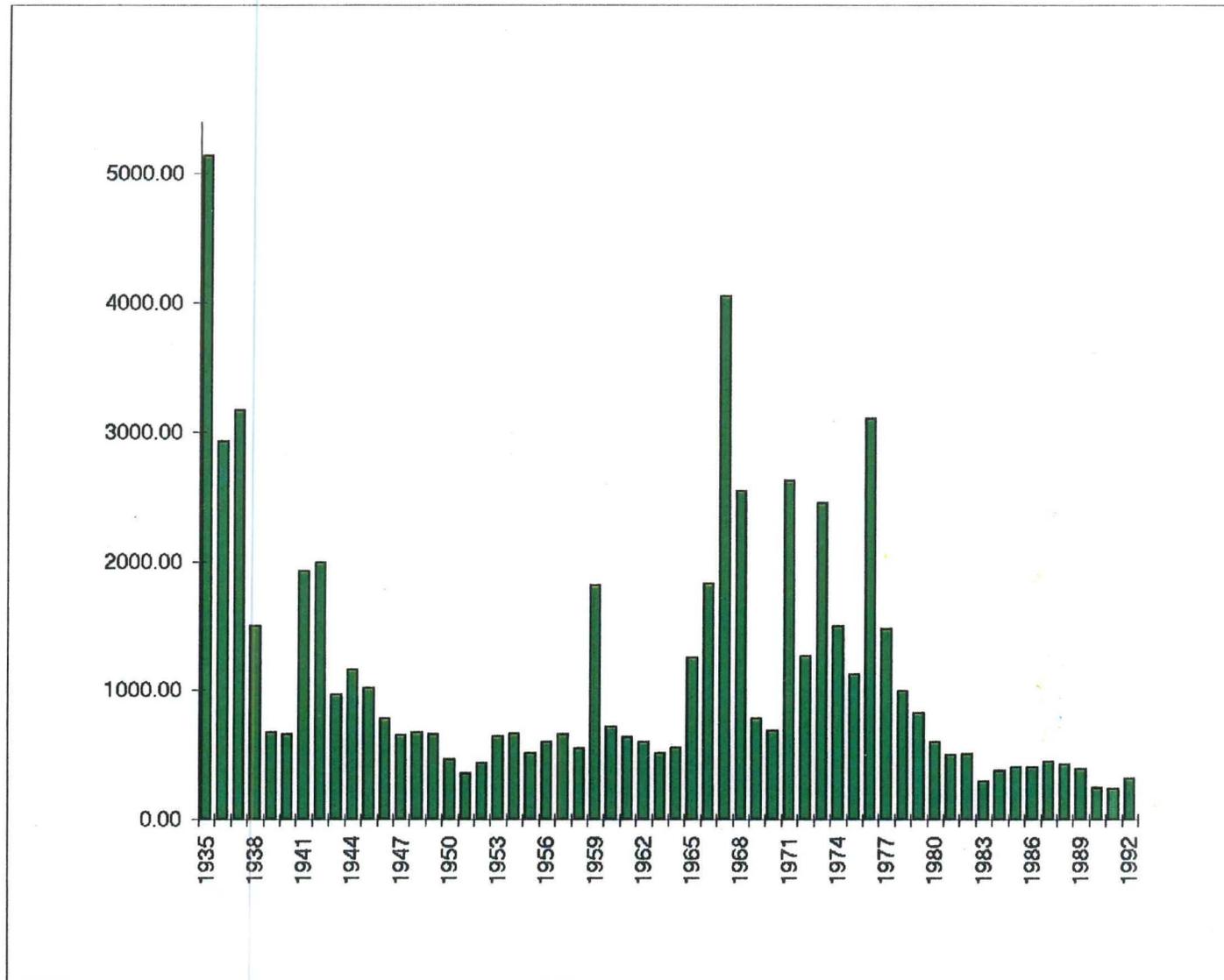
Año	Mm3
1935	5 139.0
1936	2 928.0
1937	3 172.0
1938	1 502.0
1939	673.0
1940	655.0
1941	1 929.0
1942	1 996.0
1943	966.0
1944	1 163.0
1945	1 017.0
1946	781.7
1947	649.2
1948	673.5
1949	659.2
1950	461.8
1951	350.7
1952	430.1
1953	642.1
1954	664.0

Año	Mm3
1955	513.4
1956	600.8
1957	657.8
1958	548.9
1959	1 822.0
1960	718.0
1961	636.0
1962	602.0
1963	514.0
1964	553.0
1965	1 257.0
1966	1 836.0
1967	4 049.0
1968	2 550.0
1969	781.0
1970	686.0
1971	2 630.0
1972	1 271.0
1973	2 452.0
1974	1 498.0

Año	Mm3
1975	1 126.0
1976	3 107.0
1977	1 477.0
1978	998.0
1979	824.0
1980	601.0
1981	501.0
1982	506.0
1983	293.0
1984	372.0
1985	403.0
1986	406.0
1987	445.0
1988	428.0
1989	388.0
1990	242.0
1991	236.0
1992	317.8

Fuente: Gerencia Regional Lerma-Balsas de la Comisión Nacional del Agua

Gráfico No. 8 Extracciones al Lago de Chapala (Mm3) 1935-1992



Fuente: Gerencia de la Comisión Nacional del Agua en Jalisco

6. POSIBLES EXPLICACIONES DE LAS TENDENCIAS DE LA DINAMICA VOLUMETRICA EN EL LAGO.

En el capítulo anterior se expuso la dinámica de las entradas y las salidas del lago, y a través de esta exposición podemos detectar que la variabilidad y tendencias de mediano plazo en los volúmenes almacenados en el lago se explican más por lo que llega al lago que por lo que se extrae del mismo. En este sentido habría que explicar porqué o qué mecanismos han determinado esta variabilidad descendente en las aportaciones del Río Lerma y con ello definir lo que explica las tendencias en la dinámica volumétrica del Lago.

Así, a continuación se exponen como hipótesis los siguientes planteamientos, a partir de los cuales se pretende explicar la variabilidad en las aportaciones del Río Lerma al Lago de Chapala.

6.1 ¿Los ciclos climáticos explican las tendencias ?

La precipitación anual media del país es de unos 800 milímetros (mm), con una distribución espacial muy errática: en el Norponiente de la República, donde se encuentra la cuenca baja del Río Colorado y la península de Baja California, la precipitación media es de 50 mm; en contraste, en la parte alta del río Suchiate

frontera con Guatemala, y la parte alta del río Papaloapan, se registran precipitaciones hasta de 5,000 mm anuales.

La distribución temporal y espacial de la lluvia en la cuenca Lerma-Chapala también es errática; existen prolongados períodos de escasez y también de abundancia. Los registros históricos existentes desde los albores del presente siglo y la información contenida en documentos más antiguos, constatan que esta región ha sido flagelada por severas sequías y también por época en las que los escurrimientos torrenciales han ocasionado pérdidas de vidas y bienes. La precipitación media anual en la cuenca del Lerma-Chapala que se presenta en este estudio se obtiene a partir de las mediciones que se realizan en 11 de las 121 estaciones climatológicas que se encuentran distribuidas en la cuenca. Estas fueron seleccionadas en base a que en ellas se registra una precipitación media anual representativa de la total registrada en la cuenca. Las mediciones correspondientes se realizan diario, obteniéndose después promedios mensuales y anuales.

En los registros que se presentan en el Cuadro No. 9 podemos apreciar una precipitación variable con incrementos y disminuciones sucesivas. Sin embargo, no obstante lo errático de la precipitación en la cuenca, no se identifican periodos en los que las tendencias sean tan pronunciadas.

En 1949 se inició un período de años secos, aproximadamente hasta 1955, año a partir del cual se presentaron años con lluvia de media a abundante, hasta que en 1979 se inicia nuevamente un período de baja precipitación que se mantiene durante la década de los ochentas, el más crítico de este siglo según técnicos y especialistas del tema de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (CNA, Gerencia del Servicio Meteorológico Nacional), (Cuadro y Gráfica No.9).

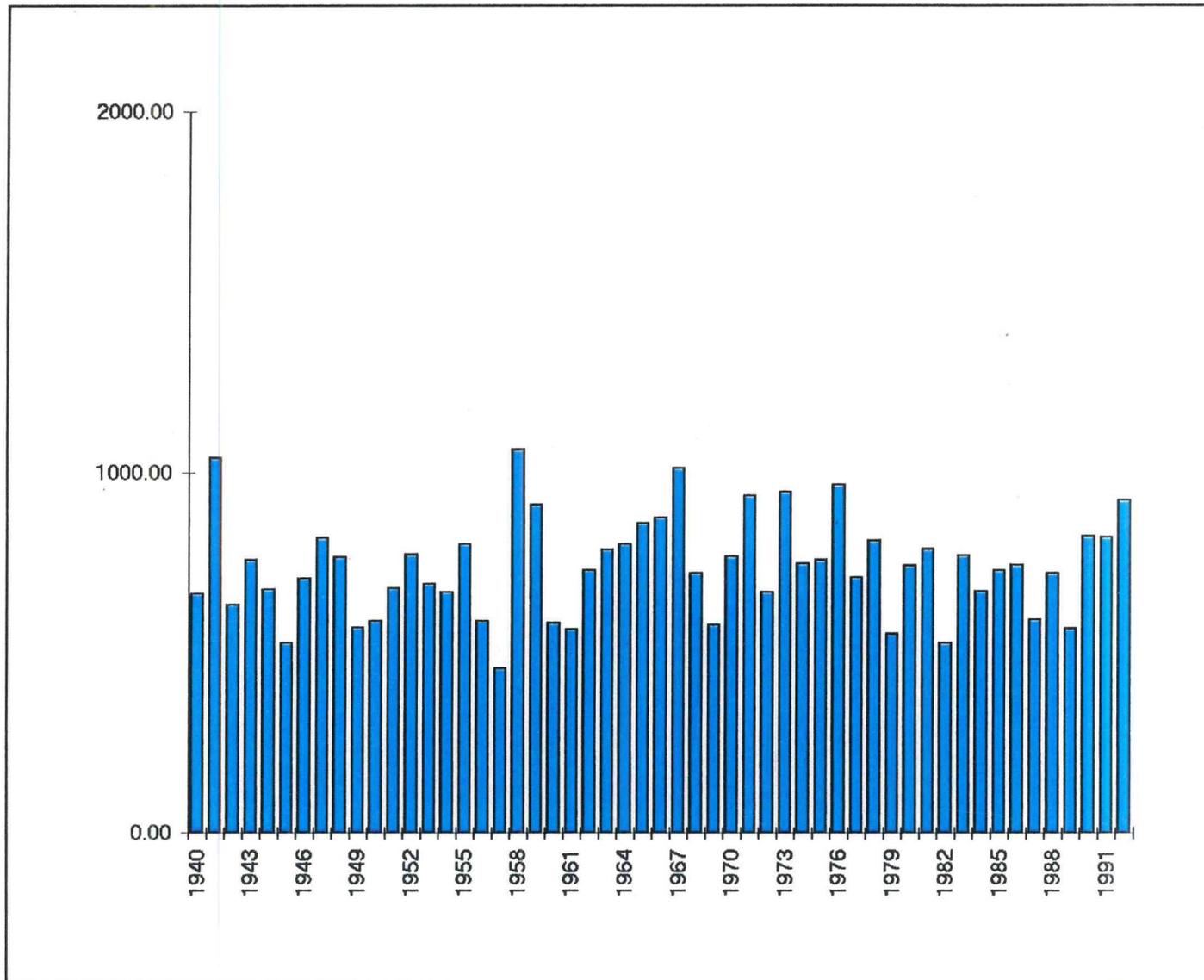
Cuadro No. 9

PRECIPITACION ANUAL EN LA CUENCA DEL LERMA-CHAPALA (mm)

		1940-1992			
Año	mm	Año	mm	Año	mm
1940	664.00	1958	1063.50	1976	966.20
1941	1040.90	1959	912.00	1977	709.00
1942	633.00	1960	582.50	1978	811.50
1943	758.00	1961	564.80	1979	553.10
1944	676.60	1962	729.10	1980	743.70
1945	525.50	1963	787.10	1981	789.70
1946	708.00	1964	801.60	1982	527.20
1947	820.20	1965	860.00	1983	771.00
1948	764.90	1966	874.60	1984	671.20
1949	570.00	1967	1012.40	1985	730.90
1950	586.90	1968	723.20	1986	744.50
1951	680.60	1969	577.90	1987	593.00
1952	773.00	1970	768.20	1988	723.90
1953	693.20	1971	935.20	1989	568.10
1954	669.50	1972	669.10	1990	824.50
1955	802.50	1973	946.80	1991	821.50
1956	588.90	1974	747.70	1992	922.50
1957	456.60	1975	758.40		

Fuente: Gerencia regional Lerma Balsas de la Comisión Nacional del Agua

Gráfico No. 9 Precipitación media anual en la Cuenca del Lerma - Chapala (mm) 1940-1992



Fuente: Gerencia de la Comisión Nacional del Agua en Jalisco

La mayor parte de la precipitación anual en la cuenca, se presenta durante los meses de junio a octubre, aunque en ocasiones debido a la ocurrencia de fenómenos meteorológicos extraordinarios, las lluvias de invierno son considerables.

En cuanto a la distribución espacial, los datos estadísticos indican que en la porción Nororiental de la cuenca, en el Norte y Oriente del estado de Guanajuato y en el estado de Querétaro, se presentan las menores precipitaciones, con valores entre 400 y 600 milímetros al año; mientras que en el Poniente, en la zona del Lago de Chapala, y al Suroriente, en el estado de México, las precipitaciones fluctúan entre los 900 y más de 1,000 milímetros anuales. El comportamiento espacial de las lluvias también es errático. El pasado ciclo pluvial 91-92, fué mucho más abundante en las zonas tradicionalmente menos favorecidas del Noreste, y paradójicamente, resultó modesto en aquellas áreas donde normalmente se esperan precipitaciones cuantiosas, como en el Sur y Suroriente.

El nivel de precipitación constituye una de las variables que determinan la dinámica de los volúmenes almacenados en el Lago, la otra la constituyen las extracciones en la cuenca y en el Lago. Así pues, por un lado la precipitación esta determinando el volumen de escurrimientos disponibles, y por el otro, las extracciones aguas arriba determinan el nivel de escurrimientos que finalmente entran al lago.

Al revisar la gráfica que muestra la ocurrencia de la precipitación media anual en la cuenca Lerma-Chapala desde 1940, se observan fluctuaciones que seguramente no han sido, ni serán privativas de este periodo, ya que como es sabido la precipitación no es un fenómeno regular ni constante. Por otro lado, al revisar la gráfica de volúmenes almacenados en el lago de Chapala, se observa que durante los primeros 40 años del siglo, si bien se presentan fluctuaciones anuales en el almacenamiento, la irregularidad de la precipitación no impacta de manera drástica la dinámica del almacenamiento en el lago; sin embargo, a partir de esa década y durante los siguientes 50 años, la ocurrencia de épocas de baja precipitación se suma al incremento explosivo de la demanda de agua, derivada de la concentración de áreas de riego, de poblaciones y de industrias a partir de los años cuarentas, lo cual por consecuencia, ha impactado de manera diferente en la dinámica volumétrica del lago, respecto a los 40 años anteriores.

En este contexto se considera que es posible afirmar que, si bien la dinámica de los ciclos climáticos incide por un lado en el nivel de escurrimientos del río Lerma al lago, ésta no ha sido la variable determinante en las tendencias de la dinámica volumétrica del lago durante los últimos 50 años; existen elementos ajenos al fenómeno natural, relacionados con la extracción y explotación del recurso hidráulico

de la cuenca Lerma-Chapala que han modificado el ecosistema natural de ésta, imponiendo otra dinámica a su dinámica hidrológica.

Aquí cabría preguntarse entonces, cuál o cuáles otros mecanismos han determinado la variabilidad en el almacenamiento del Lago; ¿el crecimiento de la población y las actividades productivas?, ¿las extracciones al lago, o bien las extracciones en la cuenca antes de que el Río Lerma llegue al Lago?.

6.2 ¿La dinámica volumétrica del Lago ha estado determinada por el crecimiento de la población en la cuenca?

Lo que ocurre en la cuenca del Río Lerma representa en muchos sentidos la dinámica socioeconómica de México. Su superficie de aproximadamente 48,215 Km², comprende parcialmente los estados Guanajuato, Jalisco, México, Michoacán y Querétaro. Ahí se asienta uno de cada once mexicanos, y se genera poco más de la tercera parte de la producción industrial nacional, se origina casi el 20% del comercio total y queda comprendida una de cada ocho hectáreas de riego y temporal. Además, esta cuenca atiende a los dos centros de población más importantes del país: México y Guadalajara.

La densidad demográfica, la producción industrial y agrícola, así como el comercio de la región, superan la media nacional. Es un hecho el vertiginoso desarrollo que se ha experimentado en la cuenca durante los últimos cuatro lustros. Sin embargo, a la par del crecimiento demográfico y económico experimentado, han surgido, se han multiplicado o bien agravado los problemas derivados de la competencia en el uso del recurso agua, el uso irracional y la contaminación del mismo.

El desarrollo de la actividad económica regional ha sustentado un crecimiento demográfico acelerado en la cuenca principalmente en las décadas de los 60s y 70s y, a partir de la década de los 80s un mayor flujo migratorio proveniente de otras regiones. En los últimos 55 años, la población de la cuenca del Lerma-Chapala, más la usuaria del agua de ésta, residente en la ciudad de México, casi se ha quintuplicado. En 1944 se asentaban 2'050,000 habitantes en la cuenca; para 1957, ésto es, en sólo 12 años, se incrementó a 3'800,000 habitantes; entre el período de 1958 a 1978 se alcanzó una población de 6'600,000 habitantes, y para 1989 la población de la cuenca ascendía a 9'880,000 habitantes.

El incremento de la población en la cuenca, que forzosamente se convierte en usuaria del agua para satisfacer sus necesidades diarias, determina por otro lado, el crecimiento en la demanda de productos agrícolas, y promueve el crecimiento de la

actividad industrial, lo cual a su vez determina el incremento del uso del agua en actividades económicas. Esto tiene un impacto en la cantidad y calidad de la explotación del recurso hidráulico de la cuenca. Sin embargo, no es posible considerar a la dinámica demográfica como variable independiente, generadora de un fenómeno que ocurre en un cuerpo de agua localizado aguas abajo de la cuenca, en el cual confluyen, además de los fenómenos naturales propios del ecosistema, aquellos resultantes de la acción del hombre; aunque hay que reconocer que los resultantes de la antropización son los que verdaderamente alteran y modifican la dinámica de un medio ambiente natural.

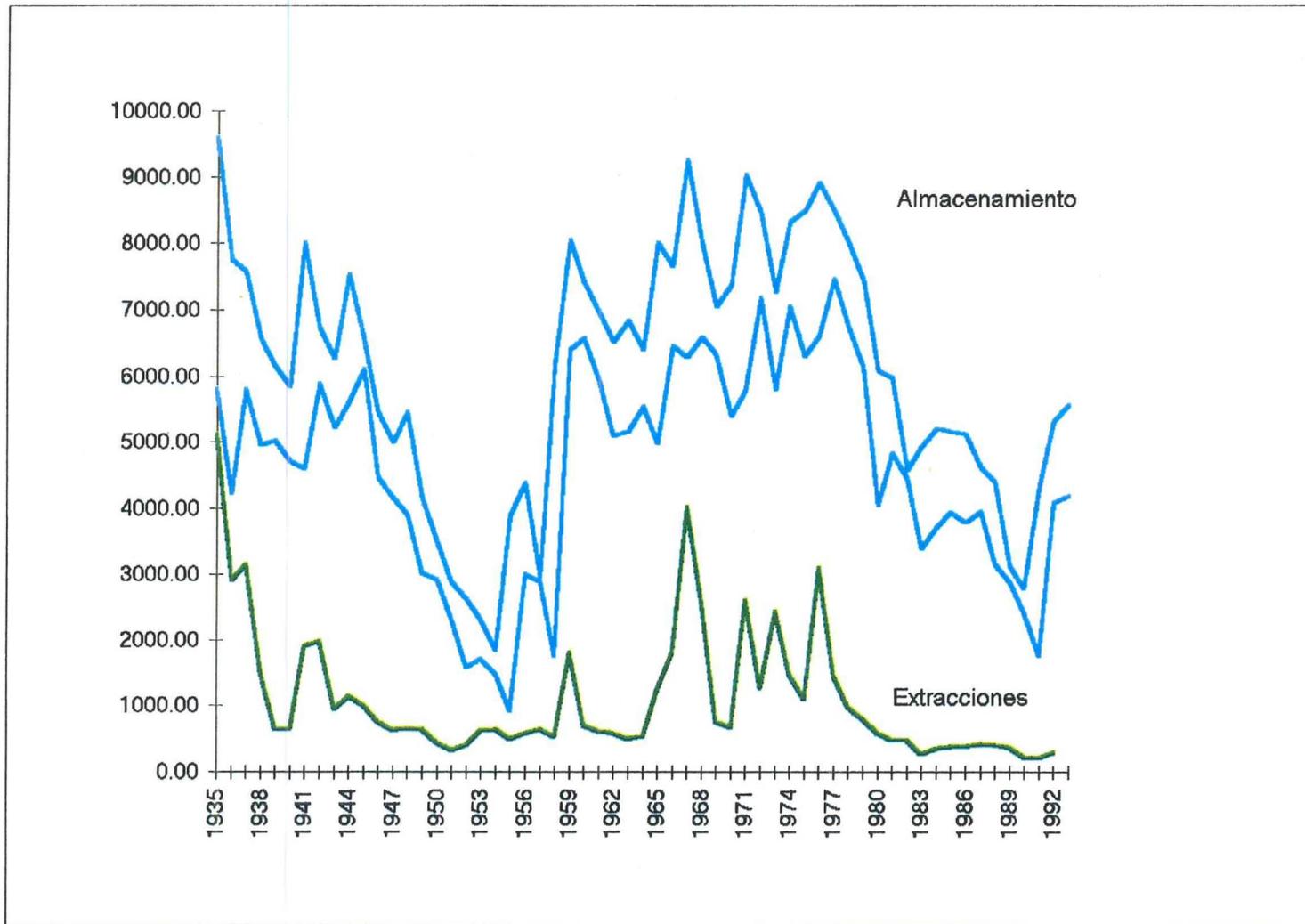
6.3 ¿Las tendencias en los volúmenes de almacenamiento podrían ser resultado de las extracciones al Lago para la Cd. de Guadalajara ?

Como ya se mencionó, la demanda actual de agua potable del Lago es de 268 millones de metros cúbicos anuales, y la de riego e industria de 175 millones. Por otro lado, se pierden importantes volúmenes de agua por evapotranspiración, alrededor de 1,400 m³ al año.

Con el propósito de identificar el posible impacto de la dinámica de extracciones al lago sobre los volúmenes de almacenamiento en el mismo, se revisaron comparativamente las gráficas que corresponden a las variables mencionadas (Gráfica No. 8 Bis). De esta manera, notamos que los periodos en los que las

extracciones al lago son sobresalientes, (1935-1945 y 1965-1979) coinciden con periodos en los que el lago ha mantenido almacenamientos satisfactorios; y contrariamente, cuando el volumen almacenado ha descendido, la extracción también disminuyó (1946-1964 y 1980-1992), reservándose casi exclusivamente a la satisfacción de la demanda de la ciudad de Guadalajara.

**Gráfico No. 8 Bis Volúmenes Almacenados y Extracciones (Mm3)
en el Lago de Chapala 1935-1992**



Fuente: Gerencia de la Comisión Nacional del Agua en Jalisco

Hay otros usos agrícolas importantes no medidos que se satisfacen por tomar aguas abajo de las estaciones hidrométricas ubicadas en Yurecaro y Estanzuela, en las cuales se registran las aportaciones al Lago de los Ríos Lerma y Duero respectivamente. De estas tomas se riegan la Ciénega de Chapala y las vegas del bajo Duero. Sin embargo, en condiciones de recesión del lago y de decadencia del Lerma y del Duero, estos riegos se ven extremadamente disminuídos.

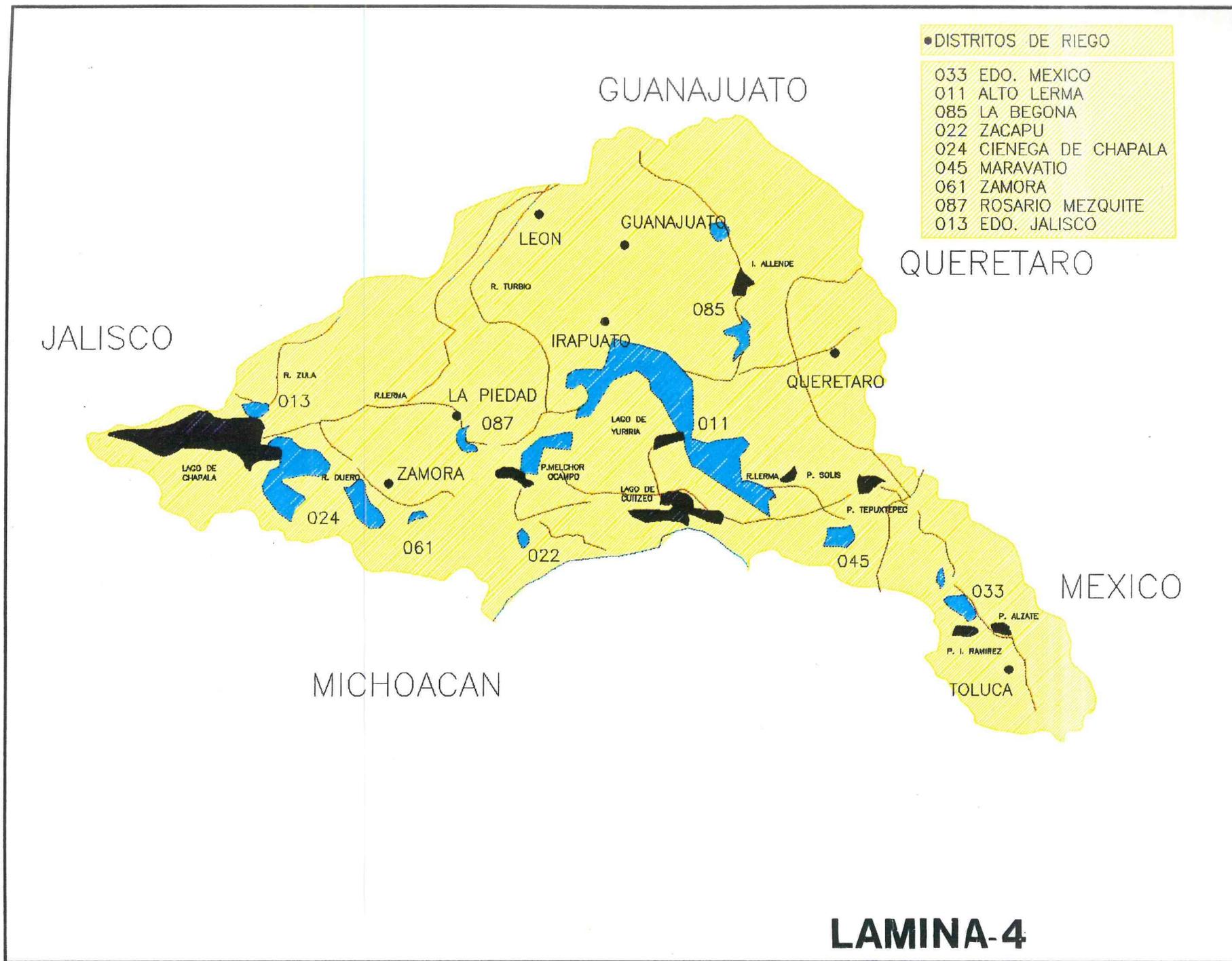
Es posible considerar que en determinados periodos los volúmenes extraídos al lago han sido importantes y que en alguna medida ésto ha impactado en las mermas del nivel de almacenamiento, fundamentalmente cuando las aportaciones del río Lerma, principal abastecedor de Chapala, empezaron a disminuir considerablemente; sin embargo, no representan un monto tan oneroso como para imputar a éstas la decadencia en las tendencias de almacenamiento en el lago. Además de que, como se mencionó, las extracciones aparentemente se van controlando en relación a la capacidad del volumen almacenado en el Lago.

En consecuencia, no es posible afirmar que, las extracciones al Lago sean lo que determina la dinámica de los volúmenes almacenados en el mismo.

6.4 ¿La dinámica de las aportaciones del Río Lerma ha determinado la dinámica de los volúmenes almacenados en el Lago?

6.4.1 Usos del agua en la cuenca Lerma-Chapala

El uso agrícola absorbe el 86% del agua aprovechada, siendo por lo tanto, el de mayor consumo de la cuenca. La superficie de áreas de riego asciende hoy a 780 mil hectáreas, que representan aproximadamente la séptima parte de la cuenca. De estas 780 mil Ha., corresponden 250 mil Ha a los 9 Distritos de Riego localizados en la cuenca y, aproximadamente 530 mil Ha a las 16 mil Unidades de Riego para el Desarrollo Rural (URDERALES). Estas últimas presentan una ubicación geográfica muy polarizada, por lo que ha sido difícil el control de las diversas fuentes de abastecimiento que utilizan (pequeñas y medianas presas, sistemas de bombeo de aguas subterráneas y superficiales, manantiales, y sistemas de derivación de corrientes permanentes y estacionales), así como el inventario de su crecimiento y nivel de operación. (Lámina No. 4 Superficies de Riego en la cuenca Lerma-Chapala)



LAMINA-4

El crecimiento de la superficie habilitada con riego en áreas compactas denominadas distritos de riego, se desarrolló básicamente entre 1950 y 1980. El incremento más notable ocurrió cuando en 1950 se puso en operación la Presa Solis en el Estado de México, con una capacidad inicial de almacenamiento de 800 millones de m³, para beneficio de 83,500 hectáreas. Con ello, la superficie total habilitada pasó de casi 20,000 hectáreas que existían en 1949 a 103,313 hectáreas en 1950, lo cuál representa un incremento del 80%. Posteriormente la superficie que se riega con volúmenes almacenados en presas continuó incrementándose hasta llegar a 165,794 hectáreas en 1980. (Cuadro No. 10 y Gráficas 10 y 10 Bis)

El desarrollo de las Unidades de Riego se dió durante los años 70s, periodo húmedo que favoreció la ampliación de las zonas de riego que, sin tener derecho al servicio, se convirtieron en demandantes del recurso. Esta situación fue propiciada y alentada por el impulso que se brindó en aquella época a la utilización de aguas excedentes.

Cuadro No. 10

**INCREMENTO HISTORICO:
VOLUMENES ALMACENADOS EN PRESAS Y SUPERFICIES REGADA
CUENCA LERMA-CHAPALA**

1926-1994

Año	Volúmenes (Mm3)		Superficies (Ha)	
	Parcial	Acumulada	Parcial	Acumulada
1926	25	25	2 700	2 700
1944	1	26	1 855	4 555
1946	792	818	13 058	17 613
1949	14	832	2 200	19 813
1950	800	1 632	83 500	103 313
1952	78	1 710	9 300	112 613
1957	10	1 720	2 300	114 913
1963	13	1 733	800	115 713
1967	9	1 742	411	116 124
1968	251	1 993	9 100	125 224
1973	200	2 193	32 500	157 724
1974	20	2 213	3 000	160 724
1975	207	2 420	570	161294
1980	196	2 616	4 500	165 794
1994		2 616		165 794

Fuente: Comisión Nacional del Agua Gerencia Regional Lerma-Chapala

Gráfico No. 10 Incremento Histórico en Volúmenes Almacenados en presas en la Cuenca Lerma de Chapala

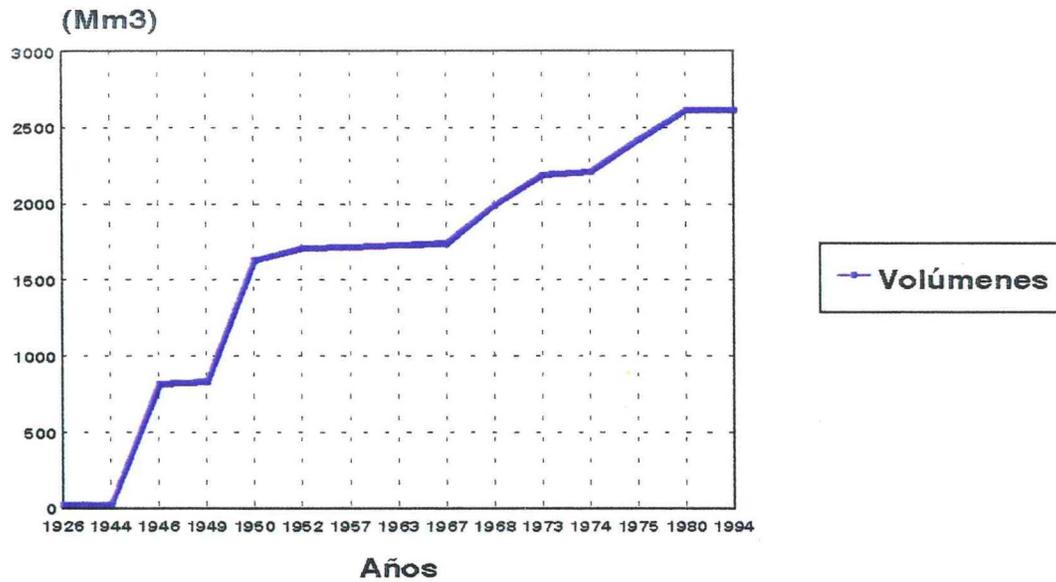
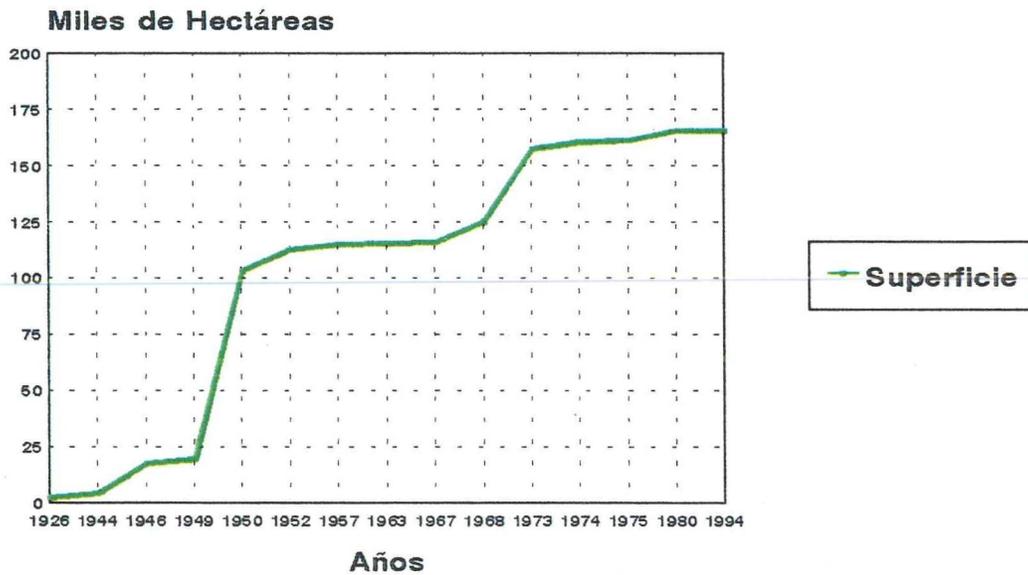


Gráfico No. 10 Bis Incremento Histórico en la superficie regada de la Cuenca Lerma-Chapala



Del volumen total del agua utilizada por el sector agrícola, la cual asciende a 7,021 millones de m³, aproximadamente el 53% corresponde a aguas superficiales y el 47% a pozos profundos, esto es agua subterránea. La extracción de agua subterránea para riego en la región es de 3,300 millones de m³, lo cual representa el 72% de la extracción total del agua del subsuelo. Por otro lado, han existido fenómenos meteorológicos que han agudizado este problema; tal es el caso de la recurrencia de escasez de precipitación, que ha provocado en distintos períodos mayor demanda de pozos y la construcción de nuevos aprovechamientos de aguas superficiales, agravando la competencia entre los usuarios ya establecidos y los recién incorporados.

La evolución de la capacidad de presas construídas en la cuenca del Lerma, para el riego de las áreas que constituyen los Distritos, así como la evolución acumulativa de las mismas, se muestra en las gráficas No. 10 y 10 Bis.

Existen distritos y unidades de riego que son ineficientes en el uso y manejo del agua, y otros que son relativamente eficientes. En términos generales, aunque los distritos de riego tienen una alta productividad agrícola por hectárea, no la tienen por metro cúbico consumido por hectárea. Esto se debe a que el agua no se cobra en un monto que refleje su costo real, por lo cual, el aprovechamiento del recurso es ineficiente.

En suma, la actividad agrícola de riego ha desempeñado un papel fundamental en el desequilibrio hidrológico que se alcanzó en la cuenca Lerma-Chapala. Sin embargo, cabe puntualizar que a través de medidas como racionalización de las asignaciones del recurso, con el propósito de que los usuarios en los distritos de riego aprovechen sólo el volumen máximo autorizado, se ha frenado el crecimiento de zonas de riego con aguas claras de primer uso, a efecto de contener el crecimiento de la demanda, posibilitar el ordenamiento de la cuenca bajo premisas de asignación del agua acordes con la disponibilidad real del recurso y fomentar con ello el tratamiento de las aguas residuales para su reuso agrícola. (Mestre, Rodríguez Eduardo, 1994)

Al crecimiento vertiginoso de la demanda de agua para fines hidroagrícolas se le añadió en décadas pasadas el vigoroso despeque de la actividad industrial en la región, cuyo producto interno bruto regional en el ramo manufacturero se ha quintuplicado en las últimas cuatro décadas. Aunque la extracción para fines industriales, en general procede del subsuelo, (290 millones de m³, el 6% de la extracción total de agua subterránea en la cuenca), ha habido un incremento en la explotación de agua superficial para este uso. Este incremento ha sido difícil de cuantificar, debido a que la demanda para este usuario se integra a la demanda total de agua potable para las unidades.

La industria regional se caracteriza por su diversificación de ramas de actividad y por su distribución amplia en el territorio de la cuenca hidrológica aunque con polos de concentración bien definidos: Toluca, Querétaro, León, Celaya, Salamanca, Irapuato, Pénjamo-La Piedad, Morelia y Zamora. Existen poco más de 560 empresas industriales registradas, incluyendo paraestatales como usuarios de agua en la cuenca.

El uso industrial destaca en la competencia por el agua con el uso agrícola y uso doméstico con un innegable saldo favorable para la actividad industrial por su capacidad económica; lo anterior arrojó como resultado bajas eficiencias en el uso del agua, desinterés en mejorar la productividad del agua en la industria; adicionalmente la contaminación que genera es mayor que la de los demás usos, y además hasta hace pocos años prevaleció una tendencia generalizada por minimizar o evadir el pago de cuotas, tarifas y derechos por el agua utilizada y por la contaminación que genera; con esto se propició que el porcentaje de aguas residuales tratadas en relación con el efluente total regional fuese reducido.

En la cuenca existen zonas de alta, mediana y baja densidad demográfica, que coincide con la densidad industrial. Las zonas donde se tienen problemas de concentración de usos, tanto doméstico como industrial, corresponden al área de

Toluca-Ocoyoacac-Lerma, corredor que está creciendo en forma acelerada; Queretaro-Celaya-Salamanca-Irapuato, hasta Abasolo inclusive; la de Santa Ana-Pacueco-La Piedad-Pénjamo-Penjamillo; y finalmente, la zona industrial de Ocotlán-El Salto.

Un mal a vencer es el uso clandestino del agua superficial y subterránea, clara y residual, que está presente en los rincones del país pero con graves manifestaciones en la cuenca.

6.4.2 Aportaciones decrecientes del Río Lerma al lago de Chapala

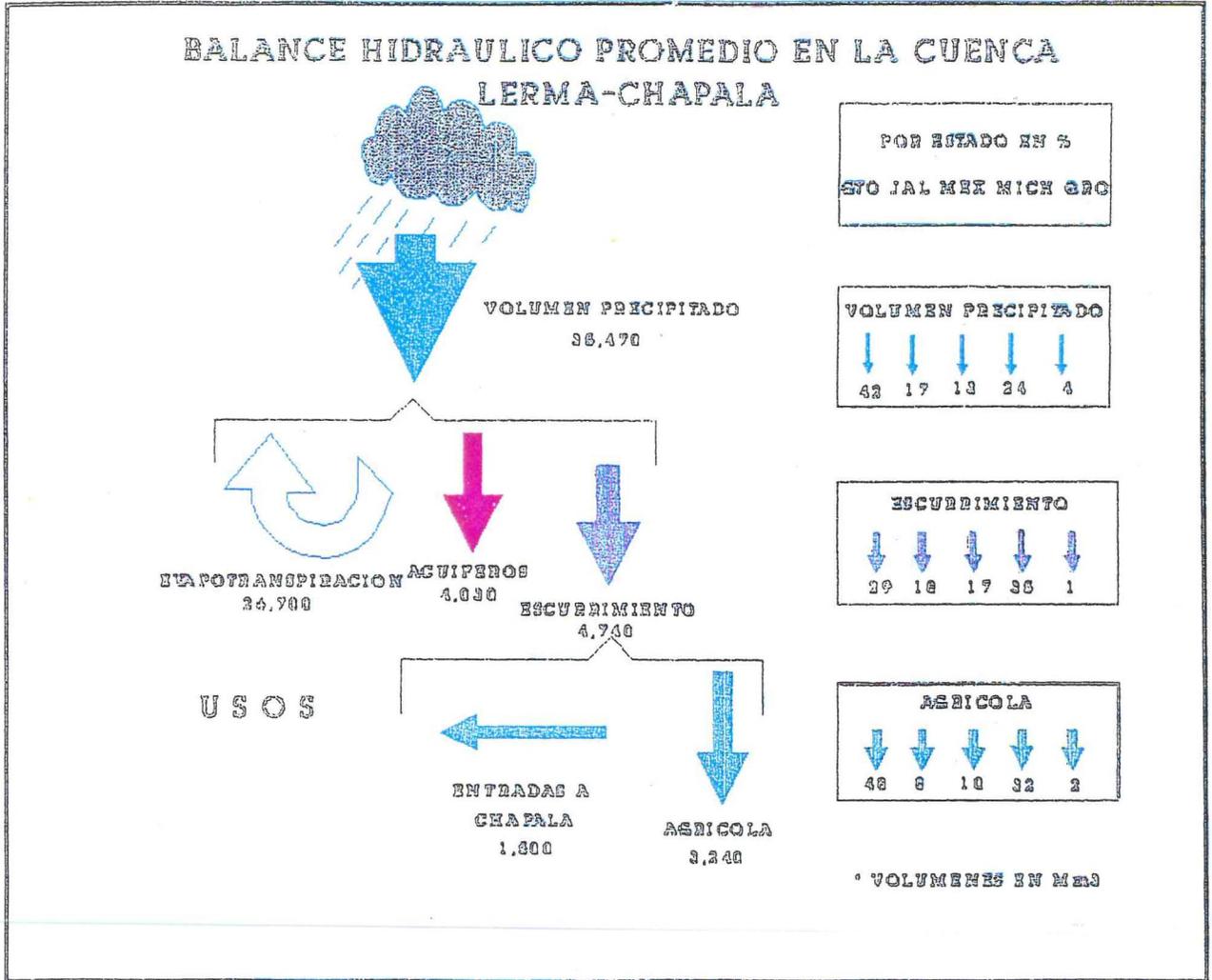
El balance hidrológico de las aguas superficiales de la cuenca en condiciones medias en el período 1950-1979 muestra que, ante una precipitación media anual de 735 mm, se genera un escurrimiento en el Río Lerma de 4,740 millones de metros cúbicos (Mm³). De estos, en promedio 3,240 se destinan al riego y 1,500 son las aportaciones al Lago de Chapala, que fundamentalmente provienen de la cuenca baja del río Lerma, sus afluentes y precipitación en el Lago. (Lámina No.5 Balance hidráulico promedio en la cuenca Lerma-Chapala). De los 1,500 Mm³ que entran al lago, se requieren 1,440 para satisfacer su evaporación natural, 270 para la demanda de agua de la ciudad de Guadalajara y 170 para riego agrícola. Lo anterior se

traduce en un déficit anual medio de aproximadamente 380 Mm³, que ha venido provocando un descenso importante en los niveles del lago. (Lámina No.6 Balance hidráulico en el Lago de Chapala)

El desequilibrio entre la oferta y la demanda del agua es producto del incremento sostenido de las extracciones principales de riego, el uso más importante en la región. Los nueve distritos de riego de la cuenca utilizan el 40% del escurrimiento; y las unidades de riego (URDERAL) consumen volúmenes superiores, ya que su superficie es mayor y carecen de control. En general, la demanda, que es desigual entre los distritos, sólo se satisfacen en un 60%.

A la par con el crecimiento de las zonas de riego, no se previó una política de operación de la infraestructura hidráulica acorde con la situación y que fuera funcional tanto para épocas de abundancia como para épocas de escasez.

Lámina N° 5



Làmina N°6

BALANCE HIDRAULICO EN EL LAGO DE CHAPALA



• VOLUMENES EN MILLONES DE m³

De hecho, lo anterior sitúa a la cuenca como la de mayor grado de aprovechamiento del país. Ya no existen escurrimientos superficiales de aguas claras remanentes por aprovechar sin afectar otros usos; tampoco existen aguas subterráneas aprovechables sin agravar los problemas de sobreexplotación, y la totalidad de las aguas residuales están comprometidas. Todo esto, acarrea conflictos cada vez más graves por el uso del agua, y consecuentemente se provoca una disminución notable de los escurrimientos del río Lerma al Lago de Chapala.

Como se pudo apreciar en el punto de aportaciones al Lago, las que corresponden al Río Lerma han decrecido paulatinamente, sobre todo en los últimos 15 años, al igual que las aportaciones por el Río Duero, las cuales son casi nulas hoy día.

Entre 1934 y 1978 la aportación del Río Lerma al Lago de Chapala oscilaba alrededor del 58%, y por lluvia era aproximadamente el 30%, con un promedio de escurrimientos de 2755.12 Mm³. Para el periodo entre 1979 y 1992, el total de escurrimientos al Lago disminuyó a 1435.29 Mm³, aproximadamente el 50% de los registrados en el periodo anterior, esto se debe básicamente a que, la aportación del Lerma en el total de las entradas al Lago disminuyó al 20%; así pues, la lluvia registrada en la propia cuenca del Lago se constituye en la principal aportación al mismo, la cual llega a representar el 70% del total de entradas. Esto no representa

que la precipitación sobre el Lago se haya incrementado, ya que como podemos observar en la gráfica No. 6, en la cual se establece el nivel comparativo de las entradas a través de las diferentes fuentes, la lluvia aunque con variaciones de año a año, mantiene un promedio durante todo el periodo de registros.

En un análisis más detallado de las aportaciones del Río Lerma al Lago, se identifican tendencias que coinciden con la dinámica volumétrica del Lago, y se relacionan con aquellos factores que determinan o inciden en éstas.

En efecto, de 1945-1954, periodo en el que se presenta el primer descenso notable en los escurrimientos del Lerma al Lago, se da un explosivo crecimiento en la capacidad del volumen de agua almacenada en presas, coincidentemente con años de precipitaciones abajo de la media anual en la cuenca (735 mm). Posteriormente, de 1955 a 1959, período en el que se vive una recuperación en los volúmenes almacenados en el lago, también se observa una recuperación en el nivel de aportaciones que el Río Lerma le hace al mismo. En estos años el incremento en el volumen almacenado en presas es muy pequeño y se presentan años con precipitación arriba de la media (1955, 1958 y 1959). Así pues, el nivel de extracciones al Río Lerma no se incrementa de manera importante, y por otro lado, es un periodo en el que la precipitación es medianamente mayor.

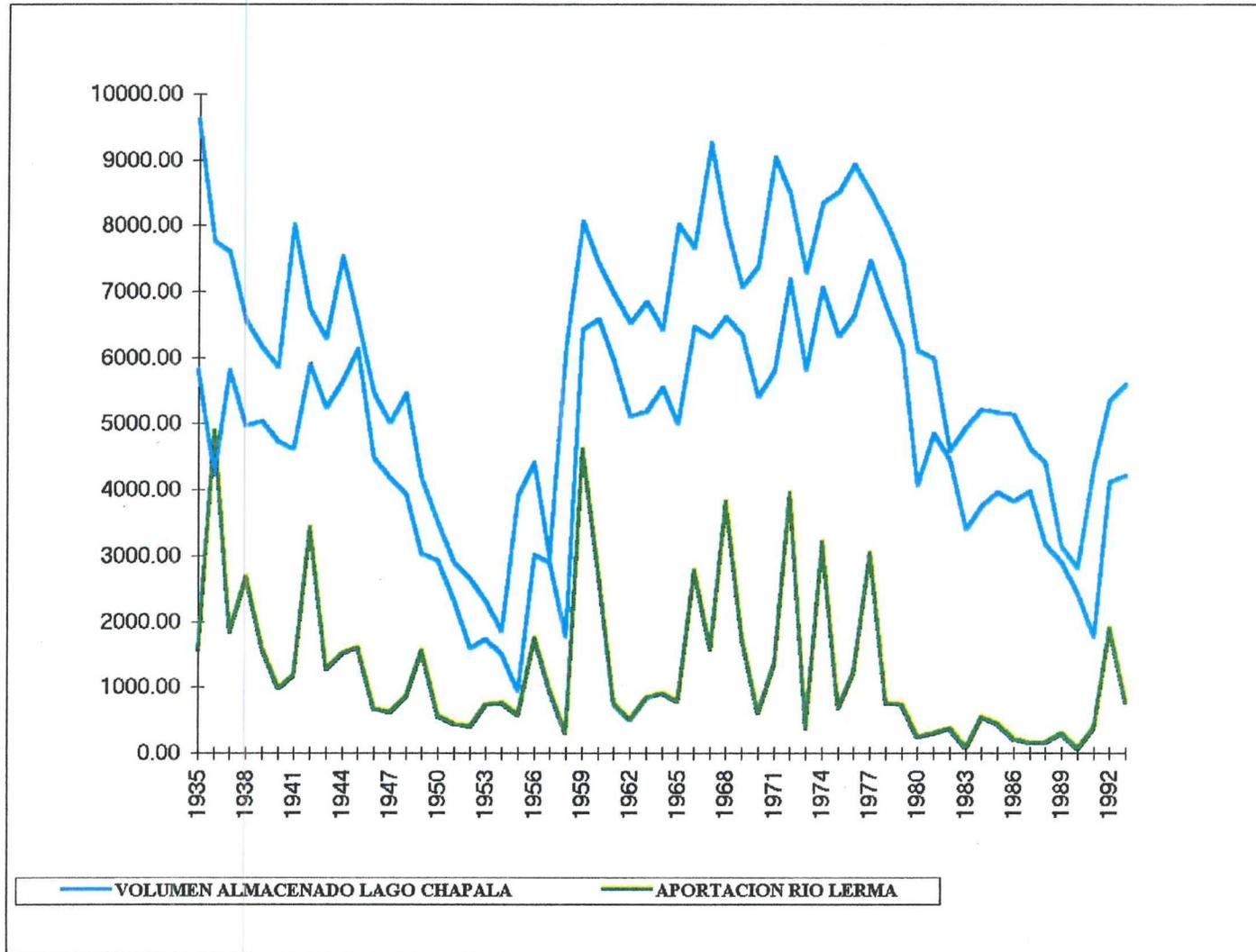
En los siguientes años, de 1960 a 1978, los escurrimientos del Lerma se mantienen en un nivel promedio arriba de los 1500 Mm³; situación que se refleja en los volúmenes almacenados en el Lago, los cuales presentan un promedio de 7500 Mm³ anuales durante el periodo mencionado.

Esta situación de escurrimientos del Lerma similares a los primeros 45 años del siglo, durante casi 20 años se explica por los siguiente. Primero, como ya se dijo, en los años de recuperación (55-59) se presentan precipitaciones arriba de la media, después éstas se mantienen en el promedio medio; al mismo tiempo, las extracciones al Río Lerma se mantienen e incluso disminuyen, debido a que los almacenamientos en presas no se incrementan de manera importante, y a que en la agricultura de riego, actividad en donde se consume la mayor cantidad del recurso hidráulico de la cuenca, disminuye en cierta forma su consumo a finales de los 60's y principios de los 70's. Esto último porque parte de la infraestructura de riego que se construyó en lo cuarentas y cincuentas operaba con deficiencias, o ya no operaba por falta de rehabilitación; y en esos años las inversiones al sector agropecuario estuvieron muy limitadas, por lo que la ampliación y rehabilitación de la infraestructura de riego fueron insignificantes.

En el siguiente periodo, de 1979 a 1990, los escurrimientos del Río Lerma vuelven a disminuir a niveles alarmantes con un promedio de 279 Mm³.

De esta manera, como se observa en la gráfica siguiente (No. 11), y considerando los elementos que se mencionaron, podemos afirmar que las tendencias de los volúmenes almacenados en el Lago están determinados por la dinámica de los escurrimientos del Río Lerma.

Gráfico No. 11 Volúmenes Almacenados y Aportaciones del Río Lerma en el Lago de Chapala (Mm3) 1935-1993



Fuente: Gerencia de la Comisión Nacional del Agua en Jalisco

7. CONCLUSIONES .

En el Lago de Chapala, como en todo cuerpo de agua, se presenta como parte de su función hidrológica, un deterioro natural en su capacidad de embalse, resultado de cíclicos azolves que se depositan en el fondo en cada temporal de lluvias, más aquellos sólidos que aún más mínimos se acarrearán con las tolvaneras en tiempo de estiaje.

Esto consecuentemente reduce la capacidad de embalse del lago, pero de manera tan mínima, que podríamos considerar al azolve como un factor poco crítico en la vida y funcionamiento del Lago.

No sucede así con relación a los aportes cíclicos y permanentes de abastecimiento, como se puede observar a través del análisis, éstos se han visto reducidos drásticamente, principalmente en lo que corresponde a su afluente principal, que es el Río Lerma. Si bien es cierto, lo anterior es un hecho conocido desde hace tiempo, en el presente trabajo se trató de presentar de manera desglosada y con apoyo de información de series históricas, la secuencia del comportamiento dinámico del Lago ligado a cada uno de los factores que inciden en ésta. De ésta forma, se hace patente y evidente que la degradación que ha estado padeciendo el lago, ha sido resultado de la dinámica de explotación que se realiza aguas arriba. Esta dinámica de explotación en la cuenca aguas arriba del lago, no sólo ha incidido en la disminución de los volúmenes

de ingreso anual al Lago, sino también en la constante acción de contaminación que por conducto del cauce del Río Lerma se hace llegar al mismo.

Una perspectiva diferente de visualizar la problemática se ha venido comentando desde hace algún tiempo, y que de hecho ha sido asumida de manera formal y oficial desde la firma del Primer Acuerdo de Coordinación para llevar a cabo un Programa de Ordenamiento de los Aprovechamientos Hidráulicos y el Saneamiento de la Cuenca Lerma-Chapala en 1989. Esta se refiere a que tanto los usuarios del agua como las instituciones normativas del recurso, en conjunción y cada quien por su parte cumplan con sus responsabilidades en un marco de coordinación y concertación de acciones, considerando las condiciones y necesidades de la cuenca en su conjunto.

De nada prácticamente sirven las normas legales para el uso y cuidado del recurso agua, si estas leyes son desatendidas o incluso desconocidas en algunos aspectos por los usuarios; o bien si en ciertos casos, pequeños grupos abusan del volumen a usar excediéndose en sus raciones; o si un sinnúmero de pequeños usuarios, en la desesperación, sin permisos y técnicas, usan el agua sin control de volúmenes y contaminándola.

Se requiere pues, educación y conciencia en los usuarios y tenacidad y supervisión constante de aquellos que tienen la responsabilidad de cuidar el cumplimiento de las normas establecidas en el uso de los recursos en la cuenca.

Al parecer, la experiencia adquirida, tanto por las diferentes instancias de gobierno e instituciones involucradas, como por los diferentes sectores usuarios del recurso hidráulico en la cuenca Lerma-Chapala, a partir de la firma del primer acuerdo de coordinación, indican que es viable e imperativo concertar acciones y recursos, considerando la premisa de que la cuenca hidrológica constituye la unidad ideal para administrar y preservar el agua, lo cuál es recogido por la Ley de Aguas Nacionales de 1992.

A continuación, se mencionan comentarios sobre algunas de las medidas que se han tomado o están en camino de instrumentarse, para cuidar volúmenes y calidad del agua de la cuenca alta del Río Lerma y del embalse del propio Lago de Chapala.

Es claro que hacer un uso racional y tecnificado del agua en los diferentes usos (riego agrícola, doméstico, industrial) es imperativo no sólo de la cuenca materia del presente trabajo, sino también en otras cuencas del país en donde las disparidades entre oferta y demanda de agua, contaminación y gestión de la misma, están presentes. La

racionalidad y la tecnificación en el uso del agua, generalmente impacta en ahorros del recurso, que vendrían a proporcionar apreciables aportes al cauce que confluye en el vaso del Lago de Chapala.

En cuanto al deterioro de la calidad del agua en la cuenca en su conjunto y particularmente por lo que se refiere a la contaminación que recibe el lago por su afluente principal (Río Lerma), si bien se han obtenido avances importantes al reducir en un 35% la contaminación en el río Lerma y en un 50% en el Lago, es necesario asumir que aún queda mucho por hacer en materia de saneamiento (CNA, Gerencia Estatal Jalisco, 1994). Por un lado, en la construcción de nuevas plantas de tratamiento, por otro y principalmente en la definición del cobro del servicio de saneamiento urbano.

Además, para cumplir con la Ley Federal de Derechos en materia de agua, es necesario instrumentar estrategias que induzcan u obliguen al sector industrial, al desarrollo o fortalecimiento de acciones que les permitan cumplir con los parámetros de calidad que se les han fijado. En este sentido es necesario mencionar que, actualmente se encuentran en construcción 6 plantas que tratarán tanto aguas residuales municipales como industriales, con inversión 100% privada, mediante un acuerdo de concesión en la operación de dichas plantas (CNA, 1994). Esto representa un avance

en la coordinación y unificación de esfuerzos, con esquemas de financiamiento que les permita obtener beneficios económicos.

Dadas las condiciones de desarrollo y deterioro de un medio ambiente que reclama un equilibrio, promover el desarrollo sustentable en una región de un país exige considerar que, agua y economía están vinculados indeleblemente. Las condiciones de apertura en los distintos ámbitos del quehacer nacional, reconociendo carencias y adoptando esquemas técnicos, financieros, institucionales, políticos y sociales fundamentados cada vez más en la realidad, permiten vislumbrar la posibilidad de equilibrar las posibilidades del desarrollo con las posibilidades de la conservación del medio ambiente que lo sustenta.

En el escenario de la compleja realidad de la Cuenca Lerma-Chapala, se han realizado diversos esfuerzos institucionales y privados para el aprovechamiento y gestión del agua, o bien para tratar de solventar problemas y disparidades ocasionadas por la discrepancia entre oferta y demanda del recurso, algunos de los cuales ya fueron mencionados en el capítulo 2.

Las acciones realizadas conjuntamente por los Gobiernos Federal y Estatal para la restauración de la cuenca y recuperación del volumen almacenado en el Lago, empiezan de alguna manera a incidir en la problemática, sin embargo, aún falta mucho

por hacer; es necesario que las instancias de los tres niveles de gobierno renueven su compromiso para continuar con las acciones que permitan la preservación del recurso hidráulico de la cuenca, pero además, se requiere que los usuarios del agua se vean comprometidos a participar en tal tarea, a efecto de restablecer las condiciones adecuadas para continuar con el desarrollo socioeconómico de las entidades.

Los resultados o avances de las acciones emprendidas son apenas el comienzo para lograr una gestión del agua en la cuenca, regulada por la disponibilidad del recurso y las necesidades reales de la población.

Si bien es cierto que las acciones realizadas y por realizar cuentan con una orientación derivada del proceso de planeación hidráulica, para conocer si éstas han sido las más idóneas es necesario continuar con el monitoreo de los avances, y plantear en el mediano plazo, una evaluación del impacto de los programas en el restablecimiento de un equilibrio que permita la preservación del recurso hidráulico en la cuenca y la del Lago de Chapala, en condiciones satisfactorias para la población usuaria, y para la propia dinámica hidráulica de la Cuenca Lerma-Chapala.

BIBLIOGRAFIA :

Libros y Artículos:

ALBA, Vega Carlos, "Chapala: Ecología, y Planeación Regional", El Colegio de Jalisco- Goethe-Institut, Guadalajara, Jalisco, 1990.

CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION-JALISCO, Autores Varios, "Chapala: Acercamiento a su problemática", CNIC, Guadalajara, Jalisco, 1989.

COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DEL ESTADO DE JALISCO. Memoria del Seminario "El Lago de Chapala 10 años después", Guadalajara, 1985.

COMISION NACIONAL DEL AGUA, Oficina de Comunicación del Lago, "Chapala el Lago: Libro en Cinco Partes" , C N A, Ediciones del Lago, México. Guadalajara, 1991.

ESCOTTO, Jimenez José, "Lago de Chapala", Gobierno de Jalisco, México 1986.

GARCIA B. Rolando. "Conceptos básicos para el estudio de sistemas complejos" en LEFF E. Los Problemas del Conocimiento y la Perspectiva Ambiental del Desarrollo, Siglo XXI, México, 1986.

GOBIERNO DEL ESTADO DE JALISCO, "Chapala: Un Lago para México" , Gobierno de Jalisco, 1990.

LEFF Enrique. "Racionalidad ecotecnológica y manejo integrado de recursos" en Revista Interamericana de Planificación, No. 69, México, marzo de 1984.

JOHNSON E.A.J. "The organization of space in developing countries". Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts, 1970.

LAMERIAS, Brigitte. "La problemática agrohidráulica del lago de Chapala y su región" en Encuentro No. 1, Colegio de Jalisco, Guadalajara, octubre-diciembre de 1983.

LIMON, Gualberto y Napoleón Jaramillo. "Evaluación de información de la calidad del agua del Lago de Chapala en el estado de Jalisco". SEDUE, Grupo Hidrosanited, Guadalajara, 1985.

MC LOUGHLIN BRIAN J. "Urban and Regional Planning. A systems approach". Faber and Faber Editions. London, 1970.

MESTRE, Rodríguez J. Eduardo, "Ordenamiento de los aprovechamientos hidráulicos y Saneamiento de la cuenca Lerma-Chapala", Revista- Agua Potable, diciembre 1989 y enero 1990.

MESTRE, Rodríguez J. Eduardo, "Situación de la gestión del agua en la cuenca Lerma-Chapala", Ponencia presentada en el Seminario sobre, Manejo de Cuencas y Desarrollo Sustentable, Colegio de México, A. C., febrero 1994.

PARE, Luisa, "Los Pescadores de Chapala y la Defensa de su Lago", Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente (ITESO), Guadalajara, Jalisco, 1989.

SANDOVAL, Francisco de P., "El Agua en el mundo, en México y en el sistema Lerma-Chapala, Revista-Agua Potable", julio y agosto 1993.

SANDOVAL, Francisco de P., "Guía de Información Técnica sobre el Lago Chapala", Colección Textos Jalisco, Serie:Estudios e inversión / no.14, Gobierno de Jalisco, 1979.

SANDOVAL, Francisco de P., "Obras, Sucesos y Fantasías en el Lago Chapala" , Colección Textos Jalisco, Serie:Estudios e inversión / no.15, Gobierno de Jalisco, 1981.

SANDOVAL, Francisco de P., "Verdades y Mitos del Lago de Chapala", Colección Textos Jalisco, Serie:Estudios e Inversión / no.3 , Gobierno de Jalisco, 1979.

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS, "Agua y Sociedad: Una Historia de las Obras Hidráulicas en México", SARH-CNA, México 1988.

SOCIEDAD MEXICANA DE GEOGRAFIA Y ESTADISTICA DE JALISCO. "Chapala, ayer y hoy". Gobierno del estado de Jalisco, Guadalajara, 1984.

TUDELA Fernando. "El Laberinto de la Complejidad. Hacia un enfoque sistémico del medio ambiente y la gestión de los servicios urbanos en América Latina", en Schteingart y D'Andrea. Servicios Urbanos, gestión local y medio ambiente, El Colegio de México, 1991.

VILLELA, Beltrán Ignacio, "Chapala", Revista-Agua Potable, mayo, junio y julio de 1989.

Documentos:

ANAHUAC INGENIEROS, CONSULTORES Y SUPERVISORES, S.A. " Políticas de Operación Para las Fuentes de Abastecimiento de la Ciudad de Guadalajara, Jalisco y su Zona Conurbada" , SIAPA, México, marzo de 1992.

COMISION NACIONAL DEL AGUA, "Cuenca Lerma-Chapala, Reunión de Evaluación y Seguimiento del Programa de Ordenamiento y Saneamiento de la cuenca" , agosto 1990.

COMISION NACIONAL DEL AGUA, Gerencia Regional Lerma-Balsas, Subgerencia de Irrigación y Drenaje, "Datos históricos de la cuenca Lerma-Chapala" , Querétaro, Qro., febrero 1994.

COMISION NACIONAL DEL AGUA, "Irrigación y Drenaje en la cuenca Lerma-Chapala" , Querétaro, Qro., marzo 1992.

CONSEJO CONSULTIVO DE EVALUACION Y SEGUIMIENTO DEL PROGRAMA..., "Acuerdo de Coordinación de Aguas Superficiales", Colección Lerma-Chapala, Vol.1 no.5, Querétaro, Qro., marzo 1991.

CONSEJO CONSULTIVO DE EVALUACION Y SEGUIMIENTO DEL PROGRAMA...,
"Memoria de la III Sesión ordinaria del Consejo Consultivo de Evaluación y Seguimiento del Programa de Ordenamiento y Saneamiento de la Cuenca Lerma-Chapala" , Colección Lerma-Chapala Vol.1 no.7, Querétaro,Qro., marzo 1992.

CONSEJO CONSULTIVO..., "Evaluación de Avances del Programa" , Colección Lerma-Chapala Vol.1 no.9, enero 1993.

CONSEJO CONSULTIVO..., "Informe de Avances de los integrantes del Consejo" , Colección Lerma-Chapala Vol.1 no.8, octubre 1992.

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA, Coordinación de Tecnología Hidráulica Urbano Industrial, Subcoordinación de Calidad del Agua, "Proyecto de Control de Malezas Acuáticas" , IMTA, proyecto UI-9317, Cuernavaca, Mor., 1993.

SANAMEX. "Programa de Acción y Gestión contra la degradación ambiental del Lago de Chapala", SSA Subsecretaría del Medio Ambiente, Guadalajara, 1981.