

SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

ACUERDO por el que se da a conocer el estudio técnico de los recursos hídricos del área geográfica Lerma-Chapala.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

CRISTOBAL JAIME JAQUEZ, Director General de la Comisión Nacional del Agua, Organismo Administrativo Desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, de conformidad con lo dispuesto en los artículos 32 Bis fracciones III, XXIII, XXIV y XLI de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 1, 2, 4, 9 fracciones I, VI, XVII, XXIV, XXV, XXVI, XXXV, XLV, XLVI y LIV, 12 fracciones I, VIII, XI y XII, 19 BIS, 22 segundo párrafo y 38 de la Ley de Aguas Nacionales; 1, 14 fracciones I, IV y XV, 23 fracción II, 37, 64, 73 y décimo tercero transitorio del Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales; 1, 2 fracción XXXI, letra a., 40, 41, 44 y 45 del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, y

CONSIDERANDO

Que el artículo 4 de la Ley de Aguas Nacionales, establece que corresponde al Ejecutivo Federal la autoridad y administración en materia de aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes, quien la ejercerá directamente o a través de la Comisión Nacional del Agua.

Que la Comisión Nacional del Agua expidió, con fundamento en la fracción II del artículo 9 de la Ley de Aguas Nacionales vigente hasta el 29 de abril de 2004, la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, Conservación del recurso agua-Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales, misma que fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 17 de abril de 2002 y cuyo objetivo es establecer el método base para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales superficiales y subterráneas, para su explotación, uso o aprovechamiento.

Que con base en dicha norma se publicó en el Diario Oficial de la Federación de 15 de octubre de 2003, el Acuerdo por el que se dan a conocer las denominaciones y la ubicación de las diecinueve cuencas localizadas en la zona hidrológica denominada Río Lerma-Chapala, así como la disponibilidad media anual de las aguas superficiales en las cuencas que comprende dicha zona hidrológica.

Que al ser deficitaria la disponibilidad de agua en dicha área geográfica se ha procedido por esta Comisión Nacional del Agua, a la realización de los estudios técnicos a que se refiere el artículo 38 de la Ley de Aguas Nacionales, para establecer la existencia de alguna o algunas de las causas de interés público o de utilidad pública que prevén los artículos 7 y 7 BIS del ordenamiento legal referido, a fin de que el Ejecutivo Federal quede en aptitud de reglamentar la extracción y utilización de aguas nacionales, establecer zonas de veda o declarar reservas de aguas.

Que en cumplimiento a lo establecido por el artículo 39 de la Ley de Aguas Nacionales y el diverso 73 de su Reglamento, se promovió para la realización de los estudios técnicos de referencia la participación de los usuarios, para lo cual, se celebró una consulta pública el 25 de octubre de 2002, a la que fueron convocados los Vocales del Consejo de Cuenca Lerma-Chapala, los miembros de los Consejos Regionales para el Desarrollo Sustentable de las regiones Centro-Occidente y Centro de la Cuenca Lerma-Chapala y representantes de diversas organizaciones sociales, institutos académicos y de investigación de la cuenca;

Que una vez que se atendieron los comentarios y observaciones realizados en la consulta pública mencionada, el proyecto respectivo, se dio a conocer durante el año citado al Grupo de Seguimiento y Evaluación del Consejo de Cuenca (8 de agosto) y a su Grupo de Ordenamiento y Distribución (2 de agosto, 25 de septiembre y 23 de octubre); al Comité Estatal Hidráulico de Guanajuato (19 de septiembre), a los Delegados de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (22 de julio); a los Gerentes Regionales y Estatales de la Comisión Nacional del Agua cuya circunscripción territorial queda comprendida dentro de la cuenca citada (26 de julio) y a otras autoridades federales cuya competencia se vincula a la materia (7 de agosto), a fin de propiciar su análisis y discusión, así como la recepción de comentarios y observaciones que permitieron enriquecer el proyecto;

Que los Vocales del Consejo de Cuenca Lerma-Chapala aprobaron dichos estudios, por unanimidad en la LXXVII REUNION ORDINARIA DEL GRUPO DE SEGUIMIENTO Y EVALUACION DEL CONSEJO DE CUENCA LERMA-CHAPALA, celebrada el 30 de septiembre de 2004, por lo que he tenido a bien expedir el siguiente:

ACUERDO POR EL QUE SE DA A CONOCER EL ESTUDIO TECNICO DE LOS RECURSOS HIDRICOS DEL AREA GEOGRAFICA LERMA-CHAPALA

ARTICULO UNICO.- El presente Acuerdo tiene por objeto dar a conocer el resultado del Estudio Técnico de los recursos hídricos del área geográfica denominada Lerma-Chapala, mismo que pertenece a la zona hidrológica número 12 y se encuentra ubicada en el centro del país, comprendiendo parte de los estados de Guanajuato, Jalisco, México, Michoacán y Querétaro, con una superficie total de 51,887 km², considerando las cuencas cerradas de Pátzcuaro y Cuitzeo.

1. Delimitación geográfica

La zona hidrológica Río Lerma-Chapala, pertenece a la región hidrológica número 12 y se encuentra ubicada en el centro del país. En ella están comprendida parte de los estados de Guanajuato, Jalisco, México, Michoacán y Querétaro, con una superficie total¹ de 51,887 km², considerando las cuencas cerradas de Pátzcuaro y Cuitzeo; la superficie de la cuenca principal o interconectada es de 47,116 km² (Fig. 1).

La zona hidrológica se encuentra limitada al Norte y Oeste por la zona hidrológica del río Santiago, perteneciente a la misma Región Hidrológica No. 12, al Sur por la Región Hidrológica número 18, al Este y Noreste por la Región Hidrológica No. 26. Geográficamente está comprendida entre los paralelos 19°03' y 21°32' de la latitud norte y los meridianos 99°18' y 103°46' de longitud oeste (anexo).

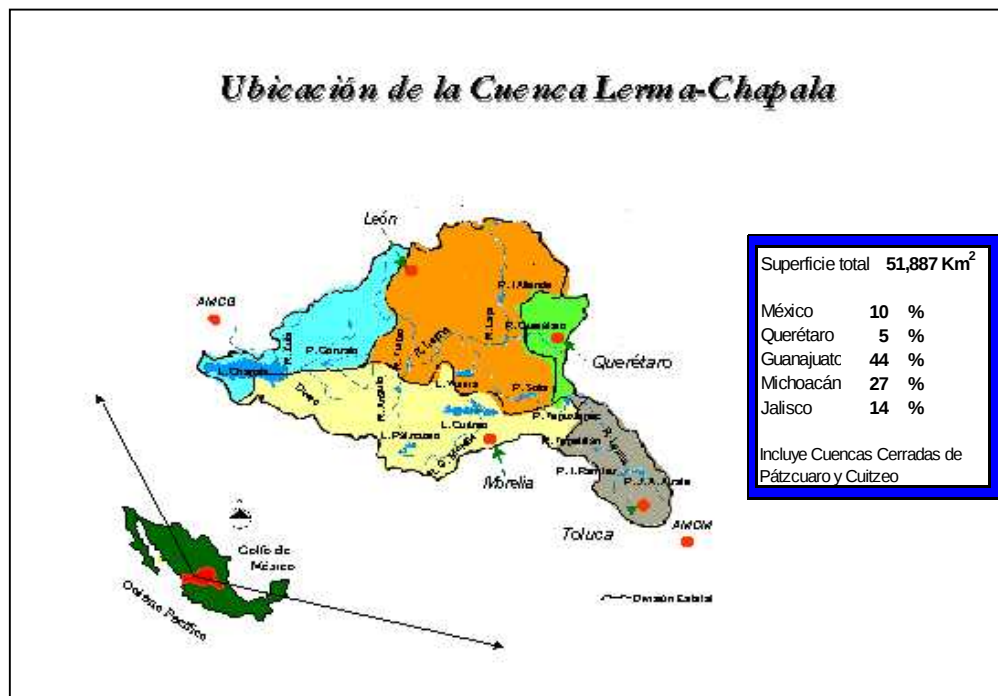


Fig. 1.- Zona hidrológica Río Lerma-Chapala

1.1 Sistema Hidrológico

El Río Lerma es el colector principal del sistema hidrográfico, nace en la laguna de Chignahuapan o primer laguna del Lerma, al sureste de la ciudad de Toluca y termina en el Lago de Chapala, cuerpo de agua compartido por los estados de Jalisco y Michoacán; su longitud sobrepasa los 700 km. El Lago de Chapala¹ es el vaso natural interior de mayores dimensiones del país y el tercero en Latinoamérica, tiene una longitud y ancho máximos de 77.1 y 22 kilómetros respectivamente.

Debe mencionarse que por la vertiente Nororiental del nevado de Toluca hay varias corrientes que fluyen hacia el Norte, Noreste y Oriente y como proceden del punto más alto de la zona, también forman parte de los orígenes del río. En este caso se encuentran los ríos Tejalpa, Verdiguél y Santiaguito, principales corrientes que bajan del volcán.

En su recorrido hasta el lago de Chapala se integran al cauce principal tributarios como los ríos La Gavia, Jaltepec, Laja, Silao-Guanajuato, Turbio, Angulo y Duero; en el lago descargan directamente algunas corrientes, entre las que destaca los ríos Zula y de la Pasión.

¹ Los dimensiones y valores de profundidad, volumen almacenado y espejos de agua se basan en el estudio topobatimétrico del lago contratado por CNA en 2000 y recientemente aprobado por el Comité Técnico de Operación de Obras Hidráulicas de CNA para su utilización

Los embalses de mayor importancia, de acuerdo al volumen almacenado, son las presas José Antonio Alzate, Ignacio Ramírez, Francisco J. Trinidad Fabela, Tepetitlán, Tepuxtepec, Tercer Mundo, Chincua (L. del Fresno), Solís, Peñuelitas, Ignacio Allende, Jesús María, El Barrial, Jalpa-Sta. Ifigenia, Mariano Abasolo, Aristeo Mercado, Melchor Ocampo, Urepitiro, Garabatos, Guaracha, El Volantín, El Tule y Lugo Sanabria (La Pólvera) y los lagos de Yuriría y Chapala; estos lagos han sido alterados de su estado natural, el primero para recibir una mayor alimentación y el segundo para incrementar su almacenamiento. En la cuenca cerrada de Pátzcuaro se encuentra el lago del mismo nombre, mientras que en la cuenca cerrada de Cuitzeo sobresalen embalse como Malpaís, Cointzio y el lago de Cuitzeo.

A principio del siglo pasado se construyó una pequeña cortina con compuertas en el río Santiago, desfogue natural del lago de Chapala con el fin de incrementar su capacidad de almacenamiento; en condiciones naturales cuando se alcanzaba la actual cota 1,519.40, que corresponde a un almacenamiento de 2,998 hm³, el agua comenzaba a salir por el río Santiago. Así, con la estructura denominada cortina Poncitlán, se puede almacenar hasta 8,079 hm³ correspondiente a la cota 1,524 y formar un espejo de agua de 115,620 hectáreas. En estas condiciones la profundidad máxima del lago es de 9.7 metros, por lo que es un lago somero y de gran superficie expuesta, lo que explica los grandes volúmenes que se pierden por evaporación en el embalse, los cuales comparados con el escurrimiento medio anual de toda la zona representa en promedio el 30% de ese valor o más del 40% del volumen máximo que pueden aprovechar anualmente los usuarios.

Cabe señalar que del análisis de las secciones batimétricas levantadas en el 2000 y su comparación contra el levantamiento de 1981, se observa que los azolves se han depositado en mayor cantidad en las descargas de ríos y en las zonas aledañas a los núcleos de población de relativa importancia, como es Jocotepec y Chapala, mientras que en el resto del vaso y hasta la cota 1,518.50, los azolves se han distribuido de manera casi uniforme. Los niveles de agua a partir de 1981 no han rebasado la cota 1,519, por lo que para el periodo 1981-2000 no se reportan incremento de los azolves por arriba de esa cota.

Por otro lado, en las zonas del vaso que han quedado descubiertas por la baja de los niveles del agua se ha extendido el uso agrícola y el pastoreo, por lo que se observa una gran alteración en el suelo dado el intenso movimiento agrícola, como son nivelaciones, apertura de canales y preparación de la tierra.

Considerando los puntos de control existentes (presas, embalses o estaciones hidrométricas), así como la calidad y cantidad de la información histórica disponible en estos puntos, la zona se subdivide en 19 cuencas, incluyendo las cuencas cerradas de Cuitzeo y Pátzcuaro (Fig. 2 y tabla 1). De estas dos, sólo la primera está conectada artificialmente al resto de la cuenca, aunque son raras las ocasiones en que se ha empleado dicha conexión, por lo que no se considera que ninguna de las dos contribuyen al escurrimiento superficial del cauce principal.

Estas 19 cuencas se agrupan en 3 subzonas: Alto, Medio y Bajo Lerma. Las cuencas A a E, más las cuencas cerradas Q y R constituyen la subzona Alto Lerma; las cuencas F a N forman el Medio Lerma y el Bajo Lerma está integrado por las cuencas restantes, es decir las cuencas Ñ, O y P.



Fig. 2.- Regionalización de la zona hidrológica Río Lerma-Chapala

Cuenca		Descripción	Superficie km ²
A	Río Lerma 1 (Alzate)	Desde su origen hasta la presa José A. Alzate	2,137
B	Río la Gavia (Ramírez)	Desde su origen hasta la presa Ignacio Ramírez	505
C	Río Jaltepec (Tepetitlán)	Desde su origen hasta la presa Tepetitlán	378
D	Río Lerma 2 (Tepuxtepec)	Desde las presas Alzate, Ramírez y Tepetitlán hasta la presa Tepuxtepec	2,623
E	Río Lerma 3 (Solís)	Desde la presa Tepuxtepec hasta la presa Solís	2,895
F	Río La Laja 1 (Begoña)	Desde su origen hasta la presa Ignacio Allende	4,981
G	Río Querétaro (Ameche)	Desde su origen hasta la EH Ameche	2,255
H	Río La Laja 2 (Pericos)	Desde la presa Ignacio Allende hasta la EH Pericos	2,415
I	Laguna de Yuriria	Cuenca propia de la laguna de Yuriria	1,093
J	Río Lerma 4 (Salamanca)	Desde la presa Solís hasta la EH Salamanca	2,751
K	Río Turbio (Adjuntas)	Desde su origen hasta la EH Las Adjuntas	2,913
L	Río Angulo	Desde su origen hasta la presa Melchor Ocampo	2,064
M	Río Lerma 5 (Corrales)	Desde la EH Salamanca hasta la EH Corrales	7,143
N	Río Lerma 6 (Yurécuaro)	Desde la EH Corrales hasta la EH Yurécuaro	2,023
Ñ	Río Duero	Desde su origen hasta la EH Estancuela	2,198
O	Río Zula	Desde su origen hasta la EH Zula	2,098
P	Río Lerma 7 (Chapala)	Desde las EH Yurécuaro, Estanzuela y Zula hasta el lago de Chapala	6,644
		Subtotal zona principal	47,116
Q	Cuenca cerrada del Lago de Pátzcuaro	Cuenca cerrada del Lago de Pátzcuaro	1,096
R	Cuenca cerrada del Lago de Cuitzeo	Cuenca cerrada del Lago de Cuitzeo	3,675
		Total Zona hidrológica Río Lerma-Chapala	51,887

Tabla 1.- Descripción y superficie de las cuencas de la zona hidrológica Río Lerma-Chapala

2. Caracterización demográfica

2.1 Introducción

La zona hidrológica Río Lerma-Chapala representa poco menos del 3% del territorio nacional, pero en ella se asienta un poco más de la décima parte de la población del país, en un marcado proceso de urbanización. Para el año 2000 el 40% de su población se concentró en 20 ciudades de más de 50 mil habitantes. La densidad de población de la Zona (202 hab/km²) para ese año fue casi cuatro veces superior a la media nacional (49 hab/km²) (Fig. 3).

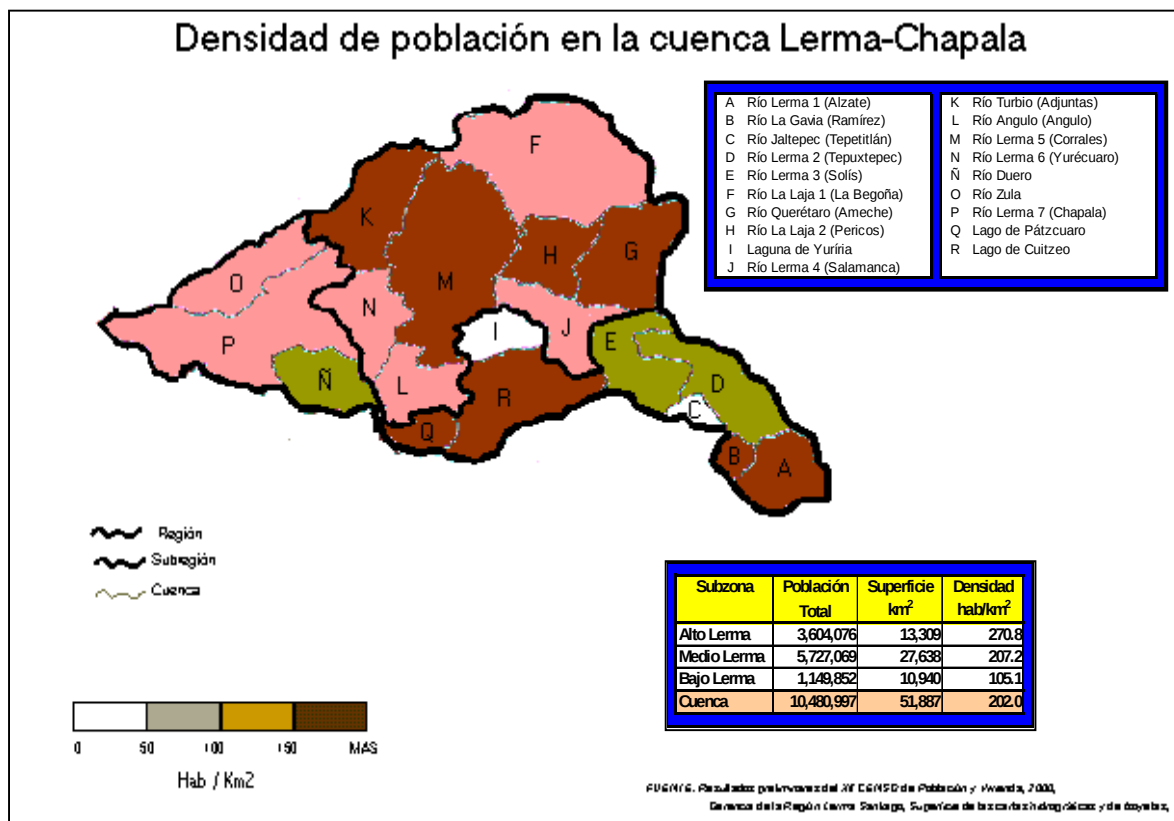


Fig. 3.- Densidad de población en la zona hidrológica Río Lerma-Chapala

El recurso hidráulico generado en la zona hidrológica sirve tanto a la población asentada dentro de su ámbito como dos grandes poblaciones de zonas vecinas, la Ciudad de México (extracción del acuífero del Valle de Toluca) y la Zona Metropolitana de Guadalajara (extracción directa del Lago de Chapala). Por el contrario, se importa agua de la cuenca del Río Balsas para la ciudad de Toluca, aunque en mucha menor proporción a las exportaciones. Así para el año 2000, la población directamente asentada en la zona fue de 10.5 millones, a la cual se adicionaban 5 millones más asentados fuera de ella, pero que se abastecía con agua de la misma.

La zona presenta un nivel de ruralidad superior a la media nacional y una alta dispersión de la población rural. Al tiempo que constituye un sistema de 48 ciudades con más de 20 mil habitantes (que en conjunto representan el 49% de la población total), contiene más de 6 mil núcleos de población con menos de 2,500 habitantes.

El crecimiento de la población en la zona en los últimos 10 años ha sido muy variable, en el ámbito urbano durante el primer quinquenio fue del 6%. Para el segundo quinquenio se observa que este crecimiento se redujo de manera importante al 1.5%, mientras que la rural se revirtió a una tasa de 1%, como consecuencia de la disminución del flujo rural regional hacia las localidades urbanas por razones de migración internacional.

Actualmente se registra una tasa de crecimiento demográfico neta ligeramente inferior a la nacional, a causa de la intensa y continuada migración hacia los Estados Unidos de América. Para el año 2025 la zona contará con casi 13 millones de habitantes, según CONAPO y una densidad demográfica de 241 hab/km².

El 49.6% de la población de la zona se encontraba en 1990 en un nivel socioeconómico bajo, el 38.7% en nivel medio y sólo el 19.7% en el nivel alto, pero el grado de marginación de la misma era relativamente moderado en el año 2000. Intermunicipalmente, el grado de incidencia de la desigualdad distributiva en el ingreso tiende a ser alto en casi toda la zona.

2.2 Población

La zona hidrológica Río Lerma-Chapala tiene una población cercana a los 10.5 millones de habitantes, concentrados en su mayor parte en la subzona Medio Lerma (Tabla 2).

CUENCAS	POBLACION TOTAL
A Río Lerma 1 (Alzate)	1,679,007
B Río La Gavia (Ramírez)	177,287
C Río Jaltepec (Tepetitlán)	110,591
D Río Lerma 2 (Tepuxtepec)	332,138
E Río Lerma 3 (Solís)	252,627
Q Lago de Pátzcuaro	195,562
R Lago de Cuitzeo	856,864
ALTO LERMA	3,604,076
F Río La Laja 1 (La Begoña)	564,654
G Río Querétaro (Ameche)	942,036
H Río La Laja 2 (Pericos)	742,733
I Laguna de Yuriria	343,658
J Río Lerma 4 (Salamanca)	369,994
K Río Turbio (Adjuntas)	1,224,313
L Río Angulo (Angulo)	199,665
M Río Lerma 5 (Corrales)	1,029,025
N Río Lerma 6 (Yurécuaro)	310,991
MEDIO LERMA	5,727,069
Ñ Río Duero	393,917
O Río Zula	111,805
P Río Lerma 7 (Chapala)	644,130
BAJO LERMA	1,149,852
TOTAL	10,480,997

Tabla 2.- Población total de las cuencas de la zona hidrológica Río Lerma-Chapala

Alto Lerma

De acuerdo a los datos del Censo 2000, en la subzona Alto Lerma se concentra el 34% de la población de la región, siendo su población de 3.6 millones de habitantes. Esta subzona registra la mayor densidad de población de la región, con 271 habitantes por km². La cuenca más poblada es Alzate, con cerca del 47% de la población subzonal; esto se explica por la conurbación Toluca-Metepec, en donde se asienta el 16% de la población total de Alto Lerma.

Medio Lerma

La población de esta subzona es de 5.7 millones de habitantes, siendo la más poblada, ya que concentra a la mitad de la población de la zona hidrológica Río Lerma-Chapala, con una densidad de población de 207 habitantes por km². Sobresale la cuenca Adjuntas con el 21% de la población total de la subzona. En esta cuenca se localiza la ciudad de León, la mayor concentración urbana de toda la cuenca, con más de un millón de habitantes.

Bajo Lerma

Tiene una población de sólo 1.1 millones de habitantes, lo que representa el 11% del total regional. La cuenca más poblada es Chapala, al concentrar al 56% del total subzonal. Se tiene una densidad de población subzonal de 91 habitantes por km², pero a nivel de cuenca se alcanza hasta 179 habitantes por km² en Duero.

2.3 Crecimiento Poblacional

La población de la zona del Río Lerma-Chapala mantuvo un incremento relativamente constante en el periodo de 1970 a 1990; pero que a partir de ese último año dicho incremento disminuye periódicamente.

En 1990 la población total en la cuenca era de 8.7 millones de habitantes, la cual creció hasta 9.8 millones en 1995, es decir un 12%, con una tasa anualizada de 2.3%. Esta tasa disminuye a 1.4% para el periodo 1995 a 2000, con lo que la población total en 2000 se incrementa sólo 7% respecto a 1995.

En la zona hidrológica Río Lerma-Chapala, en los últimos años, algunas localidades se han consolidado como pequeños nodos de actividad económica, lo cual lo deben a su ubicación privilegiada en el territorio nacional, ya que forman parte del centro de la República. Esto se traduce también en la recepción de un importante flujo poblacional nacional, e incluso internacional en el Medio Lerma. Esta situación se ha visto reflejada en la tasa de crecimiento poblacional de la región, la cual, al ser del 3% durante la década de los años ochenta, fue mayor que la tasa media anual nacional, que fue de 2.6%. A partir de 1990, decreció esta tendencia hasta el 2.3%, igualando a la tasa de crecimiento nacional.

A nivel subzona, el Alto Lerma muestra un comportamiento sin mucha variación respecto al resto de las subzonas, siendo su ritmo de crecimiento similar al regional. En el mismo periodo, el Medio Lerma muestra el comportamiento más irregular de la región, ya que de 1970 a 1980 su incremento poblacional fue homólogo al regional. Sin embargo, para la siguiente década éste fue mayor que el del resto de las subzonas, y por lo tanto que el regional. A partir de 1990, este ritmo de crecimiento disminuye periódicamente. Finalmente, en el Bajo Lerma se detecta el mayor incremento en el periodo de 1980 a 1990, y a partir de este último año, dicho incremento muestra una disminución similar a la regional (Tabla 3).

Año	Población	Incremento (%)	Tasa anual de crecimiento
Alto Lerma			
1970	1,779,792		
1980	2,424,373	36.2	3.1
1990	3,143,924	29.7	2.6
1995	3,575,554	13.7	2.6
2000	3,604,076	0.8	0.2
Medio Lerma			
1970	2,525,727		
1980	3,398,012	34.5	3.0
1990	4,559,915	34.2	3.0
1995	5,107,392	12.0	2.3
2000	5,727,069	12.1	2.3
Bajo Lerma			
1970	714,887		
1980	849,019	18.8	1.7
1990	992,546	16.9	1.6
1995	1,076,851	8.5	1.6
2000	1,149,852	6.8	1.3
Totales			
1970	5,020,406		
1980	6,671,404	32.9	2.9
1990	8,696,385	30.4	2.7
1995	9,759,797	12.2	2.3
2000	10,480,997	7.4	1.4

Tabla 3.- Crecimiento poblacional de la zona hidrológica Río Lerma-Chapala

2.4 Distribución de la Población

Algunas localidades de la región, como León, Toluca y Morelia, y el grupo de ciudades medias del Bajío, representan centros de atracción de la población, debido a su creciente actividad económica. Conforme a los resultados del Censo de 2000, para ese año en la zona existían 20 ciudades con más de 50,000 habitantes y 28 con poblaciones entre 20,000 y 50,000 (Tabla 4).

Rangos de localidades	Número	Población	%
Mayores de 50,000 hab	20	4,242,387	40.5
Entre 20,000 y 50,000 hab	28	893,083	8.5
Menores de 20,000 hab		5,345,527	51.0
TOTAL		10,480,997	100.0

Tabla 4.- Localidades por tamaño en la zona hidrológica Río Lerma-Chapala

Entre las 20 grandes ciudades de la zona sobresalen León, Morelia, Querétaro, Toluca e Irapuato, entre otras (Tabla 5). A excepción de la ciudad de Morelia, las anteriores ciudades forman parte de los corredores industriales que mayor crecimiento han experimentado en la nación en los últimos años. Por esta razón, se espera que estos centros vean incrementada su población a una tasa más elevada que el resto de las localidades de la región.

Estado	Ciudad	Población
Guanajuato	Acámbaro	55,516
	Celaya	277,750
	Cortazar	53,886
	Dolores Hidalgo	50,391
	Guanajuato	74,874
	Irapuato	319,148
	León	1,020,818
	Salamanca	137,000
	San Fco. Del Rincón	65,183
	San Miguel de Allende	59,691
	Silao	61,661
	Valle Santiago	58,837
Jalisco	Ocotlán	75,942
México	Meteppec	158,695
	Toluca	435,125
Michoacán	Morelia	549,996
	Piedad de Cabadas, La	70,703
	Sahuayo de Morelos	57,827
	Zamora	122,881
Querétaro	Querétaro	536,463
Total		4,242,387

Fuente: Censo de Población y Vivienda, 2000 (resultados definitivos)

Tabla 5.- Mayores ciudades en la zona hidrológica Río Lerma-Chapala

2.5 Población Urbana y Rural

Para el año 2000, la población rural en la zona representaba el 30% de la población total. Este porcentaje ha venido disminuyendo de 42% en 1990 y 31% en 1995. Así, su tendencia en los últimos años se ha orientado hacia el decrecimiento, y se espera que mantenga el mismo comportamiento, pues el flujo poblacional de ésta aparece constante, dirigido en gran parte hacia las ciudades mayores a 50,000 habitantes. Entre 1990 y 1995 se presentó una disminución de 17% en la población rural y en el siguiente quinquenio creció sólo un 3% (Tabla 6).

En cambio la población urbana creció en un 34% entre 1990 y 1995, con una tasa anual del 6%. Esta tasa baja dramáticamente en el siguiente quinquenio a 1.7 % anual, con lo que la población urbana aumenta entre 1995 y 2000 sólo en 9%.

Alto Lerma

La población urbana para 2000 representa el 68% del total, y la población rural el 32%, correspondiendo al mayor porcentaje de la zona. En cuatro cuencas la población rural supera a la población urbana.

Medio Lerma

El 70% de su población es urbana. La población urbana se incrementó notablemente en la última década del siglo XX, ya que en esta subzona existen importantes polos de atracción como Celaya, Irapuato, Guanajuato, San Miguel de Allende y Salamanca y ciudades como León y Querétaro, para las que el crecimiento económico ha representado un incremento acelerado de población. La cuenca Begoña es la que presenta mayor porcentaje de población rural, mientras que en Yurécuaro prácticamente se igualan ambas poblaciones. En el resto de las cuencas predomina la población urbana.

Bajo Lerma

De su población, el 72% es urbana, y el 28% rural. La localidad de Chapala, del estado de Jalisco, ha registrado en los últimos años explosión demográfica. En otras localidades, como Chavinda y Villamar, pertenecientes a Michoacán, la migración es el fenómeno demográfico más notorio. En las localidades de Arandas y Chapala, de Jalisco, Jacona y Zamora, de Michoacán, el incremento de la población fue más notable desde 1990.

Cuencas		Población Urbana			Población Rural		
		1990	1995	2000	1990	1995	2000
A	Alzate	769,766	1,135,311	1,380,269	399,579	272,038	298,738
B	Ramírez	32,484	132,993	42,104	271,785	216,676	135,183
C	Tepetitlán	0	3,620	40,986	21,705	21,183	69,605
D	Tepuxtepec	46,664	101,496	145,988	165,394	145,359	186,150
E	Solís	110,176	145,581	70,084	263,094	238,790	182,543
Q	Pátzcuaro	70,534	115,571	114,769	142,946	111,909	80,793
R	Cuitzeo	581,222	728,339	672,001	268,575	206,688	184,863
Alto Lerma		1,610,846	2,362,911	2,466,201	1,533,078	1,212,643	1,137,875
F	La Begoña	156,412	193,683	216,765	306,698	314,926	347,889
G	Ameche	474,362	640,027	749,268	221,179	190,775	192,768
H	Pericos	316,160	394,042	570,098	133,083	112,524	172,635
I	Yuriria	4,813	8,424	207,956	6,906	3,426	135,702
J	Salamanca	121,079	168,589	237,710	122,865	82,622	132,284
K	Adjuntas	859,986	1,064,554	1,106,272	143,715	126,147	118,041
L	Angulo	85,482	113,577	107,444	120,866	95,154	92,221
M	Corrales	679,666	858,485	680,328	622,258	548,162	348,697
N	Yurécuaro	100,053	124,320	154,468	84,332	67,955	156,523
Medio Lerma		2,798,013	3,565,701	4,030,309	1,761,902	1,541,691	1,696,760
Ñ	Duero	226,569	294,840	304,680	123,539	87,658	89,237
O	Zula	81,951	96,036	65,769	39,083	36,838	46,036
P	Chapala	292,620	391,018	462,724	228,784	170,461	181,406
Bajo Lerma		601,140	781,894	833,173	391,406	294,957	316,679
TOTAL LERMA		5,009,999	6,710,506	7,329,683	3,686,386	3,049,291	3,151,314

Tabla 6.- Crecimiento de la población urbana y rural de la zona hidrológica Río Lerma-Chapala

2.6 Proyección de la Población

De acuerdo con el Consejo Nacional de Población, se espera que la población de Lerma se incremente en 23.5% al 2025, tomando como base la población de 2000. De este modo, pasará de 10.5 a casi 13 millones de habitantes (Tabla 7). Se puede decir que para ese año, Medio Lerma continuará siendo la subzona más poblada de las tres, ya que en ella se concentrará el 50% de la población de la zona, casi dos puntos porcentuales menos que el porcentaje de 2000. En cambio Alto Lerma pasará de concentrar el 37.4 al 39% de la población de la zona hidrológica Río Lerma-Chapala.

Cuenca		Población					
No.	Nombre	2000	2005	2010	2015	2020	2025
A	Alzate	1,679,007	1,820,115	1,973,912	2,104,653	2,226,915	2,309,325
B	Ramírez	177,287	187,998	199,357	212,562	224,910	233,233
C	Tepetitlán	110,591	116,884	123,541	130,652	137,279	142,361
D	Tepuxtepec	332,138	352,027	373,113	397,048	419,418	434,939
E	Solís	252,627	267,317	282,877	285,993	289,085	299,783
Q	Pátzcuaro	195,562	206,673	218,419	221,509	224,203	232,500
R	Cuitzeo	856,864	908,472	963,215	974,925	985,525	1,021,996
Alto Lerma		3,604,076	3,859,488	4,134,434	4,327,343	4,507,333	4,674,137
F	La Begoña	564,654	599,668	636,862	638,807	641,927	665,683
G	Ameche	942,036	1,008,526	1,079,735	1,141,740	1,200,667	1,245,101
H	Pericos	742,733	788,158	836,362	838,915	843,014	874,211
I	Yuriria	343,658	362,334	382,051	383,207	385,087	399,339
J	Salamanca	369,994	389,513	410,066	411,318	413,328	428,624
K	Adjuntas	1,224,313	1,298,861	1,377,950	1,382,645	1,389,808	1,441,239
L	Angulo	199,665	209,834	220,524	223,643	226,364	234,741
M	Corrales	1,029,025	1,090,703	1,156,089	1,160,003	1,165,936	1,209,084
N	Yurécuaro	310,991	327,836	345,599	351,775	357,263	370,484
Medio Lerma		5,727,069	6,075,433	6,445,238	6,532,054	6,623,394	6,868,505
Ñ	Duero	393,917	415,269	437,786	443,978	449,379	466,009
O	Zula	111,805	118,058	124,660	129,554	133,967	138,924
P	Chapala	644,130	684,382	727,398	749,614	769,541	798,020
Bajo Lerma		1,149,852	1,217,708	1,289,844	1,323,146	1,352,888	1,402,953
TOTAL LERMA		10,480,997	11,152,630	11,869,517	12,182,543	12,483,615	12,945,596

Tabla 7.- Proyecciones de crecimiento de la población en la zona hidrológica Río Lerma-Chapala

3. Uso del suelo y cobertura vegetal

Con base en las estadísticas, se puede decir que el crecimiento de la población, la densidad demográfica, la acción de la reforma agraria, el clima semi-templado, el desarrollo de la irrigación y la aparente disponibilidad de agua, dieron lugar a una acelerada expansión de la frontera agropecuaria, especialmente la agrícola, hasta llegar a tres millones de hectáreas bajo cultivo en el año 2000, que representan más del 50% de la superficie de la zona. Así, la zona tiene el más elevado índice de uso agropecuario del suelo entre las zonas hidrográficas del país: agricultura 56% y pastizales 14%.

La agricultura de temporal ocupa el 41% de la superficie total de la zona, seguido de la agricultura de riego con 15%; el área con pastizal reportado es de 14%; la vegetación forestal no arbórea ocupa el 12%; el bosque y bosque perturbado ocupan 9 y 4% respectivamente; los cuerpos de agua ocupan el 3% (incluido el lago de Chapala) y otros usos ocupan el 2%.

Respecto a la evolución histórica de las áreas agrícolas con servicio de riego en la zona Lerma-Chapala, incluyendo las cuencas cerradas de Pátzcuaro y Cuitzeo, en 1945 se disponía de infraestructura hidráulica para prestar el servicio de riego a sólo 160,000 ha; pero desde principios de la década de los cincuenta esta superficie creció aceleradamente, estimándose en 1999 que la zona dispone de infraestructura para beneficiar a cerca de 830,000 ha, de las cuales el 34% se ubica en once distritos de riego. Así, en poco más de 50 años las áreas agrícolas con servicio de riego se incrementaron en 500%.

4. Usos del agua

La demanda de recursos de agua generada por el desarrollo socioeconómico de esta región ha aumentado considerablemente debido a la producción agrícola e industrial, la cual es superior a la media nacional. En este sentido, en la zona se genera poco más de la tercera parte de la producción industrial nacional de transformación, generando 35 centavos de cada peso de la producción bruta industrial nacional.

4.1 Agrícola

En la región hidrológica del Río Lerma-Chapala incluyendo las cuencas cerradas se dispone de infraestructura para atender con servicio de riego a cerca de 830,000 ha, de las cuales el 66% corresponden a obras de pequeña irrigación y el 34% a los grandes sistemas de riego, denominados distritos de riego (DR)²; de estos últimos destaca el DR011 Alto Río Lerma que tiene una extensión mayor a 100,000 ha (Tabla 8).

Zona Hidrológica	No. DR	Nombre	Superficie regable (ha)	Demanda (hm ³)		
				Superficial	Subterránea	Total
Lerma-Chapala	033	Estado de México	17,738	90	0	90
	045	Unidad Maravatio	9,842	90	4	94
	085	La Begoña	11,884	124	0	124
	011	Alto Río Lerma	112,772	880	420	1,300
	087	Rosario Mezquite	45,109	308	0	308
	061	Zamora	18,009	200	0	200
	024	Ciénega de Chapala	15,851	170	63	233
	013	Estado de Jalisco	21,880	150	0	150
	022	Zacapu	11,051	8	0	8
		Subtotal	264,136	2,020	487	2,507
Cuencas Cerradas	020	Morelia Queréndaro	20,879	200	8	208
	021	Tzurumútaró	1,002	5	0	5
		Subtotal	21,881	205	8	213
Total			286,017	2,225	495	2,720

Tabla 8.- Distritos de Riego ubicados en la zona hidrológica Río Lerma-Chapala

La infraestructura de los distritos de riego se compone además de 20 presas de almacenamiento principales, de 35 presas derivadoras; 37 plantas de bombeo; 404 pozos federales; 2,183 pozos particulares; 3,915 kilómetros de canales; 3,043 kilómetros de drenes; 4,277 kilómetros de caminos; 7,584 tomas granja; 14,639 estructuras y 259 edificios. Con las obras de infraestructura hidráulica se sirven 286,017 hectáreas que benefician a 78,976 usuarios, de los cuales poco más del 80% son núcleos agrarios y el resto pequeños propietarios, que se dedican al cultivo de más de 70 especies. Entre las especies de mayor cobertura destacan el maíz, sorgo, trigo, hortalizas, cebada, alfalfa y cártamo. Por su parte, los cultivos hortícolas y hortofrutícolas, que sólo cubren alrededor de 17 mil hectáreas.

Además de los distritos de riego, existen en la zona 1,281 aprovechamientos de agua superficial y 14,652 mil pozos que extraen agua para el riego de más de 540 mil hectáreas. Estos aprovechamientos incluyen las Unidades de Riego para el Desarrollo Rural (Urderales) construidas por la Federación, así como pequeños sistemas desarrollados por particulares.

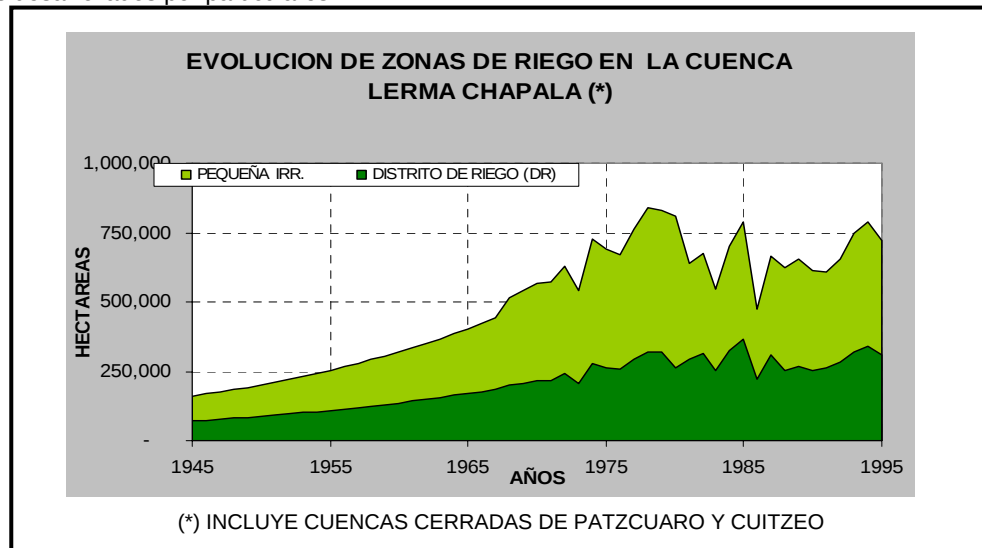


Figura 4.- Evolución de las zonas de riego en la zona hidrológica Río Lerma-Chapala

² La reconstrucción de la evolución histórica de crecimiento de la superficie agrícola con servicio de riego, durante el periodo 1945-2001 se basó en: datos extraídos del plano de Uso Actual del Suelo, del documento Información Regional, Plan Lerma Asistencia Técnica 1967; de los planos de Uso del Suelo escala 1:1,000,000, de INEGI; información obtenida del Censo Agropecuario de 1990 de INEGI; de la base de datos del Catálogo de Unidades de Riego Organizadas elaborado por la Comisión Nacional del Agua y la SAGAR en 1999; y de la base de datos de Superficie Atendida en los Distritos de Riego en el periodo 1970-1997, de la Gerencia de Distritos de Riego de la CNA 1998 (Fig. 4).

Para atender las demandas agrícolas se requiere un volumen de 6,375 hm³; del cual el 42.7% se demanda en los grandes sistemas de riego. El 58.6% del volumen total corresponde a aguas superficiales y el otro 40.4% a aguas subterráneas. Se han calculado láminas promedio que van de 0.31 m en el DR 033 Estado de México a 1.20 m en el DR 011 Alto Río Lerma; en cuanto a las unidades de riego, las láminas promedio de riego van de 0.31 m en el estado de México y de 0.60 m en el estado de Guanajuato.

Cabe señalar que las mayores extracciones para este uso se realizan en los estados de Guanajuato y Michoacán, con más del 90% de la extracción media anual total de aguas superficiales y el 83% de la extracción media anual de aguas subterráneas.

En términos generales, aunque los distritos de riego tienen más alta productividad agrícola por hectárea, no la tienen por metro cúbico consumido de agua por hectárea.

En cuanto al cobro del agua, éste no cubre el costo del servicio en algunos distritos como el 061 "Zamora", 087 "Rosario Mezquite" y 024 "Ciénega de Chapala" en el estado de Michoacán, debido a que aún no se logra la completa concertación de tarifas adecuadas.

En los distritos de riego, la eficiencia promedio global en el uso del agua, es del orden del 35%. Este valor representa el porcentaje de agua que se utiliza efectivamente por las plantas una vez descontadas las pérdidas por conducción, distribución y aplicación a nivel parcelario. Las pérdidas se deben principalmente a que la infraestructura está deteriorada, los canales son en su mayoría de tierra y presentan filtraciones importantes. A nivel de toma granja, se observan fugas por el mal estado que guardan estos mecanismos; además la entrega volumétrica del agua a los usuarios se lleva a cabo en forma deficiente, debido también al mal estado de las obras de distribución parcelaria y a la falta de un sistema de medición y entrega volumétrica del agua efectivo y de bajo costo.

En algunas unidades de riego y otros sistemas operados por los particulares, se estima que la eficiencia global es mayor que en los distritos de riego, en virtud de que disponen de tramos de conducción más pequeños y por lo tanto con menores pérdidas en las conducciones, aparte de ser más onerosa la extracción subterránea (Tabla 9).

Estado	Superficial		Subterráneas		Total		Eficiencia global (%)
	No. Aprov	Ha	No. Pozos	Ha	No. Aprov	Ha	
Guanajuato	278	53,516	12,947	263,408	13,225	316,924	38
Jalisco	180	43,032	182	5,853	362	48,885	35
México	279	26,175	127	9,350	406	35,525	30
Michoacán	430	49,743	1,124	38,167	1,554	87,910	33
Querétaro	114	15,092	272	15,781	386	30,873	40

Tabla 9.- Eficiencias globales por estado en Urderales y particulares de la zona hidrológica Río Lerma-Chapala

Debido a la creciente escasez de agua y a la baja eficiencia de su utilización, los distritos de riego de la zona solamente riegan el 70% de la superficie física registrada en el padrón de usuarios, sin considerar segundos cultivos. El volumen de agua empleado por unidad de superficie no es siempre suficiente para satisfacer los requerimientos hídricos de los cultivos, por lo que en la mayoría de los distritos los planes de riego se restringen en el ciclo otoño-invierno para poder asegurar uno o dos riegos máximo a cultivos de primavera-verano.

Para minimizar las restricciones actuales, se requeriría aumentar las asignaciones volumétricas en un 30%, lo que resulta imposible dado las restricciones prevalecientes; el volumen de agua requerido podría lograrse al aumentar en un 20% la eficiencia global en el uso del agua, tanto en los distritos como en las unidades de riego, de ahí la importancia que se ha otorgado a los programas tendientes a mejorar dicha eficiencia.

4.2 Uso público urbano

La demanda de agua para el uso público urbano es de 1,101 hm³; con el cual se atiende a cerca de 16 millones de habitantes: 10.5 millones dentro de la zona y 5.5 millones fuera de ella. Desde el punto de vista del origen de la fuente de abastecimiento, el 73% de esta demanda se surte con agua subterránea; sólo en las ciudades de León, Morelia y Toluca se utilizan 60 hm³ de agua superficial en conjunto con las aguas subterráneas: Morelia emplea 44 Hm³ y Toluca 16 Hm³, estos últimos importados de la cuenca del río Cutzamala, en cuanto a la ciudad de León, la presa el Palote no es una fuente segura ni constante dados los escasos almacenamientos de la presa, por lo que sólo se considera como apoyo al suministro cuando existen volúmenes. Respecto a las importaciones de agua para demandas del sector fuera de la zona, la mayor parte de la extracción de agua superficial (237 hm³) se destina para la zona Metropolitana de la Ciudad de Guadalajara y el 35% de la extracción total de agua subterránea para este uso se destina para la zona metropolitana de la Ciudad de México.

4.2.1 Abastecimiento de agua a la población

En 1990, el abastecimiento de agua en la región fue del 82%. Para 1995 se registró un avance de siete puntos porcentuales, esto es, un nivel de servicio del 89%, lo cual muestra una eficiencia superior a la cobertura nacional, ya que esta última abarcó sólo el 86% del total de viviendas. El Alto Lerma figuró como la subregión de mayor rezago en el servicio. Actualmente, el 40% de la población en la zona se concentra en 18 ciudades con más de 50,000 habitantes, las cuales extraen el 59% del volumen total destinado al uso urbano en la zona; en contraposición, el 32% de la población se encuentra dispersa en 5,901 localidades y sólo extrae el 18% del volumen total (Tabla 10).

Cuenca		Total Viviendas	% Nivel de Servicio	Nivel de Servicio	
No.	Nombre			% Urbano	% Rural
A	Alzate	278,419	90	93	79
B	Ramírez	59,579	60	72	52
C	Tepetitlán	4,429	72	96	68
D	Tepuxtepec	45,562	84	91	80
E	Solís	75,323	80	96	70
Q	Pátzcuaro	44,169	88	95	82
R	Cuitzeo	194,544	89	92	79
Alto Lerma		702,025	86	92	73
F	La Begoña	90,162	71	95	55
G	Ameche	171,336	94	97	82
H	Pericos	99,734	93	97	76
I	Yuriria	2,385	95	96	95
J	Salamanca	50,216	91	95	82
K	Adjuntas	219,828	90	92	73
L	Angulo	42,730	85	91	81
M	Corrales	267,867	92	96	85
N	Yurécuaro	38,842	92	95	88
Medio Lerma		983,099	90	95	77
Ñ	Duero	78,102	88	91	82
O	Zula	27,535	89	95	74
P	Chapala	113,303	90	95	78
Bajo Lerma		218,940	90	95	81
TOTAL LERMA		1,904,065	89	94	77

* FUENTE: Censo de Población y Vivienda, 1995.

Tabla 10.- Abastecimiento de Agua a la Población en la zona hidrológica Río Lerma-Chapala

A través de la red de agua potable se abastecen parcialmente usuarios industriales en los estados de Guanajuato, México y Querétaro. Se calcula que cerca de 18 hm^3 se utilizan con estos fines en las ciudades de León, Irapuato, Celaya, Salamanca, Querétaro y Toluca.

El 51% de las extracciones para uso urbano, sin considerar las que se destinan a las principales ciudades, se llevan a cabo en la subzona del Alto Lerma, donde se asienta casi el 60% de la población que habita la Zona que incluye las ciudades de Toluca, Metepec, Querétaro, Celaya y Salamanca.

Alto Lerma

En el Alto Lerma el abastecimiento de agua potable en 1990 fue del 79%, lo que significó un avance en el servicio homólogo al regional. Para 1995, se alcanzó una cobertura del 86%, cubriendo el 92% de las viviendas urbanas y sólo el 73% de las viviendas rurales. La cuenca Ramírez fue la de condiciones más desfavorables, ya que en ella sólo se cubrió el 60% de las viviendas; el 72% de las urbanas y el 52% de las rurales. En cambio la de Tepetitlán fue la de mayor cobertura en viviendas urbanas, y Pátzcuaro en viviendas rurales. En este último periodo, la cobertura del servicio fue menor a la media regional, siendo ésta la única subregión con esta característica.

Medio Lerma

En el Medio Lerma se tuvo un abastecimiento de agua del 83% en 1990, mientras que para 1995 la cobertura fue mayor que la media regional en un punto porcentual, cubriendo el 90% del total de viviendas; 95% de servicio en viviendas urbanas, y 77% en rurales. Las cuencas Ameche y Angulo el nivel de servicio fue el más rezagado; además, Angulo y Corrales son las cuencas con menor cobertura de viviendas urbanas, mientras que en Adjuntas y Angulo se registró el menor nivel de servicio en viviendas rurales. Es importante mencionar que la población rural del Medio Lerma sólo representa el 29% del total de su población.

Bajo Lerma

En el Bajo Lerma, en 1990, la cobertura fue del 85%, lo que representó la mayor cobertura de la región en este año; sin embargo registró también el menor avance en la región para 1995, ya que sólo fue éste de cinco puntos porcentuales, para alcanzar al 90% del total de viviendas. Esta cifra fue mayor a la media regional en este periodo. En el área urbana se cubrió el 95% del total de viviendas, y en la rural el 81%. La cuenca que tuvo mayor cobertura de agua en la subregión fue Zula, y la de menor cobertura correspondió a la cuenca Duero.

4.2.2 Comportamiento de los organismos operadores en la zona

En la última década se crearon organismos operadores descentralizados de los municipios y se fortalecieron las comisiones estatales responsables en cada entidad federativa. Sin embargo, las cifras promedio de eficiencia no reflejan la complejidad de su administración y la gran variedad de situaciones. Entre los organismos operadores que hoy trabajan con mayor eficiencia destacan SAPAL en León, JUMAPA en Celaya, OAPA en Morelia y CEA en Querétaro. En la zona, salvo Michoacán donde existe la Comisión Municipal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (COMAPAS), en el resto de los estados han sido creadas Comisiones Estatales de Agua y Saneamiento u otros organismos similares, las cuales en ocasiones ofrecen el servicio directo a las localidades.

En el estado de Guanajuato se han descentralizado los servicios en la totalidad de las cabeceras municipales y se ha logrado la consolidación de 14 organismos operadores, entre otros, Celaya, Salamanca, e Irapuato. En Michoacán, se pueden citar los organismos de Morelia, La Piedad, Maravatío, Zamora, Jacona, Jiquilpan, Sahuayo y Pátzcuaro. En el estado de México destacan los organismos de Toluca, Metepec y Atlacomulco. En Querétaro y Jalisco las Comisiones Estatales de Agua proporcionan los servicios en parte de las localidades del estado.

En el caso de las ciudades con más de 50,000 habitantes, la cobertura de los servicios de agua potable oscila entre 85% en la ciudad de Metepec y más del 95% en las ciudades de Irapuato, Guanajuato, Acámbaro y Querétaro.

En las ciudades mayores de 50,000 habitantes de la zona se registran porcentajes de micromedición muy variables que van desde el 30% al 90%.

En la zona existe una gran diversidad tarifaria para el uso doméstico. Mientras en León se tiene una tarifa media para uso doméstico de $\$1.50/\text{m}^3$ y en Celaya $\$1.20/\text{m}^3$, en localidades de menor tamaño como San Miguel de Allende se tiene una tarifa media de $\$0.50/\text{m}^3$. En Querétaro la Comisión Estatal tiene una tarifa media de $\$0.85/\text{m}^3$. Morelia tiene una tarifa media de $\$0.913/\text{m}^3$, pero en el resto del estado de Michoacán la tarifa promedio es de $\$0.45/\text{m}^3$.

4.2.3 Alcantarillado

La cobertura del servicio de alcantarillado en la zona Lerma Chapala para 1995 fue del 77%, que supera la media nacional en dos puntos porcentuales. El Bajo Lerma fue la subzona de mayor cobertura con el 85%. El Medio Lerma mostró el mayor rezago de servicio con el 71%, destacado sus áreas rurales con el 31% de atención del servicio (Tabla 11).

Cuenca		Total Viviendas	% Nivel de Servicio	% Nivel de Servicio Urbano	% Nivel de Servicio Rural
No.	Nombre				
A	Alzate	278,419	85	89	52
B	Ramírez	59,579	27	53	21
C	Tepetitlán	4,429	32	49	19
D	Tepuxtepec	45,562	47	58	34
E	Solís	75,323	54	61	32
Q	Pátzcuaro	44,169	64	60	42
R	Cuitzeo	194,544	81	88	41
Alto Lerma		702,025	71	88	37
F	La Begoña	90,162	46	79	16
G	Ameche	171,336	82	93	30
H	Pericos	99,734	84	81	51
I	Yuriria	2,385	75	84	44
J	Salamanca	50,216	71	80	43
K	Adjuntas	219,828	91	95	42
L	Angulo	42,730	59	70	32
M	Corrales	267,867	67	84	28
N	Yurécuaro	38,842	79	78	48
Medio Lerma		983,100	75	93	31
Ñ	Duero	78,102	81	77	59
O	Zula	27,535	89	80	68
P	Chapala	113,303	85	74	66
Bajo Lerma		218,940	85	94	67
TOTAL LERMA		1,904,605	77	92	45

Fuente: Censo de Población y Vivienda 1995.

Tabla 11.- Nivel de servicio de alcantarillado en la zona hidrológica Río Lerma-Chapala, 1995

Los efectos derivados del desarrollo demográfico industrial y agrícola de la zona del Río Lerma se manifiestan en diferentes partes de la zona. En especial donde no hay cobertura ni tratamiento de agua residual se refleja en la parte baja, sobre todo en el aspecto de la contaminación y de preservación del lago de Chapala.

Alto Lerma

En 1990, el Alto Lerma tuvo un bajo nivel de servicio, siendo este del 57%, registrando un avance homólogo al regional, que fue de 14 puntos porcentuales en 1995, con lo que se tuvo una cobertura del 71% del total de viviendas: un nivel de servicio del 88% para viviendas urbanas, y del 37% para las rurales. Se observa nuevamente que la cuenca Ramírez registró el nivel de servicio más bajo, ya que tuvo una cobertura del 27%; mientras que la cuenca Alzate registró la mayor cobertura de esta subzona.

Medio Lerma

El servicio de alcantarillado en el Medio Lerma en 1990 fue del 61%, y para 1995 tuvo un avance igual al regional, alcanzando una cobertura del 75% del total de viviendas; un nivel de servicio del 93% para las viviendas urbanas, y del 31% para las rurales. Angulo y La Begoña fueron las cuencas más afectadas, con el nivel de servicio más bajo de la subzona.

Bajo Lerma

Para 1990, el Bajo Lerma tuvo una cobertura muy superior a la correspondiente regional, siendo ésta del 71%; del mismo modo para 1995 se registró una cifra mayor a la regional: el 85%. Al igual que el resto de la subzona, mostró una notable mejoría en este servicio de 14 puntos porcentuales. El Duero fue la cuenca con menor cobertura, y a la cuenca Zula correspondió la mayor cobertura correspondiente en este servicio.

4.3 Uso pecuario

En 1945 la demanda fue de 1.1 hm³, incrementándose hasta alcanzar 310.8 hm³ en 1995. De acuerdo con el tipo de aprovechamiento empleado en la región se considera que el 60% del volumen demandado proviene de los escurrimientos superficiales de la zona. La estimación de la demanda se realizó con base en el documento de Información Regional, Plan Lerma Asistencia Técnica 1967; el Censo Agropecuario de 1990 de INEGI y además aplicando las dotaciones de agua indicadas por la normatividad de la propia Comisión.

4.4 Uso industrial

El desarrollo de las comunicaciones terrestres a lo largo de la zona, con el valle de México y la zona metropolitana de Guadalajara, durante las décadas de los ochenta y noventa, fortaleció un acelerado desarrollo industrial que generó la existencia un gran número de establecimientos industriales.

El uso industrial se basa en su totalidad en el aprovechamiento de las aguas subterráneas de la zona. La intensidad de la actividad industrial coincide con las zonas de alta, mediana y baja densidad demográfica. De las 6,714 empresas industriales establecidas en la Zona existen 560 que pueden clasificarse como grandes usuarios del agua.

La extracción total por parte de éstas se estima en 295.1 hm³ por año. El 90% de las 560 grandes industrias registradas se autoabastecen mediante pozos, mientras que el resto se abastece a través las redes municipales. Por giros industriales, el 41% de la extracción corresponde a la industria alimenticia, el 12% a la petrolera, el 11% a la de celulosa y papel y el 25% restante a otros giros diversos (Tabla 12). A nivel de zona, el 54% de la extracción se localiza en el Alto Lerma y otro 14% en el Medio Lerma. Localmente, las zonas de mayor extracción corresponden a los corredores industriales de Toluca-Ocoyoacac-Lerma, el corredor de Querétaro-Celaya-Salamanca-Irapuato, hasta Abasolo inclusive; y el de Santa Ana Pacueco-La Piedad-Pénjamo-Penjamillo, además de las zonas industriales de Ocotlán y Morelia.

Giro industrial	Num. de empresas	Extracción Mm ³ /año
Química	71	32.5
Petroquímica	61	35.5
Celulosa y papel	27	32.4
Alimenticia	155	121.0
Otras	246	73.7
TOTAL	560	295.1

Fuente: Plan Maestro de la Cuenca Lerma-Chapala 1993, CNA

Tabla 12.- Extracciones por giro industrial en la zona hidrológica Río Lerma-Chapala, 1995

4.5 Uso en generación de energía eléctrica

Existen en la Zona dos plantas termoeléctricas. La planta de Salamanca tiene una capacidad instalada de 1,000 MW y genera 1.6 GWh/año y se abastece mediante agua subterránea extraída por 29 pozos profundos con una extracción media anual de 28.3 hm³, misma que se ha reducido en un 50% al haberse instalado procesos de recirculación. La otra planta, localizada en Celaya, cuenta con una capacidad instalada de 42.4 MW y genera 0.4 GWh al año; se abastece a través de 3 pozos profundos con una extracción media anual de 3.7 hm³.

Solamente la planta de Salamanca descarga aguas residuales con altas temperaturas y altos contenidos de sales, ya que la de Celaya recircula y tiene descarga nula.

La presa Tepuxtepec sobre el Río Lerma cuenta con una planta de generación de energía con una potencia instalada de 79.5 MW, genera 294 GWh al año, para lo cual se emplea un volumen medio anual de alrededor de 800 hm³, los cuales no se consideran como usos consuntivos, toda vez que destinan al riego aguas abajo.

Hasta la década de los ochenta, operaban otras cinco plantas hidroeléctricas que usaban agua de la zona del Río Lerma (El Salto, Puente Grande, Colimilla, Intermedia y Las Juntas). Sin embargo, en virtud de que no se aseguraban los volúmenes de agua requeridos para la generación, los cuales se extraían del lago de Chapala, se pusieron fuera de servicio.

4.6 Uso acuícola

En la Zona existen diseminados múltiples ecosistemas acuáticos dedicados al desarrollo de la pesca, repartidos en lagos, ríos y presas, además del cultivo de peces en bordos, canales y estanques. Los lagos de Chapala, Cuitzeo y Pátzcuaro son los embalses más importantes, por su producción pesquera. Las especies en explotación, en orden de importancia, son la tilapia, el charal, la carpa, el pescado blanco, la sardina, el chapo y el mosco. Por otra parte, existe un creciente desarrollo acuícola en diferentes regiones, como la ciénega de Zacapu y la de Chapala, donde asociaciones establecidas cultivan principalmente la tilapia, carpa y bagre. En el lago de Chapala se han registrado producciones por arriba de las 17,000 toneladas. Cabe señalar que además del antecedente histórico que se remonta a tiempos prehispánicos, la pesca es una fuente de proteína de alta calidad y bajo costo, que ayuda en el balance de la dieta de las comunidades ribereñas.

Las principales causas que afectan el aprovechamiento pesquero y acuícola en la Zona son la baja disponibilidad de agua y la alta contaminación de los cuerpos de agua naturales y artificiales. Adicionalmente, se registra una explotación desordenada de los recursos pesqueros por carecerse de los elementos técnicos y organizativos, y la falta de análisis objetivo de su uso sostenible.

4.7 Evaporación y retención en almacenamientos

Además de los usos consuntivos señalados, existen pérdidas o salidas naturales del agua de la zona resultantes de la evaporación registrada en los cuerpos de agua, tanto de los naturales como de los artificiales. En efecto, la evaporación alcanza un valor medio de 2,179.1 hm³ al año, de los cuales 199.7 corresponden a los embalses de la cuenca cerrada de Cuitzeo, 108.7 hm³ a la cuenca cerrada de Pátzcuaro y los restantes 1,870.7 a la cuenca interconectada. Cabe señalar que de este último valor, unos 1,500 hm³ se concentran en el lago de Chapala.

Por otro lado, de acuerdo con el inventario de almacenamientos de la zona, existen 1,566 obras las cuales disponen de una capacidad de 4,449 hm³, sin incluir el Lago de Chapala. La muestra se caracteriza por concentrar el 94% de los embalses mayores de 10 hm³; de los cuales se destacan la presa Solís y la laguna de Yuriria. Del total de los embalses de la zona, sólo los lagos, por su capacidad, y un poco el sistema Solís-Tepuxtepec por su forma de operar, podrían considerarse que puedan manejar almacenamientos para más de un año. Aun así, considerando el periodo 1940-2001, se estima una variación media anual en el almacenamiento total de la zona de 78.1 hm³; de este valor 45.7 corresponden a la cuenca interconectada, 16.1 hm³ a los embalses de la cuenca cerrada de Cuitzeo y 16.3 al lago de Pátzcuaro. Estos valores indican que parte del agua que escurrió es retenida en los embalses y no se registra aguas abajo (Tabla 13).

Cuenca	Pérdidas por evaporación	Retención embalses (hm3)	Totales
A Alzate	24.2	-1.4	22.8
B Ramírez	8.7	1.1	9.8
C Tepetitlán	8.1	1.3	9.4
D Tepuxtepec	45.4	3.4	48.8
E Solís	58.3	18.3	76.6
F Begoña	6.5	1.5	8.0
G Ameche	8.2	1.4	9.6
H Pericos	1.8	0.5	2.3
I Yuriria	99.7	7.0	106.7
J Salamanca	1.5	0.4	1.9
K Adjuntas	22.2	0.2	22.4
L Angulo	24.8	1.9	26.7
M Corrales	17.7	-0.2	17.5
N Yurécuaro	5.1	1.0	6.1
Ñ Duero	32.7	2.5	35.2
O Zula	8.0	0.9	8.9
P Chapala	1,497.8	5.9	1,503.7
Subtotal	1,870.7	45.7	1,916.4
Q Pátzcuaro	108.7	16.3	125.0
R Cuitzeo	199.7	16.1	215.8
Total	2,179.1	78.1	2,257.2

Tabla 13.- Evaporación y retención en cuerpos de agua en la zona hidrológica Río Lerma-Chapala

4.8 Control de avenidas

Mucha de la infraestructura de almacenamiento de la zona fue creada con una doble finalidad; por lo general para riego y control de avenidas. Existe otra infraestructura cuya finalidad era exclusivamente el control de avenidas para proteger principalmente centros de población. El crecimiento de la demanda de agua en la zona ha propiciado que algunas de estas obras últimas fueran consideradas como almacenamientos para aprovechamiento; asimismo en las de doble finalidad, en ocasiones se busca almacenar más agua para contar con mayores volúmenes para aprovechamiento productivo, esto a costa de la capacidad que debe destinarse para el control de avenidas.

La infraestructura de regulación se ha más que cuadruplicado en los últimos treinta años; la mayor capacidad de almacenamiento se ubica en los estados de Guanajuato y Michoacán, con el 57% y 36% respectivamente. Al comparar el escurrimiento superficial promedio anual que se genera en las cuencas aportadoras con su correspondiente capacidad de almacenamiento, se observa que únicamente en Guanajuato se presenta una capacidad de regulación importante.

El estado de Guanajuato es el más afectado por inundaciones tanto en las zonas agrícolas como las áreas urbanas, debido principalmente a precipitaciones generadas por líneas de confluencia asociadas con vaguadas y a la actividad convectiva de la región. Actualmente se tienen zonas agrícolas potencialmente inundables en las cuencas de los ríos de La Laja, Guanajuato, Turbio y en el mismo Lerma, afectándose potencialmente 110,000 hectáreas. La descarga del río Angulo al Río Lerma, cuando en este último circulan grandes gastos, se ahoga e incluso se llega a invertir el flujo del Lerma hacia el Angulo, lo cual ocasiona inundaciones en las zonas productivas aguas abajo de la Presa Melchor Ocampo (Rosario-Mezquite). En ese orden, en el estado de México existen superficies inundables de alrededor de 22,000 ha y 9,000 en Michoacán.

Por otro lado, la capacidad natural de los cauces de los ríos es reducida, lo cual a veces se agrava por azolvamiento; por ejemplo, el Río Lerma en su paso por Salamanca cuenta con una capacidad de 300 a 350 m³/s, mientras que en las inmediaciones de Corrales disminuye entre 200 y 250 m³/s. De igual manera aguas debajo de la presa Solís el Río Lerma reduce su capacidad de 90 a 50 m³/s.

Todos estos aspectos ponen de manifiesto el alto riesgo que existe en la Zona y la importancia del mantenimiento de la infraestructura y que cada año, en época de lluvias, se emitan políticas para controlar el almacenamiento de las presas y evitar al máximo las grandes descargas.

5. Disponibilidad

5.1 Aguas Superficiales

La precipitación media anual en la zona hidrológica Río Lerma-Chapala es de 771 mm considerando el promedio registrado durante el período 1940-2001. Sin embargo, este valor es muy variable, tanto temporal como geográficamente hablando. Los registros disponibles muestran, año con año, un amplio rango de variación que va de 460 a 1,070 mm. La precipitación media anual sobrepasa los 800 mm en las cuencas que limitan con la Región Hidrológica del río Balsas, además de la cuenca Zula, en cambio en las cuencas del Noreste el valor no supera los 600 mm (fig. 5). El resto de las cuencas se encuentra con valores entre 600 y 800 mm. Cabe señalar, que al escurrimiento producido por la precipitación se suma algún volumen producto de los deshielos del Nevado de Toluca, único lugar en la zona donde frecuentemente se presenta precipitación sólida.

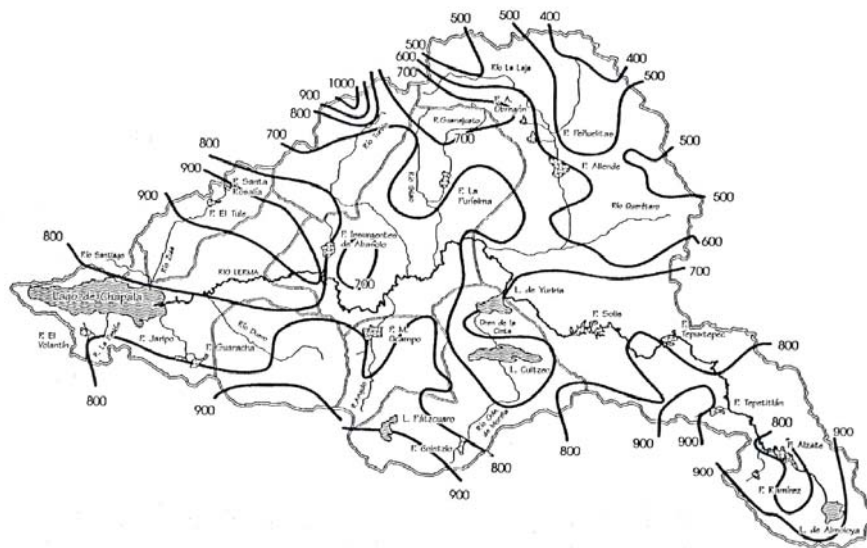


Figura 5.- Isoyetas medias anuales (1940-2001) de la zona hidrológica Río Lerma-Chapala

Los coeficientes de escurrimiento medios por cuencas se encuentran entre 0.08 y 0.26, con un promedio a nivel de zona de 0.14. Nuevamente las cuencas de la parte Sur son las de mayor valor mientras las de Noreste son las menos favorecidas. De esta manera se ha determinado que el escurrimiento medio anual en la zona es de 5,512.7 hm³, considerando las cuencas cerradas de Cuitzeo y Pátzcuaro. Estas cuencas tienen valores medios anuales de 452.6 y 152.3 hm³, respectivamente, por lo que el escurrimiento medio del sistema interconectado sería de sólo 4,907.8 hm³ (Tabla 14).

Cuenca		Superficie km ²	Escurrimiento natural medio anual (hm ³)	Coeficiente de escurrimiento	Precipitación media anual mm
A	Río Lerma 1	2,137	244.9	0.15	764.00
B	Río La Gavia	505	98.7	0.23	849.76
C	Río Jaltepec	378	69.0	0.22	829.73
D	Río Lerma 2	2,623	460.3	0.21	835.65
E	Río Lerma 3	2,895	369.1	0.16	796.85
F	Río La Laja 1	4,981	265.2	0.10	532.42
G	Río Querétaro	2,255	128.9	0.08	714.52
H	Río La Laja 2	2,415	80.7	0.09	371.29
I	Laguna de Yuriria	1,093	116.2	0.15	708.75
J	Río Lerma 4	2,751	329.4	0.19	630.20
K	Río Turbio	2,913	163.4	0.08	701.17
L	Río Angulo	2,064	284.0	0.17	809.39
M	Río Lerma 5	7,143	482.1	0.09	749.92
N	Río Lerma 6	2,023	233.2	0.15	768.50
Ñ	Río Duero	2,198	457.8	0.26	801.08
O	Río Zula	2,098	181.0	0.11	784.30
P	Río Lerma 7	6,644	943.9	0.14	1,014.77
		47,116	4,907.8	0.14	749.54
Q	Lago de Pátzcuaro	1,096	152.3	0.14	992.57
R	Lago de Cuitzeo	3,675	452.6	0.12	986.04
		51,887	5,512.7	0.14	771.42

**Tabla 14.- Coeficientes de escurrimiento y precipitación por cuenca en la zona hidrológica
Río Lerma-Chapala**

Actualmente, se ha evaluado que en la zona los usos consuntivos ascienden a 6,258 hm³ al año, incluyendo las demandas utilizadas y los volúmenes de pérdidas en vasos de almacenamiento (Tabla 15). De las demandas utilizadas, el mayor porcentaje corresponde al uso agrícola. El restante volumen se aprovecha para suministro de agua a la población y para actividades pecuarias. Dentro de este último concepto, 15.8 hm³, se importa de la cuenca del río Cutzamala, para abastecer parcialmente a la zona metropolitana de la ciudad de Toluca. Por otro lado, cabe señalar que el volumen de 237 hm³, que se extraen del lago de Chapala para la Ciudad de Guadalajara, asentada en la zona hidrológica río Santiago, se maneja como exportación de la zona hidrológica Río Lerma-Chapala.

Cuenca		Volúmenes en hm³									
		Agrícola			Pecua- rio	Público urbano		Indus- trial	Subtotal	Pérdidas Vasos	Total
		Distritos de Riego	P. I. *								
A	Alzate	0.0		60.0	3.1	15.8	Toluca		78.9	22.8	101.7
B	Ramírez	0.0		45.4	0.0				45.4	9.8	55.2
C	Tepetitlán	0.0		20.8	0.0				20.8	9.4	30.2
D	Tepuxtepec	90.0	DR033	136.2	9.0				235.2	48.8	284.0
E	Solís	90.0	DR045	192.2	7.1				289.3	76.6	365.9
F	Begoña	7.0	DR085	112.3	13.1				132.4	8.0	140.4
G	Ameche	0.0		82.3	14.1				96.4	9.6	106.0
H	Pericos	117.0	DR085	44.0	2.0				163.0	2.3	165.3
I	Yuriria	70.0	DR011	4.6	0.0				74.6	106.7	181.3
J	Salamanca	246.0	DR011	76.2	8.0				330.2	1.9	332.1
K	Adjuntas	0.0		113.9	9.5				123.4	22.4	145.8
L	Angulo	8.0	DR022	66.8	11.2				86.0	26.7	112.7
M	Corrales	809.5	DR011 DR087	104.1	17.9				931.5	17.5	949.0
N	Yurécuaro	62.0	DR087	124.0	13.8				199.8	6.1	205.9
Ñ	Duero	276.5	DR024 DR061	50.4	7.6				334.5	35.2	369.7
O	Zula	0.0		88.0	24.0				112.0	8.9	120.9
P	Chapala (1)	244.0	DR013 DR087	128.8	20.9				393.7	1,503.7	1,897.4
Subtotal		2,020.0		1,450.0	161.3	15.8		0.0	3,647.1	1,916.4	5,563.5
Q	Pátzcuaro	5.0		11.9	2.8				19.7	125.0	144.7
R	Cuitzeo	200.0	DR020	46.0	23.0	44.0	Morelia	21.0	334.0	215.8	549.8
Total		2,225.0		1,507.9	187.1	59.8		21.0	4,000.8	2,257.2	6,258.0

* P. I. - Pequeña irrigación

(1).- No se incluye la demanda de agua de la Z. M. de Guadalajara, pues se maneja como exportación

Tabla 15.- Integración del uso consuntivo en la zona hidrológica Río Lerma-Chapala

Dentro del sistema interconectado se ha calculado que 199.3 hm³ producto de retornos, tanto agrícolas como descargas de aguas residuales domésticas, son aprovechados anualmente, lo que representa un incremento en la disponibilidad. Para las cuencas cerradas de Pátzcuaro y Cuitzeo los retornos utilizables son de 0.5 y 20 hm³ por año, respectivamente. Otro incremento está representado por la importación arriba citada de la cuenca del río Cutzamala de 15.8 hm³ hacia la cuenca Alzate.

De manera interna, es decir entre las cuencas de la región, existen transferencias de volúmenes en forma artificial: la cuenca Salamanca envía a través de canales un volumen 633.6 hm³ hacia las cuencas Corrales y Yuriria para riego agrícola en éstas, repartiéndose en 563.2 y 70.4 hm³, respectivamente. Por último, el volumen de 237 hm³, que se extraen del lago de Chapala para la ciudad de Guadalajara, asentada en la zona del río Santiago, es una exportación de la zona del Río Lerma-Chapala, como se señaló anteriormente.

La disponibilidad media anual de agua superficial de una cuenca hidrológica, en su salida, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\text{Disponibilidad media anual de agua superficial en la cuenca (D)} = \text{Volumen medio anual de escurrimiento de la cuenca hacia aguas abajo (Ab)} - \text{Volumen anual actual comprometido aguas abajo (Rxy)}$$

El volumen medio anual de escurrimiento de la cuenca hacia aguas abajo de su salida, se determina a su vez con la expresión siguiente:

$$\begin{aligned}
 \text{Volumen medio anual de escurrimiento de la cuenca hacia aguas abajo (Ab)} &= \text{Volumen medio anual de escurrimiento desde la cuenca aguas arriba (Ar)} + \text{Volumen medio anual de escurrimiento natural (Cp)} + \text{Volumen anual de retornos (R)} \\
 &+ \text{Volumen anual de importaciones (Im)} - \text{Volumen anual de exportaciones (Ex)} - \text{Volumen anual de extracción de agua superficial (Uc)}
 \end{aligned}$$

Con los valores arriba citados y sin considerar las cuencas cerradas de Cuitzeo y Pátzcuaro, se tiene que no existe escurrimiento hacia aguas debajo de la zona hidrológica Río Lerma-Chapala.

$$\begin{aligned}
 \text{Volumen medio anual de escurrimiento de la cuenca hacia aguas abajo (Ab)} &= 0 + 4,907.8 + 199.3 + 649.4 - 870.6 - 5,563.5 \\
 &= -677.6 \text{ hm}^3
 \end{aligned}$$

Es decir, actualmente la zona presenta un déficit en condiciones medias de 677.6 hm^3 al año. De este déficit total, el análisis detallado por cuenca indica que 82.9 hm^3 se acumulan hasta la cuenca Salamanca y los restantes 594.7 hm^3 se acumulan entre esta cuenca y el lago de Chapala (Tabla 16).

Para la cuenca cerrada de Pátzcuaro se tendría:

$$\begin{aligned}
 \text{Volumen medio anual de escurrimiento de la cuenca hacia aguas abajo (Ab)} &= 0 + 152.3 + 0.5 + 0 - 0 - 144.7 \\
 &= 8.1 \text{ hm}^3
 \end{aligned}$$

De esta manera, la cuenca cerrada del lago de Pátzcuaro tiene, en condiciones medias, un escurrimiento hacia aguas abajo de sólo 8.1 hm^3 por año (Tabla 16).

Por último para la cuenca cerrada de Cuitzeo, se tiene:

$$\begin{aligned}
 \text{Volumen medio anual de escurrimiento de la cuenca hacia aguas abajo (Ab)} &= 0 + 452.6 + 20 + 0 - 0 - 549.8 \\
 &= -77.2 \text{ hm}^3
 \end{aligned}$$

Así, esta cuenca presenta, en condiciones medias, un déficit por 77.2 hm³ anuales (Tabla 16).

	Cuenca	Cp	Ar	Uc*	Uc**	R	Im	Ex	Ab
A	Río Lerma 1	244.9	0.0	39.3	101.7	9.2	15.8	0.0	168.2
B	Río La Gavia	98.7	0.0	34.4	55.2	0.0	0.0	0.0	43.5
C	Río Jaltepec	69.0	0.0	21.5	30.2	0.0	0.0	0.0	38.8
D	Río Lerma 2	460.3	250.5	104.6	284.0	9.0	0.0	0.0	435.8
E	Río Lerma 3	369.1	435.8	114.4	365.9	9.0	0.0	0.0	448.0
F	Río La Laja 1	265.2	0.0	56.4	140.4	0.7	0.0	0.0	125.5
G	Río Querétaro	128.9	0.0	53.8	106.0	0.0	0.0	0.0	22.9
H	Río La Laja 2	80.7	148.4	227.8	165.3	11.7	0.0	0.0	75.5
I	Cuenca propia laguna de Yuriria	116.2	0.0	109.6	181.3	0.0	70.4	0.0	5.3
J	Río Lerma 4	329.4	528.8	450.9	332.1	24.6	0.0	633.6	-82.9
K	Río Turbio	163.4	0.0	152.6	145.8	0.0	0.0	0.0	17.6
L	Río Angulo	284.0	0.0	101.3	112.7	0.8	0.0	0.0	172.1
M	Río Lerma 5	482.1	189.7	443.0	949.0	81.0	563.2	0.0	367.0
N	Río Lerma 6	233.2	367.0	106.7	205.9	6.2	0.0	0.0	400.5
Ñ	Río Duero	457.8	0.0	239.1	369.7	27.7	0.0	0.0	115.8
O	Río Zula	181.0	0.0	31.1	120.9	0.0	0.0	0.0	60.1
P	Río Lerma 7	943.9	576.4	271.5	1,897.4	19.4	0.0	237.0	-594.7
	Subtotal	4,907.8		2,558.0	5,563.5	199.3	649.4	870.6	
Q	Cuenca cerrada Lago de Pátzcuaro	152.3	0.0	31.7	144.7	0.5	0.0	0.0	8.1
R	Cuenca cerrada Lago de Cuitzeo	452.6	0.0	200.8	549.8	20.0	0.0	0.0	-77.2
	Totales	5,512.7		2,790.5	6,258.0	219.8	649.4	870.6	

ECUACIONES

$$Ab = Cp + Ar + R + Im - (Uc + Ex)$$

$$D = Ab - Rxy$$

SIMBOLOGIA

Cp.- Escorrentamiento natural o "virgen" por cuenca propia

R.- Retornos

Ar.- Escorrentamiento aguas arriba

Im.- Importaciones

Uc*.- Usos consuntivos, REPDA al 30 de abril de 2002

Ex.- Exportaciones

Uc**.- Usos consuntivos (demanda utilizada y pérdidas en vasos de almacenamiento)

Ab.- Esc. hacia aguas abajo

Tabla 16.- Cálculo del escurrimiento hacia aguas abajo en la zona hidrológica Río Lerma-Chapala

Los déficits de las dos primeras cuencas se reflejan directamente en la reducción de los niveles de los lagos de Chapala y Cuitzeo, respectivamente, e indirectamente en el descenso de los niveles freáticos de la mayoría de los acuíferos de la zona.

Por otro lado, el remanente (Ab) de los recursos propios de la **cuenca X** (Cp y R) además de los recursos que le son aportados por otras cuencas (Ar e Im), una vez satisfechas las demandas (Uc, Ex), representan los escurrimientos hacia agua abajo (Ab) de esta cuenca. Resulta evidente que este escurrimiento se convierte en el término Ar de la **cuenca Y** y que dependiendo de su propia oferta, parte o toda esta aportación (Rxy) será necesaria para satisfacer sus propias demandas. De esta manera, la disponibilidad no comprometida (D) de **la cuenca X** estaría dada por:

$$D = Ab - Rxy$$

Es evidente que si Ab es menor que los compromisos aguas abajo (Rxy), matemáticamente D sería negativo, pero en términos reales se puede decir que no existe disponibilidad hacia aguas debajo de la cuenca en estudio. Así, en la zona hidrológica Río Lerma-Chapala, tanto en su salida como en las conexiones de sus cuencas no existe disponibilidad. Sólo la cuenca cerrada de Pátzcuaro presenta una disponibilidad de 8.1 hm³ anuales, que no pueden apoyar al resto de las cuencas, dado que esa es una cuenca cerrada (Tabla 17).

Cuenca		Ab	Rxy	Ab - Rxy	D
A	Río Lerma 1	168.2	173.6	-5.4	0.0
B	Río La Gavia	43.5	44.8	-1.3	0.0
C	Río Jaltepec	38.8	40.0	-1.2	0.0
D	Río Lerma 2	435.8	458.4	-22.6	0.0
E	Río Lerma 3	448.0	490.1	-42.1	0.0
F	Río La Laja 1	125.5	129.2	-3.7	0.0
G	Río Querétaro	22.9	23.6	-0.7	0.0
H	Río La Laja 2	75.5	82.6	-7.1	0.0
I	Cuenca propia laguna de Yuriria	5.3	5.8	-0.5	0.0
J	Río Lerma 4	-82.9	0.0	-82.9	0.0
K	Río Turbio	17.6	18.9	-1.3	0.0
L	Río Angulo	172.1	184.4	-12.3	0.0
M	Río Lerma 5	367.0	460.6	-93.6	0.0
N	Río Lerma 6	400.5	552.2	-151.7	0.0
Ñ	Río Duero	115.8	160.5	-44.7	0.0
O	Río Zula	60.1	83.5	-23.4	0.0
P	Río Lerma 7	-594.7	0.0	-594.7	0.0
Subtotal					
Q	Cuenca cerrada Lago de Pátzcuaro	8.1	0.0	8.1	8.1
R	Cuenca cerrada Lago de Cuitzeo	-77.2	0.0	-77.2	0.0
Totales					

ECUACIONES

$$D = Ab - Rxy$$

SIMBOLOGIA

Ab.- Esguerrimiento hacia aguas abajo

Rxy.- Volumen comprometido hacia aguas abajo

D.- Disponibilidad

Tabla 17.- Cálculo de la disponibilidad en la zona hidrológica Río Lerma-Chapala

Con ello se muestra que en todas las cuencas de la zona hidrológica Río Lerma-Chapala, excepto la cuenca cerrada de Pátzcuaro, no es posible realizar un aprovechamiento de agua adicional sin afectar los usos ya existentes.

5.1.1 Disponibilidad Relativa

Para determinar si la disponibilidad no comprometida D de una cuenca es factible de ser aprovechada, existe un factor que relaciona la oferta total del recurso en la cuenca y su aprovechamiento, incluyendo pérdidas, retenciones y compromisos hacia otras cuencas. Este factor se denomina la disponibilidad relativa Dr.

$$Dr = (Cp + Ar + R + Im) / [(Uc + Ex + Ev + Av) + Rxy]$$

Es evidente que el grado de aprovechamiento de los recursos de una cuenca está dado por:

$$Aprov = Extracciones / oferta$$

O bien, considerando también a las definiciones relacionadas con Dr:

$$Aprov = [(Uc + Ex + Ev + Av) + Rxy] / (Cp + Ar + R + Im)$$

Es decir:

$$Aprov = 1 / Dr$$

El concepto considera que en la práctica en una cuenca sólo es factible aprovechar un 70% del agua que escurre, puesto que el resto se presenta de tal forma que no es posible regularlo mediante infraestructura. Por lo tanto 0.7 representa el límite superior práctico del aprovechamiento del agua en una cuenca. En términos de Dr este valor sería:

$$Dr = 1 / apro = 1 / 0.7 = 1.4$$

Lo cual indica que el agua disponible está comprometida al máximo y la cuenca casi siempre en déficit.

Por otro lado, la eficiencia media total de cualquier aprovechamiento oscila alrededor del 50%, lo que en términos de aprovechamiento equivale a:

$$0.5 * 0.7 = 0.35$$

y como disponibilidad relativa:

$$Dr = 1 / 0.35 = 2.9$$

Así, con Dr entre 1.4 y 3.0 la cuenca se encuentra en equilibrio respecto a la media de la eficiencia y prácticamente no se podría aceptar más demanda.

De acuerdo al análisis de los balances realizados para varias cuencas se tiene que para Dr por arriba de 9, las extracciones reales se satisfacen casi en su totalidad con el gasto promedio del estiaje, por lo que por arriba de este valor la disponibilidad es abundante.

Así, la condición de una cuenca para nuevos aprovechamientos, dependiendo de Dr estaría dada por la Tabla 18.

Rango Dr	Condición
Dr <1.4	DEFICIT
1.4 < Dr < 3.0	EQUILIBRIO
3.0 < Dr < 9.0	DISPONIBILIDAD
9.0 < Dr	ABUNDANCIA

Tabla 18.- Rangos y condiciones de la disponibilidad relativa

Así, para la zona hidrológica Río Lerma-Chapala, se tendría:

Cuenca		D	CLASIFICACION
A	Río Lerma 1	0.0	Déficit
B	Río La Gavia	0.0	Déficit
C	Río Jaltepec	0.0	Déficit
D	Río Lerma 2	0.0	Déficit
E	Río Lerma 3	0.0	Déficit
F	Río La Laja 1	0.0	Déficit
G	Río Querétaro	0.0	Déficit
H	Río La Laja 2	0.0	Déficit
I	Cuenca propia laguna de Yuriria	0.0	Déficit
J	Río Lerma 4	0.0	Déficit
K	Río Turbio	0.0	Déficit
L	Río Angulo	0.0	Déficit
M	Río Lerma 5	0.0	Déficit
N	Río Lerma 6	0.0	Déficit
Ñ	Río Duero	0.0	Déficit
O	Río Zula	0.0	Déficit
P	Río Lerma 7	0.0	Déficit
Subtotal			
Q	Cuenca cerrada Lago de Pátzcuaro	8.1	Disponibilidad
R	Cuenca cerrada Lago de Cuitzeo	0.0	Déficit

Tabla 19.- Cálculo de la disponibilidad relativa en la zona hidrológica Río Lerma-Chapala

La zona del Río Lerma presenta graves problemas hidrológicos derivados de la insuficiente disponibilidad de aguas para satisfacer la creciente demanda del recurso, y sostener el desarrollo de la misma. Durante varias décadas, su progreso ha sido en parte a costa del minado y la contaminación de sus fuentes de aguas subterránea, dando lugar a un impacto ambiental negativo que compromete cada vez más su desarrollo sustentable.



Figura 6.- Acuíferos en la zona hidrológica Río Lerma-Chapala

Los acuíferos no son independientes, pues dado que esta zona la mayoría de las rocas tienen permeabilidad significativa, al menos en los primeros cientos de metros no existen barreras geológicas impermeables que los independicen; generalmente, están interconectados por secciones subterráneas permeables y aún a través de los mismos macizos montañosos. En general, los acuíferos están constituidos en sus primeras decenas o centenas de metros a partir de la superficie del terreno, por materiales aluviales y lacustres -grava, arenas, limos y arcillas-, que forman estratos interdigitados de geometría irregular y granulometría variada.

El tramo inferior de los acuíferos, esta conformado por materiales piroclásticos y derrames lávicos fisurados o fracturados, con predominio de las rocas basálticas en la mitad sur de la zona y de tobas riolíticas en su mitad norte. Inferiormente están limitados por andesitas o conglomerados rojos de permeabilidad muy baja. Por la heterogeneidad y anisotropía de las rocas, así como por la alternancia de horizontes de diferente permeabilidad, es común que existan fuertes diferencias de niveles, temperatura y calidad del agua subterránea en sentido vertical; sin embargo, a escala regional y para los tiempos largos de operación de los acuíferos, los diferentes están hidráulicamente interconectados.

5.2.2 Renovación y Descarga Natural

Los acuíferos reciben una alimentación o recarga natural, generada por la infiltración de la lluvia y de los escurrimientos superficiales que tiene lugar en los macizos montañosos donde afloran rocas fracturadas y a lo largo de los cauces de las corrientes principales. A esta componente natural se agrega la recarga generada por las actividades humanas, que en su conjunto han modificado el ciclo hidrológico de la zona en forma significativa. Las modificaciones mayores fueron producidas por el desarrollo agrícola: el riego con agua derivada de los ríos generó una recarga incidental derivada de las pérdidas por conducción o distribución y de la infiltración de excedentes de riego. Por otra parte, el bombeo de pozos en las inmediaciones de los cauces, provocó el abatimiento de los niveles freáticos y con ello propicio una recarga inducida desde los cauces, que originalmente recibían parte de la descarga natural de los acuíferos: a menor escala, la urbanización ha impermeabilizado la superficie del terreno, con la consiguiente disminución de la recarga natural local; a cambio, las pérdidas en las redes hidráulicas han generado una recarga incidental de magnitud creciente.

Hasta hace varias décadas, la descarga natural de los acuíferos tenía lugar a lo largo de los cauces de las corrientes principales (Lerma, Laja, Turbio), a través de la evapotranspiración de la vegetación nativa, abundante en las fajas fluviales; por medio de manantiales y por evaporación en humedales. Debido a la extracción de agua subterránea, los niveles freáticos se abatieron y la descarga natural fue decreciendo en forma gradual hasta ser casi suprimida, hace unos 20 años; ahora la descarga dominante, con mucho, es la artificial. Con base a los estudios disponibles, realizados el curso de los últimos 25 años, se estima que la recarga media anual de los acuíferos de la zona es del orden de 3,986 hm³.

5.2.3 Extracción y Distribución por Usos del Agua Subterránea

Al igual que en la mayor parte del país, en la zona hidrológica Río Lerma-Chapala la extracción de aguas subterráneas en gran escala se inició en década de 1950 a 1959, motivada por el crecimiento urbano, el desarrollo industrial y el florecimiento de la agricultura. Durante esa década y la siguiente se construyeron miles de pozos, principalmente en los estados de Guanajuato, México y Querétaro, para ampliar la superficie de riego por bombeo, abastecer a las ciudades y satisfacer la demanda de agua de los desarrollos industriales. Con el tiempo, el descenso de los niveles del agua subterránea obligó a construir pozos de profundidad creciente.

Las rústicas norias fueron sustituidas por pozos profundos, que en la década de 1970 a 1979 ya alcanzaban comúnmente más de 100 m de profundidad. En la zona de Salamanca varios pozos de bombeo y exploratorios llegan a profundidades entre 500 y 1,000 m. Según los censos más recientes, actualmente existen en la zona alrededor de 14,652 pozos activos, en los cuales más del 80% son agrícolas. Según los estudios geohidrológicos más recientes, la extracción de agua del subsuelo es del orden de 5,100 hm³/año. Cerca del 73.5% de ese volumen se destina al riego por bombeo, principalmente, en los estados de Guanajuato y México; alrededor del 25.5% es utilizado en las zonas urbano-industriales, entre las cuales destacan las de León, Celaya, Salamanca e Irapuato. La fracción complementaria, del 1% se capta en el medio rural para usos domésticos y de abrevadero.

5.2.4 Niveles de agua

Debido a la extracción de cantidades de agua muy superiores a la recarga media anual, los niveles del agua subterránea han estado descendiendo en las últimas cuatro décadas. En el periodo 1970-97 se registraron abatimientos de 20 a más de 100 m en las áreas de bombeo, siendo los acuíferos de Guanajuato y Querétaro los más afectados. Consecuentemente, los niveles estáticos del agua están ahora a profundidades entre 40 y más de 120 m de la superficie del terreno en esas áreas, y los niveles de bombeo, varias decenas de metros más abajo para los gastos comunes de los pozos. En los últimos años, se han registrado abatimientos de 1 a más de 4 m/año en algunas áreas.

5.2.5 Balance

Considerando las disponibilidades, 19 de los 37 acuíferos de la zona y sus aprovechamientos registrados en el REPDA al 30 de abril de 2002, se tiene un volumen concesionado total para extracción de 3,391 hm³. Los estudios para estos mismos acuíferos indican además una descarga natural comprometida de 377 hm³ (manantiales principalmente) y una recarga de 2,749 hm³ al año. De esta manera el balance o disponibilidad no comprometida para estos 19 acuíferos sería:

$$\begin{aligned}\text{Disp} &= \text{recarga} - \text{descarga natural} - \text{volumen para extracción} \\ &= 2,749 - 377 - 3,391 \\ &= -1,019 \text{ hm}^3\end{aligned}$$

Así, de forma general en 19 acuíferos de la zona hidrológica Río Lerma-Chapala existe un déficit de 1,019 hm³ por año, el cual se extrae del almacenamiento no renovable de esos acuíferos. Sin embargo, las cifras generales esconden una situación más grave; en efecto, de los 19 acuíferos mencionados sólo uno cuenta aún con disponibilidad por un valor de 51 hm³ al año y por el contrario, los 18 restantes registran un déficit anual de 1,070 hm³ (Tabla 20).

Considerando que el registro en el REPDA es un proceso en actualización constante, resultan razonables los resultados de los estudios geohidrológicos que arrojan una mayor extracción en los acuíferos, por lo que los déficits reales son mayores. Así, en estas condiciones se tendría:

$$\begin{aligned} \text{Disp} &= \text{recarga} - \text{descarga natural} - \text{volumen para extracción (de acuerdo a estudios)} \\ &= 2,749 - 377 - 3,821 \\ &= -1,449 \text{ hm}^3 \end{aligned}$$

CLAVE SIGMAS	ACUÍFERO	Recarga media anual	Volumen de extracción de acuerdo a estudios técnicos	Descarga natural comprometida	Volumen concesionado e inscrito en REPDA (30 de abril/02)	Disponibilidad media anual
MILLONES DE METROS CÚBICOS ANUALES (Mm ³ /año)						
Estado de Guanajuato						
1104	LAGUNA SECA	128.5	398.0	0.0	140	-11
1106	DR. MORA-SAN JOSE ITURBIDE	Estudio en proceso. Sin datos oficiales				
1107	SAN MIGUEL DE ALLENDE	Estudio en proceso. Sin datos oficiales				
1108	CUENCA ALTA DEL RIO LAJA	139.7	412.0	0.0	185	-45
1110	SILAO-ROMITA	Estudio en proceso. Sin datos oficiales				
1111	LA MURALLA	Estudio en proceso. Sin datos oficiales				
1113	VALLE DE LEON	156.3	204.0	0.0	285	-129
1114	RIO TURBIO	110.0	183.0	0.0	163	-53
1115	VALLE DE CELAYA	286.6	579.0	0.0	361	-75
1116	VALLE DE LA CUEVITA	5.9	47.0	0.7	9	-4
1117	VALLE DE ACAMBARO	Estudio en proceso. Sin datos oficiales				
1118	SALVATIERRA-ACAMBARO	Estudio en proceso. Sin datos oficiales				
1119	IRAPUATO-VALLE	390.0	397.0	0.0	619	-229
1120	PENJAMO-ABASOLO	225.0	333.0	0.0	317	-92
1121	LAGO DE CUITZEO	Estudio en proceso. Sin datos oficiales				
1122	CIENEGA PRIETA-MOROLEON	85.0	90.0	9.0	130	-54
Subtotal edo. de Guanajuato		1527.0	2643.0	9.7	2210	-692
Estado de Jalisco						
1408	LA BARCA	67.0	96.0	2.8	89	-25
1428	CHAPALA	Estudio en proceso. Sin datos oficiales				
1429	TIZAPAN	Estudio en proceso. Sin datos oficiales				
1444	SAN DIEGO DE ALEJANDRIA	Estudio en proceso. Sin datos oficiales				
1445	SAN JOSE DE LAS PILAS	Estudio en proceso. Sin datos oficiales				
1459	JESUS MARIA	Estudio en proceso. Sin datos oficiales				
Subtotal edo. de Jalisco		67.0	96.0	2.8	89	-25
Estado de México						
1501	VALLE DE TOLUCA	336.8	422.0	53.6	330	-46
1502	IXTLAHUACA-ATLACOMULCO	119.0	208.0	18.0	115	-14
Subtotal edo. de México		455.8	630.0	71.6	445	-61
Estado de Michoacán						
1601	MARAVATIO-CONTEPEC-E. HUER	Estudio en proceso. Sin datos oficiales				
1602	MORELIA-QUERENDARO	Estudio en proceso. Sin datos oficiales				
1604	LAGUNILLAS PATZCUARO	Estudio en proceso. Sin datos oficiales				
1605	PASTOR ORTIZ-LA PIEDAD	36.0	34.0	7.0	127	-98
1606	ZACAPU	Estudio en proceso. Sin datos oficiales				
1607	CIENEGA DE CHAPALA	14.4	20.0	0.0	72	-58
1608	ZAMORA	403.4	94.0	275.0	78	51
1609	BRISÉÑAS-YURECUARO	121.0	120.0	2.0	133	-14
1623	LA PIEDAD	Estudio en proceso. Sin datos oficiales				
Subtotal edo. de Michoacán		574.8	268.0	284.0	410	-119
Estado de Querétaro						
2201	VALLE DE QUERETARO	70.0	107.0	4.0	142	-76
2202	VALLE DE AMAZCALA	34.0	55.0	2.8	76	-45
2204	VALLE DE BUENAVISTA	Estudio en proceso. Sin datos oficiales				
2208	VALLE DE HUIMILPAN	20.0	22.0	2.0	19	-1
Subtotal edo. de Querétaro		124.0	184.0	8.8	237	-122
TOTALES		2,748.5	3,821.0	376.9	3,391	-1,019

Tabla 20.- Cálculo de la disponibilidad de los acuíferos de la zona hidrológica Río Lerma-Chapala

6. Calidad del agua

La urbanización y el acelerado desarrollo de las actividades productivas en la Zona, basados en un intenso aprovechamiento del agua, genera anualmente alrededor de 400 hm³ de aguas residuales, con una carga contaminante del orden de 169,000 toneladas de DBO₅ por año. Aunado a los bajos escurrimientos disponibles, así como a la poca capacidad de tratamiento, han llevado al Río Lerma y sus afluentes, al lago de Chapala y a los principales acuíferos de la Zona, a una situación de grave contaminación.

6.1 Mapa de calidad del agua de la zona hidrológica río Lerma-Chapala

La CONAGUA lleva a cabo, desde 1974, el monitoreo sistemático de la calidad del agua en los principales cuerpos de agua superficiales y subterráneos del país, a través de la Red Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua (RNM) y de estudios adicionales.

La red de monitoreo de la calidad del agua de la zona cuenta con 22 estaciones en el cauce del Río Lerma y sus afluentes, 28 estaciones en el Lago de Chapala y dos laboratorios, uno en Guadalajara y otro en Celaya.

La determinación de la calidad del agua, se hace mediante el análisis de 18 parámetros de calidad del agua, los cuales consideran características físicas, químicas y microbiológicas. En estudios especiales, se considera además la determinación de metales pesados y sustancias tóxicas.

Para evaluar el grado de contaminación de las aguas nacionales la CONAGUA utiliza el Índice de Calidad del Agua (ICA), el cual se determina a partir de la ponderación de los resultados de los 18 parámetros evaluados. El ICA toma valores de 0 a 100. Valores cercanos a 0 indican un alto grado de contaminación y valores cercanos a 100 indican muy buena calidad del agua, además estos valores se relacionan con los siguientes usos: abastecimiento público, recreación, pesca y vida acuática, industrial y agrícola, con base a la evaluación de la información es factible señalar si un cuerpo de agua es apto o no es apto para un determinado uso.

Con el propósito de mostrar gráficamente la situación que guardan los cuerpos de agua superficiales se elaboran mapas de calidad del agua, con la información de la RNM y de los estudios especiales.

En el caso de la zona hidrológica Río Lerma-Chapala el mapa muestra la calidad del agua de 23 cuerpos receptores monitoreados en el año 2000 (fig. 7). Los resultados de la evaluación muestran en general lo siguiente:

El 9% de los cuerpos de agua presentan una calidad satisfactoria que posibilita su uso para prácticamente cualquier actividad; el 39% se encuentran poco contaminados, lo que restringe el uso directo del agua en ciertas actividades y el 52% se encuentra contaminado o altamente contaminado, haciendo difícil su uso directo en casi cualquier actividad.

En lo particular, el 9 % de los cuerpos de agua que muestran una calidad aceptable, en el caso de que su uso fuese como fuente de abastecimiento, se requeriría una planta de potabilización con tratamiento convencional.

El 39 % de los cuerpos de agua que resultó poco contaminado, si bien, en caso de utilizarse como fuente de abastecimiento, requeriría un tratamiento avanzado. En caso de uso recreativo, es apta para estos usos siempre y cuando no se tenga contacto directo. Para la acuicultura es apta en general, pero ciertos organismos acuáticos sensibles, como algunas especies de trucha, bagre y charal, no tendrían un adecuado desarrollo. Por último, el agua se considera apta para la mayoría de los usos industriales así como para riego de casi cualquier cultivo excepto hortalizas.

El 52% de los cuerpos de agua están contaminados o altamente contaminados, lo que impide su utilización directa en prácticamente cualquier actividad.

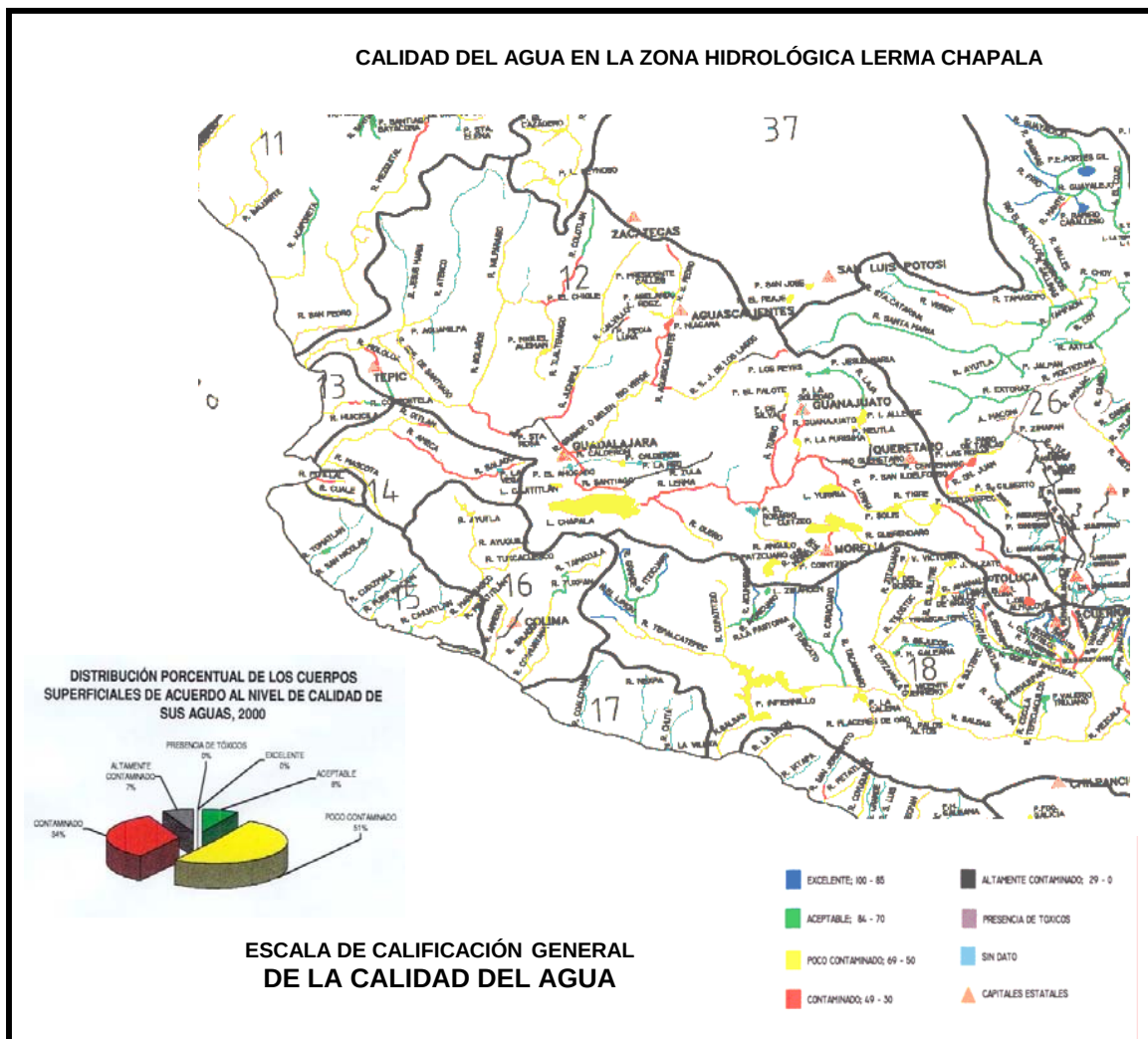


Figura 7- Mapa de la calidad del agua en la zona hidrológica Río Lerma-Chapala, 2000

Otra forma de monitoreo de la salud ambiental de un cuerpo de agua es por medio de los organismos acuáticos. Los patrones de distribución de las especies de peces y sus tendencias son elementos importantes para determinar la magnitud y extensión de la degradación ambiental y salud del ecosistema.

El análisis biológico se basa en el supuesto de que las características de la comunidad cambian consistentemente con la degradación del cuerpo de agua. Para ello, se hace la identificación de las principales variables que describen a la comunidad de peces: 1) composición, estructurales y funcionales; 2) ambientales y 3) técnicas. Finalmente, se lleva a cabo la integración de la información para determinar la interacción entre los organismos y el ambiente como determinantes de la productividad del ecosistema y se propone el Índice de Integridad Biótica como indicador holístico. Esta es una combinación de medidas que refleja elementos fundamentales de la estructura y dinámica de los individuos, poblaciones, comunidades, ecosistemas y perspectivas zoogeográficas.

El hecho de tener 19 o 50 indicadores de la calidad del agua sobre algunos aspectos, no garantiza que el análisis esté completo. Si se menciona que el lago de Chapala está poco contaminado, cuando ha perdido más del 30% de su ictofauna (Moncayo y Osben, 2001), queda un poco en duda el resultado. Una aproximación integral complementa el monitoreo físico y químico, para puntualizar contaminantes responsables de la degradación y biológico, para detectar los problemas del recurso agua y medir la extensión y severidad de los mismos (fig. 8).

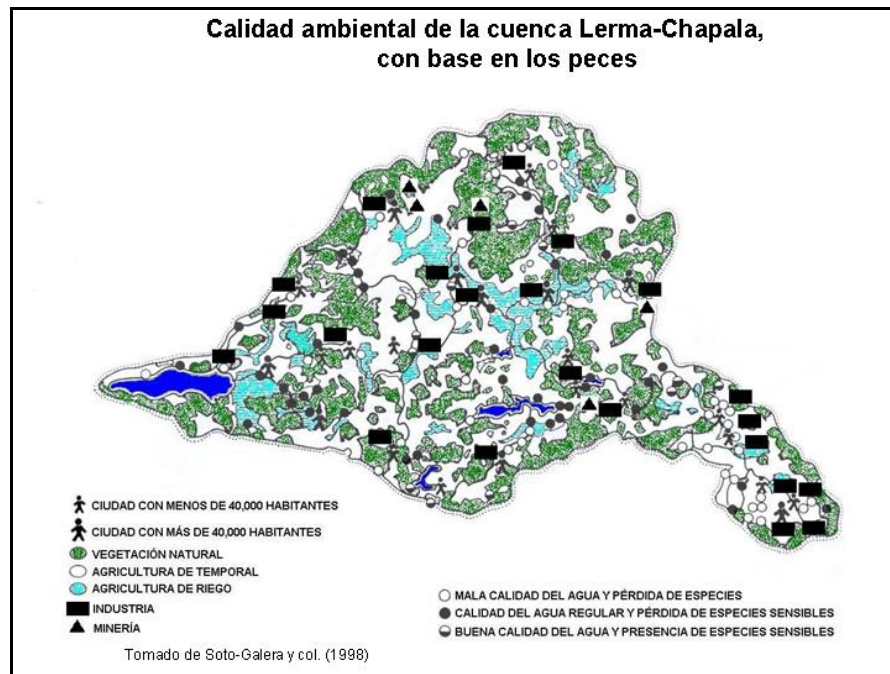


Figura 8.- Calidad ambiental con base en los peces de la zona hidrológica Río Lerma-Chapala

Entre las ventajas que presenta el uso de los peces como indicadores están: (1) lo sobresaliente de su evolución y especiación en la zona hidrológica Río Lerma-Chapala; (2) implica un elemento característico y de amplia distribución en todos los cuerpos de agua; (3) hay una creciente información sobre su ciclo de vida; (4) la interacción trófica de los peces brinda la oportunidad de analizar los cambios en las relaciones interespecíficas de segregación y competencia; (5) su identificación es sencilla, requiriéndose poco entrenamiento y el trabajo se puede elaborar en campo; (6) son indicadores sensibles de la salud del ecosistema a través de la evaluación del reclutamiento y crecimiento en un periodo de tiempo continuo; y (7) en cuanto al análisis pesquero, porque son un recurso alimenticio y económico, el público en general puede comprender mejor la situación global a partir de las condiciones de las poblaciones de los peces.

6.2 Lago de Chapala

El Lago de Chapala constituye un importante cuerpo de agua, ya que abastece a una de las principales ciudades del país, Guadalajara, Jalisco. Su monitoreo constante y sistemático, así como las medidas para mitigar el avance de la contaminación sobre éste, representa una de las tareas principales en la CONAGUA a nivel central y regional.

El análisis de la información más reciente (1998 a 2001) de la calidad del agua en las 24 estaciones de monitoreo contempladas como un estudio especial que realiza el Centro de Estudios Limnológicos de Guadalajara en el lago de Chapala utiliza 4 zonas de monitoreo: Jocotepec, que es el extremo oriente del Lago y en donde se ubican 8 estaciones de monitoreo; la zona centro oriente, Chapala, en donde se tienen 8 estaciones; la zona centro occidente, Ocotlán con 3 estaciones y el extremo occidental del lago con 5 estaciones.

De 1998 a 2001 el ICA en la zona oriente del lago ha fluctuado de 51.9 a 62.8 (este último dato alcanzado en 2001); en la zona centro oriente el ICA ha ido de 49.6 a 67.8; en la zona centro occidente el ICA va de 52.7 a 62.8; y en el extremo occidental del lago se han registrado ICA'S de 43.5 (dato más bajo registrado en todo el lago) a 70.1.

El análisis de esta información, muestra que la parte más inestable del Lago es la zona occidental, en donde se localiza tanto el afluente (Río Lerma) como el efluente (río Santiago) del cuerpo de agua, ya que el ICA ha mostrado desde una calidad muy baja del agua en el lago (43.5) que la ha situado en un contexto alto de contaminación, hasta un ICA de 70.1, que enclaustra la calidad del agua como aceptable para el consumo humano.

A pesar de los datos extremos registrados, la calidad del agua en general para el Lago de Chapala, tanto espacial como temporalmente, se ha mantenido en estos últimos 4 años aún en un rango de poco contaminado. Sin embargo, la influencia de descargas de tipo urbano, que presentan un elevado contenido de materia orgánica, y a la disminución en el nivel de agua, ha venido acelerando el proceso de eutroficación en el cuerpo de agua, y repercutido en el proceso de potabilización del agua abastecida a la ciudad de Guadalajara.

6.3 Acuíferos

En general la calidad natural del agua de los acuíferos es apta para todos los usos, pero en las últimas décadas las diversas actividades humanas han deteriorado en alguna medida la calidad del agua subterránea. Probablemente, el deterioro mayor se haya generado en las zonas agrícolas por la aplicación de plaguicidas y fertilizantes. Sin embargo, los estudios realizados revelan que hay una atenuación importante de la mayoría de los contaminantes, gracias a la existencia de potentes zonas saturadas entre la superficie del terreno y los niveles freáticos. El problema mayor consiste en un incremento gradual de la salinidad de los terrenos.

Las zonas urbano-industriales también tienen un impacto negativo sobre la calidad del agua subterránea. La ciudad de Celaya presenta algunos problemas de contaminación biológica, provocados por el fracturamiento del terreno y el deterioro o las deficiencias constructivas de las captaciones que le suministran el agua. El acuífero que subyace a la ciudad de Salamanca está expuesto a gran número de focos de contaminación, en los últimos años se ha identificado la presencia de hidrocarburos y otros contaminantes en el agua de pozos someros.

En el medio rural es común la contaminación biológica de acuíferos "colgados" someros, la cual se asocia con la falta de saneamiento básico y zonas de recarga o captaciones rústicas sin protección sanitaria, cuando éstas se ubican en las inmediaciones de instalaciones sanitarias mal construidas o sin una operación adecuada.

Estudios realizados en la zona de León, una de las más industrializadas de la zona, sin embargo, demuestran que gran parte de la carga contaminante es atenuada o eliminada en vasos, cauces, suelos y zona no saturada, donde quedan retenidos el cromo y otros contaminantes derivados de los procesos industriales, siendo el impacto mayor el incremento de la salinidad en las áreas regadas con las aguas residuales de la ciudad.

6.4 Aguas residuales municipales

Los sistemas públicos de alcantarillado generan alrededor de 330 hm³ por año de aguas residuales, con una carga contaminante estimada de 72,800 toneladas de DBO₅ por año.

El tipo de contaminantes vertidos en las descargas de origen doméstico contienen bacterias patógenas, materia orgánica, grasas, aceites y detergentes. Las mezcladas con aguas industriales contienen además metales pesados y sales.

Existen múltiples descargas de aguas negras que se vierten directamente al cauce principal del Río Lerma a lo largo de la Zona en las ciudades de Salamanca, Acámbaro, Salvatierra y Santa Ana Pacueco en el Estado de Guanajuato. En orden de importancia, le siguen las ciudades de La Piedad, Maravatío y Yurécuaro en el Estado de Michoacán; La Barca en Jalisco y San Mateo Atenco, Atlacomulco, Tianguistenco y Lerma en el Estado de México. En el Estado de Querétaro no se tienen descargas directas al Río Lerma. De igual importancia son las descargas de aguas negras municipales que se vierten hacia los principales afluentes del Río Lerma, como la ciudad de León hacia el río Turbio, Irapuato y Guanajuato hacia el río Guanajuato, Celaya hacia el río de La Laja, e Irapuato y Guanajuato hacia el río Guanajuato. De igual manera se realizan las descargas de otras 46 ciudades mayores de 10,000 habitantes.

6.5 Industria

Las actividades de las 560 principales industrias ubicadas en la Zona generan un volumen promedio anual de 77 hm³ al año de aguas residuales, mismas que se descargan directamente al Río Lerma y sus afluentes con prácticamente nulo tratamiento, y generando una carga contaminante equivalente de 169,000 toneladas de DBO₅ al año. El tipo de contaminante que contienen las descargas resulta muy específico y diversificado, en función del proceso de transformación y la materia prima utilizada. Los principales giros industriales que mayor carga contaminante aportan son los de refinación de petróleo, petroquímica, productos plásticos, de la cerveza y malta, textil, de la celulosa y el papel, bebidas gaseosas, curtido y acabado de pieles, alimenticia, metal mecánica, automotriz y centrales termoeléctricas.

Aunque se han fijado condiciones particulares al 86% de las descargas industriales, a la fecha existe poca evidencia de un control efectivo. Se observa que donde existe tratamiento previo a la descarga al río, el objetivo ha sido más bien la recuperación del desperdicio que la protección de la calidad de agua del río.

6.6 Agricultura

La contaminación generada por los agrosistemas se asocia al uso excesivo y no controlado de fertilizantes y pesticidas. Los agricultores se guían por un marco práctico en su aplicación y no por las cantidades recomendadas técnicamente. En particular, en el DR No. 11 se presentan altas concentraciones de nutrientes, materia orgánica y pesticidas. Aguas abajo de este DR, debido a las prácticas de entarquinamiento en riego, se detectó la presencia de sustancias organocloradas que limitan el uso posterior del agua. El patrón de flujo de estas aportaciones es variable e intermitente, en función de los periodos de riego y la época de lluvias.

6.7 Infraestructura de Tratamiento

Hasta 1989 existían 15 plantas para el tratamiento de descargas municipales e industriales, en donde cuatro de ellas se encontraban sin operar. Esta infraestructura se caracterizaba por: sobrecarga de las plantas, más allá de su capacidad de diseño; falta de mantenimiento y operación deficiente, debido principalmente a la carencia de recursos económicos, y modificación sustancial de las características de la calidad del agua a tratar. Todo ello reducía la eficiencia de los procesos de tratamiento del agua.

Derivada de la primera etapa del Programa de Saneamiento de la Zona, iniciada en 1989, se han construido 41 plantas de tratamiento de aguas residuales municipales de un total de 48 plantas comprometidas, con una capacidad instalada 3,268 lps. En la segunda etapa se acordó la ampliación de cinco de las plantas existentes y la construcción de 52 nuevas plantas; de estas últimas se han construido 19, con una capacidad instalada de 5,717 lps. Aun cuando se tiene una capacidad de tratamiento de 8,985 lps, solamente se están tratando 4,809 lps. Adicionalmente se tienen identificadas 55 plantas de tratamiento municipales, cuyo gasto de diseño es de 993 lps, pero sólo tratan 464 lps. De acuerdo con lo anterior, solo se está tratando el 30% del volumen total descargado en la zona, que corresponde a 17.8 m³/s.

En cuanto a infraestructura de tratamiento de aguas residuales industriales, actualmente se tienen identificadas 105 plantas en el estado de México, con un gasto de 425 lps; 18 en Michoacán, con capacidad para 521 lps; 56 en Guanajuato para tratar 535 lps; 4 en Jalisco, con un gasto de 45 lps, y 63 en Querétaro con capacidad para 214 lps.

7. Servicios Ambientales del Lago Chapala

7.1 Regulación climática

El lago ejerce una modulación climática en las áreas circundantes al lago, cuyo efecto es inversamente proporcional a la distancia del mismo. El área de influencia incluye a la zona metropolitana de Guadalajara, localizada a 50 km. El régimen de precipitación en esta zona se ve favorecido por la existencia de 1,500 hm³ anuales de evaporación del lago, disponiendo de humedad en niveles bajos de la atmósfera, aunque la humedad transportada desde ambas costas mexicanas por sistemas atmosféricos seguirá contribuyendo a las lluvias locales. En cuanto a la temperatura superficial, se estima que el lago regula esta temperatura al tener una mayor capacidad de almacenamiento de calor que el suelo y por lo tanto se enfriará más lentamente durante las noches, manteniendo regulado la intensidad del ciclo diurno de temperatura (menos calor de día, menos frío de noche). Se estima que en el resto de la zona los efectos del lago son menos notables que en el entorno cercano al lago, en donde las variaciones espacio-temporales en precipitación y temperatura seguirán siendo regulados tanto por sistemas atmosféricos de mesoescala que propicien transporte de humedad y convección, como por circulaciones de gran escala.

7.2 Suministro de agua a poblaciones y al riego

El lago suministra anualmente un volumen de hasta 240 hm³ para el abastecimiento de agua potable a la ciudad de Guadalajara, así como un volumen máximo de 90 hm³ para el riego de zonas ribereñas y otras situadas aguas abajo del lago.

7.3 Capacidad de depuración de contaminantes

La continua incorporación de contaminantes a lo largo de toda la zona finalmente alcanza al lago de Chapala el cual realiza una función depuradora de contaminantes muy importante al mineralizar la mayoría de los contaminantes biodegradables así como el secuestro de metales pesados que de incorporarse al agua de suministro a la población colocaría en gran riesgo la salud humana de la población a que sirve.

7.4 Diversidad biológica

El lago de Chapala representa uno de los más importantes centros de origen, evolución y biogeografía de la fauna íctica en México. La familia endémica de los goodeido (pintillas y tiros), tiene ahí su área de mayor diversidad con la presencia de nueve especies. Esta zona es sobresaliente por la evolución y especiación simpátrica de los charales y pescados blancos incluyendo ocho especies. Esto hace un ejemplo único a nivel mundial en agua dulce. Además, cuenta con bagres endémicos, diferentes carpas nativas, así como registros históricos de lampreas. La ictiofauna del lago es también valiosa porque al menos 17 de sus especies generan empleo directo en una pesquería de tipo artesanal a 1,699 pescadores pertenecientes a 86 organizaciones pesqueras y es fuente de alimento a nivel local y regional.

Así, el mantenimiento de la ictiofauna es uno de los servicios ambientales más evidentes del Lago de Chapala aprovechada mediante la práctica de la pesca y/o acuicultura extensiva. El Lago es capaz de producir más de 100 kg/ha/año, cifra conservadora que arrojaría hasta 10 mil toneladas anuales, suficiente para generar una derrama económica de hasta 200 millones de pesos a un precio estimado de 20/kg.

Por su parte, la avifauna es el factor que más amplitud geográfica posee, al comprender especies que se extienden por todo el continente. Los gansos y patos del Canadá, presentes en nuestro país en el invierno, son las típicas especies que encuentran abrigo en nuestras aguas interiores, entre ellas en el Lago de Chapala. La alteración del hábitat en el lago haría que estas especies perdieran un hábitat indispensable para su sobrevivencia. Además, estas especies están consideradas en los programas de caza autorizados, o bien, se cazan y capturan de forma ilegal, contribuyendo a la dieta de pescadores y campesinos. Nuestras aguas poseen infinidad de aves acuáticas; en Chapala existen gansos, patos, garzas, gallareta, pichichis, zambullidores, etc., que serían -y de hecho han sido- afectadas por los cambios en las condiciones ambientales. Como servicios ambientales, se puede identificar a grosso modo que las aves participan en aspectos turísticos, recreativos, paisajísticos, de equilibrio ecológico local y regional, económico, que contribuyen a una dieta rica en proteínas en población marginada, etc.

7.5 Paisaje o belleza escénica

El aprovechamiento recreativo (y turístico) de Chapala, basado en su belleza escénica, sea quizá el más conocido de los servicios ambientales del lago Chapala. El lago ha sido tradicionalmente un lugar turístico, basado en la presencia de recursos naturales como la pesca y la presencia de aves, su paisaje o belleza escénica, así como en la cercanía y accesibilidad desde la ciudad de Guadalajara. Entorno al lago se ha desarrollado toda una industria turística que hizo en un tiempo de Chapala un sitio de esparcimiento típico para el estado de Jalisco, con influencia nacional. Sin embargo, en la última década estas actividades han disminuido por los problemas ambientales antes señalados. La conservación del lago implica no sólo recuperar y mantener este atributo, sino también garantizar muchos otros servicios ambientales asociados a éste.

8. Antecedentes normativos

El crecimiento desmedido de las demandas de agua superficial en la zona, especialmente para riego, originó competencia por el recurso entre las entidades y los distintos sectores de usuarios. Desde finales de la década de 1980 a 1989 este conflicto se agravó después de varios años de baja precipitación. Los almacenamientos se vieron afectados y el nivel en el lago de Chapala comenzó a descender dramáticamente, hasta alcanzar en 1991 uno de los niveles más bajos del presente siglo. Ante esta problemática, se determinó realizar un Acuerdo para la Distribución de las Aguas Superficiales, cuyos objetivos principales fueron hacer una distribución equitativa y justa del recurso entre los usuarios y las entidades, y recuperar el equilibrio hidrológico de la zona, asegurando con esto la supervivencia del lago de Chapala.

8.1 Acuerdo para la distribución de las aguas superficiales

En la elaboración de este Acuerdo, que inició en 1990, se distinguen cuatro etapas:

- 1) Determinación de la disponibilidad media del recurso en la zona, a través de una metodología de restitución de escurrimientos en la zona.
- 2) Ordenamiento de la demanda. Considerando los derechos legalmente establecidos, la entonces Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, los distritos de riego y los gobiernos de los estados determinaron las demandas máximas correspondientes a cada uno de los sistemas de usuarios del agua superficial en la zona.
- 3) Determinación de las políticas de distribución. Se determinaron políticas de distribución de las aguas, considerando una distribución anual del recurso en función de la disponibilidad real en el año y de la situación general de la zona.
- 4) Elaboración de simulaciones del comportamiento hidráulico de la zona ante las distintas políticas propuestas, buscando las que mejor optimizaran la distribución del recurso entre los usuarios y al mismo tiempo aportaran volúmenes suficientes al lago de Chapala.

Aunque cada primero de noviembre desde 1991 a 2001 se ha aplicado el Acuerdo citado, el nivel del lago ha descendido aun por debajo del nivel de 1991. Esto se debe a que en su aplicación no se han cumplido algunos de los supuestos considerados en la elaboración del mismo. En efecto, el periodo de escurrimiento utilizado, que correspondía con la información disponible en esa fecha (1950 a 1979), no presentaba una serie de años tan secos como los que se han presentado de 1994-1998 y 2000-2001.

8.2 Aguas Subterráneas

En cuanto a las aguas subterráneas, se han expedido diversos decretos que establecen vedas en diversos acuíferos de la zona. Así se tiene el decreto que establece veda por tiempo indefinido para alumbramiento de aguas de subsuelo en las zonas de: Silao, Irapuato y Salamanca, Gto. (1957 y 1958); municipios de Morelia y Charo, Mich. (1964); municipios de Querétaro, Qro., San José Iturbide, Doctor Mora y San Luis de la Paz, Gto. (1964); cuatro municipios de los estados de Querétaro y Guanajuato (1964); en la zona del Distrito de Riego

El Rosario-El Mezquite, Jal. (1970); diversos municipios del estado de Jalisco (1987); valles de Querétaro y San Juan del Río, Qro. (1958); Región del Bajío, Zona Celaya (1952); manantiales La Caldera en Abasco, Gto. (1949); Alberca de la Cañada, Villa del Marqués, Qro. (1949); zona del oriente de San Miguel de Allende, Gto. (1949); y Zona perimetral del Distrito de León, Gto. (1948).

A partir de 1998, con la participación de los Comités Técnicos de Aguas Subterráneas (COTAS) se avanzó en la elaboración de planes de manejo de acuíferos, particularmente en Querétaro y Guanajuato. A la fecha, a partir de estos planes, se trabaja en la elaboración de reglamentos de extracción de aguas subterráneas siendo los valles de Querétaro y León los más avanzados.

Asimismo, con fondos de crédito externo se diseña una estrategia denominada Manejo Sostenible de Aguas Subterráneas (MASAS), la cual permitirá atender de mejor manera las necesidades de los COTAS, así como la orientación de los planes de manejo y sus reglamentos.

9. Problemática

La zona hidrológica Río Lerma-Chapala exhibe diversos problemas: escasez de aguas, contaminación de aguas superficiales, sobreexplotación y contaminación de algunos acuíferos, deforestación y erosión de suelos en las partes altas de la zona, así como la disminución de niveles del lago de Chapala.

Uno de los problemas más importantes de la zona es que existe un serio desequilibrio en el balance hidráulico, tanto para las aguas superficiales como para las aguas subterráneas. Los usuarios de la zona demandan más agua de la disponible, con efectos que impactan negativamente al sistema hidrológico, además de restringir el desarrollo futuro de la región.

Las necesidades de agua de los usuarios superan la oferta natural de agua superficial y subterránea en varias cuencas. Prácticamente todas las cuencas presentan desequilibrio hidrológico. En la porción norte principalmente, este desequilibrio ha hecho que se recurra a la sobreexplotación de acuíferos y a comprometer, con los niveles actuales de eficiencia, la totalidad del agua superficial de la zona.

La falta de agua para satisfacer las necesidades en la región provoca severos conflictos entre usuarios y los niveles de contaminación, limitan la posibilidad de aprovechar el agua en otros usos productivos. Extraer más agua superficial o subterránea en cualquier punto de la Zona implica, necesariamente, afectar a los aprovechamientos ya ubicados aguas abajo o a los que comparten los recursos renovables de los acuíferos que ahí se localizan. Esto ha puesto en riesgo el desarrollo alcanzado en la región y la conservación del Lago de Chapala, en su función de regulación ambiental.

Los problemas ambientales de la zona Lerma-Chapala se reflejan y magnifican al llegar al lago de Chapala, decantador de todos los materiales acarreados por el Río Lerma. Así, el lago presenta problemas de eutrofización, con desarrollo de malezas acuáticas e impedimentos para el uso seguro del agua. Además, se presentan problemas por sedimentación y contaminación urbana industrial agropecuaria y virtual eliminación de las pesquerías y escasas acciones de acuicultura, además de alteraciones en la avifauna acuática.

Lo anterior representa enormes costos económicos, sociales y ambientales que se reflejan en: en el aumento desproporcionado del costo de oportunidad de los recursos naturales, principalmente el agua, erogaciones para la rehabilitación, impedimentos para el desarrollo de la zona, problemas de salud y en general, perspectivas nada halagüeñas en cuanto al potencial de los recursos naturales para establecer un desarrollo sustentable por la aparición de diversas e importantes externalidades y costos marginales.

9.1 Desequilibrio entre oferta y demanda de agua

9.1.1 Bajas precipitaciones en la zona en el periodo 1980 a 2001

Para caracterizar el comportamiento de la precipitación en la zona, el IMTA realizó un análisis con base en valores mensuales promedio de precipitación desde enero de 1980 hasta diciembre de 2000, registrados en 25 estaciones climatológicas distribuidas en la zona.

De acuerdo con dicho análisis, para una escala temporal de seis meses, el comportamiento de la lluvia fue en su mayor parte anómalo negativo; a excepción de los años 1990 a 1992, y de pequeños periodos en el verano de 1997 y segunda mitad de 1998, el resto del tiempo ha sido deficitario en lluvia. De 1993 a 1996, el déficit fue persistente, y a finales de este último año se alcanzaron los mínimos valores, con características de severidad en la sequía, así como en la segunda mitad de 1997 y primera de 1998, en la cual incluso se alcanzaron valores récord, para sequía crítica. En los últimos dos años, 1999 y 2000, en general la persistencia del déficit en la lluvia se ha mantenido, hasta valores moderados y severos. En resumen, para esta escala de tiempo, los últimos diez años han sido en general persistentemente deficitarios en precipitación.

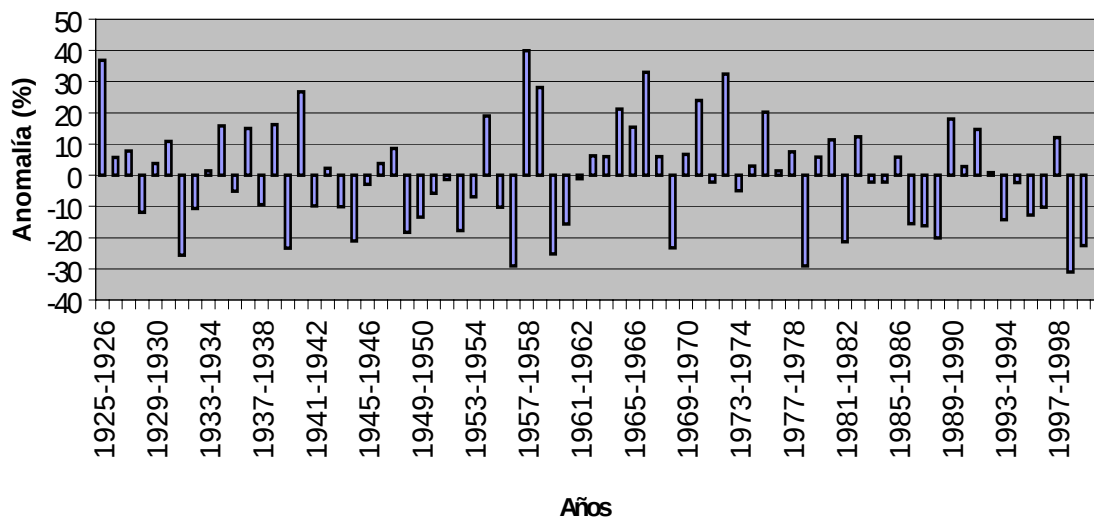


Figura 9.- Anomalías de precipitación en la zona hidrológica Río Lerma-Chapala

9.1.2 Baja eficiencia en el aprovechamiento del agua en el sector agrícola

La eficiencia de riego promedio anual se calcula en un 36% para los distritos de riego y en un 56% para las unidades de riego. Por otro lado, existe un importante porcentaje de superficie de riego que cuenta con infraestructura, pero que no es utilizada (el 30% para los distritos de riego y el 15% para las unidades de riego). Esta situación persiste por baja disponibilidad de agua, reducido número de superficie de riego con tecnificación, insuficiente capacitación de los agricultores, y un mal estado de la infraestructura de conducción y distribución. Además, los canales son en su mayoría de tierra con filtraciones importantes; mal estado de las obras de distribución parcelaria; falta de un sistema de medición, así como al bajo costo de su cobro con que se ha considerado al recurso para este uso. En pequeña irrigación no se cuenta con información completa sobre los volúmenes realmente utilizados, así como estadística básica.

9.1.3 Baja eficiencia en el uso público urbano del agua

En las ciudades medias y grandes de la zona existen porcentajes de fugas y tomas clandestinas en los sistemas de abastecimiento. Los organismos operadores se encuentran limitados para resolver esta situación, en virtud de su insuficiencia técnica y económica, la cual es motivada, en parte, por la baja recuperación de recursos en relación con los gastos de operación. Los porcentajes de agua no contabilizada en los principales núcleos urbanos de la región, en 1998-2000, se elevaban al 49% en León, 39% en Celaya, 37% en Irapuato y 35% en Guadalajara. La evolución de las extracciones de agua para uso urbano, así como su distribución espacial, resultan principalmente del proceso de urbanización que la zona ha experimentado.

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

9.2 Degradación de la calidad del agua

La urbanización y el acelerado desarrollo de las actividades productivas en la zona, que generan anualmente un gran volumen de aguas residuales con alta carga contaminante, así como los bajos escurrimientos disponibles y la poca capacidad de tratamiento, han llevado al Río Lerma y sus afluentes, al lago de Chapala y a los principales acuíferos de la zona, a una situación de grave contaminación de origen agropecuario, industrial y urbano.

Producto de la contaminación orgánica e inorgánica, existe un gran deterioro de los cuerpos de agua (ríos Lerma y Grande de Morelia y lagos de Pátzcuaro y Cuitzeo). La interpretación del valor promedio del ICA para el Río Lerma (colector principal) en el tramo Almoloya del Río y la presa Solís, así como en la laguna de Almoloya indica que están fuertemente contaminadas y de acuerdo con estos valores, el agua se clasifica como contaminada para uso agrícola.

En el río Grande de Morelia y el de Cuitzeo se tienen las descargas industriales y municipales de Morelia y su zona industrial y las descargas urbanas de Querétaro, Zinapécuaro, Cuitzeo y Santa María Maya. Aunque actualmente el lago de Pátzcuaro recibe desechos urbanos de Pátzcuaro, Quiroga y Erongarícuaro, está por iniciar operación la planta de tratamiento del poblado de Pátzcuaro. Con esto se limita la capacidad de auto depuración de los ríos y lagos y se afecta la calidad del agua para usos como el acuícola y el agrícola. Otro problema que afecta a los embalses es la deforestación de la zona, por ello el lago de Pátzcuaro presenta gran azolvamiento de su vaso. Además, ha disminuido la producción agrícola y han desaparecido algunas especies piscícolas.

9.3 Deterioro de la sostenibilidad ambiental³

9.3.1 Daño a la cubierta forestal y vegetal

La Zona ha sufrido deforestación intensa desde la época colonial y de daño a la cubierta vegetal durante toda la segunda mitad del siglo XX. Sólo de 1981 a 1996, el bosque alterado muestra un aumento de casi 100,000 ha y el pastizal de 300,000 ha, por lo que se les puede considerar como los usos que absorbieron los anteriores. Asimismo, se aprecia una considerable disminución de los cuerpos de agua; aun cuando se les considera procesos dinámicos, en este periodo disminuyeron en un orden de 20,000 ha. En los últimos 20 años la superficie forestal continuó reduciéndose: una disminución de casi 1,000 km² durante ese lapso. El crecimiento de la superficie agrícola ha sido causa de la deforestación y de la remoción de la cubierta vegetal en la mayor parte de la Zona. Las 1,654,751 hectáreas cubiertas con bosques perturbados (212 mil ha), pastizales (787 mil ha) y vegetación forestal no arbórea (656 mil ha) son otra indicación de lo mismo. La dinámica de los cambios de uso de suelo en la zona en el mediano y largo plazo se desarrollaron en contra de la vegetación de bosque y la vegetación original, así como sobre las superficies lacustres, y a favor de la agricultura, los pastizales y la vegetación precaria.

9.3.2 Deterioro de la calidad de los suelos

Como consecuencia de la expansión acelerada de la frontera agrícola, con muy bajos niveles técnicos, en la Zona se produjo un amplio y agudo proceso de deterioro en la calidad de los suelos, presentándose casi un 75% de los mismos degradados con una superficie de casi 300 mil hectáreas. Conforme al Inventario Nacional de Suelos iniciado por la SEMARNAT en 1999, el 25.6% de los suelos de la Zona presenta por lo menos algún tipo de degradación, a causa de la deforestación, la reducción de la cubierta vegetal, el sobrepastoreo, la expansión de la frontera agrícola y las malas prácticas agropecuarias. Entre las causas de degradación, la hídrica es la más importante con el 41.3% de la superficie afectada. Las siguientes causales en importancia son la degradación química con 25.8% y la física con 22.5%. Entre las actividades humanas que más contribuyeron a la degradación de los suelos en la Cuenca propia de Chapala se cuentan: deforestación, desmonte, mal manejo del agua, sobreexplotación con cultivos anuales y mal manejo del suelo.

9.3.3 Intensidad de ocupación y uso del suelo

La Zona ha sido sometida a una intensidad de ocupación y uso del suelo que soporta una carga demográfica y socioeconómica superior a la capacidad porteadora de su ecosistema en las condiciones tecnológicas e institucionales actuales. La intensidad y cobertura de los usos agropecuarios actuales es la más elevada del país, ya que en la zona se ubica una de cada 8 ha de agricultura de riego del país y el mismo caso para las de temporal, destacando la importancia e impacto de este sector. La expansión de la frontera agrícola habilitada para riego fue cuantiosa y acelerada. Las estadísticas muestran una práctica de riego excesivo. El desarrollo urbano y rural han demandado territorio y por lo tanto también un cambio de uso del suelo y pérdida subsecuente de cobertura vegetal. Lo anterior se correlaciona con el incremento en la alta densidad de población y el incremento de comunidades (6,000) con menos de 2,500 habitantes. La mitad de la superficie del territorio de la zona registra densidades de más del doble de la media nacional y casi el 90% por arriba de ese nivel.

9.4 Pérdida de biodiversidad⁴

Como manifestación extrema del deterioro de su sostenibilidad ambiental, la zona hidrológica Río Lerma-Chapala muestra pérdidas evidentes de su biodiversidad. La zona contaba originalmente con una amplia variedad de especies biológicas características de las regiones templadas y subtropicales de altura. En la zona se cuenta con una amplia variedad de especies endémicas, especialmente asociadas a los cuerpos de agua existentes en ella. El avance de la deforestación, de la degradación de los suelos, de la agricultura de riego y temporal y la tendencia a la desecación y la contaminación de los cuerpos de agua, han extinguido o puesto en peligro tanto a especies endémicas como a las compartidas: la Zona fue designada por la CONABIO como ecorregión "con status crítico, cuya conservación es prioritaria", de hecho "con la prioridad más alta para la conservación".

³ La información de este apartado fue proporcionada por SEMARNAT, CONAFOR y CONABIO

⁴ La información de este apartado fue proporcionada por SEMARNAT, CONAFOR y CONABIO

Se considera que la principal causa de pérdida de la biodiversidad en la zona se debe al propio desequilibrio hidrológico en que se encuentra, pero también influyen directamente el abuso y empleo indiscriminado de agroquímicos, la contaminación de los cuerpos de agua, la reducción dramática del nivel de almacenamiento en los principales lagos y la pérdida de conectividad de aguas abajo a lo largo de la zona.

9.5 Pérdida de volumen en el lago de Chapala

Por su ubicación geográfica, el lago de Chapala sintetiza lo que ocurre a lo largo del Río Lerma. El lago refleja en su comportamiento el crecimiento de la demanda aguas arriba y el efecto de las descargas sin tratamiento previo, las cuales degradan la calidad de los volúmenes de agua que almacena este cuerpo de agua.

En los últimos años el lago ha recibido un volumen menor a sus extracciones, incluida la evaporación, que se traduce en un déficit anual de entre 300 y 500 hm³. Aunado a lo anterior, existe contaminación de estos volúmenes y azolvamiento del vaso del lago.

Desde luego, la lluvia es un factor determinante en el balance hidráulico del lago de Chapala. Sin embargo, es mucho mayor el impacto de la capacidad de regulación que se ha logrado con los aprovechamientos de aguas arriba. Basta mencionar que las aportaciones al lago en 1940 eran de 4.0 hm³ por cada milímetro de lluvia en la Zona, mientras que este valor descendió a 2.4 hm³ por cada milímetro de lluvia manteniéndose así, hasta principios de la década pasada, para reducirse posteriormente a menos de 1.0 hm³ por cada milímetro de lluvia.

La instrumentación del Acuerdo de Distribución de las Aguas Superficiales de la Zona Lerma-Chapala, que entró en vigor en 1991, no ha logrado resolver el problema de la disminución de los niveles del lago de Chapala (fig. 10).

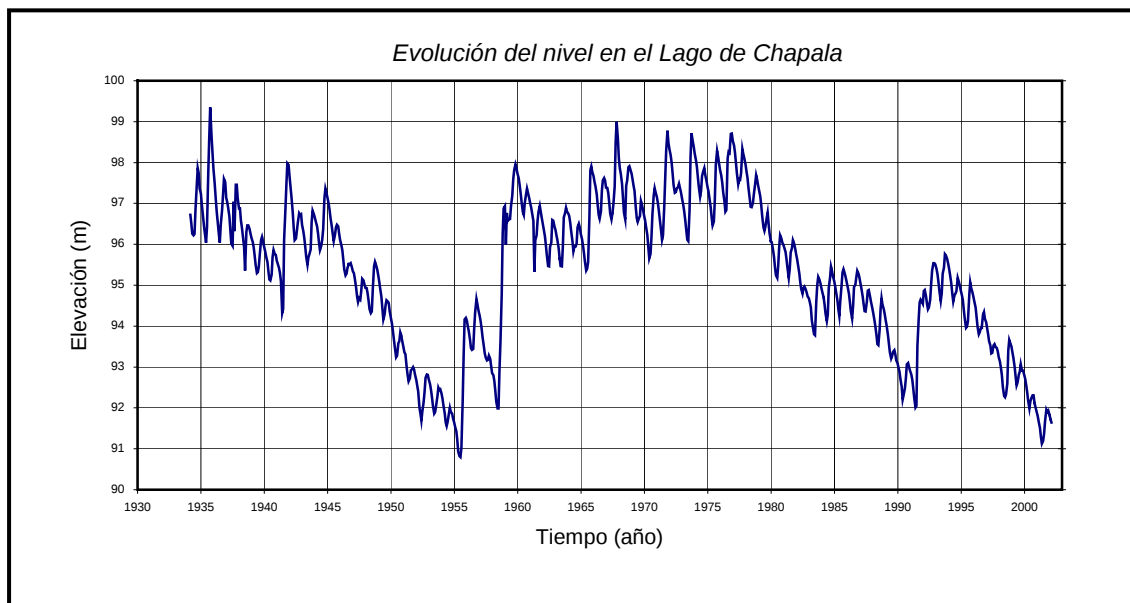


Figura 10.- Niveles históricos en el lago de Chapala

10. Conclusiones

La zona hidrológica Río Lerma-Chapala representa un poco menos de 3% del territorio nacional, alberga el 10.7% de la población de México, cuenta con 1 de cada 8 ha de riego del país y existen poco más de 6,700 grandes industrias. Todo ello contribuye a que en ella se produzcan 35 centavos de cada peso de la producción bruta industrial nacional. Sin embargo, el 50% de la población tiene un nivel socioeconómico bajo.

El uso del agua superficial se destina básicamente al riego. La zona tiene el más alto uso agropecuario de todo el país (57% en agricultura y 14% en pastizales). La eficiencia global del uso del agua en Distritos de Riego es de 36%, valor promedio semejante al del nivel nacional.

El balance de agua superficial en condiciones medias indica un déficit de 677 hm³, por lo que la disponibilidad en la zona se considera nula. En cuanto a las aguas subterráneas existe sobreexplotación en los acuíferos más importantes. Además se han registrado en los últimos 12 años una precipitación por debajo de la media histórica.

La cuenca del lago de Chapala es deficitaria por lo que el almacenamiento del lago depende de las cuencas aguas arriba. Así, el almacenamiento del lago depende de las aportaciones de las cuencas Duero, Angulo y Zula y en menor proporción el Turbio y el medio Lerma.

En 2002 se ha presentado el nivel más bajo histórico de almacenamiento en el lago después de 1955.

Se cuenta desde 1991 con un acuerdo de distribución de aguas superficiales aprobado por los gobiernos de los estados y representantes de usuarios del agua, en el marco de concertación y coordinación del Consejo de Cuenca. En dicho acuerdo, el lago es la referencia de la política de asignación y en el mediano y largo plazos se busca garantizar cuando menos entradas equivalentes a su evaporación. Existen decretos de veda para diversos acuíferos, en su mayoría rígidos.

Existen propuestas que plantean soluciones, pero éstas han sido parciales y limitadas, que reflejan desconocimiento de la situación de la zona, de los trabajos realizados y en proceso, y acciones muy caras y cuyos impactos son peligrosos y difíciles de evaluar.

La construcción de infraestructura para traer agua de otras cuencas o de aguas abajo de Guadalajara para su almacenamiento en el lago quizá aporte una solución inmediata, pero de un alto costo financiero, político y social, así como de una vida útil muy corta.

Los trasvases realizados en los años pasados y del presente ciclo demostraron que no son una solución definitiva y generaron problemas desde la concertación hasta instrumentación (pérdidas, tomas ilegales y mayores a las autorizadas).

Es evidente la necesidad de construir un nuevo planteamiento común, concreto y factible de instrumentar para lograr el equilibrio hidrológico de la zona hidrológica Río Lerma-Chapala.

11. Glosario de términos

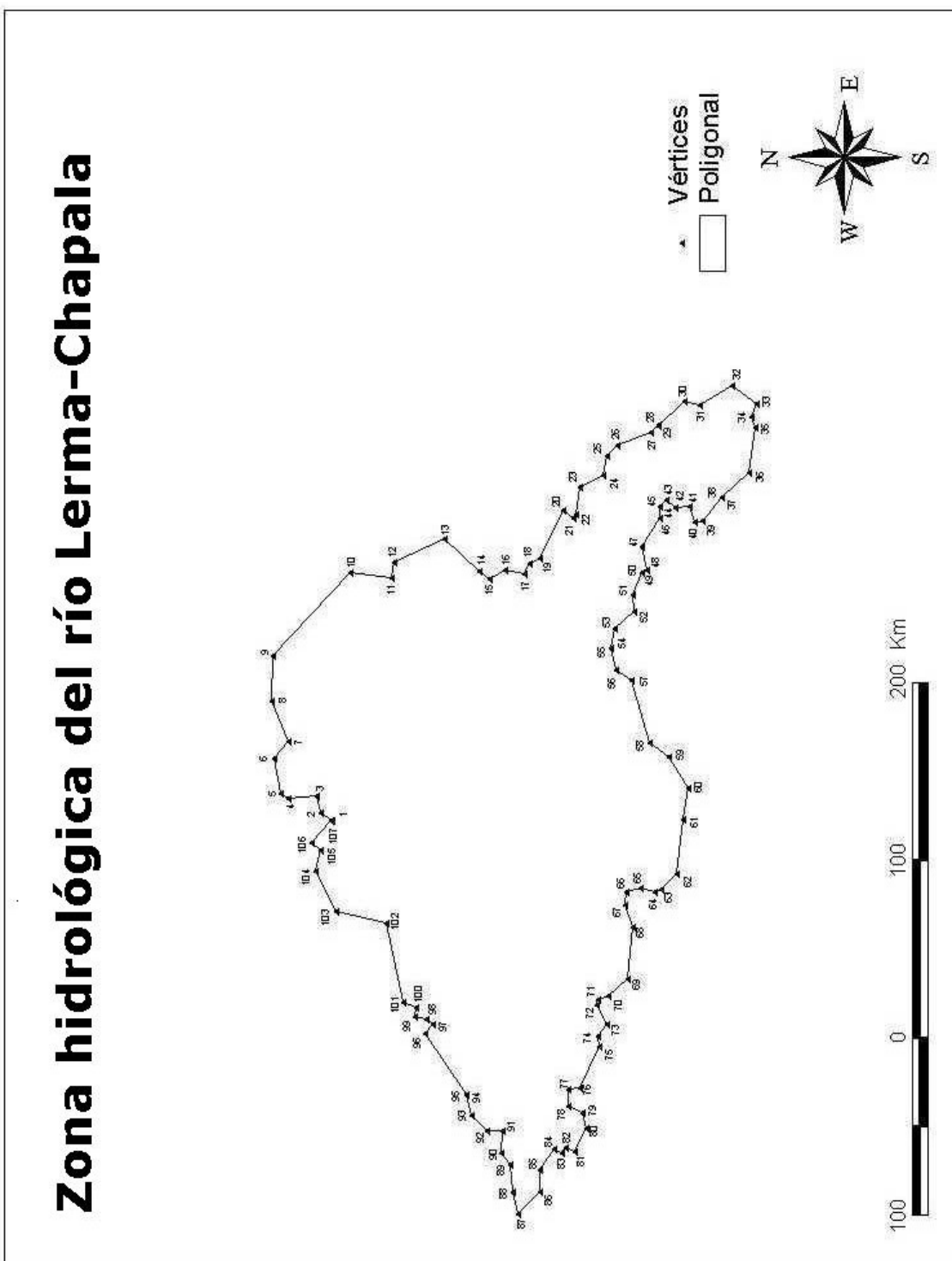
1 hm ³	Un hectómetro cúbico equivale a un millón de metros cúbicos (Mm ³).
1 km ³	Un kilómetro cúbico equivale a mil millones de metros cúbicos.
Aguas nacionales	Las aguas propiedad de la Nación, en los términos del párrafo quinto del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
Aguas residuales	Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas.
Capacidad total de una presa	Volumen que puede almacenar una presa al Nivel de Aguas Máximas Extraordinarias (NAME).
Cobertura de agua potable	Porcentaje de la población que cuenta con agua entubada dentro de la vivienda, dentro del terreno o de una llave pública o hidrante. Esta información se determina por medio de los censos y conteos que realiza el INEGI. Para los años en los que no existe censo ni conteo, la Gerencia de Agua Potable y Saneamiento en Zonas Rurales de la CONAGUA estima el dato a partir de los reportes de los prestadores del servicio de agua potable.
Cobertura de alcantarillado	Porcentaje de la población cuya vivienda cuenta con un desagüe conectado a la red pública de alcantarillado, a una fosa séptica, a un río, lago o mar, o a una barranca o grieta. Esta información se determina por medio de los censos y conteos que realiza el INEGI. Para los años en los que no existe censo, ni conteo, la Gerencia de Agua Potable y Saneamiento en Zonas Rurales de la CONAGUA estima el dato a partir de los reportes de los prestadores del servicio de alcantarillado.
Comisión de Cuenca	Organización auxiliar del Consejo de Cuenca a nivel de cuenca.
Comités Técnicos de Aguas Subterráneas (COTAS)	Organizaciones auxiliares de los Consejos de Cuenca, formadas por usuarios de las aguas subterráneas de cada acuífero, representantes de la sociedad organizada y representantes gubernamentales. Su objetivo es coadyuvar en la formulación y ejecución de programas y acciones que permitan estabilizar, recuperar y preservar los acuíferos.
Consejo de Cuenca	Organos colegiados de integración mixta, que serán instancia de coordinación y concertación, apoyo, consulta y asesoría, entre la CONAGUA, incluyendo el Organismo de Cuenca que corresponda, y las dependencias y entidades de las instancias federales, estatal o municipal y los representantes de los usuarios de agua y de las organizaciones de la sociedad de la respectiva cuenca hidrológica o región hidrológica.
Cuerpo receptor	La corriente o depósito natural de agua, presas, cauces, zonas marinas o bienes nacionales donde se descargan aguas residuales, así como los terrenos en donde se infiltran o inyectan dichas aguas cuando puedan contaminar el suelo, subsuelos o los acuíferos.

Disponibilidad natural base	Cantidad total de agua que ocurre en una región. Se estima sumando el volumen de escurrimiento superficial virgen y la recarga de los acuíferos de la región o cuenca. Incluye los escurrimientos provenientes de otros países.
Distritos de riego	Es el establecido mediante Decreto Presidencial, el cual está conformado por una o varias superficies previamente delimitadas y dentro de cuyo perímetro se ubica la zona de riego, el cual cuenta con las obras de infraestructura hidráulica, aguas superficiales y del subsuelo, así como los vasos de almacenamiento, su zona federal, de protección y demás bienes y obras conexas, pudiendo establecerse también con una o varias unidades de riego.
Distritos de temporal tecnificado	Area geográfica destinada normalmente a las actividades agrícolas que no cuentan con infraestructura de riego, en la cual mediante el uso de diversas técnicas y obras, se aminoran los daños a la producción por causa de ocurrencias de lluvias fuertes y prolongadas –éstos también denominados Distritos de Drenaje- o en condiciones de escasez, se aprovecha con mayor eficacia la lluvia y la humedad en los terrenos agrícolas, el Distrito de temporal Tecnificado está integrado por unidades de temporal.
Escurrimiento	Parte de la precipitación que se presenta en forma de flujo en un curso de agua.
Escurrimiento superficial virgen	Escurrimiento natural de las aguas superficiales y subterráneas que descargan hacia el mar o hacia la parte baja de una cuenca interna.
Grandes presas	Presas cuya altura sobre el cauce es mayor de 15 m o que tienen una altura entre 10 y 15 m con una longitud de corona mayor de 500 m o una capacidad mayor de un millón de m ³ al nivel del NAME. Definición de la ICOLD (International Commission on Large Dams).
Indice de Calidad del Agua (ICA)	Valor en una escala de 0% a 100% que indica el grado de contaminación de un cuerpo de agua (un mayor valor de ICA indica una mejor calidad del agua) y que se obtiene a partir de un promedio ponderado de los índices de calidad individuales de 18 parámetros dentro de los que se encuentran el pH, la DBO, y los sólidos suspendidos.
Lámina de riego	Cantidad de agua medida en unidades de longitud que se aplica a un cultivo para que éste satisfaga sus necesidades fisiológicas durante todo el ciclo vegetativo, además de la evaporación del suelo (uso consuntivo = evapotranspiración + agua en los tejidos de la planta).
Localidad rural	Localidad que cuenta con menos de 2,500 habitantes.
Localidad urbana	Localidad que cuenta con 2,500 o más habitantes.
Política hidráulica	Conjunto de instrumentos orientados a influir o condicionar el comportamiento de los agentes sociales para que actúen de modo tal que en sus actividades diarias reduzcan el desperdicio del agua, promuevan su reúso en los casos posibles, reconozcan su valor económico y minimicen su contaminación.
Región administrativa	Area territorial definida de acuerdo a criterios hidrológicos en la que se considera a la cuenca como la unidad básica más apropiada para el manejo del agua y al municipio como la unidad mínima administrativa del país. La República Mexicana se ha dividido en 13 regiones administrativas. A las regiones administrativas también se les conoce como regiones hidrológico-administrativas.
Región hidrológica	Area territorial conformada en función de sus características morfológicas, orográficas e hidrológicas, en la cual se considera a la cuenca hidrológica como la unidad básica para la gestión de los recurso hídricos, cuya finalidad es el agrupamiento y sistematización de la información, análisis, diagnósticos, programas y acciones en relación con la ocurrencia del agua en cantidad y calidad, así como su explotación, uso o aprovechamiento. Normalmente una región hidrológica está integrada por una o varias cuencas hidrológicas. Por tanto, los límites de la región hidrológica son distintos en relación con la división política de los estados, Distrito Federal y municipios. Una o varias regiones hidrológicas integran una región hidrológico-administrativa.
Unidad de riego	Area agrícola que cuenta con infraestructura u sistemas de riego, distinta de un distrito de riego y comúnmente de menor superficie que aquél; puede integrarse por asociaciones de usuarios u otras de figuras de productores organizados que se asocian entre sí libremente para prestar el servicio de riego con sistemas de gestión autónoma y operar las obras de infraestructura hidráulicas para la captación, derivación, conducción, regulación, distribución y desalojo de las aguas nacionales destinadas al riego agrícola.

Universo de usuarios	Número total de usuarios de las aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes.
Uso consuntivo	Volumen de agua de una cantidad determinada que se consume al llevar a cabo una actividad específica, el cual se determina como la diferencia del volumen de una calidad determinada que se extrae, menos el volumen de una calidad también determinada que se descarga, y que se señala en el título respectivo.
Uso en riego agrícola	Utilización de agua destinada a la actividad de siembra, cultivo y cosecha de productos agrícolas y su preparación para la primera enajenación, siempre que los productos no hayan sido objeto de transformación industrial.
Uso industrial	La aplicación de aguas nacionales en fábricas o empresas que realicen la extracción, conservación o transformación de materias primas o minerales, el acabado de productos o la elaboración de satisfactores, así como el agua que se utiliza en parques industriales, calderas, dispositivos para enfriamiento, lavado, baños y otros servicios dentro de la empresa, las salmueras que se utilizan para la extracción de cualquier tipo de sustancias y el agua aun en estado de vapor que sea usada para la generación de energía eléctrica o para cualquier otro uso o aprovechamiento de transformación.
Uso pecuario	La aplicación de aguas nacionales para la cría y engorda de ganado, aves de corral y otros animales, y su preparación para la primera enajenación, siempre que no comprendan la transformación industrial; no incluye el riego de pastizales.
Usuarios de aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes	Personas físicas o morales que explotan, usan o aprovechan las aguas nacionales (aguas superficiales, subterráneas, reúso de agua y descargas a cuerpos receptores) y sus bienes públicos inherentes (zonas federales, terrenos ocupados por los cuerpos de agua, terrenos y cauces de las corrientes, islas de los cuerpos de agua, riberas, playas y las obras de infraestructura hidráulica).
Usuarios regularizados administrativamente	Usuarios de aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes que se encuentran inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua (REPD).

12. Abreviaturas

CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
CONAPO	Consejo Nacional de Población
INEGI	Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática
CONAFOR	Comisión Nacional Forestal
CONABIO	Comisión Nacional de la Biodiversidad
IMTA	Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
DR	Distrito de Riego
URDR	Unidad de Riego para el Desarrollo Rural
COTAS	Comité Técnico de Aguas Subterráneas
JUMAPA	Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado
CEA	Comisión Estatal de Agua
CEAS	Comisión Estatal de Agua y Saneamiento
CEASG	Comisión Estatal de Agua y Saneamiento de Guanajuato
COMAPAS	Comisión Municipal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento
REPDA	Registro Público de Derechos de Agua
hm ³	hectómetros cúbicos
km ²	kilómetros cuadrados
lps	litros por segundo
ha	Hectáreas
m ³ /s	Metros cúbicos por segundo
ICA	Índice de Calidad del Agua
SAPA	Sistema de Agua Potable y Alcantarillado
SAPAL	Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de León
DBO ⁵	Demanda Bioquímica de Oxígeno

13. Anexos**13.1 Cuadro de Coordenadas geográficas**

**Coordenadas geográficas de la zona
hidrológica del Río Lerma-Chapala**

Punto	Latitud			Longitud		
	Grados	Minutos	Segundos	Grados	Minutos	Segundos
1	21	14	2.004	-101	30	39.96
2	21	17	46.824	-101	28	25.32
3	21	18	56.052	-101	23	8.16
4	21	27	32.544	-101	24	4.32
5	21	29	52.944	-101	22	23.16
6	21	32	3.012	-101	11	55.68
7	21	27	35.28	-101	6	39.6
8	21	32	35.556	-100	54	13.32
9	21	32	29.148	-100	40	42.6
10	21	8	30.228	-100	15	22.68
11	20	56	0.42	-100	16	55.56
12	20	55	10.164	-100	12	4.68
13	20	39	42.264	-100	5	5.28
14	20	29	8.124	-100	14	46.68
15	20	25	38.568	-100	17	2.04
16	20	21	3.06	-100	14	28.68
17	20	15	12.24	-100	15	38.88
18	20	13	36.12	-100	12	21.24
19	20	10	19.344	-100	10	46.56
20	20	3	14.292	-99	56	22.02
21	20	0	0.72	-99	58	37.236
22	19	59	12.984	-99	57	31.86
23	19	58	19.2	-99	49	16.716
24	19	50	58.416	-99	45	40.824
25	19	49	58.368	-99	39	46.764
26	19	46	32.196	-99	36	32.256
27	19	36	11.16	-99	32	35.88
28	19	34	3.9	-99	30	18.072
29	19	34	7.68	-99	30	33.696
30	19	26	0.024	-99	23	2.364
31	19	21	27.756	-99	24	5.184
32	19	11	35.736	-99	18	6.624
33	19	3	53.28	-99	23	52.44
34	19	5	30.876	-99	27	40.536
35	19	4	23.772	-99	30	50.616
36	19	6	10.584	-99	44	46.392
37	19	14	34.872	-99	52	12.324
38	19	14	47.22	-99	52	23.268
39	19	20	34.332	-99	59	37.104
40	19	23	3.012	-99	59	59.604
41	19	24	40.644	-99	55	10.056
42	19	28	50.988	-99	55	39.18
43	19	31	40.584	-99	53	10.032
44	19	31	40.872	-99	53	16.512
45	19	33	47.196	-99	54	53.46
46	19	33	26.892	-99	58	44.508
47	19	39	9.324	-100	7	10.56
48	19	37	32.952	-100	14	20.76
49	19	39	1.728	-100	15	6.12
50	19	38	59.424	-100	15	9
51	19	41	55.896	-100	21	59.04
52	19	41	35.592	-100	26	56.4

**Coordenadas geográficas de la zona
hidrológica del Río Lerma-Chapala (continuación)**

Punto	Latitud			Longitud		
	Grados	Minutos	Segundos	Grados	Minutos	Segundos
53	19	47	30.228	-100	32	6
54	19	48	41.616	-100	38	17.16
55	19	48	42.588	-100	38	22.2
56	19	46	58.116	-100	45	2.16
57	19	42	18.36	-100	48	6.12
58	19	36	34.704	-101	7	14.88
59	19	30	44.532	-101	11	16.08
60	19	24	48.06	-101	20	54.24
61	19	26	24.324	-101	30	33.12
62	19	28	15.636	-101	46	57.72
63	19	33	12.744	-101	51	37.44
64	19	35	17.808	-101	52	43.32
65	19	39	29.268	-101	51	25.56
66	19	43	45.984	-101	52	34.68
67	19	44	16.944	-101	56	35.52
68	19	41	46.968	-102	3	4.68
69	19	43	38.28	-102	19	1.92
70	19	49	21.288	-102	24	12.96
71	19	52	41.124	-102	25	32.88
72	19	52	53.184	-102	26	59.28
73	19	49	44.652	-102	33	1.44
74	19	52	38.856	-102	36	33.48
75	19	52	13.044	-102	39	45
76	19	58	18.048	-102	52	20.64
77	20	1	44.148	-102	52	54.84
78	20	1	36.12	-102	57	45.72
79	19	57	31.572	-102	59	43.08
80	19	56	14.46	-103	4	46.56
81	19	59	50.244	-103	11	31.92
82	20	2	27.024	-103	10	27.12
83	20	3	34.956	-103	12	13.32
84	20	5	53.052	-103	11	2.04
85	20	10	18.84	-103	17	21.48
86	20	10	21.576	-103	23	58.92
87	20	16	58.008	-103	30	34.2
88	20	18	41.904	-103	23	51
89	20	19	23.664	-103	15	47.52
90	20	22	20.532	-103	12	10.08
91	20	21	52.272	-103	5	31.92
92	20	26	33.828	-103	5	14.28
93	20	31	10.956	-103	0	31.32
94	20	32	57.804	-102	54	26.28
95	20	33	1.26	-102	54	21.24
96	20	45	41.976	-102	35	48.12
97	20	43	24.996	-102	32	54.6
98	20	45	5.508	-102	31	13.08
99	20	48	44.496	-102	30	42.84
100	20	48	20.016	-102	27	49.68
101	20	52	18.012	-102	26	24
102	20	57	20.556	-102	2	13.2
103	21	12	46.584	-101	58	19.92
104	21	19	13.944	-101	46	12
105	21	17	33.108	-101	39	58.32
106	21	20	21.768	-101	37	44.4
107	21	14	23.928	-101	30	51.48

Sufragio Efectivo. No Reelección.

México, D.F., a 21 de junio de 2006.- El Director General de la Comisión Nacional del Agua, **Cristóbal Jaime Jáquez**.- Rúbrica.