

# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

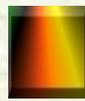
Centro Universitario de Ciencias Exactas e  
Ingenierías



## *El Lago de Chapala*



-  **Características**
-  **Hidrología**
-  **Localización**



**Fisiografía**



**Problemática**

Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías | [www.cucei.udg.mx](http://www.cucei.udg.mx)  
Blvd. Marcelino García Barragán No. 1421 y Calzada Olímpica  
Modulo "A" Administrativo, Tél; (013) 619-6910, 619-6017, 619-2379, 650-3680  
Guadalajara Jal. México C.P. 44840



**CARACTERÍSTICAS FISIOGRAFÍA HIDROLOGÍA LOCALIZACIÓN PROBLEMÁTICA**

# ***CARACTERÍSTICAS***



La superficie histórica promedio del lago ha sido de 900 km<sup>2</sup> de 1900 a 1990, aunque algunos le atribuyen de 1,200 hasta 1,740 km<sup>2</sup>. Tiene una longitud máxima de 78 a 82 Km y 19 Km de ancho promedio, con una profundidad máxima de 7 m y una media de 4.5 m, aunque en los últimos tiempos, la escasa aportación que recibe de sus afluentes y la precipitación pluvial ha abatido su profundidad hasta 4 m. El lago se abasteció durante muchos años en un 50% de las aguas del Lerma. Actualmente, las aportaciones de este río representan el 10% del aprovisionamiento. Cuando se ha medido a su mayor capacidad, alcanza los 8,148 millones de metros cúbicos de agua (Mm<sup>3</sup>), pero en sus momentos críticos, ha reducido su volumen de almacenamiento hasta 1,576 Mm<sup>3</sup>. Según datos de la Comisión Nacional del Agua (CNA) en 1998 se encuentra al 33% de su capacidad.

Para medir el nivel de almacenamiento del lago se han fijado, cotas máxima y mínima, con base en 100 que corresponde a la altitud del lago, en donde 91 significa la cota mínima, en la que el almacenamiento es nulo y 98.38 es la cota máxima, en la que la captación permite almacenar 7,830 Mm<sup>3</sup>. En ésta última existen riesgos de inundación; la cota 93.0 corresponde al fondo promedio del lago, (1,519.8 msnm), cuya capacidad de almacenamiento está muy reducida (1,576 Mm<sup>3</sup>), punto en el que no hay capacidad de extracción de agua para los diversos usos y la existencia del lago se vuelve precaria.



El fondo del lago presenta una pendiente suave que va desde la desembocadura del río Lerma en su parte oriental hasta la parte más profunda del lago, que se ubica en el centro norte, para disminuir hacia su ribera occidental.

En su interior se encuentra la Isla de los Alacranes, cuyo nombre viene debido a la forma que semeja a este arácnido y la isla Mezcala o Presidio con las ruinas del fuerte que protagonizó un capítulo durante la guerra de independencia y la hoy Península de Petatlán, antes isla.



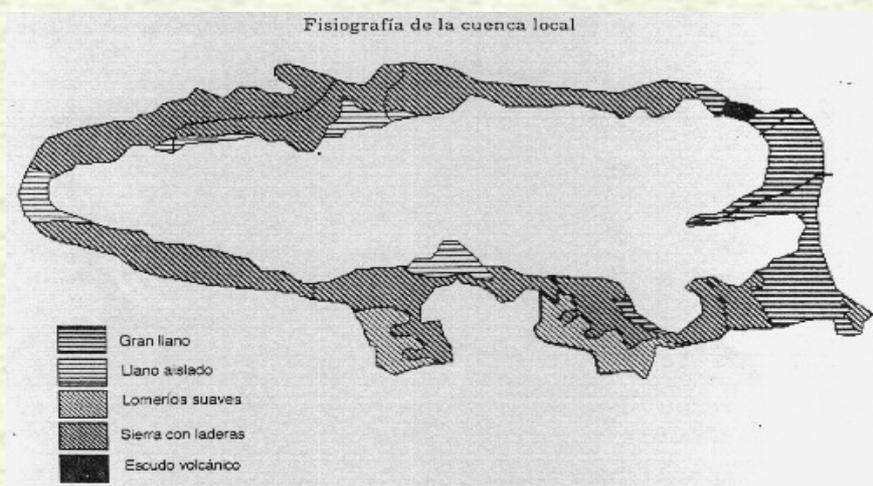


## CARACTERÍSTICAS FISIOGRAFÍA HIDROLOGÍA LOCALIZACIÓN PROBLEMÁTICA

# FISIOGRAFÍA Y GEOLOGÍA

La región de la cuenca del lago se ubica en la subprovincia Chapala dentro de la provincia fisiográfica denominada eje Neovolcánico, cinturón montañoso que cruza el centro del país de oriente a poniente y al que se encuentran asociados la mayor parte de los lagos naturales y los volcanes de México. Se pueden reconocer cinco sistemas de topofomas:

- **Gran llano:** suelo de origen aluvial, con litología de aluvión y con pendientes suaves menores al 3%. Se encuentra en la Ciénega de Chapala, Jamay, Briseñas y Venustiano Carranza.
- **Pequeño llano aislado:** suelo de origen aluvial con litología de aluvión y pendientes menores al 3%. Se encuentra en partes de Chapala. Jocotepec y Tizapán.
- **Lomerío suave con llano:** suelo de origen volcánico con litología extrusiva básica y ácida, con pendientes que oscilan entre 12 y 30%. Se ubica en Tizapán y Régules.
- **Sierra con laderas de escarpa de falla.** Suelo de origen volcánico, con litología ígnea extrusiva básica, con una altitud de 2,310 msnm y pendientes de 6 a 40%. Se encuentra en la mayor parte de los municipios periféricos.
- **Escudo de volcanes aislados o en conjunto.** Suelo de origen residual, asentado sobre areniscas y tobas, muy fértil y arcilloso. Se asienta sobre una fase pedregosa en Ocotlán.



El lago se originó a causa de una depresión creada por una falla de la corteza terrestre que forma parte de una fractura llamada *línea de San Andrés - Chapala*; que formó una fosa en su estructura que captó las aguas del sistema hidrológico Lerma - Santiago. Las principales sierras que rodean al lago, se formaron en el último periodo de la era terciaria por la actividad volcánica. Las islas que se encuentran al interior del lago son también de origen volcánico. Esta actividad se reduce actualmente a algunos puntos de aguas termales en la ribera del lago.



A partir de la fisiografía del estado de Jalisco, se supone la posibilidad de la existencia de un antiguo lago prechapalico, cuya superficie cubrió una extensa área del estado de Jalisco, parte de Michoacán y Aguascalientes, del cual Chapala sería solo un remanente.

La zona sur del estado de Jalisco presenta un panorama de lagos organizado en ángulo recto, con una sección orientada de este a oeste y la otra de norte a sur. El lago mayor es Chapala, que se ubica en el oriente; en una depresión entre éste y Guadalajara se localiza Cajititlán; después viendo hacia el sur están Atotonilco y San Marcos, además de Zacoalco que ahora ya está seco, hacia el sur de San Marcos están Sayula y Zapotitlán. Todos estos lagos van desde poco profundos a secos. Por ejemplo, la mayor profundidad de Chapala es, como ya se dijo de hasta nueve metros, los otros lagos, como San Marcos, quedan cubiertos de agua únicamente durante la temporada de lluvias. Hacia el noroeste existió el lago Magdalena, que en 1900 fue secado para propósitos de riego.

La deducción de este antiguo lago prechapalico parte de la observación de otras depresiones estructurales relacionadas, como Cajititlán, Villa Coronado, Zacoalco, San Marcos y Sayula. Según esta hipótesis, en la era del Pleistoceno tardío, el drenaje de estas cuencas lo realizaba generalmente algún río importante. El drenaje de la enorme cuenca del lago prechapalico lo hacían los mismos ríos que desaguan hoy el lago de Chapala, específicamente el Santiago - Verde en el norte, el Ameca en el oeste y el Tuxpan y Armería en el sur. Todos estos ríos fluyen a través de capas gruesas de material volcánico de origen reciente, depositado por volcanes que estaban activos o que todavía lo están.



Estos volcanes se ubican sobre las zonas de fractura mencionadas anteriormente. Según la evidencia de campo, la actividad volcánica ocurrió a lo largo de la zona de falla de Zapopan en el norte, formando los volcanes La Higuera, el México y La Campana, de forma tal que fueron llenando el canal del Santiago - Verde con placas de lava que fluyeron con los fragmentos del material explosivo.

En el sur, el bloqueo de los cursos de los ríos Armería y Tuxpan lo realizó el volcán de Colima, que ocurre sobre la falla del paralelo 19, uno de los más activos en México. El canal de América fue llenado por el vulcanismo de la Sierra de la Venta, específicamente por los volcanes Colli y Popoco, que están adyacentes a la falla del Pacífico

paralela a la costa. En las áreas anteriormente mencionadas hay amplia actividad volcánica en la actualidad: fuentes ebullentes, fumarolas, géisers y erupciones del Volcán de Colima.

Los cerramientos mencionados comenzaron a acorrallar el agua que abastecían estos ríos ancestrales. La evidencia climatológica indica que había una fuerte precipitación para esta época de la historia de la tierra. Cuando se logró la capacidad máxima de la cuenca, que probablemente tomó por lo menos 30,000 años, este enorme mar interior cubrió 22,000 km<sup>2</sup>, un poco más de una quinta parte de lo que es el actual estado de Jalisco y se extendió desde un punto del sur de la actual ciudad de Aguascalientes sobre el río Verde en el norte, sobre el río Lerma al oriente en La Piedad de Cabadas, Michoacán, al poniente en La Venta - Primavera y en Ciudad Tuxpan al sur. La profundidad promedio medida desde los terraplenes era de 250 metros. El área del valle de Atemajac en donde hoy se ubica Guadalajara estaba cubierta por 210 metros de agua.

A lo largo del sistema de falla de Zapopan que llega a la base de los volcanes la Higuera y el México, el río Santiago hizo un desfiladero conocido como la Barranca de Oblatos. La barranca tiene una profundidad de 610 m y está cortada en capas de lava basáltica y fragmentos de material explosivo. La demostración de la naturaleza quebrada del canal puede apreciarse al tratar de equiparar las capas de roca de ambos lados del desfiladero; ellos no alinean, así prueban su acomodo por la falla.

Se estima que la erosión de este desfiladero la realizó el Santiago - Verde en un periodo de tiempo de aproximadamente 5 mil años. El lago gigante abasteció una potencialidad hidráulica extraordinaria a los ríos que lo desaguaban. Las velocidades y los volúmenes de agua logradas por los ríos deben haber sido fantásticos.

La edad del lago se estableció por carbono 14 fechando las muestras de madera encontradas en los sedimentos. Estos especímenes indican una edad de 38,000 años, lo que establece al lago en el periodo del Pleistoceno tardío, una época geológica que ocurrió durante un periodo hace 1,000,000 a 25,000 años.



Estas mismas observaciones fueron realizadas por Alejandro Humboldt, quien escribió acerca de Chapala lo siguiente:

*"Si se avanza al este de la Bahía de Banderas en el interior del continente, se encuentra uno con el lago de Chapala y la importante depresión de Sayula, que constituye una verdadera laguna en la época de aguas y que viene a confirmar la idea de un hundimiento en esta región. Si se prolonga el eje de la laguna de Chapala, va a dar a la Bahía de Banderas, indicando esto, en mi concepto, la dirección general de este hundimiento, debido considerar, por consiguiente, como una fosa o grieta abierta en la meseta, muy semejante a las fosas tectónicas del África,*

*ahora lagos, como el Victoria Nyanza, etcétera, que forman las fuentes del Nilo".*





<b>Jalisco</b>		<b>Michoacán</b>	
<i>Nombre</i>	<i>% estatal</i>	<i>Nombre</i>	<i>% estatal</i>
1 Río Lerma - Salamanca	2.09	1 Río Lerma - Toluca	1.98
2 Río Lerma - Chapala	2.65	2 Río Lerma - Salamanca	1.98
3 Lago de Chapala	6.86	3 Río Lerma - Chapala	11.04
4 Río Santiago - Guadalajara	12.05	4 Lago de Chapala	1.92
5 Río Santiago - Aguamilpa	1.35		
6 Verde Grande	14.36		
7 Juchipila	0.59		
8 Bolaños	6.79		
<b>Total</b>	<b>46.74</b>	<b>Total</b>	<b>18.54</b>



Existen manifestaciones termales en varias zonas del lago; dentro de las mayores, en el sur hay cinco manantiales cuyas temperaturas oscilan entre los 25° y 33° C; en el occidente, en el municipio de Jocotepec hay dos manifestaciones con temperaturas medias y en el norte del lago hay seis manifestaciones con temperaturas más elevadas que van de 64° a 85° C. Recientemente se redescubrieron dos manantiales profundos con una temperatura más elevada que el resto del agua del lago (1.5° C).





CARACTERÍSTICAS FISIOGRAFÍA HIDROLOGÍA LOCALIZACIÓN PROBLEMÁTICA

## LOCALIZACIÓN



En México, entre los estados de Jalisco y Michoacán se encuentra el lago de Chapala. El lago de Chapala se localiza en la región occidental de México. Sus 1,080 kilómetros cuadrados (Km<sup>2</sup>) se encuentran entre los estados de Jalisco y Michoacán; en el oriente de Jalisco con 90% de su superficie y en el noroeste de Michoacán con el 10% de la superficie, aunque esta proporción varía por la pérdida de superficie del vaso lacustre. Se encuentra dentro de los paralelos 20° 07' y 20° 21' de latitud norte y los meridianos 102° 40' 45" y 103° 25' 30" de longitud oeste y a una altitud de 1,524 msnm. El lago de Chapala está considerado como el embalse natural de mayor extensión en nuestro país y ocupa el número 68 a escala mundial, el número 48 en América del Norte y el tercero en tamaño en Latinoamérica. Sobre la ribera están situadas las poblaciones de Chapala, Ajijic, San Juan Cosalá, El Chante, Jocotepec, Ocotlán, La Barca.



Se considera al lago de Chapala parte de una cuenca mayor, la del Lerma - Chapala - Santiago, que es una de las de mayor extensión de México y muy importante por la cantidad de ciudades con más de 100,000 habitantes que dependen de ella, así como las actividades económicas que se desarrollan en esa región. Esta cuenca hidrográfica sostiene más de 8 millones de personas, 3,500 industrias diversas, 750,000 hectáreas de tierras de riego y 14 ciudades con poblaciones de más de 100,000 habitantes. En la cuenca del Lerma, están asentadas las ciudades de Toluca, Querétaro, Guanajuato, Aguascalientes y Guadalajara.

El río Lerma nace 24 Km al sureste de la ciudad de Toluca, sube sobre la meseta central y fluye hacia el noroeste a través del estado de México, forma la división entre los estados de Querétaro y Michoacán, y serpentea generalmente al noroeste a través de Guanajuato. Después entra hacia el sur y separa a los estados de Guanajuato, Michoacán y Jalisco. Su curso de aproximadamente 560 Km descarga en el lago de Chapala, a 24 Km al sudoeste de La Barca. Aunque el Lerma no es navegable, sus aguas se usan para centrales hidroeléctricas y para el riego.

En el lago nace el río Grande de Santiago, cerca de Ocotlán, por lo que se considera una extensión del río Lerma; fluye con una longitud de 443 Km, atravesando los estados de Jalisco y Nayarit, generalmente hacia el norte y hacia el oeste a través de la sierra Madre Occidental, desciende a la costa y desagua en el océano Pacífico a 16 Km al noroeste de San Blas, en Nayarit.



**El sistema hidrológico Lerma - Chapala - Santiago recibe a los tributarios el Laja, Apaseo, Turbio, Zula, Calderón, Verde, Juchipila, Bolaños, el Duero y La Pasión, por lo que se considera que tiene un área drenada de 125,600 km<sup>2</sup>. Desde el punto de vista socioeconómico este sistema hidrológico es muy importante, debido a que ha desempeñado un papel clave en la vida de México.**

**Recordemos algunos datos: fue en él en donde se establecieron las primeras comunicaciones prehispánicas entre Tenochtitlán y las regiones nortteñas y de occidente, así como la vía por la que se desplazaron los conquistadores españoles en sus exploraciones hacia esta región. El río Lerma - Santiago delimitaba en tiempos de la conquista la zona denominada Mesoamérica y Aridoamérica. Naturaleza y sociedad colonial engendraron en la Nueva España durante este periodo, en las ricas tierras aluviales drenadas por los afluentes del Lerma, la zona agrícola más importante del país  $\frac{3}{4}$  durante mucho tiempo, hasta que fueron abiertas las zonas de riego en el noroeste en Sonora y Sinaloa  $\frac{3}{4}$  en la región del Bajío, que forma parte de la cuenca, así como un complejo productivo único de minería, industria y comercio, lo que dio lugar a un sistema económico sólidamente integrado, que a su vez propició procesos de integración social y cultural y el crecimiento de la población en un sistema de ciudades amplio.**

**Este sistema de ciudades asentadas a lo largo de la cuenca fue cuna de la Independencia de nuestro país. Es en este contexto en el que se entrelazan los factores sociales, económicos, políticos, culturales y ambientales en donde se ubica el lago de Chapala, su potencialidad y su problemática.**





CARACTERÍSTICAS FISIOGRAFÍA HIDROLOGÍA LOCALIZACIÓN PROBLEMÁTICA

# *PROBLEMÁTICA AMBIENTAL*

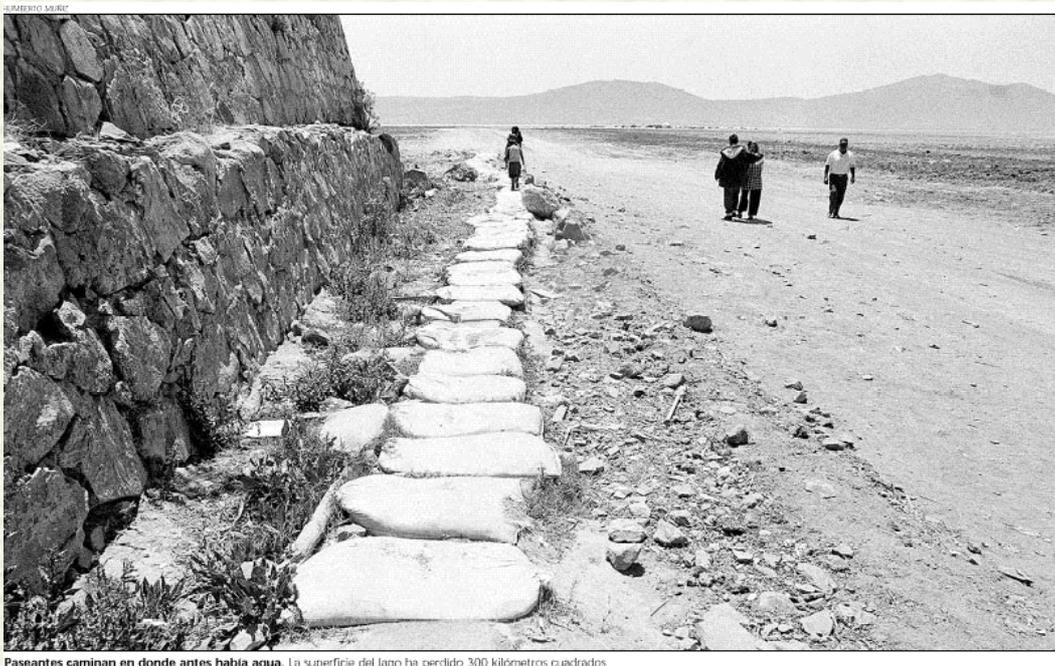
Para entender la problemática ambiental de esta micro región, es necesario considerar la cuenca en su conjunto. El lago de Chapala visto como problema debe de partir de considerar el desarrollo histórico del sistema hidrológico: la demanda de agua para los diferentes usos (agrícolas, industriales y urbanos), así como un conjunto de problemas asociados al aprovechamiento del agua que a continuación examinaremos.

Los principales problemas del lago son:

- **Desecación o pérdida de la superficie lacustre por insuficiencia de aportes respecto del volumen extraído**
- **Azolve**
- **Contaminación**
- **Los efectos que estos procesos tienen sobre las poblaciones vivas que habitan en este ecosistema**

## *Desecación*

Hacia 1950 se acelera el proceso de industrialización del valle de México, así como un cambio de patrón en los asentamientos en la cuenca y un mayor crecimiento demográfico, por lo que se empiezan a consolidar un conjunto de centros urbanos que traen como consecuencia una mayor demanda de agua, procesos que contribuyeron a la problemática del lago. La ciudad de México inició su abastecimiento de agua de los manantiales del Lerma en ese año con 3.5 m<sup>3</sup>/seg, cuando contaba con 3.5 millones de habitantes; en 1980, la capital tenía 13.921 millones de habitantes y captaba del Lerma 8.44 m<sup>3</sup>/seg. La densidad de población del Lerma - Chapala - Santiago se transformó, a partir de 1921 y por décadas, de la siguiente forma: 38, 42, 47, 59, 75 y 98 habitantes/km<sup>2</sup>. Las tasas de crecimiento demográfico para las mismas décadas fueron de 1.35, 1.16, 2.55, 2.83 y 2.91. Por su parte, la superficie regada en la cuenca fue, para 1930, 50, 70 y 80 de 171, 238 mil, 533 mil y 693 mil hectáreas respectivamente.



Paseantes caminan en donde antes había agua. La superficie del lago ha perdido 300 kilómetros cuadrados

Actualmente se estima hay más de 160 habitantes/km<sup>2</sup>, es decir, alrededor del 9% de la población nacional, y en esta cuenca se asientan una gran diversidad de industrias químicas, petroquímicas y agroindustriales, grandes superficies de riego agrícola y las aguas se destinan a usos urbanos de numerosas ciudades medianas y pequeñas, así como a parte del consumo de las dos grandes metrópolis del país: el Distrito Federal y Guadalajara. Cada año, más de 3,700 Mm<sup>3</sup> de agua de la cuenca del río Lerma (78% del recurso) es para usos agrícola y pecuario. El resto del agua disponible, 1,300 Mm<sup>3</sup>, se emplea para uso urbano o industrial.

Si se consideran localidades rurales con población menor a 2,500 habitantes, medias urbanas entre 2,500 y 50,000 habitantes y grandes ciudades con población mayor o igual a 50,000 y con dotaciones promedio de 300 litros / habitante /día para las grandes ciudades, de 250 para localidades media urbanas y de 125 para localidades rurales, se estima un volumen demandado de agua potable de 743 Mm<sup>3</sup>.

Tomando en cuenta además los 323 Mm<sup>3</sup> que se extraen de los acuíferos del estado de México para suministrar agua a la ciudad de México y los 237 Mm<sup>3</sup> que se extraen del lago de Chapala para el área metropolitana de Guadalajara, el volumen total de demanda en la cuenca Lerma - Chapala asciende a 1,303 Mm<sup>3</sup>.

Se estima que del total de agua suministrada un 67% retorna a los diferentes sistemas de drenaje, de lo que se puede obtener el volumen total de descargas que escurren o se almacenan en diferentes cuerpos de agua de la cuenca.

Existen cálculos de la cna, acerca del uso del agua del río Lerma, el 47% se destina al riego agrícola y la misma Comisión estima que únicamente en el Bajío las extracciones originan actualmente un déficit de los acuíferos mayor de 700 Mm<sup>3</sup> por año. La actividad agrícola en la cuenca del Lerma es tan intensa que, durante el estiaje, las aguas negras municipales son tomadas en sus descargas, por derivación o por bombeo, para regar parcelas, de tal suerte que en algunos casos esas aguas no llegan a los cauces de los arroyos o ríos

Para documentar los cambios en el volumen del lago, se puede comentar lo siguiente: desde octubre de 1993, cuando Chapala alcanzó el nivel de almacenamiento de agua más alto en este decenio, el lago ha perdido 3,404 Mm<sup>3</sup>, es decir, casi 61% del recurso, efecto de cinco años de temporales erráticos que han reducido su superficie en casi 300 km<sup>2</sup>. De este modo, el mayor embalse de México sólo alberga en la actualidad 2,194 Mm<sup>3</sup>, el volumen más bajo desde 1991, cuando la sequía en la cuenca del Lerma, iniciada en 1988, llegó a su punto más crítico (1,978 Mm<sup>3</sup>). Se considera que son problemas cíclicos que presenta esta región hidrográfica. La evolución del vaso lacustre en el último tiempo ha sido así: su punto inferior, correspondiente a 1998, se podría situar en la cota (o nivel) 92.25, es decir, alrededor de 2,034 Mm<sup>3</sup>. En el siglo xx, en sus máximos almacenamientos, correspondientes





Foto de Tony Burton

Respecto del azolve la situación del lago se puede documentar de esta forma: de 1930 a 1977 han entrado al lago 78 millones de m<sup>3</sup> de sedimentos por el río Lerma, azolvando este cuerpo de agua, ocasionado por diversos factores, entre otros, la deforestación a lo largo de la cuenca, el deslave y la erosión, lo que reduce progresivamente la capacidad de almacenamiento del lago, en 2.5 Mm<sup>3</sup> y aumenta el lecho del lago en 7 mm. De no modificarse esta tendencia, en un milenio el lago llegaría a su azolve total. Se calcula que anualmente el lago recibe 930 mil toneladas de sólidos y éstos van en aumento en los últimos años; de 300 mg/l que recibía en 1972, hacia 1984 los sólidos aumentaron a 500 mg/l. Las causas de este aumento se atribuyen a la reducción en el volumen almacenado de agua, así como a la disminución de salidas por el río Santiago desde 1981. Los cambios en el uso del suelo a lo largo del Lerma también contribuyen a que este cuerpo de agua reciba un mayor volumen de sedimentos. Los procesos de deforestación propiciados por prácticas agrícolas tradicionales contribuyen también al azolve del lago.

En este sentido hay posiciones encontradas: hay quienes afirman que la tendencia natural de todos los lagos es a desaparecer y hay quienes consideran necesario tomar acciones para evitar este azolve; sin embargo es muy claro en el caso de Chapala que el azolve que experimenta, tiene un importante componente antropogénico, esto es, el proceso está potenciado por las actividades humanas. Asimismo, el agua de lago era cristalina, pero actualmente su transparencia rara vez excede los 30 centímetros.

### *Calidad del agua*

La problemática que generan los contaminantes vertidos en el río Lerma, hacia 1989, se puede describir así: el río presentaba en sus orígenes una calidad física aceptable, pero en el alto Lerma, al incorporarse las descargas urbano - industriales del Lerma - Toluca, esta calidad se deterioraba, ya que recibía las descargas de aguas residuales de los parques industriales de Santiago Tianguistenco, Lerma - Toluca, así como las aguas residuales urbanas de las poblaciones de Toluca, Lerma, Atlacomulco y otras del estado de México, al grado de clasificarlo como fuertemente contaminado. Solo en Toluca existen más de cien industrias de la rama química, textil, metal - mecánica, cervecera, cementera y de ensamblaje.

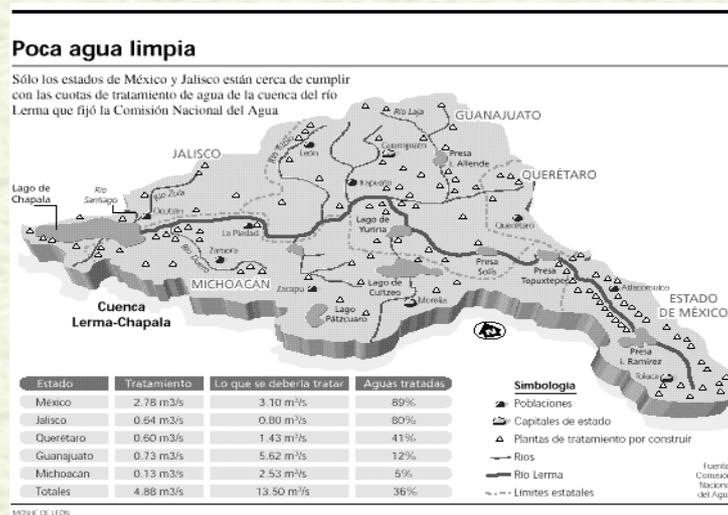
El medio Lerma recibía las aguas residuales de los parques industriales de Querétaro, Celaya Irapuato y Salamanca, además de las descargas municipales de Villa Corregidora, Cortázar, Villagrán y otras. Los afluentes que reciben esta agua contaminadas son los ríos La Laja, el Temascutío, y el Silao, por lo que volvía a quedar fuertemente contaminado en el tramo comprendido entre la salida de la ciudad hasta la incorporación del río Turbio.

En el bajo Lerma entre Irapuato y la entrada al lago, se recibían, a través del río Turbio, las aguas residuales de León, Abasolo y Pénjamo y se deterioraba aún más al recibir las aguas residuales de La Piedad y La Barca, por lo que volvía a clasificarse como fuertemente contaminado; la calidad mejoraba un poco después de recibir los afluentes del río Duero y se mantenía con estas características hasta su incorporación al lago de Chapala.

El acelerado desarrollo humano industrial apoyado en un intenso aprovechamiento del agua generaba un caudal de 44 m<sup>3</sup>/s de aguas residuales municipales, con una carga contaminante medida como demanda bioquímica de oxígeno (dbo) del orden de 72,800 toneladas al año. Las 560 principales industrias identificadas generaban 2.4 m<sup>3</sup>/s de aguas residuales que descargaban directamente al río Lerma y a sus afluentes, lo que representa una carga adicional de 96,250 toneladas de materia orgánica en el mismo año.

Esta situación no se ha modificado de manera significativa; se han establecido algunas plantas de tratamiento para las descargas de aguas residuales de los estados involucrados en la cuenca; sin embargo, los aportes que recibe el lago siguen estando altamente contaminados.

Los contaminantes más comunes vertidos son bacterias patógenas, materia orgánica, grasas, aceites y detergentes y las mezclas con aguas industriales contienen además metales pesados y sales orgánicas sintéticas.



Fuente: Periódico Público <http://publico.com/> del 12 de mayo de 1998.

Por ello, la contaminación del agua, se puede clasificar en dos tipos diferentes:

- La bacteriológica, con alto contenido en microorganismos en el detritus de origen animal y humano, cuya procedencia son las descargas de aguas residuales que recibe el río Lerma de las ciudades del Bajío, de la propia ribera del lago y de los centros de producción porcícola.
- La química, configurada por grasas, aceites, metales pesados, detergentes fertilizantes y plaguicidas, cuyo origen se ubica también en las zonas urbanas y rurales, pero fundamentalmente en las áreas industriales que descargan a este sistema hidrológico.

Ambos tipos de contaminación provocan modificaciones físicas y químicas en el cuerpo de agua: el grado de acidez o alcalinidad, la temperatura, el potencial hidrógeno y la demanda bioquímica o química de oxígeno. Estos contaminantes pueden causar daños inmediatos o intoxicación gradual en los organismos que los fijan en sus tejidos.

La contaminación por metales pesados es particularmente preocupante. Se han calculado aportes muy altos en ciertas áreas de la cuenca del Lerma. Por ejemplo, el análisis de la aportación de las industrias petroquímica, textil, de alimentos para animales, metalúrgica y de ensamble de vehículos de los estados de Querétaro y Guanajuato, indica que se están vertiendo a la cuenca más de 12,400 gramos de cromo y más de 4,300 gramos de zinc

diariamente.

Ello ha ocasionado un proceso de eutrofización por la presencia de nutrientes y sustancias contaminantes, lo que redundará en la pérdida de biodiversidad y el florecimiento de algas y malezas acuáticas.

Asimismo, en los sedimentos del lago se ha detectado un incremento en los niveles de fósforo inorgánico, que supera en gran medida las concentraciones máximas recomendadas por organismos internacionales.

A pesar del grado de contaminación del agua, por falta de otras fuentes de abasto de agua potable, en los poblados de la ribera norte la gente consume esa agua, por lo que las enfermedades gastrointestinales son muy frecuentes.

Los grados de contaminación varían en diferentes puntos del lago. La zona más contaminada es la va de la desembocadura del río Lerma hasta Jamay y el área inmediata a la zona turística; esto es frente a Chapala, Ajijic, San Juan Cosalá y Jocotepec. La contaminación de las riberas entre el Lerma, Jamay y el Santiago es de origen químico fundamentalmente, mientras que la que se presenta frente a la zona turística es de origen orgánico.

Las corrientes y los vientos fuertes contribuyen a la dispersión de la enorme cantidad de contaminantes que entra al lago y se podría argumentar que por la baja aportación que actualmente tiene el Lerma al lago, el impacto de la contaminación es mínimo; sin embargo, los pescadores reportan que cada año, cuando entra agua del río hay gran mortandad de peces.

### *Efectos sobre las poblaciones vivas*

Los principales factores que afectan a las poblaciones vivas en Chapala, tienen que ver con todos los procesos anteriormente mencionados y con prácticas pesqueras destructoras de la vida en el lago.

Por tratarse de un lago somero y cálido y porque recibe demasiados nutrientes, Chapala tiende a perder su nitrógeno y le sobran fosfatos. La materia orgánica que entra el lago baja la productividad en el fitoplancton del cual se alimentan los peces por la sobresaturación de amoníaco libre. El azolve y las corrientes que remueven los sedimentos, produce turbiedad en el agua y hace que la fauna bentónica sea escasa.

A pesar de que los niveles de metales pesados en el agua han estado dentro de las normas internacionales establecidas para usos domésticos después de recibir tratamiento, las concentraciones en algunas plantas como el lirio acuático y el tule son mayores, cuyos muestreos reportan concentraciones sobre 178 miligramos de cianuro, 6 miligramos de cromo y 4 miligramos de plomo para el primero y 552 miligramos de cianuro y 15 miligramos de mercurio por kilogramo seco para el segundo.

El expansivo crecimiento del lirio acuático es otro problema. Esta planta, originaria de África fue traída al lago con fines decorativos hace aproximadamente 100 años, ahora penetra al lago por sus afluentes. Su ciclo de vida es de 65 a 70 días, lo que propicia su rápida regeneración. Usa más agua en evapotranspiración de la que se pierde por evaporación en el área equivalente de agua abierta, inhibe el crecimiento del fitoplancton, por lo que afecta el adecuado desarrollo de las poblaciones de peces y es fuente de riesgo potencial para la salud pública, porque crea las condiciones favorables para la proliferación de las larvas de moscos transmisores del paludismo y diversos insectos. Asimismo, presenta serios problemas para la navegación, la pesca, particularmente del pez blanco y el charal, por ser especies que se encuentran cerca de la superficie, los deportes acuáticos, la irrigación, la conservación de equipos e infraestructura (obstruye los canales de irrigación, de alimentación de turbinas en la generación hidroeléctrica, deteriora la cortina de las presas), el necesario movimiento del agua y la penetración de los rayos solares indispensables para el desarrollo de la flora bentónica, por lo que altera las condiciones físico-químicas normales, como el ph, los gases disueltos y la turbidez.

En 1959, el Lerma, compactado por el lirio, hizo disminuir el gasto del río Santiago de 100 a 30 m<sup>3</sup>/seg en la presa de Poncitlán, no obstante que las compuertas estaban totalmente abiertas. Durante las décadas de los sesenta y setenta de este siglo, el lirio cubrió la superficie lacustre con su manto verde, por lo que se intentaron diversos remedios: los pescadores año con año, hacían limpieza a mano de las plantas, pero su rápida regeneración excedía sus esfuerzos. En 1986, varias uniones de pescadores de Ocotlán colocaron un retén de alambre a la entrada del Lerma, evitando así la penetración del lirio. Otro intento fue la introducción de manatíes traídos del sureste del país, en la idea de que comieran lirio a sus anchas, pero causaron pavor entre los pescadores, que los veían como monstruos y terminaron muertos a remazos.



La única ventaja que presenta su presencia es que sirve de filtro natural para absorber los metales pesados como el mercurio, plomo, cobre, cobalto, arsénico, cadmio y otros que se encuentran presentes en el lago. Por el alto nivel de contaminación y la presencia de metales pesados en sus tejidos, la salud del ganado que se alimenta de estas plantas es discutible y el alcance que estos contaminantes pueden tener al transferirse a peces y otros seres vivos, incluyendo a los seres humanos a través de la cadena alimentaria local, se desconoce.

Otro problema que empieza a aquejar al lago por el exceso de materia orgánica y nutrientes, particularmente los fósforos y la pérdida de nitrógeno es el florecimiento de algas verde - azules, que le dan un olor y sabor característico y distintivo al agua.



Debido a que tiene un ph alto y a que es un lago de aguas cálidas y someras la antigua Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (sarh), lo clasificó en una etapa entre oligotrófico y mesotrófico; esto es, entre un lago sano y un lago medio envejecido.

En el caso de amenaza o extinción de especies, no es sencillo determinar cuales son los procesos que influyen más, sin embargo, en algunos casos resulta una explicación correcta de ciertas causas directas, como en el caso de la disminución de captura de bagre a partir de 1974, provocada por la fuerte contaminación del lago por la descarga en el río Lerma de grasas y aceites de la refinería de pemex en Salamanca. Otro proceso que también ha influido afectando a los pescadores y al ecosistema es la presencia de bacterias perjudiciales a los peces y la presencia de detergentes.

