

***S3. Aproximación multidimensional  
al contexto de las comunidades***



## ***S3.C1 Las complejidades del Lago Chapala: características, importancia, gobernanza y retos futuros\****

ALEJANDRO JUÁREZ AGUILAR  
LILIANA LÓPEZ GÓMEZ

### CONTEXTO SOCIOAMBIENTAL

#### **Características generales del lago**

El Lago Chapala es el más grande de México y uno de los mayores de América Latina. En la cuenca Lerma–Chapala, de la que forma parte, habitan más de 20 millones de personas y se concentra una parte sustantiva de las actividades agrícolas e industriales del país, lo que, aunado a que dos de las más grandes ciudades de México son usuarias del agua de esta cuenca (la Ciudad de México y Guadalajara) ha generado una fuerte presión sobre sus ecosistemas, principalmente sobre el agua disponible.

El lago está a una altura de 1,524.60 msnm, se localiza en la parte occidental de México, y es compartido por los estados de Michoacán y Jalisco (Orozco & García, 2005). Tiene una capacidad de almacenamiento de 8,124 millones de m<sup>3</sup> y una superficie de 1,116 km<sup>2</sup> (Conagua, 2018). Las dimensiones, profundidad y otras características se muestran en la tabla 3.1.

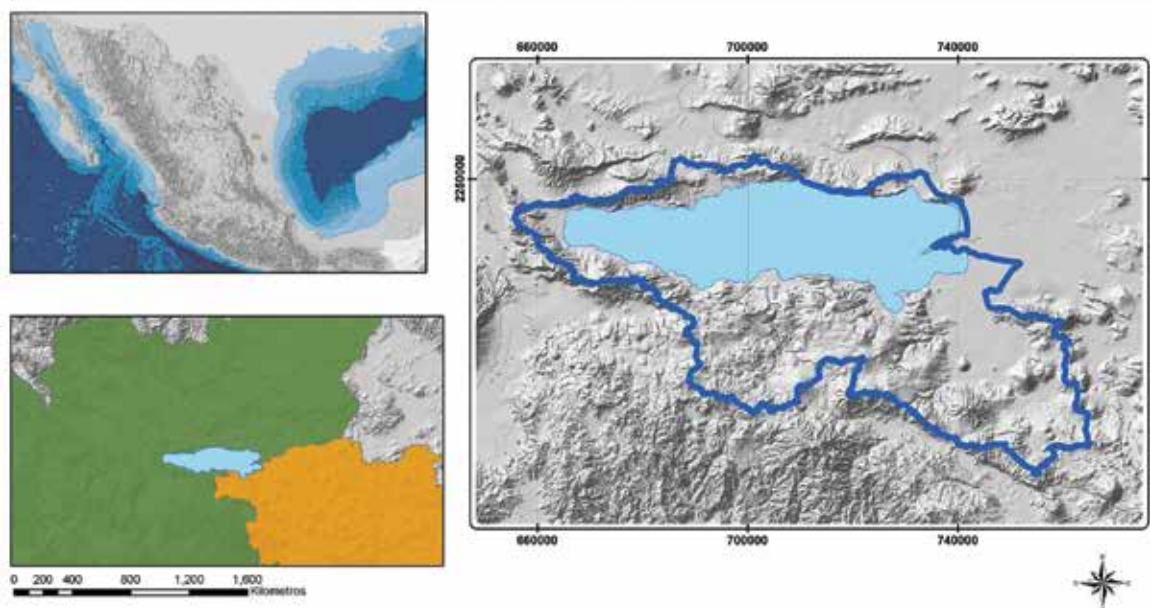
Los afluentes del Lago Chapala son tres: el Río Lerma, Río Zula y Río de la Pasión. El Lerma tiene una longitud de 750 km y entra al lago por el este. Recibe aportaciones de muchos ríos más pequeños como el San Agustín y Tejalpa (Estado de México), Laja y Turbio (Guanajuato), así como Angulo y Duero (Michoacán). El Río Zula está en Jalisco y tiene una longitud de 70 km. El tercer afluente es el más corto: el Río de La Pasión (26 km de largo), entra al lago por el sur, bajando desde la Sierra del Tigre, con territorio compartido entre Jalisco y Michoacán. Es importante mencionar que el Zula originalmente no vertía sus aguas en el lago, pero a fines del siglo XX se construyó un canal para enviar parte de las aguas a Chapala. Como cuerpo efluente único está el Río Santiago, con un recorrido de 433 km que parte del Lago Chapala y termina en el Océano Pacífico.

Además de los ríos, hay otras tres fuentes de agua para el lago: a) decenas de arroyos temporales que durante la temporada de lluvias vierten su caudal de forma directa en el lago; b) la lluvia que cae directamente sobre el vaso lacustre, y c) varias “surgencias” o “borbotones”, que brotan en el fondo del lago.

El Lago Chapala ha sufrido diversas modificaciones, una de las más importantes es la construcción del Canal de Ballesteros (finalizado en 1908), el cual desecó 50 km<sup>2</sup> al este del

\* El presente capítulo se basa ampliamente en los contenidos de la Ficha Informativa del Lago Chapala, México (Juárez, Gómez & Orozco, 2021) que se realizó como parte del Proyecto “Fichas Informativas de Lagos y Embalses (*Lake Briefs*) de América Latina (2020–2021)”, coordinada por la Red Mexicana de Cuencas Hidrográficas, el Comité Científico del International Lake Environment Committee Foundation y el Instituto Corazón de la Tierra, a quienes extendemos nuestro agradecimiento.

FIGURA 3.1 MAPA BASE DE LA SUBCUENCA DEL LAGO CHAPALA



Fuente: elaborado por Liliana López, enero 2023. Escala 1:300,000  
Fuentes cartográficas: cartografía vectorial Inegi (2013-2018); cartografía nacional 1:1'000,000 marco geográfico municipal y estatal; Información Cuerpo de Agua, Conagua, 2017; ICT, 2023.  
Datum geodésico ITERF 92 proyección cartográfica: UTM 13N coordenadas en metros.

lago. Esta obra redujo la superficie del espejo de agua, pero aumentó su volumen, pasando de tener un almacenamiento máximo de 5,800 hm<sup>3</sup> al actual de 8,124 hm<sup>3</sup>. Asimismo, esta modificación produjo efectos ambientales importantes, pues la zona desecada funcionó durante milenios como ciénaga,<sup>1</sup> reteniendo o liberando agua de acuerdo con las condiciones de abundancia o sequía, evitando así fluctuaciones severas en el lago.

El cuerpo de agua es permanente y tiene fluctuaciones al alza durante el temporal de lluvias (junio a octubre) y a la baja durante la temporada seca (noviembre a mayo). En condiciones generales la profundidad media es de 7.7 metros. En la figura 3.2 se muestran las variaciones de volumen y profundidad del lago, apreciándose los decrementos en el volumen de almacenamiento entre 1900 y 2020.

Los momentos de escasez más agudos se dieron en el periodo 1954-1955 (12.08% del volumen máximo) y en 2000-2002 (14.4%), cuando el lago se secó en gran parte, dejando al descubierto amplias porciones del fondo. Por otro lado, aunque menos comunes, también se han registrado inundaciones, como en 1926 y 1935, cuando el líquido invadió diversas partes de la ribera (CEA, 2008). Resulta interesante que en 2018, cuando el lago alcanzó 85% de su volumen total, se generó una amplia percepción pública de que estaba a su máxima capacidad, al cubrir el agua diversas construcciones realizadas de forma invasiva sobre el

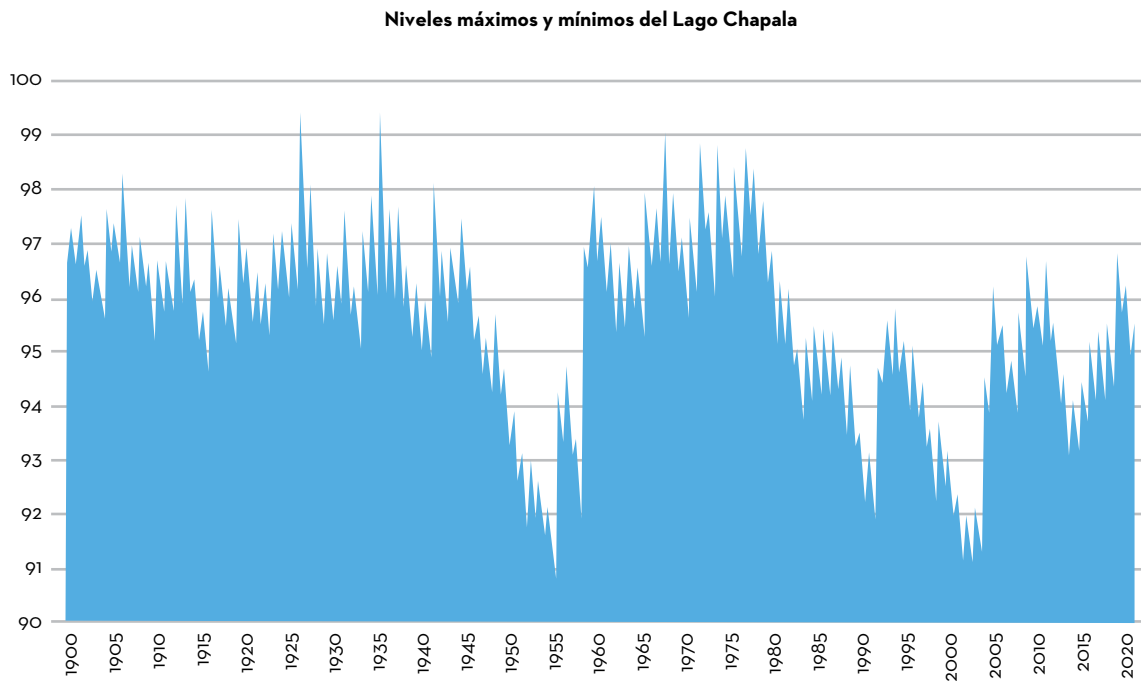
1. Ciénaga se define, según la Real Academia de la Lengua Española, como “Lugar o paraje lleno de cieno o pantanoso”. Sin embargo, la gente de la región la denomina “ciénega”. Incluso los gobiernos municipales y estatales la nombran de esa forma en documentos oficiales. Así pues, en este documento “ciénaga” se utiliza para denominar un área con ciertas funciones ambientales y “ciénega” para nombrar a la región específica alrededor del Lago Chapala.

**TABLA 3.1 PARÁMETROS DEL LAGO CHAPALA**

Parámetro	Valor
Área total	1,112 km <sup>2</sup>
Volumen máximo histórico	9,663.1 hm <sup>3</sup>
Volumen mínimo histórico	953.98 hm <sup>3</sup>
Longitud total	77.00 km
Anchura total	22.50 km
Profundidad máxima	26 m
Profundidad media	7.7 m

Fuente: CEA, 2008.

**FIGURA 3.2 VARIACIONES DE VOLUMEN DEL LAGO CHAPALA (1908-2021)**

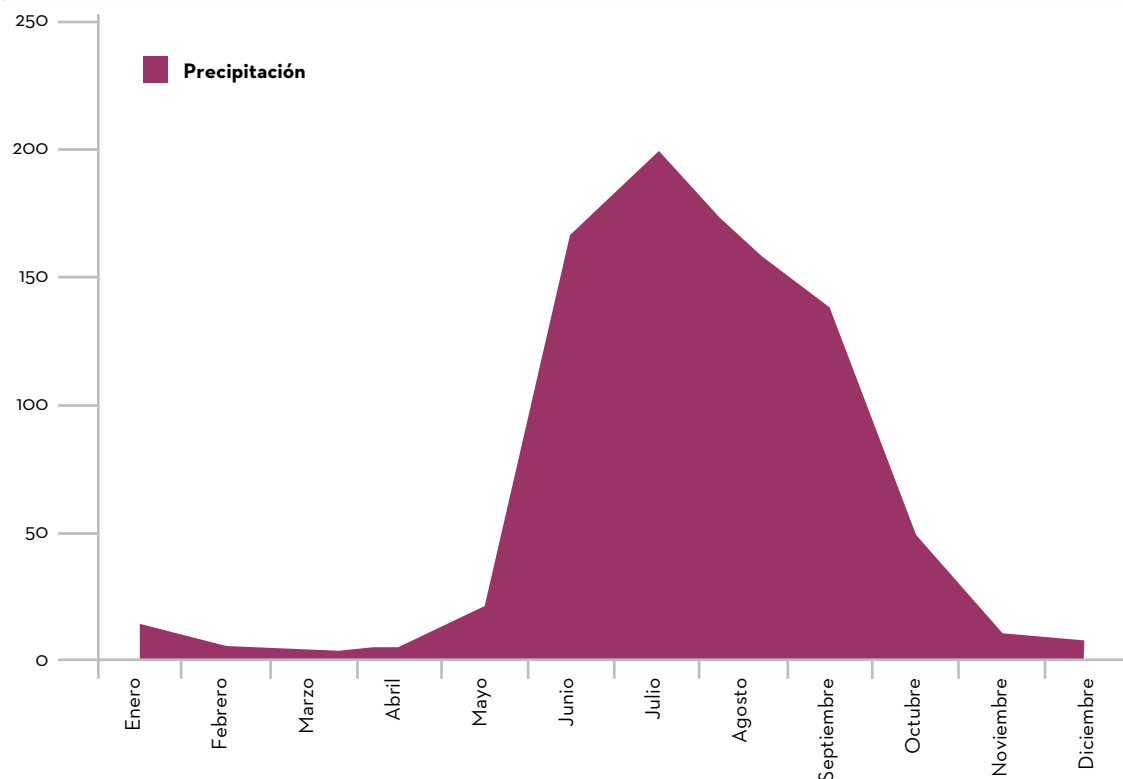


Fuente CEA Jalisco, 2021.

litoral lacustre, lo que se entendió en medios de comunicación como que el lago “estaba desbordado”.

De acuerdo con la clasificación de Köpen, modificada por Enriqueta García (1973), el clima de la zona corresponde a semicálido subhúmedo, con lluvias en verano. La temperatura promedio anual es de 19.9 °C, la máxima se presenta entre los meses de mayo a julio (27 °C a 30 °C) y la mínima de diciembre a febrero (9 °C a 12 °C). Los datos de precipitación pluvial se muestran en la figura 3.3.

FIGURA 3.3 PRECIPITACIÓN PLUVIAL EN EL LAGO CHAPALA (MILÍMETROS-PROMEDIO PARA EL PERIODO 1934-2009)



Fuente: elaboración con base en Conagua, 2010.

Según se infiere del estudio de Filonov et al. (2005), en el mes de julio el lago se estratifica térmicamente. La variación de la temperatura entre la superficie y el fondo en su estudio fue de 18.7 °C a 14.3 °C, con una variación de 3 °C en la termoclina (zona de cambio de temperatura en el agua). Asimismo, hay diferencias en la concentración de oxígeno, a mayor profundidad menor presencia de este gas. Esta circunstancia varía de acuerdo con la época del año: en el mes de febrero el agua del lago se mezcla, lo que genera ajustes también en la temperatura del agua.

El Lago Chapala tiene la mayor riqueza fitoplanctónica en México, con un total de 226 especies, agrupadas en 92 géneros y 44 familias. Destacan por su abundancia las pertenecientes a las divisiones *Chlorophyta*, *Chromophyta*, *Cyanophyta*, *Euglenophyta* y *Dinophyta*. El lago representa uno de los más importantes centros de origen, evolución y biogeografía de la fauna íctica en México, con registro de 28 especies de peces nativas, varias endémicas, entre estas el charal (*Chirostoma arge*) y el pescado blanco (*C. sphyraena*), ambas consideradas en peligro de extinción. Otras especies endémicas son el pescado blanco bocanegra y el bagre de Chapala (*Ictalurus dugesii*), amenazados por afectación a su hábitat y sobrepesca.

El cuerpo de agua y la vegetación circundante funcionan como importante zona de refugio y alimentación de aves silvestres. Al venir desapareciendo del altiplano de México los numerosos sistemas de ciénagas y humedales de antaño, Chapala se convirtió en una de las pocas alternativas de una vasta región del occidente de México. Las rutas migratorias que llegan al lago son parte de la ruta central y la del Pacífico que viene de Alaska, Canadá y Estados

Unidos. En total, entre aves migratorias y residentes se tienen reportes de 100 especies en estudios científicos y 250 más en reportes de observadores de aves. En conjunto se estima que en el área del lago puede llegar a encontrarse una población de 50,000 aves acuáticas en la temporada de invierno.

### **La cuenca Lerma-Chapala y la subcuenca Chapala**

La cuenca Lerma-Chapala-Santiago cubre una superficie de 129,263 km<sup>2</sup>, de los cuales 29% corresponden al río Lerma, 6% al Lago Chapala y 64% al río Santiago (SRH, 1973; Paré, 1989). En la práctica la Comisión Nacional del Agua (Conagua) maneja de forma separada el sistema Lerma-Chapala del sistema Río Santiago, basándose en criterios administrativos definidos desde la década de los setenta (SRH, 1973).

La cuenca Lerma-Chapala tiene una superficie total de 53,591.3 km<sup>2</sup> en cinco estados: de México, Querétaro, Guanajuato, Michoacán y Jalisco. Está subdividida en 19 subcuencas (Cotler, Mazari & De Anda, 2007), y es la subcuenca Chapala, con una superficie de 3,321.62 km<sup>2</sup>, la que incluye al lago.

La cuenca se caracteriza por la diversidad de ecosistemas ligada a las variaciones de altitud y clima, así como la amplitud de formas topográficas (montañas, planicies, cañadas y valles), lo que a su vez ha generado una extensa biodiversidad y un conjunto de servicios ambientales tanto de servicio como de regulación, indispensables para una población de más de 20 millones de personas.

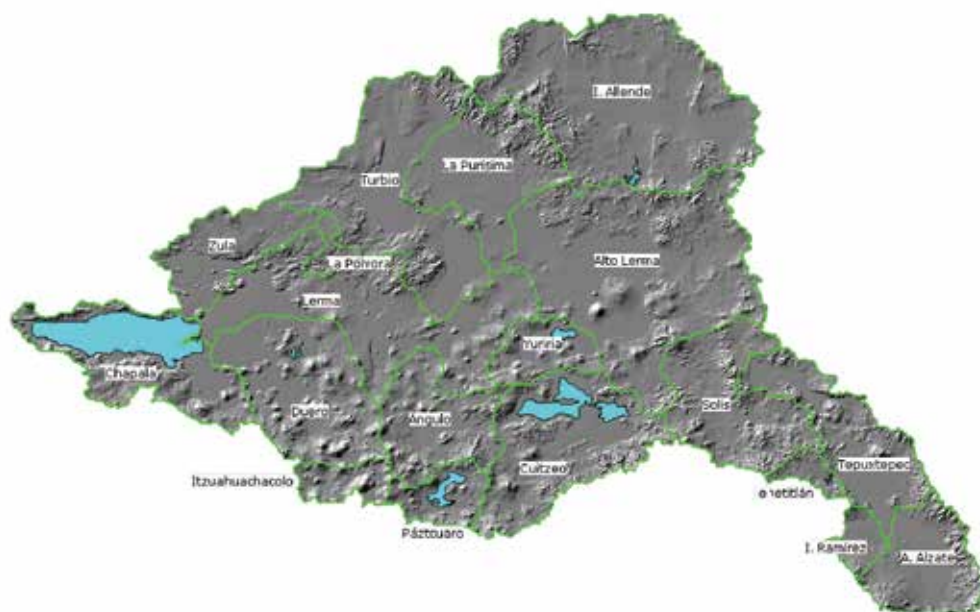
En cuanto a suelos, en general dominan los de tipo residual y transportados, que se originan a partir de basaltos del terciario superior y otras rocas ígneas y aluviones (INEGI, 1988). En la subcuenca Chapala predominan los siguientes tipos: vertisol, luvisol, feozem y litosol.

En el territorio de la cuenca habitan más de 20 millones de personas (16% de la población del país). La densidad poblacional de la cuenca es tres veces mayor que el promedio nacional, con centros urbanos densamente poblados en los cinco estados que la componen. Asimismo, en este territorio se concentra una parte importante de las actividades agrícolas e industriales del país, lo que, aunado a que las dos ciudades más grandes del país son usuarias de este (la Ciudad de México en la cuenca alta y Guadalajara en la cuenca baja) han generado una fuerte presión sobre los recursos boscosos y el agua disponible, tanto superficial como subterránea. Con respecto a la demografía de las subcuencas aledañas al lago, la subcuenca Chapala alberga a 436 mil personas y la subcuenca Zula 352 mil (Cotler et al., 2007).

El idioma dominante en la cuenca es el español, además de algunas lenguas indígenas en proporción marginal. Asimismo, hay dos concentraciones importantes de pobladores extranjeros, superiores cada una a las 10 mil personas, una en San Miguel de Allende (Guanajuato) y la otra en Ajijic (Jalisco). La Cuenca Lerma-Chapala mantiene patrones de desarrollo industrial y comercial en una extensa red que guarda una conexión importante con la Ciudad de México y Guadalajara.

En general, las zonas más desarrolladas de la cuenca se encuentran vinculadas a las áreas urbanas, como Querétaro-Corregidora, León-San Francisco del Rincón, Morelia y la ribera norte del Lago Chapala, y a la intensa actividad industrial-comercial de los corredores de Lerma-Toluca-Atacomulco-Jilotepec (cuenca alta) y Celaya-Salamanca-Irapuato-León (cuenca media), así como a otros municipios como Zacapu, Ixtlahuaca y Tlajomulco. Estas zonas de alto desarrollo se encuentran relacionadas con áreas de mediano desarrollo, predominantes en la parte media de la cuenca, con las que mantienen una clara relación comercial

**FIGURA 3.4 CUENCA LERMA-CHAPALA**



Fuente: Cotler, De Anda & Mazari, 2007.

y social. Las porciones menos desarrolladas del territorio se encuentran al noreste y al sur de la cuenca, en municipios de los estados de Guanajuato y Michoacán, así como en varios municipios del Estado de México (Cotler et al., 2007).

Las principales actividades económicas de los municipios de las subcuencas Chapala y Zula son: agricultura, ganadería y pesca; industria extractiva; industria manufacturera; industria de la construcción; comercio; transporte y servicios comunales, y establecimientos financieros (IIEG, 2021 y 2021b). Los cultivos más importantes en la parte de Jalisco son el sorgo y el maíz; en Jocotepec el garbanzo es muy importante y las hortalizas en Tizapán; el cultivo de trigo es notable en Jamay y Poncitlán. En cuanto a Michoacán, en el distrito de riego de la ciénega de Chapala los principales productos son: sorgo, alfalfa, trigo, maíz, avena y fresa; en los distritos de temporal se obtiene principalmente sorgo y maíz. Por otra parte, en Ocotlán y Sahuayo destaca la actividad industrial manufacturera.

## USOS DEL LAGO Y EL TERRITORIO DE LA CUENCA

La zona metropolitana de Guadalajara (conurbación de diez municipios; Gobierno de Jalisco, 2021) constituye la segunda concentración urbana más grande de México: tiene concesionado 240 hm<sup>3</sup>/año (Gutiérrez et al., 2009), aunque de acuerdo con datos del SIAPA entregados vía transparencia, se usan menos de 200 hm<sup>3</sup>/año (Serrano, 2021). En la actualidad, 60% del agua potable de la zona metropolitana de Guadalajara se obtiene del Lago Chapala (CEA, 2008).

El agua procedente del lago se conduce principalmente a través del acueducto Chapala-Guadalajara, con capacidad de 7.5 m<sup>3</sup>/s y longitud de 42.4 kilómetros. Una proporción menor pasa por el río Santiago y luego por el canal Atequiza-Las Pintas. En ambos casos es



necesario bombearla para alcanzar la planta potabilizadora, a 250 metros por encima de la altura del lago (Valdés et al., 2000).

La cuenca Lerma-Chapala abarca 47 acuíferos, de los cuales el Registro Público de Derechos de Agua tiene concesiones registradas en 43 para los siguientes usos: Agrícola (que integra agrícola, agrícola-doméstico-industrial, agrícola-pecuario), Público urbano (que integra público urbano, servicios domésticos y servicios-agrícola), Acuacultura, industrial (que integra industrial, agroindustrial, agrícola-industrial), Pecuario, Múltiple y sin especificación (Conagua, 2013).

El volumen total de uso de agua para uso agrícola, tanto superficial como subterránea utilizada en la cuenca Lerma-Chapala es de 6,375 hm<sup>3</sup>/año, de la que 59% corresponde a aguas superficiales y 41% a agua subterránea (IMTA, 2009). Puede asegurarse que las actividades productivas en la cuenca Lerma-Chapala, con excepción de la acuacultura, dependen básicamente de la extracción de acuíferos. A los datos oficiales hay que agregar las tomas clandestinas y las extracciones superiores al volumen autorizado. Esto explica la fuerte situación de déficit de los acuíferos localizados en la cuenca.

La extracción de agua subterránea se realiza mediante 20,299 aprovechamientos subterráneos autorizados. El 76% es para uso agrícola (3.7 más que el agua superficial para el mismo uso); 13% para uso público urbano con 412 hm<sup>3</sup>/año (4.2 veces el agua superficial para el mismo uso), y 4.4% para uso industrial con 135 hm<sup>3</sup>/año (7.5 veces más que el agua superficial para el mismo uso).

Con respecto a presas, se han construido 552 en la cuenca Lerma-Chapala, de las cuales, según la clasificación ICOLD, 25% son grandes, 14% medianas y 43% chicas, desconociéndose el tamaño de un 18% (Cotler et al., 2007). En conjunto pueden llegar a retener hasta 3,700 millones de metros cúbicos de agua, cuyo uso es principalmente agrícola. Existe una alta competencia entre grupos de usuarios, agravada por la escasa eficiencia en el uso del agua, que en caso del sector agrícola puede ser tan baja como 30%, debido a la poca tecnificación y a problemas de planeación.

En cuanto a otros usos del cuerpo de agua, la pesca mantuvo por siglos a una población dedicada a esta actividad en el área de Chapala-Jocotepec, Mezcala y Cojumatlán (Jalisco), así como Petatán (Michoacán). La actividad pesquera en el lago reportó un promedio de captura anual de 5,176.9 toneladas en el lapso 1990-2001, lo cual equivale a aproximadamente 30% de la captura total para el estado de Jalisco. Sin embargo, se generó una reducción paulatina del volumen (atribuible a contaminación del agua, competencia/depredación por especies introducidas y sobrepesca) hasta llegar a un brusco desplome en el lapso 2001-2002, fecha en que el lago se redujo a solo 14.4% de su volumen (Juárez, López & Orozco, 2021).

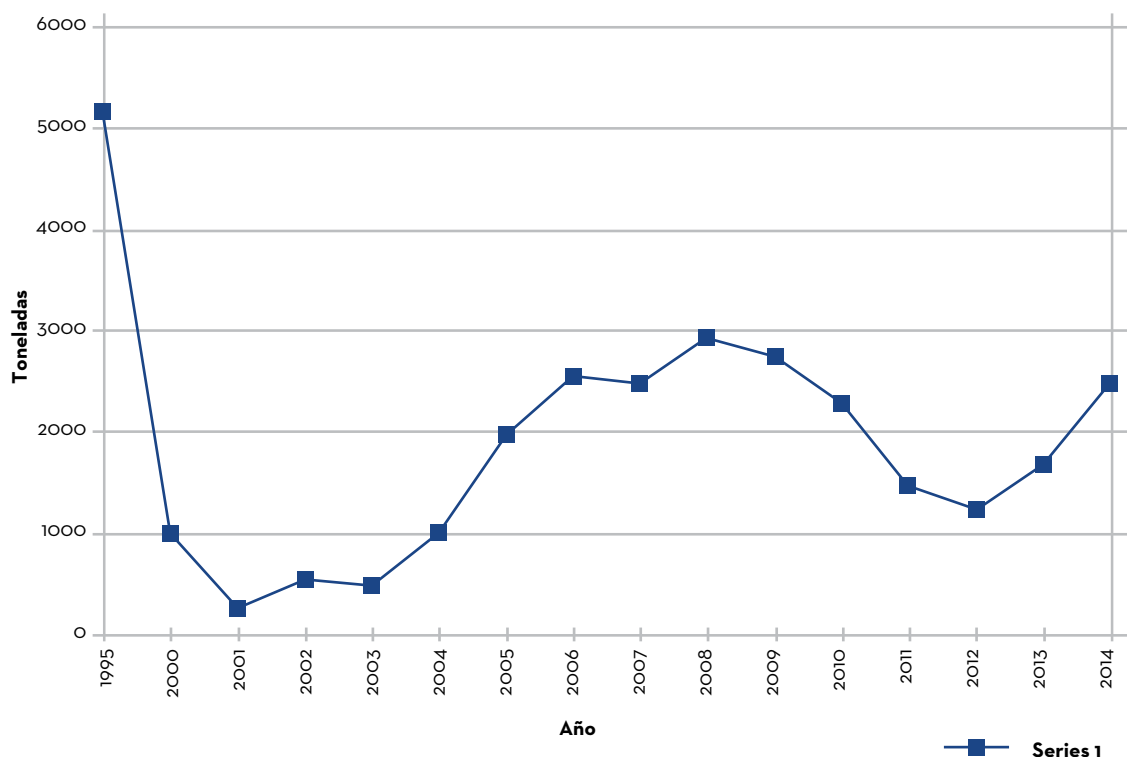
A pesar de que la actividad se recuperó parcialmente tras el agudo desecamiento del lago, actualmente está a menos de 50% de los volúmenes previos a 1990 (véase la figura 3.5).

Las actividades que generan los mayores ingresos para la región que rodea el Lago Chapala son el turismo y la agricultura. La primera beneficia directa o indirectamente a 80,000 personas, concentrados en la ribera noroeste, que se realiza principalmente en áreas urbanas, mientras que el turismo rural y de naturaleza está pobremente desarrollado.

Tanto el turismo como el desarrollo urbano han sido poco planificados, lo que ha generado fuertes presiones que han afectado las áreas forestales de las Sierras de Chapala (conjunto de montañas localizado alrededor del lago).

El valor cultural del Lago Chapala es amplio, considerando lo antiguo de la ocupación humana en el área y el valor simbólico y religioso para la comunidad wixárika (uno de cuyos

FIGURA 3.5 VOLUMEN DE PESCA EN LAGO CHAPALA



Fuente: elaboración con datos de Seder (2016).

sitios sagrados es el lago) y los grupos de descendientes nahuas (como Mezcala) que aún conservan aspectos y tradiciones de respeto a diversos sitios y formaciones naturales en la ribera del lago.

## CONDICIONES Y PROBLEMÁTICA DE LA CUENCA Y EL LAGO

La cuenca Lerma-Chapala ha sufrido fuertes alteraciones hidrológicas desde fines del siglo XIX, incluyendo la construcción de bordos que han disminuido la extensión del Lago Chapala aunque aumentado su capacidad de almacenamiento. Escotto (1986) menciona que en 1897 se iniciaron los trabajos de construcción de la presa de Poncitlán, sobre el río Santiago, para controlar el nivel del lago. Entre 1904 y 1908 se levantó el Bordo Ballesteros, lo que desecó 50,000 hectáreas repartidas en territorio de Jalisco y Michoacán, para dedicarlas al cultivo. La zona aún hoy es conocida como “Ciénega de Chapala”, en memoria de su anterior condición ecosistémica. El dique Maltaraña se terminó de construir en 1953 (CNIC-DJ, 1989) y separó definitivamente a la ciénega del Lago Chapala.

Existe una clasificación de 19 problemas que afectan a los lagos del mundo (ILEC, 2005), realizada a través de un proyecto internacional que involucró a las principales agencias de la ONU e instancias de investigación internacionales, bajo la coordinación del International Lake Environment Committee Foundation (ILEC), la red de trabajo sobre cuerpos más la-

**TABLA 3.2 PROBLEMAS EN EL LAGO CHAPALA**

Zona de origen	Problemática	Sí	No
En el lago	Prácticas pesqueras inadecuadas	x	
	Especies de fauna introducidas	x	
	Infestaciones de maleza	x	
	Cambios en la salinidad		x
	Nutrientes debido a las jaulas de peces		x
En la rivera	Vertidos de aguas costeras y pluviales	x	
	Contaminantes industriales	x	
	Extracción de agua de la costa	x	
	Pérdida de humedales y hábitats litorales	x	
En la cuenca	Exceso de sedimentos	x	
	Exceso de nutrientes de fuentes difusas	x	
	Contaminación agroquímica	x	
	Extracciones o desvíos de agua excesivos		x
	Cambios en los patrones de escorrentía	x	
	Contaminación por vertidos y aguas pluviales	x	
	Contaminación industrial	x	
Regional / global	Transporte a larga distancia de nutrientes en el aire		x
	Transporte a larga distancia de contaminantes industriales en el aire		x
	Cambio climático	x	

Fuente: elaboración con base en Juárez, López & Orozco, 2021.

custres más reconocida del mundo. En el Lago Chapala están presentes, con diferente grado de gravedad, 14 de esos problemas, de acuerdo con un análisis de reportes de investigación realizado como parte de la Ficha Informativa ILBM del Lago Chapala (Juárez, López & Orozco, 2021). En la tabla 3.2 se muestra el desglose de esta problemática.

Los contaminantes identificados en el lago en un conjunto de estudios proceden de fuentes fijas (aguas domésticas, industriales y pecuarias), así como difusas (principalmente fertilizantes y pesticidas procedentes de actividades agrícolas). Entre estos se incluyen metales pesados como arsénico, cobre, cromo y zinc, con mayor concentración en la desembocadura del Lerma (Dávalos-Lind, 1996; Guzmán, 2001), con efectos comprobados de bioacumulación. La fuente de estos es básicamente industrial, procedente del conjunto de empresas establecidas en el corredor del Bajío, destacando la producción peletera en León, Guanajuato, que genera como subproductos descargas de arsénico en el Río Turbio; así como la planta

petroquímica de Salamanca, que genera una amplia diversidad de sustancias, los cuales llegan al lago a través del Río Lerma. Asimismo, hay vertidos derivados de actividades industriales desde la parte alta de la cuenca (Toluca y Querétaro), de la zona Altos de Jalisco (tequileras en la subcuenca Zula) y del corredor industrial de Ocotlán, aledaño al lago.

Los datos de las estaciones de monitoreo de la Comisión Nacional del Agua entre 2012–2018, reportados por el ITESO (2018), muestran que las concentraciones promedio de coliformes fecales y *E. coli* resultaron de 7,048.5 NMP/100 mL y 516.5 NMP/100mL respectivamente, siendo que la norma para agua potable nacional y por la OMS especifican que el agua no debería de tener en ninguna concentración ninguna de las dos, lo que implica que se realizan descargas de aguas negras al Lago Chapala sin un tratamiento eficiente. A partir de la década de los ochenta la cobertura de sistema de alcantarillado en los municipios de la ribera del lago en Jalisco aumentó sustancialmente, sin embargo, el porcentaje de aguas negras que reciben tratamiento antes de ser descargadas es de solamente 72.23% (Seplan, 2019).

Las cargas de nitrógeno y fósforo en el Lago Chapala son en extremo abundantes, siendo las principales fuentes el arrastre de agrofertilizantes, aguas negras municipales, desechos de granjas porcícolas y vertidos de la industria tequilera. Este exceso de nutrientes genera condiciones para floraciones masivas de plantas flotantes y algas microscópicas. De las primeras hay presencia recurrente de lirio acuático (*Eichhornia crassipes*); de las segundas hay episodios cada vez más frecuentes, pero no en la medida que se esperaría, debido entre otros factores a la alta concentración de sólidos suspendidos, que al precipitarse capturan una parte importante de esos contaminantes. En 1993 la cobertura de lirio acuático alcanzó uno de sus puntos más altos: 135 km<sup>2</sup> (13% de la superficie del lago). De acuerdo con datos de la Comisión Estatal del Agua de Jalisco entre 2007–2008 algunos manchones de lirio acuático llegaron a cubrir 7,000 hectáreas cada uno. Coincidentemente, cuando ha habido reducciones de lirio se han reportado florecimientos de algas como la *Microcystis aeruginosa*, *Microcystis flos-aquae* y *Anabaena aff. flos-aquae*. La sobreabundancia de algas y la reducción de la población de lirio puede coincidir debido a que al desaparecer la macrófita deja un nicho abierto para el aprovechamiento de nutrientes.

Para el caso de los pesticidas en la zona el promedio de utilización es 1.65 kg/ha/año. Al considerar el nivel de toxicidad reportado para cada sustancia encontrada se identificó que un total de 22 sustancias activas de herbicidas y pesticidas tienen efectos clasificados como Nivel II (Altamente Tóxico) o Nivel I (Extremadamente Tóxico) para plancton, aves y peces, tres elementos clave para los ecosistemas acuáticos (Juárez, 2013).

Jalisco ocupa el séptimo lugar, a escala nacional, por defunciones por daño renal, con una incidencia de mortalidad de 8.61 por cada 100 mil habitantes, de acuerdo con la Secretaría de Salud (2019). La localidad de San Pedro Itzicán, ubicada a la orilla del lago, en el municipio de Poncitlán y con tan solo 5,199 habitantes es, de acuerdo con el Sistema de Datos Renales de Estados Unidos de América, la población con la tasa más alta del mundo de enfermos renales. Un estudio realizado por Lozano–Kasten et al. (2021) identificó que de una muestra de estudiantes de entre 11 y 14 años, aparentemente sanos, 12.9% mostraba niveles de daño en riñones. Entre los posibles factores asociados a esta enfermedad esos autores incluyen el consumo del agua con alto contenido en minerales, el uso de pesticidas de alta toxicidad y condiciones de desnutrición. Una tesis que analizó los pozos que abastecen de agua a las localidades de la Ciénega de Chapala reportó concentraciones elevadas de nitrógeno, amonio y boro en San Pedro Itzicán y Mezcala, además de manganeso en esta última.

De las 28 especies nativas de peces reportadas en el lago en la década de los sesenta, 40 años después solo se encontraban 18 (Moncayo & Buelna, 2001), de las cuales se consideran amenazadas la popocha (*Algansea popoche*), el bagre de Chapala (*Ictalurus dugesii*), el pescado blanco trompudo (*Chirostoma promelas*), el charal de La Barca (*Chirostoma labarcae*), y dos especies de goodeidos (*Allotoca dugesii* y *Skifia lermae*). Además, la lamprea de Chapala (*Lampreta spadiceus*) no ha sido reportada en 20 años (Moncayo & Escalera, 2005). Se carece de estudios específicos, aunque la combinación de contaminantes, sobrepesca, parásitos y competencia/depredación por especies exóticas explica la fuerte declinación de las especies locales. A pesar de su importancia y su carácter endémico destaca el poco interés de agencias de gobierno, organizaciones de pescadores y público en general sobre su conocimiento, conservación y uso sustentable. El grado de desconocimiento del tema lleva a muchas personas a creer que especies introducidas, como la tilapia, son originarias del lugar. Además, periódicamente se liberan en el lago alevines (principalmente de especies exóticas) por parte del gobierno estatal y, en ocasiones, el federal.

La dinámica del cambio de uso de suelo en la cuenca Lerma-Chapala, como resultado de las diferentes actividades productivas, es muy compleja. Los cambios más importantes dentro de este proceso se dan hacia la agricultura de riego (1,585.03 km<sup>2</sup>) y la agricultura de temporal (1,432.92 km<sup>2</sup>), equivalentes a 6% de la superficie total de la cuenca. El análisis de los cambios de uso de suelo realizado por Fregoso & Esquivel (2007) muestra que los cultivos en general presentan una tasa de cambio cero: se mantiene un equilibrio entre la apertura de zonas de cultivo y el abandono de otras. En contraste, los asentamientos humanos son la cobertura con la mayor tasa de crecimiento en la cuenca.

Otro proceso importante de cambio de uso de suelo es la deforestación y conversión de la vegetación natural hacia coberturas antrópicas. Las transformaciones principales son hacia agricultura de temporal (1,957.01 km<sup>2</sup>) y pastizales inducidos (1,529.29 km<sup>2</sup>), los cuales representan 6.6% de la superficie total de la cuenca. Los matorrales subtropicales y los bosques de encino son los más afectados por este proceso; los primeros perdieron un área de 1,236.55 km<sup>2</sup> y los segundos 880.54 km<sup>2</sup> en el periodo 1976–2000. Un tercer proceso de cambio se da por la recuperación de la vegetación natural. Este se realiza principalmente por el abandono de tierras agrícolas de temporal y pastizales inducidos que, al liberarse de la presión antrópica, dan paso a una sucesión secundaria. Las coberturas con mayor recuperación son las de matorral subtropical (964.49 km<sup>2</sup>) y los bosques de encino (430.29 km<sup>2</sup>). El 36% de la cuenca Lerma-Chapala presenta algún proceso de degradación de suelos. Entre los procesos de degradación con mayor distribución se encuentran la declinación de la fertilidad (que representa 22.7%) y la erosión hídrica superficial (10.3%). El cuarto proceso es la degradación de la vegetación natural y es el que ha tenido un mayor impacto en los remanentes de vegetación natural de la cuenca. Se reconoce cuando los fragmentos de vegetación registrados como vegetación primaria en 1976 han cambiado en su estructura y fisonomía a vegetación secundaria para el año 2000 (1,885 km<sup>2</sup>). Los agentes de cambio vinculados a este proceso son, por un lado, el avance de la frontera agrícola de temporal y, por otro, el avance de la actividad pecuaria de tipo extensivo que se practica en las áreas de vegetación natural. El quinto proceso es la degradación de los cuerpos de agua causado principalmente por las actividades humanas (Fregoso & Esquivel, 2007).

En cuanto a la invasión a la zona lacustre, hay un proceso intenso de ocupación de playas en la sección noroeste del lago, en una franja de 65 kilómetros que va desde San Juan Tecomatlán hasta Tuxcueca. Esto derivado de la intensa ocupación urbana y la presión turís-

tica, combinado con la falta de verificación y vigilancia por parte de las autoridades. Entre las construcciones que han invadido parcial o completamente espacios en el lecho del lago se cuentan lo mismo construcciones particulares (casas, patios, hoteles y marinas) que infraestructura pública, incluyendo malecones y zonas de esparcimiento (Juárez, López & Orozco, 2021).

Los procesos erosivos causados por deforestación y cambios en el uso del territorio han arrastrado una gran cantidad de suelo que se mantiene constantemente en suspensión. Las estimaciones respecto al volumen de sólidos depositados en el lago varían ampliamente, y el cálculo más sustentado es el que refiere que entre 1930 y 1977 entraron en promedio 1.81 hm<sup>3</sup> de sólidos. La pérdida de 1 millón de hectáreas de vegetación natural en el periodo 1980–2000 (Cotler et al., 2007), así como de prácticas de cultivo que dejan el suelo al desnudo y favorecen su arrastre.

Se calcula que los municipios de la subcuenca Chapala anualmente pierden entre 100 mil y 400 mil toneladas de suelo (dependiendo de la intensidad de la precipitación), los cuales contribuyen fuertemente al proceso de azolvamiento en presas, bordos y el propio Lago Chapala (Juárez et al., 2013).

## ACCIONES DE MANEJO

El manejo de un territorio tan amplio y diverso como la cuenca Lerma–Chapala es complejo y requiere normatividad clara, capacidad de monitoreo y aplicación de la ley, instituciones sólidas y una fuerte gobernanza, condiciones que han sido desarrolladas pobre o medianamente. La gestión de la cuenca se ha hecho generalmente con enfoques parciales, sin contar con un manejo integral que considere al cuerpo de agua y su cuenca como ecosistemas dinámicos que forman parte de una unidad compleja e interrelacionada.

Desde 1950 hasta la fecha el gobierno federal ha intentado cinco veces establecer un “Plan Maestro” para administrar la cuenca en su conjunto. Sin embargo, los intentos desarrollados en cada ocasión han sido instrumentos técnicos con diversos grados de calidad, pero carentes de respaldo social, lo que ha suscitado una fuerte resistencia y ha descarrilado su instrumentación. El más reciente esfuerzo fue una iniciativa llamada “Estrategia general para el rescate ambiental y la sostenibilidad de la cuenca Lerma–Chapala” (IMTA, 2009), cuyo enfoque dividía la cuenca en cinco subregiones correspondientes al territorio de cada gobierno estatal en la cuenca (Estado de México, Querétaro, Guanajuato, Michoacán y Jalisco).

La Ley de Aguas Nacionales (1992, reformada en 2020 y 2022), sustentada en el Artículo 27 de la Constitución de los Estados Unidos Mexicanos, es el marco institucional para la gestión de aguas en el país. El ejecutivo federal, a través de la Comisión Nacional del Agua (Conagua), ostenta el poder de decisión sobre las aguas nacionales, en este caso específico a través del Organismo de Cuenca Lerma–Santiago–Pacífico como unidad técnica, jurídica y administrativa, con apoyo de su Consejo de Cuenca (integrado por sectores de usuarios) y supervisada por consejos consultivos.

El Consejo de Cuenca Lerma–Chapala funciona con carácter consultivo para discutir y concertar entre los sectores involucrados en la gestión del agua. En caso de desacuerdo la decisión final se la reserva la Conagua a través del Organismo de Cuenca (Cotler et al., 2007). La estructura del Consejo de la Cuenca ha evolucionado con el tiempo, aunque su enfoque básico se ha mantenido: el agua es un recurso que distribuir, basando su acción sobre la asignación de concesiones de uso, con menor consideración al manejo de la agricultura,

biodiversidad acuática, conservación de bosques (como zonas de recarga de agua) y de áreas urbanas, y otros. Como instrumento técnico para la toma de decisiones se utiliza el Convenio de Distribución de Aguas Superficiales (2004), el cual toma como marco de referencia para la distribución de aguas superficiales el volumen del Lago Chapala al 1 de noviembre de cada año. El instrumento ha resuelto algunos conflictos mayores sobre el acceso al agua, incluso en condiciones de sequía, lo que puede considerarse un éxito. Sin embargo, el resto de problemáticas identificadas para el Lago Chapala y su cuenca carecen de figuras de vinculación similares.

Con respecto al manejo y conservación forestal la Comisión Nacional Forestal (Conafor) es la institución que gestiona mayores niveles de recursos para financiar una gama de actividades, como conservación de suelos, viveros, reforestación, control de plagas forestales, entre otros. A pesar del sólido desarrollo en algunas áreas, el esquema que utiliza (dirigido directamente a los propietarios de tierras forestales) muestra debilidades como la falta de atención dirigida a áreas prioritarias para la recarga de aguas subterráneas y el riesgo de no tener recursos para etapas secuenciales de restauración forestal, por ejemplo. Sin embargo, la operación de la Conafor se ha visto severamente mermada por los recortes al sector ambiental ocurridos en el periodo 2012–2022. Varias secretarías y comisiones de nivel estatal tienen funciones similares con diferentes grados de efectividad.

El incentivo económico más utilizado en la zona es el Pago de Servicios Ambientales, cuya superficie beneficiada en 2020 fue de 3 mil hectáreas (Fiprodefo, 2021). Existe potencial para profundizar ese mecanismo, a través del Fondo Forestal Mexicano, que permite a empresas o particulares realizar aportaciones directas, para ser usadas como fondos concurrentes. El manejo adecuado de la cuenca debería tener un peso destacado en términos de conservación de biodiversidad alfa, beta y gamma (especies, poblaciones y ecosistemas), pues la zona está clasificada como “de la prioridad más alta para su conservación” (Arriaga et al., 2000).

En 2010 se creó la Asociación Intermunicipal para la Protección del Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable del Lago de Chapala (Aipromades), un organismo público descentralizado que vincula a 16 gobiernos municipales de Jalisco en la toma de decisiones conjunta para la identificación e instrumentación de proyectos ambientales. Esa estructura ha conseguido avanzar ciertos temas, como el manejo de malezas acuáticas, el manejo de áreas naturales protegidas y acciones de mitigación del cambio climático, aunque el nivel de retos sigue siendo enorme.

Existe un proceso de integración de una red de áreas naturales protegidas (ANP), con zonas montañosas localizadas alrededor del lago (las Sierras de Chapala) para conservar una amplia área de recarga de agua y de generación de otros servicios ambientales. Por su localización y forma se le denomina “Cinturón verde”. Este conjunto de siete sierras alimenta los ríos Zula y La Pasión, además de centenares de pequeños arroyos que drenan al Lago Chapala. El esfuerzo liderado por la Aipromades ya ha conseguido la declaratoria de dos ANP de carácter estatal: Cerro Viejo–Chupinaya–Los Sabinos, decretada en 2013, y Sierra Cóndiro–Canales–San Miguel Chiquihuitillo (2018), que cubren una superficie total de 410 km<sup>2</sup>.

Sin embargo, las ANP decretadas aún no cuentan con personal asignado, consejos ciudadanos constituidos ni presupuesto específico. Aun así, su condición de protección es conocida por grupos locales y pobladores, que le han otorgado cierto nivel de importancia y ha permitido realizar acciones de conservación y manejo diverso por parte de organizaciones civiles, grupos de gobierno e instancias de investigación. Para el caso de la Sierra Cóndiro–Canales, desde 2002 se han realizado más de 90 proyectos pequeños y medianos (refo-

restación, conservación del suelo, control de plagas, agricultura orgánica, instalación de ecotecnias), acompañado de un proceso de capacitación y fortalecimiento organizativo con ocho comunidades campesinas. Los logros del Programa de Desarrollo Sustentable de la SCC, realizado de 2002 a 2012, recibieron premios y reconocimientos en México y el extranjero. En la puesta en marcha de proyectos participaron 23 instituciones (gubernamentales, de la sociedad civil, universidades y otras), la mayoría con la coordinación del Instituto Corazón de la Tierra.

En febrero de 2009 el Lago Chapala obtuvo el estatus de Sitio Ramsar (Humedal de Importancia Internacional), cuya categoría ha tenido un destino similar al de las ANP. Se elaboró un Programa de Conservación y Manejo Ramsar (2010) bajo la coordinación de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp) y la entonces Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable (Semades). Sin embargo, debido a inconsistencias legales, no fue claro cuál institución debía responsabilizarse de su aplicación, ya que la categoría Ramsar no tiene un equivalente de protección en el marco legal de México. El Programa de Manejo del Sitio Ramsar incluye líneas de acción específicas (Protección, Gestión, Restauración, Investigación y CECA —Comunicación, Educación y Conciencia Pública). Sin embargo, el cumplimiento de estas es voluntario, por lo que su aplicación ha sido escasa y no ha tenido actualización a lo largo desde su elaboración.

En lo relativo al control de descargas contaminantes de tipo industrial, existe un conjunto de regulaciones federales de escasa aplicación debido a la alarmante falta de verificación y vigilancia.

En relación con las dos subcuencas adyacentes al lago (Zula y Chapala) se aprobó en 2022 el Programa de Ordenamiento Territorial de la Región Chapala por parte del gobierno de Jalisco.

Regulaciones informales: diversos ejidos y comunidades indígenas aplican acuerdos comunitarios para el uso y conservación de zonas forestales, en particular las denominadas “zonas de uso común”. Es el caso del Sendero el Tepalo (municipio de Chapala), un espacio de uso deportivo y recreativo que sirve de acceso a un área montañosa, cuyo acceso es regulado por los miembros de la Comunidad Indígena de Ajijic.

En la comunidad indígena de Mezcala hay una fuerte tradición de cuidado de sus bosques, negándose a aceptar desarrollos inmobiliarios y cultivos de agave, a pesar de la tentación de ingresos que esto representaría y las presiones económicas subyacentes. En la Sierra Cóndiri-Canales diversos ejidos tienen acuerdos de uso restaurativo y conservación para las zonas de uso común. Está en proceso de formación una red de Escuelas Campesinas (de producción y conservación) como forma de capacitación, intercambio de experiencias y fortalecimiento de trabajo.

En cuanto a procesos de *concientización pública* existen actividades de comunicación y educación ambiental como el Festival de la Aves del Lago Chapala y su Cuenca, organizado en formato casi anual por el Instituto Corazón de la Tierra y organizaciones aliadas. En 2022 la misma organización lanzó una Plataforma de Educación Ambiental del Lago Chapala ([www.lagodechapala.org](http://www.lagodechapala.org)), en la cual se destaca la importancia, características, problemática y soluciones de la cuenca del lago, para promover que grupos y organizaciones locales identifiquen acciones y proyectos en la zona (restauración forestal, agroecología, conservación voluntaria, ecotecnologías, etc.) para promover cooperación y estrategias comunes de conservación.

La percepción pública más generalizada es que los problemas del lago se relacionan directamente con su volumen de agua. Tras el agudo descenso del agua, que alcanzó su



clímax en 2002, en el periodo 2003-2010 hubo abundantes estaciones de lluvia, con una fluctuación del lago de entre 50 y 75% de su volumen máximo. Las expresiones de interés sobre la salud del cuerpo de agua, tanto institucionales como individuales disminuyeron considerablemente en este periodo. La idea general es que, al tener suficiente agua, “el lago está bien”. Podría decirse que el líquido cubre los problemas que yacen debajo de la superficie: sedimentación, contaminación puntual y difusa, pérdida de biodiversidad, eutrofización, etcétera.

## GOBERNANZA DEL LAGO Y SU CUENCA

En 2010 se aplicó un diagnóstico de gobernanza en tres de las 19 subcuencas de la cuenca Lerma-Chapala (Allende, Pátzcuaro y Chapala), utilizando como base la plataforma de Manejo Integral de Cuencas o ILBM (ILEC, 2005) mediante una metodología creada exprofeso para ello, que consta de 60 indicadores (Juárez, 2013). La metodología incluye un proceso de investigación participativa, que permitió el involucramiento de 36 instituciones (académicas, gubernamentales, privadas y de la sociedad civil). La metodología se aplicó nuevamente diez años después (Tinoco et al., 2020), lo que permitió un interesante análisis comparativo, que muestra mejoría en varios aspectos y retroceso en otros, aunque el indicador general de gobernanza mejoró de manera significativa.

Al considerar los seis pilares de gobernanza ILBM (Información, Participación, Instituciones, Políticas de manejo, Tecnología y Financiamiento) resulta evidente, con base en los resultados, que los aspectos mejor desarrollados en las subcuencas analizadas son Información, Participación, Instituciones y Políticas de manejo (aunque su nivel es medio-bajo, entre 4-5 en una escala de 0 a 10); mientras los menos desarrollados son Tecnología y Financiamiento (con valores entre 2-3). Entre los indicadores individuales más preocupantes se encuentran la escasa disponibilidad presupuestal para el manejo de la cuenca, la dificultad para acceder a esos recursos, la falta de incentivos para la participación comunitaria, dificultades para acceder a los resultados de las investigaciones realizadas en la zona y el escaso uso de estas por parte de tomadores de decisiones; la falta de aplicación de las leyes existentes, la falta de tratamiento de las descargas industriales, así como el arrastre de elevados volúmenes de fertilizantes y pesticidas de sitios agrícolas al cuerpo de agua.

El contar con diagnósticos de gobernanza es una ventaja importante, ya que señalan los aspectos más débiles, el nivel de avance de los componentes de gobernanza y los puntos de intervención urgentes. A partir del comparativo entre los periodos 2010 y 2020 se definieron las siguientes conclusiones y propuestas.

*a) Escasa disponibilidad presupuestal para el manejo de la cuenca y dificultad para acceder a esos recursos.* El Fondo Forestal Mexicano tiene potencial para consolidar recursos provenientes de empresas para conservar las zonas de mayor calidad forestal, mediante pago de servicios ambientales. Ligar este fondo a la iniciativa de Cinturón Verde, adicionando recursos del gobierno estatal o federal abonaría de forma importante al respecto. Crear un fondo parecido proveniente de impuestos a la actividad turística podría funcionar de manera similar, dado el alto impacto que esa actividad tiene en la ribera noroeste del lago. Ambos podrían ser el antecedente para crear un fondo para el manejo y recuperación del Lago Chapala, fortaleciendo los diversos instrumentos de manejo existentes o en proceso.

*b) Falta de incentivos para la participación comunitaria.* A través de la puesta en marcha de proyectos locales se han fortalecido capacidades de grupos comunitarios, principalmente en las subcuencas Zula, Allende y Chapala. El trabajo comunitario, enfocado a empoderar a los grupos poseedores o usuarios de tierras, debe fortalecerse en la cuenca (ya que el porcentaje de población involucrado ha sido mínimo), tomando como base las experiencias exitosas previas. Asimismo, lo ya realizado requiere amplia visibilización. La articulación de grupos de productores y de gestores forestales y de cuerpos de agua mediante redes temáticas resultaría en extremo valiosa.

*c) Dificultades para acceder a resultados de las investigaciones y escaso uso de estas por tomadores de decisiones.* Los datos existentes sobre el lago y la cuenca están dispersos, por lo que crear bancos de datos (virtuales o físicos) abonaría a la solución de esta carencia. Asimismo, debe hacerse un esfuerzo para “traducir” los resultados a un lenguaje asequible para el público no especializado y asegurar la divulgación de los datos de forma amplia, a través de medios de comunicación y redes de divulgación. La plataforma de Educación Ambiental del Lago Chapala y su Cuenca es una alternativa que puede fortalecerse, con referencias a la información y amplio material gráfico. También se debe promover la investigación y el monitoreo de los indicadores ambientales en la cuenca, afinando las herramientas existentes en el sector gubernamental (niveles federal y estatal) universidades y centros privados de investigación. También hay que asegurar que la información se entienda y aplique en la toma de decisiones es esencial, así como fortalecer mecanismos de divulgación y educación ambiental, para crear conciencia pública e involucrar a diferentes sectores sociales en el proceso.

*d) La falta de aplicación de las leyes existentes* en cuanto a invasiones al lecho del lago y lo relativo a vertidos industriales es preocupante. Lo anterior se deriva, en parte, de una fuerte reducción presupuestal (de hasta 75%) a instancias ambientales del gobierno federal, iniciada en 2012 y continuada hasta ahora. Si bien existen normativas específicas para la verificación del tratamiento de las descargas industriales, estas se aplican de forma escasa por las condiciones referidas al inicio del párrafo y por el peso económico de las empresas, ya que en varios casos representan una importante fuente de empleos.

*e) Escasa coordinación entre sectores para el manejo de cuenca.* El Consejo de la Cuenca Lerma-Chapala, como órgano auxiliar de la Conagua, ha tenido un papel central en las decisiones con respecto a la distribución del agua y en la reducción de conflictos entre los grupos de usuarios, pero tiene escasa injerencia en temas de manejo de cuenca, como ordenamiento territorial, vigilancia sobre vertidos industriales, el mejoramiento de las prácticas agrícolas y ganaderas, así como la conservación de zonas de recarga, por mencionar algunos. Para lograr una mejor gestión se requiere crear figuras de colaboración complementarias (una opción es una Comisión Intersecretarial, como se propuso en la Sesión Especial Lerma-Chapala del 14th World Lake Conference; Juárez, Coord., 2011) que consideren la conservación de áreas forestales, el control de fuentes de contaminación difusa, el control efectivo de la contaminación industrial y la gestión de cuerpos de agua (tanto lóticos como lénticos) con un enfoque ecosistémico. En este sentido, una opción relativamente sencilla de instrumentar es el fortalecimiento de los Grupos de Trabajo del propio Consejo de Cuenca (algunos emergentes y otros con años de experiencia). La aparición y muerte de organizaciones civiles ha sido una constante, y son escasas las que sobreviven por periodos largos. Sin embargo, estas pocas han desempeñado papeles muy valiosos al condensar aprendizajes y experiencias. Estas están mayormente centradas

en la visibilización de la problemática, el desarrollo de proyectos (forestales, pesqueros, agrícolas) y fortalecimiento de capacidades locales, así como información pública y educación ambiental. A partir de 2005 ha habido un aumento en las acciones conjuntas de organizaciones civiles entre sí y con instancias académicas y grupos gubernamentales. En cuanto a la población en general, ha habido poca participación en los procesos, lo que es uno de los temas pendientes que deben abordarse a profundidad.

También es necesario aumentar la eficacia de las estrategias de trabajo conjunto entre agencias gubernamentales, academia, instituciones de investigación y organizaciones de la sociedad civil, pues, a pesar de un largo historial de conflictos, muestra también casos de éxito valiosos y replicables, tanto a nivel de subcuenca como de la cuenca Lerma-Chapala en su conjunto.

## CONCLUSIONES

Las condiciones de degradación del ecosistema acuático y los ecosistemas forestales asociados que se refieren en este capítulo han generado un conjunto de riesgos para la población que depende de los servicios ambientales que provee el Lago Chapala (agua para consumo humano, irrigación, pesca, regulación climática, etc.). Sin embargo, estas afectaciones no se manifiestan de forma uniforme en las comunidades ribereñas, y son Mezcala y San Pedro Itzcán (ambas en el municipio de Poncitlán, Jalisco) dos de las más afectadas, en particular en lo que se refiere a manifestaciones de daño renal. La explicación a esta crítica situación requiere considerar factores específicos para ambas localidades, entre los que se incluyen situaciones de bajo nivel socioeconómico, exposición directa e indirecta a pesticidas y, un punto que requiere especial atención y al que se dedica una parte importante del esfuerzo de este libro, acceso a agua de calidad para el consumo de los pobladores. En la atención a estas condiciones reside una parte importante de la solución a la crítica situación enfrentada por los habitantes de estas localidades.

## REFERENCIAS

- Aipromades. (2021). *Segundo Informe Aplicación de Recursos para la Elaboración del Plan Integral de Maleza Acuática Chapala SEMADET/DJ/DERN/045/2021* [Informe técnico]. Asociación Intermunicipal para la Protección del Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable del Lago de Chapala.
- Arriaga, L., Espinoza, J. M., Aguilar, C., Martínez, E., Gómez, L., & Loa, E. (Coords.). (2000). *Regiones terrestres prioritarias de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. Conabio.
- Baltierra, I. (2021). *Contaminantes químicos y microbiológicos en el agua para consumo humano en la Ciénega de Chapala Michoacán-Jalisco* [Tesis de maestría]. Instituto Politécnico Nacional. <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/30507/Tesis%20de%20Isaac%20Baltierra%20Mu%c3%b1z.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Brooks, N. K., Follitt, P., Gregersen, H. M., & DeBano, F. L. (1989). *Hydrology and the Management of Watersheds*. Panima Publishing Co.
- CEA. (2008). *Lago de Chapala*. Comisión Estatal del Agua de Jalisco. <https://www.ceajalisco.gob.mx/contenido/chapala/>
- Conagua. (2005). *Registro Público de Derechos de Agua* [Base de datos digital]. Comisión Nacional del Agua.

- Conagua. (2010). *Reporte de las Estaciones Meteorológicas Chapala, La Barca, Jocotepec y Tizapán El Alto para el periodo 1937-2009*. Departamento de Hidrología y Climatología, Subgerencia Técnica de la Gerencia Regional Lerma-Santiago-Pacífico, Comisión Nacional del Agua.
- Conagua. (2013). *Programa de medidas preventivas y de mitigación de la sequía en la cuenca Lerma-Chapala* [Informe]. Convenio de colaboración CNA-SGT-CIABA-36/2013. Organismo de Cuenca Lerma-Santiago-Pacífico, Consejo de Cuenca; Comisión Nacional del Agua. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/99935/PMPMS\\_CC\\_Lerma-Chapala\\_Parte\\_1.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/99935/PMPMS_CC_Lerma-Chapala_Parte_1.pdf)
- Conagua. (2018). *Estadísticas del agua en México*. Comisión Nacional del Agua, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. [https://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM\\_2018.pdf](https://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2018.pdf)
- Cotler, H., Mazari, M., & De Anda, J. (2007). *Atlas de la Cuenca Lerma-Chapala, construyendo una visión conjunta*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales/Instituto Nacional de Ecología/Universidad Autónoma de México/Instituto de Ecología. 195 pp.
- Dávalos-Lind, L. (1996). Phytoplankton and bacterioplankton stress by sediment-borne pollutants. *Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery*, 5(2), 99-105.
- DOF. (2022, 11 de mayo). Ley de Aguas Nacionales. *Diario Oficial de la Federación*. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lan.htm>
- DOF. (2004, 14 de diciembre). Convenio de Coordinación para la Distribución de Aguas Superficiales de la Cuenca Lerma Chapala. *Diario Oficial de la Federación*.
- Filonov, A. E., Tereshchenko, I. E., Monzón, C. O., Sánchez, R., & Figueroa, A. (2005). Estudio del régimen hidrometeorológico del Lago de Chapala. En M. M. G. Orozco & V. J. García (Comps.). *Diagnóstico Ambiental del Lago de Chapala*. Universidad de Guadalajara.
- Fiprodefo. (2021). *Reporte de categorías apoyadas para la convocatoria 2021*. Fideicomiso para la Administración del Programa de Desarrollo Forestal del Estado de Jalisco.
- Fregoso, A. & Esquivel, N. (2007). Cambios de uso de suelo. En H. Cotler, M. Mazari & J. De Anda (Eds.), *Atlas de la Cuenca Lerma-Chapala, construyendo una visión conjunta* (pp. 116-117). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales/Instituto Nacional de Ecología/Universidad Autónoma de México/Instituto de Ecología.
- Gutiérrez, R., Barba, G. & Del Toro, M. R. (2008). *Ficha Informativa de los Humedales Ramsar (2006-2008). Lago de Chapala*. Instituto de Derecho Ambiental AC; Universidad de Guadalajara/Secretaría de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable/Gobierno de Jalisco. [https://semadet.jalisco.gob.mx/sites/semadet.jalisco.gob.mx/files/ficha\\_lagodechapala.pdf](https://semadet.jalisco.gob.mx/sites/semadet.jalisco.gob.mx/files/ficha_lagodechapala.pdf)
- ICT. (2023). *Chapala, un algo vivo: Plataforma de Educación Ambiental del Lago Chapala*. Instituto Corazón de la Tierra. [www.lagodechapala.org](http://www.lagodechapala.org)
- IIEG. (2021). *Chapala. Diagnóstico del municipio*. Instituto de Información, Estadística y Geografía de Jalisco. Gobierno de Jalisco. <https://iieg.gob.mx/ns/wp-content/uploads/2022/01/Chapala-1.pdf>
- IIEG. (2021b). *Poncitlán. Diagnóstico del municipio*. Instituto de Información, Estadística y Geografía de Jalisco. Gobierno de Jalisco. <https://iieg.gob.mx/ns/wp-content/uploads/2021/10/Poncitlan-C3%A1n-1.pdf>
- ILEC. (2005). *Managing Lakes and their Basins for Sustainable Use: A Report for Lake Basin Managers and Stakeholders*. International Lake Environment Committee Foundation.

- IMTA. (2009). *Estrategia general para el rescate ambiental y sustentabilidad de la cuenca Lerma-Chapala*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua/Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/EGRASCLCH.pdf>
- INEGI. (1994). *Espacio mapa Guadalajara, hoja F13-12*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- Juarez, A. (Coord.). (2011). *Report on the Lerma-Chapala Basin Special Session. 14th World Lake Conference, Austin Texas*. International Lake Environment Committee Foundation/Texas State University.
- Juárez, A. (2013). *Construcción de indicadores de gobernanza para el manejo integral de cuencas*. En S. Peniche, M. G. Romero, J. González, J. Cortés, F. González, M. Guzmán, E. Macías & G. Zavala. *Gobernanza del agua en las ciudades. Perspectivas y estrategias en la cuenca del Río Santiago*. Universidad de Guadalajara.
- Juárez, A., López, L. & Orozco, N. (2021). *Ficha Informativa ILBM (Lake Brief) del Lago Chapala, México*. Instituto Corazón de la Tierra/Red Mexicana de Cuencas Hidrográficas/International Lake Environment Committee Foundation.
- Lozano-Kaste, F., Sierra-Díaz, E., Cremades, R., Salcedo-González, J. R., Sandoval-Pinto, E., Peregrino-Lucano, A. A., Fausto-Guerra J. & González-Chávez, H. (2021). Evaluación de enfermedad renal crónica en pacientes pediátricos de una comunidad de subsistencia agrícola y pesca en el Lago de Chapala, México. *Bol Col Mex Urol*, No. 36, 1-7. [https://bit.ly/enfermedadrenalcronica\\_](https://bit.ly/enfermedadrenalcronica_)
- Moncayo, E. R. & Escalera, C. (2005). Peces del Lago de Chapala. *La Biodiversidad en Michoacán, Estudio de Estado*. Comisión Nacional para la Conservación y Uso de la Biodiversidad/Gobierno de Michoacán/Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente/Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Sánchez, J., Nuño, S., Martínez, J. & Ruiz, R. (2018). *Reporte de análisis de datos de Calidad del Agua del Lago de Chapala*. Departamento de Matemáticas y Física. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente (ITESO).
- Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable (s.f.). Programa de Manejo Ramsar del Lago de Chapala. [https://semadet.jalisco.gob.mx/sites/semadet.jalisco.gob.mx/files/programa\\_de\\_conseervacion\\_y\\_manejo.pdf](https://semadet.jalisco.gob.mx/sites/semadet.jalisco.gob.mx/files/programa_de_conseervacion_y_manejo.pdf)
- Semadet. (2021). *Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial Regional - Plan Regional de Integración Urbana, Región Chapala*. [https://siga.jalisco.gob.mx/ordenamiento/archivos/Chapala/ejecutivo\\_Chapala.pdf](https://siga.jalisco.gob.mx/ordenamiento/archivos/Chapala/ejecutivo_Chapala.pdf)
- Serrano, S. (2021, 21 de marzo). Extracción de agua, con inconsistencias. *Diario NTR*. [https://ntrguadalajara.com/post.php?id\\_notas=163861](https://ntrguadalajara.com/post.php?id_notas=163861)
- SRH. (1973). *Estudio Limnológico del Lago de Chapala, II etapa, vol. I*. Secretaría de Recursos Hidráulicos/Universidad Nacional Autónoma de México.
- Tinoco, C. M.; Pérez, O. , Vázquez, G. Sahagún, G. & Juárez, A. (2020). “Gobernanza de la cuenca del Lago Chapala: Identificación de fortalezas y debilidades para su manejo”. Informe de evaluación, parte del proyecto: Proyecto ANID/FONDAP/15130015. Programa de Doctorado en Ciencias Ambientales de la Universidad de Concepción, Chile.
- Valdés, A., Guzmán, M. & Peniche, S. (2000). *Chapala en crisis, Análisis de su problemática en el marco de la gestión pública y la sustentabilidad*. Universidad de Guadalajara. <https://riudg.udg.mx/bitstream/20.500.12104/73713/1/BCUCEA00012.pdf>

