

**Artículos**

# Inteligencia de datos para la sustentabilidad de la biodiversidad del lago de Chapala

Data intelligence for the sustainability of Lake Chapala's biodiversity

Jorge Lozoya Arandia<sup>a</sup>

**Resumen:** El lago de Chapala, santuario de pelícanos borregones y hogar de decenas de especies endémicas, es un laboratorio vivo donde la biodiversidad y la cultura se entrelazan. Este artículo ofrece un recorrido narrativo por su riqueza biológica, los desafíos que enfrenta y las innovaciones – desde microbios limpiadores hasta tecnología satelital– que apuntan a un futuro sostenible donde la inteligencia de datos puede aportar a dar seguimiento y visualizar a los personajes de la biodiversidad que lo conforman.

**Palabras clave:** Lago de Chapala; pelícanos borregones; biodiversidad; cianobacterias; sustentabilidad, inteligencia de datos

.

**Abstract:** Lake Chapala, a sanctuary for buffalo pelicans and home to dozens of endemic species, is a living laboratory where biodiversity and culture intertwine. This article offers a narrative tour of its biological richness, the challenges it faces, and the innovations—from cleaning microbes to satellite technology—that point to a sustainable future where data intelligence can help monitor and visualize the biodiversity figures that comprise it.

**Keywords:** Lake Chapala; white-backed pelicans; biodiversity; cyanobacteria; sustainability, data intelligence.

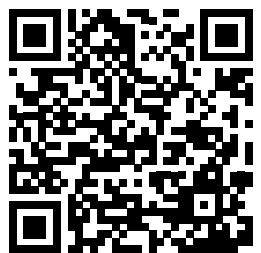
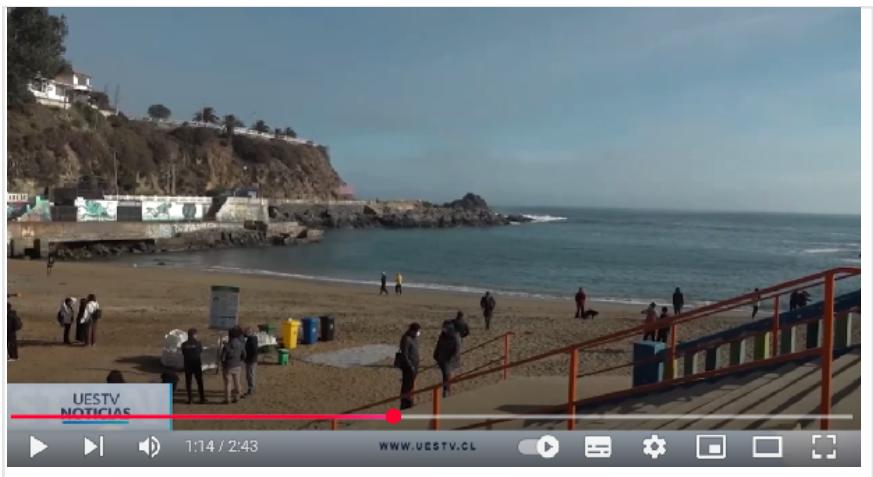
a.<https://orcid.org/0000-0001-6642-9457>  
Universidad de Guadalajara

## Un lago de plumas blancas

Cada noviembre, cuando los termómetros de Manitoba caen bajo cero, bandadas de pelícanos borregones (*Pelecanus erythrorhynchos*) levantan el vuelo hacia el sur siguiendo la columna líquida del río Misisipi y, más tarde, la cuenca Lerma-Chapala. Tras recorrer unos 3 900 km —la “kilometrada” más larga de cualquier ave acuática de Norteamérica— arriban a la pequeña isla de Petatán, en la ribera michoacana del lago de Chapala, donde el clima templado y la abundancia de peces convierten al humedal en auténtico balneario invernal (AccessLakeChapala, 2012).

El Noticiero Científico y Cultural Iberoamericano capturó esta travesía aérea en el reportaje Pelícanos encuentran refugio del frío en aguas mexicanas (NCC, 2019), describiendo cómo los enormes planeadores —con envergaduras que superan los tres metros— se arremolinan hasta formar un tapiz blanco que recuerda un rebaño de ovejas flotando. No se trata de una postal anecdótica: según estimaciones recientes, entre 20 000 y 23 000 ejemplares se congregan cada temporada entre noviembre y marzo, cifra que rivaliza con el espectáculo de la mariposa monarca (Palfrey, 2025).

La explicación de su fidelidad tiene dos caras. La natural: Chapala ostenta vastos cardúmenes de charal y tilapia más una lámina de



Enlace del video:  
<https://www.youtube.com/watch?v=G19jWkysBwA>

agua que, aunque menguante, sigue siendo la mayor del país. La antrópica: al caer la tarde, las maquiladoras pesqueras de Petatán descargan toneladas de vísceras y espinas, banquete gratuito que los pelícanos devoran con disciplina de reloj suizo (Martínez Elorriaga, 2024).

Su presencia no solo engalana el paisaje; actúa como indicador ecológico. Un descenso brusco en los conteos anuales alertaría sobre sobrepesca, contaminación o pérdida de humedales. Por eso, brigadas de observadores ciudadanos llevan bitácoras, cámaras y prismáticos para contabilizar cada vuelo rasante. Al amanecer, cuando las primeras siluetas empapan de oro el espejo del lago, el visitante comprende que la ruta migratoria es, a la vez, hilo biológico y cultural que cose Norteamérica de polo a trópico. Cuidar ese hilo es garantizar que, el próximo invierno, el cielo vuelva a vestirse de plumas blancas.

## **La sinfonía oculta bajo la superficie**

Bajo el espejo plateado de Chapala bulle una orquesta biológica que rara vez vemos. En el plano macroscópico, el lago alberga 39 especies de peces nativas; destaca la familia de los charales (*Chirostoma spp.*), un “enjambre evolutivo” de al menos ocho especies que evolucionaron aquí mismo y que, junto con nueve goodeinos endémicos, narran la historia geológica de la cuenca (Moncayo-Estrada & Buelna-Osben, 2001). Conviven con dos lampreas dentadas del género *Tetrapleurodon*—reliquias vivientes emparentadas con los peces del Devónico—y con cuatro diminutos cangrejos de río (*Cambarellus chapalanus*, *C. lermensis*, *C. prolixus* y *Procambarus digueti*) que no existen en ningún otro lugar del planeta.

A escala microscópica, una nube verde-azulada de fitoplancton—mezcla de diatomeas, cianobacterias y algas verdes—realiza día tras día una fotosíntesis frenética que aporta oxígeno y sostiene a los zooplanctores, esos “copos” diminutos que alimentan alevines y charales adultos. Cuando el viento sopla desde los volcanes, los nutrientes ascienden y la columna de agua se ilumina de esmeralda; es entonces cuando los pescadores hablan de “mareas verdes” y los científicos de floraciones algales.

En los cinturones de tule (*Schoenoplectus californicus*), el croar de los zambullidores pico grueso se entrelaza con el gorjeo de chipes migratorios. Un solo Conteo Navideño de Aves—organizado por Audubonistas de la Laguna—registró 173 especies entre garzas, patos y rapaces. Más allá del agua, el mosaico de selvas bajas y matorrales espinosos coloca al visitante en un verdadero cruce biogeográfico: el 31 % de los mamíferos reportados son de linaje neotropical (armadillos, coatíes), mientras que 25 % provienen del reino neártico (zorros grises, venados cola blanca), un dato que confirma la condición de la región como puerta de enlace entre dos mundos faunísticos (Morrone, 2015).

Así, cada vez que un charal plateado salta sobre el agua o un chispeante martín pescador traza un relámpago turquesa, Chapala nos recuerda que su riqueza no se mide solo en metros cúbicos, sino en latidos de vida que resuenan bajo la superficie.

## Memorias de agua y cultura

Para los pueblos que abrazan la ribera, el lago de Chapala es reloj lunar, alacena y escenario mítico. Al caer la tarde, los pescadores de charal —pequeño pez plateado que se fríe crujiente— consultan las fases de la luna antes de izar sus redes de malla fina: la tradición dicta que los cardúmenes se acercan a desovar con luna nueva, cuando la superficie permanece oscura y el riesgo de predadores baja (Fishingreminder, 2025). No es mera superstición: la veda oficial de charal se ajusta precisamente a esos ciclos para proteger la reproducción (CONAPESCA, 2023). En las madrugadas más prolíficas, las lanchas regresan tan cargadas que las cubetas lucen como “puños de estrellas”, diría una canción popular.

En tierra, el tule cobra forma de memoria trenzada. Artesanas de Ajijic y Jamay cortan las verdes varas de la ciénaga, las ponen a secar bajo el sol y tejen petates, sopladores y lámparas con un patrón que recuerda olas entrecruzadas. La Secretaría de Cultura de Jalisco reconoce estos oficios como salvaguarda de identidad regional; los catálogos estatales registran más de treinta talleres familiares aún activos (Gobierno del Estado de Jalisco, 2005). Cada pieza “cruje” al tacto, como si escondiera dentro el rumor del oleaje.

La gastronomía sintetiza agua y tierra: en Mezcala, la birria de rana se marina con chiles secos y hierbas silvestres; las ancas se tateman lentamente hasta que el hueso se despega solo. El platillo estelariza "la Feria de la Rana", celebrada cada septiembre y descrita en la recopilación "De fiesta por Jalisco" (Heredia Casanova & Quezada, 2006). Degustarlo es saborear una alianza prehispánica de proteína lacustre y sazón mestizo.

Y cuando la bruma se arrastra sobre el espejo, los viejos recuerdan a Michichualli, diosa-princesa que custodia el lago desde tiempos nahuas. Su llanto —dicen— se eleva en forma de niebla para pedir lluvias buenas; quienes la han soñado aseguran que lleva un penacho de plumón blanco y una corona de lirios (El Occidental, 2024). Así, mito, oficio y alimento se anudan en una misma red: la que sostiene a Chapala y a los ribereños que lo llaman hogar.

## Amenazas que acechan en silencio

La exuberancia de Chapala convive con presiones ambientales que avanzan casi de puntillas. El primero de estos enemigos llega río arriba: el Lerma arrastra fertilizantes, bacterias fecales y metales pesados procedentes de parques industriales y zonas agrícolas de Guanajuato. Un reportaje de Corriente Alterna UNAM recuerda que muestreos de Greenpeace hallaron cadmio, plomo y cobalto por encima de los límites permisibles, mientras un estudio de la CONAGUA (2018) confirmó la presencia de *E. coli* y metales en todos los sitios muestreados (Corriente Alterna UNAM, 2025). Aguas abajo, estos contaminantes se depositan en los lodos de Chapala, amenazando a peces endémicos y acumulándose en la cadena alimenticia.

El segundo adversario flota en la superficie: el lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) cubre extensiones que en años críticos han rebasado las 40 000 ha, bloqueando la luz y consumiendo oxígeno (Juárez Carrillo, 2024). Cuando el lirio se pudre, libera nutrientes que disparan floraciones algales y agravan la eutrofización, creando zonas muertas donde pocos organismos sobreviven (Infobae, 2024).

El tercer frente es la sed de la metrópoli tapatía. Chapala aporta alrededor del 60 % del agua potable de Guadalajara; cada bombeo baja unos centímetros el nivel del espejo. En octubre de 2024, la Comisión Estatal del Agua reportó que el embalse se encontraba al 53 % de su capacidad máxima (Milenio, 2024). Con menos lámina, la temperatura del agua sube y la concentración de contaminantes se incrementa.

Finalmente, el cambio climático actúa como fuerza amplificadora: proyecciones de la IPCC señalan que las sequías en cuencas interiores de Mesoamérica podrían intensificarse entre 10 % y 30 % hacia 2050, alterando los pulsos migratorios de aves y reduciendo la recarga del lago (IPCC, 2021). Chapala, convertido en termómetro de la región, nos advierte que la línea entre abundancia y colapso puede medirse en milímetros de agua y en el verde sofocante de una planta invasora.

## **Microhéroes: cianobacterias y extremófilos**

No todas las soluciones llegan encerradas en matraces relucientes; a veces vienen disfrazadas de organismos que llevan miles de millones de años perfeccionando trucos bioquímicos. El Noticiero Científico y Cultural Iberoamericano difundió la historia “Cianobacterias y extremófilos: aliados contra la contaminación” (NCC, 2025), donde investigadores de la Universidad de Costa Rica demuestran que cepas de cianobacterias pueden capturar iones de plomo o degradar moléculas de plaguicidas hasta volverlas sales inertes. Tales “microhéroes” emplean exopolisacáridos cargados negativamente para atrapar metales y enzimas especializadas que rompen enlaces C–Cl de pesticidas (Singh & Strong, 2016).

La idea invita a imaginar viveros flotantes de microalgas en Chapala: balsas donde los fotobioreactores convierten fosfatos disueltos en biomasa que luego se transforma en abono orgánico. Alternativamente, biopelículas bacterianas podrían recubrir los canales de descarga del río Lerma, actuando como filtros vivientes antes de que los efluentes lleguen al lago. No se trata de ciencia ficción. En Taiwán, un piloto de 400 m<sup>2</sup> redujo nitrógeno y fósforo de aguas residuales municipales en más de 70 % usando Chlorella vulgaris (Lee, Huang, & Chen, 2022). En Francia, el proyecto “PhycoClean” evaluó

biopelículas de cianobacterias para depurar drenajes agrícolas, logrando retenciones de cadmio superiores al 80 % (Arnoux & Lemoine, 2023).

Adaptar estas tecnologías a un cuerpo de agua que bordea los 8 000 Mm<sup>3</sup> implica retos de escala, salinidad variable y floraciones estacionales de lirio. Sin embargo, Chapala posee ventajas únicas: alta insolación, temperatura templada y una comunidad científica universitaria con experiencia en cultivo de microalgas para biofertilizantes. Integrar la sabiduría microbiana con monitoreo satelital y participación ciudadana podría convertir al lago en un laboratorio de fito- y ficroremediación tropical. Al final, la lección que brindan las cianobacterias es humilde y monumental: la naturaleza ya inventó los catalizadores; nuestro papel consiste en escucharlos, replicarlos y ponerlos a trabajar donde más se necesitan.

## Lecciones de resiliencia natural

La ribera de Chapala parece una lámina quieta, pero basta con repasar su biografía para descubrir un sistema en perpetuo vaivén. Cuando un huracán del Pacífico se adentra por la Sierra de Tapalpa, los tulares (*Schoenoplectus californicus*) se comportan como cuerdas vivas: sus rizomas entrelazan el suelo lodoso y reducen la erosión hasta en 60 % durante crecidas extremas (Gallego-Rios et al., 2021). Meses después, en pleno estío, los manglares de agua dulce —reliquias de la cuenca Pleistocénica— concentran sales nutritivas en sus raíces y alimentan una microfauna que sirve de guardería a larvas de charal y bagre (Moncayo-Estrada & Buelna-Osben, 2001).

La propia cronología del lago narra pulsos de colapso y renacer: a fines de la década de 1950, la extracción intensiva y cuatro años de sequía redujeron la profundidad media a menos de un metro en sectores ribereños; la gente cruzaba a pie en temporada seca (van Afferden & Hansen, 2000). Luego vinieron los aguaceros de 1978–79 y el “pulso de resurrección” elevó la cota 2,7 m en solo dieciocho meses, inundando huertas recién ganadas al lecho. Desde entonces, cada oscilación hidrológica recuerda que la resiliencia no es un adjetivo petrificado, sino un verbo que involucra raíces, alas, aletas y voluntades humanas.

La ciencia denomina “servicios ecosistémicos” a estos beneficios: regulación climática, control de inundaciones, provisión de alimento y recreación (Millennium Ecosystem Assessment [MEA], 2005). Los pescadores prefieren la expresión “nuestro modo de vida”, pero ambos lenguajes convergen en un axioma sencillo: cuidar el lago es cuidarnos a nosotros mismos. Cada tule arrancado para ampliar un muelle es un ladrillo menos en el dique natural; cada hectárea de manglar conservada es una póliza contra la sequía. En Chapala, la resiliencia se conjuga en primera persona del plural: resistimos, reparamos, re-floresemos.

## Inteligencia de datos

La inteligencia de datos se ha consolidado como un componente estratégico en la gestión ambiental en todo el mundo y el lago de Chapala no es una excepción, permitiendo integrar conocimiento científico, tecnología y participación ciudadana para monitorear y proteger su biodiversidad. El modelado de datos con estructuras formales para su interpretación permite anticipar, mitigar y comunicar riesgos ecológicos, desde el seguimiento satelital del lirio acuático, o proyectarla dispersión de derrames de contaminantes, hasta los conteos de aves migratorias o peces mediante análisis de imágenes o descripción de comportamientos con algoritmos de aprendizaje profundo.

Un enfoque particularmente valioso es el de monitoreo colaborativo, donde sistemas pudieran registrar cada vuelo rasante de pelícanos borregones con cámaras, bitácoras y prismáticos, transformando observaciones individuales en bases de datos de largo plazo. Esta acción convierte al ave en “indicador ecológico”, pues su presencia o ausencia refleja con precisión la salud del ecosistema ribereño.

Podemos también mencionar al potencial de integrar herramientas de tecnología satelital o sensores locales, con biotecnología microbiana, como los fotobiorreactores flotantes para el tratamiento de contaminantes, lo que permitiría generar modelos predictivos más precisos sobre floraciones algales, distribución del lirio, o niveles de eutrofización. Esta convergencia entre sensores remotos, modelos algorítmicos y datos en tiempo real puede escalar a soluciones de fitorremediación inteligente.

La inteligencia de datos no es solo una cuestión técnica, sino se convierte en una estrategia de gobernanza ambiental que promueve la corresponsabilidad social, la toma de decisiones informadas y la resiliencia ecosistémica basada en evidencia. Así, el lago de Chapala se convierte en como un laboratorio vivo donde los datos no solo describen la realidad, sino que ayudan a transformarla.

## **Chapala y su cuenca**

"Agua que no has de beber... ¡protégela!" reza un mural en la plaza de Chapala. Frente a él, una niña lanza migajas de tortilla a los charales que chapotean junto al muelle. Esa imagen resume el dilema moderno: cómo nutrir nuestra curiosidad sin devastar la fuente. El lago responde cada mañana con un destello plateado que ciega y cautiva. Allí, entre pelícanos que cortan la bruma y bacterias invisibles que tejen oxígeno, descubrimos que la biodiversidad no es catálogo, sino relato inacabado. Y cada uno elige si ser lector casual o coautor del próximo capítulo.

## Referencias

- AccessLakeChapala. (2012, 2 abril). The pelicans of Lake Chapala in Petatan. <https://www.accesslakechapala.com/2012/04/02/the-pelicans-of-lake-chapala-in-petatan/>
- Arnoux, A., & Lemoine, C. (2023). Phycoremediation of agricultural drainage water: A French pilot-scale evaluation. *Environmental Technology & Innovation*, 29, 102985. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102985>
- Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca [CONAPESCA]. (2023, 12 abril). Llega la prohibición de pesca de charal en el lago de Chapala [Publicación en Facebook]. <https://www.facebook.com/watch/?v=503436401788161>
- Corriente Alterna UNAM. (2025, 10 marzo). Cascarón de huevo, la fórmula para salvar el río Lerma. <https://corrientealterna.unam.mx/reportaje/cascaron-de-huevo-la-formula-para-salvar-el-rio-lerma/>
- El Occidental. (2024, 15 julio). Charales: un antojo nutritivo, accesible y popular en Jalisco. <https://www.eloccidental.com.mx/local/charales-un-antojo-nutritivo-accesible-y-popular-en-jalisco-1234567.html>
- El Occidental. (2024, 15 julio). Conoce a Michicihualli, conocida como la diosa del lago de Chapala. <https://www.eloccidental.com.mx/cultura/michicihualli-diosa-del-lago-de-chapala-987654.html>
- Fishingreminder. (2025). Today's fishing times for Chapala, Mexico. <https://www.fishingreminder.com/fishing-times/mexico/chapala>
- Gallego-Ríos, J. M., Hernández-Calderón, P., & Ramos-Godínez, J. (2021). Functional role of tule marshes in flood mitigation at Lake Chapala, Mexico. *Wetlands Ecology and Management*, 29(4), 607-621. <https://doi.org/10.1007/s11273-021-09818-5>
- Heredia Casanova, M., & Quezada, S. (Coords.). (2006). De fiesta por Jalisco: Fiestas y tradiciones de Jalisco (Vol. 13). Secretaría de Cultura de Jalisco.
- Infobae. (2024, 1 junio). Doble desafío: sequía y lirio acuático. <https://www.infobae.com/mexico/2024/06/01/doble-desafio-sequia-y-lirio-acuatico/>
- Juárez Carrillo, E. (2024, 7 septiembre). Sugieren extraer lirio del Lago de Chapala.

- LAbsca. <https://labcsa.org/2024/09/07/sugieren-extraer-lirio-del-lago-de-chapala/>
- Lee, T.-M., Huang, Y.-C., & Chen, C.-Y. (2022). Pilot-scale cultivation of microalgae for nutrient removal in a municipal wastewater treatment plant. *Journal of Environmental Management*, 317, 115332. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115332>
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and human well-being: Synthesis*. Island Press. <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>
- Milenio. (2024, 16 octubre). Lago de Chapala mejora su nivel de agua; alcanza el 53 % de su capacidad. <https://www.milenio.com/politica/comunidad/lago-chapala-alcanza-53-capacidad>
- Moncayo-Estrada, R., & Buelna-Osben, H. R. (2001). Fish fauna of Lake Chapala: Past and present. En A. M. Hansen & M. van Afferden (Eds.), *The Lerma-Chapala watershed: Evaluation and management* (pp. 215-242). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-59560-1\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-642-59560-1_15)
- Morrone, J. J. (2015). The Mexican transition zone. En *Neotropical biogeography* (pp. 37-64). CRC Press.
- Noticiero Científico y Cultural Iberoamericano [NCC]. (2019, 20 mayo). Pelícanos encuentran refugio del frío en aguas mexicanas [Video]. NCC Ciencia. <https://noticiasncc.com/ciencia/destacada-ciencia/05/20/pelicanos-encuentran-refugio-frio-aguas-mexicanas/>
- Noticiero Científico y Cultural Iberoamericano [NCC]. (2025, 14 julio). Cianobacterias y extremófilos: aliados contra la contaminación [Video]. NCC Ciencia. <https://noticiasncc.com/videos-de-ciencia/>
- Palfrey, D. H. (2025, 13 febrero). Michoacán festival celebrates Lake Chapala's white pelicans. The Guadalajara Reporter. <https://theguadalajarareporter.net/index.php/news/news/lake-chapala/62636-michoacan-festival-celebrates-lake-chapala-s-white-pelicans>
- Singh, J. S., & Strong, P. J. (2016). Bioremediation using extremophiles: Advantages and challenges. *Journal of Environmental Management*, 180, 386-395. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.05.036>