

Estado de la publicación: El preprint no ha sido enviado para publicación

# Cuenca del Lago de Pátzcuaro: deterioro ambiental y desafíos de gestión

Nancy Nelly Zurita-Méndez, Grecia Atenea Huape Padilla, Laura Leticia Padilla Gil, Engelbert Huape Padilla

<https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.17056>

Enviado en: 2026-07-22

Postado en: 2026-07-28 (versión 1)

(AAAA-MM-DD)

## Cuenca del Lago de Pátzcuaro: deterioro ambiental y desafíos de gestión

### Lake Pátzcuaro Watershed: Environmental Degradation and Management Challenges

Nancy Nelly Zurita-Méndez<sup>1</sup>, Grecia Atenea Huape-Padilla<sup>2</sup>, Laura Leticia Padilla-Gil<sup>3</sup>,  
Engelbert Huape-Padilla<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Técnico Académico Asociado “A” de Medio Tiempo, Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México. [nancy.zurita@umich.mx](mailto:nancy.zurita@umich.mx) ; <https://orcid.org/0000-0003-3564-7579>

<sup>2</sup>Directora del Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México. [grecia.huape@umich.mx](mailto:grecia.huape@umich.mx) ; <https://orcid.org/0000-0001-9044-4358>

<sup>3</sup>Directora de la Facultad de Derecho y Ciencias Sociales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México. [laura.padilla@umich.mx](mailto:laura.padilla@umich.mx) ; <https://orcid.org/0000-0002-1833-1604>

<sup>4</sup>Técnico Académico Asociado “A” de Medio Tiempo, Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México. [engelbert.huape@umich.mx](mailto:engelbert.huape@umich.mx) ; <https://orcid.org/0000-0002-1527-1781>

### Resumen

Las cuencas lacustres son sistemas socioecológicos complejos donde interactúan procesos hidrológicos, ecológicos y sociales. En México, existe una brecha entre el conocimiento científico y su aplicación en políticas públicas, lo que limita la conservación efectiva de estos sistemas. El caso del lago de Pátzcuaro ejemplifica esta problemática, ya que ha sido históricamente transformado por actividades humanas y posee un alto valor cultural para las comunidades purépechas. Su carácter endorreico lo hace vulnerable a alteraciones en el balance hídrico y a la acumulación de contaminantes. En las últimas décadas, ha enfrentado degradación ambiental debido a la disminución del nivel del agua, eutrofización, contaminación y sedimentación. Aunque existen avances en política hídrica, como el Plan Nacional Hídrico 2024–2030 impulsado durante la administración de Claudia Sheinbaum, su implementación efectiva sigue siendo limitada. Este trabajo analiza la situación ambiental del lago mediante revisión científica y evaluación de políticas públicas mediante un análisis sistemático bajo el esquema *SALSA* lo que permite identificar áreas de oportunidad para su conservación y restauración.

**Palabras clave:** contaminación; diagnóstico; gobernanza; sistemas socio-ecológicos

### Abstract

Lake basins are complex socio-ecological systems shaped by the interaction of hydrological, ecological, and human processes. In Mexico, a significant gap persists between scientific knowledge and its translation into effective public policy, limiting conservation outcomes. The

Pátzcuaro Lake illustrates this challenge, as its environmental dynamics have been deeply altered by human activities while maintaining strong cultural importance for purépecha communities. As an endorheic system, it is particularly vulnerable to hydrological imbalances and pollutant accumulation. In recent decades, the basin has undergone continuous environmental degradation driven by water level decline, eutrophication, pollution, and sedimentation. Although recent policy efforts, such as the National Water Plan 2024–2030 promoted under the administration of Claudia Sheinbaum, emphasize integrated water management, their effective local implementation remains limited. This study aims to analyze the environmental condition of the basin through a review of scientific literature and a critical assessment of federal and state policy instruments through a systematic analysis under the SALSA scheme, which allows the identification of opportunity areas to strengthen environmental management strategies for the conservation and restoration of this lake system.

**Keywords:** contamination; diagnosis; governance; socio-ecological systems

## 1. Introducción

Las cuencas lacustres han sido ampliamente reconocidas como sistemas socioecológicos de alta complejidad, en los que convergen procesos hidrológicos, dinámicas ecológicas y prácticas humanas que determinan su funcionamiento y resiliencia (Berkes et al., 1998; Carpenter et al., 1999). En el contexto mexicano, sin embargo, persiste una brecha significativa entre el conocimiento científico generado sobre estos sistemas y la implementación efectiva de instrumentos de política pública orientados a su conservación, lo cual ha sido documentado en estudios de gestión lacustre y gobernanza ambiental. Esta desconexión resulta particularmente evidente en cuerpos de agua con alta presión antrópica, como es el lago de Pátzcuaro que se localiza en el estado de Michoacán, cuya dinámica ambiental ha sido profundamente modificada por la interacción histórica entre procesos naturales y actividades humanas (Fisher et al., 2003; Bradbury et al., 2000) y cuya relevancia trasciende lo ambiental para situarse también en el ámbito histórico y cultural.

El lago de Pátzcuaro ha sido, durante siglos, el eje articulador de la vida de las comunidades purépechas, quienes han construido en torno a él no solo formas de subsistencia, sino un entramado cultural profundamente vinculado al territorio, donde el agua posee un valor simbólico, productivo y de alta ritualidad (Aguilera et al., 2024). Desde el punto de vista geológico, se trata de un sistema de origen tectónico-volcánico con una antigüedad de varios miles de años, cuya condición endorreica lo hace particularmente vulnerable a alteraciones en su balance hídrico y a la acumulación de contaminantes (Bradbury et al., 2000; Cázarez et al., 2024), (Figura 1). En este sentido, el deterioro del lago no representa únicamente un problema ecológico, sino también una amenaza directa a la continuidad de los procesos socioculturales que dependen de su integridad.

En las últimas décadas, la cuenca del lago de Pátzcuaro ha experimentado un proceso sostenido de degradación ambiental, impulsado principalmente por actividades humanas. La disminución del nivel del agua, la eutrofización derivada del enriquecimiento de nutrientes, la contaminación por descargas urbanas y agropecuarias, así como la sedimentación acelerada asociada al cambio de uso de suelo, han sido ampliamente documentadas (Cázarez et al., 2024; Sánchez et al., 2011). Sin embargo, más allá de la identificación de estas problemáticas, resulta fundamental reconocer que

su persistencia responde a procesos estructurales relacionados con el manejo inadecuado del territorio, la débil regulación ambiental y la limitada efectividad de los instrumentos de gestión existentes.

En este contexto, la política hídrica en México ha comenzado a incorporar la gestión integral de este recurso, bajo la administración de Claudia Sheinbaum, el Plan Nacional Hídrico 2024–2030 plantea el reconocimiento del agua como un derecho humano y un bien estratégico, articulando ejes relacionados con la soberanía hídrica, la equidad en el acceso, la mitigación de impactos ambientales y la adaptación al cambio climático (Gobierno de México, 2024; Global Water Partnership [GWP], 2000). No obstante, la existencia de estos planteamientos no garantiza, por sí misma, su implementación efectiva en territorios donde convergen múltiples actores, intereses y presiones ambientales, lo que pone en evidencia la necesidad de analizar no solo el diseño de la política, sino sus alcances reales en el ámbito local (Pahl, 2009). A nivel estatal, el Plan de Desarrollo Integral del Estado de Michoacán 2021–2027 (Gobierno del Estado de Michoacán, 2021) incorpora la recuperación de sistemas lacustres como parte de una agenda de sustentabilidad y bienestar social. En este marco, el lago de Pátzcuaro se posiciona como un espacio prioritario de intervención.



**Figura 1.** Representación del sistema socioecológico del lago de Pátzcuaro.  
**Figure 1.** Representation of the socio-ecological system of Pátzcuaro Lake.

Por lo anterior, el presente trabajo tiene como objetivo analizar la situación ambiental de la cuenca del lago de Pátzcuaro mediante la revisión de literatura científica especializada y el análisis crítico de los instrumentos de política pública en los ámbitos federal y estatal, con el fin de identificar

vacíos, inconsistencias y áreas de oportunidad en la gestión ambiental, contribuyendo así al fortalecimiento de estrategias orientadas a la conservación y restauración de este sistema lacustre.

## 2. Materiales y métodos

La metodología de este estudio se estructuró bajo el marco analítico *SALSA* (Search, Appraisal, Synthesis and Analysis) para garantizar la transparencia, replicabilidad y rigor científico en la revisión de la situación ambiental de la cuenca del lago de Pátzcuaro.

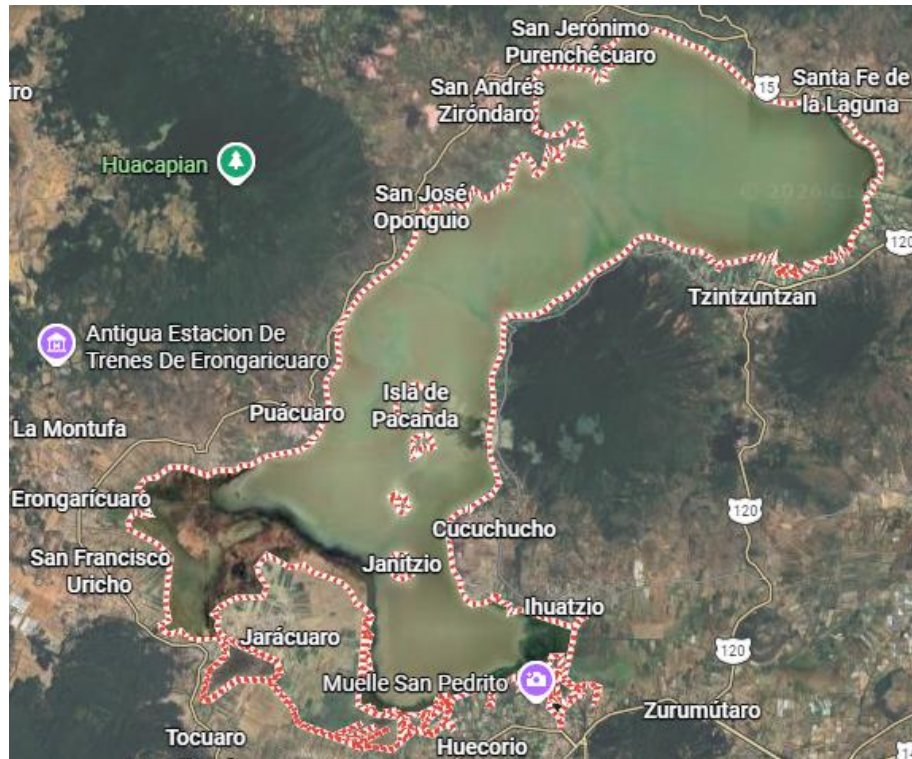
En el proceso de *Búsqueda* (Search) se integró una revisión sistemática de literatura especializada y un análisis detallado de instrumentos de política pública federal y del estado de Michoacán, consultando para ello, bases de datos oficiales como SIATL-INEGI, Gobierno de México y del Estado de Michoacán así como normativas de la Secretaría de Medio Ambiente. En la *Evaluación* (Appraisal) se fundamenta con un análisis crítico orientado a identificar los vacíos y las inconsistencias existentes en torno a la gestión ambiental, los valores que funcionan como indicadores son la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y el Oxígeno Disuelto (OD), así como la carga de nutrientes, también se fundamenta en parámetros socioecológicos que permiten valorar el estado de degradación en la que se encuentra el entorno.

El proceso de la *Síntesis* (Synthesis) se identifica de forma multimodal, ya que combina descripciones narrativas con herramientas como una matriz de articulación entre las Normas Oficiales existentes, la comparativa de nichos tróficos y representaciones gráficas e infográficas desarrolladas mediante inteligencia artificial para modelar procesos complejos como la pérdida histórica de la profundidad que ha experimentado el lago. Finalmente, el *Análisis* (Analysis) adoptó efectos cronológicos que permitieron documentar la evolución del espejo del agua desde 1937, conceptuales para abordar la brecha entre el conocimiento científico y la política hídrica, y temáticos para diagnosticar la crisis de gobernanza y la biodiversidad en la cuenca.

## 3. Caracterización física y socioambiental de la cuenca del lago de Pátzcuaro

La cuenca del lago de Pátzcuaro se localiza en la región central del Cinturón Volcánico Mexicano (CVM), dentro del corredor purépecha en el estado de Michoacán, caracterizada por su complejidad geológica y actividad volcánica histórica. El lago se sitúa aproximadamente a una altitud de 2,035 msnm, tiene una superficie de 929 km<sup>2</sup>, con un área de espejo del lago de 111 km<sup>2</sup> (**Figura 2**) y forma parte de una cuenca endorreica, es decir, un sistema hidrológico cerrado sin salida superficial hacia el mar, lo que condiciona de manera significativa su dinámica hídrica y su alta vulnerabilidad a la acumulación de contaminantes ([Garduño et al., 2006](#)).

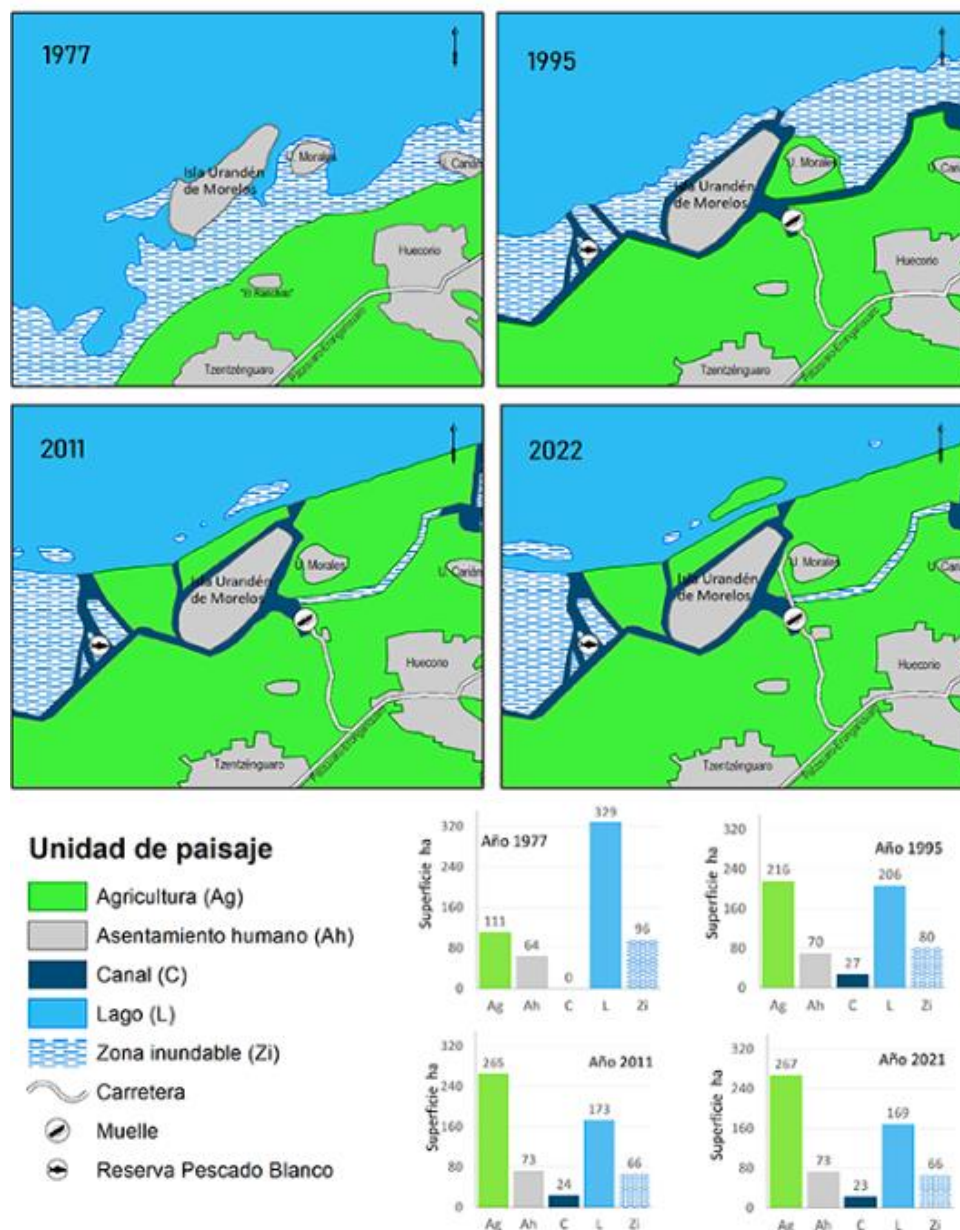




**Figura 2.** Cuenca del lago de Pátzcuaro (SIATL-INEGI, 2021).

**Figure 2.** Basin of the Pátzcuaro lake (SIATL-INEGI, 2021).

El lago alberga principalmente ocho islas: Isla de Janitzio, Isla de Jarácuaro, Isla Pacanda, Isla Tecuena, Isla Yunuén y las tres Islas Uruandenes (Uruandén de Morelos, Uruandén Morales y Uruandén Carián, sin embargo, debido al descenso del nivel del agua, Uruandén Carián y Morales se han convertido en montículos conectados a tierra firme, (**Figura 3**). Uruandén de Morelos, es la isla de mayor tamaño y actualmente se encuentra en rehabilitación ya que se han redescubierto 16 manantiales tras la grave sequía de 2024. La cuenca del lago de Pátzcuaro se extiende a lo largo de los municipios de Erongarícuaro, Quiroga, Tzintzuntzan y Pátzcuaro; incluyendo también, parte de los municipios de Tingambato, Nahuatzen, Coeneo, Huiramba y Lagunillas.



**Figura 3.** Unidades de paisaje delimitadas en Urandén de Morelos a través de los años.  
(Contreras-Figueroa , 2025).

**Figure 3.** Landscape units delimited in Urandén de Morelos, over the years (Contreras-Figueroa , 2025).

Desde el punto de vista físico, la cuenca presenta un sistema hidrológico dependiente principalmente de la precipitación, escurrimientos superficiales y aportaciones subterráneas de baja magnitud. Ésta limitada capacidad de renovación hídrica ha sido identificada como un factor estructural que favorece la acumulación de sedimentos y nutrientes (CONABIO, s.f.). En términos climáticos, la región presenta un clima templado subhúmedo con temperaturas de 12 a 16 °C y con lluvias en verano, lo que genera una marcada estacionalidad en la disponibilidad de agua. Estudios

recientes han señalado que la variabilidad climática, en conjunto con tendencias asociadas al cambio climático, ha incidido en la reducción del nivel del lago; sin embargo, la evidencia sugiere que los factores antrópicos desempeñan un papel predominante en la dinámica actual del sistema (Bradbury, 2000).

En la cuenca de Pátzcuaro se han reconocido los siguientes tipos de vegetación: bosque de coníferas, bosques de encinos, pastizales, vegetación secundaria, vegetación acuática y subacuática. La distribución de todos estos tipos de vegetación forma un mosaico complejo en la zona. Se pueden observar lirios, palmera, juncos, musgo, además de chuspata (tule o ixtle), que se emplea como el mimbre para la elaboración de canastos y artesanías. El área ocupada por la vegetación terrestre corresponde al 55.3% de la superficie de la cuenca sin contar los 111 km<sup>2</sup> del espejo del lago y las áreas urbanas, quedando el resto como tierras de cultivo y áreas de pastizales. La zona de humedales del lago está catalogada como área natural protegida estatal, pero; en las últimas décadas, la cuenca ha experimentado transformaciones significativas en el uso de suelo. La cobertura forestal ha sido progresivamente sustituida por áreas agrícolas y zonas urbanas, lo que ha intensificado los procesos de erosión y el transporte de sedimentos hacia el lago. Datos de uso de suelo confirman una expansión de actividades agropecuarias y una fragmentación de la cobertura vegetal (**Figura 4**), lo que repercute directamente en la infiltración de agua y en la estabilidad del sistema hidrológico (INEGI, 2020). Estos cambios territoriales han sido señalados como factores clave en la aceleración del azolvamiento del lago y en la alteración de su funcionamiento ecológico.



**Figura 4.** Uso de suelo y vegetación del lago de Pátzcuaro (INEGI, 2020).

**Figure 4.** Land use and vegetation of Pátzcuaro lake (INEGI, 2020)

De manera paralela, la calidad del agua del lago ha mostrado un deterioro persistente, asociado principalmente al incremento en la carga de nutrientes provenientes de descargas urbanas, actividades agrícolas y escorrentía superficial. Este enriquecimiento ha favorecido procesos de eutrofización, los cuales han sido documentados tanto en estudios clásicos como en análisis recientes que confirman la continuidad de esta problemática. La persistencia de estos procesos



refleja no solo presiones ambientales, sino también limitaciones en la infraestructura de saneamiento y en la gestión de aguas residuales a nivel local.

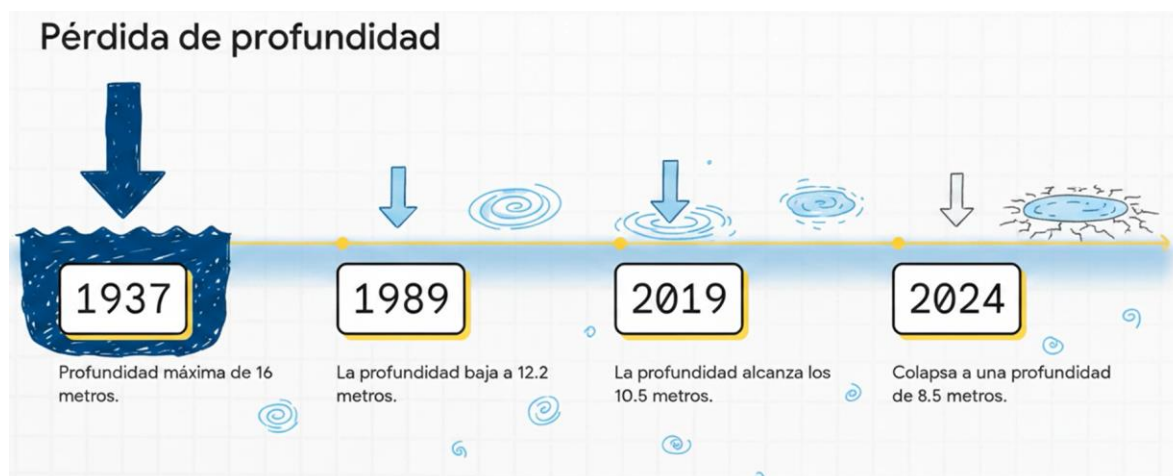
La dimensión socioambiental de la cuenca es particularmente relevante, dado que en ella habitan comunidades con una fuerte dependencia del lago, entre las que destacan poblaciones purépechas. Las actividades económicas predominantes incluyen la pesca artesanal del pescado blanco, charales y la trucha arcoíris; la agricultura de temporal y el turismo, todas ellas estrechamente vinculadas al estado del ecosistema lacustre; sin embargo, estas mismas actividades constituyen fuentes de presión cuando se desarrollan sin esquemas adecuados de manejo, contribuyendo a la sobreexplotación de recursos y a la degradación ambiental. Adicionalmente, el crecimiento poblacional y la expansión urbana en localidades ribereñas han incrementado la demanda de agua y la generación de aguas residuales, muchas de las cuales son descargadas sin tratamiento suficiente (Aguilera et al., 2024). Esta situación agrava los problemas de contaminación y pone en evidencia las limitaciones en la gestión local del recurso hídrico, particularmente en lo que respecta a la cobertura y eficiencia de los sistemas de saneamiento.

En conjunto, la evidencia reciente confirma que el lago de Pátzcuaro se encuentra en un proceso sostenido de reducción de su volumen y superficie, sin señales claras de recuperación en las últimas décadas. Este fenómeno responde a la interacción de factores climáticos y, de manera más significativa, a presiones antrópicas relacionadas con el uso del suelo, la gestión del agua y la dinámica socioeconómica de la cuenca (Medina et al., 2019).

#### **4. Análisis integral de la degradación ecosistémica en el lago de Pátzcuaro**

Actualmente, el lago de Pátzcuaro se encuentra en situación hipertrófica mostrando signos de crisis y deterioro acelerado. Este cuerpo de agua ha sufrido de pérdida de profundidad y superficie la cual ha sido reportada de 5 mil hectáreas (Ruíz et al., 2024), representando aproximadamente el 47% de su capacidad en el año 2024 (**Figura 5**). Los diversos factores antrópicos que producen su deterioro están determinados principalmente por la deforestación, la expansión de la frontera agrícola, el manejo inadecuado del suelo y el crecimiento demográfico, incluyendo el turismo.

Uno de los efectos más evidentes es el incremento en los procesos de erosión, que afectan a una gran proporción de los suelos de la cuenca y favorecen el transporte continuo de sedimentos hacia el lago. El manejo del suelo que recibe la cuenca afecta significativamente la cantidad y calidad de agua disponible en ella ya que el balance hidrológico se altera como producto de la deforestación, los cambios de uso de suelo y la vegetación presente. Este fenómeno ha contribuido al azolvamiento, provocando una reducción significativa en la profundidad y superficie del cuerpo de agua, así como modificaciones en la configuración del paisaje lacustre, incluyendo la conexión progresiva de algunas islas con tierra firme (Vargas et al., 2009), aunado a esto; las sequías presentadas han agravado la actual escasez de agua en la cuenca.



**Figura 5.** Representación de la pérdida de la profundidad y superficie del lago de Pátzcuaro.

**Figure 5.** Representation of the loss of depth and surface area of Pátzcuaro lake.

La dinámica hidrológica del lago no solo depende de las aportaciones provenientes de los manantiales y de la red de canales distribuidoras, sino también de las modificaciones antrópicas recientes en la cuenca. De forma alarmante, se ha observado la construcción de ollas de captación de agua lo que ha contribuido a la disminución de la infiltración hacia el subsuelo, limitando la recarga natural del manto acuífero. Si bien el sistema conformado por los manantiales Chapultepec y La Alberca, junto con los canales de distribución y el Dren Central, ha sido históricamente un componente clave en la regulación del flujo hídrico hacia el lago, la retención de agua en múltiples puntos de la cuenca mediante hoyas artificiales está reduciendo el volumen efectivo que alcanza los cauces naturales. En particular, muchas de estas estructuras se localizan en zonas estratégicas cercanas a corrientes temporales que, bajo condiciones naturales, contribuirían al aporte hídrico del lago (Huerto et al., 2014).

Esta situación genera impactos negativos en el equilibrio del ecosistema, propiciando las condiciones de escasez hídrica y ocasionando afectaciones tanto a las comunidades locales como a su dinámica socioeconómica. Asimismo, esta práctica interfiere con el llenado natural del vaso lacustre, lo que podría derivar en consecuencias significativas a corto, mediano y largo plazo, afectando la estabilidad del sistema y la supervivencia de las especies que dependen de él (Vargas et al., 2009). La Secretaría de Seguridad Pública (SSP) a través del sistema de vigilancia satelital Guardián Forestal (Gobierno del Estado de Michoacán, 2024) reportó en el 2024 la existencia de 400 ollas de agua en la cuenca alertando sobre la extracción ilegal de aguas nacionales que no permiten que se nutra el lago.

Las características químicas del lago reflejan la geología de origen de la cuenca ya que los suelos de este se derivan de ceniza volcánica, magma y lavas ricas en olivino, andesita y piroxeno, lo que le confiere un pH alcalino aproximado de 8.8, sin embargo; debido a procesos relacionados con contaminación ácida recibida por las descargas de aguas residuales cercanas de la ciudad de Quiroga se registraron valores de 7.8 cerca de las entradas de aguas negras (Chacón, 1993). La contaminación del sistema se ha intensificado debido a la insuficiente infraestructura de saneamiento. Una proporción considerable de las aguas residuales generadas en la cuenca se descarga sin tratamiento adecuado, junto con aportes de residuos sólidos no recolectados y escurrimientos agrícolas. Esto ha incrementado la carga orgánica y de nutrientes en el lago,

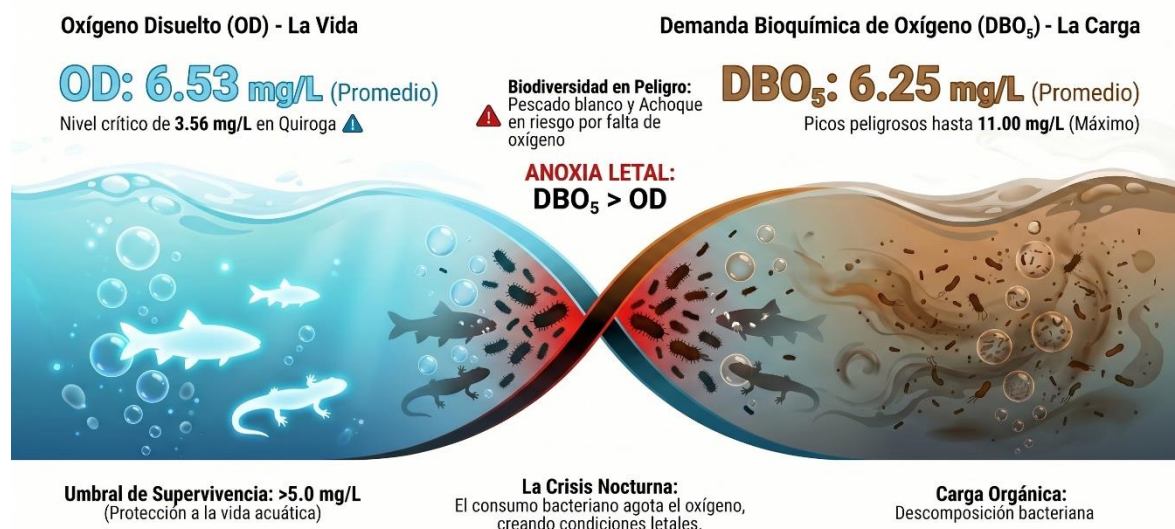
deteriorando la calidad del agua, lo que se refleja en alta turbidez, concentraciones elevadas de nutrientes y disminución del oxígeno disuelto en ciertas zonas. Estas condiciones han favorecido procesos de eutrofización y han impactado negativamente en la biodiversidad, colocando en riesgo diversas especies acuáticas y terrestres, incluyendo organismos emblemáticos de la región. De manera paralela, la actividad pesquera ha mostrado una disminución significativa, asociada tanto a la degradación del hábitat como a prácticas de sobreexplotación y a la introducción de especies exóticas (Ruíz et al., 2024).

## 5. Calidad del agua y contaminación en el lago de Pátzcuaro

La calidad del agua en el lago de Pátzcuaro constituye uno de los indicadores más sensibles del proceso de degradación ambiental que afecta al sistema lacustre. La evidencia científica disponible documenta un deterioro progresivo asociado al incremento en la carga de nutrientes, particularmente los compuestos de nitrógeno ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ) y fósforo ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), provenientes tanto de fuentes puntuales (descargas urbanas) como difusas, entre ellas la escorrentía agrícola y la erosión del suelo (Jiménez et al., 2018; González et al., 2012). Desde el punto de vista limnológico, este enriquecimiento ha propiciado condiciones eutróficas persistentes, caracterizadas por el aumento de la productividad primaria, proliferación de fitoplancton y disminución de la transparencia del agua. Se ha demostrado que el lago presenta una alta sensibilidad a variaciones en la carga de nutrientes, lo que favorece procesos de eutrofización acelerada (Jiménez et al., 2018).

Un elemento clave en la persistencia de la eutrofización es el papel de los sedimentos como reservorios de nutrientes. La acumulación de fósforo y materia orgánica en el fondo del lago favorece procesos de liberación interna bajo condiciones de bajo oxígeno disuelto o cambios en el potencial redox, reforzando el estado eutrófico incluso cuando disminuyen las cargas externas. Este mecanismo genera un efecto de retroalimentación que limita la recuperación del sistema. Adicionalmente, la condición endorreica del lago restringe su capacidad de renovación hídrica, lo que favorece la acumulación de contaminantes y reduce su dilución. Esta situación se intensifica durante la temporada de lluvias, cuando el incremento en la escorrentía superficial transporta nutrientes, sedimentos y contaminantes hacia el lago (Bradbury, 2000).

En términos de contaminación específica, los estudios arrojan que el lago de Pátzcuaro presenta una carga nutrimental dominada por formas nitrogenadas, donde los nitratos alcanzan un promedio de 2.12 mg/L, seguidos por nitritos (1.57 mg/L) y amonio (0.265 mg/L) (Jiménez et al., 2018). A esto se suma la presencia de fósforo total en niveles de 0.13 mg/L y fósforo reactivo de 0.06 mg/L, elementos que actúan como los principales responsables del florecimiento de algas y el estado de hipereutrofia del sistema. La acumulación de materia orgánica, proveniente en un 70 % de aguas residuales sin tratar de centros urbanos como Quiroga y Pátzcuaro, se refleja en valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $\text{DBO}_5$ ) con una media de 6.25 mg/L. Estas concentraciones de  $\text{DBO}_5$ , al ser comparadas con los niveles de oxígeno disuelto (OD) (6.53 mg/L en promedio, con descensos críticos hasta 5.0 mg/L), favorecen condiciones de anoxia nocturna debido al consumo bacteriano, lo que genera un ambiente hostil para la biota acuática y promueve la generación de gases por fermentación (Vargas et al., 2009; Jiménez et al., 2018; González et al., 2012). La **Figura 6** representa la relación crítica entre el OD y la  $\text{DBO}_5$  en el lago de Pátzcuaro destacando el equilibrio entre los parámetros y la influencia en la supervivencia de las especies nativas.



**Figura 6.** Representación de la relación crítica entre el OD y la DBO<sub>5</sub>.  
**Figure 6.** Representation of the critical relationship between DO and BOD<sub>5</sub>

Asimismo, estudios de largo plazo han reportado la presencia de metales potencialmente tóxicos, destacando el aluminio (Al) con valores que oscilan entre 1 y 10 mg/L y una tendencia incremental significativa en el tiempo. Las fuentes también documentan el monitoreo de mercurio (Hg) y la entrada constante de agroquímicos y aceites y grasas vinculados a la actividad antropogénica de la zona sur. Estos elementos químicos presentan una alta persistencia ambiental y capacidad de bioacumulación, representando riesgos críticos no solo para la supervivencia de especies nativas como el pescado blanco y el achoque, sino también para la salud humana y la seguridad alimentaria de las comunidades purépecha que dependen del lago (Vargas et al., 2009; Jiménez et al., 2018). El Cuadro 1 muestra un resumen de los parámetros evaluados por González et al., 2012, que muestra que; aunque el lago mantiene un equilibrio dinámico, se encuentra en una condición crítica.

**Cuadro 1.** Análisis de componentes principales que confirma que el sistema del lago de Pátzcuaro es altamente vulnerable al crecimiento humano y al cambio climático (González et al., 2012).

**Table 1.** Principal component analysis confirming that the Pátzcuaro lake system is highly vulnerable to human growth and climate change (González-Villela et al., 2012).

| Categoría                                       | Parámetro / Aspecto               | Resultado y Tendencia                                                                                                                                                        | Observaciones Clave                                           |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| <b>Cambio Climático (Comparativa histórica)</b> | Clasificación Köppen <sup>1</sup> | Cambio de clasificación climática (de lluvias de verano ordenadas y clima templado a lluvias fuera de tiempo, inviernos más secos y picos de calor más fuertes) <sup>2</sup> | Indica lluvias más extremas y reducción de lluvias invernales |

<sup>1</sup> Sistema ampliamente utilizado para clasificar los climas del mundo con base en dos variables principales: temperatura y precipitación. Fue desarrollada por el climatólogo alemán Wladimir Köppen a inicios del siglo XX y sigue siendo una de las herramientas más usadas en geografía, ecología y estudios ambientales.

<sup>2</sup> "Lluvias fuera de tiempo": El estudio detectó que las lluvias ahora son más extremas en los meses que antes eran secos (más de 40 mm) y han disminuido en el verano. "Inviernos más secos": La lluvia en invierno bajó a niveles críticos (menos de 18 mm), lo que



|                                                    |                                     |                                                                                 |                                                                             |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| <b>Calidad del Agua<br/>(Tendencias 2006-2011)</b> | Temperatura Máxima                  | Incremento significativo en casi todos los meses                                | Sugiere una tendencia hacia condiciones climáticas extremas                 |
|                                                    | Evaporación                         | Aumento en invierno comparado con el registro histórico (Dic: 48%; Ene: 30.36%) | Puede alterar el balance hídrico futuro del lago                            |
|                                                    | Precipitación                       | Tendencia negativa en verano; positiva en otoño e invierno                      | Coincide con proyecciones de eventos extremos de sequía y humedad           |
|                                                    | Transparencia (Secchi) <sup>3</sup> | Tendencia Negativa significativa                                                | Pérdida de claridad debido al incremento de sólidos suspendidos             |
|                                                    | Turbidez y Conductividad            | Tendencia Positiva                                                              | Relacionado con la entrada de sedimentos por deforestación y escurrimientos |
|                                                    | Fósforo Total (TP)                  | Tendencia Positiva                                                              | Asociado a la productividad de algas y estados de hipereutrofia             |
| <b>Análisis Espacial</b>                           | Oxígeno Disuelto (DO)               | Tendencia Negativa                                                              | Niveles llegan a 5.0 mg/L, críticos para la supervivencia de peces          |
|                                                    | Aluminio / Aceites y Grasas         | Tendencia Positiva                                                              | Refleja contaminación industrial y descomposición de materia orgánica.      |
| <b>Análisis Espacial</b>                           | Estación Embarcadero-6              | Diferencias significativas de contaminación.                                    | Zona sur con mayor impacto por agricultura, ganadería y comercio.           |

Es importante mencionar que, en años recientes, la atención también se ha centrado en los denominados contaminantes emergentes, derivados principalmente de descargas de aguas residuales insuficientemente tratadas de centros urbanos como Quiroga y Pátzcuaro (Jiménez et al., 2018; González et al., 2012). Estos contaminantes presentan desafíos adicionales para su monitoreo, sumándose a la problemática de metales y aceites ya reportada en la zona sur. En conjunto, la evidencia confirma que el lago de Pátzcuaro se encuentra en un estado de eutrofización crónica (o hipereutrofia) (Vargas et al., 2009), resultado de la interacción entre aportes externos de contaminantes (como el dren Zurumútaro), procesos internos de reciclaje y condiciones hidrológicas de una cuenca cerrada que limitan su recuperación. Este escenario subraya la necesidad de implementar estrategias integrales que combinen el control de fuentes, la restauración ecológica (como la construcción de humedales) y el fortalecimiento de la gobernanza participativa con las comunidades purépecha (González et al., 2012).

aumenta la evaporación del lago cuando más necesita agua. "Picos de calor": Se confirmó un incremento significativo en las temperaturas máximas en casi todos los meses del año.

<sup>3</sup> La transparencia del agua, medida mediante el disco de Secchi, constituye un indicador clave del estado trófico del lago, reflejando la interacción entre la carga de nutrientes, la biomasa fitoplanctónica y la presencia de sólidos suspendidos.

La visualización esquemática del problema actual de la contaminación en el lago de Pátzcuaro se identifica en la **Figura 7**.



**Figura 7.** Representación de la contaminación del lago de Pátzcuaro.

**Figure 7.** Representation of the pollution of the Pátzcuaro lake.

## 6. Estructura biológica y estado de conservación: vegetación, fauna y especies en riesgo en la cuenca

La cuenca del lago de Pátzcuaro presenta una estructura biológica compleja que ha sido históricamente resiliente, aunque en la actualidad, como ya se ha discutido previamente, se encuentra bajo una severa presión debido a actividades antropogénicas, por la introducción de especies exóticas y múltiples procesos de degradación ambiental (Córdova, 2011; Hueto et al., 2011). La cuenca es reconocida por mantener una heterogeneidad ambiental, la cual favorece la presencia de múltiples tipos de vegetación, que abarcan desde ecosistemas forestales de montaña hasta comunidades acuáticas. En el ámbito terrestre, predominan los bosques templados de pino–encino, conformados por especies como *Pinus lawsonii*, *Pinus leiophylla*, *Quercus castanea* y *Quercus rugosa*, además de asociaciones con oyamel y remanentes de selva baja caducifolia (Molina et al., 2010). Estos sistemas representan componentes clave en la regulación hidrológica y en la conservación de la biodiversidad regional.

Un caso particularmente relevante es el Pedregal de Arócutin, identificado como un reservorio florístico estratégico, al concentrar aproximadamente el 38.76 % de la flora total de la cuenca (más de 400 especies), pese a ocupar una proporción territorial de solamente 31 km<sup>2</sup> (Molina et al.,

2010). Este tipo de enclaves evidencia la alta diversidad biológica y, al mismo tiempo, la fragilidad de los ecosistemas locales frente a perturbaciones. En el sistema lacustre, la vegetación acuática está compuesta por comunidades hidrófitas emergentes y sumergidas, entre las que destacan *Typha domingensis*, *Typha latifolia*, *Scirpus californicus* y *Potamogeton illinoensis*. Sin embargo, la proliferación de especies invasoras como *Eichhornia crassipes* (lirio acuático) ha generado alteraciones significativas en la dinámica ecológica del lago, al reducir la penetración de luz, modificar los niveles de oxígeno disuelto y afectar la estructura del hábitat (Huerto et al., 2011).

Desde una perspectiva funcional, el lago de Pátzcuaro presenta una organización trófica compleja estructurada en múltiples niveles, donde el flujo de energía está estrechamente vinculado a la disponibilidad de nutrientes, la profundidad y las condiciones fisicoquímicas del sistema (Córdova, 2011). En la base del sistema (nivel trófico I) se encuentran los sedimentos y el detritus orgánico, que constituyen la principal fuente de materia y energía para los niveles superiores. El nivel trófico II se conforma por productores primarios y organismos detritívoros, incluyendo fitoplancton, macroinvertebrados (como *Hyalella* spp. y larvas de quironómidos) y peces nativos como *Goodea atripinnis*. El nivel III incluye especies omnívoras, tanto nativas como introducidas, entre las que destacan el acocil (*Cambarellus montezumae*), así como peces exóticos como la carpa (*Cyprinus carpio*) y la tilapia (*Oreochromis aureus*), cuya presencia ha modificado significativamente las relaciones tróficas del sistema. En la cima de la red trófica (nivel IV) se encuentran los depredadores, incluyendo especies como el pescado blanco (*Chirostoma estor*), el cual posee un alto valor ecológico y cultural, pero cuya población ha disminuido de manera considerable en las últimas décadas (Huerto et al., 2011). Diversos análisis han estimado que una proporción significativa del territorio presenta alteraciones severas en su integridad ecológica, siendo uno de los factores más relevantes la introducción de especies exóticas como la carpa (*Cyprinus carpio*) y la tilapia (*Oreochromis aureus*) los cuales dominan actualmente la biomasa íctica, alcanzando hasta el 98.9 % en algunos sectores del lago. Estas especies presentan nichos tróficos más amplios que las nativas, lo que les confiere ventajas competitivas que han derivado en el desplazamiento de especies endémicas (Córdova et al., 2015).

Según la NOM-059-SEMARNAT-2010, el deterioro ambiental de la cuenca ha tenido un impacto directo en la biodiversidad, afectando particularmente a especies endémicas. En el grupo de peces, el charal pinto (*Chirostoma patzcuaro*) es considerado posiblemente extinto, mientras que especies como el pescado blanco (*Chirostoma estor*) y la acúmara (*Algansea lacustris*) se encuentran bajo presión debido a la competencia con especies introducidas (Huerto et al., 2011). En cuanto a anfibios, el achoque (*Ambystoma dumerilii*), especie endémica del lago, enfrenta amenazas críticas asociadas a la contaminación y la pérdida de hábitat. En el componente florístico, diversas especies arbóreas y arbustivas se encuentran bajo protección, entre ellas *Cedrela dugesii*, *Comarostaphylis discolor* y *Balmea stormae*, mientras que *Erythrina coralloides* está catalogada como especie amenazada (Molina et al., 2010). En la **Figura 8** se identifican los parámetros de biodiversidad, presiones y conservación que enfrenta actualmente el lago de Pátzcuaro. Mientras que en el **Cuadro 2** puede identificarse la comparativa que relaciona las especies de peces nativas frente a las exóticas del lago de Pátzcuaro, detallando sus parámetros de nicho trófico y su grado de traslape alimenticio, basada en los estudios de Córdova, 2011.





**Figura 8.** Identificación de los parámetros de biodiversidad y conservación del lago de Pátzcuaro.

**Figure 8.** Identification of biodiversity parameters and conservation of the Pátzcuaro lake.

**Cuadro 2.** Comparativa que relaciona las especies de peces nativos frente a las exóticas del lago de Pátzcuaro (Córdova, 2011).

**Table 2.** Comparison relating native versus exotic fish species in Pátzcuaro Lake (Córdova, 2011).

| Especie                           | Estatus | Área Total del Nicho (TA) | Intervalo de Nitrógeno (NR) | Intervalo de Carbono (CR) | Traslape Total (%) | Observación sobre el Traslape                                   |
|-----------------------------------|---------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Pez Blanco ( <i>C. estor</i> )    | Nativa  | 4.0                       | 3.2                         | 2.2                       | 28.7               | Traslape principal con charales nativos.                        |
| Charal ( <i>Chirostoma spp.</i> ) | Nativa  | 2.3                       | 3.8                         | 1.1                       | 73.3               | Alto traslape con Pez Blanco y Carpa.                           |
| Tiro ( <i>G. atripinnis</i> )     | Nativa  | 11.1                      | 5.2                         | 4.8                       | 64.8               | 100% de su traslape es con especies exóticas (Tilapia y Carpa). |



|                                   |          |      |     |     |      |                                                                               |
|-----------------------------------|----------|------|-----|-----|------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Chegua ( <i>A. robustus</i> )     | Nativa   | 2.0  | 2.3 | 1.3 | 37.5 | El 97% de su traslape ocurre con especies exóticas.                           |
| Carpa ( <i>C. carpio</i> )        | Exótica  | 9.7  | 4.1 | 4.4 | 59.9 | Se traslapa con todas las demás especies del lago.                            |
| Tilapia ( <i>O. aureus</i> )      | Exótica  | 14.4 | 3.9 | 6.3 | 66.1 | Nicho muy amplio que cubre al del tiro nativo.                                |
| Poeciliopsis ( <i>P. infans</i> ) | Exótica* | 5.3  | 4.2 | 2.2 | 0.3  | Casi nulo traslape por consumir recursos no explotados (insectos terrestres). |

*\*Nota: Poeciliopsis infans es nativa del centro de México pero introducida específicamente en el lago de Pátzcuaro.*

## 7. Marco de políticas públicas para la protección del lago de Pátzcuaro y su cuenca hidroecológica

La política hídrica y la gestión del agua en México se ha caracterizado históricamente por transitar hacia enfoques integrales que reconocen la interdependencia entre los sistemas naturales y sociales. El análisis de la política pública asociada al lago de Pátzcuaro encuentra instrumentos jurídicos orientados a la conservación de los recursos hídricos, forestales y ecosistémicos de la cuenca, no obstante, pese a la existencia de un marco normativo amplio, la persistencia de procesos de degradación evidencia limitaciones estructurales en la articulación institucional, la aplicación territorial de las políticas y la continuidad de las estrategias de manejo ambiental.

El primer instrumento de protección ambiental aplicado en la cuenca corresponde al Decreto que declara Zona Protectora Forestal Vedada los terrenos que forman la cuenca hidrográfica del lago de Pátzcuaro, publicado el 23 de enero de 1936 durante la administración de Lázaro Cárdenas del Río. Este decreto constituye un antecedente fundamental en materia de gestión ambiental en México, al reconocer la relación directa entre la conservación forestal y la estabilidad hidrológica del lago. El instrumento estableció restricciones al cambio de uso de suelo y a la explotación forestal en áreas estratégicas de la cuenca, con el objetivo de reducir los procesos de erosión y sedimentación que ya comenzaban a afectar al sistema lacustre (Pérez, 2019). Sin embargo, diversos estudios (Huerto et al., 2014) señalan que la falta de vigilancia, la expansión agrícola y los procesos de ocupación irregular han limitado la efectividad de su gestión a largo plazo.

Dentro de los principales instrumentos jurídicos para la conservación de ecosistemas forestales vinculados a la regulación hidrológica y la protección de cuencas, se encuentra la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS); esta legislación reconoce que los ecosistemas forestales desempeñan funciones fundamentales en la infiltración, retención de humedad, reducción de erosión y recarga de acuíferos (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2018), por lo que su aplicación en la cuenca del lago de Pátzcuaro promueve la conservación de los suelos forestales, la correcta restauración de áreas degradadas, el manejo sustentable de la cuenca y la reforestación y recuperación ecológica de la misma. Sin embargo, la aplicación territorial de estos instrumentos enfrenta limitaciones asociadas al cambio de uso de suelo, tala clandestina y expansión agrícola, procesos que continúan presentes en la cuenca y que contribuyen al azolvamiento y deterioro hidrológico del lago (Huerto et al., 2014).

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) representa el principal marco normativo federal en materia ambiental. La ley establece criterios para la preservación y restauración de ecosistemas, el control de la contaminación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales ([Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 1988](#)). En el caso del lago de Pátzcuaro, la LGEEPA adquiere relevancia por su enfoque en la protección como cuerpo de agua, ordenamiento ecológico del territorio, prevención y control de la contaminación y la restauración del ecosistema altamente degradado. No obstante, distintos diagnósticos ambientales indican que las acciones de saneamiento y restauración implementadas en la cuenca han sido insuficientes frente a la magnitud del deterioro ambiental, particularmente en relación con descargas de aguas residuales y pérdida de cobertura forestal.

El Plan Nacional Hídrico 2024–2030, impulsado durante la administración de Claudia Sheinbaum, plantea una reconfiguración de la gestión del agua basada en el reconocimiento del recurso como un derecho humano y un bien estratégico de la nación, incorporando principios de justicia hídrica, sostenibilidad ambiental y gobernanza participativa. Este instrumento se articula en torno a ejes orientados a garantizar el acceso equitativo al agua, fortalecer la seguridad hídrica y promover la adaptación al cambio climático ([Gobierno de México, 2024](#)). Entre sus ejes prioritarios destacan la soberanía hídrica, la justicia ambiental, la restauración de cuencas, la adaptación al cambio climático y el saneamiento y reúso de agua.

El enfoque del plan incorpora principios de gestión integral de cuencas, lo que resulta particularmente relevante para sistemas lacustres vulnerables como Pátzcuaro. Sin embargo, uno de los principales desafíos radica en traducir los lineamientos nacionales en mecanismos operativos efectivos a escala local, especialmente en territorios con alta fragmentación institucional y limitaciones presupuestales.

A nivel estatal, el Plan de Desarrollo Integral del Estado de Michoacán (PLADIEM) 2021–2027 reconoce la necesidad de atender problemáticas estructurales asociadas al deterioro ambiental, incorporando acciones orientadas a la restauración de ecosistemas estratégicos, entre ellos el lago de Pátzcuaro ([Gobierno del Estado de Michoacán, 2021](#)). Dentro de sus líneas prioritarias se incluyen el saneamiento de cuerpos de agua, la restauración forestal, el fortalecimiento de infraestructura hidráulica, la gestión territorial sustentable y de forma muy necesaria e importante, la participación comunitaria. Sin embargo, la persistencia de problemáticas como la eutrofización, la contaminación y la disminución del nivel del lago sugiere que estos instrumentos no han logrado traducirse en mejoras sustantivas en el territorio; el propio plan reconoce la existencia de rezagos históricos en infraestructura de saneamiento y manejo de residuos, factores que continúan contribuyendo al deterioro ambiental del sistema lacustre.

El Plan Michoacán por la Paz y la Justicia 2025 ([Gobierno de México, 2025](#)), es un instrumento estatal que incorpora una visión territorial en la que la recuperación ambiental se vincula con procesos de bienestar social, reducción de desigualdades y fortalecimiento comunitario. En este marco, la restauración del lago de Pátzcuaro es concebida no solo como una estrategia ecológica, sino también como una medida orientada a fortalecer economías locales, recuperar actividades pesqueras, impulsar turismo sustentable y reducir conflictos asociados al acceso al agua y al deterioro territorial. Este enfoque resulta relevante porque reconoce explícitamente la dimensión socioambiental del lago y la necesidad de integrar a comunidades indígenas y actores locales en los procesos de gobernanza ambiental.

Otros instrumentos normativos que pueden identificarse compatibles con la política hídrica y de gestión ambiental en la cuenca del lago de Pátzcuaro son: Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 ([Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2010](#)) que identifica la protección de especies amenazadas y en peligro de extinción; los programas de saneamiento hídrico de la CONAGUA y el plan de ordenamiento ecológico territorial de la SEMARNAT.

En el **Cuadro 3** se observa una matriz que permite identificar la articulación existente entre el Decreto de Zona Protectora Forestal Vedada de 1936 y los principales instrumentos normativos y de política pública ambiental aplicables a la cuenca del lago de Pátzcuaro que se discuten en este documento. La comparación evidencia coincidencias sustantivas en materia de conservación forestal, protección hídrica y restauración ecológica, aunque también revela vacíos operativos y limitaciones de coordinación institucional.

**Cuadro 3.** Matriz de articulación existente entre los instrumentos normativos y de política ambiental aplicables a la cuenca del lago de Pátzcuaro.

**Table 3.** Matrix of existing articulation between the regulatory and environmental policy instruments applicable to the Pátzcuaro lake basin.

| <b>Instrumento normativo</b>                                     | <b>Objetivo principal</b>                                                                     | <b>Compatibilidad con el Decreto de 1936</b> | <b>Elementos articulables para la cuenca del lago de Pátzcuaro</b>                         | <b>Limitaciones identificadas</b>                                   |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Decreto de Zona Protectora Forestal Vedada (1936)                | Proteger la cuenca hidrográfica mediante restricciones forestales y control del uso del suelo | Instrumento base                             | Conservación forestal, control de erosión, protección hidrológica                          | Escasa vigilancia histórica y limitada actualización jurídica       |
| Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable                   | Conservación y manejo sustentable de ecosistemas forestales                                   | Alta compatibilidad                          | Reforestación, restauración de suelos, manejo integral de cuencas, servicios ecosistémicos | Débil aplicación frente a tala clandestina y cambio de uso de suelo |
| Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente | Preservación y restauración ecológica; control de contaminación                               | Alta compatibilidad                          | Ordenamiento ecológico, saneamiento ambiental, protección de cuerpos de agua               | Fragmentación institucional y limitada capacidad de inspección      |
| Plan Nacional Hídrico 2024-2030                                  | Gestión integral y soberanía hídrica                                                          | Compatibilidad estratégica                   | Restauración de cuencas, saneamiento, adaptación climática, justicia hídrica               | Dependencia presupuestal y retos de implementación local            |
| Plan de Desarrollo Integral del Estado de                        | Sustentabilidad y recuperación ambiental estatal                                              | Compatibilidad operativa                     | Recuperación de lagos, infraestructura hidráulica,                                         | Baja continuidad administrativa                                     |

|                                               |                                                            |                               |                                                                        |                                                  |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Michoacán 2021-2027                           |                                                            |                               | restauración territorial                                               |                                                  |
| Plan Michoacán por la Paz y la Justicia 2025  | Bienestar social y gobernanza territorial                  | Compatibilidad socioambiental | Participación comunitaria, recuperación pesquera, cohesión territorial | Carencia de indicadores ambientales específicos  |
| NOM-059-SEMARNAT-2010                         | Protección de especies amenazadas y en peligro             | Compatibilidad ecológica      | Conservación de especies endémicas y hábitats prioritarios             | Falta de monitoreo continuo de biodiversidad     |
| CONAGUA – Programas de saneamiento hídrico    | Control de contaminación y tratamiento de aguas residuales | Compatibilidad funcional      | Reducción de cargas contaminantes y eutrofización                      | Infraestructura insuficiente y cobertura parcial |
| SEMARNAT – Ordenamiento ecológico territorial | Regulación del uso de suelo                                | Compatibilidad territorial    | Protección de zonas forestales y recarga hídrica                       | Expansión urbana y agrícola persistente          |

En este sentido, el análisis evidencia que la problemática no radica en la ausencia de instrumentos normativos, sino en la existencia de limitaciones estructurales en su implementación, tales como la fragmentación institucional, la débil coordinación intergubernamental y la limitada participación efectiva de las comunidades locales.

## 8. Conclusiones

Bajo estas condiciones, la problemática del lago de Pátzcuaro no puede ser comprendida únicamente desde una perspectiva ecológica o hidrológica, sino que requiere un enfoque integral que considere la interacción entre procesos físicos, dinámicas territoriales y prácticas sociales. Esta caracterización refuerza la necesidad de analizar el sistema desde una perspectiva de gobernanza ambiental, en la que se evalúe no solo el estado del ecosistema, sino también las capacidades institucionales y los instrumentos de política pública que inciden en su gestión. En este contexto, el análisis de la política pública asociada al lago de Pátzcuaro requiere una aproximación multiescalar que considere tanto los instrumentos históricos de protección territorial como las políticas contemporáneas de gestión hídrica, conservación forestal y desarrollo regional.

Es remarcable observar que a pesar de la existencia de instrumentos jurídicos y programas de planeación en distintos niveles de gobierno, la evidencia científica muestra que el deterioro ambiental del lago de Pátzcuaro continúa avanzando. Dentro de las principales limitaciones se observa una amplia fragmentación institucional, una discontinuidad administrativa, la existencia de una vigilancia ambiental limitada, insuficiencia presupuestal; débil coordinación intergubernamental y una escasa integración comunitaria en la toma de decisiones.

En consecuencia, diversos autores coinciden en que la recuperación del lago requiere un enfoque integral de gobernanza ambiental que articule restauración ecológica, manejo territorial, saneamiento hídrico y participación social de largo plazo.



## **Contribución de autoría (CRediT)**

Nancy Nelly Zurita Méndez: Investigación, metodología, investigación, análisis formal, redacción del borrador original, visualización.

Grecia Atenea Huape Padilla: Conceptualización, metodología, validación, investigación, análisis formal, revisión y edición del manuscrito.

Laura Leticia Padilla Gil: Conceptualización, supervisión, administración del proyecto y revisión del manuscrito.

Engelbert Huape Padilla: Investigación, curación de datos, análisis formal, validación, revisión crítica del contenido intelectual.

## **Disponibilidad de datos de investigación:**

La presente investigación es de tipo bibliográfico, por lo que no se generaron datos primarios propios. Todos los materiales analizados provienen de fuentes secundarias de acceso público y debidamente citadas en el manuscrito, por lo que no aplica la disponibilidad de un conjunto de datos específico.

## **Ética y conflicto de intereses**

“Las personas autoras declaran que han cumplido totalmente con todos los requisitos éticos y legales pertinentes, tanto durante el estudio como en la producción del manuscrito; que no hay conflictos de intereses de ningún tipo; que todas las fuentes financieras se mencionan completa y claramente en la sección de agradecimientos; y que están totalmente de acuerdo con la versión final editada del artículo.”

## **Referencias**

- Aguilera, J., Urquijo-Torres, P. S., Argueta, A., et al. (2024). Cultura y naturaleza en el lago de Pátzcuaro. Perspectivas históricas, geográficas y ambientales. México: Silla Vacía Editorial/Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación.
- Berkes, F. y Folke, C. (1998). Linking social and ecological systems for resilience and sustainability. Reino Unido: Cambridge University Press.
- Bradbury, J. P. (2000). Limnologic history of Lago de Pátzcuaro, Michoacán, Mexico for the past 48,000 years: Impacts of climate and man. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 163(1–2), 69–95. [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(00\)00146-2](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(00)00146-2)
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (1988). Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Diario Oficial de la Federación.
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2018). Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Diario Oficial de la Federación.

- Carpenter, S. R., Ludwig, D. y Brock, W. A. (1999). Management of eutrophication for lakes subject to potentially irreversible change. *Ecological Applications*, 11(3), 751–771. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(1999\)009\[0751:MOEFLS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(1999)009[0751:MOEFLS]2.0.CO;2)
- Cázarez, M. R., Montañez, M. F. y Nambo, M. V. (2024). Caracterización de variables físicas del recurso hídrico, asociación con la degradación, contaminación y cambio climático en el Lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. *South Florida Journal of Development*, 5(3), e3777. <https://doi.org/10.46932/sfjdv5n3-032>
- Chacón-Torres, A. (1993). Lake Patzcuaro, Mexico: Watershed and Water Quality Deterioration in a Tropical High-altitude Latin American Lake. *Lake and Reservoir Management*, 8(1), 37–47. <https://doi.org/10.1080/07438149309354457>
- Córdova-Tapia, F. (2011). Caracterización de la estructura trófica del lago de Pátzcuaro [Tesis de Licenciatura]. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Córdova-Tapia, F., Contreras, M. y Zambrano, L. (2015). Trophic niche overlap between native and non-native fishes. *Hydrobiologia*, 746(1), 291–301. <https://doi.org/10.1007/s10750-014-2071-7>
- Fisher, C. T., Pollard, H. P., Israde-Alcántara, I., Garduño-Monroy, V. H. y Banerjee, S. K. (2003). A reexamination of human-induced environmental change within the Lake Pátzcuaro Basin, Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(8), 4957–4962. <https://doi.org/10.1073/pnas.0630493100>
- Garduño, V. H., Alcalá-Ochoa, S., Mendoza, M. y Hernández, V. M. (s.f.). Comportamiento histórico y actual del espejo de agua del Lago de Pátzcuaro. En *Agua y Lagos. Una mirada desde lo global hasta lo local* (pp. 157-169). México.
- Global Water Partnership (GWP). (2000). *Integrated Water Resources Management*. Suecia.
- Gobierno de México. (2024). *Plan Nacional Hídrico 2024–2030*. México.
- Gobierno de México. (2025). *Plan de Paz y Justicia de Michoacán*. México.
- Gobierno del Estado de Michoacán. (2021). *Plan de Desarrollo Integral del Estado de Michoacán 2021–2027*. México.
- Gobierno del Estado de Michoacán. (2024). *Detecta Guardián Forestal 400 ollas de agua en la cuenca del lago de Pátzcuaro*. México.
- González Villela, R., Sánchez Chávez, J. J., Bravo-Inclán, L. A., Tomasini Ortiz, A. C., Sánchez-Chávez, L., Córdova Rodríguez, M. A. y García Villanueva, N. H. (2012). Multivariate Analysis in the Climate Change Studies and Water Quality of Lake Pátzcuaro (Mexico). *Journal of Mathematics and System Science*, 2(8), 469–481.
- Huerto Delgadillo, R. y Vargas Velázquez, S. (2014). *Estudio ecosistémico del lago de Pátzcuaro: aportes en gestión ambiental para el fomento del desarrollo sustentable*. México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Huerto Delgadillo, R., Vargas Velázquez, S. y Ortiz Paniagua, C. F. (Eds.). (2011). *Estudio ecosistémico del lago de Pátzcuaro*. México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

- INEGI. (2020). Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación, Serie VII. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Jiménez Baltazar, J., Hernández Morales, R. y Domínguez-Domínguez, O. (2018). Caracterización físicoquímica y microbiológica del vaso norte del lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. *Revista Latinoamericana el Ambiente y las Ciencias*, 9(21), 1134–1153.
- Medina-Orozco, L., García-Calderón, N., García-Oliva, F. e Ikkone, E. (2019). Análisis histórico de la pérdida de humedales del Lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. *Biotecnia*, 21(2), 83-90.
- Molina-Paniagua, M. E. y Zamudio Ruiz, S. (2010). Estudio florístico del Pedregal de Arócutin. México: Flora del Bajío.
- Pahl-Wostl, C. (2009). A conceptual framework for analysing adaptive capacity and multi-level learning processes in resource governance regimes. *Global Environmental Change*, 19(3), 354–365. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2009.06.001>
- Pérez Talavera, V. M. (2019). El contexto ecológico de las vedas forestales en Michoacán durante el gobierno del General Lázaro Cárdenas 1934-1940. *Pasado y Memoria. Revista de Historia Contemporánea*, (19), 113-134. <https://doi.org/10.22370/pe.2019.7.2616>
- Ruíz-Sevilla, G. y Ayala-Ramírez, G. L. (2024). Aguas en riesgo: la lucha por la sustentabilidad del lago de Pátzcuaro. *Saber más*, 13(73), 15-22.
- Sánchez-Chávez, J., Bravo-Inclán, L. y Tomasini Ortiz, A. (2011). Calidad del agua del lago de Pátzcuaro. En *Estudio ecosistémico del lago de Pátzcuaro: aportes en gestión ambiental para el fomento del desarrollo sustentable* (p. 577). México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. *Diario Oficial de la Federación*.
- Vargas, S. y Guzmán-Ramírez, N. B. (2009). Deterioro de la cuenca del lago de Pátzcuaro cambios en la identidad étnica p'urhépech. Argentina: Asociación Latinoamericana de Sociología.

## Este preprint fue presentado bajo las siguientes condiciones:

- Los autores declaran que se obtuvieron los términos necesarios del consentimiento libre e informado de los participantes o pacientes en la investigación y se describen en el manuscrito, cuando corresponde.
- Los autores declaran que la preparación del manuscrito siguió las normas éticas de comunicación científica.
- Los autores declaran que son conscientes de que son los únicos responsables del contenido del preprint y que el depósito en SciELO Preprints no significa ningún compromiso por parte de SciELO, excepto su preservación y difusión.
- Los autores declaran que los datos, las aplicaciones y otros contenidos subyacentes al manuscrito están referenciados.
- El manuscrito depositado está en formato PDF.
- Los autores declaran que la investigación que dio origen al manuscrito siguió buenas prácticas éticas y que las aprobaciones necesarias de los comités de ética de investigación, cuando corresponda, se describen en el manuscrito.
- Los autores declaran que una vez que un manuscrito es postado en el servidor SciELO Preprints, sólo puede ser retirado mediante solicitud a la Secretaría Editorial deSciELO Preprints, que publicará un aviso de retracción en su lugar.
- Los autores aceptan que el manuscrito aprobado esté disponible bajo licencia [Creative Commons CC-BY](#).
- El autor que presenta el manuscrito declara que las contribuciones de todos los autores y la declaración de conflicto de intereses se incluyen explícitamente y en secciones específicas del manuscrito.
- Los autores declaran que el manuscrito no fue depositado y/o previamente puesto a disposición en otro servidor de preprints o publicado en una revista.
- Si el manuscrito está siendo evaluado o siendo preparando para su publicación pero aún no ha sido publicado por una revista, los autores declaran que han recibido autorización de la revista para hacer este depósito.
- El autor que envía el manuscrito declara que todos los autores del mismo están de acuerdo con el envío a SciELO Preprints.