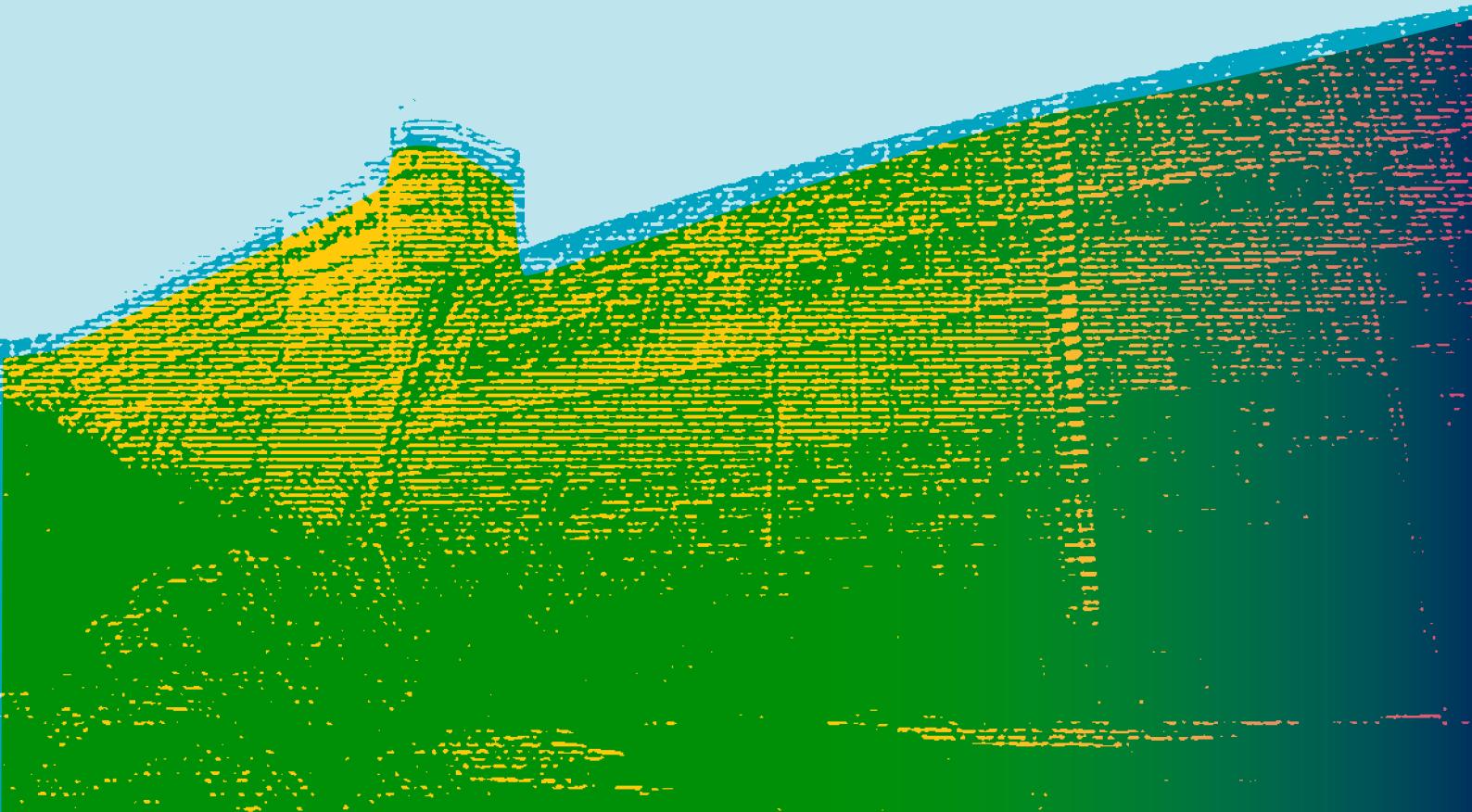


SISTEMAS LACUSTRES BAJO LA LUPA:

ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA SIERRA LA LAGUNA Y OASIS ALEDAÑOS

■ JUAN RAMÓN BELTRÁN-CASTRO^{1,2}, LAURA MACARIO-GONZÁLEZ^{2*},
PLUTARCO HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ³, & SERGIO COHUO³



¹Centro de Bachillerato Tecnológico Industrial y de Servicios No. 62, Jalisco S/N, Las Garzas, Baja California Sur, México. C.P. 23070.

²Tecnológico Nacional de México / IT de la Zona Maya, Carretera Chetumal-Escárcega km 21.5, Ejido Juan Sarabia, Quintana Roo, México. C.P. 77965.

³Tecnológico Nacional de México / IT Chetumal, Av. Insurgentes 330, Quintana Roo, México. C.P. 77013.

*Autor para correspondencia: laura.mg@zonamaya.tecnm.mx

RESUMEN

La Reserva de la Biosfera Sierra la Laguna (RBSL) en Baja California Sur, es una zona de almacenamiento natural de agua, que recarga los mantos acuíferos que abastecen a las ciudades de la Paz y Los Cabos. Sin embargo, en los últimos años los acuíferos en esta región han sido objeto de sobreexplotación y depósito de desechos, que ha conducido a un incremento de nutrientes y contaminantes provenientes principalmente de actividades ganaderas e industriales. No obstante, se desconoce el estado actual de salud de los ambientes acuáticos en la RBSL. En este trabajo, se evaluó la calidad de agua de once y dieciocho sistemas lacustres durante las temporadas **cálido/seco y frío/húmedo** del año 2023 respectivamente, de la Región Hidrológica Prioritaria, Reserva de la Biosfera Sierra La laguna y oasis aledaños. La finalidad de este trabajo fue determinar la calidad del agua en estos ecosistemas acuáticos y obtener datos que sirvan como base para futuros programas de monitoreo y conservación del recurso agua.

ABSTRACT

The Sierra La Laguna Biosphere Reserve (SLBR) in Baja California Sur serves as a natural water reservoir, replenishing the aquifers that supply the cities of La Paz and Los Cabos. In recent years, however, these aquifers have faced overexploitation and waste disposal, leading to increased levels of nutrients and contaminants, mainly from livestock and industrial activities. Currently, the health status of aquatic environments within the RBSL remains unknown. In this study, water quality was assessed in eleven and eighteen systems during the warm/dry and cool/wet seasons of 2023, respectively, within the Priority Hydrological Region of the Sierra La Laguna Biosphere Reserve and surrounding oases. The goal was to determine the water quality of these aquatic ecosystems and generate baseline data to support future monitoring and water resource conservation programs.



Palabras Clave: Índice de Calidad del Agua, Baja California Sur, Sierra la Laguna, cuenca hidrológica, sistemas acuáticos epicontinentales

Key words: Water Quality Index, contaminants, aquifers, hydrological basin, aquatic systems

INTRODUCCIÓN

El sur de la península de Baja California es una región predominantemente árida, pero en ella destaca un entorno muy particular y altamente diverso: la Sierra La Laguna. Tiene una extensión de 48 km y elevaciones de hasta 2000 metros, por lo que dados los gradientes de elevación, existen microclimas y ecosistemas únicos (Sánchez-Brito et al., 2013). La Sierra la Laguna es una zona clave para la captación de agua dulce en una de las regiones con mayor aridez en México, Baja California Sur. Es además una zona de alta biodiversidad porque constituye el sitio de distribución de al menos 85 especies de plantas superiores exclusivas de la región (Avilés-Polanco et al., 2021; CONANP, 2003) y centro de endemismo para aves.

La importancia ambiental de la Sierra La Laguna fue oficialmente reconocida en 1994, cuando se le otorgó el estatus de Reserva de la Biosfera y posteriormente se declaró zona hidrológica prioritaria a la reserva y cuerpos de agua cercanos, reconocidos como oasis aledaños. Por lo cual, actividades como la minería e industria se redujeron considerablemente, no obstante, su integridad se ve amenazada por el desarrollo turístico, la ganadería y la minería, junto con fenómenos naturales y el cambio climático, que impactan directamente el equilibrio del ecosistema y la disponibilidad de agua (Brauman et al., 2007; Fasio & Ibáñez, 2011; Solís-Cámara et al., 2014; Bhateria & Jain, 2016; Salgado-Beltrán et al., 2020; Ortega-Arriaga et al., 2023).

Actualmente las ciudades de La Paz y Los Cabos, que en conjunto superan 500,000 habitantes (INEGI, 2020), utilizan los recursos hídricos de la Reserva de la Biosfera Sierra la Laguna (RBSL). Durante los últimos años, sin embargo, se ha observado una sobreexplotación de los acuíferos, y un déficit del recurso hídrico en la región (Carrillo-Guerrero, 2010; Boyd, 2019). A pesar de esta situación crítica, no se han establecido políticas eficientes para la gestión, conservación o monitoreo de la calidad del agua.

Una manera de estimar la salud ambiental del recurso hídrico en la RBSL es a través del estudio de la calidad de agua de los ambientes acuáticos superficiales y subterráneos. En la RBSL, los ambientes superficiales son en su mayoría temporales, principalmente arroyos y pozas. También existen fuentes permanentes a distintas altitudes y cerca de la costa, las cuales forman parte del flujo natural del agua de zonas altas al mar.

Hasta el momento, han sido pocos los esfuerzos por establecer un monitoreo continuo y permanente, que permita evaluar los cambios producidos por el ambiente

y el hombre en el recurso hídrico. Se ha asumido que los cuerpos de agua dentro de la RBSL son ambientes sanos y poco impactados, por estar menos expuestos a la presión humana directa (Gleick, 2000). Sin embargo, las actividades ganaderas podrían estar introduciendo bacterias coliformes (fecales y no fecales) al agua, que son contaminantes y podrían causar enfermedades (Lagunas-Vázquez et al., 2013; Salgado-Beltrán et al., 2020). Los ambientes cercanos a las ciudades son más susceptibles a contaminación, por el aporte de nutrientes como el nitrógeno y fósforo, provenientes de la agricultura, ganadería e industria y que promueven el cambio trófico (cantidad de nutrientes) y crecimiento de plantas invasoras como el jacinto de agua (Lagunas-Vázquez et al., 2013; Saalidong et al., 2022; Salgado-Beltrán et al., 2020).

El objetivo de este estudio fue determinar el estado de salud ambiental de los cuerpos de agua en la Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna y sus alrededores, a través del análisis de la calidad del agua. Se midieron parámetros físicos-químicos (temperatura, pH, oxígeno disuelto, turbidez, conductividad, sólidos disueltos, nitrógeno y fósforo) y biológicos (demanda bioquímica de oxígeno y presencia de coliformes totales) del agua, aplicar el índice de calidad del agua (ICA) y determinar cuantitativamente el estado de salud de cada sistema. Se compararon las condiciones entre estaciones seca y lluviosa, con el propósito de evaluar cómo influye la precipitación en la calidad del agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

La Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna (RBSL) se ubica en el sur del estado de Baja California Sur y abarca más de 112 mil hectáreas (Figura 1). Fue declarada Área Natural Protegida en 1994 (CONANP, 2003) y, un año después, reconocida internacionalmente por la UNESCO dentro del Programa “El Hombre y la Biosfera” (Romero-Schmidt y Ortega-Rubio, 2012). Además, algunos cuerpos de agua dentro de esta región y sus alrededores —como el estero de San José del Cabo— han sido designados como sitios RAMSAR, por su importancia como humedales.

La Sierra La Laguna es considerada una “isla biológica” por su aislamiento geográfico y alto grado de endemismo. Algunas especies únicas de esta región son el pino piñonero (*Pinus lagunae*), el encino de la Sierra (*Quercus devia*) y el madroño de la Sierra (*Arbutus peninsularis*), así como animales únicos como la lagartija de Lick (*Sceloporus licki*), el camaleón cornudo de La Laguna (*Phrynosoma coronatum blainvillii*) y el ratón de Eva (*Peromyscus eva*) (Ojeda-Ruiz & Lacruhy, 2024;

Sánchez-Brito et al., 2013). Su singular biodiversidad está relacionada con procesos geológicos de aislamiento continental, que generaron distintos gradientes climáticos y ecosistemas, desde matorrales xerófilos (arbustos y plantas con espinas y hojas pequeñas) hasta bosques de coníferas (pinos y encinos) (CONANP, 2003).

MUESTREO Y ANÁLISIS DEL AGUA

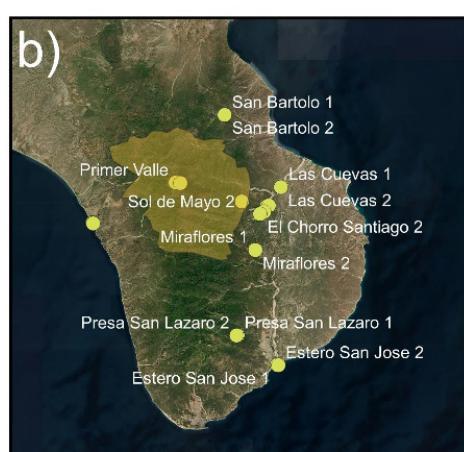
Se recolectaron muestras de agua en la Sierra La Laguna y en oasis cercanos durante dos períodos del año 2023: julio (temporada cálido y seco) y diciembre (temporada frío y húmedo). En total se muestrearon 11 cuerpos de agua en julio (20 puntos de muestreo) y 18 cuerpos de agua en diciembre (36 puntos), ya que durante el periodo de lluvias emergen nuevos cuerpos de agua temporales que no están disponibles en época seca (Figura 1).

En cada sitio se midieron parámetros físicos y químicos del agua en la superficie (entre 0 y 0.5 metros de profundidad), como temperatura, pH, oxígeno disuelto, turbidez, conductividad y sólidos disueltos, mediante instrumentos portátiles multiparamétricos. También se evaluaron la presencia de nutrientes como nitratos y fosfatos. Se

analizaron parámetros biológicos como la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) y la presencia de bacterias coliformes, usando técnicas de espectrofotometría y cultivo microbiológico, respectivamente. Los valores obtenidos se compararon con los límites permisibles establecidos en Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCA-001/89 (SEDUE, 1989).

Tabla 1.- Variables ambientales medidas para el cálculo del ICA con sus respectivos pesos ponderados

Parámetro	Peso ponderado
Oxígeno disuelto	0.17
Coliformes totales	0.16
pH	0.11
DBO_5	0.11
Temperatura	0.1
Nitratos	0.1
Fosfatos	0.1
Turbidez	0.08
Sólidos totales	0.07



Mapa del área de estudio

Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna
 Sitios de muestreo en temporada cálido/seco
 Sitios de muestreo en temporada frío/húmedo

Mapa Base
MapTiler Planet
Satellite

Figura 1.- Ubicación de los sitios de muestreo en la región hidrológica prioritaria Sierra la Laguna y oasis aledaños (a); b) estaciones durante la temporada cálido/seco; c) estaciones durante la temporada frío/húmedo.

Para evaluar el estado de salud del agua, se utilizó el Índice de Calidad del Agua (ICA), siguiendo el método propuesto por Brown et al., (1970) y adaptado por la Fundación Nacional de Ciencias (NSF) de Estados Unidos (Grey et al., 2020; Aljanabi et al., 2021; Padilla Calderón, 2024). El cálculo del índice se realizó usando la plataforma "Know Your Water" (disponible en knowyourh2o.com).

Se aplicó una prueba estadística de Monte Carlo para identificar qué variables influían más en la calidad del agua de los distintos cuerpos, utilizando el software *PC-ORD v6*. Los parámetros ambientales medidos de los cuerpos de agua se usaron para aplicar la fórmula de ICA. Se usó una escala según el grado de calidad del agua donde A significa excelente; B, bueno; C, medio; D, malo; y E, pésimo (Tabla 2).

Tabla 2.- Grado de calidad del agua según el intervalo del índice

Grado	Intervalo de ICA	Estado de calidad
A	90-100	Excelente
B	70-89	Bueno
C	50-69	Medio
D	25-49	Malo
E	0-24	Pésimo

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

VARIACIÓN ESTACIONAL Y CALIDAD DEL AGUA

Durante el verano de 2023, en la temporada más cálida y seca, muchos cuerpos de agua en la región de la Sierra La Laguna se encontraban secos o con bajo caudal, lo que limitó el número de sitios disponibles para muestreo. Aun así, se logró evaluar la calidad del agua en 11 cuerpos, tanto dentro como fuera del área protegida. En contraste, durante la temporada fría y húmeda (invierno), gracias a las lluvias, se pudo acceder

a 18 cuerpos de agua en funcionamiento, incluidos manantiales, arroyos y oasis (Figura 2).

TEMPERATURA Y OXÍGENO DISUELTO

En verano las temperaturas del agua fueron más cálidas. San Lázaro registró el valor máximo, con 35.8 °C, mientras que el sitio más fresco fue Primer Valle con 20.2 °C. En invierno, los valores oscilaron entre 17.8 °C (Santiago Laguna) y 29 °C (Estero San José). En cuanto al oxígeno disuelto, parámetro clave para la vida acuática, en verano se registraron valores preocupantemente bajos en algunos sitios, como Todos Santos (0.94 mg/l), lo que puede indicar condiciones poco saludables para organismos acuáticos. En contraste, en invierno, se observaron valores más altos, destacando la laguna Todos Santos con 16.2 mg/l, probablemente debido a una mayor circulación y recarga de agua tras las lluvias.

CONTAMINACIÓN BIOLÓGICA: COLIFORMES TOTALES

Los coliformes totales, indicadores de contaminación por materia orgánica, se encontraron en concentraciones elevadas en sitios cercanos a zonas urbanas o agrícolas. Por ejemplo, en verano, Todos Santos registró 912 unidades formadoras de colonias (UFC)/100 ml, y en invierno, Estero San José alcanzó 960 UFC/100 ml. En contraste, lugares como San Bartolo mostraron niveles muy bajos, incluso con bacterias ausentes en invierno, lo que sugiere menor presencia humana o mejor estado de salud ambiental.

NUTRIENTES Y EUTROFIZACIÓN

Los niveles de fosfatos y nitratos, nutrientes clave para la productividad primaria y secundaria, que en exceso pueden generar eutrofización (crecimiento excesivo de algas), también mostraron patrones interesantes. En verano, el Estero San José presentó niveles de fosfatos de 10 mg/l, y en invierno, San Antonio llegó hasta 14 mg/l. En ese mismo sitio, los

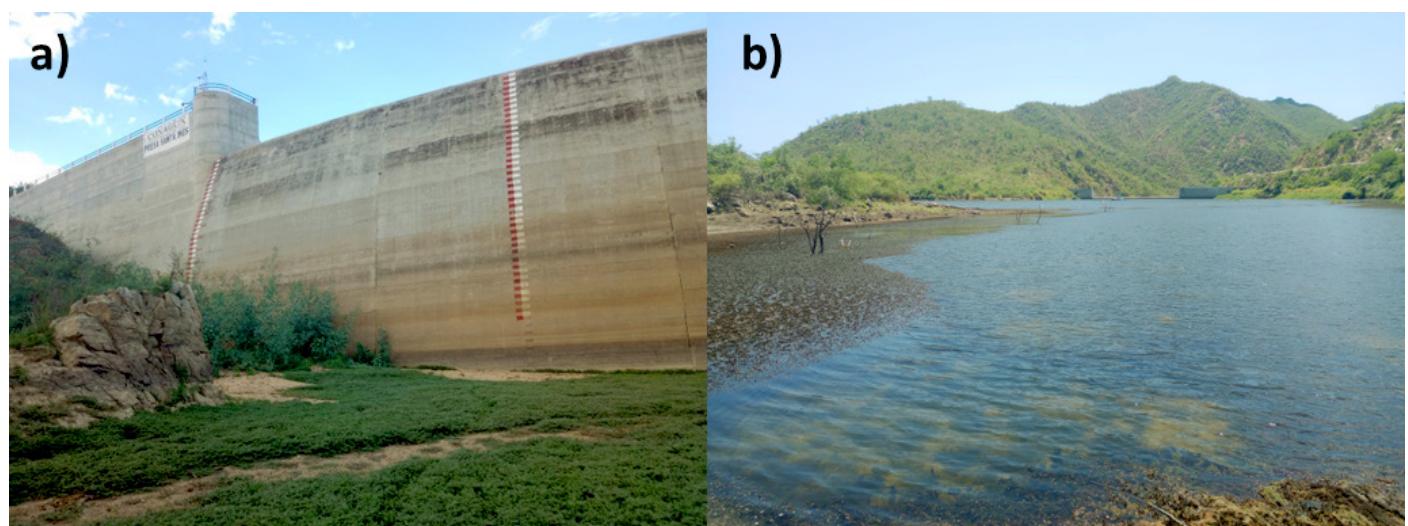


Figura 2.- Presa Santa Inés. Comparación entre temporadas cálido/seco (a) – frío/húmedo (b)

nitratos alcanzaron 20 mg/l, lo que representa un riesgo para la calidad del agua si se mantiene a largo plazo. Estos niveles altos suelen estar relacionados con descargas de aguas residuales y escorrentía agrícola, como es el caso de la Laguna de Todos Santos, que recibe agua de arroyos que atraviesan campos de cultivo, posiblemente cargados con fertilizantes y pesticidas (Fichera, 2019).

TURBIDEZ, SÓLIDOS DISUELtos Y pH

La turbidez, o cantidad de partículas suspendidas en el agua, fue mucho mayor en invierno. Por ejemplo, el Rosario presentó 71.03 unidades nefelométricas (NTU), un valor muy por encima de lo recomendable para agua superficial. En contraste, sitios como Todos Santos Río en invierno, o San Bartolo en verano, presentaron valores muy bajos (menos de 0.1NTU), lo que indica aguas más limpias y claras. La concentración de sólidos disueltos (como sales y minerales) también varió entre sitios. En verano, el máximo fue en Todos Santos (1.31 ppt), mientras que en invierno San Antonio presentó 0.87 ppt. Estos valores pueden estar relacionados tanto con la evaporación como con la infiltración de contaminantes urbanos o agrícolas. El pH varió desde valores ligeramente ácidos (6.99) hasta bastante alcalinos (9.31), con San Lázaro destacando en ambas temporadas como uno de los sitios más alcalinos. Si bien estos valores aún están dentro de rangos naturales, pueden influir en la solubilidad de nutrientes y metales en el agua.

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO₅)

La DBO₅, que indica la cantidad de oxígeno que necesita el agua para descomponer materia orgánica, fue especialmente alta en invierno en San Lázaro (23.7 mg/l), lo cual sugiere una alta carga orgánica posiblemente relacionada con descargas de aguas residuales o material vegetal en descomposición. En cambio, Segundo Valle

presentó uno de los valores más bajos en ambas temporadas.

ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA)

Según el Índice de Calidad del Agua (ICA), en la temporada cálida/seca de julio, el 64 % de los sitios presentó mala calidad (valores entre 25 y 50), y el resto calidad media (entre 50 y 70) (Figura 2). Los sitios con peor calidad fueron el Estero de San José (ICA = 37) y Laguna de Todos Santos (ICA = 44), mientras que San Bartolo y Segundo Valle mostraron mejores condiciones (ICA > 54). Así mismo en el test de Monte Carlo se encontró que de las variables medidas, las más importantes para la buena calidad del agua fueron las que tenían una menor temperatura, más oxígeno disuelto, un pH neutro y una DBO₅ bajo; por otro lado, los sistemas que presentaron mala calidad fueron aquellos que tenían un recuento de coliformes totales alto (Tabla 3).

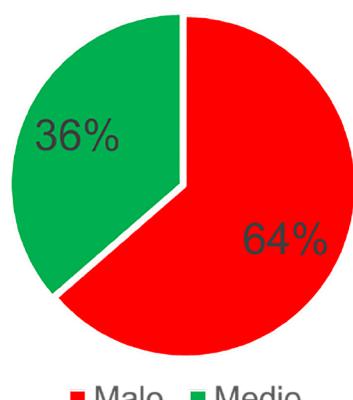
Tabla 3.- Valores obtenidos mediante el test de Monte Carlo de variables ambientales en la Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna

Variable	Grupo	Valor-p
Temperatura	Buena	0.001
Oxígeno disuelto	Buena	0.001
Coliformes totales	Mala	0.006
Fosfatos	Mala	0.1542
Nitratos	Mala	0.0841
Sólidos disueltos	Mala	0.4605
Turbidez	Media	0.3834
pH	Buena	0.001
DBO	Buena	0.016

*Valores en negritas indican variables que obtuvieron valores-p significativos

Cálido/seco (2023)

a)



Frío/húmedo (2023-24)

b)

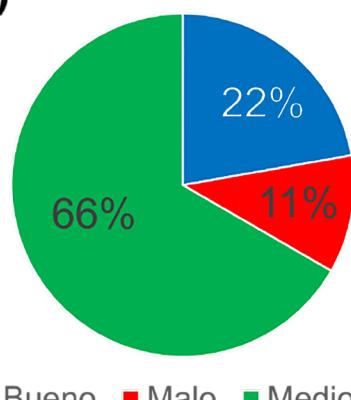


Figura 3.- Calidad de agua en los cuerpos lacustres en la Reserva de la Biosfera Sierra la Laguna por temporada, expresado en porcentaje. a) Valores para la temporada cálido/seco, b) Valores para la temporada frío/húmedo.

El caso del Estero San José ilustra bien los conflictos entre urbanización y conservación. En sus inmediaciones, existen asentamientos humanos sin drenaje adecuado, y desde 1985 el acuífero que lo abastece está sobreexplotado (Guzmán et al., 1994; Olmos-Martínez et al., 2016). Para mantener el caudal del estero, se descargan aguas tratadas desde la planta de tratamiento local, lo cual ayuda a preservar su vegetación, pero también introduce contaminantes que podrían superar los estándares sanitarios aceptables (Covarrubias et al., 2018; Shiba-Reyes, 2019; Wurl & Lamadrid, 2016).

CONCLUSIONES

Este estudio ofrece una visión integral de la calidad del agua en cuerpos superficiales de la Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna y sus oasis cercanos, una región clave para el equilibrio ecológico y el suministro hídrico del sur de Baja California Sur.

Impacto Humano: Muchos cuerpos de agua, especialmente en la temporada seca, están en condiciones desfavorables y con aporte de contaminantes. Sitios cercanos a áreas urbanas o agrícolas, como el Estero de San José o la Laguna de Todos Santos, son los más afectados por la contaminación de bacterias, nutrientes y materia orgánica.

Valor de la Conservación: lugares menos impactados como San Bartolo o Segundo Valle mantienen una mejor calidad del agua, lo que subraya la importancia de proteger estas zonas para asegurar el acceso a agua limpia para el desarrollo social y protección de la biodiversidad. Hasta el momento solo existe un sitio Ramsar en esta zona el Sistema ripario de la cuenca y Estero de San José del Cabo.

Influencia de las lluvias: La comparación estacional revela que, aunque las lluvias pueden mejorar la disponibilidad de agua y diluir contaminantes, también pueden arrastrar residuos orgánicos y químicos de zonas agrícolas o urbanas, aumentando la turbidez y la carga de nutrientes.

Falta de Monitoreo: A pesar de la protección de la Sierra La Laguna, aún no existe un sistema de monitoreo constante ni políticas efectivas para preservar la calidad del agua. Esta situación representa un grave riesgo para los ecosistemas y las comunidades que dependen de ellos.

Este trabajo proporciona una línea base para futuras investigaciones y es una herramienta para la toma de decisiones en temas de conservación, manejo sustentable del agua y educación ambiental. Es fundamental avanzar hacia un modelo de gestión hídrica que reconozca el valor ecológico, social y económico del agua, y que asegure su disponibilidad y calidad para las generaciones presentes y futuras.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al CONAHCYT por el apoyo de la beca posdoctoral (CVU: 390374), a la CONANP-Reserva de la Biosfera Sierra la Laguna por el apoyo en las gestiones y facilidades prestadas; al parque ecológico Sol de Mayo por su cooperación para el acceso al área, al Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de la Zona Maya e Instituto Tecnológico de Chetumal por el uso de infraestructura y equipo; al CBTIS 62 por proporcionar recursos de transporte y uso de instalaciones para el procesamiento de muestras. El proyecto 22582.25-P del Tecnológico Nacional de México aportó el financiamiento para esta investigación.

Literatura citada



- Aljanabi, Z. Z., Al-Obaidy, A.-H. M. J., & Hassan, F. M. (2021). A brief review of water quality indices and their applications. *IOP conference series: earth and environmental science*, 779(1), 012088.
- Avilés-Polanco, G., Almendarez-Hernández, M. A., Beltrán-Morales, L. F., Serrano-Fraire, I., & Ortega-Rubio, A. (2021). Consumer Preferences for Labeled Plant-Based Products Associated with Traditional Knowledge: A Study in Protected Natural Areas of Northwest Mexico. *Land*, 10(4), 412.
- Bhateria, R., & Jain, D. (2016). Water quality assessment of lake water: A review. *Sustainable Water Resources Management*, 2(2), 161-173. <https://doi.org/10.1007/s40899-015-0014-7>
- Boyd, C. E. (2019). Water quality: An introduction. Springer Nature.
- Brauman, K. A., Daily, G. C., Duarte, T. K., & Mooney, H. A. (2007). The Nature and Value of Ecosystem Services: An Overview Highlighting Hydrologic Services. *Annual Review of Environment and Resources*, 32(1), 67-98. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.32.031306.102758>
- Brown, R. M., McClelland, N. I., Deininger, R. A., & Tozer, R. G. (1970). A water quality index-do we dare. *Water and sewage works*, 117(10).
- Carrillo-Guerrero, Y. (2010). Diagnóstico de la Cuenca de La Paz. Reporte Final del Convenio Niparaja-Pronatura Noroeste, México, 42.
- CONANP. (2003). Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna, México (Primera edición). Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas-Semarnat. <https://www.gob.mx/conanp/acciones-y-programas/programas-de-manejo>
- Covarrubias, O. A., Martínez, L. F. A., & Martínez, E. O. (2018). El humedal prioritario de Baja California Sur, México: Servicios ecosistémicos. *Servicios ecosistémicos en humedales*, 151-179.
- Fasio, L., & Ibáñez, R. (2011). Problemática del mercado ecoturístico en la Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna: El caso de San Dionisio, Baja California Sur. *Teoría y Praxis*, 10, 49-75.
- Fichera, M. M. (2019). Numerical Modeling and Hydrochemical Analysis of the Current and Future State of Seawater Intrusion in the Todos Santos Aquifer, Mexico [Master's Thesis, Colorado State University].
- Gleick, P. H. (2000). A Look at Twenty-first Century Water Resources Development. *Water International*, 25(1), 127-138. <https://doi.org/10.1080/02508060008686804>
- Grey, A. A., Canto, A., González, Y., Baria, K., & Castillo, I. (2020). Determinación de un índice de riesgo y vulnerabilidad en poblaciones costeras: Estudio de caso Portobelo, provincia de Colón. *Revista de I+D Tecnológico*, 16(2), 1-8.
- Guzmán, J., Carmona, R., Palacios, E., & Bojórquez, M. (1994). Seasonal distribution of aquatic birds in Estero de San José del Cabo, BCS, Mexico. *Ciencias Marinas*, 20(1), 93-103.
- Lagunas-Vázquez, M., Acevedo-Beltrán, M., Cervantes-Martínez, E. F., & Felipe, L. (2013). Sociohistoria de la ganadería y su importancia en la seguridad alimentaria para las familias rancheras de la REBIOSLA. En Magdalena Lagunas-Vázquez Luis Felipe Beltrán-Morales Alfredo Ortega-Rubio y Magdalena Lagunas-Vázquez Luis Felipe Beltrán-Morales Alfredo Ortega-Rubio, Diagnóstico y análisis de los aspectos sociales y económicos en la reserva de la Biosfera Sierra La Laguna, La Paz, BCS (Méjico): Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste.
- National Institute of Statistics and Geography (INEGI) 2020. Censo de Población y vivienda 2020. Available from <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/> [accessed 17 Feb 2025]
- Ojeda-Ruiz, M. Á., & Lacruhy, C. (2024). Integración de una empresa comunitaria de aviturismo en San Antonio de la Sierra, Reserva de la Biosfera Sierra la Laguna, Baja California Sur, México. En Juárez Macialla Judith, Plácido Roberto Cruz Chávez, Gustavo Rodolfo Cruz Chávez, Alberto Francisco Torres García, *Estrategias para el Turismo Comunitario*. Ediciones comunicación científica.
- Olmos-Martínez, E., Arizpe-Covarrubias, O., Contreras-Loera, M. R., González-Ávila, M. E., & Casas-Beltrán, D. A. (2016). Public opinion and perception on the conservation of estero san josé del cabo state ecological reserve and its area of influence. *Vivat Academia*, 19(135), 24.
- Ortega-Arriaga, P., López Morales, C. A., Caballero Güendulain, K., & Ortega-Rubio, A. (2023). Minería versus conservación de servicios ecosistémicos: El caso de Sierra La Laguna. *Economía, sociedad y territorio*, 23(72), 467-491.
- Padilla Calderón, T. A. (2024). Evaluación de la calidad de agua del río Sardinas de la parroquia Sardinas, ubicada en el cantón Chaco, provincia de Napo, mediante la identificación de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores. [Trabajo de integración curricular, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador].
- Romero-Schmidt, H., & Ortega-Rubio, A. (2012). Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna. Salud ambiental versus minería a cielo abierto. *Ciencia y Desarrollo*, Versión para Internet.
- Saalidong, B. M., Aram, S. A., Otu, S., & Lartey, P. O. (2022). Examining the dynamics of the relationship between water pH and other water quality parameters in ground and surface water systems. *Plos one*, 17(1), e0262117.
- Salgado-Beltrán, V. A., Murillo-Amador, B., Nieto-Garibay, A., Aguilera, N., & Ortega-Pérez, R. (2020). Especies consumidas por cabras en la Sierra La Laguna, Baja California Sur. Ecosistemas y recursos agropecuarios, 7(3).
- Sánchez-Brito, I., Almendarez-Hernández, M. A., Morales-Zárate, M. V., & Salinas-Zavala, C. A. (2013). Valor de existencia del servicio ecosistémico hidrológico en la Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna, Baja California Sur, México. *Frontera norte*, 25(50), 97-129.
- SEDUE (1989). Acuerdo por el que se establecen los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCA-001/89. Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. Diario Oficial de la Federación, México, 13 de diciembre.
- Shiba-Reyes, M. Y. (2019). Efectos de ciclones tropicales sobre la cubierta vegetal de la cuenca baja y estero de San José del Cabo, BCS, México. [Master's Thesis, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, SC].
- Solís-Cámarra, A. B. S., Ramírez, J. S., Sierra, C. L. J., & Ortega-Rubio, A. (2014). Conservación en la Reserva de la Biosfera Sierra la Laguna, Baja California Sur: Logros y retos. *Investigación y ciencia*, 22(60), 78-84.
- Wurl, J., & Lamadrid, M. Á. I. (2016). Las Condiciones Hidrogeológicas en la Cuenca San José del Cabo, Baja California Sur, México. *Áreas Naturales Protegidas Scripta*, 2(2), 91-102.