



**Evaluación de la calidad del agua y
estado trófico de la laguna El Oconal,
otoño 2023**



ARTICULO ORIGINAL

Evaluación de la calidad del agua de la laguna El Oconal – Villa Rica (Pasco), otoño 2023

Water quality assessment of El Oconal Lagoon – Villa Rica (Pasco), autumn 2023

Favio Danilo Carranza Alania^{1*} , Stive Flores Gómez^{1,2} , David Wilfredo Rivera Munguía¹ ,
Perla Azucena Canto Luis¹ , Zarai Sheyly Milla Huaman¹ , Magu Nicole Gonzalo Carrera¹ ,
Jesús Marino Gómez Miguel¹ 

RESUMEN

La región Pasco se caracteriza por su amplia variedad de climas y pisos altitudinales; por ende, también por su gran biodiversidad terrestre y acuática. Entre sus principales lagunas, El Oconal, destaca por su rica biodiversidad y dada a su importancia ecoturística, se evaluó la calidad del agua de la laguna El Oconal y se determinó su estado trófico. Para el monitoreo de los parámetros físico-químicos (conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, oxígeno disuelto, pH, alcalinidad, dureza y fósforo total) se definieron ocho estaciones de muestreo, cuatro de ellas con proximidad a la zona turística (sector 1) y cuatro en el sector centro oeste de la laguna (sector 2). La evaluación se efectuó en otoño del año 2023. De acuerdo a los principales resultados, se encontró diferencia significativa entre los sectores evaluados para oxígeno disuelto, fósforo total y alcalinidad. Asimismo, de todos los parámetros evaluados, el fósforo total excedió el valor establecido como estándar de calidad del agua de la categoría conservación de lagos y lagunas; indicador de un exceso de fósforo en la laguna, cuya fuente tiene relación con los centros recreativos ubicados en el sector noroeste de la laguna. Por otro lado, se determinó que la laguna posee un estado de ultraoligotrófico en el sector 2 y supereutrófico en el sector 1. Se concluye que la calidad de agua de la laguna El Oconal se encuentra deteriorada y necesita de estrategias de recuperación conducente al equilibrio ecológico.

Palabras clave eutrofización; fósforo; monitoreo; nutrientes; turismo.

ABSTRACT

The Pasco region is characterized by its wide variety of climates and altitudinal levels; therefore, also for its great terrestrial and aquatic biodiversity. Among its main lagoons, El Oconal, stands out for its rich biodiversity and given its ecotourism importance, the water quality in the El Oconal lagoon was evaluated and its trophic state was determined. To monitor the physical-chemical parameters (electrical conductivity, total dissolved solids, dissolved oxygen, pH, alkalinity, hardness and total phosphorus), eight sampling stations were defined, four of them close to the tourist area (sector 1) and four in the central western sector of the lagoon (sector 2). The evaluation was carried out in autumn 2023. According to the main results, a significant difference was found between the sectors evaluated for dissolved oxygen, total phosphorus and alkalinity. Likewise, of all the parameters evaluated, total phosphorus exceeded the value established as a water quality standard for the conservation category of lakes and lagoons; indicator of an excess of phosphorus in the lagoon, whose source is related to the recreational centers located in the northwest sector of the lagoon. On the other hand, it was determined that the lagoon has a state of ultraoligotrophic in sector 2 and supereutrophic in sector 1. It is concluded that the water quality of the El Oconal lagoon is deteriorated and needs recovery strategies leading to ecological balance.

Keywords: eutrophication; phosphorus; monitoring; nutrients; tourism.

¹ Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Facultad de Ingeniería, Programa de estudios de Ingeniería Ambiental. Cerro de Pasco, Perú.

² Graduate Program in Environmental Technology, University of Santa Cruz do Sul (UNISC). Santa Cruz do Sul, Brazil.

*Autor de correspondencia.
E-mail:
ssang.fav@gmail.com

Recibido: 15 de dic de 2023
Aprobado: 23 de dic de 2023
Publicado: 27 de dic de 2023

Para citar este artículo:

Carranza Alania F., Flores Gómez S., Rivera Munguía D., Canto Luis P., Milla Huaman Z., Gonzalo Carrera M., Gómez Miguel J. (2023). Evaluación de la calidad del agua y estado trófico de la laguna El Oconal, otoño 2023. *Yotantsipanko*, 3(2), 23 - 36. <https://doi.org/10.54288/yotantsipanko.v3i2.34>



Introducción

En los ecosistemas lacustres es fundamental conocer la influencia de los nutrientes en las comunidades de fitoplancton, zooplancton y peces, así como los procesos físicos, químicos y biológicos, y para ello es fundamental monitorear la calidad del agua (Guo et al., 2019; Poikane et al., 2022). Además, la determinación de los factores que controlan las interacciones de la red trófica es un tema clave en ecología, y es importante conocer la carga de nutrientes y las respuestas de las comunidades biológicas (Yadav et al., 2021; Rullens et al., 2022).

Los lagos y lagunas del mundo están sometidos a presiones ambientales por un conjunto de factores antrópicos a lo largo de sus orillas (industriales, agrícolas, de abastecimiento de agua, recreativos, etc.), que pueden deteriorar la calidad del agua (El-Serehy et al., 2018) y desencadenar la eutrofización (Buelo et al., 2022). Asociadas a casos de eutrofización están las floraciones algales que causan enfermedades en la salud humana y comprometen servicios ecosistémicos como la disminución de alimentos de origen acuático, el turismo local y la disponibilidad de agua para consumo humano, entre otros (Rodríguez-Martínez et al., 2019; Yao et al., 2018; Zgouridou et al., 2022).

Los estudios en ecología acuática señalan al fósforo como un elemento esencial para todas las formas de vida; pero en altas

concentraciones, junto con el nitrógeno, desencadena el fenómeno de eutrofización, una condición de alta producción de algas y cianobacterias que limitan la disponibilidad de oxígeno y causan mortalidad en la fauna acuática (Sharma et al., 2023). La ciencia busca explicar los procesos de eutrofización en los que se encuentran las cianobacterias como grupo de estudio y preocupación por los efectos negativos que causan en el ecosistema lacustre (Giblin et al., 2022), destacando que su importancia científica favoreció el estudio de las CyanoHABs (*Cyanobacterial harmful algal blooms*) (Aguilera et al., 2023).

Siendo de alta relevancia conocer el estado de conservación el objetivo de esta investigación fue evaluar la calidad del agua de la laguna El Oconal, desde el monitoreo de los principales parámetros físicos y químicos a fin de contar con información que sea útil para fines de conservación.

Materiales y métodos

Área de estudio

Según la información proporcionada por la Municipalidad Provincial de Villa Rica (2023), y corroborada con la aplicación Google Earth (2023), el distrito de Villa Rica se encuentra sobre las coordenadas -10.7395° S, -75.2741° W a una altitud media de 1470 msnm. Donde se registran temperaturas diarias de entre 15°C a

27°C, con una precipitación anual acumulada de 1978 mm, y una humedad promedio del 89%.

El área de estudio abarcó casi la totalidad de la zona navegable permitida por las autoridades turísticas del sitio, siendo predominantemente el área de la periferia sur - oeste de la laguna El Oconal (Fig. 1), la cual se encuentra sobre las coordenadas -10.7558° S y -75.2727° W, a una altitud de 1466 msnm, con un área total de 164 hectáreas y un perímetro de 5679, 32 metros, colinda por el noreste con la carretera Alto Cedropampa, perteneciente al distrito de Villa

Rica, Pasco – Perú. Por lo que se considera como el cuerpo de agua predominante en el distrito.

Diseño del muestreo

Se evaluaron dos sectores denominados de la siguiente manera: Sector 1, con cercanía a la zona recreacional turística, y Sector 2, que corresponde a la zona pelágica de la laguna (Figura 1), en cada sector se establecieron 4 estaciones para monitoreo, donde se determinaron los principales parámetros físico-químicos y perifiton.

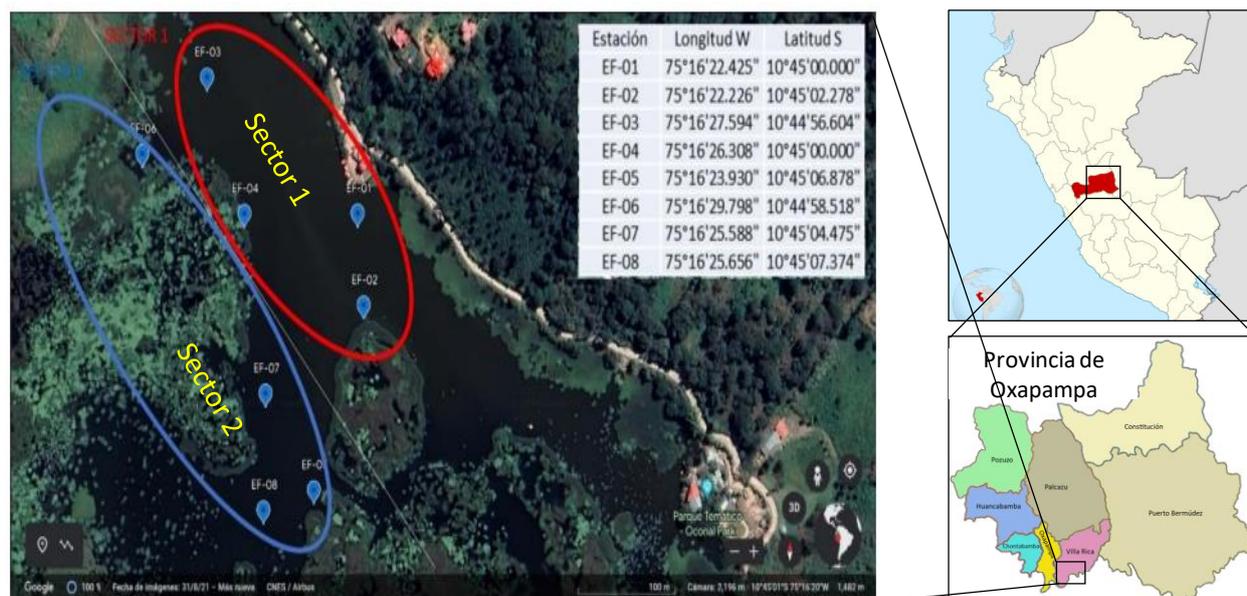


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio, Laguna El Oconal, Villa Rica

Criterio para la selección de los puntos de muestreo

Los sectores de establecieron con la sospecha previa de contaminación antropogénica, debido a que la periferia norte de la laguna está

predominantemente poblada por recreos turísticos, población urbana, y negocios pequeños. La selección de los puntos de muestreo, se realizó intentando hacer un barrido lo más uniforme posible de los dos sectores

establecidos, teniendo ligeras modificaciones en base a las rutas navegables del lago, las cuales se evaluaron el día de la colecta de muestras (10 de mayo-2023, otoño) según el criterio de los colaboradores implicados en la toma de muestras.

Análisis de parámetros físico – químicos

Se realizó el análisis químico de oxígeno disuelto in situ para las 8 estaciones de muestreo con el kit de prueba de oxígeno disuelto (OD), modelo OX-2P de la marca HACH, ue emplea el método de valoración por recuento de gotas.

Los siguientes análisis se efectuaron en el Laboratorio de Aguas de Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión filial Oxapampa: los análisis de pH, conductividad eléctrica (CE) y solidos disueltos totales (TDS) se realizaron en las instalaciones del laboratorio de aguas de la, con el dispositivo multiparámetro modelo HI991300 (rango bajo) de la marca HANNA. El análisis de alcalinidad se realizó con el kit de prueba de alcalinidad, modelo AL-AP de la marca HACH, con el método de valoración por recuento de gotas/Ácido sulfúrico. El análisis de dureza total se realizó con el kit de prueba de dureza total, modelo 5-B, de la marca HACH, con el método de titulación por conteo de gota. El análisis de fósforo total (PT) se realizó con el dispositivo fotómetro multiparamétrico C214 + DQO, modelo HI 83214 (C214) de la marca HANNA, mediante el método de ácido ascórbico.

En todos los casos siguiendo las pautas establecidas por el “Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales” y los métodos estandarizados de la *American Public Health Association-APHA* (APHA AWWA, 1985; Autoridad Nacional del Agua, 2016)

Análisis de datos

Para fines de análisis de la calidad del agua, se contrastaron los valores obtenidos con los estándares de calidad ambiental de acuerdo a la D.S. N° 004-2017-MINAM, considerando la categoría 4: E1 Lagunas y lagos.

La determinación del estado trófico de la laguna se efectuó mediante el empleo del índice de estado trófico (ITS), catalogado a partir de la concentración de fósforo total en el agua y acorde a la escala de valores del estado trófico del agua (Tabla 1).

Tabla 1.

Escala de valores del estado trófico en los cuerpos de agua (Cunha et al., 2013)

Categoría	PT (µg/L)
Ultraoligotrófico	≤ 15.9
Oligotrófico	16.3 - 23.8
Mesotrófico	23.9 - 36.7
Eutrófico	36.8 - 63.7
Supereutrófico	63.8 - 77.6
Hipereutrófico	≥ 77.7

Los análisis estadísticos efectuados fueron análisis de varianza mediante aplicación de la prueba t, y también en análisis de correlación de los parámetros físico-químicos y finalmente se efectuó un análisis multivariado, mediante la técnica de clúster. Los análisis se realizaron en el software R (Team, 2013) y en PAST (Hammer et al., 2001).

Resultados

De acuerdo al análisis de t student efectuado para comparar las medias de los sectores, se encontró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en el OD, PT y CE, lo cual revela que el sector 1 presentó aguas con mayores concentraciones en los parámetros evaluados (Tabla 2).

Tabla 2.

Parámetros de calidad de agua (físico-químicos) evaluados de la laguna El Oconal, Pasco. Mayo 2022. Donde OD: oxígeno disuelto, PT: fósforo total, pH: potencial de hidrógeno, TDS: sólidos disueltos totales, CE: conductividad eléctrica, DE: desviación estándar, p: valor resultante de la prueba t student

Parámetro	Sector 1		Sector 2		p	Diferencia estadística
	Media	DE	Media	DE		
OD (mg/L)	4.0	0.0	3.3	0.5	0.024010	Si
PT (µg/L)	148.0	61	8	15.0	0.004720	Si
pH	7.2	0.2	7.1	0.1	0.225200	No
TDS (NTU)	91.0	1.4	88.3	4.0	0.245400	No
CE (µS/cm)	184.5	2.6	179.3	6.9	0.205100	No
Alcalinidad (mg/L)	130.0	11.5	105.0	10.0	0.016960	Si
Dureza (mg/L)	75.8	18.6	77.3	11.3	0.894700	No

De los parámetros evaluados (OD, PT, pH, CE) en ambos sectores de estudio (sectores 1 y 2), solo el pH cumplió con los estándares de calidad del agua (D.S. N° 004-2017-MINAM) categoría 4: E1 Lagunas y lagos. Asimismo, de acuerdo con la clasificación de estado trófico (Cunha et al.,

2013), el sector 1 (que tiene proximidad a la zona recreacional turística), se catalogó como Hipereutrófico y el sector 2 como Ultraoligotrófico (Tabla 3).

Tabla 3.

*Parámetros de calidad de agua evaluados en la laguna El Oconal, Villa Rica. Donde Media: promedio, OD: oxígeno disuelto, PT: fósforo total, CE: conductividad eléctrica. * refiere a estándares de calidad del agua de acuerdo al D.S. N° 004-2017-MINAM, categoría 4: E1 Lagunas y lagos; y £ es la catalogación de estado trófico (Cunha et al., 2013)*

Sector	Parámetro	Media	Valor ECA*	Evaluación	Estado trófico £
Sector 1	OD (mg/L)	4	5	No cumple	
	PT (µg/L)	148	35	No cumple	Hipereutrófico
	pH	7.2	6.5 - 9.0	Si cumple	
	CE (µS/cm)	184.5	1000	No cumple	
Sector 2	OD (mg/L)	3.3	5	No cumple	
	PT (µg/L)	8	35	No cumple	Ultraoligotrófico
	pH	7.1	6.5 - 9.0	Si cumple	
	CE (µS/cm)	179.3	1,000	No cumple	

Análisis de correlación

En el análisis de correlación múltiple de los parámetros físico-químicos se logró identificar una correlación positiva significativa entre la conductividad eléctrica y alcalinidad con el oxígeno disuelto (estadísticamente significativo

$p < 0.01$), con valores de r superiores a 0.8; mientras que en la mayoría de los otros parámetros se observó correlación moderada con valores de r que variaron de 0.4 a 0.6 (Figura 2).

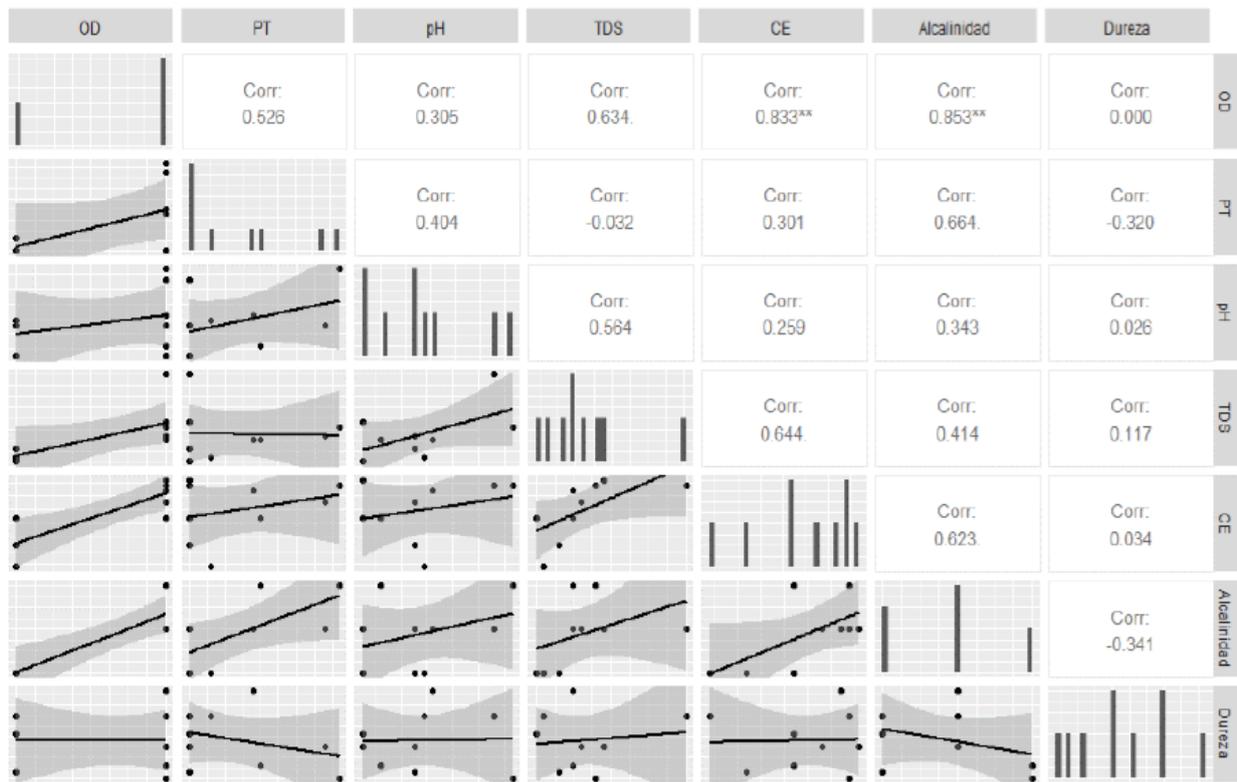


Figura 2. Análisis de correlación múltiple de los parámetros de calidad de agua evaluados en la laguna El Oconal, Pasco. Donde OD: oxígeno disuelto, PT: fósforo total, TDS: sólidos disueltos totales, CE: conductividad eléctrica. La figura muestra valores de correlación entre las variables. ** significa significancia a un valor de $p < 0.01$

El análisis de clúster efectuado mediante el método de Morisita (Telesca et al., 2016) permitió determinar, a un nivel de similitud de 0.95, dos grupos, el primero compuesto por las estaciones E5, E7 y E8, ubicadas en aguas abiertas o pelágicas, y el segundo compuesto por

las estaciones E1, E4, E3, E6 y E2, ubicados en sectores próximos a la zona recreacional turística. Las características del agua en cada grupo fueron relativamente similares entre sí, pero diferentes entre grupos.

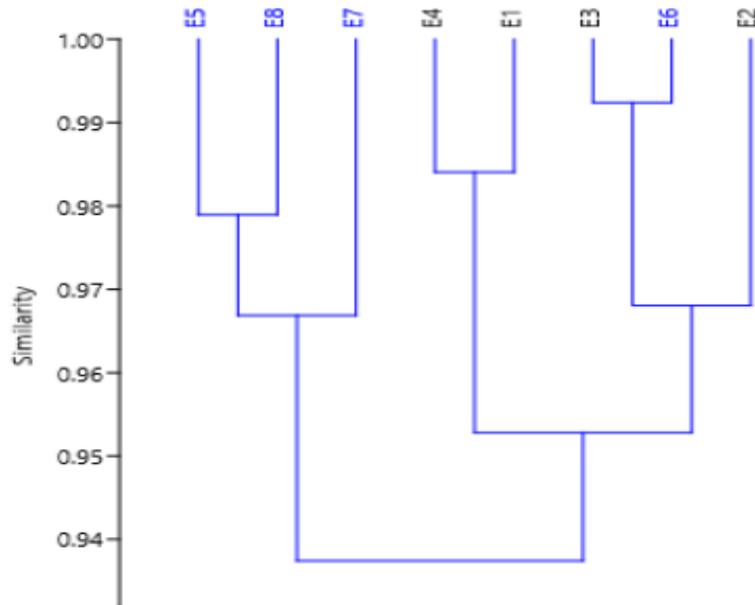


Figura 3. Análisis de clúster efectuado mediante el método de Morisita de los parámetros de calidad de agua evaluados, según estaciones de muestreo. E1 - E8 son las estaciones.

Discusión

Esta investigación representa el primer aporte para la ciencia respecto a la evaluación de calidad del agua de la laguna El Oconal, cuerpo de agua que desde algunas décadas atrás se constituye en un importante atractivo turístico para la selva central del Perú (Lázaro Torres, 2021).

Las peculiaridades abióticas del agua determinan el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, siendo que el exceso de algún componente químico puede ponerlo en desequilibrio ecológico (Testa et al., 2022). Los cuerpos de agua continentales como ríos, lagos o lagunas ubicadas en zonas contiguas a ciudades suelen experimentar problemas de eutrofización por la

mala gestión de las aguas residuales (Al-Taliby & Pandit, 2023).

En nuestro estudio se puso en evidencia un exceso de fósforo en las zonas cercanas a riberas donde se desarrolla actividad recreacional turística, un contexto similar a lo reportado por (Jia et al., 2015), que señalan la modificación del ecosistema acuático por un aumento de la actividad turística. Obviamente, el problema está relacionado a una mala gestión de las aguas residuales que generan los turistas visitantes (Kucaj et al., 2023).

Además, el fósforo total, detonante de procesos de eutrofización en lagunas (Borges et al., 2023), presentó altos niveles en las zonas cercanas a riberas de la laguna El Oconal, por ende

permitieron determinar un estado hipereutrófico, lo cual es preocupante puesto que según (Thornton & Rast, 1994), no deben ser empleadas para fines de recreación o pesca, por ser aguas que pueden ser perjudiciales para la salud humana.

Asimismo, se observó que la concentración de oxígeno disuelto estuvo por debajo del valor establecido en el ECA Agua, categoría 4: E1 Lagunas y lagos, en ambos sectores evaluados. Al respecto, es altamente probable que la materia orgánica producto del aporte no regulado de las aguas residuales estén propiciando proliferación de bacterias que están provocando un déficit de oxígeno en la zona pelágica de la laguna, siendo esto reportado para otros cuerpos de agua similares en otras partes del mundo (Ghandourah et al., 2023); por lo que sería

pertinente que futuras investigaciones estudien esta hipótesis para la laguna El Oconal, ampliando el estudio a las cuatro estaciones climáticas del año e incorporando otras variables más como el nitrógeno, demanda bioquímica de oxígeno, temperatura, turbidez y coliformes, para así poder efectuar una evaluación más robusta de la calidad del agua.

Finalmente, los resultados de nuestro estudio evidencian que la mala gestión de las aguas residuales en los centros de recreación turística de la laguna estudiada está vulnerando su integridad ecológica, por lo que es necesario que las autoridades correspondientes tomen las medidas del caso para que los involucrados propicien un turismo responsable con el ambiente.

Agradecimiento

A Edson Ramos Peñaloza y Willy Jason Ticona Orna, por su apoyo en los análisis químicos efectuados en el Laboratorio de Análisis Instrumental de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Daniel Alcides Carrión – Filial Oxapampa.

Contribución de los autores

FDCA: análisis de resultados y redacción del manuscrito

DWRM: recolección de datos en campo y análisis de resultados

MNGC: recolección de datos en campo y análisis de resultados

PACL: recolección de datos en campo y análisis de resultados

ZSMH: diseño de la investigación, revisión y análisis de datos

SFG: diseño de la investigación, análisis de datos, redacción y revisión

JMGM: diseño de la investigación, revisión y análisis de datos

Conflictos de interés

No presenta conflicto de intereses.

Referencias

- Aguilera, A., Almanza, V., Haakonsson, S., Palacio, H., Benitez Rodas, G. A., Barros, M. U. G., Capelo-Neto, J., Urrutia, R., Aubriot, L., & Bonilla, S. (2023). Cyanobacterial bloom monitoring and assessment in Latin America. *Harmful Algae*, 125. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2023.102429>
- Al-Taliby, W., & Pandit, A. (2023). Estimation of nitrogen and phosphorus fluxes into a Barrier Island lagoon via meteoric groundwater discharge. *Science of the Total Environment*, 886. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163927>
- APHA AWWA, W. (1985). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control Federation, New York.
- Autoridad Nacional del Agua. (2016). *Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales*. Dirección de Calidad y Evaluación de Recursos Hídricos (DCERH) - Publicaciones. <https://hdl.handle.net/20.500.12543/209>
- Borges, E. L., Kunst-Valentini, M., dos Santos, G. B., Franz, H. S., & Vieira, B. M. (2023). Water Quality Indexes and Multivariate Statistic Methods Application: Case Study of Mirim Lagoon. *Water, Air, and Soil Pollution*, 234(12). <https://doi.org/10.1007/s11270-023-06746-2>
- Buelo, C. D., Pace, M. L., Carpenter, S. R., Stanley, E. H., Ortiz, D. A., & Ha, D. T. (2022). Evaluating the performance of temporal and spatial early warning statistics of algal blooms. *Ecological Applications*, 32(5). <https://doi.org/10.1002/eap.2616>
- Cunha, D. G. F., Calijuri, M. do C., & Lamparelli, M. C. (2013). A trophic state index for tropical/subtropical reservoirs (TSI_{tr}). *Ecological Engineering*, 60, 126–134. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.07.058>
- El-Serehy, H. A., Abdallah, H. S., Al-Misned, F. A., Al-Farraj, S. A., & Al-Rasheid, K. A. (2018). Assessing water quality and classifying trophic status for scientifically based managing the water resources of the Lake Timsah, the lake with salinity stratification along the Suez Canal. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 25(7), 1247–1256. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2018.05.022>
- Ghandourah, M. A., Orif, M. I., Al-Farawati, R. K., El-Shahawi, M. S., & Abu-Zeid, R. H. (2023). Illegal pollution loading accelerate the oxygen deficiency along the coastal lagoons of eastern Red Sea. *Regional Studies in Marine Science*, 63. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2023.102982>

- Giblin, S. M., Larson, J. H., & King, J. D. (2022). Environmental drivers of cyanobacterial abundance and cyanotoxin production in backwaters of the Upper Mississippi River. *River Research and Applications*, 38(6), 1115–1128. <https://doi.org/10.1002/rra.3987>
- Guo, F., Jiang, G., Zhao, H., Polk, J., & Liu, S. (2019). Physicochemical parameters and phytoplankton as indicators of the aquatic environment in karstic springs of South China. *Science of the Total Environment*, 659, 74–83. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.329>
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). Past: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1), XIX–XX. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-34748886657&partnerID=40&md5=b32644b1c039465d71cd1c90d0cd42e6>
- Jia, J. M., Luo, W., Du, T. T., Li, Z. H., & Lü, Y. L. (2015). Valuation of changes of ecosystem services of Tai Lake in recent 10 years. *Shengtai Xuebao*, 35(7), 2255–2264. <https://doi.org/10.5846/stxb201306031280>
- Kučaj, E., Gjoni, A., Osmani, M., Çela, G., Bardhi, A., Baxhija, Z., & Kučaj, B. (2023). Impact of human activity on the water quality of lake Mullinjëza, Belsh, Albania. In Z. E. (Ed.), *E3S Web of Conferences* (Vol. 436). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202343610006>
- Lázaro Torres, A. Z. (2021). Identificación de aves como indicador de la calidad ambiental del área de conservación “Humedal Laguna el Oconal” de Villa Rica, teniendo como referencia el Decreto Supremo No 004-2014-Minagri-2019. UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN, 126. <https://acortar.link/ZdrYpN>
- Poikane, S., Kelly, M. G., Várbró, G., Borics, G., Erős, T., Hellsten, S., Kolada, A., Lukács, B. A., Lyche Solheim, A., Pahissa López, J., Willby, N. J., Wolfram, G., & Phillips, G. (2022). Estimating nutrient thresholds for eutrophication management: Novel insights from understudied lake types. *Science of the Total Environment*, 827. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154242>
- Rodríguez-Martínez, R. E., Medina-Valmaseda, A. E., Blanchon, P., Monroy-Velázquez, L. V., Almazán-Becerril, A., Delgado-Pech, B., Vásquez-Yeomans, L., Francisco, V., & García-Rivas, M. C. (2019). Faunal mortality associated with massive beaching and decomposition of pelagic Sargassum. *Marine Pollution Bulletin*, 146, 201–205. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.06.015>
- Rullens, V., Stephenson, F., Hewitt, J. E., Clark, D. E., Pilditch, C. A., Thrush, S. F., & Ellis, J. I. (2022). The impact of cumulative stressor effects on uncertainty and ecological risk. *Science of the Total Environment*, 842. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156877>

- Sharma, S., Futter, M. N., Spence, C., Venkiteswaran, J. J., & Whitfield, C. J. (2023). Modelling Subarctic watershed dissolved organic carbon response to hydroclimatic regime. *Science of the Total Environment*, 857. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159382>
- Team, R. D. C. (2013). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R: A Language and Environment for Statistical Computing.
- Telesca, L., Lovallo, M., Golay, J., & Kanevski, M. (2016). Comparing seismicity declustering techniques by means of the joint use of Allan Factor and Morisita index. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 30(1), 77–90. <https://doi.org/10.1007/s00477-015-1030-8>
- Testa, G., Neira, S., Giesecke, R., & Piñones, A. (2022). Projecting environmental and krill fishery impacts on the Antarctic Peninsula food web in 2100. *Progress in Oceanography*, 206. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2022.102862>
- Thornton, J., & Rast, W. (1994). The Management of International River Basins. *Quality of Continental Waters in Mercosur*. Associação Brasileira De Recursos Hídricos (ABRH), 420.
- Yadav, D., Rangabhashiyam, S., Verma, P., Singh, P., Devi, P., Kumar, P., Hussain, C. M., Gaurav, G. K., & Kumar, K. S. (2021). Environmental and health impacts of contaminants of emerging concerns: Recent treatment challenges and approaches. *Chemosphere*, 272. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129492>
- Yao, X., Zhang, Y., Zhang, L., & Zhou, Y. (2018). A bibliometric review of nitrogen research in eutrophic lakes and reservoirs. *Journal of Environmental Sciences (China)*, 66, 274–285. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2016.10.022>
- Zgouridou, A., Tripidaki, E., Giantsis, I. A., Theodorou, J. A., Kalaitzidou, M., Raitsos, D. E., Lattos, A., Mavropoulou, A.-M., Sofianos, S., Karagiannis, D., Chaligiannis, I., Anestis, A., Papadakis, N., Feidantsis, K., Mintza, D., Staikou, A., & Michaelidis, B. (2022). The current situation and potential effects of climate change on the microbial load of marine bivalves of the Greek coastlines: an integrative review. *Environmental Microbiology*, 24(3), 1012–1034. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.15765>