

Transformación biodegradable mediante tratamiento ambiental con minerales en la laguna de la Huacachina, Ica-Perú: Estudio piloto

Biodegradable transformation through environmental treatment with minerals in the Huacachina lagoon, Ica-Peru: A pilot study

Recibido: octubre 09 de 2023 | Revisado: octubre 25 de 2023 | Aceptado: noviembre 14 de 2023

GEORGE ARGOTA PÉREZ¹

RESUMEN

El objetivo del estudio fue analizar la transformación biodegradable mediante tratamiento ambiental con minerales en la laguna de la Huacachina, Ica-Perú. Entre mayo y agosto de 2023 se seleccionó de forma probabilística, dos puntos de muestreo a nivel de orilla y con una distancia aproximada de 80 m para la medición de la DBO_{5,20} y la DQO antes y después de tratar el agua disponible mediante un sistema mineral con dos capas para la remoción de la DBO_{5,20} y la DQO: 1ra) arena silicatada, y 2da) carbón activado granulométrico. El porcentaje de remoción para los parámetros fue: DBO_{5,20} (punto 1 = 22,31%; punto 2 = 23,97%) y DQO (punto 1 = 23,0%; punto 2 = 20,28%). El coeficiente de transformación indicó, que las aguas son biodegradables (punto 1 = 0,44; punto 2 = 0,5 / condición biodegradable = 0,2-0,7). Aunque, los valores de la DBO_{5,20} y DQO disminuyeron con el sistema de tratamiento mineral, la concentración final indicó incumplimiento del nivel regulatorio. Se concluye, que la transformación biodegradable mediante el tratamiento ambiental con minerales en la laguna de la Huacachina, disminuyó el contenido de materia orgánica, aunque no fue suficiente para considerar, que la calidad del agua removida sea adecuada.

Palabras clave: calidad de agua – ecoturismo – gestión urbana – laguna de la Huacachina

ABSTRACT

The objective of the study was to analyze the biodegradable transformation by environmental treatment with minerals in the Huacachina lagoon, Ica-Peru. Between May and August 2023, two sampling points were selected probabilistically at shore level and with a distance of approximately 80 m for the measurement of BOD_{5,20} and COD before and after treating the available water by means of a mineral system with two layers for the removal of BOD_{5,20} and COD: 1st) silicate sand, and 2nd) granulometric activated carbon. The percentage of removal for the parameters were: BOD_{5,20} (point 1 = 22.31%; point 2 = 23.97%) and COD (point 1 = 23.0%; point 2 = 20.28%). The transformation coefficient indicated that the waters are biodegradable (point 1 = 0.44; point 2 = 0.5 / biodegradable condition = 0.2-0.7). Although the BOD_{5,20} and COD values decreased with the mineral treatment system, the final concentration indicated non-compliance with the regulatory level. It is concluded that the biodegradable transformation through environmental treatment with minerals in the Huacachina lagoon decreased the organic matter content, although it was not sufficient to consider the quality of the water removed as adequate.

¹ Centro de Investigaciones Avanzadas y Formación Superior en Educación, Salud y Medio Ambiente "AM-TAWI". Puno, Perú.

Autor de correspondencia:
george.argota@gmail.com

Keywords: water quality – ecotourism – urban management – lagoon de la Huacachina

© Los autores. Este artículo es publicado por la Revista Campus de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de San Martín de Porres. Este artículo se distribuye en los términos de la Licencia Creative Commons Atribución No-Comercial – Compartir-Igual 4.0 Internacional (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), que permite el uso no comercial, distribución y reproducción en cualquier medio siempre que la obra original sea debidamente citada. Para uso comercial contactar a: revistacampus@usmp.pe.

<https://doi.org/10.24265/campus.2023.v28n36.09>

Introducción

El Perú destaca por su patrimonio cultural, arqueológico y turístico (Cambra *et al.*, 2022). La laguna de la Huacachina que se ubica en la ciudad de Ica, está entre los patrimonios culturales (Peralta, 2019), y en la actualidad es una zona de reserva (Presidente de la República, 2014). Tiene una peculiaridad, pues combina lo cultural con el turismo de aventura. Las actividades que se desarrollaban se afectaron por la pandemia COVID-19 porque hubo de cumplirse el distanciamiento social (Abbas *et al.*, 2021). Luego, con las medidas de control se reactivó,

nuevamente la transitabilidad turística (Navarro & Lorenzo, 2021).

La laguna de la Huacachina representó en el pasado siglo XX un escenario atractivo y de aglomeración humana debido a las características fango-medicinales de su lodo sedimentario (Paz Soldán & Paz Soldán, 1862; Escomel, 1936).

Sin embargo, la coloración física aparente de la columna de agua demuestra su estado de contaminación (Figura 1). Las infraestructuras y los sistemas de gestión de residuos sólidos se agudizaron durante la emergencia sanitaria (Torres & De la Torre, 2021), lo que probablemente provocó más contaminación.

Figura 1

Contaminación física de la columna de agua, laguna de la Huacachina (Ica, Perú).



La suspensión de los sólidos totales representa uno de los parámetros físico-químicos que justifica la perturbación antropogénica (Suzuki *et al.*, 2018; Chen & Chau, 2019). Si, los sitios de restaurantes que se ubican alrededor de la laguna de la Huacachina, no presentan

sistemas de tratamiento de sus aguas residuales, entonces ocurren procesos eutróficos (Ménèsquen & Lacroix, 2018; Pérez *et al.*, 2019).

Por tanto, se requiere la implementación de programas ambientales para el

tratamiento y la conservación de las aguas (Argota *et al.*, 2019), donde la Laguna de la Huacachina podría, al menor recuperar la transparencia. La relación entre la $DBO_{5,20}$ (demanda bioquímica de oxígeno) y la DQO (demanda química de oxígeno) es esencial en la evaluación analítica funcional como servicio ecosistémico (Jouanneau *et al.*, 2014).

El objetivo de la investigación fue analizar la transformación biodegradable mediante tratamiento ambiental con

minerales en la laguna de la Huacachina, Ica-Perú.

Método

El estudio se realizó entre mayo y agosto de 2023. En la laguna de la Huacachina se seleccionaron de forma probabilística, dos puntos de muestreo a nivel de orilla y con una distancia aproximada de 80 m (Figura 2). Las muestras de agua se recolectaron siguiendo los protocolos de muestreo y análisis para su determinación analítica (ISO 1980, 1991, 1994).

Figura 2

Laguna de la Huacachina (Ica, Perú)



Se diseñó un sistema ambiental de tratamiento mineral con dos capas para la remoción de la $DBO_{5,20}$ y la DQO: 1ra) arena silicatada, y 2da) carbón activado granulométrico. La $DBO_{5,20}$ y la DQO se midió antes y después del sistema de tratamiento mineral. La concentración se comparó con el límite máximo permisible que indica el Decreto Supremo 004-2017 MINAM.

El análisis estadístico de los datos se realizó con el programa Statgraphics centurion v18. La medida descriptiva

de tendencia relativa que se utilizó fue el porcentaje.

Aspectos éticos del estudio: el parafraseo de la información científica fue el adecuado y no hubo manipulación de los datos hacia el logro de los objetivos.

Resultados

La Tabla 1 muestra las concentraciones de los parámetros físico-químicos antes y después del tratamiento mineral. Se observó, que la concentración de la

DBO_{5,20} y DQO en los dos puntos de muestreo superó el valor permisible normativo. Asimismo, disminuyó la concentración de la DBO_{5,20} y DQO después del tratamiento ambiental con minerales. El porcentaje de remoción

para los parámetros fue: DBO_{5,20} (punto 1 = 22,31%; punto 2 = 23,97%) y DQO (punto 1 = 23,0%; punto 2 = 20,28%). El coeficiente de transformación indicó, que las aguas son biodegradables: punto 1 = 0,44; punto 2 = 0,5.

Tabla 1

Transformación biodegradable de las aguas mediante tratamiento con minerales

| Momento de tratamiento | Parámetros físico-químicos | Punto de muestreo 1 | Punto de muestreo 2 | Referencia ambiental* |
|------------------------|---------------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Antes | DBO _{5,20} | 38,1 mg.L ⁻¹ | 63,4 mg.L ⁻¹ | 15,0 mg.L ⁻¹ |
| | DQO | 87,4 mg.L ⁻¹ | 121,8 mg.L ⁻¹ | 40,0 mg.L ⁻¹ |
| Después | DBO _{5,20} | 29,6 mg.L ⁻¹ | 48,2 mg.L ⁻¹ | |
| | DQO | 67,3 mg.L ⁻¹ | 97,1 mg.L ⁻¹ | |
| | Coeficiente de transformación** | 0.44 | 0.5 | |

*Límite máximo permisible del Decreto Supremo 004-2017 MINAM

**Agua residual muy biodegradable (>0,7); biodegradable (0,2-0,7); no biodegradable (<0,2)

Discusión

En este estudio, el coeficiente de transformación biodegradable señaló, que las condiciones ambientales de eutrofización limitan el exceso de la materia orgánica biodegradable, según la disponibilidad del oxígeno disuelto (Ramos *et al.*, 2017; Romero & Castillo, 2018). Aunque, los valores de la DBO_{5,20} y DQO disminuyeron con el sistema de tratamiento mineral, la concentración final indicó incumplimiento del nivel regulatorio. Sin embargo, puede que en estudios posteriores bajo otras condiciones de mayor masa de las capas del sistema de tratamiento mineral, ocurra una retención superior del agua contaminada, y probablemente mejore las concentraciones de la DBO_{5,20} y DQO.

No obstante, en este estudio la calidad ambiental de la laguna de la Huacachina como ecosistema no fue adecuada, pues el sistema acuático se comportó como un cuerpo receptor de descargas contaminantes. Esta observación, puede impactar en el turismo como identidad cultural de la localidad (Tavarez, 2021).

La limitación principal del estudio fue no comparar las concentraciones de la DBO_{5,20} y DQO en otros puntos de muestreo a nivel de orilla y profundidad.

Se concluye, que la transformación biodegradable mediante el tratamiento ambiental con minerales en la laguna de la Huacachina, disminuyó el contenido de materia orgánica, aunque no fue suficiente para considerar, que la calidad del agua removida sea adecuada.

Referencias

- Abbas, J., Mubeen, R., Iorember, P.T., Raza, S., & Mamirkulova, G. (2021). Exploring the impact of COVID-19 on tourism: transformational potential and implications for a sustainable recovery of the travel and leisure industry. *Current Opinion in Behavioral Sciences*; 2, 1-11. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/J.CRBEHA.2021.100033>
- Argota, P.G., Moreno, T.E.G., & Iannacone, O. (2019). Costo ambiental sostenible relativo con agregación de biomarcadores para la estimación de la calidad ambiental en ecosistemas acuáticos. *The Biologist*; 17(2), 295-305. Disponible en: <https://doi.org/10.24039/rtb2019172365>
- Cambra, F.J.J., Fuentes, B.M., Huerta, A.R., & Olavarría, J.A. (2022). Destination recovery during COVID-19 in an emerging economy: insights from Perú. *European Research on Management and Business Economics*; 28, 1-9. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/J.IEDEEN.2021.100188>
- Chen, F., Li, H., & Zhang, A. (2019). Ecological risk assessment based on terrestrial ecosystem services in China. *Acta Geographica Sinica*; 74(3), 432-445. Disponible en: <https://doi.org/10.11821/dlxb201903003>
- Escomel, E. (1936). Notas biológicas sobre la laguna medicinal de Huacachina, Perú. *Revista Chilena de Historia Natural*. 40, 139-143. Disponible en: http://rchn.biologiachile.cl/pdfs/1936/1/Escomel_1936.pdf
- ISO (Normalization Standart International: ISO) 5667-1. 1980. Water quality. Sampling. Part 1: Guidance on the design of sampling programmes. Ed. ISO, Londres.
- ISO (Normalization Standart International: ISO) 5667-3. 1994. Water quality. Sampling. Part 3: Guidance on the preservation and handling of samples. Ed. ISO, Londres.
- ISO (Normalization Standart International: ISO) 5667-2. 1991. Water quality. Sampling. Part 2: Guidance on sampling techniques. Ed. ISO, Londres.
- Jouanneau, S., Recoules, L., Durand, M.J., Boukabache, A., Picot, V., Primault, Y., Lakel, A., Sengelin, M., Barillon, B., & Thouand, G. (2014). Methods for assessing biochemical oxygen demand (BOD): A review. *Water Research*; 49, 62-82.
- Ménesguen, A., & Lacroix, G. (2018). Modelling the marine eutrophication: A review. *Science of The Total Environment*; 636, 339-354. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.183>
- Navarro, D.D., & Lorenzo, C. (2021). Sensitivity and vulnerability of international tourism by covid crisis: South America in context.

- Research Global*; 3, 1-8. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/J.RESGLO.2021.100042>
- Paz Soldán, M., & Paz Soldán, M.F. (1862). Geografía del Perú: obra póstuma. Librería de Fermín Didot.
- Peralta, R.E.S. (2019). Situación de la calidad de agua de la laguna Huacachina en base a indicadores biológicos. Tesis para optar el Grado Académico de Maestro en Ecología y Gestión Ambiental [Maestría en Ecología y Gestión Ambiental, Universidad Ricardo Palma, Lima]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14138/2422>
- Pérez, R.A., Campillo, S., Fernández, P.J.M., García, L.A., García, O.M., Ibáñez, H., Navarro, M.P.C., Pérez, M.M., Pérez, R.I.M., Quispe, B.J.I., Sala, M.A., Sánchez, O., Marcos, C. (2019). Long-term dynamic in nutrients, chlorophyll a, and water quality parameters in a coastal lagoon during a process of eutrophication for decades, a sudden break and a relatively rapid recovery. *Frontiers in Marine Science*; 6, 1-23. Disponible: <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00026>
- Presidente de la República. (2014). Decreto Supremo No. 008: Establecen la desafectación de la zona reservada laguna de Huacachina y el área de conservación regional laguna de Huacachina. Diario Oficial El Peruano. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/08/DS-008-2014-MINAM.pdf>
- Ramos, R.M., Muñoz, P.J.F., & Saldarriaga, M.J.C. (2017). Efecto de la secuencia anaeróbica-óxica-anóxica (AOA) en la eliminación de materia orgánica, fósforo y nitrógeno en un SBR modificado a escala de laboratorio. *Ingeniare*; 25, 477-491. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052017000300477>
- Ramos, R.M.; Muñoz, P.J.F. & Saldarriaga, M.J.C. (2017). Efecto de la secuencia anaeróbica-óxica-anóxica (AOA) en la eliminación de materia orgánica, fósforo y nitrógeno en un SBR modificado a escala de laboratorio. *Ingeniare*; 25, 477-491. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052017000300477>
- Romero, L.T.J., & Castillo, T.Y. (2018). Actualización del estado de las lagunas de estabilización de la provincia Mayabeque. *Ingeniería, Hidráulica y Ambiental*; 39, 72-85. Disponible en: <https://riha.cujae.edu.cu/index.php/riha/article/view/444>
- Suzuki, J., Imamura, M., Nakano, D., Yamamoto, R., & Fujita, M. (2018). Effects of water turbidity and different temperatures on oxidative stress in caddisfly (*Stenopsyche marmorata*) larvae. *Science of the Total Environment*; 630, 1078-1085. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.286>
- Tavarez, L. (2021). El impacto del turismo en la identidad cultural en el Perú. *Revista Internacional de Ciencias Sociales*; 97(3): 1-74.

Torres, F.G., & De la Torre, G.E. (2021).
Face mask waste generation and
management during the COVID-19
pandemic: an overview and the
Peruvian case. *Science of the Total
Environment*, 786, 1-8. Disponible
en: [https://doi.org/10.1016/J.
SCITOTENV.2021.147628](https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2021.147628)

