

Influencia del extracto de avena en las aguas eutrofizadas del lago Titicaca bajo condiciones controladas en 2023

Influence of oat extract on the eutrophicated waters of Lake Titicaca under controlled conditions in 2023

Peniel C. Mamani Paricanaza¹, Michael Alex D. Osorio Apaza² y Yimi T. Lozano Sulca³

Resumen

Este estudio aborda la problemática de la liberación de aguas residuales contaminadas en la bahía interior del lago Titicaca debido a fallos en la planta de tratamiento. El objetivo principal es evaluar la influencia de la aplicación del extracto de avena (*Avena sativa* L.) en la eutrofización de las aguas del lago en condiciones controladas en 2023. Se empleó un diseño experimental puro y un enfoque cuantitativo, incluyendo la recolección de muestras y análisis de transparencia, clorofila y fósforo total. La aplicación del extracto de avena se realiza en condiciones controladas y se evalúa utilizando el Índice de Estado Trófico. Los resultados revelan características específicas del extracto, como una humedad del 98.91%, 72 horas de exposición y temperatura de 11.2°C. En términos químicos, el pH es 7 y la concentración de compuestos fenólicos es 0.15 mg/l. Sin embargo, los resultados clave se centran en su impacto en la eutrofización. A pesar de diferentes dosis, no se observa una disminución significativa en los indicadores de eutrofización, como clorofila (a) y fósforo total. Esto sugiere que las dosis de extracto de avena utilizadas podrían no estar generando un efecto importante en la mejora del estado trófico bajo las condiciones controladas del estudio.

Palabras clave: eutrofización, clorofila, fosforo total, compuestos fenólicos, humedad.

Abstract

This study addresses the problem of the release of contaminated wastewater in the interior bay of Lake Titicaca due to failures in the treatment plant. The main objective is to evaluate the influence of the application of oat extract (*Avena sativa* L.) on the eutrophication of lake waters under controlled conditions in 2023. A pure experimental design and a quantitative approach were used, including sample collection and analysis of transparency, chlorophyll and total phosphorus. The application of oat extract is carried out under controlled conditions and is evaluated using the Trophic State Index. The results reveal specific characteristics of the extract, such as a humidity of 98.91%, 72 hours of exposure and a temperature of 11.2°C. In chemical terms, the pH is 7 and the concentration of phenolic compounds is 0.15 mg/l. However, the key results focus on its impact on eutrophication. Despite different doses, no significant decrease in eutrophication indicators, such as chlorophyll (a) and total phosphorus, is observed. This suggests that the doses of oat extract used might not be generating a significant effect in improving trophic status under the controlled conditions of the study.

Keywords: eutrophication, chlorophyll, total phosphorus, phenolic compounds, humidity.

Recibido: 07/09/2023

Aceptado: 30/10/2023

Publicado: 04/11/2023

Sección: Artículo original

*Autor correspondiente: alex20michaell01@gmail.com

Introducción

La introducción del estudio aborda la importancia vital del agua en la producción de alimentos, la salud de los ecosistemas, el consumo humano y el progreso en general (Miranda & Rosales, 2018). Sin embargo, se destaca la creciente preocupación por la alteración, escasez y degradación de la calidad del agua, haciendo necesario el desarrollo de investigaciones que contribuyan a mejorar su calidad y sostenibilidad (Tudela Mamani, 2007).

La ciudad de Puno enfrenta un desafío ambiental crítico debido a una falla en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (Najar, 2021), lo que resulta en la liberación directa de aguas residuales contaminadas en

la bahía interior del Lago Titicaca (Callohuanca, 2019). Esta contaminación ha provocado la eutrofización del lago, evidenciada por la disminución del oxígeno,

¹Universidad Cesar Vallejo, Campus Lima, Av. Del Parque 640, San Juan de Lurigancho 15434, Lima, Perú, caroliina.4914@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9066-0165>

²Universidad Cesar Vallejo, Campus Lima, Av. Del Parque 640, San Juan de Lurigancho 15434, Lima, Perú, alex20michaell01@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8584-2933>

³Universidad Cesar Vallejo, Campus Lima, Av. Del Parque 640, San Juan de Lurigancho 15434, Lima, Perú, ylozano@ucv.edu.pe ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0803-1261>

Como citar: Mamani Paricanaza, P. C., Osorio Apaza, M. A. D., & Lozano Sulca, Y. T. (2023). Influencia del extracto de avena en las aguas eutrofizadas del lago Titicaca bajo condiciones controladas en 2023. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 25(4), 241-248. <https://doi.org/10.18271/ria.2023.573>



aumento de la materia orgánica y concentración elevada de clorofila (a) (ISTOM *et al.*, 2018). Además, aumentos en las tarifas de agua relacionados con mejoras en el sistema de tratamiento han sido aprobados por la SUNASS (Cruz *et al.*, 2022).

En respuesta a esta problemática, el proyecto propone la utilización del extracto de avena (*Avena sativa* L.) como una alternativa sostenible y económica para reducir la eutrofización bajo condiciones controladas (Zea, 2023). Los resultados de la investigación pueden ser valiosos para la gestión del recurso hídrico y la biodiversidad, con potencial para aplicaciones más amplias en cuerpos de agua similares.

El objetivo general de la investigación es evaluar la influencia del extracto de avena en el nivel de eutrofización del lago Titicaca en condiciones controladas en 2023. Para abordar esta interrogante, se plantean problemas específicos relacionados con factores físicos y químicos de los cereales (Hernández & Rosales, 2020), (Cobo, Fernando, 2015), (Martínez, 2019), (Fervier *et al.*, 2020), (Maris, 2019), (Hu *et al.*, 2021), (Ulloa & Andrea, 2018) e (Iqbal *et al.*, 2020). La propuesta busca no solo solucionar la eutrofización en el lago, sino también mejorar la calidad y disponibilidad del recurso hídrico para la población local y promover la biodiversidad acuática en la región (Canales, 2010).

Materiales y métodos

Este estudio se enmarca en una investigación de tipo aplicada con el propósito de abordar la eutrofización en el lago Titicaca, ubicado en Puno. Para ello, se empleará el extracto de avena (*Avena sativa* L.) como insumo para mejorar la calidad del agua. El diseño de investigación elegido es el experimental puro, que involucra la aplicación de distintas dosis de extracto de avena en dos puntos de muestreo en la bahía interior del lago Titicaca. Se establecerán cuatro grupos de comparación por punto, evaluando los parámetros de Fósforo Total (Pt), Clorofila a (Clorf a) y Transparencia (m) en tres muestras tratadas con el extracto de avena y una muestra control, antes, después y sin la aplicación del tratamiento (R. Hernández *et al.*, 2010).

El enfoque metodológico adoptado es el cuantitativo (R. Hernández *et al.*, 2010), apropiado para medir variables, explicar y predecir fenómenos, y validar teorías. Se busca objetividad en la recopilación de datos y la generalización de hallazgos a una población más amplia. En este sentido, se recolectarán datos para evaluar el nivel de eutrofización en las aguas de la bahía interior del lago Titicaca y se analizarán los datos después

de la aplicación del extracto de avena para responder las preguntas de investigación y apoyar o contradecir la hipótesis planteada.

La población objetivo es la Bahía interior del lago Titicaca, ubicada en el distrito de Puno, que representa solo el 0.21% del lago (Espinoza, 2012). La muestra consistirá en 480 litros de agua de esta bahía, utilizando el método de muestreo aleatorio estratificado, apropiado cuando la característica a estudiar puede estar relacionada con la variable de interés (Casal & Mateu, 2003).

En cuanto a los instrumentos y técnicas, se emplearán fichas de registro diseñadas para la recolección de datos. Se elaborarán dos fichas: una para registrar humedad, temperatura, compuestos fenólicos, ácidos orgánicos y dosis de extracto de avena, y otra para registrar los parámetros del Índice de Estado Trófico (fosforo total, clorofila a y transparencia mediante Disco Secchi) al inicio y al final de un periodo de 28 días para reducir la eutrofización en el lago Titicaca (Mendoza & Avila, 2020).

La determinación del grado de eutrofización en la bahía interior del lago Titicaca se llevará a cabo mediante la aplicación del Índice de Estado Trófico (IET). Este método empleará la medición de parámetros clave, incluyendo la transparencia del disco Secchi, clorofila a y fosforo total.

Estos parámetros serán evaluados tanto en el inicio como en el final del periodo de estudio. Esto permitirá determinar el nivel de eutrofización, basándose en la clasificación propuesta por Carlson en 1977 (Carlson, 1977) y (Costa *et al.*, 2018).

La interpretación de los resultados y la presentación visual de datos estadísticos se llevará a cabo utilizando el software SPSS (Statistical Package for the Social Sciences). Este recurso potente permitirá un análisis riguroso de los datos recopilados, la generación de gráficos informativos y una evaluación más profunda de las tendencias observadas.

La preparación de extracto de *Avena Sativa* L. involucró la adquisición del cereal en el Distrito de Caracoto, Provincia de San Román, Departamento Puno. Se procedió al pesaje exacto de 100 gramos de avena, la cual fue sometida a descomposición aeróbica durante 72 horas a una temperatura de 11.2°C. Tras la descomposición, la avena fue cortada en partes pequeñas y licuada, seguida de una filtración para obtener el extracto líquido.

Las muestras de agua para análisis se recolectaron en la Bahía Interior del Lago Titicaca, empleando el Índice de Estado Trófico (IET) para evaluar la transparencia del disco Secchi mediante el procedimiento de (Martínez et al., 2013) y recogiendo muestras para análisis de clorofila (a) y fósforo total. Estos análisis se realizaron tanto al inicio como después de aplicar extracto de Avena Sativa L. en la bahía.

Los instrumentos utilizados en el proceso incluyeron el disco Secchi, GPS UTM para hallar las coordenadas de la Tabla 1., termómetro de mercurio y probetas, y las muestras se enviaron a laboratorios especializados para análisis. La aplicación del extracto involucró el diseño de recipientes rotulados, aplicando dosis específicas a las muestras de agua recolectadas.

Tras 28 días, las muestras tratadas con extracto de Avena Sativa L. fueron enviadas nuevamente a laboratorios para análisis de clorofila (a) y fósforo total.

Tabla 1. Coordenadas UTM de los puntos de toma de muestras de la bahía interior del lago Titicaca en Puno.

COORDENADAS UTM	PUNTO 1	PUNTO 2
Coordenada Este	391581.00 m	391684.00 m
Coordenada Norte	8248884.00 m	8247960.00 m

Estos procedimientos detallados aseguran un manejo preciso y riguroso de la avena y las muestras de agua, permitiendo una evaluación efectiva del impacto del extracto en la eutrofización del lago Titicaca.

Resultados

Este segmento presenta los descubrimientos resultantes de la indagación sobre el impacto del extracto de Avena Sativa L. en la eutrofización del Lago Titicaca bajo condiciones controladas. Con el propósito de visualizar y comprender de manera efectiva estos hallazgos, se han empleado gráficos de barras ilustrativos. Los resultados se han estructurado en diversas secciones, cada una alineada con los objetivos específicos del estudio, y se someten a análisis en consonancia con la hipótesis original. Al concluir

este capítulo, se presentan las conclusiones generales derivadas de los resultados obtenidos.

Extracto de Avena (*Avena Sativa L.*)

La generación del extracto de avena tiene como finalidad examinar la intervención en términos de factores físicos, compuestos químicos producidos y los efectos de las dosis aplicadas para mitigar el nivel de eutrofización en las aguas del lago Titicaca.

Factores físicos en la producción de Extracto de Avena (*Avena Sativa L.*)

Los valores resultantes en el laboratorio con respecto a los factores físicos del extracto de avena (*Avena sativa L.*) son los siguientes:

Tabla 2. Valores de Factores Físicos del Extracto de Avena (*Avena Sativa L.*)

Factores físicos en la producción de extracto de avena (<i>Avena sativa L.</i>)		
Parámetro	Unidades	Valor
Humedad	%	98.91
Tiempo	Horas	72
Temperatura	°C	11.2

El análisis de los factores físicos del extracto de avena arrojó los siguientes valores: humedad de 98.91%, un tiempo de 72 horas y una temperatura de 11.2°C.

Esta evaluación proporciona una base crucial para comprender la composición y condiciones de producción del extracto de avena, en busca de su eficacia en la reducción de la eutrofización de las aguas de la bahía interior del lago Titicaca.

Compuestos Químicos Generados por el Extracto de Avena (*Avena Sativa L.*)

El análisis de los compuestos orgánicos obtenidos a partir de la producción del extracto de avena (*Avena sativa L.*) revela los siguientes resultados, obtenidos mediante experimentos de laboratorio:

Tabla 3. Cantidad de Compuestos Químicos Generados por el Extracto de Avena (*Avena Sativa L.*)

Compuestos Químicos del extracto de avena (<i>Avena sativa L.</i>)		
Parámetro	Unidades	Valor
pH	Escala (0 a 14)	7
Compuestos fenólicos	mg/l	0.15

Los hallazgos referentes a los compuestos químicos, incluyendo los compuestos fenólicos y el pH (Potencial de Hidrógeno), son los siguientes: una concentración de compuestos fenólicos de 0.15 mg/l y un pH con una escala de 7.

Estos resultados delimitan la composición química del extracto de avena y proporcionan información fundamental para entender su potencial en la reducción de la eutrofización en el lago Titicaca.

Influencia del extracto de avena (*Avena sativa* L.) en el estado trófico de las aguas del lago Titicaca en condiciones controladas, 2023

En este estudio, se implementaron diferentes tratamientos y códigos para facilitar la identificación y análisis de las muestras de agua tratadas en la bahía interior del lago Titicaca, en Puno. Los códigos utilizados fueron los siguientes:

P1 y P2: Representan los puntos de muestreo en la bahía interior del lago.

R1, R2 y R3: Corresponden a las repeticiones realizadas en cada punto de muestreo para garantizar la consistencia de los resultados.

T1, T2 y T3: Indican los tratamientos aplicados a las muestras de agua. Estos tratamientos consistieron en la adición de extracto de Avena Sativa L. en diferentes cantidades: 50 ml en T1, 65 ml en T2 y 80 ml en T3.

MC: Representa las muestras de control, que no fueron sometidas a ningún tratamiento y sirvieron como punto de referencia para comparar los efectos de los tratamientos.

Cada uno de estos códigos desempeñó un papel crucial en el estudio al proporcionar una comprensión clara de cómo los diferentes tratamientos afectaron las condiciones de eutrofización en la bahía interior del lago.

Influencia del extracto de avena (*Avena sativa* L.) en el Índice de Estado Trófico (IET) de Clorofila (a)

Los resultados obtenidos en el estudio del Índice de Estado Trófico (IET) en las muestras de agua de la bahía interior del lago Titicaca se muestran en la **Figura 2**, y ofrecen una visión importante sobre el estado de eutrofización en este ecosistema acuático crítico. Inicialmente, todas las muestras, tanto las tratadas como las de control, comenzaron en un estado eutrófico, caracterizado por altas concentraciones de clorofila (a), un indicador clave de la eutrofización. En este estado, el agua estaba experimentando un enriquecimiento

excesivo de nutrientes, lo que podría tener efectos adversos en la calidad del agua y la biodiversidad.

Las muestras tratadas con extracto de avena (*Avena sativa* L.) revelaron una tendencia interesante. Tras la aplicación de los tratamientos, se observó una disminución en los niveles de clorofila (a). Por ejemplo, la muestra P1 R1 T1 pasó de un valor inicial de 69.76 a un valor final de 25.98, lo que indica una transición hacia un estado oligotrófico, menos afectado por la eutrofización. Este patrón se repitió en varias muestras tratadas, lo que sugiere que el extracto de avena podría tener un efecto positivo en la reducción de la eutrofia.

Es importante destacar que las muestras de control, que no recibieron tratamiento, también mostraron mejoras en sus niveles de clorofila (a) a lo largo del tiempo. Sin embargo, estas mejoras fueron menos pronunciadas en comparación con las muestras tratadas. Por ejemplo, la muestra P1 R2 MC pasó de un valor inicial de 69.76 a un valor final de 25.66, también transitando hacia un estado oligotrófico, pero de manera menos marcada.

La comparación entre las muestras tratadas y las de control sugiere que los tratamientos con extracto de avena tuvieron un efecto positivo en la reducción de la eutrofia, al menos en el corto plazo. No obstante, es fundamental reconocer que las muestras de control también experimentaron una disminución en la eutrofia, lo que podría atribuirse a factores naturales o a procesos de autorregulación del ecosistema.

Influencia del extracto de avena (*Avena sativa* L.) en el Índice de Estado Trófico (IET) de Fósforo Total

El análisis de los resultados del Índice de Estado Trófico (IET) para el parámetro de Fósforo Total en las muestras de agua de la bahía interior del lago Titicaca se muestran en la **Figura 3**, y revelan información importante sobre el estado de eutrofización de este ecosistema acuático.

En un primer vistazo, todas las muestras, tanto las tratadas como las de control, comenzaron en un estado eutrófico con niveles significativamente altos de Fósforo Total, lo que indica una alta concentración de nutrientes en el agua. Este exceso de nutrientes es típico de entornos eutróficos y puede tener efectos negativos en la calidad del agua y en la salud del ecosistema acuático.

Las muestras tratadas con extracto de avena (*Avena sativa* L.) mostraron una tendencia interesante. Después de la aplicación de los tratamientos, se observó un aumento en los valores del IET de Fósforo Total, indicando una transición hacia un estado hipereutrófico.

Esto puede parecer contradictorio, ya que se esperaría que los tratamientos redujeran los niveles de nutrientes. Sin embargo, es importante señalar que el estado de eutrofización no se basa únicamente en los niveles de fósforo, sino que es una medida compuesta que considera varios factores. Por lo tanto, el aumento en el IET podría estar relacionado con otros parámetros.

Por otro lado, las muestras de control también experimentaron un aumento en sus valores del IET de Fósforo Total, aunque en menor medida que las muestras tratadas. Esto sugiere que, de manera natural o debido a factores externos, el estado de eutrofia tiende a aumentar en esta área del lago Titicaca.

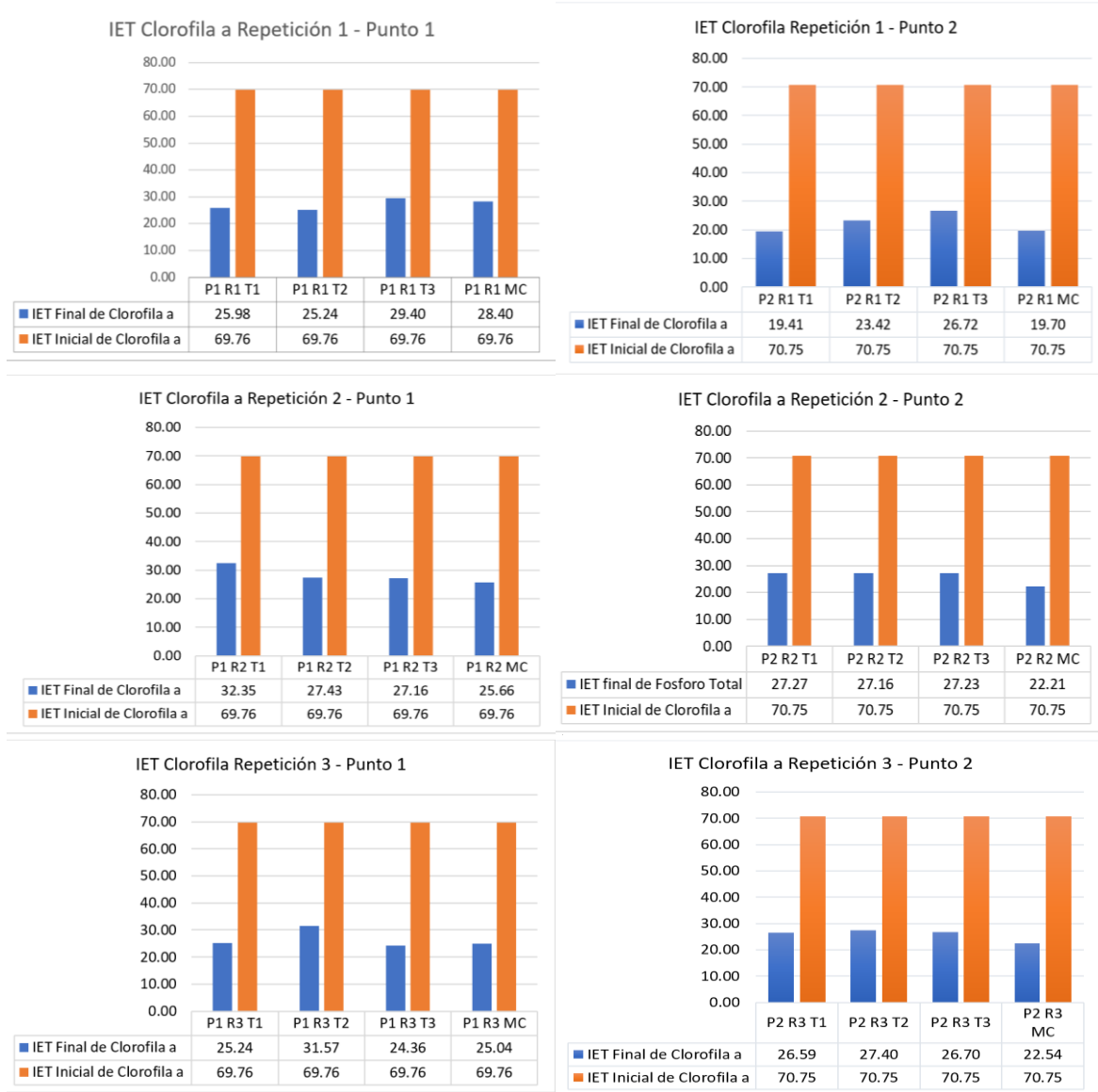


Figura 1. Comparación del Índice de Estado Trófico con y sin Aplicación de Extracto de Avena (*Avena sativa* L.) en el Parámetro Clorofila (a)

Toma de decisiones mediante SPSS

En ambos pares de datos emparejados, se observa que el valor de significancia (p valor) es igual a 0.000, lo que significa que es significativamente menor que el nivel de significancia establecido de 0.05. Esto es un hallazgo importante.

Estos resultados indican que hay evidencia estadística significativa para rechazar la hipótesis nula

(Ho) en ambos casos. Por lo tanto, podemos concluir que el extracto de avena (*Avena sativa* L.) tiene un efecto significativo en los niveles de clorofila (a) y fósforo total en las aguas de la bahía interior del lago.

En otras palabras, la aplicación de extracto de avena parece influir de manera importante en la reducción de los niveles de clorofila (a) y fósforo total en el agua, lo que sugiere que podría ser una medida efectiva para controlar la eutrofización en este contexto.

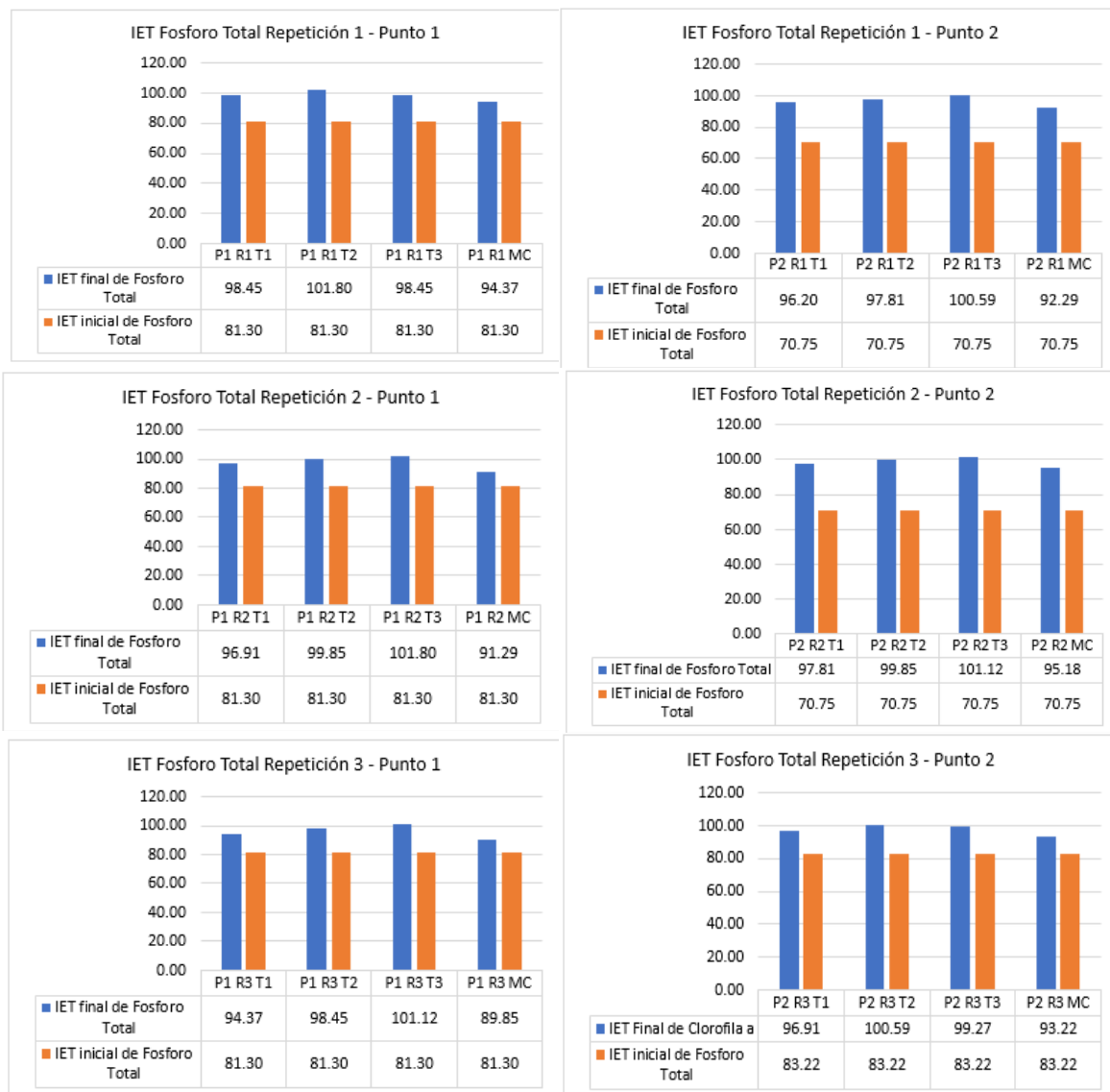


Figura 2. Comparación del Índice de Estado Trófico con y sin Aplicación de Extracto de Avena (*Avena sativa* L.) en el Parámetro Fosforo Total

Tabla 4. Prueba de muestra emparejadas

		Prueba de muestras emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Diferencias emparejadas							
Par		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Inicial Clorofila (a) - Final Clorofila (a)	44.24750	3.34848	.68350	42.83356	45.66144	64.736	23	.000
Par 2	Inicial Fosforo Total - Final Fosforo Total	-15.13792	3.50907	.71629	16.61967	13.65616	21.134	23	.000

Discusión

Los resultados de esta investigación revelan que, en el año 2023, la bahía interior del Lago Titicaca se encuentra en estado eutrófico, con concentraciones de fosforo total entre 0.21 mg/l y 0.24 mg/l, y niveles de clorofila (a) variando de 54.31 mg/m³ a 60.08 mg/m³,

según el Índice de Estado Trófico de Carlson (1977). Estos hallazgos contrastan con un estudio previo (Siguayro *et al.*, 2022) que categorizó el lago como hipertrófico según los estándares de la OCDE (1982), lo que plantea preguntas sobre la elección de criterios. Se sugiere que cambios climáticos, fuentes de contaminación y prácticas de manejo de nutrientes podrían influir en estas

diferencias, y se destaca la importancia de un monitoreo continuo y medidas de gestión para preservar la calidad del agua del lago (Beltrán *et al.*, 2015).

Los resultados de la influencia del extracto de avena (*Avena sativa* L.) en muestras de agua en estado eutrófico, específicamente en cuanto a la clorofila (a) evaluada mediante el Índice de Estado Trófico, mostraron una disminución en sus niveles. Sin embargo, se debe tener en cuenta que las muestras control también experimentaron una disminución similar en los niveles de clorofila (a), lo que sugiere que el impacto del extracto de avena no fue significativo. Este contraste con los resultados de (Martínez, 2019) quien logró reducir las colonias de *Microcystis aeruginosa* en porcentajes significativos (77%, 90% y 98%) utilizando paja de arroz (*Oriza sativa*) en su investigación, mientras que en el grupo de control hubo un aumento. Estas colonias están relacionadas con los niveles de clorofila (a). Las diferencias entre nuestros resultados y los de (Martínez, 2019) pueden atribuirse a diversas variables, como la especie de tratamiento, las condiciones ambientales y la variabilidad climática entre las ubicaciones de estudio (Martínez, 2019).

Los análisis del extracto de avena (*Avena sativa* L.) revelaron datos relevantes. Los parámetros físicos incluyeron una humedad del 98.91%, un período de 72 horas y una temperatura de 11.2°C. En cuanto a las propiedades químicas, el pH fue de 7, y se detectaron 0.15 mg/l de compuestos fenólicos, superando el valor obtenido por (Hernández & Rosales, 2020) en su estudio con paja de cebada (*Hordeum vulgare*). A pesar de la mayor concentración de compuestos fenólicos en nuestro estudio, no se observó una reducción significativa de la eutrofización, en contraste con la investigación anterior. Esto plantea interrogantes sobre las complejas interacciones entre los compuestos fenólicos y las condiciones ambientales específicas, así como las diferencias en las propiedades de la paja de cebada utilizada y las características de los ecosistemas acuáticos en ambos estudios. Estos hallazgos subrayan la importancia de considerar no solo la cantidad de compuestos fenólicos, sino también su interacción con otras variables ambientales en la comprensión de la eutrofización en cuerpos de agua.

Referencias

- Beltrán, D. F., Palomino, R. P., Moreno, E. G., Peralta, C. G., & Montesinos, D. B. (2015). *Calidad de agua de la bahía interior de Puno, lago Titicaca durante el verano del 2011*. *Revista Peruana de Biología*, 22(3), 335-340. <https://doi.org/10.15381/rpb.v22i3.11440>
- Callohuanca Pariapaza, M. A. (2019). *Uso de macrófitas flotantes en la remoción de nitrógeno, fósforo y sulfatos de las aguas residuales de Puno*. *Universidad Nacional del Altiplano*, 10, 92. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/13816>
- Canales, Á. (2010). *Evaluación de la biomasa y manejo de *lemna gibba* (lenteja de agua) en la bahía interior del lago Titicaca, Puno*. *Ecología Aplicada*, 9(1-2), 91. <https://doi.org/10.21704/rea.v9i1-2.399>
- Carlson, R. E. (1977). *A trophic state index for lakes I: Trophic state index*. *Limnology and Oceanography*, 22(362), 361-369. <https://doi.org/10.4319/lo.1977.22.2.0361>
- Casal, J., & Mateu, E. (2003). *TIPOS DE MUESTREO*. <https://docplayer.es/134707-Tipos-de-muestreo-jordi-casal-1-enric-mateu-resumen.html>
- Cobo, Fernando. (2015). *Métodos de control de las floraciones de cianobacterias en aguas continentales*. *Limnetica*, 34, 247-268. <https://doi.org/10.23818/limn.34.20>
- Costa, K. A., Scheffer, E. W. O., Weinert, P. L., & Silveira, E. L. (2018). *Evaluation of the water quality of the Verde River, Ponta Grossa, PR: A study on the conditions of aquatic life maintenance and the eutrophication process*. *Eclética Química*, 43(2), 51-58. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42956169008>
- Cruz Toribio, R., Baldeón Paucar, H., PomaLinares, O., & Melendez Navarro, O. (2022). *Empresa municipal de saneamiento básico de Puno sociedad anónima (EMSAPUNO s.a.) 2022 – 2027*. <https://www.sunass.gob.pe/wp-content/uploads/2022/09/EPS-EMSAPUNO-S.A-Proyecto-ET.pdf>
- Espinoza, G. R. (2012). *Problemas ambientales y propuestas para la descontaminación de la ciudad de Puno*. 11. <https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/CNM9-014.pdf>
- Fervier, V., Urrutia-Cordero, P., Piano, E., Bona, F., Persson, K. M., & Hansson, L.-A. (2020). *Evaluating Nutrient Reduction, Grazing and Barley Straw as Measures Against Algal Growth*. *Wetlands*, 40(1,6,7), 10. <https://doi.org/10.1007/s13157-019-01167-6>
- Hernández, H. E., & Rosales, D. M. (2020). *Descomposición aeróbica de paja de cebada (*Hordeum vulgare*) para reducir la eutrofización*

en aguas de los Pantanos de Villa 2020. Repositorio Institucional - UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/82438>

- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2010). *Metodología de la investigación—Hernandez, Fernandez y Baptista (2010)*. 179, 656. https://www.academia.edu/25455344/Metodolog%C3%ADa_de_la_investigaci%C3%B3n_Hernandez_Fernandez_y_Baptista_2010
- Hu, Z., Jin, S., Ying, R., Yang, X., & Sun, B. (2021). *Eucalyptus Leaf Solution to Replace Metals in the Removal of Cyanobacteria in Wastewater from the Paper Mill Industry*. *Water*, 13(1,2,8), 10. <https://doi.org/10.3390/w13081014>
- Iqbal, R., Tedjakusuma, T., & Dwinandha, D. (2020). *Initial study of the Coix lachryma-jobi application in reducing algal growth in eutrophic lake*. *E3S Web of Conferences*, 148(1), 5. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202014805009>
- ISTOM, S., BOUHASSOUN, A., CHAPTAL, E., FEVRIER, J., FRANCOIS, R., HESLING, P., MENAGE, C., PICARD, L., PLESSIS, M., POIRIER, R., & ZIPPER, D. (2018). *Observatoire Binational du Lac Titicaca (OBLT) | Laboratoire de biologie des organismes et des écosystèmes aquatiques*. <https://borea.mnhn.fr/fr/equipe-recherche-axe-implantation/observatoire-binational-lac-titicaca-oblt>
- Maris, J. (2019). *Evaluating Rice Straw as a Substitute for Barley Straw in Inhibiting Algal Growth in Farm Ponds*. 6, 41. <https://scholarworks.uark.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1020&context=cseuht>
- Martínez, D., MACIAS, D., & CANO, M. (2013). *Medición de la transparencia del agua con el disco Secchi desde un bote*. | *Descargar Diagrama Científico*. https://www.researchgate.net/figure/Medicion-de-la-transparencia-del-agua-con-el-disco-Secchi-desde-un-bote_fig7_259791303
- Martinez, P. (2019). *Evaluación del potencial alelopático de la pajilla de arroz en el control de las floraciones algales producidas por Microcystis aeruginosa (KÜTZING)*. <https://repositorio.uccs.edu.pe/handle/20.500.14095/506>
- Mendoza, S. H., & Avila, D. D. (2020). *Técnicas e instrumentos de recolección de datos*. *Boletín Científico de las Ciencias Económico Administrativas del ICEA*, 9(17), Article 17. <https://doi.org/10.29057/icea.v9i17.6019>
- Miranda, F. G. G., & Rosales, V. M. (2018). *Eutrofización, una amenaza para el recurso hídrico*. 15. http://ru.iiec.unam.mx/4269/1/2-Vol2_Parte1_Eje3_Cap5-177-Garc%C3%ADa-Miranda.pdf?cv=1
- Najar, G. N. (2021). *Descontaminación de la bahía interior del lago Titicaca mediante la técnica de succión de lodos, en la ciudad de Puno, durante el periodo octubre 2019 a marzo 2020*. Universidad Tecnológica del Perú. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3040280>
- Siguayro, H., Pasapera, J., Villanueva, C., Coila, Y., & Gamarra, C. (2022). *Evaluación de fuentes contaminantes en el anillo circunlacustre del lago Titicaca (sector peruano), 2017*. Instituto del Mar del Perú - IMARPE. <https://repositorio.imarpe.gob.pe/handle/20.500.12958/6544>
- Tudela Mamani, J. W. (2007). *Estimación de la disponibilidad a pagar de los habitantes de la ciudad de Puno por el tratamiento de aguas servidas*. CIES. <https://cies.org.pe/investigacion/estimacion-de-la-disponibilidad-a-pagar-de-los-habitantes-de-la-ciudad-de-puno-por-el-tratamiento-de-aguas-servidas/>
- Ulloa, B., & Andrea, C. (2018). *Eutrofización, técnicas de manejo y recuperación de lagos urbanos*. 65-80, 86. <https://repositorio.usm.cl/handle/11673/41130>
- Zea, Z. (2023, marzo 26). *Puno | La descontaminación del lago Titicaca está a la deriva hace 6 meses lrsd | Sociedad | La República* [Noticias]. La República. <https://larepublica.pe/sociedad/2023/03/26/puno-la-descontaminacion-del-lago-titicaca-esta-a-la-deriva-hace-6-meses-lrsd-1394250>