



Impactos de la truchicultura en los nutrientes del agua y macroinvertebrados bentónicos en la bahía de Puno, lago Titicaca

Impacts of trout farming on water nutrients and benthic macroinvertebrates in the bay of Puno, lake Titicaca

Edwin Federico Orna Rivas
eornar@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-3851-2226>
Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez

César Julio Larico Mamani
<https://orcid.org/0000-0003-1758-9475>
Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez

Resumen

Se investigó los impactos del cultivo intensivo de truchas en jaulas flotantes en el ambiente acuático de la Bahía de Puno; donde se realizó estudios fisicoquímicos y biológicos (macroinvertebrados bentónicos) de la calidad de agua, en zonas de cultivo intensivo como Barco, Callejon Sallihua y Ojerani, de acuerdo al catastro de Produce y Resolución de áreas emitidas por la Marina del Perú, que comprende a todos los productores ubicados entre Puno y Chucuito ubicados en la bahía exterior de Puno; que fueron analizados por métodos multivariado y el PAST respectivamente para nutrientes y macroinvertebrados. Cuyo resultado demuestra que la actividad truchicola no ocasiona contaminación ni alteraciones pero a su vez no se descarta la existencia de una contaminación leve y permanente; los resultados en nutrientes en las diversas zonas de cultivo se encuentran dentro de los parámetros permisibles (ECAS- LMP) con un tenor de descenso en el oxígeno en zonas próximas a las jaulas; en cuanto a la transparencia la diferencia es significativa cuyos valores tienden a ser menores a medida que se aproxima a las zonas de cultivo; la presencia de fósforo total y nitritos se van acentuando en las zonas de cultivo intensivo manteniéndose dentro de los parámetros permisibles. La presencia de macroinvertebrados corrobora el estado de aguas meso eutróficas como la familia *Chiromidae*. El uso de macroinvertebrados en la diversidad de Shannon no es significativa sin embargo se muestra una mayor diversificación en las áreas de cultivo donde se percibe cierto grado de contaminación y Berger Parker muestra mayor dominancia. Por tanto, en la diversidad y equitatividad no presentaron diferencias significativas, sin embargo, Margalef muestra baja diversidad y riqueza, la equidad de Pielou determina uniformidad de familias en las diferentes zonas de cultivo distribuidas en la Bahía exterior de Puno.

Palabras clave: Acuicultura, Contaminación, Ecosistema acuático, Macroinvertebrados, Truchicultura

Abstract

The impacts of intensive trout farming in floating cages on the aquatic environment of the Bay of Puno were investigated; where physicochemical and biological studies (benthic macroinvertebrates) of water quality were carried out in intensive farming areas such as Barco, Callejon Sallihua and Ojerani, according to the Produce cadastre and Resolution of areas issued by the Peruvian Navy, which includes all producers located between Puno and Chucuito located in the outer bay of Puno; which were analysed by multivariate methods and PAST respectively





for nutrients and macroinvertebrates. The results show that the truchicola activity does not cause pollution or alterations, but it does not rule out the existence of slight and permanent pollution; the results for nutrients in the different cultivation areas are within the permissible parameters (ECAS-LMP), with a decrease in oxygen levels in areas close to the cages; The difference in transparency is significant, with values tending to be lower as you get closer to the cultivation areas; the presence of total phosphorus and nitrites is more accentuated in the intensive cultivation areas, remaining within the permissible parameters. The presence of macroinvertebrates corroborates the status of meso-eutrophic waters such as the family Chiromidae. The use of macroinvertebrates in the diversity of Shannon is not significant, however, a greater diversification is shown in the cultivation areas where a certain degree of contamination is perceived and Berger Parker shows a greater dominance. Therefore, in diversity and equity there were no significant differences, however, Margalef shows low diversity and richness, Pielou's equity determines uniformity of families in the different cultivation areas distributed in the outer Bay of Puno.

Keywords: Aquaculture, Pollution, Aquatic ecosystem, Macroinvertebrates, Trout farming

Introducción

La acuicultura es una de las actividades más sobresalientes en nuestro País, los cultivos intensivos según la FAO están ligadas a la seguridad alimentaria mundial, actualmente Puno ostenta como mayor productor piscícola del Perú, el cultivo intensivo de trucha está generando un crecimiento exponencial productivo, acompañada del desarrollo económico; fortaleza que está basado en los volúmenes de agua presentes en el departamento, que cuenta con la cuenca endorreica del Titicaca, cuya calidad de las aguas que discurren por los diferentes recursos hídricos del departamento, permite el acondicionamiento de salmónidos que han encontrado condiciones óptimas de vida, que facilita la reproducción, crecimiento y alimentación.

Las buenas condiciones que muestran los diversos recursos hídricos han conllevado a un explosivo crecimiento en la producción de truchas en el Perú, especialmente en el Lago Titicaca en las dos últimas décadas, Puno actualmente producen 48,600 ton. de forma intensiva, correspondiendo un 97 % al cultivo en jaulas flotantes, en el que se utiliza para su alimentación piensos alimentarios compuestos en promedio de 50% de harina de pescado, rico en insumos proteicos, los que al no ser consumido por los peces suelen degradarse, contaminando el medio acuático y generando impactos en la calidad de las aguas del medio de cultivo y aledaños. Por lo tanto es de necesidad llevar a cabo una correcta evaluación de los problemas ambientales, asociados a cualquier actividad productiva, como es la piscicultura el cual requiere de evaluaciones específicas con resultados cuantitativos, ya que las declaraciones de impacto ambiental (DIA) y evaluaciones de impacto ambiental (EIA) que exige el ministerio de la producción (Produce), solo muestran un resultado cualitativo de existencia o no de





contaminación, en algunas zonas del Lago Titicaca y otros recursos hídricos de nuestro departamento.

El impacto ambiental de la salmonicultura en el medio ambiente acuático en diversos recursos hídricos depende mucho de los diferentes insumos que son requeridos para una producción acuícola intensiva, esta actividad es importante y muy demandada por el caso de seguridad alimentaria. Sin dejar de ser importante que al dimensionar una actividad productiva se deba aplicar el concepto de “Huella Ecológica” considerando que la producción es una compleja trama de servicios que provee el medio ambiente. Buschmann, A., (2001)

Materiales y métodos

Para la obtención de datos fisicoquímicos y biológicos de las zonas que comprenden Ojerani, Callejon Sallihua y Barco, las muestras se tomaron de diferentes puntos de cultivo y profundidades en dos estaciones del año otoño (estiaje) y verano (lluvioso); los muestreos se realizaron por un periodo de 4 meses con pruebas repetitivas con un intervalo de 1 semana de trabajo. En cuanto a la población que conforma parte de la bahía exterior del Lago Titicaca se estableció la existencia de 23 empresas acuícolas formalizadas, operando en la actualidad 18 empresas los cuales fueron considerados como población de estudio; de acuerdo a la muestra:

De acuerdo a la población del estudio, se determinó que la muestra estará centrada en 3 zonas productoras de truchas, y para que el estudio sea más significativo las evaluaciones son tomadas en zonas que concentran agrupaciones de productores, a un nivel de confianza del 95% y un error del 5%.

Se trazaron transeptos, las mismas que fueron fijadas durante el primer muestreo, tomando en cuenta las características morfológicas más sobresalientes de cada sector productivo; cada transepto tuvo un recorrido de 500 metros aproximadamente; se tomó muestras a profundidades de 1m, 3 m y 6 m. de profundidad, con una zona de influencia de 1m, 100 m y 500 m. de distancia en el radio hacia la playa, estas muestras fueron de carácter repetitivo, con el fin de asegurar los valores obtenidos y promedios idóneos.

Para la determinación Físico y Química del agua la temperatura del agua fue tomada con un equipo multiparamétrico con una sonda que alcanza los 10 metros de profundidad en una escala de -10 a 110 °C, registrando a 1m, 3m y 6 m de profundidad en promedio, con una lectura repetitiva con la finalidad que el termómetro se estabilice en el medio.

La transparencia se determinó con el uso de un disco Secchi (25 cm de diámetro), así mismo se determinó el color aparente y el sabor que presenta, estas muestras fueron tomadas a una





profundidad de 5 metros y analizadas in situ; los análisis químicos se realizaron usando el laboratorio compacto de campo Lamotte modelo AQ-2, (para agua dulce), determinando parámetros como: nitratos, nitritos, alcalinidad, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, cloro, dureza total y residual. El análisis de nitritos, nitratos y fosfatos como nutrientes específicos en la columna de agua y evaluación de los rangos diversos que no se observaron y cuantificaron en el kits AQ-2, fue sometido a evaluaciones de laboratorio.

En tanto a la determinación de macroinvertebrados bentónicos como referente a la calidad de agua se trazaron transeptos fijados desde la primera toma de muestras, que se tomaron en profundidades de 1m, 3m, 6m. con una zona de influencia de 1m, 100m y 500m de distancia del radio hacia playa con muestreos de carácter repetitivo para asegurar los valores obtenidos y promedios idóneos. Las muestras se tomaron con una draga Ekman de 15 x 15 equivalente a 225cm² y mallas zoobentónicas de recolección; se usó el índice de diversidad de Shannon- Wiener (H') para la medición de biodiversidad específica de macroinvertebrados y la aplicación de Equidad de Pielou (J') en la medición de la proporción de la diversidad observada en relación a la máxima diversidad esperada, expresada en la equidad de las áreas muestreadas; el índice de riqueza de Margalef (D_{mg}) nos permitió estimar la biodiversidad de la comunidad en base a la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies en función del número de individuos existentes en la muestra analizada, expresada con el mayor valor del área muestreada y el índice de dominancia de Berger – Parker (B), dominancia que varía entre 0 y 1, cuanto más se acerca a 1 significa que mayor es la dominancia y menor la diversidad, referente a las áreas muestreadas.

Resultados y discusión

En la Evaluación de Parámetros Físico Químicos como referente de la calidad de agua de la mayoría de zonas de cultivo de peces, permite determinar el hábitat idóneo o problemas que puedan afectar la salud de los peces en cultivo, de esta manera poder avizorar rotaciones en las mismas zonas o descartar el cultivo. Con los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico (tabla 01 y 02) en las tres zonas de estudio se realizó una prueba estadística paramétrica (ANVA).

La temperatura ambiental y del agua como promedio se ven incrementadas en las zonas de producción, en especial en la zona de Ojerani, cuya causa sería la menor profundidad existente y termoclinas más superficiales; en tanto la transparencia en la bahía exterior donde están comprendidos las zonas de cultivo en las diferentes zonas y épocas del año se encuentran comprendidas entre 5. 17 a 6. 17 m.

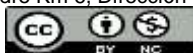




Tabla 01

Evaluación estadística de parámetros fisicoquímicos de zonas de cultivo de trucha bahía de Puno.

Zona	Temperatura Ambiental (°C):	Temperatura del agua (°C):	Transparencia (m):	pH (UpH):	Dureza Total (mg/L):	Oxígeno Disuelto (mg/L):	Conductividad Eléctrica (uS)	Nitrito (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Nitrógeno Amoniacal (mg/L NH3):	Fosfatos (mg/L)	Fosforo Total (mg/L)
Ojerani Callejon_	17.083b	16.07b	5.47ab	7.07	155.67	7.30b	1554.83	0.004	0.010	0.120	0.09	3.42
Sallihua	16.20a	15.25a	5.17a	7.00	165.83	7.08b	1554.00	0.001	0.005	0.115	0.11	3.15
Barco	17.13b	15.97ab	6.17b	7.00	154.33	6.27a	1551.97	0.000	0.008	0.103	0.08	3.27
Significancia	*	*	*	ns	ns	**	ns	Ns	ns	Ns	ns	ns

*p< 0.05; ** p<0.01; ns no significativo

En cuanto al pH en las diferentes zonas de muestreo presenta valores similares no habiendo significancia, por la gran cantidad de agua en la bahía exterior, los valores con tendencia a alejarse del valor neutro a alcalino por centésimas son zonas cercanas a jaulas, donde se incrementa el valor en especial en época de lluvias y calor 7.3 UpH.

Tabla 02

Evaluación fisicoquímicos de acorde al tiempo de evaluación (agosto septiembre 2021 – diciembre 2021 – enero 2022) en zonas de cultivo de trucha Bahía de Puno.

Tiempo	Temperatura Ambiental (°C):	Temperatura del agua (°C):	Transparencia (m):	pH (UpH):	Dureza Total (mg/L):	Oxígeno Disuelto (mg/L):	Conductividad Eléctrica (uS)	Nitrito (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Nitrógeno Amoniacal (mg/L NH3):	Fosfatos (mg/L)	Fosforo Total (mg/L)
Ago-Sep	15.71a	14.59a	6,10b	7.02	170.56	7,31b	1553.69	0.00	0.01	0.11	0.10	3.30
Dic - Ene	17.90b	16.93b	5,10a	7.02	146.67	6,45a	1553.51	0.004	0.01	0.114	0.09	3.258
Probabilidad	**	**	**	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Los valores del oxígeno disuelto responden al comportamiento limnológico determinando tenores altos entre agosto y setiembre que alcanzan los 8 mg/L así como valores bajos entre diciembre y enero de 5.8 mg/L, generalmente en el lago Titicaca el promedio de la concentración de oxígeno disuelto en el agua es de 6.62 mg/L. Para los valores de conductividad eléctrica que está relacionado directamente con la dureza del medio y/o concentraciones de sales, los valores en las tres zonas superaron los 1500 uS/cm.

Por último, los resultados de la presencia de nitritos tienen un máximo de 0,004 mg/L resultado que no es significativo en las zonas evaluadas; también los valores de nitratos no son significativos por zonas ni estaciones; N-amoniaco y N-total en aguas, los valores están muy por debajo de los ECAS en cuanto calidad de agua según las normas peruanas. Los valores registrados de fosfatos





son en promedio de 0.10 mg/L y los valores encontrados de fósforo total en todas las zonas de cultivo evaluadas en nuestra investigación se aproximan en promedio los 3.25 mg/L valor considerado alto.

Tabla 03

Índices de biodiversidad en zona acuícola Barco

Muestras	AMIs-1-B-a	AMIs-2-B-a	AMIs-3-B-a	AMIs-1-B-d	AMIs-2-B-d	AMIs-3-B-d
Shannon_H	1.934	1.796	1.995	1.699	1.798	1.689
Margalef	1.294	1.124	1.303	1.302	1.333	1.208
Equitability_J	0.8064	0.8173	0.8664	0.7087	0.7499	0.7333
Berger-Parker	0.3057	0.3366	0.3126	0.3652	0.3377	0.3268

La determinación de macroinvertebrados bentónicos como referente de calidad de agua se debe mencionar que se puede llegar a conclusiones parcialmente diferentes en cuanto a calidad de agua, dependiendo del tipo de índice biológico (tablas 03, 04 y 05, figura 01) que se utilice, esta ligera diferencia de los diferentes índices se puede deber a que las familias registradas, no siempre reflejan el índice exacto, ya que puede influenciar algunos factores hidrometeorológicos o componentes externos de orden antrópico (Arroyo, D& Encalada A, 2015).

Tabla 04

Índices de biodiversidad en zona acuícola Callejón Sallihua

Muestras	AMIs-1-C-a	AMIs-2-C-a	AMIs-3-C-a	AMIs-1-C-d	AMIs-2-C-d	AMIs-3-C-d
Shannon_H	2.039	1.707	1.742	1.657	1.812	1.648
Margalef	1.3	1.317	1.382	1.179	1.227	1.212
Equitability_J	0.8503	0.7414	0.7264	0.7198	0.7868	0.7157
Berger-Parker	0.2485	0.4181	0.3701	0.3927	0.3094	0.3647
Chao-1	11	10	11	10	10	10

En la investigación a los resultados obtenidos se aplicó el índice de diversidad de Margalef con el fin de identificar la diversidad de especies con respecto al número de individuos encontrados, como se puede evidenciar en las tablas, durante los dos periodos de muestreo, se observó baja la diversidad de especies de macroinvertebrados en la mayoría de puntos, debido al número de especies con respecto al número de individuos, pues arrojó resultados de diversidad inferiores a 2. A su vez, se muestra el índice de Shannon-Weaver que refleja la baja diversidad de especies de macroinvertebrados acuáticos que presenta la bahía de Puno.

La cantidad de taxones y familias identificadas corroboran que existe buenas condiciones de calidad de agua en las tres zonas evaluadas que mantienen jaulas de cultivo de trucha, durante el



periodo de muestreo y en las dos estaciones, se encontraron valores muy diferentes entre los índices de Margalef y Menhinick, entre 1,2 y 0, 25, lo que muestra la alta biodiversidad presente.

Tabla 05

Índices de biodiversidad en zona acuícola Ojerani

Muestras	AMIs-1-O-a	AMIs-2-O-a	AMIs-3-O-a	AMIs-1-O-d	AMIs-2-O-d	AMIs-3-O-d
Shannon_H	1.949	1.807	1.734	1.95	1.624	1.743
Margalef	1.287	1.236	1.274	1.312	1.225	1.303
Equitability_J	0.8127	0.7846	0.7531	0.8133	0.7054	0.7268
Berger-Parker	0.3008	0.3549	0.4556	0.2969	0.4932	0.3312

Para el índice de Shannon-Weaver, los valores se encontraron entre 1,6 y 1,9, el cual representa una alta biodiversidad. En cuanto al índice de Simpson, los valores se encontraron por debajo de 0,8 exceptuando un taxon de *Litoridina* como especies muy dominantes.

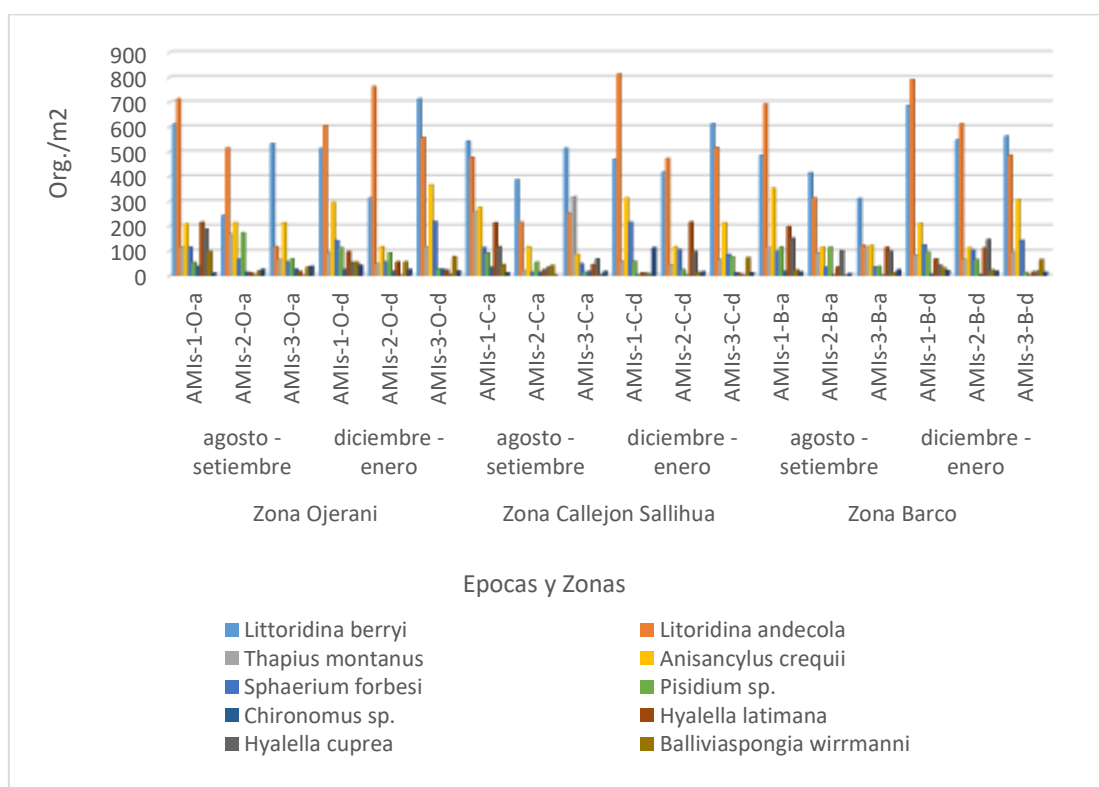


Figura 01: Biodiversidad por zonas de la bahía exterior del Lago Titicaca (2021-2022)

Hay que destacar la dominancia de las familias *Hyalellidae* que habitan aguas ricas en materia orgánica en recirculación, para los índices de diversidad (Margalef, Pielou, Shannon-Weaver, y Simpson) con respecto a la temporada arrojaron un nivel de significancia mayor a 0,05, por lo



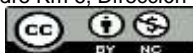
que se acepta la hipótesis nula; esto permite precisar que no existe una diferencia significativa entre diferentes épocas climáticas y el valor de los índices (figura 1).

Fontúrbel (2005), recomienda que las condiciones fisicoquímicas advierten que es necesario un permanente monitoreo de los parámetros DBO5, nitrógeno total, fósforo soluble y turbidez quienes muestran una correlación e indicadores de eutrofización e impactos por actividades y servicios, los parámetros fisicoquímicos y biológicos son indicadores de calidad e indicativo de calidad de agua. La temperatura ambiental y del agua como promedio se ven incrementadas en las zonas de producción, en especial en la zona de Ojerani, cuya causa sería la menor profundidad existente y termoclinas más superficiales, sin embargo (Beltran et.al., 2011), observó un ligero incremento en la temperatura a comparación por lo manifestado por Hinojosa (1982) y Mollocondo (1985). Generando tasas de producción y descomposición mayores en la bahía interior de Puno, durante la época húmeda (Northcote et al. 1991). Puede variar los datos obtenidos según la metodología y horario de muestreo.

También Beltran et.al. (2011), determina que una transparencia superficial del agua en promedio es de 1.43 m (variando desde 0.37 hasta 2.5m). (Argota, Escobar & Moreno, 2020), así como (Zuzuki et al., 2018) afirman que, la turbidez antropogénica originado por los sólidos en suspensión, es consecuencia de las deficientes prácticas de manejo de descargas; algunas prácticas de descarga sin tratamiento alguno, favorece que se generen concentración de algunos metales (Martín et al., 2015; Ali et al., 2016, Capangpangan et al., 2016); sin embargo la transparencia en la bahía exterior donde están comprendidos las zonas de cultivo en las diferentes zonas y épocas del año se encuentran comprendidas entre 5.17 a 6.17 m.

El pH en las diferentes zonas de muestreo presenta valores similares no habiendo significancia, por tanto, Escobar (2019), comenta que la calidad del agua depende también de pH (UpH), dado por la concentración del ión. El promedio de la concentración de oxígeno disuelto en el agua es de 6.62 mg/L, reportado por Mollocondo (1985) y Pineda (1997) confirmado por Northcote et al. (1991) cuyos valores corresponden a temperaturas de 10 y 20 °C, considerando niveles de oxígeno disuelto en aguas saturadas del lago de 7.3 y 5.8 mg/L respectivamente. Así mismo, Constantini (2004) registró el mayor valor (9.15 mg/L), mientras que el valor mínimo (4.82 mg/L) el que fue corroborado por Angles (2006). Las diferencias podrían ser ocasionadas por el uso de diferentes metodologías, horario de muestreo y la ubicación de las estaciones de muestreo.

Beltran et.al. (2011) indica que el promedio de los valores de dureza reportados en este estudio fue de 300.5 mg/L, cuyos valores similares manifiesta Northcote et al. (1991), el que señala que





la dureza varía estacionalmente, teniendo un máximo entre finales de enero y mediados de marzo de 1983. Las condiciones de dureza se ven favorecidas con las precipitación de carbonato de calcio, típico en las aguas de la bahía interior de Puno donde, sin embargo en la investigación efectuada en la bahía exterior de Puno, el tenor de dureza se ve reducida drásticamente a promedios de 160 mg/L, aun siendo este valor considerado alto dentro de la clasificación de aguas catalogándolo como agua altamente dura, cuyos valores no afectan a las especies piscícolas cultivadas en jaulas, las diferentes zonas de evaluación no presentan diferencias significativas en ninguna de las estaciones.

Los valores de oxígeno disuelto generalmente se ven condicionados por la temperatura del medio acuático, los valores en nuestra investigación responden al comportamiento limnológico determinando tenores altos entre agosto y setiembre que alcanzan los 8 mg/L así como valores bajos entre diciembre y enero de 5,8 mg/L, generalmente en el lago Titicaca el promedio de la concentración de oxígeno disuelto en el agua es de 6.62 mg/L, reportado por Mollocondo (1985) y Pineda (1997) confirmado por Northcote et al. (1991) cuyos valores corresponden a temperaturas de 10 y 20 °C, considerando niveles de oxígeno disuelto en aguas saturadas del lago de 7.3 y 5.8 mg/L respectivamente.

Se conoce que el consumo de concentraciones de nitritos tiene efectos sobre la salud humana, según Cabrera et al. (2003) los nitritos pueden producir compuestos cancerígenos y metahemoglobinemia, En nuestra investigación los valores muestran que no hay presencia de nitritos teniendo un máximo de 0.004 mg/L no significativo en las diferentes zonas evaluadas. En nuestra investigación los valores de nitrato en promedio alcanzan valores de 0.07 no significativo por zonas ni estaciones, sin embargo, en la bahía interior de Puno se han registrado concentraciones de nitratos de 0.43 mg/L (Sarmiento, 1984) y de 58.53 mg/L (Angles, 2006).

Los valores más altos de diversidad de taxones en nuestra investigación son mayores en épocas correspondientes a diciembre enero (verano); Arana, J. & Cabrera, C. (2017). Sostienen que la disminución de la riqueza de taxones, así como en la abundancia entre ambas épocas se debería a las diferencias en los factores físicos y fisicoquímicos para cada época, tales como los cambios en la concentración de oxígeno disuelto, conductividad, velocidad de corriente, caudal, etc.; así como en los ciclos biológicos de los organismos en estudio (Roldán y Ramírez, 2008; Domínguez y Fernández, 2009).





Conclusiones

La actividad truchicola no ocasiona contaminación ni alteraciones en la bahía exterior de Puno, sin embargo, no se descarta la existencia de un grado de contaminación leve y permanente. Bajo el análisis de los resultados obtenidos se pudo determinar que la concentración de nutrientes en las diferentes zonas de cultivo se encuentra dentro de los parámetros permisibles (ECAS – LMP), sin embargo, el tenor de oxígeno tiende a descender en zonas cercanas a jaulas flotantes.

También se pudo observar una significativa diferencia en la transparencia entre zonas de cultivo y épocas del año, cuyos valores tienden a ser menores a medida que se aproxima a las zonas de cultivo; y la presencia de fosforo total y nitratos se acentúa en zonas de cultivo intensivo de trucha con mayor densidad de carga, manteniéndose dentro de los parámetros permisibles.

La presencia de macroinvertebrados en los medios acuáticos son una fuente de información debido a que responden a perturbaciones contaminantes antrópicas, la significancia de la familia Chironomidae corrobora el estado de aguas mesoeutróficas.

En el análisis de índice de diversidad de macroinvertebrados en la diversidad de Shanonn no fue significativa, pero muestra mayor diversidad en las áreas cercanas a las zonas de cultivo, donde se percibe cierto grado de contaminación y Berger-Parker muestra mayor dominancia. En cuanto a la diversidad y equitatividad no se presentaron diferencias significativas, sin embargo, Margalef muestra baja diversidad y riqueza, la equidad de Pielou determina uniformidad de familias en las diferentes zonas de cultivo.

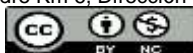
Referencias bibliograficas

- Angles J. (2007). Evaluación de los parámetros fisicoquímicos de la bahía interior de Puno para determinar el nivel de contaminación. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional del Altiplano Puno.
- Arana, M., Cabrera, C. (2017). Macroinvertebrados acuáticos y caracterización ecológica de los ambientes dulceacuícolas del área de influencia del gasoducto Perú ING en los Departamentos de Ica y Huancavelica. Rev. del instituto de investigación figmmg-unmsm 20(40) 2017.
- Argota, G., Escobar, F. & Moreno, E. (2020). Stationary quality of water before the sustainable environmental cost relative to addition of biomarkers: Puno bay, Titicaca lake, Peru. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 22(2), 146-154. <https://dx.doi.org/10.18271/ria.2020.602>.





- Arroyo, D. & Encalada E. (2015). Evaluación de la calidad de agua a través de macroinvertebrados bentónicos e índices biológicos en ríos tropicales en bosque de Neblina Montano
- Beltrán, D., Palomino R., Moreno, E., Peralta, C. & Montesinos, 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.
- Cabrera E., Hernández, L., Gómez, H. & Cañizares, H. (2003). Determinación de nitratos y nitritos en agua. Comparación de costos entre un método de flujo continuo y un método estándar. *Journal of the Mexican Chemical Society* 47(1): 88-92
- Capangpangan, R., Pagapong, N., Pineda, C., & Sanchez, P. (2016). Evaluation of potential ecological risk and contamination assessment of heavy metals in sediment samples using different environmental quality indices – a case study in Agusan River, Caraga Philippines. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences (JBES)* ISSN: 2220-6663 (Print) 2222-3045 (Online) Vol. 8, No. 1, p. 1-16, 2016.
- Constantini M.L., L. Savetta, G. Mancinelli & L. Rossi. (2004). Spatial variability of the decomposition rate of *Schoenoplectus tatora* in a polluted area of lake Titicaca. *Journal of Tropical Ecology* 20:325-335. <http://dx.doi.org/10.1017/S0266467403001214>
- Dominguez, E. y Fernández, H. (2009). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología. Publicado por la Fundación Miguel Lillo. Tucumán. Argentina. 656 pp.
- Escobar, A. & Montoya, Y. (2019), Los macroinvertebrados acuáticos y la calidad biológica del agua en una quebrada andina, Antioquia – Colombia. *Revista Politécnica* ISSN 1900 - 2351 (Impreso), ISSN 2256 - 5353 (En línea), Año 15, Número 29, pág. 65 - 81, julio - diciembre.
- Fonturbel, F. (2005) “Algunos Criterios biológicos sobre el proceso de eutrofización a orillas de seis localidades del Lago Titikaka” *Ecología Aplicada*.
- Hinojosa, A. (1982). Demanda bioquímica de oxígeno en el lago Titicaca bahía interior de Puno y Lago grande. Facultad de Ciencias Biológicas Universidad Nacional del Altiplano Puno.
- Martín, M. (2015). Eliminación de contaminantes orgánicos persistentes de aguas residuales mediante oxidación electroquímica con ánodo de diamante dopado con boro. <http://hdl.handle.net/10578/7172>.
- Mollocondo, H. (1995). Determinación de nutrientes; nitrógeno y fósforos relacionados con los parámetros abióticos en la bahía interior de Puno. Facultad Ciencias Biológicas Universidad Nacional del Altiplano Puno
- Northcote T. G., Morales P., Levy D.A. Y Greave M.S.(1991). Contaminación en el Lago Titicaca, Perú: Capacitación, Investigación y Manejo. Northburn printer & Stationers Ltd., Vancouver, Canada. 276 pag.
- Pineda D. (1997). Influencia de la eutrofización en la distribución espacial de ictiofauna en la bahía interior de Puno. Facultad Ciencias Biológicas Universidad Nacional del Altiplano Puno





-
- Roldán, G., Ramírez, J. (2008). “Fundamentos de Limnología Neotropical”, 2a. edición, Medellín : Editorial Universidad de Antioquia, 2008. XX, 442 p. : il- ; 24 cm. -- Colección Ciencia y Tecnología. ISBN 978-958-714-144-3.
- Suzuki, J., Imamura, M., Nakano, D., Yamamoto, R. y 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. <https://doi.10.1016/j.scitotenv.2018.02.286>

