



ANEXO 1

FORMATO PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN CON
EL FINANCIAMIENTO DEL FEDU

1. Título del proyecto

EVALUACIÓN DEL RIESGO ECOLÓGICO POR LOS GRADOS DE CONTAMINACIÓN
POR METALES PESADOS EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE LA BAHIA
INTERIOR DE PUNO, LAGO TITICACA – PERU

2. Área de Investigación

Área de investigación	Línea de Investigación	Disciplina OCDE
Ciencias de la Ingeniería	Recursos Naturales y Medio Ambiente	Ciencias del Medio Ambiente

3. Duración del proyecto (meses)

12 meses

4. Tipo de proyecto

Individual	<input type="radio"/>
Multidisciplinario	<input checked="" type="radio"/>
Director de tesis pregrado	<input type="radio"/>

5. Datos de los integrantes del proyecto

Apellidos y Nombres	VILLAFUERTE PRUDENCIO, Nazario
Escuela Profesional	Ingeniería Química
Celular	950954344
Correo Electrónico	nvillafuerte@unap.edu.pe
Apellidos y Nombres	ROMERO IRURI DE SOTO, Lidia Ensueño
Escuela Profesional	Ingeniería Química
Celular	983775811
Correo Electrónico	leromero@unap.edu.pe
Apellidos y Nombres	PACHECO TANAKA, Myrian Eugenia
Escuela Profesional	Ingeniería Química
Celular	958808090
Correo Electrónico	mepacheco@unap.edu.pe
Apellidos y Nombres	RAMOS PINEDA, Janette Rosario
Escuela Profesional	Ingeniería Química
Celular	941898822
Correo Electrónico	janetteramos@unap.edu.pe



Apellidos y Nombres	QUISPE FLORES, Rene Justo
Escuela Profesional	Ingeniería Química
Celular	951738086
Correo Electrónico	rjquispe@unap.edu.pe

- I. **Título** (El proyecto de tesis debe llevar un título que exprese en forma sintética su contenido, haciendo referencia en lo posible, al resultado final que se pretende lograr. Máx. palabras 25)

EVALUACIÓN DEL RIESGO ECOLÓGICO POR LOS GRADOS DE CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE LA BAHIA INTERIOR DE PUNO, LAGO TITICACA – PERU.

- II. **Resumen del Proyecto de Tesis** (Debe ser suficientemente informativo, presentando -igual que un trabajo científico- una descripción de los principales puntos que se abordarán, objetivos, metodología y resultados que se esperan)

La calidad de agua de la bahía interior de Puno está en riesgo de contaminación por actividades antropogénicas al encontrarse muy cerca de asentamientos humanos, uno de estos riesgos es ocasionado por metales pesados que por su bioacumulación, toxicidad y persistencia; por lo que, en el presente proyecto de investigación los trabajos de campo se realizarán en 6 puntos de muestreo en la Bahía Interior de Puno, Lago Titicaca – Perú; los análisis de laboratorio se realizarán en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química de la UNA Puno y otro laboratorio acreditado, durante el año 2023; cuyo objetivo general planteado es: Determinar el riesgo ecológico y los grados de contaminación por metales pesados en sedimentos superficiales de la Bahía interior de Puno, Lago Titicaca – Perú siendo sus objetivos específicos: Determinar la concentración por metales pesados en los sedimentos superficiales de la Bahía Interior de Puno – Lago Titicaca, mediante métodos estándares de análisis; Calcular el grado de contaminación por metales pesados a través del índice de geoacumulación (Igeo), factor de contaminación (FC), factor de enriquecimiento (FE) y el índice de carga de contaminación (PLI) y determinar el riesgo ecológico de la contaminación ocasionado por metales pesados en el área de estudio, a través del índice de riesgo ecológico potencial (PERI). La concentración de los metales pesados en sedimentos, serán determinados por Espectrometría de Masa con Plasma Acoplado Inductivamente y de absorción atómica vapor frío con estos valores se determinarán el índice de geoacumulación, factor de contaminación factor de enriquecimiento índice de carga de contaminación é índice de riesgo ecológico. Los datos obtenidos serán tratados mediante el análisis de varianza con tres replicas para cada punto de muestreo. Así mismo se utilizará el software estadístico profesional StatGrafic Centurion XVI donde, se considerará la prueba de contraste múltiple con un nivel de confianza del 95%. Los resultados esperados es determinar el índice riesgo ecológico potencial y el grado de contaminación por metales pesados en los sedimentos superficiales de la Bahía Interior de Puno, para ser utilizados por las instituciones pertinentes para plantear políticas de manejo eficaz para el seguimiento adecuado de los metales contaminantes.

III. Palabras claves (Keywords) (Colocadas en orden de importancia. Máx. palabras: cinco)

Riesgo ecológico, grados de contaminación, metales pesados, sedimentos, bahía interior de Puno

IV. Justificación del proyecto (Describa el problema y su relevancia como objeto de investigación. Es importante una clara definición y delimitación del problema que abordará la investigación, ya que temas cuya definición es difusa o amplísima son difíciles de evaluar y desarrollar)

Uno de los problemas ambientales en el mundo es el de la contaminación de sistemas acuáticos por metales pesados, sobre todo por su bioacumulación, toxicidad y persistencia, que origina problemas en la salud y la ecología (Krampah et al., 2019), la calidad del agua en lagos y lagunas naturales que se encuentran muy cerca de asentamientos humanos generalmente están en riesgo de contaminación por el incremento de actividades antropogénicas, entre ellas se pueden mencionar las aguas superficiales de descargas municipales e industriales, escorrentía, deposición atmosférica y geológica y productos de desecho residenciales o agrícolas (Kanchana et al., 2014) minería metalurgia, e industrias en general (Zhou et al., 2008).

Los sedimentos usualmente brindan información importante sobre la contaminación ambiental y geoquímica (Uluturhan et al., 2011), permitiendo encontrar índices que se relacionan a la contaminación. Por ejemplo, Índice de Geoacumulación (Igeo) permite determinar la contaminación comparando las concentraciones actuales y preindustriales de trazas metales en la corteza terrestre (Asare et al., 2022), el Factor de Contaminación que describe la contaminación de sustancias tóxicas en un lago o sub cuenca y se obtiene de la relación entre la concentración medida de los metales pesados en el sedimento del cuerpo de agua y el valor de referencia preindustrial para el mismo, el Factor de Riesgo Ecológico que expresa cuantitativamente el potencial de riesgo ecológico de un determinado contaminante (Hakanson, 1980)(Ahmed et al., 2022) (Asare et al., 2022).

La Bahía Interior de Puno, es un área restringida y representa uno de los hábitats del Lago Titicaca con alto nivel de antropización, donde algunos elementos orgánicos e inorgánicos podrían estar superando las concentraciones umbrales permisibles (Moreno et al., 2017), siendo la contaminación de la Bahía Interior de Puno. Lago Titicaca una de las preocupaciones ambientales sobre el ecosistema donde la búsqueda de nuevas evaluaciones para la toma de decisiones resulta un desafío científico (Argota et al., 2020).

Por todo lo mencionado anteriormente se crea la necesidad de poder desarrollar el presente trabajo de investigación, el que nos permitirá conocer los grados de contaminación por metales pesados en sedimentos, identificar el nivel de vulnerabilidad de metales pesados en los sedimentos superficiales de la Bahía, el índice de geo acumulación, factor de contaminación (FC), factor de enriquecimiento y el índice de carga de contaminación (PLI).y finalmente poder evaluar el riesgo ecológico de la contaminación en la Bahía Interior de Puno, Lago Titicaca – Perú,

para establecer medidas de control ambiental, parámetros muy importantes para poder terminar el nivel de contaminación y partir de este proyecto nuevos planteamientos para dar solución a la descontaminación de la Bahía Interior de Puno.

Se plantea el siguiente problema de investigación:

Problema general:

¿Cuáles es el riesgo ecológico por los grados de contaminación por metales pesados en los sedimentos superficiales de la Bahía Interior de Puno, Lago Titicaca – Perú?

Problemas específicos.

1. ¿Cuáles son las concentraciones de los metales pesados en los sedimentos superficiales de la Bahía Interior de Puno, Lago Titicaca?
2. ¿Cuál es el grado de contaminación por metales pesados en los sedimentos superficiales de la Bahía Interior de Puno, Lago Titicaca?
3. ¿Cuál es el riesgo ecológico ocasionado por metales pesados en los sedimentos superficiales de la Bahía Interior de Puno, Lago Titicaca?

V. Antecedentes del proyecto (Incluya el estado actual del conocimiento en el ámbito nacional e internacional. La revisión bibliográfica debe incluir en lo posible artículos científicos actuales, para evidenciar el conocimiento existente y el aporte de la Tesis propuesta. Esto es importante para el futuro artículo que resultará como producto de este trabajo)

Durante las tres últimas décadas, se ha prestado considerable atención a la comprensión de los efectos adversos en varios ecosistemas al rastrear metales en sedimentos, los que proporcionan información útil para la investigación sobre contaminación ambiental y geoquímica (Uluturhan et al., 2011). La contaminación acuática por metales pesados suele representar niveles altos de Hg, Cr, Pb, Cd, Cu, Zn, Ni, etc. en el sistema de agua, estos metales pesados pueden transformarse en compuestos metálicos persistentes con alta toxicidad que puede bioacumularse en organismos, magnificados en la cadena alimenticia, amenazando la salud humana (Zhou et al., 2008) las trazas de metales que ingresan a ríos y estuarios se depositan rápidamente en el sedimento y son mucho más concentrados que en el cuerpo de agua del río, sistemas estuarinos o costeros. La acumulación de metales traza en el sedimento influye directamente en los organismos benthicos, afectando también a muchos otros organismos a través de la cadena alimentaria y amenazan también la comodidad del medio ambiente acuático (Asare et al., 2022).

Esto ha originado que se realicen diversos estudios en sedimentos para en base a ellos determinar el riesgo ecológico en ríos y lagos, algunos de los cuales se mencionan a continuación:

Se realizó la evaluación del riesgo ecotóxico y de la fuente de distribución de metales en trazas en sedimentos superficiales en la costa y cuatro ríos en Sarawak (Malasia), se encontraron las concentraciones promedio de metales en traza en los sedimentos y con ellos se hallaron los índices de enriquecimiento, contaminación y geoacumulación, los resultados mostraron un riesgo ecológico bajo para los sitios de estudio. El análisis de correlación y el análisis de componentes principales

indicaron que nueve metales traza estudiados tienen fuertes interrelaciones, lo que sugiere una contaminación común fuentes o características geoquímicas similares (Asare et al., 2022).

En el río Dhaleshwari cerca del área de un polígono industrial de curtiembre en Bangladesh, se evaluó la concentración de metales pesados en sedimentos centrándose en analizar la concentración de metales pesados (Cr, Pb, Mn, Cu y Fe) y con ello evaluar la contaminación sobre la base del Índice de Geoacumulación (Igeo), el Factor de Contaminación (CF) e Índice de Polución por metales pesados en el área de estudio. Los resultados del patrón de distribución espacial en las zonas de alta concentración de cromo eran vertidos de la ciudad industrial del cuero. Por otro lado, la distribución espacial patrón para los metales estudiados (Pb, Mn, Cu y Fe) mostró que las concentraciones máximas de metales se encontraron en la parte sureste, que estaba cerca de la zona de vertimiento de efluentes. La evaluación del riesgo ecológico en muestras de sedimentos reveló que no existe un riesgo significativo observado por los metales en el momento del estudio (Rahman et al., 2022)

También en los sedimentos del río Halda en Bagladesh, se evaluó el nivel de contaminación por metales pesados junto con su Potencial de Riesgo Ecológico en sus sedimentos, el Zn, Cr, Ni y Cu superaron algunos límites estándar. La calidad de sedimentos sugirió que la concentración de Pb, Cu y Ni podrían ocasionalmente causar un efecto adverso en el ecosistema. Sin embargo, el índice de Geoacumulación (Igeo), Factor de Contaminación (CF), y el índice de Carga de Contaminación (PLI) para metales pesados sugirió que el nivel de contaminación era bajo. Además, el Índice de Riesgo (IR) e Índice de Riesgo Ecológico potencial (Eir) confirmó el riesgo ecológico bajo de metales pesados para el ecosistema fluvial a excepción del Pb y Cu. El análisis de componentes principales y el análisis de conglomerados de los metales para diferentes sitios significaron que los metales se originaron a partir de actividades antropogénicas similares, como efluentes industriales no tratados y eliminación de desechos en el sistema fluvial (Hossain et al., 2021).

En el río Bansa (Ghana) se evaluó el nivel de contaminación de metales pesados en sus sedimentos, utilizando los Índices de Geoacumulación y factores de enriquecimiento se demostró que dicho río aún no se ha visto afectado en lo que se refiere a metales pesados, asimismo, los datos recopilados constituyen una línea base para futuros estudios (Krampah et al., 2019).

Se evaluaron las concentraciones de metales pesados y carbono orgánico en sedimentos de la Laguna Homa que es una de las lagunas más productivas y que sirve de trampas activas para peces importantes desde el punto de vista comercial en el mar Egeo oriental, estos resultados fueron utilizados para evaluar posibles riesgos ecológicos que podrían ser un problema para el medio ambiente de la laguna en el futuro. El nivel de contaminación fue expresado por el Factor de Contaminación y en el Grado de Contaminación (suma de todos los factores de contaminación para la cuenca) Los resultados de este estudio pudieron ser particularmente importantes y complementarios para evitar la dispersión de contaminantes en la laguna, con una política de manejo eficaz que se debe tomar en el futuro (Uluturhan et al., 2011).

Son escasos los estudios efectuados en nuestro país sobre índices de contaminación. En nuestro departamento, se evaluó mercurio en el arroyo Lunar de Oro el cual que tiene alto impacto por minería aurífera artesanal (La Rinconada,

Puno-Perú), encontrando que el 100% de las muestras superaron los límites de la NOAA (EUA) y de los CEQGS, en dicho estudio se hallaron el Potencial de Riesgo Ecológico y el Índice de Geoacumulación de mercurio encontrando un nivel de contaminación extrema (Loza Del Carpio & Ccancapa Salcedo, 2020).

De enero a noviembre del 2016 se cuantificaron metales (Cu, Zn, Pb, Cd, As y Hg) en sedimentos superficiales de la Bahía Interior de Puno en seis estaciones de muestreo ambiental, donde se concluyó que, los sedimentos superficiales de la Bahía Interior de Puno, no representan riesgo por exposición a metales totales, ya que sus concentraciones se encontraron en el rango de los valores permisibles (Moreno et al., 2018). Asimismo, se comprobó al comparar cada estación y entre épocas, que no existieron diferencias estadísticamente significativas, aunque los mayores niveles de concentración correspondieron a la época de estiaje. Se concluyó que existe exposición ambiental por metales en las aguas de la Bahía Interior y donde sus concentraciones son permanentes durante todo el período del año, pudiendo traer consecuencias negativas no solo para el ecosistema, sino además a la propia salud humana dada actividades de beneficio comunitario que se desarrolla en este espacio geográfico (Moreno et al., 2017).

Años más tarde se evaluó la calidad estacionaria del agua según el costo ambiental sostenible relativo con agregación de biomarcadores en la Bahía Interior de Puno, en la zona de proximidad a la descarga de efluentes por la laguna de oxidación de Espinar determinando que el oxígeno disuelto y los sólidos totales disueltos fueron los parámetros fisicoquímicos que no cumplieron con el límite máximo permisible según el Decreto Supremo No. 004-2017-MINAM. Se observó además la sensibilidad tóxica letal a bajas concentraciones y en corto periodo de tiempo en la *G. punctata*, el COASORbiom que se estimó fue de 0,54 significando ser clasificado en la categoría de recurso no sostenible relativo. Dicho estudio concluyó que, la zona de muestreo próxima a laguna de oxidación de Espinar en la bahía de Puno, presentó contaminación de la columna de agua existiendo elevada probabilidad de efectos ambientales negativos requiriéndose, el tratamiento eficiente de los efluentes que se descargan (Argota et al., 2020).

VI. Hipótesis del trabajo (Es el aporte proyectado de la investigación en la solución del problema)

Existe riesgo ecológico debido a los grados de contaminación por metales pesados en sedimentos superficiales de la Bahía Interior de Puno, Lago Titicaca - Perú

VII. Objetivo general

Determinar el riesgo ecológico y los grados de contaminación por metales pesados en sedimentos superficiales de la Bahía Interior de Puno, Lago Titicaca - Perú

VIII. Objetivos específicos

8.1. Determinar la concentración por metales pesados en los sedimentos

superficiales de la Bahía Interior de Puno – Lago Titicaca, mediante métodos estándares de análisis.

8.2. Calcular el grado de contaminación por metales pesados a través del índice de geoacumulación (I_{geo}), factor de contaminación (FC), factor de enriquecimiento (FE) y el índice de carga de contaminación (PLI).

8.3. Determinar el riesgo ecológico de la contaminación ocasionado por metales pesados en el área de estudio, a través del índice de riesgo ecológico potencial (PERI).

IX. Metodología de investigación (Describir el(los) método(s) científico(s) que se empleará(n) para alcanzar los objetivos específicos, en forma coherente a la hipótesis de la investigación. Sustentar, con base bibliográfica, la pertinencia del(los) método(s) en términos de la representatividad de la muestra y de los resultados que se esperan alcanzar. Incluir los análisis estadísticos a utilizar).

Para alcanzar el objetivo específico 7.1, se seguirá la siguiente metodología:

1. Recolección de muestras de sedimentos: Los 6 puntos de muestreo se identificarán geográficamente utilizando un dispositivo de Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Las muestras de sedimentos se recogerán en el 2023 (marzo y agosto) utilizando draga del tipo Eckman y, después de cada recolección de muestras, se limpiarán varias veces con agua desionizada para evitar la contaminación cruzada y las interferencias. Se recolectarán 6 muestras -por triplicado en dos épocas del año- haciendo un total de 36 muestras de sedimentos en los puntos de muestreo establecidos, las muestras recolectadas serán colocadas temporalmente en envases de polietileno y almacenadas en un cooler a baja temperatura (Chen et al., 2012).
2. Análisis de muestras: Los metales pesados en los sedimentos se determinarán por el método Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry/EPA 6010D Rev. 2018
3. El mercurio total se determinará por: Method 7471 B Rev. 2. 2007 Mercury in Solid or Semisolid Waste (Manual Cold-Vapor Technique).

Para alcanzar el objetivo específico 7.2, se utilizarán los siguientes modelos matemáticos:

Índice de geoacumulación (I_{geo}): (Ahmed et al., 2022)

$$I_{geo} = \log_2 \left[\frac{C_m}{1.5BA_n} \right]$$

Donde:

C_m = Concentración del metal en el sedimento, mg/kg.

BA_n = Valor de fondo de un determinado metal, mg/kg.

Factor de contaminación, (CF). (Ahmed et al., 2022)

$$CF = \frac{Cn_{(muestra)}}{Bn_{(shale)}}$$

Donde:

$Cn_{(muestra)}$ = Concentración del metal en la muestra, mg/kg.

$Bn_{(Shale)}$ = Concentración de referencia, mg/kg.

Factor de enriquecimiento (EF): (Chen et al., 2012).

$$EF = \frac{(X/RE)_{sediment}}{(X/RE)_{crust}}$$

Donde:

$(X/RE)_{sediment}$ = Relación del metal analizado con el metal de referencia en la muestra.

$(X/RE)_{crust}$ = Relación del metal analizado con el metal de referencia en el fondo.

Índice de carga de contaminación, (PLI). (Ahmed et al., 2022)

$$PLI = (CF1 \times CF2 \times CF3 \times \dots \times CFn)^{1/n}$$

Donde:

CF_i = Factor de contaminación de los metales en la muestra.

Para alcanzar el objetivo específico 7.3, se utilizarán los siguientes modelos matemáticos:

Determinación del índice de riesgo ecológico (RI). (Ahmed et al., 2022)

$$RI = \sum_{i=1}^n E_r^i$$

$$E_r^i = T_r^i \times CF$$

$$C_f^i = \frac{C_n^i}{C_0^i}$$

Donde:

E_r^i = Factor de riesgo ecológico potencial para un metal dado.

T_r^i = Factor toxicológico para un metal específico.

C_f^i = Factor de contaminación monomial.

C_n^i = Concentración del metal en el sedimento, mg/kg.

C_0^i = Valor de fondo, mg/kg.

Análisis estadístico de datos.

Los datos obtenidos en la determinación de metales pesados en sedimentos serán analizados mediante el análisis de varianza con tres réplicas para cada punto de muestreo. Así mismo se utilizará el software estadístico profesional StatGrafic Centurion XVI, donde se considerará la prueba de contraste múltiple con un nivel de confianza del 95%.

X. Referencias (Listar las citas bibliográficas con el estilo adecuado a su especialidad)

- Ahmed, A. S. S., Hossain, M. B., Babu, S. M. O. F., Rahman, M., Sun, J., & Sarker, M. S. I. (2022). Spatial distribution, source apportionment, and associated risks of trace metals (As, Pb, Cr, Cd, and Hg) from a subtropical river, Gomti, Bangladesh. *International Journal of Sediment Research*, 37(1), 83–96. <https://doi.org/10.1016/j.ijsrc.2021.07.001>
- Argota Pérez, G., Escobar-Mamani, F., & Moreno Terrazas, E. G. (2020). Calidad estacionaria del agua ante el costo ambiental sostenible relativo con agregación de biomarcadores: Bahía de Puno, lago Titicaca, Perú. *Revista De Investigaciones Altoandinas*, 22(2), 146–154. <https://doi.org/10.18271/ria.2020.602>
- Asare, E. A., Assim, Z., Wah, R., & Fianko, J. R. (2022). Eco-toxic risk assessment and source distribution of trace metals in surface sediments of the coastal and in four rivers estuary of Sarawak. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, 11(1), 18. <https://doi.org/10.1186/s43088-022-00199-y>
- Barbieri, M. J. J. G. G. (2016). The importance of enrichment factor (EF) and geoaccumulation index (Igeo) to evaluate the soil contamination. *J Geol Geophys*, 5(1), 1-4. <http://dx.doi.org/10.4172/2381-8719.1000237>
- Chen, C. W., Chen, C. F., & Dong, C. D. (2012). Distribution and accumulation of mercury in sediments of Kaohsiung River Mouth, Taiwan. *Apcbee Procedia*, 1, 153-158
- Hakanson, L. (1980). An ecological risk index for aquatic pollution control. a sedimentological approach. *Water Research*, 14(8), 975–1001. [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(80\)90143-8](https://doi.org/10.1016/0043-1354(80)90143-8)
- Hossain, M. B., Semme, S. A., Ahmed, A. S. S., Hossain, M. K., Porag, G. S., Parvin, A., Shanta, T. B., Senapathi, V., & Sekar, S. (2021). Contamination levels and ecological risk of heavy metals in sediments from the tidal river Halda, Bangladesh. In *Arabian Journal of Geosciences* (Vol. 14, Issue 3). <https://doi.org/10.1007/s12517-021-06477-w>
- Kanchana, C., Weerasinghe, K., Pathirana, S., & Piyadasa, R. U. (2014). Heavy Metal Contamination of Water in Negombo Lagoon and Interconnected Water Sources. *Lakes, Reservoirs and Ponds*, 8(2), 96–110.
- Krampah, F., Nyarko, S. Y., Danlogo, K., & Sanful, P. (2019). Application of Pollution Indices in the Assessment of Heavy Metal Contamination of Surface Sediments of River Bonsa, Ghana. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 07(02), 176–189. <https://doi.org/10.4236/gep.2019.72012>
- Moreno Terrazas, E. ., Argota Pérez, G. ., Alfaro Tapia, R. ., Aparicio Saavedra, M. ., Atencio Limachi, S. ., & Goyzueta Camacho, G. . (2018). Cuantificación de metales en sedimentos superficiales de la bahía interior, lago Titicaca

(Perú). *Revista De Investigaciones Altoandinas*, 20(1), 9–18.
<https://doi.org/10.18271/ria.2018.326>

Moreno Terrazas, E., Argota Pérez, G., Alfaro Tapia, R., Aparicio Saavedra, M., Atencio Limachi, S., & Goyzueta Camacho, G. (2017). Determinación interactiva de metales totales en las aguas de la bahía interior del lago Titicaca (Puno, Perú). *Revista De Investigaciones Altoandinas*, 19(2), 125–134.
<https://doi.org/10.18271/ria.2017.27>

Loza Del Carpio, A. L., & Ccancapa Salcedo, Y. (2020). Mercury in a high altitude andes stream with strong impact by artisanal aurifer mining (La rinconada, puno, Peru). *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 36(1), 33–44.
<https://doi.org/10.20937/RICA.2020.36.53317>

Rahman, M. S., Ahmed, Z., Seefat, S. M., Alam, R., Islam, A. R. M. T., Choudhury, T. R., Begum, B. A., & Idris, A. M. (2022). Assessment of heavy metal contamination in sediment at the newly established tannery industrial Estate in Bangladesh: A case study. *Environmental Chemistry and Ecotoxicology*, 4, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.enceco.2021.10.001>

Uluturhan, E., Kontas, A., & Can, E. (2011). Sediment concentrations of heavy metals in the Homa Lagoon (Eastern Aegean Sea): Assessment of contamination and ecological risks. *Marine Pollution Bulletin*, 62(9), 1989–1997.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.06.019>

Zhou, Q., Zhang, J., Fu, J., Shi, J., & Jiang, G. (2008). Biomonitoring: An appealing tool for assessment of metal pollution in the aquatic ecosystem. *Analytica Chimica Acta*, 606(2), 135–150. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2007.11.018>

XI. Uso de los resultados y contribuciones del proyecto (Señalar el posible uso de los resultados y la contribución de los mismos)

Lo resultados serán utilizados para evaluar los riesgos ecológicos que podrían ser un problema para la Bahía Interior de Puno Lago Titicaca en un futuro, y la contribución será dar a conocer el grado de contaminación por metales pesados en los sedimentos superficiales de la Bahía Interior de Puno, pudiendo ser utilizados por las instituciones pertinentes para plantear políticas de manejo eficaz para el seguimiento adecuado de los metales pesados contaminantes.

XII. Impactos esperados

i. Impactos en Ciencia y Tecnología.

Generación de resultados del riesgo ecológico y grado de contaminación por metales pesados de la Bahía Interior de Puno, Lago Titicaca. Perú.

ii. Impactos económicos.

Generar resultados sobre el grado de contaminación y riesgo ecológico de la Bahía Interior de Puno, Lago Titicaca para ahorrar recursos económicos al realizar la limpieza o descontaminación de la misma.

iii. Impactos sociales.

Obtener datos reales del grado de contaminación y riesgo ecológico por metales pesados en sedimentos superficiales de la Bahía Interior de Puno, lo cual permitirá alertar a las instituciones pertinentes sobre el grado de toxicidad, que causan efectos en la biota e indirectamente en la salud del poblador puneño.

iv. Impactos ambientales.

Los resultados alcanzados en este estudio permitirán utilizarse como evidencia para plantear políticas más estrictas en gestión de la contaminación ambiental por metales pesados en la Bahía Interior de Puno, y la metodología empleada podría ser aplicada para otros cuerpos de agua de la región.

XIII. Recursos necesarios (Infraestructura, equipos y principales tecnologías en uso relacionadas con la temática del proyecto, señale medios y recursos para realizar el proyecto)

Infraestructura:

Laboratorio de Investigación de la Facultad de Ingeniería Química de la UNA Puno.
Laboratorio de Control de calidad de la Facultad de Ingeniería Química de la UNA Puno.
Laboratorio acreditado por INACAL.

Equipos:

Multiparámetro.
GPS.
Espectrofotómetro de Absorción Atómica.
Draga tipo Eckman.
Kit de muestreo.

Recursos humanos:

05 investigadores.
01 estadístico.
03 asistentes de investigación.

XIV. Localización del proyecto (indicar donde se llevará a cabo el proyecto)

El área de estudio está ubicada en la Bahía Interior de Puno, a 3810 m.s.n.m., geográficamente se encuentra ubicada entre las coordenadas 15°48'57" y 15°51'35" de latitud sur; 69°57'13" y 70°01'15" de latitud oeste, es un espejo de agua de forma elíptica, mide 2,4 km de ancho desde la Isla Esteves hasta la Isla Espinar y una longitud de 3,5 km desde el Puerto de Puno hasta la boca del canal hacia Chimú. La profundidad máxima es de 8 m y la profundidad promedio es de 2,4 m, con una extensión de 17,3 km², representando el 21 % del área total del Lago Titicaca.

XV. Cronograma de actividades

Actividad	MESES DEL 2023												
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1. Elaboración del proyecto de investigación	X												
2. Revisión bibliográfica	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3. Planificación de la ejecución del proyecto de investigación		X											
4. Ejecución de la investigación			X	X	X	X	X	X					
5. Análisis de los resultados					X	X	X	X	X				
6. Redacción del artículo de investigación y envío para aceptación y publicación en revista indexada.			X	X	X	X	X	X	X	X			
7. Informe final											X	X	

XVI. Presupuesto

Descripción	Unidad de medida	Costo Unitario (S/.)	Cantidad	Costo total (S/.)
Alquiler de movilidad (lancha)		400,00	2	800,00
Alquiler de draga		100,00	2	200,00
Alquiler de equipos de análisis in situ		2000,00	2	4000,00
Análisis de muestras de sedimentos	Muestra	300,00	36	10800,00
Análisis de mercurio	Muestra	200,00	36	7200,00
Asesoramiento en análisis estadístico		1000,00	1	1000,00
Material de escritorio				500,00
Internet				500,00
Imprevistos				2000,00
Total				27000,00