



UNAP



**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
FACULTAD PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA**

TESIS

**DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE METALES PESADOS DE LA
CUENCA RÍO NANAY DEL TRAMO PUCA URCO-ALVARENGA IMPACTADO
POR ACTIVIDAD MINERA 2024**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO QUÍMICO**

PRESENTADO POR:

PERSEOS OSWALDO ARANA GARCÍA

ASESORES:

Ing. VÍCTOR GARCÍA PÉREZ, Dr.

Ing. MARITZA ECHEVARRÍA ORDOÑEZ DE ARAUJO, Dra.

IQUITOS, PERÚ

2024

ACTA DE SUSTENTACIÓN



UNAP

**Facultad de Ingeniería Química
Unidad de Investigación**



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 013-CGT-FIQ-UNAP-2024

En Iquitos, en el auditorio de la Facultad de Ingeniería Química, a los 21 días del mes de JUNIO de 2024, a horas 11:00, se dio inicio a la sustentación pública de la Tesis titulada: **"DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE METALES PESADOS DE LA CUENCA RÍO NANAY DEL TRAMO PUCA URCO-ALVARENGA IMPACTADO POR ACTIVIDAD MINERA 2024"**, aprobado con Resolución Decanal N° 173-2024-FIQ-UNAP, presentado por el Bachiller: **Perseos Oswaldo Arana García**, para optar el título profesional de **Ingeniero Químico**, que otorga la Universidad de acuerdo Ley y Estatuto.


El jurado calificador y dictaminador designado mediante R. D. N° 157-2024-FIQ-UNAP está integrado por:


Ing. JUAN MANUEL ROJAS AMASIFÉN, Dr.	Presidente
Ing. ALCIDES ARMANDO DELGADO CÉSPEDES, Mgr.	Miembro
Ing. MATSEN ROLANDO GARCÍA NAVARRO, Mtro.	Miembro

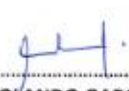
Luego de haber escuchado con atención y formulado las preguntas necesarias, las cuales fueron respondidas: SATISFACTORIAHENTE.


El jurado después de las deliberaciones correspondientes, llegó a las siguientes conclusiones:


La sustentación pública y la tesis ha sido: APROBADA con la calificación BUENA, estando el bachiller apto para obtener el Título Profesional de Ingeniero Químico, Siendo las 11:55 AM se dio por terminado el acto de SUSTENTACION.


Ing. JUAN MANUEL ROJAS AMASIFÉN, Dr.
Presidente de Jurado


Ing. ALCIDES ARMANDO DELGADO CÉSPEDES, Mgr.
Miembro


Ing. MATSEN ROLANDO GARCÍA NAVARRO, Mtro.
Miembro


Ing. VÍCTOR GARCÍA PÉREZ, Dr.
Asesor


Ing. MARITZA ECHEVARRÍA ORDOÑEZ de ARAUJO, Dra.
Asesor

UNIVERSIDAD

FIRMA DE JURADOS

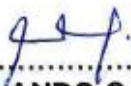
JURADO Y ASESOR



.....
Ing. JUAN MANUEL ROJAS AMASIFÉN, Dr.
Presidente de Jurado



.....
Ing. ALCIDES ARMANDO DELGADO CÉSPEDES, Mgr.
Miembro



.....
Ing. MATSEN ROLANDO GARCÍA NAVARRO, Mtro.
Miembro



.....
Ing. VÍCTOR GARCÍA PÉREZ, Dr.
Asesor



.....
Ing. MARITZA ECHEVARRIA ORDOÑEZ de ARAUJO, Dra.
Asesor

RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD

Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

FIQ_TESIS_ARANA GARCIA.pdf

AUTOR

PERSEOS OSWALDO ARANA GARCIA

RECuento de palabras

9973 Words

RECuento de caracteres

52183 Characters

RECuento de páginas

67 Pages

Tamaño del archivo

3.2MB

Fecha de entrega

Jul 14, 2024 6:52 PM GMT-5

Fecha del informe

Jul 14, 2024 6:55 PM GMT-5

● 29% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 26% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 19% Base de datos de trabajos entregados
- 8% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

Resumen

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia, por su apoyo incondicional y su constante inspiración. A mis profesores, por su guía y enseñanzas. Y a todas las personas que me brindaron su ayuda y motivación a lo largo de este camino académico.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que contribuyeron de alguna manera a la realización de este trabajo. A mis asesores de tesis, por su orientación, paciencia y sabios consejos a lo largo de todo el proceso. A mis compañeros de estudio, por compartir sus conocimientos y experiencias. A mi familia y seres queridos, por su constante apoyo y comprensión. A mis amigos, por su ánimo y palabras de aliento en los momentos difíciles. A mi querida facultad y personas que de alguna manera colaboraron con esta investigación, ¡gracias de corazón!

ÍNDICE

Portada	i
Acta de sustentación	ii
Firma de jurados	iii
Resultado del informe de similitud	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice	vii
Índice de tablas	ix
Índice de figuras	x
Resumen	xi
Abstract	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	4
1.1. Antecedentes.	4
1.2. Bases teóricas.	8
1.3. Definición de términos básicos.	24
CAPITULO II: VARIABLES E HIPÓTESIS	26
2.1. Formulación de la hipótesis.	26
2.2. Variables y Operacionalización.	27
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	28
3.1. Diseño Metodológico.	28
3.2. Diseño muestral.	28
3.3. Procedimientos, técnicas e instrumentos de recolección de datos.	29

3.3.1. Recolección de las muestras de agua.	29
3.3.2. Análisis para la determinación de los metales pesados.	29
3.4. Procesamiento y análisis de la información.	30
3.5. Aspectos Éticos.	30
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	31
CAPITULO V: DISCUSIÓN	36
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES	38
CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES	39
CAPÍTULO VIII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
ANEXOS	
Anexo 1. Matriz de consistencia.	
Anexo 2. Procedimiento para la toma de muestra, tomado del Protocolo de Monitoreo de la Calidad Sanitaria de los Recursos Hídricos Superficiales.	
Anexo 3. Determinación de Hierro. (Método HACH 8008)	
Anexo 4. Determinación de Manganeso. (Método HACH 8149)	
Anexo 5. Determinación de Mercurio. (Método HACH 10065)	
Anexo 6. Descripción del equipo utilizado para los análisis.	
Anexo 7. Tramo Puca Urco-Alvarenga	
Anexo 8. Imágenes de la geolocalización de los puntos de muestreo.	
Anexo 9. Fotografías de la toma de muestra	
Anexo 10. Draga	
Anexo 11. Vuelo de reconocimiento realizado por la FEMA	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Efectos a la salud de algunos metales.	16
Tabla 2. Límites máximos permisibles de los metales evaluados.	30
Tabla 3. Resultados de metales pesados en el primer punto de muestreo.	31
Tabla 4. Resultados de metales pesados en el segundo punto de muestreo.	32
Tabla 5. Resultados de metales pesados en el tercer punto de muestreo.	33
Tabla 6. Resultados de metales pesados en el cuarto punto de muestreo.	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Dragas destruidas en el río Nanay durante el 2023	11
Figura 2. Concentración de metales obtenidos en el primer punto.	31
Figura 3. Concentración de metales obtenidos en el segundo punto.	32
Figura 4. Concentración de metales obtenidos en el tercer punto.	33
Figura 5. Concentración de metales obtenidos en el cuarto punto.	34
Figura 6. Comparación de metales pesados en el tramo Puca Urco-Alvarenga.	35

RESUMEN

El presente trabajo aborda la presencia de metales pesados en la cuenca de río nanay del tramo Puca Urco-Alvarenga que han sido impactados por actividad minera. Las muestras de agua se recolectaron en 4 puntos, donde los cuales anteriormente existía actividad minera. La investigación por su naturaleza es del tipo cuantitativo y por sus niveles es descriptivo transversal

Las muestras previamente recolectadas, siguiendo el protocolo, se trasladaron al laboratorio para ser evaluados aplicando los métodos HACH. La cantidad de muestra tomada fue de un litro.

Los resultados indican que las concentraciones de hierro, manganeso y mercurio en los puntos de muestreo del tramo Puca Urco-Alvarenga del río Nanay no superan los límites máximos permisibles establecidos por el DS N°004-2017-MINAM para agua. Los LMP son: para el hierro 1mg/L, para el manganeso 0.4mg/L y para el mercurio 0.001mg/L. Y los promedios de los analices realizados se encuentran en: para el hierro entre 0.23mg/L y 0.8mg/L; para el manganeso 0.13mg/L y 0.37mg/L; para el mercurio entre 0mg/L y 0.001mg/L.

En conclusión, a pesar de la actividad minera y la presencia de partículas en suspensión, el agua del río se encuentra dentro de los estándares de calidad ambiental y puede considerarse apta para diversos usos.

Palabras clave: minería, metales pesados, cuenca del Nanay.

ABSTRACT

The present work addresses the presence of heavy metals in the nanay river basin of the Puca Urco-Alvarenga section that have been impacted by mining activity. Water samples were collected at four points where mining activity had previously existed. The research is quantitative in nature and descriptive cross-sectional in its levels.

The previously collected samples, following the protocol, were taken to the laboratory to be evaluated using HACH methods. The amount of sample taken was one litre.

The results indicate that the concentrations of iron, manganese and mercury in the sampling points of the Puca Urco-Alvarenga section of the Nanay River do not exceed the maximum permissible limits established by the DS N°004-2017-MINAM for water. The MPLs are: for iron 1mg/L, for manganese 0.4mg/L and for mercury 0.001mg/L. And the averages of the analyses carried out are: for iron between 0.23mg/L and 0.8mg/L; for manganese between 0.13mg/L and 0.37mg/L; for mercury between 0mg/L and 0.001mg/L.

In conclusion, despite the mining activity and the presence of suspended particles, the river water is within the environmental quality standards and can be considered suitable for various uses.

Keywords: mining, heavy metals, Nanay basin.

INTRODUCCIÓN

La actividad minera en la Amazonía peruana es un tema de gran relevancia y controversia, que encapsula una compleja intersección entre desarrollo económico, conservación ambiental y derechos indígenas. La región, conocida por su exuberante biodiversidad y ecosistemas únicos, alberga una abundante cantidad de recursos minerales, desde oro y plata hasta cobre y petróleo. La cuenca del río Nanay en la Amazonía peruana ha sido impactada por la actividad minera, especialmente en el tramo Puca Urco-Alvarenga. Esto ha generado la contaminación por metales pesados en el agua, sedimentos y peces de la cuenca. Es necesario determinar el contenido de estos metales para evaluar el grado de impacto ambiental y tomar medidas de remediación.

La determinación del contenido de metales pesados en sedimentos superficiales es fundamental para evaluar el impacto ambiental y la calidad del agua en cuerpos de agua. La cuenca del río Nanay en la Amazonía peruana ha sido impactada por la actividad minera, especialmente en el tramo Puca Urco-Alvarenga y, la existencia de metales pesados en el agua supone una amenaza para la sociedad, ya que las personas están expuestas principalmente a estos elementos a través del consumo de agua. Sin embargo, solo una pequeña cantidad de estos metales pueden acumularse en el cuerpo.

La presencia de metales pesados en los ríos amazónicos es un problema ambiental significativo que resulta principalmente de la actividad minera, tanto legal como ilegal, así como de otras actividades industriales. Estos metales, que incluyen mercurio, plomo, cadmio y arsénico, entre otros, son liberados al

medio ambiente durante el proceso de extracción y procesamiento de minerales.

El mercurio es particularmente preocupante debido a su amplia utilización en la minería de oro artesanal e ilegal. Se utiliza para separar el oro de otros minerales en una técnica conocida como amalgamación, pero gran parte de este mercurio termina siendo liberado en los ríos y cursos de agua circundantes.

Una vez en el medio acuático, los microorganismos convierten el mercurio en metilmercurio, una forma altamente tóxica que se acumula en los organismos acuáticos y se bioacumula a lo largo de la cadena alimentaria, representando un riesgo para la salud humana y la vida silvestre.

Los efectos de la contaminación por metales pesados en los ríos amazónicos son diversos y graves. Pueden afectar la salud humana, causando problemas neurológicos, reproductivos y otros trastornos. Además, pueden tener impactos devastadores en la biodiversidad acuática, alterando los ecosistemas acuáticos y amenazando la supervivencia de especies nativas. Esta contaminación también puede tener efectos a largo plazo en la calidad del agua y en la capacidad de los ecosistemas para mantenerse saludables y funcionales.

La presencia de metales pesados en los ríos amazónicos es un desafío ambiental que requiere una atención urgente y medidas de mitigación efectivas para proteger la salud humana, la biodiversidad y la integridad de los ecosistemas acuáticos en esta región crítica del mundo.

En el presente estudio, nos enfocamos en determinar la presencia de hierro, manganeso y mercurio en la cuenca del río nanay en el tramo Puca Urco-Alvarenga impactados por la minería ilegal. Con esto se busca contribuir con información actualizada a la comunidad.

Para ello, la estructura general del trabajo se planteó de la siguiente forma: el Capítulo I, describe los fundamentos teóricos de la investigación, abarcando aspectos relacionados a los metales pesados. En el Capítulo II, se especifican las variables de estudio y su operacionalización. El Capítulo III aborda la metodología aplicada, el diseño experimental empleado y tratamiento de datos. Seguidamente en el Capítulo IV, se muestran los resultados obtenidos de cada ensayo de la reacción de transesterificación y el análisis estadístico. Por último, se presentan las discusiones de los resultados, las conclusiones, recomendaciones, y finalmente las referencias bibliográficas referenciadas.

CAPITULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes.

En 1992, En este informe se presentan los hallazgos de los análisis químicos realizados en 26 especies de peces destinados al consumo humano, de las cuales 19 son especialmente **demandadas** en la ciudad de Iquitos. Se examinaron cuatro metales pesados que tienden a acumularse en los tejidos biológicos: mercurio, cadmio, plomo y cobre. Se recolectaron muestras de especies procedentes de tres ríos distintos: Nanay, Ucayali y Amazonas. En general, las concentraciones encontradas están por debajo de los límites establecidos a nivel internacional para el pescado y productos pesqueros, con la excepción del “Dorado” (*Brachyplatistoma flavicans*). (Pezo D. et al. 1992)

En 2005, en el río Nanay, afluente del Amazonas, se observó un incremento significativo en las concentraciones de mercurio en el agua y los sedimentos del lecho entre los años 2000 y 2001. Estas concentraciones han superado los límites permitidos para áreas de pesca y conservación en Perú. Aunque los sedimentos mantienen niveles dentro de los estándares de la EPA, se ha identificado que parte del mercurio en el agua proviene de la actividad de extracción de oro aluvial, planteando así preocupaciones ambientales y de salud pública. (Maco García et al. 2005)

En 2017, el estudio realizó una revisión histórica de la zona minera más antigua y significativa del Ecuador, abarcando desde la época precolombina hasta la actualidad. Se recopilaron datos sobre las concentraciones de metales pesados no esenciales (Hg, Pb, As, Mg, Zn, Cd) en los cantones Zaruma y Portovelo, provincia de El Oro. Los resultados indican que los lugares afectados por estos metales van desde los nacimientos de los ríos

Calera, Amarillo y Pindo hasta el río Puyango, donde se registran las concentraciones más bajas, excepto para el Manganeseo debido a la presencia mineralógica del bosque petrificado de Puyango. Los datos del FONSAD, obtenidos del material procesado de los relaves de molienda y colas de cianuración en 2004, mostraron que las concentraciones de plomo y arsénico superaban los valores límite de referencia para estos metales en los suelos. Otros estudios en pobladores demostraron que la mayoría de las personas en las poblaciones cercanas al río Puyango presentaban niveles pequeños de Hg y Pb en su organismo, detectados a través de muestras biológicas (sangre, orina y cabello). (Oviedo-Anchundia et al. 2017)

En 2020, el estudio se llevó a cabo en Ghana, evaluando la presencia de metales pesados como arsénico (As), mercurio (Hg), cadmio (Cd) y plomo (Pb) en los ríos Para y Ankobrah. La contaminación de estos cuerpos de agua, causada por actividades humanas como la extracción de oro artesanal, ha generado preocupación por la seguridad del consumo de peces y la escasez de agua potable tratada. Se utilizaron muestras de agua y peces de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) y mudfish (*Clarias anguillaris*) para determinar las concentraciones de estos metales mediante espectrofotometría de absorción atómica (AAS). Las concentraciones de cadmio, plomo, arsénico y mercurio en el agua variaron en rangos específicos, mientras que, en los peces, especialmente el mercurio, se observaron valores significativamente altos. En general, las concentraciones de metales tóxicos en los ríos siguieron el orden de Hg > Pb > Cd > As. (Kortei et al. 2020)

En 2021, un estudio evaluó la contaminación por metales pesados en el río Cuchipamba, en El Ideal, Gualaquiza, Morona Santiago, mediante análisis fisicoquímicos. Se empleó un enfoque cuali-cuantitativo, combinando datos de campo y revisión bibliográfica. Se identificaron cuatro puntos de muestreo y se realizaron análisis de arsénico, mercurio y plomo. Los resultados se compararon con los límites legales ecuatorianos y se generaron mapas de contaminación. Se encontró contaminación por plomo en el PM-04 durante noviembre, diciembre y enero, superando los límites permitidos. Se sugiere investigar el Índice de calidad de agua y los macroinvertebrados para una evaluación más completa. (Brito Tucto et al. 2022)

En 2021. El estudio tuvo como objetivo identificar las fuentes y niveles de metales en sedimentos del agua en la microcuenca del río Huancaray, en la región Apurímac (Perú), durante las épocas de secas y lluvias de 2018 y 2019. Se utilizó la técnica de análisis por fluorescencia de rayos X (FRX) para detectar elementos como K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Nb y Ba. Se destacó la presencia de Zn, Cr, Cu, Pb, Ni y As como elementos críticos en cada punto de la microcuenca, con concentraciones superiores a los límites permisibles. No se observaron diferencias significativas entre los periodos de lluvia y seca. Las principales fuentes de contaminación identificadas fueron los centros poblados, prácticas agrícolas, minería ilegal y fuentes naturales. (Correa Cuba et al. 2021)

En 2021. El estudio tuvo como objetivo evaluar la concentración de metales pesados en el río Suches en Cojata, Puno, Perú. Se recolectaron muestras de agua y sedimentos para cuantificar As, Cd, Cr, Pb, Cu y Hg mediante espectrofotometría de masas con plasma inductivo acoplado (ICP-MS). Las concentraciones de As (11.52 mg kg⁻¹) y Cd (1.14 mg kg⁻¹) en las muestras de sedimentos superan los límites recomendados por la ISQG de Canadá, posiblemente debido a las actividades mineras y la composición mineralógica local. Se sugiere la necesidad de formalizar las actividades mineras y mejorar las normativas ambientales nacionales. (Salas-Ávila et al. 2021)

En 2020. El Perú es un país con una importante actividad minera que exporta minerales como oro, plata y cobre a nivel internacional. Aunque las leyes peruanas permiten la minería legal, los trámites burocráticos desaniman a muchos y fomentan la minería ilegal, especialmente en la Amazonía peruana. La minería ilegal aurífera en Madre de Dios ha afectado áreas protegidas, causando deforestación, alteración del cauce de los ríos, contaminación por mercurio y daños a la salud. A pesar de los controles, la minería ilegal sigue siendo un problema, con un aumento de precios en la región. Los esfuerzos del Estado desde 2011 no han reducido la ilegalidad, como lo demuestra la continua deforestación en Madre de Dios y la contaminación por mercurio en los peces ha llevado a la prohibición de su extracción y comercialización por parte del Organismo Nacional de Sanidad Pesquera. (Velásquez Zapata 2020)

1.2. Bases teóricas.

1.2.1. El Nanay.

La cuenca del Río Nanay se encuentra ubicada en la región amazónica del noreste del Perú, caracterizada por una biodiversidad única y una densa cobertura vegetal. Esta región alberga una gran cantidad de recursos naturales, incluyendo importantes yacimientos minerales, lo que ha generado interés en actividades extractivas como la minería. La cuenca del Río Nanay abarca una extensa área que incluye ecosistemas acuáticos y terrestres interconectados, los cuales son fundamentales para la estabilidad ambiental y el sustento de las comunidades locales.

Esta cuenca se encuentra en una característica geológica única en la Amazonía del norte de Perú, conocida por los geólogos como “El Arco de Iquitos”. Este fenómeno es un pliegue de la corteza terrestre que está relacionado con la formación de los Andes, la cual se debe al choque entre las placas tectónicas de Nazca y Sudamérica. (Pitman et al. 2014)

La cuenca del Nanay destaca por ser posiblemente la única que podría ser clasificada como igapó en la Amazonía peruana. Además, su cauce es bastante reducido, con un promedio de solo 100 metros de ancho en la cuenca media y alta, y un caudal promedio de 100 m³/s. Esto da lugar a un curso de agua baja dinámica, de mínima erosión y transporte de sedimentos, lo que lo hace un ecosistema sumamente delicado y susceptible a cualquier cambio. Por esta razón, es especialmente inadecuada para operaciones mineras de oro que remuevan sedimentos del río, ya que estas actividades liberarían

sustancias tóxicas de los sedimentos y añadirían mercurio debido al proceso de amalgamación del oro. (Álvarez 2007)

Debido a que estratégicamente se ubica en la Ecorregión Bosques Húmedos del Napo y por su diversidad y la singularidad de sus ecosistemas, la cuenca del Nanay alberga una biodiversidad extraordinaria. Sus bosques han registrado récords mundiales de especies de reptiles, anfibios y plantas en una sola localidad, superando incluso los famosos registros de Manu y Tambopata.

La cuenca es hogar de numerosas especies únicas en el mundo, incluidas aves endémicas como la Perlita de Iquitos (*Polioptila clementsii*). Esta especie se encuentra exclusivamente en los varillales de la Reserva Nacional Allpahuayo-Mishana, ubicada en la parte baja del río Nanay. Además, está el recién identificado tocón de Aquino (*Cheracebus aquinoi*), el cual solo habita en los varillales de esta cuenca. En estas aguas, habitan varios tipos de peces con una distribución poco común y restringida, especialmente del género *Apistogramma*. Los científicos sugieren que aún quedan muchas especies por describir en este género. (Álvarez 2007)

1.2.2. La minería ilegal en la cuenca del nanay.

La actividad minera en esta zona comenzó en el año 2000. Sin embargo, desde el inicio de la pandemia, la cantidad de dragas que extraen el lecho del río en busca de oro se ha multiplicado. Estas dragas utilizan sustancias altamente tóxicas, como el mercurio, en el proceso de extracción. Aunque inicialmente las comunidades locales se oponían a la minería, con el tiempo cedieron a cambio de ciertos beneficios asociados con el negocio del oro. El comercio aumentó y un número creciente de familias comenzó a tener un ingreso fijo. (Hurtado y Berríos 2023)

La cuenca del río Nanay, uno de los afluentes principales del río Amazonas y una fuente crucial de agua potable para la ciudad de Iquitos, se ha transformado en el epicentro de la extracción ilegal de oro. Diariamente, una draga puede extraer entre 80 gramos y 120 gramos de oro con una pureza de 24 quilates. Actualmente, S/200 es el precio por cada gramo de este metal en Iquitos, lo que implica que cada operador puede generar diariamente S/16,000, alcanzando casi medio millón de soles mensuales. Una fracción del mineral extraído, alrededor de 20gr al mes, se entrega a la comunidad indígena o campesina como compensación por permitir la actividad en su territorio. (Hurtado y Berríos 2023)

Las dragas empleadas en la extracción de oro contaminan el agua de dos maneras principales. Por un lado, al remover grandes cantidades de sedimentos del lecho del río diariamente, liberan metales pesados acumulados durante milenios. Por otro lado, el mercurio utilizado en el proceso artesanal de amalgamación del oro presente en los concentrados también contribuye a la contaminación. Según varios estudios, se utilizan más

de tres kilogramos de mercurio (para amalgamación) por cada kilogramo de oro extraído.

Entre el periodo comprendido entre 2021 y julio de 2023, en el río Nanay se identificaron un total de 122 dragas, según consta en un informe del Proyecto Monitoreo de la Amazonía Andina (MAAP), realizado por Amazon Conservation y la Asociación para la Conservación de la Cuenca Amazónica (ACCA). Este río se destaca como el más impactado por la actividad minera en comparación con otros 10 ríos analizados en Loreto.

Entre febrero y agosto de 2023, se destruyeron 33 dragas en 10 operativos realizados a lo largo del río Nanay (Loreto), según informes de la Fiscalía Especializada en Materia Ambiental y la Marina.

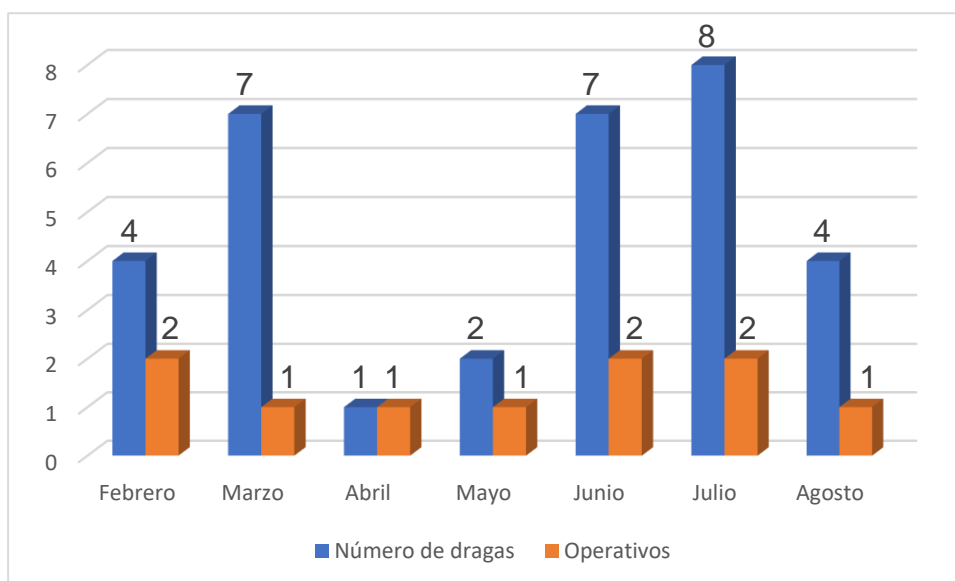


Figura 1. Dragas destruidas en el río Nanay durante el 2023

Fuente: Fiscalía de Materia Ambiental y Marina de Guerra

Del 23 al 28 de julio del presente 2023, la Jefatura del Distrito de Capitanías 5 y la Unidad de Control Fluvial UCF-251 "Río Inambari" llevaron a cabo una operación de patrullaje y control fluvial en la cuenca del río Nanay, en el tramo comprendido entre Puca Urco y Alvarenga. Durante esta operación, destruyeron 8 dragas que estaban equipadas con materiales y equipos utilizados para la minería ilegal.

El objetivo principal de esta operación fue combatir las actividades ilícitas de extracción de minerales auríferos en la zona. Para ello, se contó con la participación de representantes de la Fiscalía Especializada en Materia Ambiental (FEMA), quienes ordenaron la destrucción de las dragas, en cumplimiento del Decreto Legislativo N° 1100, que regula la interdicción de la minería ilegal en todo el país y establece medidas complementarias. Cabe recalcar que el FEMA, constantemente realiza vuelos de reconocimiento en la cuenca del río Nanay. En el **Anexo 11** se observan imágenes de los reconocimientos que realiza la fiscalía especializada.

1.2.3. Los metales pesados y su peligro.

Los metales pesados son elementos químicos con un número atómico mayor a 20 y una densidad superior a 5 g/cm³. Estos metales incluyen arsénico, cadmio, cromo, cobre, mercurio, níquel, plomo y zinc. Son esenciales para la vida en pequeñas cantidades, pero pueden ser tóxicos en niveles elevados. (ATSDR 2021)

El mercurio elemental que es vertido al río por las numerosas dragas que operan ilegalmente durante años en la cuenca alta del Nanay experimenta un proceso conocido como “metilación” u “organificación” en el agua. Esto implica la conversión en monometilmercurio, una forma mucho más tóxica y cien veces más soluble en tejidos grasos de los seres vivos que el mercurio inorgánico. Además, cabe destacar que este tipo de mercurio se elimina mucho más lentamente, con una tasa de menos del 3 % al año.

Como señalan Álvarez et al. (2011), el mercurio metálico puede ingresar a la cadena alimentaria y, eventualmente, al organismo humano mediante un proceso llamado metilación. Este proceso implica la generación de un compuesto orgánico, conocido como metilmercurio (CH_3Hg^+), el cual es soluble en grasas y cien veces más soluble en tejidos grasos que el mercurio inorgánico. Estos compuestos son altamente tóxicos, ya que pueden atravesar fácilmente las membranas biológicas, incluida la piel, lo que garantiza su incorporación en la cadena alimentaria. Además del mercurio, otros metales como el cromo (Cr), plomo (Pb) y el arsénico (As), que también están presentes en los suelos y sedimentos de los ríos amazónicos, son susceptibles a la metilación y se liberan al agua durante la extracción del metal precioso. El proceso se ve acentuado en aguas con características limnológicas similares a las del Nanay, que presentan un pH ácido (<6.5) y una baja conductividad.

Una vez que el monometilmercurio entra en la cadena alimentaria a través del plancton, llega a los peces y, posteriormente, al ser humano mediante un proceso llamado “biomagnificación”. Este proceso implica que la concentración de monometilmercurio aumenta en los niveles tróficos más altos, ya que estos depredadores acumulan todo el metal presente en los niveles tróficos inferiores. Además, una vez dentro de un organismo vivo, el monometilmercurio es muy difícil de eliminar, lo que provoca que sus niveles aumenten progresivamente y se acumulen en los tejidos a lo largo de la vida del organismo, un fenómeno conocido como “bioacumulación”. (Álvarez et al. 2011)

En la región de Loreto, los peces depredadores como el zúngaro, tucunaré, fasaco y dondella son los más consumidos por la población y también los que acumulan la mayor cantidad de mercurio. El consumo promedio de pescado en las áreas rurales de Loreto se encuentra entre los más altos a nivel mundial, llegando en algunas cuencas a superar los 150 o 200 kg por persona al año. Por ejemplo, en las comunidades indígenas del río Apayacu, el consumo alcanza los 157 kg por persona al año, mientras que en el río Ampiyacu varía entre 107 y 143 kg por persona al año en la comunidad nativa de Pucaurquillo, y llega hasta los 253 kg por persona al año en la comunidad nativa de Tierra Firme. Esto explica la gran vulnerabilidad de las poblaciones indígenas loretananas a la contaminación de sus ríos con mercurio y otros metales pesados.

También es importante considerar que el mercurio liberado en forma gaseosa durante la amalgamación del oro puede oxidarse en pocos días debido a la alta humedad relativa en la selva baja peruana. Este mercurio oxidado (Hg^{2+}) es devuelto al bosque con la lluvia. Los suelos de las zonas aledañas al Nanay, al igual que el río, tienen un pH bajo y baja conductividad, lo que facilita la rápida metilación del mercurio elemental. Parte del monometilmercurio resultante ingresa en la cadena trófica terrestre, mientras que otra parte es arrastrada hacia los arroyos y el río, incorporándose así en la cadena trófica acuática.

Un estudio llevado a cabo en Madre de Dios por Shrum (2009) reveló que el mercurio está tan difundido en esta región que se detecta en niveles elevados incluso en aves rapaces terrestres que no consumen recursos hidrobiológicos. En ciertas condiciones, las raíces de las plantas también pueden acumular mercurio, lo que hace que el cultivo y consumo de plantas como la yuca, el camote y la sachapapa sea peligroso.

La exposición a metales pesados representa un riesgo significativo para la salud humana, ya que estos elementos pueden desencadenar diversas afecciones y enfermedades. Algunos de los efectos adversos de los metales pesados en el cuerpo humano se pueden ver en la Tabla 1.

Tabla 1. Efectos a la salud de algunos metales.

METAL	ALGUNOS EFECTOS
MERCURIO	Autismo. Depresión. Problemas del aparato respiratorio
CADMIO	Cáncer de próstata. Bronquitis. Infertilidad. Otras enfermedades.
PLOMO	Graves efectos en diferentes órganos. Afecta el desarrollo y capacidad mental de los niños. Puede interferir con el calcio en el organismo.
ARSÉNICO	Intoxicación a través de agua potable contaminada. Puede provocar malestar general, fatiga, dolor de cabeza, entre otros síntomas. A largo plazo, puede causar cáncer de piel y otros efectos graves.
OTROS METALES PESADOS	Interacciones entre metales que pueden complicar enfermedades. Alteración de procesos bioquímicos y fisiológicos en el organismo. Riesgo de enfermedades crónicas como diabetes, enfermedades cardiovasculares y cáncer.

Fuente: Elaboración propia

1.2.4. Contaminación de metales pesados en cuencas hidrográficas.

Los metales pesados pueden ingresar a los ríos a través de diversas fuentes y vías, incluyendo actividades industriales como la minería, la fundición de metales, la agricultura intensiva, la fabricación de productos químicos, y la combustión de combustibles fósiles. Estos metales pueden ser liberados durante estas actividades, y pueden persistir en el medio ambiente durante períodos prolongados debido a su baja degradabilidad. Los metales pesados debido a su alta densidad y toxicidad, representan una seria amenaza para los ecosistemas acuáticos y la salud humana (Pabón et al. 2020). La actividad minera es una importante fuente de liberación de metales pesados en el medio ambiente, ya sea a través de procesos directos como la lixiviación de desechos mineros o indirectos como la sedimentación de partículas contaminadas en los cursos de agua. Entre los metales pesados más comunes encontrados en las cuencas hidrográficas afectadas por la minería se encuentran el mercurio, el plomo, el cadmio y el arsénico. (Novoa Villa et al. 2022)

Según un estudio publicado en Dialnet, la contaminación por metales pesados puede ser incrementado considerablemente debido a su amplio uso en la industria y productos agrícolas, lo que ha provocado un progresivo aumento en su producción. Sólo el 5% del metal es reciclado, lo que causa una importante contaminación ambiental debido a su notable movilidad. La población está expuesta al cadmio por diversas vías, incluyendo el agua. (Reyes et al. 2016)

La actividad minera es una de las principales fuentes de contaminación en las cuencas hidrográficas, especialmente en regiones de gran actividad extractiva como la Amazonía peruana. Los procesos de extracción, transporte y procesamiento de minerales pueden liberar una variedad de contaminantes al medio ambiente, incluyendo metales pesados. Estos contaminantes pueden tener efectos adversos en la calidad del agua, la biodiversidad acuática y la salud humana, afectando tanto a las comunidades locales como a los ecosistemas en su conjunto.

1.2.5. Consecuencias socioambientales.

La explotación de los recursos naturales, tanto del bosque como del río, constituye la actividad económica principal en la mayoría de las comunidades del Nanay. El impacto en la agricultura se debe a la escasez de nutrientes en los suelos de esta cuenca, lo que hace que la agricultura no sea rentable. Sin embargo, existen algunas comunidades en la margen izquierda de la cuenca baja y en su afluente, el río Momón, donde emergen sedimentos de la Formación Pebas, que tienen suelos un poco más fértiles, lo que permite una agricultura más significativa. (Álvarez 2007)

La mejor evidencia de que los suelos inundables del Nanay son pobres en nutrientes es que los agricultores locales, con su sabiduría, nunca siembran en ellos. Esto contrasta con aquellos que viven en las fértiles orillas de los ríos de aguas blancas. Asimismo, los campesinos tampoco cultivan en los varillales, ya que saben que es casi imposible producir yuca, plátano u otros cultivos básicos en esas áreas.

En la parte inferior de la cuenca, particularmente en Mishana y otras comunidades ubicadas dentro de la Reserva Nacional Allpahuayo-Mishana y su área de amortiguamiento, el turismo ha surgido como una fuente significativa de ingresos para numerosas familias. Si se lleva a cabo de manera adecuada, tiene la capacidad de transformarse en la principal fuente de ingresos para algunas comunidades de la cuenca, siempre y cuando sea sostenible, respetuoso con el medio ambiente y culturalmente relevante.

Además, es posible que la exposición a la contaminación por mercurio, plomo y otros metales pesados, tanto a través del consumo de agua contaminada como de otras fuentes, como las emisiones del tráfico urbano en Iquitos, esté contribuyendo a la aparición del "síndrome metabólico". Esta condición aumenta el riesgo de desarrollar obesidad, diabetes y enfermedades cardiovasculares.(Planchart et al. 2018)

La minería ilegal aurífera, no sólo pone en riesgo la seguridad alimenticia y la salud de la población, así mismo amenaza el futuro económico, ya que impacta negativamente en las actividades económicas principales de las comunidades.

1.2.6. Evaluación del Contenido de Metales Pesados en Cuencas Hidrográficas.

La determinación del contenido de metales pesados en cuencas hidrográficas impactadas por la actividad minera es crucial para comprender la magnitud de la contaminación y sus posibles efectos sobre el medio ambiente y la salud humana. Este proceso implica la recolección de muestras de agua, sedimentos y organismos acuáticos en diferentes puntos de la cuenca, seguida de análisis químicos para determinar las concentraciones de metales pesados presentes. Estos datos son fundamentales para la elaboración de estrategias de gestión y mitigación de la contaminación, así como para establecer estándares de calidad ambiental y protección de la salud pública.

1.2.7. Técnicas de Determinación de Metales Pesados en Aguas.

La determinación de metales pesados en aguas es un proceso crucial para evaluar la calidad del agua y prevenir riesgos para la salud pública y el medio ambiente. Existen varias técnicas analíticas utilizadas para llevar a cabo esta determinación, cada una con sus propias ventajas, limitaciones y aplicaciones específicas. A continuación, se describen algunas de las principales técnicas empleadas:

1.2.7.1. Espectroscopía de Absorción Atómica (AAS).

La AAS es una técnica comúnmente utilizada para la determinación de metales pesados en muestras de agua. Funciona midiendo la cantidad de radiación absorbida por los átomos de metal en una muestra. La absorción de radiación está relacionada con la concentración del metal presente en la muestra, lo que permite su cuantificación. La AAS es una técnica robusta y de bajo costo, aunque puede requerir una preparación de muestra cuidadosa y no es adecuada para analizar muestras con múltiples elementos simultáneamente.

1.2.7.2. Espectrometría de Emisión Atómica (AES).

La AES mide la emisión de radiación electromagnética por átomos excitados en una llama o plasma. Esta emisión está relacionada con la concentración de metales presentes en la muestra y se utiliza para su cuantificación. La AES puede ser más sensible que la AAS y puede analizar múltiples elementos simultáneamente. Sin embargo, puede ser más costosa y requerir equipos más especializados.

1.2.7.3. Espectrometría de Masas (MS).

La MS identifica y cuantifica metales pesados midiendo las masas de los iones formados en la muestra. Es una técnica altamente sensible y selectiva que puede detectar metales en

concentraciones extremadamente bajas. La MS se utiliza ampliamente en aplicaciones de investigación y análisis de muestras complejas. Sin embargo, puede ser costosa y requerir un alto nivel de experiencia para su operación y mantenimiento.

1.2.7.4. Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X (XRF).

La XRF utiliza la emisión de fluorescencia de rayos X inducida por radiación para determinar la composición elemental de una muestra. Es una técnica no destructiva que puede analizar muestras sólidas, líquidas y en polvo. La XRF es rápida, precisa y puede analizar múltiples elementos simultáneamente. Sin embargo, puede ser menos sensible que otras técnicas y puede requerir calibración para obtener resultados precisos.

1.2.7.5. Cromatografía de Gases (GC) y Cromatografía de Líquidos (HPLC) con Detector de Plasma Acoplado Inductivamente (ICP).

Estas técnicas combinan la separación cromatográfica de los metales en una muestra con la detección por ICP. Son especialmente útiles para analizar muestras complejas que contienen una variedad de elementos. La GC e HPLC pueden separar los metales en función de sus propiedades químicas, mientras que el ICP proporciona una detección altamente sensible y selectiva.

Cada una de estas técnicas tiene sus propias aplicaciones específicas y es importante seleccionar la más adecuada según los requisitos de la muestra, la sensibilidad requerida y los recursos disponibles. En muchos casos, se utilizan múltiples técnicas en combinación para obtener resultados más completos y precisos.

El estudio del contenido de metales pesados en la cuenca del Río Nanay, específicamente en el tramo Puca Urco-Alvarenga impactado por la actividad minera, reviste una gran importancia debido a la relevancia ambiental y social de esta región. La información obtenida a partir de esta investigación permitirá identificar los principales contaminantes presentes, evaluar sus posibles impactos sobre los ecosistemas acuáticos y las comunidades locales, y proponer medidas de prevención y mitigación de la contaminación. Además, servirá como base para el diseño de políticas y estrategias de gestión ambiental orientadas a proteger la integridad de la cuenca del Río Nanay y garantizar su uso sostenible a largo plazo.

1.3. Definición de términos básicos.

- 1) Metales Pesados: Elementos químicos de alta densidad que pueden ser tóxicos en concentraciones elevadas para los seres vivos y el medio ambiente. Ejemplos comunes incluyen el plomo, el mercurio y el cadmio.
- 2) Determinación de Metales Pesados: Proceso analítico utilizado para cuantificar la concentración de metales pesados en muestras de suelo, agua, sedimentos u otros medios ambientales. Puede involucrar técnicas como la espectroscopía, la cromatografía y la espectrometría de masas.
- 3) Cuenca del Río Nanay: Área geográfica delimitada por la topografía que drena hacia el río Nanay y sus afluentes. La cuenca del río Nanay puede abarcar múltiples regiones geográficas y ecosistemas.
- 4) Tramo Puca Urco-Alvarenga: Sección específica de la cuenca del río Nanay ubicada entre los puntos de referencia Puca Urco y Alvarenga. Esta área puede estar sujeta a impactos ambientales derivados de la actividad minera.
- 5) Actividad Minera: Conjunto de operaciones relacionadas con la extracción, procesamiento y transporte de minerales. Puede incluir minería a pequeña escala, minería artesanal o grandes operaciones mineras industriales.

- 6) Impacto Ambiental: Efecto negativo producido por una actividad humana sobre el medio ambiente, que puede manifestarse en cambios en la calidad del aire, agua, suelo, biodiversidad, entre otros aspectos.
- 7) Concentración: Cantidad de un determinado elemento o compuesto presente en una unidad de volumen, masa o peso de una muestra. En el contexto de la determinación de metales pesados, se refiere a la cantidad de metales presentes en una muestra ambiental.
- 8) Toxicidad: Capacidad de una sustancia para causar daño a los organismos vivos cuando se encuentran en concentraciones suficientemente altas. Los metales pesados pueden ser tóxicos para la flora, la fauna y los humanos.
- 9) Ecosistema Acuático: Sistema compuesto por organismos vivos y el entorno físico en un ambiente acuático, como ríos, lagos, arroyos y estuarios. Estos ecosistemas pueden ser afectados por la contaminación por metales pesados.
- 10) Monitoreo Ambiental: Proceso sistemático de seguimiento y evaluación de las condiciones ambientales a lo largo del tiempo. El monitoreo ambiental puede incluir la recolección y análisis periódico de muestras para determinar la calidad del agua, del suelo y del aire, entre otros parámetros.

CAPITULO II: VARIABLES E HIPOTESIS

2.1. Formulación de la hipótesis.

El contenido de metales pesados en la cuenca río nanay en el tramo Puca Urco-Alvarenga impactados por la minería ilegal estará muy por encima de los estándares de calidad presentes en la normativa vigente.

2.2. Variables y Operacionalización.

Variable	Definición	Tipo por su naturaleza	Indicador	Escala de medición	Categorías	Valores de las categorías	Medio de Verificación
Independiente Zona de muestreo	Área geográfica específica donde se lleva a cabo la recolección de muestras de agua, debido a su proximidad de la presencia de actividad minera.	Cualitativo	Zona de muestreo	-----	-----	-----	Cuaderno de apuntes de
Dependiente Contenido de metales pesados	Cantidad de elementos químicos de alta densidad, como el plomo, el mercurio, el cadmio y otros, presentes en la zona de estudio.	Cuantitativo	Contenido de metales pesados	Razón	mg/L	0.002-0.008	Cuaderno de apuntes

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Diseño Metodológico.

La investigación por su naturaleza es del tipo cuantitativo y por sus niveles es descriptivo transversal. Es cuantitativa porque mediremos la cantidad de metales pesados presentes en cada muestra de los distintos puntos de muestreo. Es descriptivo-transversal porque se pretende recolectar información referente a la calidad del agua de la cuenca del río Nanay del tramo Puca Urco-Alvarenga, durante la etapa de creciente.

3.2. Diseño muestral.

La población comprende los puntos de muestreo seleccionados a lo largo del tramo Puca Urco-Alvarenga que han sido afectados por la actividad minera previa. Constituyen una selección estratégica de 4 zonas de muestreo en varios lugares específicos dentro de la cuenca del Río Nanay, los cuales son clave para comprender la distribución y el grado de contaminación por metales pesados en el entorno fluvial.

La muestra consistirá en 1 litro de agua recolectada en los lugares seleccionados a lo largo de la cuenca del río Nanay en el tramo Puca Urco-Alvarenga, donde se ha verificado la presencia de actividad minera en el pasado. Esta cantidad de muestra se ha determinado como adecuada para capturar una representación significativa de la calidad del agua en cada ubicación específica.

3.3. Procedimientos, técnicas e instrumentos de recolección de datos.

3.3.1. Recolección de las muestras de agua.

Se recolectaron las muestras de agua, en envases de vidrio, previamente lavados y desinfectados, con una capacidad de 1L. El procedimiento fue realizado tal como se indica en el PROTOCOLO DE MONITOREO DE LA CALIDAD SANITARIA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES, dispuesto por el Ministerio de Salud, ver **Anexo 2.**

3.3.2. Análisis para la determinación de los metales pesados.

- ✓ Determinación de hierro.

La determinación de hierro en las muestras recolectadas se realizó mediante el método HACH 8008. Los detalles del procedimiento se describen en el **Anexo 3.**

- ✓ Determinación de manganeso.

Para determinar la presencia del metal en las muestras tomadas se empleó el método PAN. La descripción del método se encuentra en el **Anexo 4.**

- ✓ Determinación del mercurio.

El método utilizado para conocer la presencia de mercurio fue el HACH 10065, ver **Anexo 5.**

3.4. Procesamiento y análisis de la información.

Los resultados obtenidos serán representados mediante estadística descriptiva, usando tablas y gráficos. Y se evaluará una evaluación de medias mediante comparación con los estándares de calidad dispuestas en el DS N°004-2017-MINAM Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua.

En el siguiente cuadro se aprecia el método y los límites máximos permisibles.

Tabla 2. Límites máximos permisibles de los metales evaluados.

Metales evaluados	ECA-LMP	Unidad
Hierro	1	mg/L
Manganeso	0.40	mg/L
Mercurio	0.001	mg/L

3.5. Aspectos Éticos.

El trabajo no realizará experimentos con seres humanos ni animales, por lo que no se considera de importancia este punto. Los resultados obtenidos en el trabajo a realizar, serán de absoluta responsabilidad del autor, sometiéndome a las normas establecidas por la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

El estudio de metales pesados (hierro, manganeso y mercurio) se llevó a cabo en 4 puntos.

Tabla 3. Resultados de metales pesados en el primer punto de muestreo.

METAL ANALIZADO	Análisis N°1	Análisis N°2	Análisis N°3	PROMEDIO
HERRO (mg/L)	0.7	0.5	0.8	0.67
MANGANESO (mg/L)	0.3	0.2	0.2	0.23
MERCURIO (mg/L)	0.001	ND	0.0002	0.0004

En la Tabla 3 se aprecia los resultados del análisis de la concentración de metales pesados en el primer punto de muestreo, en donde el promedio de hierro es 0.67 mg/L, manganeso es 0.23 mg/L y mercurio es 0.0004 mg/L.

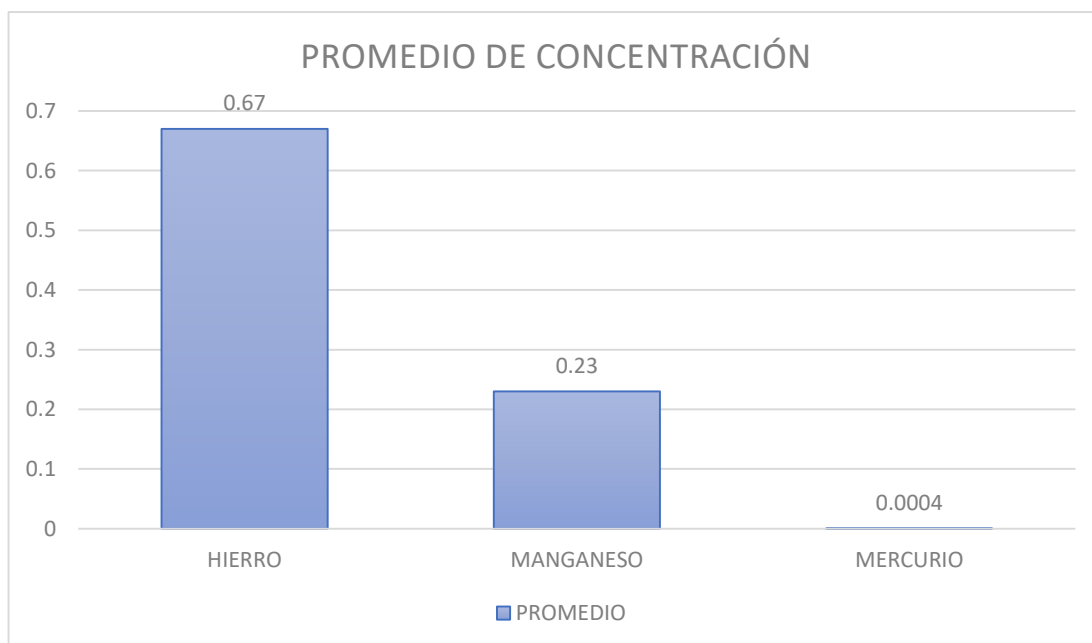


Figura 2. Concentración de metales obtenidos en el primer punto.

Tabla 4. Resultados de metales pesados en el segundo punto de muestreo.

	Análisis N°1	Análisis N°2	Análisis N°3	PROMEDIO
HERRO (mg/L)	0.7	0.9	0.8	0.8
MANGANESO (mg/L)	0.6	0.2	0.3	0.37
MERCURIO (mg/L)	0.002	ND	ND	0.001

En la Tabla 4 se aprecia los resultados del análisis de la concentración de metales pesados en el segundo punto de muestreo, en donde el promedio de hierro es 0.8 mg/L, manganeso es 0.37 mg/L y mercurio es 0.001 mg/L.

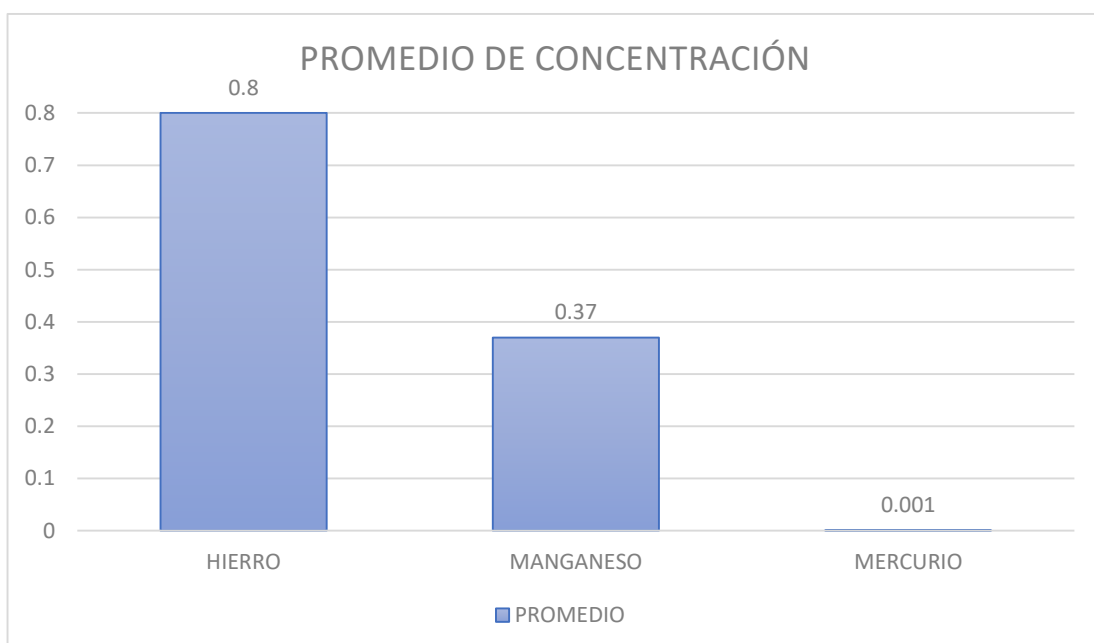


Figura 3. Concentración de metales obtenidos en el segundo punto.

Tabla 5. Resultados de metales pesados en el tercer punto de muestreo.

	Análisis N°1	Análisis N°2	Análisis N°3	PROMEDIO
HERRO (mg/L)	ND	0.5	0.3	0.26
MANGANESO (mg/L)	0.3	0.1	ND	0.13
MERCURIO (mg/L)	ND	ND	ND	0

En la Tabla 5 se aprecia los resultados del análisis de la concentración de metales pesados en el tercer punto de muestreo, en donde el promedio de hierro es 0.26 mg/L, manganeso es 0.13 mg/L y mercurio es 0 mg/L.

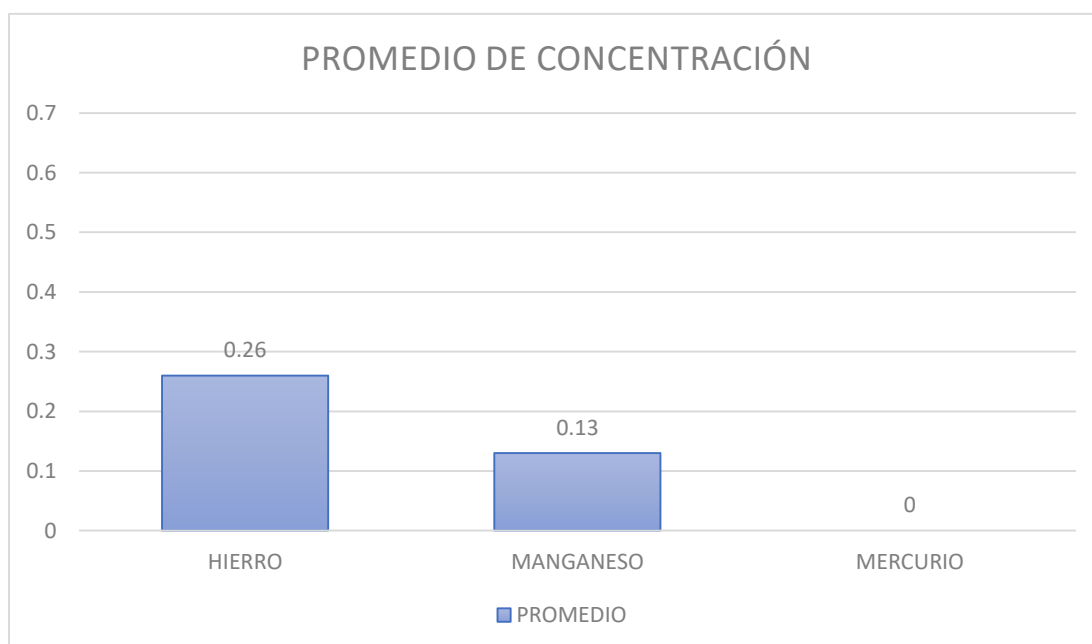


Figura 4. Concentración de metales obtenidos en el tercer punto.

Tabla 6. Resultados de metales pesados en el cuarto punto de muestreo.

	Análisis N°1	Análisis N°2	Análisis N°3	PROMEDIO
HERRO (mg/L)	ND	0.5	0.2	0.23
MANGANESO (mg/L)	0.4	0.1	0.4	0.3
MERCURIO (mg/L)	0.001	0.0009	0.0008	0.001

En la Tabla 6 se aprecia los resultados del análisis de la concentración de metales pesados en el tercer punto de muestreo, en donde el promedio de hierro es 0.23 mg/L, manganeso es 0.3 mg/L y mercurio es 0.001 mg/L.

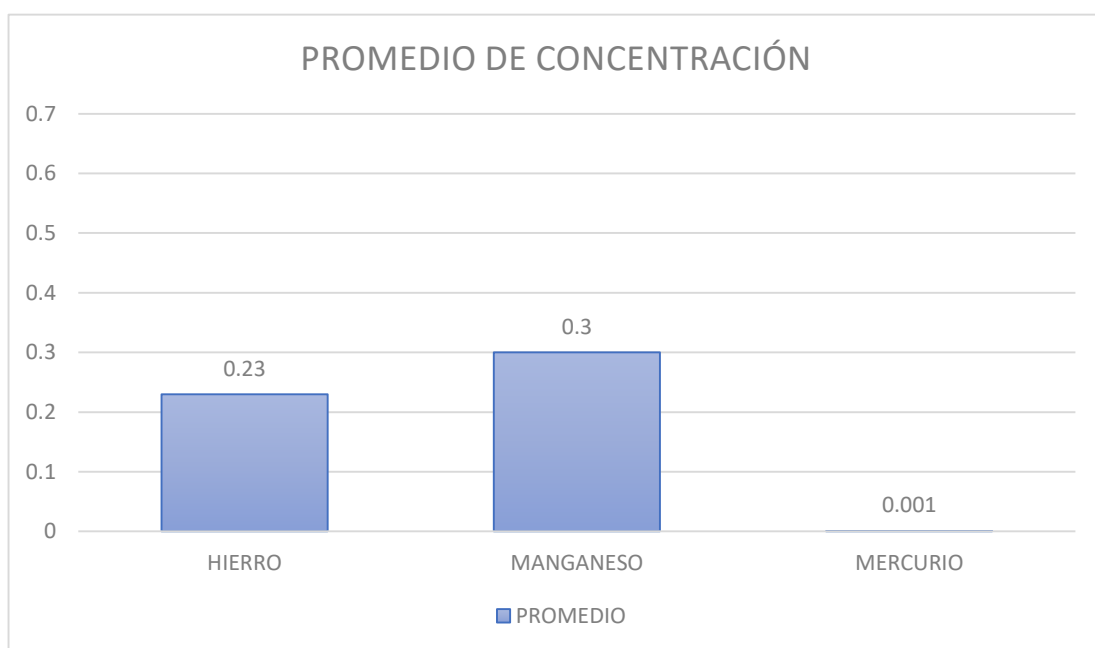


Figura 5. Concentración de metales obtenidos en el cuarto punto.

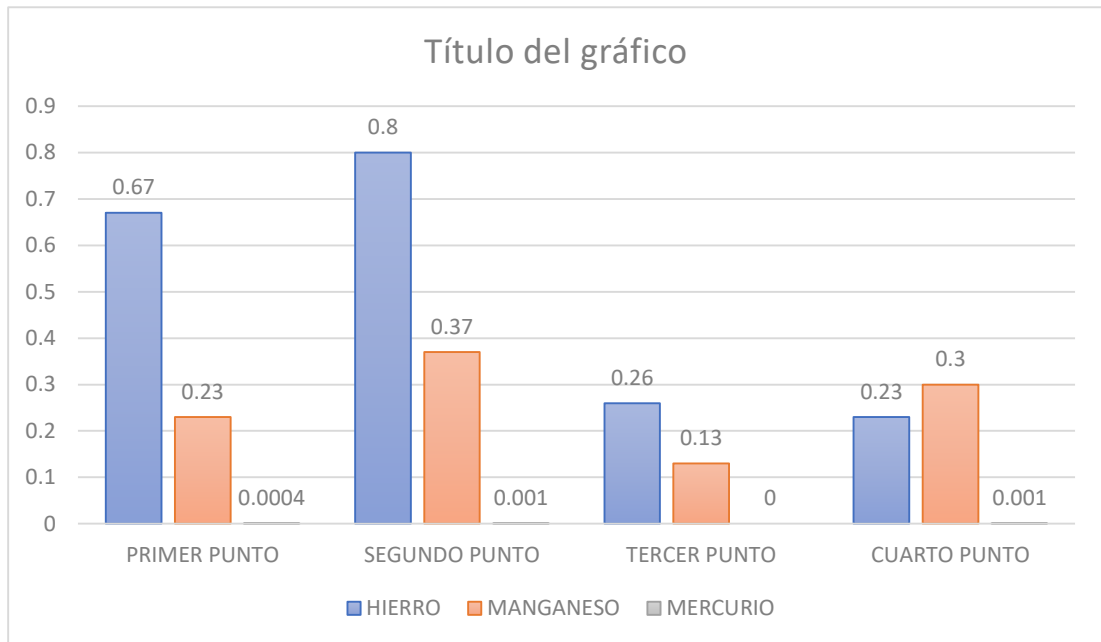


Figura 6. Comparación de metales pesados en el tramo Puca Urco-Alvarenga.

CAPITULO V: DISCUSIÓN

En el presente estudio los resultados han determinado la concentración de (hierro, manganeso y mercurio) en 4 puntos del tramo Puca Urco-Alvarenga. Como se puede observar los resultados no superan los límites máximos permisibles establecidos en el DS N°004-2017-MINAM Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua. Donde el límite máximo permisible por DS N°004-2017-MINAM por cada metal pesado es: hierro (1 mg/L), mercurio (0.001 mg/L), manganeso (0.4 mg/L).

Los niveles de mercurio encontrados en el río Nanay, tramo Puca Urco-Alvarenga no supera el LMP, el cual se establece en el DS N°004-2017-MINAM siendo 0.001mg/L y el resultado del análisis se encuentra al mismo nivel sin superar lo establecido. Lo cual sugiera que a pesar de haber sido una zona con importante actividad minera y con considerables partículas en suspensión, la fuente hídrica se puede considerar apta para distintos fines.

La presencia de hierro, el cual es el metal que está presente en mayor concentración, puede que se sea debido a la basta descomposición de materia orgánica, por ello el contenido este metal está presente a lo largo del tramo Puca Urco-Alvarenga en concentraciones considerables. Pero son concentraciones que no superan el LMP del DS N°004-2017-MINAM, el cual es 1 mg/L y los promedios encontrándose entre 0.23mg/L y 0.8mg/L.

Con respecto a la presencia de manganeso en el segundo y cuarto punto de muestreo los valores promedio de concentración está a poco de superar los LMP, el cual es 0.4mg/L y los promedios se encuentran en 0.13mg/L y 0.37mg/L. La presencia de este metal se podría atribuir a la erosión de la tierra que genera un gran desprendimiento de cenizas que incrementan la contaminación de los suelos que son lavados por la deforestación, que causa la alteración de los ciclos biogeoquímicos naturales.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

1. Los resultados del estudio indican que las concentraciones de hierro, manganeso y mercurio en los puntos de muestreo del tramo Puca Urco-Alvarenga del río Nanay no superan los límites máximos permisibles establecidos por el DS N°004-2017-MINAM para agua. Esto sugiere que, a pesar de la actividad minera y la presencia de partículas en suspensión, el agua del río se encuentra dentro de los estándares de calidad ambiental y puede considerarse apta para diversos usos.
2. El hierro es el metal presente en mayor concentración a lo largo del tramo Puca Urco-Alvarenga. Su presencia puede atribuirse a la descomposición de materia orgánica, aunque las concentraciones observadas no superan el límite máximo permisible establecido por el DS N°004-2017-MINAM.
3. En los puntos de muestreo dos y cuatro, los valores promedio de concentración de manganeso están cerca de superar el límite máximo permisible establecido por el DS N°004-2017-MINAM. Esto sugiere una posible influencia de la erosión del suelo, exacerbada por la deforestación, en la contaminación del agua con manganeso.
4. A pesar de la importante actividad minera en la zona y la presencia de partículas en suspensión, los niveles de mercurio en el río Nanay, tramo Puca Urco-Alvarenga, se mantienen por debajo del límite máximo permisible establecido por el DS N°004-2017-MINAM, indicando una estabilidad en su concentración.

CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES

1. Realizar un monitoreo continuo de la calidad del agua en el tramo Puca Urco-Alvarenga para detectar posibles cambios en las concentraciones de metales pesados y tomar medidas preventivas si es necesario.
2. Dado que la presencia de manganeso está relacionada con la erosión del suelo, se recomienda implementar medidas de gestión de suelos, como la reforestación y la aplicación de prácticas agrícolas sostenibles, para reducir la erosión y la contaminación del agua.
3. Aunque los niveles de mercurio están dentro de los límites permisibles, se sugiere mantener un control riguroso sobre las actividades mineras en la zona para prevenir posibles aumentos en la concentración de metales pesados en el agua.
4. Es importante llevar a cabo programas de educación ambiental dirigidos a la población local y a las industrias presentes en la zona, destacando la importancia de la protección y conservación de los recursos hídricos y promoviendo prácticas ambientalmente responsables.

CAPÍTULO VIII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁLVAREZ ALONSO, J., 2007. Reserva Nacional Allpahuayo-Mishana.

Una joya natural al lado de Iquitos. *Folia Amazónica*,

ÁLVAREZ, J., SOTERO, V., BRACK EGG, A. y IPENZA PERALTA, C.A.,

2011. *Minería aurífera en Madre de Dios y contaminación con mercurio. Una bomba de tiempo*. Lima: MINAM-IIAP. ISBN 9786124581878.

ATSDR, 2021. Heavy metals. [en línea]. [consulta: 21 abril 2024].

Disponible en: <https://atsdr.cdc.gov/unavailable.html>.

BRITO TUCTO, M.A., MÉNDEZ ZAMBRANO, P.V., ALVARADO BARBA,

R.A. y CAZORLA VINUEZA, X.R., 2022. Evaluación de la contaminación por metales pesados del Río Cuchipamba, Morona Santiago. *Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional, ISSN-e 2550-682X, Vol. 7, Nº. 7 (JULIO 2022), 2022, págs. 1987-2013* [en línea], vol. 7, no. 7, [consulta: 17 abril 2024]. ISSN 2550-682X. DOI 10.23857/pc.v7i7. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9042931&info=resumen&idioma=SPA>.

CORREA CUBA, O., FUENTES BERNEDO, F.E. y CORAL SURCO, R.G.,

2021. Contaminación por metales pesados de la microcuenca agropecuaria del río Huancaray - Perú. *Revista de la Sociedad Química del Perú* [en línea], vol. 87, no. 1, [consulta: 17 abril 2024]. ISSN 1810-634X. DOI 10.37761/RSQP.V87I1.320. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2021000100026&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

HURTADO, J. y BERRÍOS, M., 2023. Minería ilegal en Perú: la maldición del oro en la cuenca amazónica del río Nanay. *Ojo Público* [en línea]. [consulta: 19 mayo 2024]. Disponible en: <https://ojo-publico.com/4600/la-maldicion-del-oro-la-cuenca-amazonica-del-rio-nanay>.

KORTEI, N.K., HEYMANN, M.E., ESSUMAN, E.K., KPODO, F.M., AKONOR, P.T., LOKPO, S.Y., BOADI, N.O., AYIM-AKONOR, M. y TETTEY, C., 2020. Health risk assessment and levels of toxic metals in fishes (*Oreochromis niloticus* and *Clarias anguillaris*) from Ankobrah and Pra basins: Impact of illegal mining activities on food safety. *Toxicology Reports*, vol. 7, ISSN 22147500. DOI 10.1016/j.toxrep.2020.02.011.

MACO GARCÍA, J. y SANDOVAL ZAMORA, E., 2005. PRESENCIA DE MERCURIO EN EL AGUA Y SEDIMENTO DE FONDO EN EL RÍO NANAY, PERÚ. *Folia Amazónica*, vol. 14, no. 2,

NOVOA VILLA, H.H., ARIZACA ÁVALOS, A. y HUISA MAMANI, F., 2022. Efectos en los ecosistemas por presencia de metales pesados en la actividad minera de pequeña escala en Puno. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, vol. 24, no. 3, ISSN 2313-2957. DOI 10.18271/ria.2022.361.

OVIEDO-ANCHUNDIA, R., MOÍNA-QUIMÍ, E., NARANJO-MORÁN, J. y BARCOS-ARIAS, M., 2017. Contaminación por metales pesados en el sur del Ecuador asociada a la actividad minera. *Bionatura* [en línea], vol. 2, no. 4, [consulta: 17 abril 2024]. ISSN 1390-9347.

Disponible en:
<https://doaj.org/article/9a096773e6d743138e94fea2c0f80add>.

PABÓN, S.E., BENÍTEZ, R., SARRIA-VILLA, R.A. y GALLO, J.A., 2020. Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una revisión. *Entre Ciencia e Ingeniería*, vol. 14, no. 27, ISSN 2539-4169.

PEZO D., R., PAREDES A., H. y BENDAYÁN A., N.Y., 1992. DETERMINACION DE METALES PESADOS BIOACUMULABLES EN ESPECIES ICTICAS DE CONSUMO HUMANOEN LA AMAZONIA PERUANA. *Folia Amazónica*, vol. 4, no. 2,

PITMAN, N., VRIESENDORP, C., ALVIRA, D., MARKEL, J.A., JOHNSTON, M., RUELAS INZUNZA, E., LANCHA PIZANGO, A., SARMIENTO VALENZUELA, G., ÁLVAREZ LOAYZA, P., HOMAN, J., WACHTER, T., CAMPO, A. del, STOTZ, D.F. y HEILPERN, S., 2014. Perú: Cordillea Escalera-Loreto. . S.I.:

PLANCHART, A., GREEN, A., HOYO, C. y MATTINGLY, C.J., 2018. Heavy Metal Exposure and Metabolic Syndrome: Evidence from Human and Model System Studies. *Current environmental health reports* [en línea], vol. 5, no. 1, [consulta: 18 mayo 2024]. ISSN 2196-5412. DOI 10.1007/S40572-018-0182-3. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29460222/>.

REYES, Y.C., VERGARA, I., TORRES, O.E., DÍAZ, M. y GONZÁLEZ, E.E., 2016. Heavy metals contamination: implications for health and

food safety. *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo*, vol. 16, ISSN 2422-4324.

RODRÍGUEZ, V., CASTRO, E. y COLLADO, L., 2018. *Gobernanza colaborativa en la pesca: Modelo participativo de gestión pesquera en la Amazonía peruana*. Primera edición. Lima: Instituto del Bien Común. ISBN 9786124704178.

SALAS-ÁVILA, D., CHURA, F.F.C., QUISPE, G.B., MAMANI, E.Q., HUANQUI-PÉREZ, R., COAQUIRA, E.V., BERNEDO-COLCA, F., SALAS-MERCADO, D. y HERMOZA-GUTIÉRREZ, M., 2021. Evaluación de metales pesados y comportamiento social asociados con la calidad del agua en el río Suches, Puno, Perú. *Tecnología y ciencias del agua* [en línea], vol. 12, no. 6, [consulta: 17 abril 2024]. ISSN 2007-2422. DOI 10.24850/J-TYCA-2021-06-04. Disponible en: <https://revistatyca.org.mx/index.php/tyca/article/view/2697>.

SHRUM, P., 2009. *ANALYSIS OF MERCURY AND LEAD IN BIRDS OF PREY FROM GOLD-MINING AREAS OF THE PERUVIAN AMAZON*. S.I.: Clemson University.

VELÁSQUEZ ZAPATA, G.Y., 2020. Problemas medioambientales de la minería aurífera ilegal en Madre de Dios (Perú). *Observatorio Medioambiental* [en línea], vol. 23, [consulta: 17 abril 2024]. ISSN 1988-3277. DOI 10.5209/OBMD.73177. Disponible en: <https://revistas.ucm.es/index.php/OBMD/article/view/73177>.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia.

Título de la Investigación	Preguntas de la Investigación	Objetivos de la Investigación	Hipótesis	Tipo y diseño de estudio	Población de estudio y procesamiento	Instrumento de recolección de datos
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE METALES PESADOS DE LA CUENCA RÍO NANAY DEL TRAMO PUCA URCO-ALVARENGA IMPACTADO POR ACTIVIDAD MINERA 2024	¿El contenido de metales pesados en la cuenca río nanay en el tramo Puca Urco-Alvarenga impactados por la minería ilegal estará muy por encima de los estándares de calidad?	<p>Objetivo general</p> <p>Determinar el contenido de metales pesados en la cuenca del río nanay en el tramo Puca Urco-Alvarenga impactados por la minería ilegal.</p> <p>Objetivos específicos</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Identificación del punto de muestreo. 2) Toma de muestra. 3) Determinación de metales pesados. 	El contenido de metales pesados en la cuenca río nanay en el tramo Puca Urco-Alvarenga impactados por la minería ilegal estará muy por encima de los estándares de calidad presentes en la normativa vigente.	La investigación por su naturaleza es del tipo cuantitativo y por sus niveles es descriptivo transversal. Es cuantitativa porque mediremos la cantidad de metales pesados presentes en cada muestra de los distintos puntos de muestreo. Es descriptivo-transversal porque se pretende recolectar información referente a la calidad del agua de la cuenca del río Nanay del tramo Puca Urco-Alvarenga, durante la etapa de creciente.	<p>La población consta de 4 zonas de muestreo en el tramo Puca Urco-Alvarenga, La muestra consistirá en 1 litro de agua recolectada en los lugares seleccionados.</p> <p>Los resultados obtenidos serán representados mediante estadística descriptiva, usando tablas y gráficos. Y se evaluará una evaluación de medias mediante comparación con los estándares de calidad dispuestas en el DS N°004-2017-MINAM Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua.</p>	Los instrumentos para la recolección de los datos estarán constituidos por materiales, equipos de laboratorio y cuadernos de apuntes.

Anexo 2. Procedimiento para la toma de muestra, tomado del Protocolo de Monitoreo de la Calidad Sanitaria de los Recursos Hídricos Superficiales.

- ✓ Para la toma de muestras en ríos evitar las áreas de turbulencia excesiva, considerando la profundidad, la velocidad de la corriente y la distancia de separación entre ambas orillas.
- ✓ La toma de muestra se realizará en el centro de la corriente a una profundidad de acuerdo al parámetro a determinar.
- ✓ Para la toma de muestras en lagos y pantanos, se evitará la presencia de espuma superficial.
- ✓ La toma de muestras, se realizará en dirección opuesta al flujo del recurso hídrico.
- ✓ Considerar un espacio de alrededor del 1% aproximadamente de la capacidad del envase (espacio de cabeza) para permitir la expansión de la muestra.
- ✓ La toma de muestra para determinar Metales Pesados, se utilizará frascos de plástico de boca ancha con cierre hermético, limpios de un litro de capacidad. Abrir el envase y sumergirlo a unos 20 cm por debajo de la superficie y luego preservar.

Anexo 3. Determinación de Hierro. (Método HACH 8008)

1. Se prepara dos celdas de 10 ml del Equipo DR6000 de la siguiente manera: Celda A con 10 ml de muestra, y Celda B con 10 ml de muestra más 01 Píldora Indicador FerroVer. La Celda B se prepara solo antes de colocar la muestra en el equipo.
2. Se agita las soluciones para mezclarlas. Se observa que un color anaranjado se formaría si el Hierro estuviera presente en la Celda B.
3. La Celda A se considera el BLANCO y la Celda B se considera la MUESTRA.
4. Se enciende el Equipo DR6000 y se selecciona la función HIERRO TOTAL FerroVer.
5. Se coloca la Celda A y se presiona CERO para obtener 0 ppm H.T.
6. Se retira la Celda A y se coloca la Celda B, luego se presiona LEER para obtener el resultado.

Anexo 4. Determinación de Manganeso. (Método HACH 8149)

El método Hach para la determinación de manganeso se basa en la formación de un complejo coloreado entre el manganeso y una sustancia reactante específica. El reactivo principal utilizado en este método es el Persulfato de Potasio, que oxida el manganeso presente en la muestra a permanganato. Luego, el permanganato forma un complejo de color rosa con el indicador de metal-verde de Hach. La intensidad de este color está directamente relacionada con la concentración de manganeso en la muestra.

El proceso de determinación de manganeso mediante el método Hach generalmente sigue los siguientes pasos:

1. Preparación de la Muestra: La muestra de agua se recolecta de manera representativa y se ajusta según sea necesario para garantizar la estabilidad de los resultados.
2. Oxidación con Persulfato de Potasio: Se añade el Persulfato de Potasio a la muestra, lo que oxida el manganeso presente a permanganato.
3. Formación del Complejo: Se agrega el indicador de metal-verde de Hach, y se forma el complejo coloreado entre el permanganato y el indicador.
4. Medición de la Absorbancia: La intensidad del color rosa se mide espectrofotométricamente a una longitud de onda específica. La absorbancia se correlaciona directamente con la concentración de manganeso en la muestra.
5. Calibración: Antes del análisis de las muestras, se realiza una calibración utilizando estándares de manganeso conocidos para establecer la relación entre la absorbancia y la concentración de manganeso.

Anexo 5. Determinación de Mercurio. (Método HACH 10065)

El método Hach 10065, también conocido como el método Hach para la determinación de metales pesados en agua, es un procedimiento analítico utilizado para cuantificar la concentración de metales pesados en muestras de agua. Este método está diseñado para ser utilizado con un espectrofotómetro UV-Vis y se basa en la formación de complejos coloreados entre los metales pesados y un reactivo específico.

A continuación, se describe el procedimiento general del método Hach 10065:

1. Preparación de la muestra: Se recolecta una muestra representativa de agua y se filtra si es necesario para eliminar partículas sólidas. La muestra filtrada se coloca en un recipiente de vidrio limpio y se procede a su análisis.
2. Formación de complejos: Se añade una cantidad medida de reactivo de formación de complejos a la muestra de agua. Este reactivo reacciona con los metales pesados presentes en la muestra para formar complejos coloreados. La intensidad del color formado es proporcional a la concentración de metales pesados en la muestra.
3. Medición de absorbancia: La absorbancia de la muestra se mide utilizando un espectrofotómetro UV-Vis a una longitud de onda específica, generalmente seleccionada en función de las propiedades de absorción de los complejos formados. La absorbancia se registra como una medida de la intensidad del color y se utiliza para calcular la concentración de metales pesados en la muestra.

4. Calibración y cálculo de concentración: Se realiza una calibración del espectrofotómetro utilizando soluciones estándar de metales pesados con concentraciones conocidas. A partir de las lecturas de absorbancia de estas soluciones estándar, se establece una curva de calibración que relaciona la absorbancia con la concentración de metales pesados. La concentración de metales pesados en la muestra se calcula interpolando los valores de absorbancia en la curva de calibración.

Anexo 6. Descripción del equipo utilizado para los análisis.



Be Right™



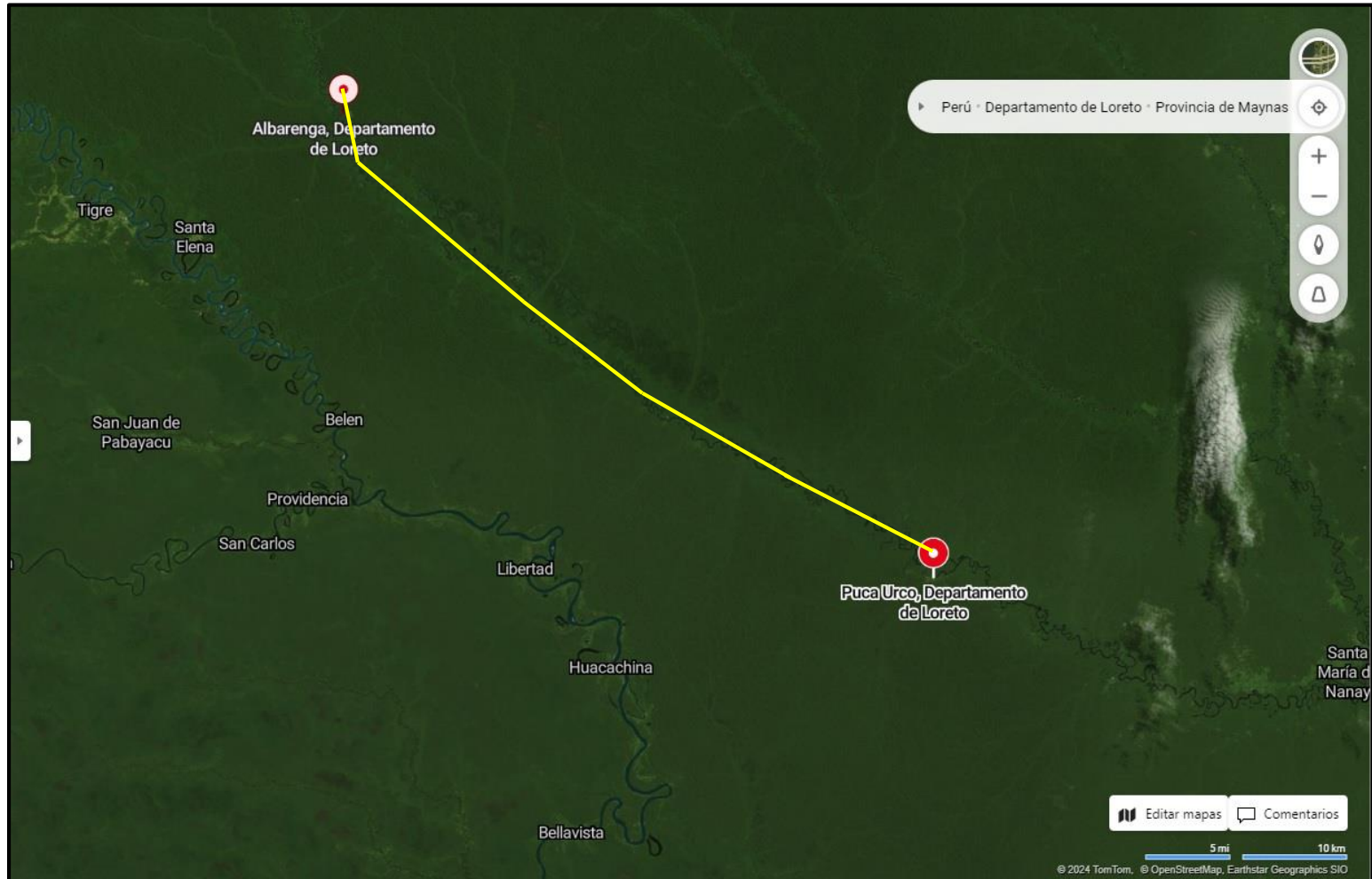
Espectrofotómetro DR6000

El espectrofotómetro UV-VIS DR6000 ofrece un altísimo rendimiento tanto en las tareas rutinarias del laboratorio como en aplicaciones de fotometría exigentes. Este sistema está diseñado para el trabajo eficaz de los laboratorios profesionales. El software inteligente ayuda al director de laboratorio en la rutina de calibración, el control de calidad y el desarrollo de aplicaciones personalizadas.

El DR6000 ofrece escaneados de longitud de onda de alta velocidad a través del espectro UV y visible, y viene con más de 250 métodos preprogramados, que incluyen los métodos de análisis más comunes que se utilizan actualmente. Con accesorios opcionales que permiten análisis de gran volumen a través de un cambiador de muestras de carrusel y con una exactitud mejorada gracias a un sistema de suministro de muestras que elimina los errores por diferencias ópticas, este instrumento es una garantía de que cubrirá todas sus necesidades de análisis de agua.

Este instrumento es compatible con Claros, el innovador Water Intelligence System de Hach, que le permite conectar y gestionar instrumentos, datos y procesos sin interrupciones, en cualquier lugar y en cualquier momento. Como resultado obtendrá una mayor confianza en sus datos y una mayor eficiencia en sus operaciones. Para desbloquear todo el potencial de Claros, insista en solicitar los instrumentos habilitados para Claros.

Anexo 7. Tramo Puca Urco-Alvarenga.



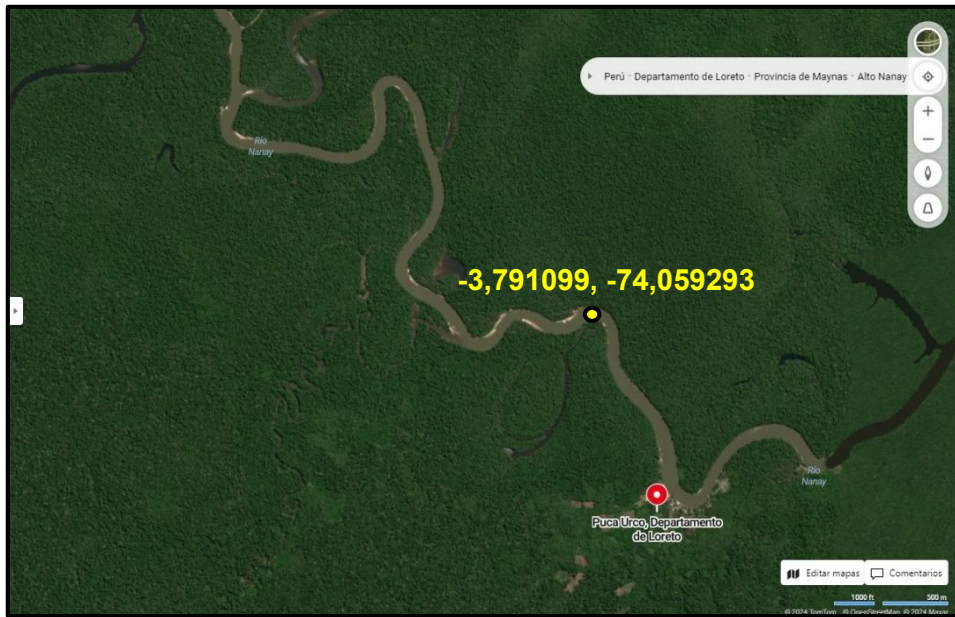
Anexo 8. Imágenes de la geolocalización de los puntos de muestreo.



Geolocalización de Puca Urco



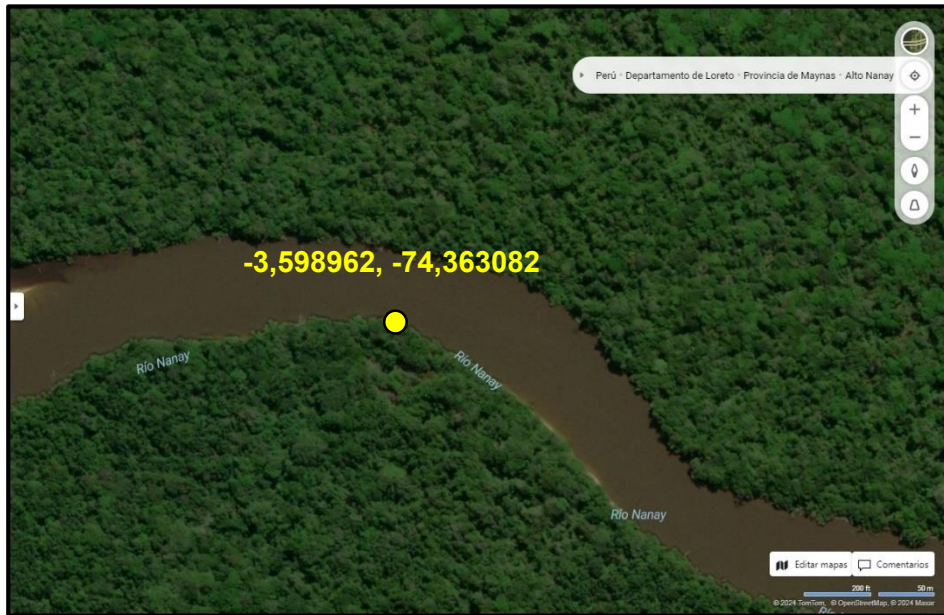
Geolocalización de Alvarenga



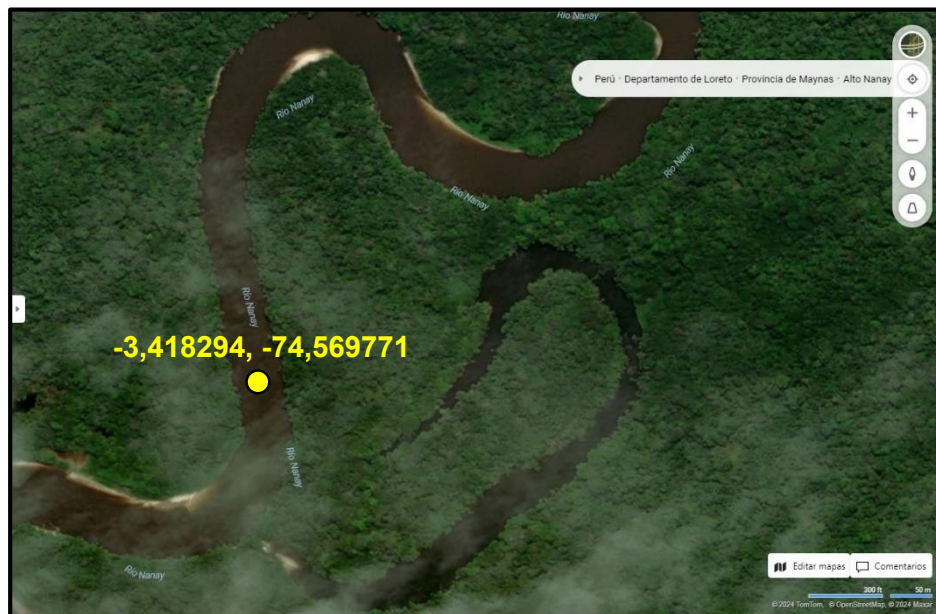
Geolocalización del primer punto de muestreo



Geolocalización del segundo punto de muestreo



Geolocalización del tercer punto de muestreo



Geolocalización del cuarto punto de muestreo

Anexo 9. Fotografías de la toma de muestra.

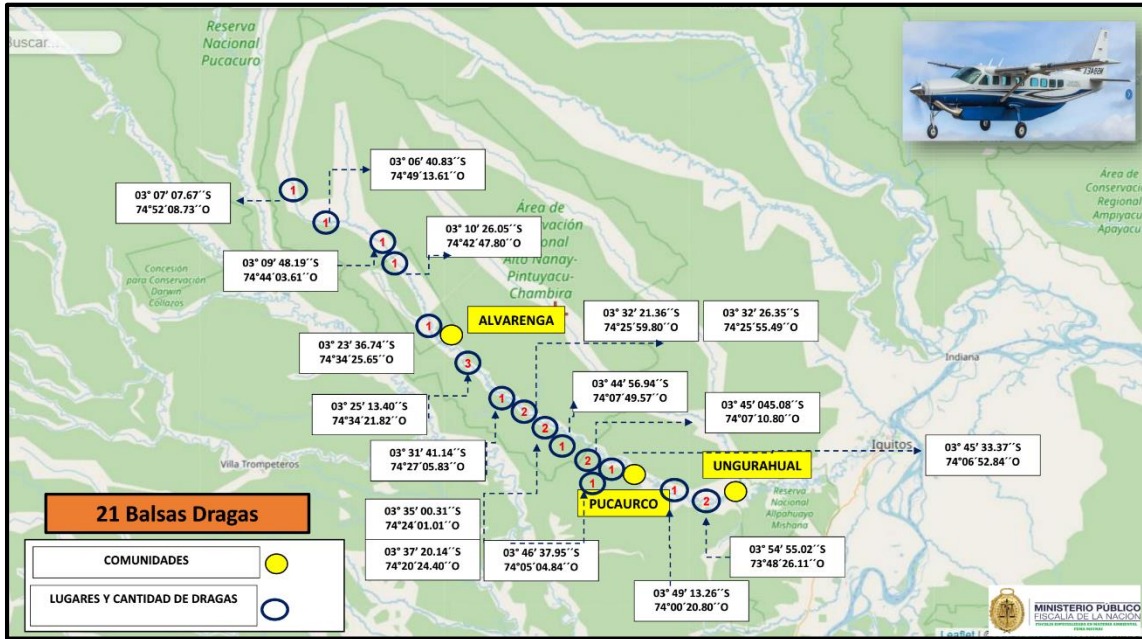




Anexo 10. Draga.



Anexo 11. Vuelo de reconocimiento realizado por la FEMA





MINISTERIO PÚBLICO
FISCALÍA DE LA NACIÓN
OFICINA GENERAL DE ADMINISTRACIÓN



6 dic. 2022 13:03:55
3° 6' 40.83" S 74° 49' 13.61" W ±2.50m

**Draga 02
En quebrada Agua Negra**

**03° 06' 40.83'' S
74° 49' 13.61'' O**



MINISTERIO PÚBLICO
FISCALÍA DE LA NACIÓN
OFICINA GENERAL DE ADMINISTRACIÓN



6 dic. 2022 13:06:50
3° 9' 48.19" S 74° 44' 03.61" W ±5.90m

**Draga 03
Rio Nanay**

**03° 09' 48.19'' S
74° 44' 03.61'' O**





**Draga 04
Rio Nanay**

**03° 10' 26.05''S
74° 42' 47.80''O**



**Draga 05
Rio Nanay**

**03° 23' 36.74''S
74° 34' 25.65''O**





MINISTERIO PÚBLICO
FISCALÍA DE LA NACIÓN



6 dic. 2022 13:23:56
-3°25'10.326"S -74°34'26.412"W ±2.50m

**Draga 06-07-08
Rio Nanay**

**03° 25' 13.40''S
74°34' 21.82''O**



MINISTERIO PÚBLICO
FISCALÍA DE LA NACIÓN



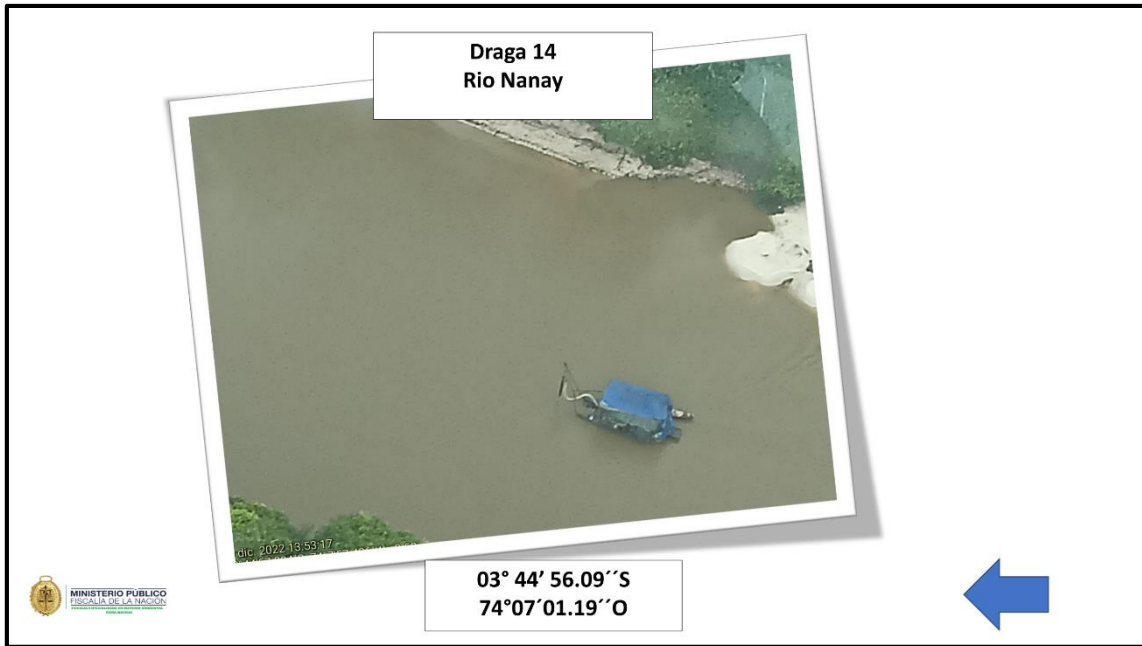
6 dic. 2022 13:33:17
-3°31'49.902"S -74°27'3.708"W ±2.40m

**Draga 09
Rio Nanay**

**03° 31' 41.14''S
74°27' 05.83''O**







**Draga 17
Rio Nanay**



**03° 45' 33.37''S
74°06'52.84''O**



**Draga 18
Rio Nanay**



**03° 46' 37.95''S
74°05'04.84''O**



**Draga 19
Rio Nanay**



**03° 49' 13.26''S
74°00'20.80''O**



**Draga 20 - 21
Rio Nanay**



**03° 54' 55.02''S
73°48'26.11''O**

