



UNAP



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

TESIS

**EVALUACIÓN DE MERCURIO EN SEDIMENTOS DE QUEBRADAS CON
INFLUENCIA DE POZOS PETROLEROS EN EL RÍO CORRIENTES**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
BIÓLOGO**

AUTOR:

DANIEL SANTOS VILELA GRANDEZ

ASESORES:

Blgo. HOMERO SÁNCHEZ RIVEIRO, MSc.

Blgo. WERNER CHOTA MACUYAMA, Mg.

IQUITOS, PERÚ

2024

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS



UNAP

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 002-CGT-UNAP-2024

En la ciudad de Iquitos, Departamento de Loreto, mediante sala presencial, a los 10 días del mes de enero del 2024, a las 16:00 horas se dió inicio a la sustentación pública de la tesis titulada: "EVALUACIÓN DE MERCURIO EN SEDIMENTOS DE QUEBRADAS CON INFLUENCIA DE POZOS PETROLEROS EN EL RÍO CORRIENTES", presentado por el bachiller **DANIEL SANTOS VILELA GRANDEZ**, autorizada mediante **RESOLUCIÓN DECANAL N°481 -2023-FCB-UNAP**, para optar el Título Profesional de **BIÓLOGO**, que otorga la UNAP de acuerdo a Ley 30220, su Estatuto y el Reglamento de Grados y Títulos vigente.

El Jurado Calificador y dictaminador designado mediante **RESOLUCIÓN DIRECTORAL N°053-2018-DEFP-B-FCB-UNAP**, de fecha 11 de mayo de 2018, integrado por los siguientes Profesionales:

- | | |
|---------------------------------------|------------|
| - Blgo. ROBERTO PEZO DÍAZ, Dr. | Presidente |
| - Blgo. JUAN CARLOS CASTRO GÓMEZ, Dr. | Miembro |
| - Blgo. ENRIQUE RIOS ISERN, Dr. | Miembro |



Luego de haber escuchado con atención y formulado las preguntas, las cuales fueron absueltas:

Satisfactoriamente

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

La sustentación pública y la Tesis han sido aprobados con la calificación de Muy Buena estando el Bachiller apto para obtener el Título Profesional de **BIÓLOGO**.

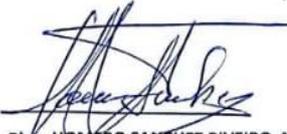
Siendo las 17:45 horas se dió por terminado el acto de sustentación.




Blgo. ROBERTO PEZO DÍAZ, Dr.
Presidente


Blgo. JUAN CARLOS CASTRO GÓMEZ, Dr.
Miembro


Blgo. ENRIQUE RIOS ISERN, Dr.
Miembro


Blgo. HOMERO SANCHEZ RIVEIRO, M.Sc.
Asesor

JURADO CALIFICADOR Y DICTAMINADOR



Blgo. ROBERTO PEZO DÍAZ, Dr.

PRESIDENTE



Blgo. JUAN CARLOS CASTRO GÓMEZ, Dr.

MIEMBRO



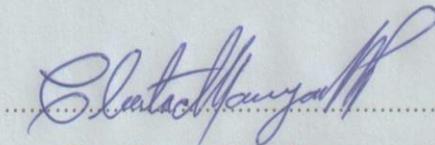
Blgo. ENRIQUE RÍOS ISERN, Dr.

MIEMBRO

ASESORES

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Homero Sanchez Riveiro', written over a horizontal dotted line.

Blgo. Homero Sanchez Riveiro, M.Sc.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Werner Chota Macuyama', written over a horizontal dotted line.

Blgo. Werner Chota Macuyama Mg.

RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD

Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

FCB_TESIS_VILELA GRANDEZ.pdf

AUTOR

DANIEL SANTOS VILELA GRANDEZ

RECUENTO DE PALABRAS

8335 Words

RECUENTO DE CARACTERES

42785 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

38 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

720.4KB

FECHA DE ENTREGA

Feb 13, 2024 5:35 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Feb 13, 2024 5:35 PM GMT-5

● 15% de similitud general

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

- 14% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 6% Base de datos de trabajos entregados
- 3% 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

A Dios por guiarme con la luz
de su voluntad y por permitirme
que me desarrolle en lo Profesional
y el cumplimiento de mis metas.

A mis padres y hermanos por el
apoyo constante en mis estudios y
por ser la razón y combustible a mi
motor para seguir adelante en esta
carrera profesional

Daniel Santos

AGRADECIMIENTO

A mi casa de estudios, la UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA y asimismo a la FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS, por ser el lugar de mi aprendizaje y desarrollo profesional.

Al INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE LA AMAZONIA PERUANA, por ser el lugar donde realice este trabajo, a mis asesores; el Blgo Homero Sanchez Riveiro y al Blgo. Werner Chota Macuyama, por apoyarme con los materiales y herramientas y por guiarme en el desarrollo de la tesis para poder realizar de forma correcta esta investigación.

Al Programa Nacional de Innovación para la Competitividad y Productividad (INNÓVATE PERÚ) por el financiamiento de la tesis, a través del proyecto “Impacto de vertidos petrogénicos sobre el ecosistema y la fauna acuática en la Amazonía (región Loreto)” de acuerdo al convenio N° 147-PNICP-PIAP-2015.

ÍNDICE

	Pág.
PORTADA.....	i
ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS.....	ii
JURADO CALIFICADOR Y DICTAMINADOR	iii
ASESORES.....	iv
RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE	viii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE FOTOS	xii
INDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.....	3
1.1. Antecedentes	3
1.2. REPORTES	7
1.3. Declaratorias de emergencia.....	11
1.4. Bases teóricas.....	15
1.5. Definición de términos básicos	16
CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	18
2.1. Formulación de Hipótesis	18
2.2. Variables y su Operacionalización.....	18
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	18
3.1. Diseño Metodológico.....	18
3.1.1. Tipo de investigación	18

3.1.2. Diseño de investigación	18
3.1.3. Población en estudio.....	19
3.1.4. Muestra.....	19
3.1.5. Procesamiento de la información	19
3.2. Diseño Muestral	19
3.2.1. Área de estudio.....	19
3.2.2. Procedimientos de recolección y análisis de datos	21
3.2.3. Análisis estadístico	22
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	23
4.1. Cuantificación de las concentraciones de Mercurio en sedimentos de quebradas con ocurrencia y ausencia de derrames de petróleo en el río Corrientes	23
4.2. Comparación de las concentraciones de mercurio en sedimentos de 07 quebradas del río Corrientes.....	25
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN	30
CAPITULO VI: CONCLUSIONES	35
CAPITULO VII: RECOMENDACIONES	36
CAPITULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN	37
ANEXOS	44

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Quebradas estudiadas en zona alta y baja del río corrientes en los años 2016 y 2018.	21
Tabla 2. Quebradas evaluadas en el Alto y Bajo Corrientes.	23
Tabla 3. Resumen estadístico de las concentraciones de mercurio de los sedimentos evaluados en las quebradas correspondientes a la cuenca de alto Corrientes.	24
Tabla 4. Resumen estadístico de las concentraciones de mercurio en sedimentos evaluados en las quebradas correspondientes a la cuenca del bajo Corrientes.....	25
Tabla 5. Resumen de las concentraciones de mercurio en sedimentos de las quebradas del Alto y Bajo Corrientes.....	26
Tabla 6. Prueba de Normalidad de Shapiro Wilk.....	26

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Localización de las zonas de evaluación de mercurio en sedimentos.	20
Figura 2. Diagrama de caja de comparación de la concentración de mercurio, en sedimentos de quebradas del río Corrientes.	27
Figura 3. Diagrama de caja de comparación de la concentración de mercurio, en sedimentos de quebradas del río Corrientes, según cuencas.	28
Figura 4. Comparación de los valores promedios de mercurio, con las normas internacionales.	29

ÍNDICE DE FOTOS

	Pág.
Foto 1. Colecta de sedimentos con el tubo de 120 cm de largo en las orillas de las quebradas.	45
Foto 2. Quebrada Control Lupunillo.	46
Foto 3. Quebrada pañayacu.	46
Foto 4. Quebrada Aunts Entsa.	46
Foto 5. Quebrada Timo Entsa.	46
Foto 6. Quebrada Huayurí.	46
Foto 7. Quebrada Jergón.	47
Foto 8. Quebrada Oleoducto.	47
Foto 9. Quebrada Trompeterillo.	47

INDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Actividades realizadas en la colecta de muestra en campo.....	45
Anexo 2. Quebradas muestreadas en el Alto Corrientes.	46
Anexo 3. Quebradas muestreadas en el Bajo Corrientes.	47
Anexo 4. Protocolo del Método 7474 para análisis de mercurio de la EPA.	48,49

RESUMEN

En los últimos tiempos se ha evidenciado en los ríos Pastaza, Corrientes, Tigre y Marañón que la actividad petrolífera de los Lotes 192 y 8, han generado lodos de petróleo y el vertido de los residuos a los cuerpos de agua, afectados a los ecosistemas acuáticos a consecuencia de la explotación.

Siendo el Mercurio el compuesto orgánico formado en el ambiente por metabolismo microbiano y por procesos abióticos y antropogénicos. Evidenciando los problemas ambientales y sociales, el objetivo fue identificar las diferencias de sus concentraciones en sedimentos de mercurio en quebradas con ocurrencia y ausencia de derrames de petróleo en el río Corrientes. Para ello se colectaron sedimentos en las orillas de quebradas con un tubo de 120 cm. en dos zonas del río Corrientes durante el 2016 y 2018 respectivamente: alto Corrientes (cuatro quebradas: Timo Entsa, Aunts Entsa, Huayurí y Pañayacu) con influencia petrolera y bajo Corrientes (tres quebradas, Trompeterillo, Jergón y Oleoducto) sin influencia petrolera. Los datos fueron analizados mediante el método (ICP-AES) EPA7474. Se pudo determinar que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las concentraciones de mercurio en las muestras de sedimentos en las dos cuencas del río Corrientes (alto y bajo Corrientes) ($W= 49$; $p= 0.7477$), sin embargo, existen dos valores altos de mercurio encontrado en concentraciones promedios de 0,11 y 0,10 mg/kg en en las áreas estudiadas, pero están por debajo de las normas internacionales.

Palabras claves: Mercurio, sedimento, quebradas, influencia petrolera.

ABSTRACT

In recent times, it has been evident in the Pastaza, Corrientes, Tigre, Marañón rivers, that oil activity of Lots 192 and 8 has generated oil sludge and the discharge of waste into bodies of water, affecting aquatic ecosystems. as a result of exploitation. Mercury is the organic compound formed in the environment by microbial metabolism and by abiotic and anthropogenic processes. By evidencing the environmental and social problems, the objective was to identify differences in mercury concentrations in sediments in streams with the occurrence and absence of oil spills in the Corrientes River. For this, sediments were collected on the banks of streams with a 120 cm tube. in two areas of the Corrientes River during 2016 and 2018 respectively: upper Corrientes (four streams: Timo Entsa, Aunts Entsa, Huayurí and Pañayacu) with oil influence and lower Corrientes (three streams, Trompeterillo, Jergón and Oleoducto) without oil influence. The data were analyzed using the EPA7474 method (ICP-AES). It was determined that there were no statistically significant differences between the concentrations of mercury in the sediment samples in the two basins of the Corrientes River (upper and lower Corrientes), however, there are two high values of mercury found in average concentrations of 0,11 and 0,10 mg. /kg in the studied areas, but they are below international standards.

Keywords: Mercury, sediment, streams, oil influence.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, se ha evidenciado que los niveles de mercurio en el ambiente se han elevado de forma considerable desde inicios de la época industrial. En la actualidad se encuentra en casi todo el planeta, en diversas fuentes y matrices, en niveles nocivos para los ser humano y el ecosistema. Es el metal no radioactivo que existe con alta toxicidad ⁽¹⁾. Este metal se presenta en una diversidad de formas, en particular como compuestos orgánicos de mercurio, siendo el más abundante y de fácil inserción en los organismos; el metilmercurio, se forma en el ambiente por metabolismos microbianos y por procesos no bióticos ⁽²⁾. El metilmercurio tiende a almacenarse y se biomagnifica en la cadena trófica en concentraciones más altas que las halladas en aguas donde habitan organismos acuáticos ⁽³⁾.

En los suelos ferralíticos amazónicos han acumulado mercurio atmosférico durante millones de años, debido a eso, muestran elevadas concentraciones de mercurio natural, en los primeros veinte centímetros del suelo, los valores son hasta diez veces más alto que los medidos en los suelos de regiones templadas y boreales, la explicación de esta riqueza, el Hg sería proporcionado por la antigüedad y sus altos niveles en óxidos, como hierro y aluminio (minerales conocidos por su gran capacidad para adsorber metales pesados), este importante almacenamiento de Hg en suelos no constituiría un problema en sí mismo si no hubiera condiciones favorables para la exportación de este metal a sitios de metilación ⁽⁴⁾.

En los últimos tiempos se ha evidenciado en los ríos Tigre, Corrientes, Pastaza, y Marañón, que la actividad petrolífera de los Lotes 192 y 8, ha

afectado a los ecosistemas acuáticos a consecuencia de la explotación, generando lodos de petróleo y el vertido de los residuos a los cuerpos de agua ⁽⁵⁾. La contaminación por residuos petrogénicos en la Amazonia es un tema de interés nacional, ante esto, es de suma importancia investigar los efectos del impacto ambiental que se pueda producir y en especial por los metales pesados que origina.

Evidenciado los problemas ambientales y sociales, el presente estudio tuvo el objetivo general siguiente; Identificar las diferencias en las concentraciones de mercurio en sedimentos de quebradas con ocurrencia y ausencia de derrames de petróleo en el río Corrientes, a su vez con los siguientes objetivos específicos:

- a) Cuantificar las concentraciones de mercurio en sedimentos de 07 quebradas del río Corrientes.
- b) Comparar las concentraciones de mercurio en sedimentos de 07 quebradas del río Corrientes.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

Trabajos a nivel internacional

En 2014, el Instituto de Investigaciones Científicas Sinchi, evaluó mercurio en sedimentos en la Amazonía colombiana, presentando valores menores a 0,059 mg Hg/kg total en los sitios muestreados. El máximo valor registrado en sus muestreos no superó la norma establecida por la EPA en Estados Unidos de 0,15 mg Hg/kg. ⁽⁶⁾

En 2014 el Instituto de Investigación (RIIGEO) y la Universidad de Cartagena hicieron un estudio en Colombia, en el Canal del Dique, obteniendo concentraciones de Hg en sedimento superficial de dos cuerpos de agua y una zona control, encontraron estos resultados: en Soplavientos de 0,072 mg Hg/Kg a 0,126 mg Hg/Kg con un promedio de 0,093 mg Hg/Kg y en Gambotes fluctúa de 0,147 Hg/Kg a 0,240 mg Hg/Kg con un promedio de 0,193 mg Hg/Kg. Estos valores son normales en contraste con los resultados de los puntos del cuerpo de agua control. ⁽⁷⁾.

En el 2008, el Instituto de Investigación de pobreza y desarrollo de Francia y la Universidad San Andrés de Bolivia evaluaron la cuenca Iténez en Bolivia, en dos épocas, en junio y septiembre (fin de aguas altas y fin de estiaje respectivamente). Mencionan, que las cargas de mercurio en los sedimentos llevados por los ríos son homogéneas en los diferentes sectores que estudiaron a excepción de los arroyos que drenan la mina San Simón y la Serranía. Estos últimos muestran hasta cuarenta veces más Hg, que los otros, indicando una contribución de Hg, relacionado a la minería. La variación de

concentraciones de mercurio particular, demuestra que los ríos afectados, así como el Iténez, arrastran partículas con las mismas tasas en Hg en las dos épocas. ⁽⁸⁾.

En 2004, estudio en el río Bento Gomes en Brasil, reportan que los niveles de Hg total en sedimento, son bajos, pero en algunos puntos muestreados se situaron por encima del valor de referencia, del total de 69 muestras evaluadas, sólo el 26% (n = 18) presentó niveles detectables, de las cuales 6 de ellas mostraron valores por encima del nivel considerado natural (0,1 mg. g⁻¹ de peso seco) ⁽⁹⁾.

Trabajos a nivel nacional y local

En 1998, el Ministerio de Energía y Minas, alertó los elevados niveles de contaminantes en todas las cuencas de las zonas que reciben aguas de formación, de grasas y aceites, hidrocarburos, y metales pesados, incluidos el mercurio, en las muestras de agua de las quebradas afluentes; y correspondientes a lo analizado en sedimentos, se reportó contaminación por metales pesados y cloruros, con tasas de hidrocarburos de 54,5 mg/Kg P.S. como mínimo y máximo de 43595,5 mg/Kg P.S. ⁽¹⁰⁾.

En 2004, el Organismo Fiscalizador de la Inversión en Materia de Energía, OSINERG, determinó, de cuarenta y seis muestras que se tomaron en suelos y en aguas de cuencas cercanas a la actividad petrolífera, quebradas, zonas de remediación de suelo y otras treinta y seis muestras, mostraban contaminantes superando el Límite Máximo Permisible (LMP) por hidrocarburos totales (HTC), cloruro y bario ⁽¹¹⁾.

En 2014, en la Amazonía del Perú, en la zona influenciada del lote petrolero 1AB, se realizó una investigación para evaluar el impacto que los vertidos petrolíferos podrían estar causando sobre la fauna silvestre de la amazonía. Los videos de las cámara-trampa han permitido determinar la ingesta de suelos en zonas afectadas por vertidos, de 4 especies de mamíferos, siendo los más frecuentes observados; *Tapirus terrestris* (76,8%), seguidamente de *Cuniculus paca* (10,1%), *Pecari tajacu* (7,2%) y *Mazama americana* (5,8%). Las grabaciones demuestran que han consumido sustancias petrogénicas, originadas de vertimientos de los pozos petrolíferos o indirectamente a través de suelos y/o agua contaminada. ⁽¹²⁾.

En 2016, el Instituto de Ciencias y Tecnologías Ambientales y la Universidad Autónoma de Barcelona, recopilaron las concentraciones de compuestos químicos petrogénicos en varias matrices ambientales en la Reserva Nacional Pacaya Samiria y su área de influencia entre los años 1994 y 2015, analizando para los datos de mercurio, reportaron que en 205 muestras en agua y en 120 muestras de suelos, compararon con la normativa europea y la categoría 1 de la norma nacional y concluyeron que no hay muestras con concentraciones que superen el límite legal tanto en agua y suelos. El límite legal vigente de mercurio en suelos es de 6,6 mg/kg y ninguna muestra tiene superó este límite ⁽¹³⁾.

En 2014, se realizó un estudio sobre la calidad ambiental de las cuencas del Napo, Arabela y Curaray en Loreto por parte del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), en época de creciente, no se registró mercurio

en sedimentos en ninguna cuenca evaluada, sin embargo, en la vaciante registra concentraciones que superan el límite permisible (0,174 mg/kg) en la estación Curaray 3 (0,27 a 0,30 mg/kg), y cercano a los límites permisibles en la estación Napo 2 (0,15 mg/kg) y Arabela 2 (0,13 mg/kg). ⁽¹⁴⁾

En 2013, evaluaron metales pesados en aguas y sedimento de la cuenca baja del Nanay y para mercurio, reportaron los rangos de 0,015 a 0,075 ppm y de 0,33 a 0,75 ppm ⁽¹⁵⁾.

En octubre del 2005, se evaluó sedimentos del fondo del río Nanay, donde reportan que los niveles de mercurio oscilaron entre 0,005 a 0,0815 mg Hg/kg, con una media de 0,0249 mg Hg/kg; observándose un incremento de la concentración de mercurio río abajo. Estos valores de mercurio no sobrepasan los límites máximos permisibles ⁽¹⁶⁾.

Lotes Petroleros

Los lotes 192 y 8, contienen 434 pozos perforados (el 74,2% de los 585 pozos de la Amazonía en el Perú) y hasta la actualidad se fue extrayendo 1.015,3 millones de barriles de crudo, el 97,8% del crudo en la zona amazónica. El Ministerio de Energía y Minas de Perú estimó la reserva en estos lotes siendo de; 265,9 millones de barriles de crudo. Esta actividad petrolífera ha causado repercusiones sociales y ambientales graves, causado por el vertimiento de las aguas de formación al ambiente como un proceso cotidiano por la empresa petrolera, desde los comienzos de las actividades en 1971. Esta problemática obligó al Ministerio del Ambiente a aprobar por resolución ministerial las declaraciones de las emergencias ambientales para los ríos Pastaza,

Corrientes y Tigre (RM-064-2013-MINAM y RM-263-2013-MINAM) por la alta contaminación debido a los derrames de crudo en las zonas mencionadas. ⁽¹⁶⁾

1.2. REPORTE

- **Reporte de Federación de Comunidades Nativas del Corrientes (FECONACO).**

En el Manual de Sistematización de Experiencias con el Programa de Capacitación y Vigilancia Territorial de la FECONACO, realizado desde noviembre del 2006 al 2010, reportaron 92 derrames de petróleo en los lotes 192 y 8, operados por PlusPetrol. Los cuerpos de agua afectados fueron: quebrada Manchari, lote 192 (6 derrames), quebrada Pucacungayacu, (9 derrames), quebrada Tseku Entsa, (5 derrames), quebrada Nayanamaca, quebrada Jibaro Isla, (3 derrames), quebrada Pucacuro, Lote 192 (8 derrames). En el lote 8, cochas y aguajales (17 derrames), río Corrientes (16 derrames), otros cuerpos de agua (17 derrames) ⁽¹⁷⁾. El resumen de los mismos se presenta en la siguiente tabla:

	2006 (desde diciembre)	2007	2008	2009	2010	total
Derrames mayores	4	17	11	19	18	69
Derrames menores		6	7	4	6	23
Total	4	23	18	23	24	92

*Se clasificaron como derrames mayores, los derrames que afectaron a más de 100m de una quebrada o río y a los derrames que afectaron a más de 100m² de espejo de agua o de área de tierra.

- **Reportes de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA)**

El INFORME N° S/N-2006/DEPA-APRHI/DIGESA, menciona los análisis obtenidos de la intervención que se hizo a mediados del año 2005, donde evaluaron los impactos en la calidad de las aguas de la cuenca del Corrientes y afluyentes, como efectos de las actividades operacionales de PLUS PETROL. Las comunidades evaluadas fueron Nueva Jerusalén, José Olaya, San José de Nueva Jerusalén, Pucacuro, Las Palmeras y Villa Trompeteros, donde se encontró metales pesados como cobre y plomo e hidrocarburos totales de petróleo en los sedimentos analizados en cinco puntos: E-02 (quebrada Pucacuro, 100 m de la confluencia con la quebrada Macusari), E-07 y E-11 (quebrada Huayurí, y quebrada Nayanmaca, respectivamente, ambas a 100 metros aguas arriba de la confluencia con la cuenca del Corrientes), E-14 (quebrada Murayari) y E-15 (Cocha Atiliano, a 350 m de la cuenca del Corrientes).⁽¹⁸⁾

Además, en el Informe de Monitoreo Participativo elaborado por DIGESA, Monitores y Autoridades del río Corrientes⁽¹⁹⁾, en julio de 2013 (Lima), reportan los análisis del agua de consumo humano en los siguientes parámetros: Coliformes fecales y Totales, Cd, As, Cu, Cr, Fe, Pb, Mn, Zn, Dureza total, Cloruros, Sulfatos, TPH. Los resultados para las CC.NN. de Antioquia, Pampa Hermosa, José Olaya, Sauki, Valencia, Belén, Pijuayal, Sion, CC.NN. San José, Jerusalén, Santa Rosa fueron: Todas muestran presencia de Coliformes Totales, Coliformes Fecales y Hierro que sobrepasan los LMP establecidos en el DS N° 031-2010-SA (excepto para la CCNN Pampa hermosa)⁽²⁰⁾,

por lo que el agua en estas comunidades no es apta para consumo humano, no obstante con un tratamiento previo y desinfección se puede utilizar para consumo; los demás parámetros muestreados cumplen con lo establecido en las normas citadas.

- **Reportes del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA)**

Este reporte es una compilación resumida de los monitoreos de OEFA ⁽²¹⁾ sobre la calidad de suelos en la cuenca del Corrientes (DS N° 002-2013-MINAM ⁽²²⁾, Suelo Agrícola), cercanos al lote 1-AB, donde se determinó, las concentraciones de hidrocarburos evaluados para la fracción media C10-C28 en 23 de los 42 puntos evaluados superan los ECA para Suelo (uso agrícola). Y para la fracción pesada C28- C40, en 13 de los 42 puntos analizados superaron los ECA, para Suelo. Los niveles de bario en 07 de los 42 puntos analizados superaron los ECA para Suelo. En el caso de plomo; 02 de los 42 puntos muestreados superan los ECA para Suelo, no se pudo determinar un origen de estas concentraciones, mientras que para cadmio, mercurio y cromo hexavalente no sobrepasaron los ECA para Suelo, encontrándose éstas bajo el límite detectable, asimismo, en algunos puntos identificados con niveles de HTP, que también superaron los ECA para Suelo en la locación Huayuri, que están cercanas a zonas contempladas en el PAC, el origen de estas concentraciones podría estar vinculado con la migración del crudo proveniente de los sitios PAC por efecto de las precipitaciones propias del lugar.

- **Reportes de la Autoridad Nacional del Agua (ANA)**

En el informe de monitoreo de sedimentos y calidad de agua superficial en el río Corrientes realizada en el cuarto y quinto mes del año 2013 en el ámbito del lote 192 ⁽²³⁾, ANA evaluó metales pesados en el río Corrientes y determinó para agua superficial, solo en un punto se obtuvo un valor mayor a los ECAs en el caso de bario, para plomo en 15 puntos de muestreo, para HTP solo en tres puntos de muestreo se sobrepasó los rangos de las ECAs, siendo el resto de parámetros dentro de los rangos aceptables de los ECAs para agua superficial. Entretanto para la calidad de sedimentos, en metales el cadmio obtuvo valores elevados, para este caso en todos los puntos se sobrepasó los ECAs, además para el Arsénico en un solo punto, asimismo para plomo y zinc en tres puntos para cada uno se sobrepasó los rangos, para Hg, todos los valores fueron inferiores a 0.06 mg/Kg, estando dentro de los rangos normales en sedimentos, así como el resto de parámetros monitoreados.

- **Reportes del Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN)**

En el informe N° 230563-2013-GFHL-UPPD se menciona la visita de inspección de las instalaciones del lote 192 en el río Corrientes ⁽²⁴⁾ a mediados del año 2013, de acuerdo a las verificaciones sobre el estado de la infraestructura de la compañía PLUSPETROL NORTE S.A; Se solicitó información e inició un proceso sancionador a la empresa, sobre lo observado y verificado en el lugar, así como coordinar para la

ejecución de las acciones a tomar; Cambio de tapón de latón de la válvula de la línea 4” que direcciona a los Pozos 12, 13 y 14 de Huayuri. Así como informar lo verificado en la línea de 3” de transferencia de diesel, detectándose una inscripción de “corrosión severa. El cambio de soporte tipo H deteriorado, del tubo N° 145 del Pozo Huayuri. También se solicita la información sobre los tres (03) pozos hallados a 150 metros de la locación del Pozo 1. Además, el posicionamiento de los letreros de señalización. Instalación de soportes H para la línea de 3” que se usa para transferir diesel en el Yacimiento Shiviayacu, y finalmente dar a conocer al OEFA los incumplimientos a las normas ambientales encontrados en la inspección.

1.3. Declaratorias de emergencia

- **Declaratoria de emergencia ambiental del Pastaza-RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 094-2013-MINAM** ⁽²⁵⁾

La PCM, mediante un oficio el 15 de marzo de 2013, solicitó al Ministerio del Ambiente tener en consideración la Declaratoria de Emergencia Ambiental en el río Pastaza, consecuente a la gravedad del estado situacional evidenciado en los informes elaborados por la Comisión Multisectorial, a través de un Informe Técnico de la Dirección General de Calidad Ambiental, que tiene sustento en los informes técnicos de ANA, OEFA y DIGESA, y demás organismos vinculados en la problemática ambiental; recomienda la Declaratoria de Emergencia Ambiental en el río Pastaza; por los altos niveles de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos que sobrepasan los ECA nacionales, según lo indicado por ANA, OEFA y DIGESA, coinciden

que estos parámetros elevados están relacionados a los impactos ambientales ocasionados por la actividad petrolera en la zonas impactadas; por lo tanto, es debido la emisión de la resolución; en el Artículo 1º; Declarar en Emergencia Ambiental la cuenca del río Pastaza, en los distritos de Andoas y Pastaza, provincia del Datem del Marañón, departamento de Loreto, por el plazo de noventa (90) días hábiles.

- **Declaratoria de emergencia ambiental del Corrientes- RESOLUCIÓN MINISTERIAL Nº 263-2013-MINAM ⁽²⁶⁾**

La Federación de las Comunidades Nativas del Río Corrientes, mediante un oficio el 07 de agosto de 2013, solicitó al Ministerio del Ambiente la consideración de la Declaratoria de Emergencia Ambiental en la cuenca del Corrientes, consecuente al riesgo evidenciado en la información elaborada por la Comisión Multisectorial, que, a través de un Informe Técnico de la Dirección General de Calidad Ambiental, basada en la información elaborada por ANA, el OEFA, DIGESA, y OSINERGMIN; por lo que, corresponde emitir la presente resolución en el Artículo 1º; Declarar en Emergencia Ambiental la cuenca del río Corrientes, que involucra once (11) comunidades nativas: Antioquia, José Olaya, Pampa Hermosa, Sauki, Valencia, Pijuyal, Belén, Sion, San José, Santa Rosa y Nueva Jerusalén, en la provincia de Loreto, departamento de Loreto; por el plazo de noventa (90) días hábiles.

- **Declaratoria de emergencia ambiental de Centro Poblado de Mayuriaga, del distrito de Morona, provincia de Datem del Marañón, departamento de Loreto, por peligro inminente a**

consecuencia de contaminación de agua-DECRETO SUPREMO N° 032-2019-PCM ⁽²⁷⁾

El Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), remitió el Informe Situacional el día 20 de febrero de 2019, mediante un oficio, menciona que ante los registros de derrames petroleros en el km 193 del Oleoducto Nor Peruano, a 0.5 km de Mayuriaga, en el distrito de Morona, provincia de Datem del Marañón, se manifiesta en el Artículo 1; la declaratoria del Estado de Emergencia; Declárese el Estado de Emergencia en el Centro Poblado de Mayuriaga, del distrito de Morona, de la provincia Datem del Marañón, del departamento de Loreto, por el plazo de sesenta (60) días calendario, por peligro inminente a consecuencia de contaminación de agua, para la ejecución de acciones, inmediatas y necesarias destinadas a la reducción del Muy Alto Riesgo existente en salvaguarda de la salud de la población.

- **Declaratoria de emergencia ambiental de la localidad de Villa Trompeteros - Nueva Libertad, ubicada en el distrito de Trompeteros, provincia y departamento de Loreto-RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 126-2019-MINAM ⁽²⁸⁾**

Los representantes del Ministerio del Ambiente (MINAM), se reunieron en la “Mesa de Diálogo para el distrito de Trompeteros, provincia y departamento de Loreto”, realizado el 24 de abril de 2019, donde se dio a conocer los riesgos ambientales en la zona que abarca la localidad de villa Trompeteros-Nueva Libertad; según lo indicado en el informe de la Dirección de Calidad Ambiental, el MINAM convocó a las

instituciones según competencias a una reunión, contando con la presencia del INDECI, el MINSA, la PCM, el ANA y el MINAGRI, el PRODUCE, el MINEM, el OEFA y el GOREL, acordando en conjunto y mediante el Informe de la dirección de calidad ambiental, que determina que se superó el estándar de Calidad Ambiental en suelo y agua en los parámetros plomo e hidrocarburos de petróleo del 2014 al 2018, donde se precisa la afectación de la población, es así que el MINAM aprueba la declaratoria que se manifiesta en el Artículo 1; Declarar en emergencia ambiental el área geográfica que comprende la localidad de Villa Trompeteros-Nueva Libertad, ubicada en el distrito de Trompeteros, provincia y departamento de Loreto, sobre una superficie de dos mil trescientos setenta y siete hectáreas con cinco mil setecientos metros cuadrados (2377.57 ha), por un plazo de noventa (90) días.

1.4. Bases teóricas

a) Mercurio

Es un elemento natural que se encuentra en la roca de la corteza terrestre. En la tabla periódica, se simboliza con "Hg" y su número atómico es 80. Se presenta formas variadas: Mercurio elemental (metálico), inorgánicos y compuestos orgánicos como el metilmercurio ⁽²⁹⁾.

b) Metilmercurio

Este término describe a todos los compuestos de mono-metilmercurio, siendo un catión (CH_3Hg^+), que forma parte de las sales de metilmercurio. Este catión se une a un simple anión, como el cloro (Cl^-), o a moléculas más grandes como las proteínas, es la forma más tóxica de Hg. ⁽³⁰⁾

c) Metilación

Reacción química donde una molécula pequeña llamada grupo metilo se une a ADN, proteínas u otras moléculas. La adición de grupos metilo afecta la forma en que algunas moléculas actúan en los organismos. Los cambios en los patrones de metilación de los genes o proteínas aumentan la probabilidad de una persona de desarrollar cáncer ⁽³¹⁾

d) Quebrada

Es un área fisiográfica natural que posee divisores de agua, drenadas por un curso de agua principal y sus afluentes ^(32, 33). Es de interés ambiental, debido a que son sistemas abiertos y con límites establecidos, que pueden integrar factores abióticos y bióticos, asimismo son espacios frágiles y sensibles a perturbaciones externas; como contaminantes por hidrocarburos, que afecta la dinámica de su funcionamiento ^(34, 35,36).

1.5. Definición de términos básicos

- **Estándar de Calidad Ambiental (ECA).** - Es la medida que establece el nivel de concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en agua, aire o suelo, que no representa riesgo significativo para el ambiente ni la salud del ser humano. De acuerdo al parámetro en específico que se refiere, el grado o las concentraciones, puede expresarse en mínimos, máximos o rangos. El ECA es referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental y políticas públicas.³⁷
- **Extracción del petróleo.** – Son todas las actividades destinadas a la producción de Hidrocarburos cuando ya se localiza un yacimiento, con una fase inicial, que es la exploración, se comienza con el perforado de pozos, que se organizan en un área de explotación, la recolecta, separado de hidrocarburos y almacenamiento. Se usan técnicas como la instalación de sistemas de producción, recuperación secundaria, el acondicionado de pozos, el control de agua y sedimentos, así como la construcción, localización, operatividad, la utilización, abandonamiento y el desmantelado de instalaciones para la producción.³⁸
- **Impacto ambiental.** – Es todo cambio en el ambiente, ocasionada directa o indirectamente por una acción o actividades en un área; es decir la alteración del entorno ambiental ocasionada por la acción humana o de causas naturales.³⁹

- **Industria petrolífera.** –Esta abarca procesos de exploración, extracción, refinamiento, transporte (A través de oleoductos o buques) y comercialización de derivados del petróleo. Los productos de mayor cantidad, son combustibles. ⁴⁰
- **Influencia antropogénica.** – Se refiere a «las consecuencias, procesos o productos que son los efectos de la actividad humana a diferencia de las provocadas de forma natural, sin intervención del ser humano.⁴¹

Sedimento. - Son arena, arcilla, limo y otras partículas disueltas del suelo que se depositan en el fondo de las masas de aguas. Se origina de la erosión de los suelos o la descomposición de la flora y fauna. El viento, el agua y el hielo pueden trasladar las partículas hasta las orillas de ríos, quebradas, lagos y otros cuerpos de agua. ⁴²

CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES

2.1. Formulación de Hipótesis

Existen diferencias en las concentraciones de mercurio en quebradas con antecedentes de ocurrencia y ausencia de derrames de petróleo en el río Corrientes.

2.2. Variables y su Operacionalización

Variables	Definición	Tipo por su naturaleza	Indicador	Escala de medición	Índice	Instrumento de toma de datos	Medio de verificación
Dependiente: Lugar de colecta	Áreas seleccionadas para la colecta de muestra	Cuantitativa	Cantidad de Lugares de Colecta	Razón	Número	Sistema de Posicionamiento Global (GPS)	Mapa de Ubicación. Registro Fotográfico.
Independiente: Concentración de Mercurio	Concentración en mg contenido en 1Kg de muestra.	Cuantitativa	Concentraciones	Razón	Mg/Kg	Espectrofotometría de absorción atómica.	Resultado del análisis de muestras. Base de datos.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Diseño Metodológico

3.1.1. Tipo de investigación

El estudio fue clasificado según Ñaupas et al. ⁽⁴³⁾ en aplicación y siguiendo el diseño de contrastación, que tuvo como meta describir los resultados según los objetivos de la investigación.

3.1.2. Diseño de investigación

La investigación es cuantitativa, descriptiva simple no experimental, y analítica y el objeto de estudio fue las concentraciones de mercurio registradas en las quebradas estudiadas.

3.1.3. Población en estudio

La población materia de estudio está constituida por los cuerpos de agua establecidos para el río Corrientes; Alto Corrientes: Quebrada Lupunillo, Quebrada Aunts Entsa, Quebrada Pañayacu, Quebrada Timo Entsa, Quebrada Huayurí; bajo corrientes: Quebrada Trompeterillo, Quebrada Jergón, Quebrada Oleoducto.

3.1.4. Muestra

Los sedimentos de las orillas de las quebradas estudiadas en la cuenca del río Corrientes.

3.1.5. Procesamiento de la información

Se utilizó Microsoft Excel para el ordenamiento de los valores y elaboración de graficas comparativas de los datos de los diferentes parámetros. Se empleó el programa estadístico SPSS V27 2020 para encontrar significancia.

3.2. Diseño Muestral

3.2.1. Área de estudio

El estudio se realizó durante los años 2016 y 2018 en quebradas que desembocan en el río corrientes; se tuvo dos áreas de trabajo: Alto Corrientes y Bajo Corrientes; las cuales se localizan en el distrito de Trompeteros, Provincia de Loreto, Departamento de Loreto (Figura 1). Las

quebradas estudiadas se encuentran en el bioma Amazónico Peruano; y la localización tiene un clima Megatérmico, uniforme, con temperaturas mayores a los 26,5°C, precipitaciones sobre los 4,000 mm distribuidas en todo el año y valores de humedad que superan el 75% (29). Para el alto Corrientes; las cuales según antecedentes son zonas con influencia de pozos petroleros y adyacentes al lote 192 de la empresa Pluspetrol; se estudiaron cinco (05) quebradas; y para el bajo Corrientes, sin zonas de influencia de pozos petroleros, tres (03) quebradas (Tabla 1).

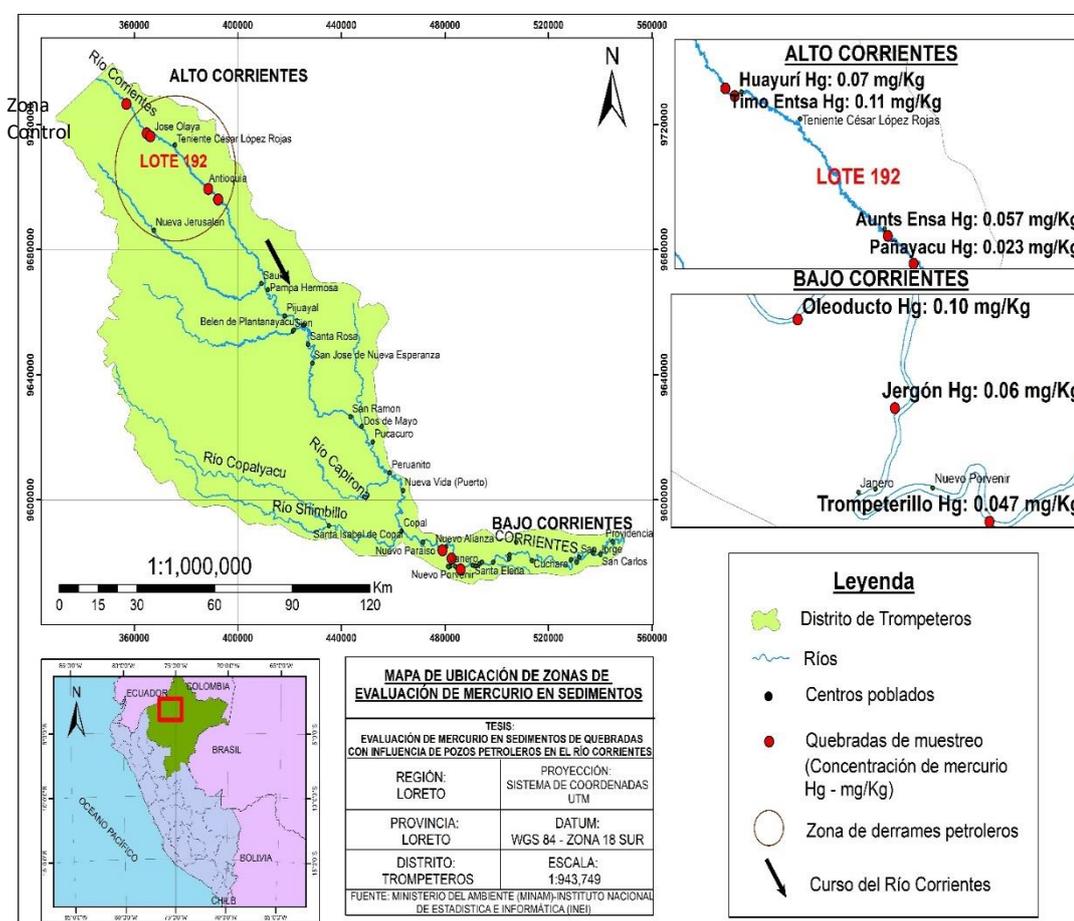


Figura 1. Localización de las zonas de evaluación de mercurio en sedimentos.

Tabla 1. Quebradas estudiadas en zona alta y baja del río corrientes en los años 2016 y 2018.

Zona y fecha de colecta	Puntos de muestreos	Coordenadas UTM	
		X	Y
Alto Corrientes- Setiembre de 2016	Quebrada Lupunillo – (Control)	356962	9726547
	Quebrada Aunts Entsa	388615	9699358
	Quebrada Pañayacu	392424	9696018
	Quebrada Timo Entsa	364797	9717109
	Quebrada Huayurí	366173	9716181
Bajo Corrientes- junio de 2018	Quebrada Trompeterillo	486034	9577779
	Quebrada Jergón	482590	9581199
	Quebrada Oleoducto	479051	9583872

3.2.2. Procedimientos de recolección y análisis de datos

Se realizó siete (07) muestreos de sedimento de orillas en quebradas con y sin actividad petrolera en dos periodos anuales. En setiembre del 2016 se muestrearon cuatro quebradas con actividad petrolera en la zona del alto corrientes: Aunts Entsa, Timo Entsa, Pañayacu y Huayurí (Anexo 2-Foto 2 al 6), cercanas a las comunidades de Antioquía y José Olaya; y en junio del 2018 se muestrearon en quebradas sin influencia de actividad petrolera en la zona de bajo corrientes: Trompeterillo, Jergón y Oleoducto (Anexo 3 -Foto 7 al 9); estas últimas cercanas a la localidad de Trompeteros.

Para el estudio se tomaron veintiuno (21) muestras en total de los siete (07) puntos de muestreo; siendo un punto de colecta una zona control para el estudio (Quebrada Lupunillo), Para ambas zonas se colectaron sedimentos en las de orillas, utilizando un tubo de plástico de 120 cm de largo e introduciéndolo hasta 100 cm. de profundidad (Anexo 1 - Foto 1). Las muestras colectadas fueron de aproximadamente un (1) kg, y fueron

depositadas en bolsas ziploc sin preservantes, siendo estas rotuladas y etiquetadas con un código y una descripción del lugar, nombre de la quebrada, zona de toma de muestra (orilla o fondo), fecha y hora de colecta. Posterior a las colectas de muestras, estas fueron enviadas a un laboratorio con acreditación por INACAL (Instituto Nacional de Calidad), en la ciudad de Lima para la determinación de las concentraciones de mercurio en los sedimentos mediante espectrometría de fluorescencia atómica, siguiendo los protocolos estandarizados por la EPA ⁽⁴²⁾ los análisis se realizaron de acuerdo al Método EPA 7474, con límite de detección 0,01 mg/Kg (Anexo 4).

El trabajo de gabinete post resultados de las concentraciones, se elaboró en el Laboratorio de Calidad Ambiental, ubicado en el Centro de Investigación Fernando Alcántara Bocanegra – CIFAB, sede del Programa de Investigación para el Uso y Conservación del Agua y sus Recursos (AQUAREC) del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), ubicado en el kilómetro 4.5 de la carretera Iquitos – Nauta.

3.2.3. Análisis estadístico

A los datos obtenidos se les aplicó un análisis de distribución normal, con la prueba de Shapiro Wilk, Posteriormente, debido a que los datos no tuvieron distribución normal se procedió a usar pruebas no paramétricas, mediante un análisis de comparación para determinar la existencia de diferencias significativas entre las concentraciones obtenidas, primero para todas las muestras de cada quebrada, se utilizó la prueba de Kruskal Wallis y segundo agrupando los datos, en alto y Bajo Corrientes y comparándolos mediante la prueba de Wilcoxon . Toda la tabulación de datos y los análisis estadísticos fueron realizados con los programas Microsoft Excel, PAST y Rstudio, con un nivel de significancia de $P \geq 0.05$.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Cuantificación de las concentraciones de Mercurio en sedimentos de quebradas con ocurrencia y ausencia de derrames de petróleo en el río Corrientes.

Las concentraciones de mercurio en sedimentos registradas en las dos zonas tanto el alto Corrientes con influencia de la actividad petrolera, como el bajo corrientes sin influencia de la actividad petrolera y además en la zona control arriba de la zona del alto corrientes, fuera de toda actividad petrolera, se observan en la tabla 2. (Anexos-Fotos 2 al 9)

Tabla 2. Quebradas evaluadas en el Alto y Bajo Corrientes.

Quebrada (Puntos)	Muestra/Área	Concentración Hg (mg/kg)	Fecha de colecta
Punto Control 1	Sedimento/Alto Corrientes	0,11	6/09/2016
Punto Control 2	Sedimento/Alto Corrientes	0,16	
Aunts Entsa 1	Sedimento/Alto Corrientes	0,06	12/09/2016
Aunts Entsa 2	Sedimento/Alto Corrientes	0,03	
Aunts Entsa 3	Sedimento/Alto Corrientes	0,08	
Pañayacu 1	Sedimento/Alto Corrientes	0,02	14/09/2016
Pañayacu 2	Sedimento/Alto Corrientes	0,02	
Pañayacu 3	Sedimento/Alto Corrientes	0,03	
Timo Entsa 1	Sedimento/Alto Corrientes	0,16	9/09/2016
Timo Entsa 2	Sedimento/Alto Corrientes	0,07	
Timo Entsa 3	Sedimento/Alto Corrientes	0,10	
Huayurí 1	Sedimento/Alto Corrientes	0,03	7/09/2016
Huayurí 2	Sedimento/Alto Corrientes	0,08	
Huayurí 3	Sedimento/Alto Corrientes	0,10	
Trompeterillo 1	Sedimento/Bajo Corrientes	0,06	2/06/2018
Trompeterillo 2	Sedimento/Bajo Corrientes	0,04	
Trompeterillo 3	Sedimento/Bajo Corrientes	0,04	
Jergón 1	Sedimento/Bajo Corrientes	0,05	7/06/2018
Jergón 2	Sedimento/Bajo Corrientes	0,07	
Jergón 3	Sedimento/Bajo Corrientes	0,06	
Oleoducto 1	Sedimento/Bajo Corrientes	0,16	5/06/2018
Oleoducto 2	Sedimento/Bajo Corrientes	0,05	
Oleoducto 3	Sedimento/Bajo Corrientes	0,10	

4.1.1. Análisis estadístico de las concentraciones de mercurio

4.1.1.1. Media de Concentración de mercurio en quebradas con influencia de pozos petroleros en la cuenca del alto Corrientes.

Los resultados obtenidos muestran que la quebrada Timo Entsa presentó el registro más alto de concentración de mercurio ($0,1100 \pm 0,0458$ mg/Kg de Hg); mientras que la quebrada Pañayacu presentó el registro más bajo de concentración de mercurio ($0,0233 \pm 0,20058$ mg/Kg de Hg) (Tabla 3).

Tabla 3. Resumen estadístico de las concentraciones de mercurio de los sedimentos evaluados en las quebradas correspondientes a la cuenca de alto Corrientes.

Resumen Estadístico de las mediciones de Mercurio	Valores de Mercurio en Quebradas del alto Corrientes (Colectado en septiembre de 2016)			
	Quebrada Aunts Entsa (Au)	Quebrada Pañayacu (Pa)	Quebrada Timo Entsa (Ti)	Quebrada Huayurí (Hu)
N° de muestras	3	3	3	3
Valor Mínimo (*)	0,03	0,02	0,07	0,03
Valor Máximo (*)	0,08	0,03	0,16	0,1
Media aritmética (*)	0,0567	0,0233	0,11	0,07
Mediana (*)	0,06	0,02	0,1	0,08
Desviación Estándar (*)	0,0252	0,0058	0,0458	0,036
Coeficiente de Variación (**)	44,4108	24,7436	41,6598	51,5079

(*) Valores expresados en mg/kg (ppm).

(**) Valores expresados en porcentaje

4.1.1.2. Media de Concentración de mercurio en quebradas sin influencia de pozos petroleros en la cuenca del bajo Corrientes.

Los resultados obtenidos muestran que la quebrada Oleoducto presentó el registro más alto de concentración de mercurio ($0,1033 \pm 0,00551$ mg/Kg de Hg); mientras que la quebrada Trompeterillo presentó el registro más bajo de concentración de mercurio ($0,0467 \pm 0,0115$ mg/Kg de Hg) (tabla 4).

Tabla 4. Resumen estadístico de las concentraciones de mercurio en sedimentos evaluados en las quebradas correspondientes a la cuenca del bajo Corrientes.

Resumen Estadístico de las mediciones de Mercurio	Valores de Mercurio en Quebradas del Bajo Corrientes (Colectado en junio de 2018)		
	Quebrada Trompeterillo (Tr)	Quebrada Jergón (Je)	Quebrada Oleoducto (Ol)
N° de muestras	3	3	3
Valor Mínimo (*)	0,04	0,05	0,05
Valor Máximo (*)	0,06	0,07	0,16
Media aritmética (*)	0,0467	0,06	0,1033
Mediana (*)	0,04	0,06	0,1
Desviación Estándar (*)	0,0115	0,01	0,0551
Coefficiente de Variación (**)	24,7436	16,6667	53,2991
(*) Valores expresados en mg/kg (ppm).			
(**) Valores expresados en porcentaje			

4.2. Comparación de las concentraciones de mercurio en sedimentos de 07 quebradas del río Corrientes.

4.2.1. Resumen Estadístico de los valores de las cuencas del Alto y Bajo Corrientes.

Las muestras de sedimento, de la cuenca del alto Corrientes, presentaron una concentración de $0,065 \pm 0,00423$ mg/Kg de mercurio (media aritmética \pm desviación estándar); mientras que, en la cuenca del bajo Corrientes, presentaron una concentración de $0,07 \pm 0,00384$ mg/Kg de mercurio (tabla 5).

Tabla 5. Resumen de las concentraciones de mercurio en sedimentos de las quebradas del Alto y Bajo Corrientes.

Resumen Estadístico de las mediciones de Mercurio	Valores de Mercurio en Quebradas del Río Corrientes	
	Cuenca del Alto Corrientes (Setiembre de 2016)	Cuenca del Bajo Corrientes (Junio de 2018)
N° de muestras analizadas	12	9
Valor Mínimo de Hg (*)	0,02	0,04
Valor Máximo de Hg (*)	0,16	0,16
Media aritmética de Hg (*)	0,065	0,07
Mediana del valor de Hg (*)	0,065	0,06
Desviación Estándar del valor de Hg (*)	0,0423	0,0384
Rango Intercuartílico (*)	0,055	0,02
Coeficiente de Variación (**)	65,1064	54,8653
(*) Valores expresados en mg/kg (ppm).		
(**) Valores expresados en porcentaje		

4.2.2. Significancia estadística entre quebradas del Bajo y Alto Corrientes.

Se utilizó la prueba de Shapiro Wilk para la normalidad de datos, se muestra los resultados en la tabla 6.

Tabla 6. Prueba de Normalidad de Shapiro Wilk

Test de Shapiro - Wilk	Valor
N° de Muestras	21
W	0,8848
p-valor	0,01796

El p-valor, fue menor a 0,05 lo que indica que los datos no tienen distribución normal, procediendo a usar estadística descriptiva (Test de Kruskal Wallis y Wilcoxon).

El resultado de comparación mediante la prueba de Kruskal Wallis de las quebradas con ocurrencia y ausencia de derrames petroleros, indicó que no existe diferencias significativas en la concentración de mercurio en las muestras de sedimentos en las siete quebradas estudiadas en el río Corrientes ($\chi^2 = 11,743$; gl. = 6; $p = 0,0680$), a pesar que se nota una diferenciación algo marcada entre los valores de las medianas de las quebradas y a su vez concentraciones de mercurio heterogéneas en las siete quebradas estudiadas, esto se presenta en la Figura 2.

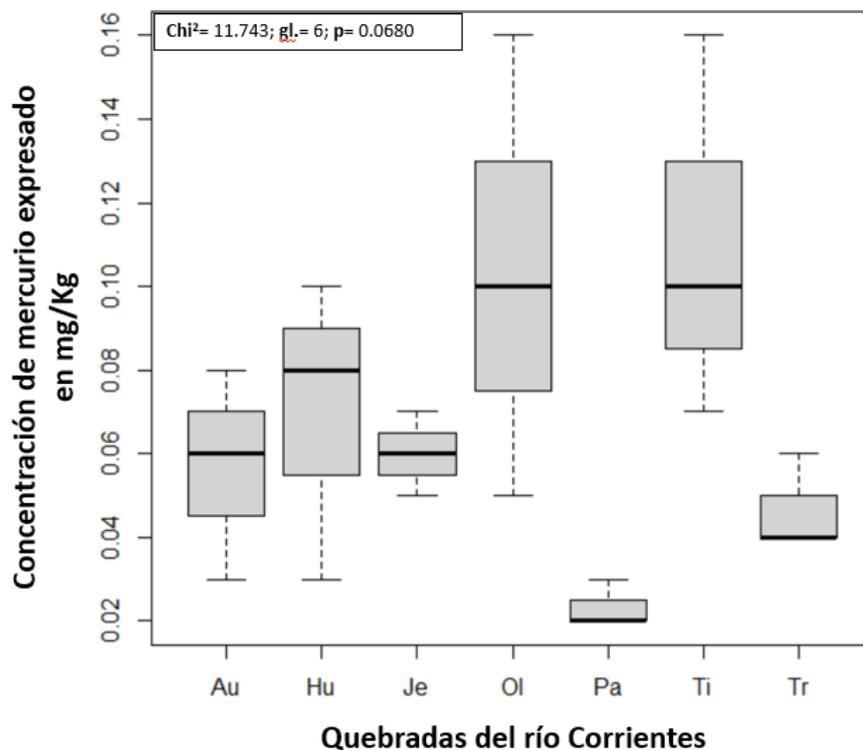


Figura 2. Diagrama de caja de comparación de la concentración de mercurio, en sedimentos de quebradas del río Corrientes.

El resultado de comparación mediante la prueba de Wilcoxon entre las cuencas del bajo y alto Corrientes, indicó que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las concentraciones de mercurio en las muestras de sedimentos en las dos cuencas del río Corrientes, tanto alto y bajo corrientes ($W= 49$; $p= 0,7477$), lo cual indica que la concentración de mercurio en el sedimento del río corrientes es estadísticamente similar, entre las zonas del bajo y alto corrientes (Figura 3).

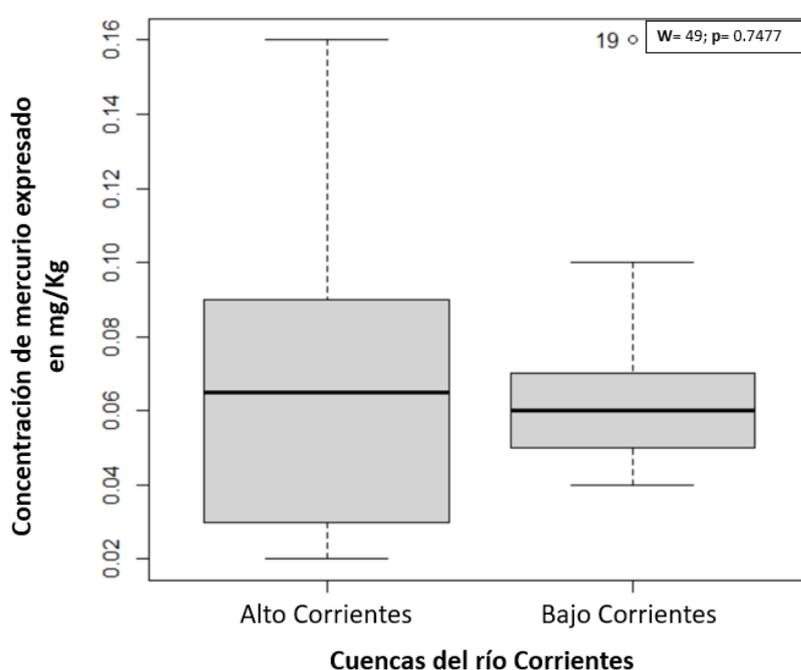


Figura 3. Diagrama de caja de comparación de la concentración de mercurio, en sedimentos de quebradas del río Corrientes, según cuencas.

4.2.3. Concentraciones de mercurio a nivel de quebradas del río Corrientes, en relación al Estándar de Calidad Ambiental (ECA)

En el gráfico se muestra la comparación de las concentraciones promedio de mercurio de las quebradas evaluadas en el estudio, con las normas internacionales (Norma de Canadá y Norma de E.E.U.U.), (Figura 4). Cabe

indicar que, como los datos no presentan distribución normal, la concentración promedio de Hg, estará representado por la mediana. Además, en referencia a la norma internacional de E.E.U.U., ninguna quebrada superó el valor de referencia (valor de 0,15). En referencia a la norma internacional de Canadá, se puede verificar que dicha norma es más contemplativa, razón por la cual ninguna quebrada superó dicho valor de referencia (valor de 0,17).

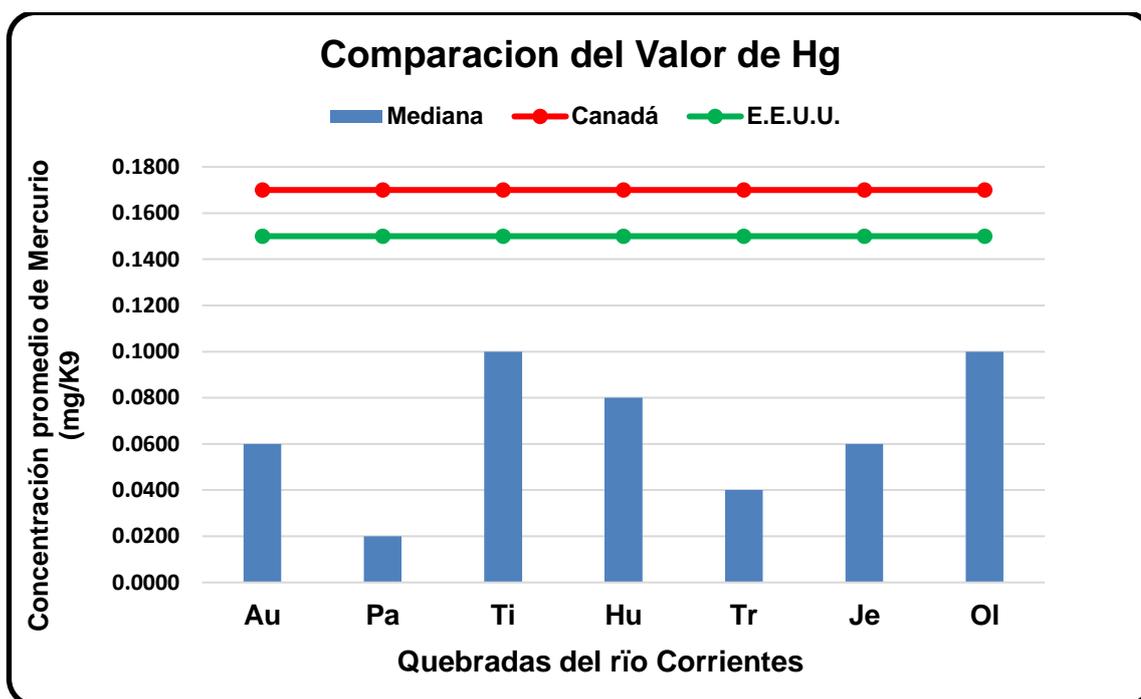


Figura 4. Comparación de los valores promedios de mercurio, con las normas internacionales.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

- En esta investigación al identificar las diferencias en las concentraciones de mercurio en sedimentos de quebradas con ocurrencia y ausencia de derrames de petróleo en el río Corrientes, se pudo determinar que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las concentraciones de mercurio en las muestras de sedimentos en las dos cuencas del río Corrientes (Alto Corrientes con influencia petrolera y bajo Corrientes sin influencia petrolera) ($W= 49$; $p= 0,7477$), sin embargo, existen valores altos de mercurio encontrado en concentraciones promedios de 0,11 y 0,10 mg/kg en en las áreas estudiadas de acuerdo a la norma canadiense, por lo tanto no se acepta la hipótesis general, ya que no existen diferencias en las concentraciones de mercurio en quebradas con antecedentes de ocurrencia y ausencia de derrames de petróleo en el río Corrientes. Estos resultados son corroborados por **Nuñez M et al.** ⁽⁶⁾ quienes en su investigación evaluaron mercurio en sedimentos en la Amazonía colombiana, presentando valores menores a 0,059 mg Hg/kg total en los sitios muestreados. El máximo valor registrado en sus muestreos no superó la norma establecida por la EPA en Estados Unidos de 0,15 mg Hg/kg, al igual que el Corrientes no se superó en las 7 quebradas la mencionada norma. Entre tanto, **Espitia** ⁽⁷⁾ hizo un estudio en Colombia, en el Canal del Dique, obteniendo concentraciones de Hg en sedimento superficial de dos cuerpos de agua y una zona control, encontraron los resultados siguientes: en Soplavientos de 0,072 mg Hg/Kg a 0,126 mg Hg/Kg con un promedio de 0,093 mg Hg/Kg y en Gambotes fluctúa de 0,147 Hg/Kg a 0,240 mg Hg/Kg con un promedio de 0,193 mg

Hg/Kg. Estos valores son normales en contraste con los resultados de los puntos del cuerpo de agua control. Con respecto a nuestro estudio, tuvimos una zona control, la cual sobre pasa en concentraciones de mercurio a las 7 quebradas, de los cuales se afirma que las quebradas analizadas están a niveles normales respecto a nuestra zona control, al igual que este autor. Asi mismo **Marquez L & Alho C.** ⁽⁹⁾ en el río Bento Gomes en Brasil, reportan que los niveles de mercurio en el sedimento analizado, son bajos, pero en algunos puntos muestreados se situaron por encima del valor de referencia, del total de 69 muestras evaluadas, sólo el 26% (n = 18) presentó niveles detectables, de las cuales 6 de ellas mostraron valores por encima del nivel considerado natural. Además, el **Ministerio de Energía y Minas**, alertó de los elevados niveles de contaminantes en todas las cuencas de las zonas que reciben aguas de formación, de grasas y aceites, hidrocarburos, y metales pesados, incluidos el mercurio, en las muestras de agua de las quebradas afluentes; y correspondientes a lo analizado en sedimentos, se reportó contaminación por metales pesados y cloruros, con tasas de hidrocarburos de 54,5 mg/Kg P.S. como mínimo y máximo de 43595,5 mg/Kg P.S. ⁽¹⁰⁾. De la misma forma, **Yusta R, et al.** ⁽¹³⁾, recopilaron las concentraciones de compuestos químicos petrogénicos en varias matrices ambientales en la Reserva Nacional Pacaya Samiria y su área de influencia entre los años 1994 y 2015, analizando para los datos de mercurio, reportaron que en 205 muestras en agua y en 120 muestras de suelos, compararon con la normativa europea y la categoría 1 de la norma nacional y concluyeron que no hay muestras con concentraciones que superen el límite legal tanto en agua y suelos. El límite legal vigente de

mercurio en suelos es de 6,6 mg/kg y ninguna muestra tiene superó este límite. Coincidiendo con, **Maco J. & Sandoval E.**⁽¹⁶⁾, a nivel local evaluaron sedimentos del fondo del río Nanay, donde reportan que los niveles de mercurio oscilaron entre 0,005 a 0,0815 mg Hg/kg, con una media de 0,0249 mg Hg/kg; observándose un incremento de la concentración de mercurio río abajo. Estos valores de mercurio no sobrepasan los límites máximos permisibles, en contraste con nuestro estudio, en el Corrientes de igual forma no se sobrepasó los límites según las normas internacionales que se comparó, sin embargo, el incremento se dio en la zona aguas arriba, en nuestra zona control y no aguas abajo de nuestra zona de estudio. En un informe la **Autoridad Nacional del Agua** evaluó sedimentos y calidad de agua superficial en el río Corrientes ejecutada del 25 de abril al 2 de mayo de 2013 en la zona que abarca el lote 192, y determinó para agua superficial que, solo en un punto se obtuvo un valor mayor a los ECAs en el caso de bario, para plomo en 15 puntos de muestreo, para HTP solo en tres puntos de muestreo se sobrepasó los rangos de las ECAs, siendo el resto de parámetros dentro de los rangos aceptables de los ECAs para agua superficial. Entretanto para la calidad de sedimentos, para mercurio todos los valores fueron inferiores a 0,06 mg/Kg, estando dentro de los rangos normales en sedimentos⁽²³⁾. Sin embargo, mediante los trabajos de **Pouilly M, et al.**⁽⁰⁸⁾, determinaron niveles altos de mercurio según su trabajo de investigación realizado en la cuenca Iténez en Bolivia, en dos épocas, en junio y septiembre (fin de aguas altas y fin de estiaje respectivamente). Mencionan, que las cargas de mercurio en los sedimentos arrastrados por los ríos son homogéneas en los diferentes

sectores que estudiaron a excepción de los arroyos que drenan la mina San Simón y la Serranía. Estos últimos muestran cuarenta veces más Hg que los otros, lo que indica una contribución de Hg, relacionado a la minería. Entre tanto, **Chota W, et al.** ⁽¹⁴⁾ realizó un estudio sobre la calidad ambiental de las cuencas del Napo, Arabela y Curaray en Loreto por parte del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), en época de creciente, no se registró mercurio en sedimentos en ninguna cuenca evaluada, sin embargo, en la vaciante registra concentraciones que superan el límite permisible (0,174 mg/kg) en la estación Curaray 3 (0,27 a 0,30 mg/kg), y cercano a los límites permisibles en la estación Napo 2 (0,15 mg/kg) y Arabela 2 (0,13 mg/kg).

- Queda evidente que la actividad petrolera provocó impactos socio-ambientales graves, causado por el vertimiento de aguas de formación al ambiente como un proceso cotidiano por la empresa petrolera desde los comienzos de las actividades en 1971. Esta problemática obligó al Ministerio del Ambiente a aprobar por resolución ministerial, las declaraciones de las emergencias ambientales para los ríos Pastaza, Corrientes y Tigre (RM-064-2013-MINAM y RM-263-2013-MINAM) por la alta contaminación debido a los derrames de crudo en las zonas mencionadas ⁽¹⁶⁾. Sin embargo, no se pudo demostrar el aporte de mercurio por parte de las actividades petroleras desde el inicio de sus operaciones y los derrames petroleros en el proceso de la operatividad de las empresas que administraban en todos esos años, y no se encontró estudios que evidencien el aporte de mercurio por la actividad petrolífera. Asimismo es

probable que exista un riesgo de aumento otros de metales pesados en la zona del río Corrientes debido a las actividades antropogénicas y por las irregularidades por parte de los actores encargados, en cumplimiento con las políticas de remediación y gestión ambiental, en nuestro estudio no se evidenció en específico, altos niveles de mercurio pero si desigualdad en distribución de este metal, más allá de las dos zonas evaluadas, por lo tanto resumir que si existe una relación entre la contaminación por metales pesados y la industria de producción de petróleo crudo, esta en la desigualdad de distribución, siendo probablemente por las acciones irregulares que han ocurrido en el proceso de extracción y producción y algunas actividades antrópicas que producen erosión en los suelos, siendo el mercurio uno de los metales detectados en estos incidentes, coincidiendo con **Mustafa et al.** ⁽⁴⁴⁾, ya que son de repercusión importante en los efectos a largo plazo, debido a la metilación de este metal, formando así, metilmercurio, y este último por su fácil inserción en los organismos acuáticos, y no solo afectando a la fauna acuática, sino a los pobladores que viven aledaños al río Corrientes, siendo el consumo de peces la fuente primaria de su alimentación, por lo tanto, la cuantificación de la concentración de mercurio en un ecosistema es de suma importancia.

CAPITULO VI: CONCLUSIONES

- Se cuantificó y se comparó las concentraciones de mercurio en las 07 quebradas y se determinó que, no existen diferencias estadísticamente significativas entre las concentraciones de mercurio en las muestras de sedimentos del alto Corrientes con ocurrencia y bajo Corrientes con ausencia de derrames petroleros.
- No se demostró el aporte de mercurio por las actividades petroleras y los derrames de crudo, según los antecedentes y declaratorias de emergencia en el área de influencia del lote 192 como causa de las concentraciones de mercurio en la zona de estudio.
- Es probable que, en la zona de estudio, se estén realizando algunos procesos naturales y/o existen otras actividades como la deforestación y remoción de suelo (por algunas actividades antropogénicas que faltan determinar), debido al ligero incremento de las concentraciones de mercurio que se registró en la zona control, por lo que existe desigualdad en la distribución del mercurio más allá de las dos zonas evaluadas en los cuerpos de agua del río corrientes.

CAPITULO VII: RECOMENDACIONES

- Para la cuantificación tener un cuidado exhaustivo desde el momento del muestreo, el traslado hacia el centro de acopio y cuando se envía al laboratorio para el análisis respectivo, no permitiendo que se pueda contaminar con factores externos.
- Para una mejor comparación se recomienda identificar otras fuentes de mercurio en estas zonas, como la deforestación, los desechos de los pobladores, la minería ilegal entre otros, así como estudios de isotopos de Hg, además de evaluar los niveles de concentración de otros metales pesados de importancia y que son indicadores de contaminación en las quebradas y en el rio Corrientes para ver la relación de estos con el mercurio.
- Para un mejor análisis del mercurio en la zona, se recomienda hacer estudios de concentración de mercurio relacionados a la deforestación.

CAPITULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Productos Químicos. Evaluación Mundial sobre el mercurio. Programa sobre el mercurio. Ginebra: pnuma; 2005.
2. Lindberg S, Wallschlager D, Prestbo E, Bloom N, Price J, Reinhart D. Methylated mercury species in municipal waste land- fill gas sampled in Florida, usa. Atmospheric Environ 2001; 35: 4011-4015.
3. Johansen P, Mulvad G, Sloth H, Hansen J, Riget F. Human accumulation of mercury in Greenland. Sci Total Environ 2007; 377: 173-178.
4. Carmouze J, Lucote M, Boudou A. Le mercure en Amazonie, Role de l'homme et de l'environnement, risques sanitaires. En : Roulet M, Grimaldi C. Le mercure dans les sols d'Amazonie: origine et comportement du mercure dans les couvertures ferrallitiques du bassin amazonien et des Guyanes. París, Francia. IRD Editions. 2001; 1:121-165.
5. Comisión de Justicia y Derechos Humanos. Vulneración de derechos fundamentales de los pueblos amazónicos asentados en las cuencas de los ríos Pastaza, Tigre, Corrientes y Marañón . [Informe] Lima-Perú. Congreso de la República. 2013.
6. Nuñez M, Agudelo E, Gil B. Un análisis descriptivo de la presencia de mercurio en agua, sedimento y peces de interés socio-económico en la amazonia colombiana. Colombia Amazónica (Colombia) 2014; 7: 152-155.

7. Espitia N. Determinación de metales pesados en sedimentos superficiales en cuerpos de agua del canal del dique en las poblaciones de Gambote y Soplaviento (Bolívar). Instituto de Investigación (RIIGEO), Universidad de Cartagena- Facultad de ciencias químicas y Farmacéuticas. (Colombia) 2014; 17: 91-100.
8. Pouilly M, Pérez A, Ovando F, Guzmán P, Paco J, Duprey J, Chinchero B, Caranza F, Barberi F, Gardon J. Diagnóstico de la contaminación por el mercurio en la cuenca lénez. Procesos geoquímicos y bioquímicos. Exposición de las poblaciones humanas. [Informe]. La Paz, Bolivia. Institut de Recherche pour le Développement. Universidad Mayor de San Andrés (Universidad Mayor de San Simón. International Institute for Geo-information Science and Earth Observation (ITC, The Netherlands). 2008.
9. Alho C. Contaminación por Mercúrio en Sedimento y Moluscos de la Bahía de río Bento Gomes. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, EMBRAPA. (Brasil). 2004; 24: 1517-1981.
10. Ministerio de Energía y Minas del Perú (1998). Evaluación ambiental Territorial de las Cuencas de los ríos Tigre Pastaza, 65. Ministerio de Energía y Minas del Perú, Lima, Perú.
11. OSINERG (2004). Informe Lotes 1-AB y 8. Respuesta al Oficio N°0075-2004-JDC/CR del Congreso de la República.
12. Mayor P, Rosell A, Cartró-Sabaté M, Orta-Martínez M. Actividades petroleras en la Amazonía: ¿Nueva amenaza para las poblaciones de tapir? Tapir Conservation, The Newsletter of the IUCN/SSC Tapir Specialist Group. 2014: 26-29.

13. Yusta R, Muñoa G, González C, Rosell A, Orta M, Mayor P. Indicadores de contaminación petrogénica en la reserva nacional pacaya samiria. [Informe]. España: Instituto de Ciencia y Tecnología Ambiental. Universitat Autònoma de Barcelona; 2016.
14. Chota W, Chu F, García C, Castro D, Ismiño R, García A, Sánchez H, Arévalo L, Tello S. Calidad ambiental de los ríos Curaray, Arabela y Napo (Loreto, Perú). *Revista Folia Amazónica (Iquitos-Peru)*; 2014; 23: 160-163.
15. Alva V, Sotero M. Contenido de metales pesados en agua y sedimento en el bajo Nanay. *Ciencia Amazónica, Universidad Científica del Perú. (Iquitos- Perú)* 2013; 3(1): 24-32.
16. Maco J, Sandoval E. Presencia de mercurio en el agua y sedimento de fondo en el río Nanay. *Folia Amazónica IIAP. (Iquitos-Perú)* 2005; 14 (2): 78-80.
17. Federación de Comunidades Nativas del río Corrientes (FECONACO). Sistematización de experiencias con el programa de capacitación y vigilancia territorial independiente de FECONACO. [Manual] Iquitos, Perú: 2011.
18. Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA). Evaluación de resultados del monitoreo del río Corrientes y toma de muestras biológicas, en la intervención realizada del 29 de junio al 15 de julio del 2005. [Informe] Iquitos-Perú: Ministerio de Salud; 2006.

19. Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA). Reporte público del monitoreo realizado en cc.nn. de la cuenca del río Corrientes, abril - mayo 2013. [Informe] Iquitos, Perú: Ministerio de Salud; 2013.
20. Perú. Ministerio de Salud. Decreto supremo 031-2010-SA. Reglamento de la Calidad de de agua para consumo humano. Diario Oficial el Peruano; 2010. (Publicado el 24 de setiembre de 2010).
21. Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA). Evaluación ambiental de calidad de suelos en el lote 1-AB, correspondiente a la cuenca del Corrientes. [Informe] Iquitos, Perú; 2013.
22. Perú. Ministerio del Ambiente. Decreto Supremo N°002-2013-MINAM. Estandares de calidad ambiental para suelo (ECA). Diario Oficial el Peruano-Normas Legales (Publicado el 25 de Marzo del 2013).
23. Autoridad Nacional del Agua (ANA). Informe del monitoreo de calidad de agua superficial y sedimentos en la Cuenca del río Corrientes realizada del 25 de abril al 02 de mayo del 2013 en el ámbito del Lote 1AB, operado por la empresa Pluspetrol Norte S.A. . [Informe]. Iquitos, Perú; 2013.
24. Organismo de Supervisión de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN). Informe n° 230563-2013-GFHL-UPPD. Sobre la visita realizada por el grupo de trabajo ambiental de la comisión multisectorial a la cuenca del río Corrientes. [Informe]. Iquitos, Perú; 2013.
25. Perú. Ministerio del Ambiente. Resolución Ministerial N° 094-2013-MINAM- Declaratoria de emergencia ambiental de la cuenca del rio

- Pastaza. Diario Oficial el Peruano-Normas Legales. (Publicado el 25 de Marzo del 2013).
26. Perú. Ministerio del Ambiente. Resolución Ministerial N° 263-2013-MINAM. Declaratoria de emergencia ambiental de la cuenca del Corrientes. Diario Oficial el Peruano-Normas Legales. (Publicado el 6 de Setiembre del 2013)
27. Perú. Ministerio del Ambiente. Decreto Supremo N° 032-2019-PCM. Declaratoria de emergencia el centro poblado de Mayuriaga, distrito de morona, datem del Marañon. Diario Oficial el Peruano-Normas Legales (Publicado el 21 de Febrero del 2019).
28. Perú. Ministerio del Ambiente. Resolución Ministerial N° 126-2019. Declaratoria de emergencia ambiental del área geográfica que comprende la localidad de Villa Trompeteros - Nueva Libertad, ubicada en el distrito de Trompeteros. Diario Oficial el Peruano-Normas Legales (Publicado el 06 de Mayo del 2019).
29. Cartró Sabaté M, Orta Martínez M. Spatial analysis of oil spill risk and impacts in the block 1AB, Loreto, Perú. [Tesis de Maestría en estudios ambientales]. España : Instituto de Ciencias y Tecnología. Universidad Autónoma de Barcelona, Área de Investigación Ambiental; 2012.
30. Green facts, facts on health and the environment. [Internet]. [Consultado 15 Jul 2022]. Disponible en: <https://www.greenfacts.org/es/glosario/mno/metilmercurio.htm>
31. Instituto Nacional del Cancer. [Internet]. [Consultado 15 Jul 2022]. Disponible en:

<https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/metilacion>

32. Nimick DA, Gammons CH, Parker SR. Diel biogeochemical processes and their effect on the aqueous chemistry of streams: a review. *Chemical geology*; 2011; 283: 3 – 17.
33. Silva AM. Principios Básicos de Hidrología. Lavras: UFLA – Departamento de Engenharia. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 2007; 2(2): 1411.
34. Vannote RL. et al. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries Aquatic Science*. 1980; 37: 130 – 137.
35. Porto MFA, Porto RLL. Gestão de bacias hidrográficas. *Estud. AV.*, 2008; 22(63): 43 - 60.
36. Schelker J., et al. Effects of forestry operations on dissolved organic carbon concentrations and export in boreal first-order streams. *Journal of Geophysical Research, New Zealand*. 2012; 117.
37. Decreto Supremo N° 008-2005-PCM - Reglamento de la Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental. 28 de enero.
38. Gobierno de México, ¿Que es la extracción de hidrocarburos? [Internet]. [Consultado 26 Mar 2023]. Disponible en: <https://www.gob.mx/sener/articulos/que-es-la-extraccion-de-hidrocarburos>

39. Gestión en recursos naturales, Impacto Ambiental [Internet]. [Consultado 27 Mar 2023]. Disponible en: <https://www.grn.cl/impacto-ambiental.html#:~:text=Definici%C3%B3n>
40. Arveng, Training & Engineering. El sector del gas y el petróleo [Internet]. [Consultado 27 Mar 2023]. Disponible en: <https://arvengtraining.com/el-sector-de-gas-y-petroleo>
41. Texto extraído de <https://modii.org/antropogenico/> Tollefson J. Fighting for the forest: The roadless warrior. Nature Journal. (Estados Unidos) 2011. 480: 22-24.
42. Environmental Protection Agency (EPA). [En línea]. United States . SW-846 Test Method 7474: Mercury in Sediment and Tissue Samples by Atomic Fluorescence Spectrometry. [accesado el 28 de abril de 2018]. Revision 0, February del 2007. Disponible en: <http://EPA.SW-846.Testmethod7474data.net/>
43. Ñaupas PH, Mejía ME, Novoa RE, et al. Metodología de la investigación Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis. Cuarta Edición. Bogotá: Ed. de la U, 2014.
44. Mustafa A, Juahir H, Yunus K, Azizi M. Oil spill related heavy metal: a review. Malaysian Journal of Analytical Sciences (Malaysia). 2015. 19: 1348-1360.

ANEXOS

Anexo 1. Actividades realizadas en la colecta de muestra en campo.



Foto 1. Colecta de sedimentos con el tubo de 120 cm de largo en las orillas de las quebradas.

Anexo 2. Quebradas muestreadas en el Alto Corrientes.



Foto 2. Quebrada Control Lupunillo.



Foto 3. Quebrada pañayacu.



Foto 4. Quebrada Aunts Entsa.



Foto 5. Quebrada Timo Entsa.



Foto 6. Quebrada Huayurí.

Anexo 3. Quebradas muestreadas en el Bajo Corrientes



Foto 7. Quebrada Jergón.



Foto 8. Quebrada Oleoducto.



Foto 9. Quebrada Trompeterillo.

Anexo 4. Protocolo del Método 7474 para análisis de mercurio de la EPA.

PROCEDIMIENTO

1. Prepare las muestras en una unidad de microondas utilizando solo ácido nítrico y clorhídrico. El procedimiento de digestión descrito a continuación es una modificación del Método 305.
 - 1.1. Sistema de digestión: Transfiera aproximadamente 1.0 g de muestra húmeda a un recipiente de digestión. Añadir 2.0 ml de nítrico concentrado y 6.0 ml de clorhídrico concentrado y tapón.
 - 1.2. Use los microondas en las muestras con un programa apropiado para completar digestión. Por lo general, la temperatura debe incrementarse lentamente a 190° C durante 10 minutos o hasta que la digestión se haya completado.
 - 1.3. Enfriar las muestras. Durante el período de enfriamiento, ventile y agite las muestras. De vez en cuando para liberar gases disueltos. Después de que las muestras se hayan enfriado y se hayan disuelto
Los gases se han disipado, transfiera 1.0 ml de la muestra digerida a un 50 % graduado. Tubo de centrifuga de ml que contenga agua reactiva, solución de bromato / bromuro de 2.0 ml y 2.5 ml de HCl. Llévelo a volumen con agua reactiva y deje que se digiera en la habitación.
Temperatura durante 15 min. Documentar la precisión de los tubos de centrifugado a través de registros de masa/volumen o uso de vidrio volumétrico.
 - 1.4. Configurar una secuencia de tiempo controlada por software para el análisis. Seguir sus instrucciones del fabricante del instrumento para todos los ajustes. Secuencias de tiempo que debería ser:
 - 1.5. Demora: el paso de demora permite que la línea de muestra se llene con la muestra.
 - 1.6. Subida: el paso de subida permite que la muestra ingrese al separador de gas/líquido y reaccionar con el cloruro de estaño. El mercurio en la muestra digerida se reduce a Hg0 y la corriente portadora de argón lleva el Hg0 como vapor de mercurio al detector.
 - 1.7. Análisis: el tiempo de análisis permite que la altura del pico aumente a su máximo mientras que el software mide la altura o área pico.
 - 1.8. Memoria: el tiempo de memoria de memoria permite que la señal regrese a la línea de base de nivel.
 - 1.9. ajuste los flujos de gas a un nivel que proporcione la sensibilidad adecuada para el deseado rango analítico. Los caudales para el gas portador, el gas de envoltura y el gas de tubo de secado deben ser establecidos.
 - 1.10. al usar una bomba peristáltica de velocidad variable, elija el tamaño apropiado del tubo para obtener una relación aproximada de 2:1 entre las tasas de flujo de muestra/lavado y la tasa de flujo reductor.
Establezca la ganancia en el detector en el rango de sensibilidad requerido para el análisis.
 - 1.11. Si se utiliza un inyector automático, configure una solución de lavado para el inyector automático debe aproximarse mucho al agua de lavado en concentración de ácido o contenga ácido en una concentración suficiente (típicamente 5%) para excluir cualquier remanente de muestras.

1.12. espere 30 minutos para que el sistema se equilibre antes de iniciar el análisis de muestra.

1.13. Análisis de muestras

1.14. Agregue 0.10 ml de la solución de hidroxilamina a cada muestra y estándar para eliminar el exceso de bromo y decolorar la muestra.

1.15. Permita que el precipitado o el sedimento en las muestras diluidas se asienten para evitar el ensuciamiento, las válvulas con material sólido durante el análisis.

1.16. cualquier muestra que dé una respuesta mayor que el estándar más alto debe ser diluido y volver a ejecutar. Agregue cantidades apropiadas de reactivos para asegurar el reactivo la concentración de la muestra diluida coincide con la de las otras muestras y el lavado.

1.17. cualquier muestra que se encuentre fuera del laboratorio, calcule y derive el CC.

El rango debe ser re-dirigido y vuelvo a analizar.

2. ANÁLISIS DE DATOS Y CÁLCULOS

2.1. Mantenga un libro de registro de instrumentos que contenga toda la información necesaria para reproducir las condiciones analíticas asociadas con una ejecución de muestra.

2.2. Cálculo de la muestra:

$$\frac{\mu\text{g/Kg of Hg}}{\text{L}} = \frac{\text{detected } \mu\text{g Hg} \times 0.008 \text{ L of dig. Solution} \times \text{final volumen of 0.05 L}}{\text{grams of simple} \quad 0.001 \text{ L digested simple}}$$

Cuando se requiere un informe de corrección de humedad, los resultados de concentración para todas las matrices de muestra calculado como se indica en esta sección pueden convertirse en resultados corregidos de la humedad de la siguiente manera:

$$\text{Moisture corrected concentration} = \frac{(\text{As received concentration}) \times 100}{(100. \% \text{ Moisture})}$$

Donde el porcentaje de humedad se determina secando una alícuota de la muestra a 105° C durante la noche. El % de humedad se calcula de la siguiente manera:

$$\% \text{Moisture} = \frac{\text{g of simple. g of dry simple} \times 100}{\text{g of sample}}$$

2.3. Los resultados deben reportarse en unidades acordes con uso previsto y todas las diluciones deben tenerse en cuenta al calcular los resultados finales.