



UNAP



**FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN GESTIÓN
AMBIENTAL**

TESIS

**“EVOLUCIÓN Y PREDICCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE
MERCURIO EN LA CUENCA DEL NANAY Y SU INFLUENCIA
EN LA DISPONIBILIDAD DE FUENTES PROTEICAS Y AGUA
DULCE EN LA POBLACIÓN DE IQUITOS – LORETO, 2022”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL**

PRESENTADO POR:

CESAR ARON BARDALES FREITAS

ASESOR:

Ing. PEDRO ANTONIO GRATELLE SILVA, Dr.

IQUITOS, PERÚ

2023



FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN
GESTIÓN AMBIENTAL



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS No. 025-CGYT-FA-UNAP-2023.

En Iquitos, en el auditorio de la Facultad de Agronomía, a los 03 días del mes de mayo del 2023, a horas 06:00pm., se dio inicio a la sustentación pública de la Tesis titulada: "EVOLUCIÓN Y PREDICCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE MERCURIO EN LA CUENCA DEL NANAY Y SU INFLUENCIA EN LA DISPONIBILIDAD DE FUENTES PROTÉICAS Y AGUA DULCE EN LA POBLACIÓN DE IQUITOS – LORETO, 2022", aprobado con Resolución Decanal No. 098-CGYT-FA-UNAP-2022, presentado por el Bachiller: CESAR ARON BARDALES FREITAS, para optar el Título Profesional de INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL, que otorga la Universidad de acuerdo a la Ley y Estatuto.

El Jurado Calificador y dictaminador designado mediante Resolución Decanal No. 016-CGYT-FA-UNAP-2023, está integrado por:

Ing. RAFAEL CHAVEZ VASQUEZ, Dr.	Presidente
Ing. JORGE AGUSTIN FLORES MALAVERRY, M.Sc.	Miembro
Ing. MANUEL CALIXTO AVILA FUCOS, M.Sc.	Miembro

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

A SATISFACCIÓN

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

La sustentación pública y la Tesis han sido: APROBADA con la calificación MUY BUENA

Estando el Bachiller APTO para obtener el Título Profesional de INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL

Siendo las 7:19pm., se dio por terminado el acto ACADÉMICO.

Ing. RAFAEL CHAVEZ VASQUEZ, Dr.
Presidente

Ing. JORGE AGUSTIN FLORES MALAVERRY, M.Sc.
Miembro

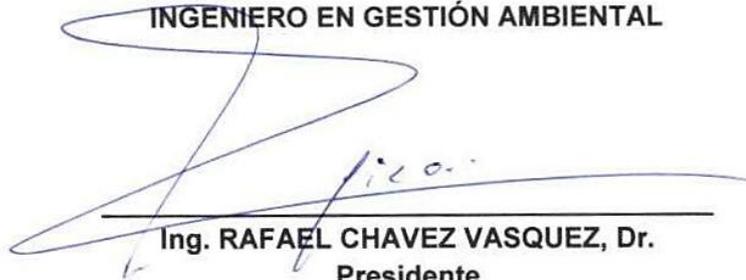
Ing. MANUEL CALIXTO AVILA FUCOS, M.Sc.
Miembro

Ing. PEDRO ANTONIO GRATELLE SILVA, Dr.
Asesor

JURADO Y ASESOR
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL

Tesis aprobada en sustentación pública el día 03 de mayo del 2023, por el jurado ad hoc nombrado por el Comité de Grados y Títulos de la Facultad de Agronomía, para optar el título profesional de:

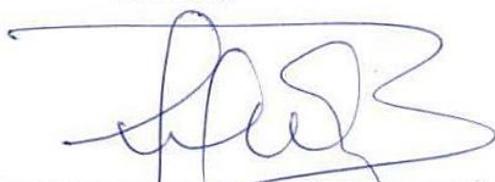
INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL


Ing. RAFAEL CHAVEZ VASQUEZ, Dr.
Presidente

Ing. JORGE AGUSTIN FLORES MALAVERRY, M.Sc. (+)
Miembro



Ing. MANUEL CALIXTO AVILA FUCOS, M.Sc.
Miembro



Ing. PEDRO ANTONIO GRATELLE SILVA, Dr.
Asesor



Ing. FIDEL ASPAÑO VARELA, M.Sc.
Decano



RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD

Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**FA_TESIS_BARDALES FREITAS CESAR A
RON.pdf**

RECuento DE PALABRAS

7156 Words

RECuento DE CARACTERES

35605 Characters

RECuento DE PÁGINAS

29 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

815.5KB

FECHA DE ENTREGA

Mar 14, 2023 9:25 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Mar 14, 2023 9:26 AM GMT-5

● 14% de similitud general

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

- 14% Base de datos de Internet
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossr
- 3% Base de datos de trabajos entregados

● Excluir del Reporte de Similitud

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

Resumen

DEDICATORIA

A **Dios**, por darme la vida.

A mis queridos **padres**, a mis **hermanos**, por sus apoyo y amor incondicional a lo largo de toda mi formación.

A mi **hermana**, la más pequeña por ser el motivo para seguir superándome cada día.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Facultad de Agronomía, a sus docentes por sus enseñanzas adquiridas.

A mi Asesor, Ing. Pedro Antonio Grately Silva Dr., por guiarme, motivarme e impulsarme en ejecución de la presente tesis.

A mis compañeros y amigos, por motivarme a seguir esforzándome para culminar la carrera.

A la Autoridad Nacional del Agua (ANA), por facilitarme la información correspondiente para realizar mi tesis.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
PORTADA	i
ACTA DE SUSTENTACIÓN	ii
JURADO Y ASESOR.....	iii
RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE CUADROS.....	x
ÍNDICE DE MAPAS	xi
ÍNDICE DE GRÁFICAS	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	3
1.1. Antecedentes.....	3
1.2. Bases teóricas	5
1.2.1. Fuentes del mercurio.....	5
1.2.2. Bioacumulación y magnificación del mercurio	5
1.2.3. Efectos en la salud	6
1.3. Definición de términos básicos.....	7
CAPÍTULO II: VARIABLES E HIPÓTESIS	10
2.1. Formulación de la hipótesis	10
2.2. Variables y su operacionalización	10
2.2.1. Identificación de las variables	10
2.2.2. Operacionalización de variables	11
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	12
3.1. Diseño metodológico	12
3.2. Diseño muestral.....	12
3.2.1. Población de estudio	12
3.2.2. Tamaño de la muestra de estudio	12
3.2.3. Tipo de muestreo y procedimiento de selección de la muestra.....	13
3.2.4. Criterios de selección	13
3.3. Procedimientos de recolección de datos.....	13
3.4. Procesamiento y análisis de los datos	13

3.5. Aspectos éticos.....	14
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	15
4.1. Puntos Focales de Monitoreo en la Cuenca del Nanay.....	15
4.1.1. Puntos Focales de Monitoreo en el Rio Nanay	15
4.1.2. Puntos Focales de Monitoreo en el Rio Pintuyacu.....	16
4.1.3. Puntos Focales de Monitoreo en el Rio Chambira.....	17
4.2. Fluctuaciones de la Concentración de Mercurio en Creciente y Vaciante de la Cuenca Del Nanay	18
4.2.1. Concentración de Mercurio en Época de Creciente y Vaciante en el Rio Nanay	18
4.2.2. Concentración de Mercurio en Época de Creciente y Vaciante en el Rio Pintuyacu.....	19
4.2.3. Concentración de Mercurio en Época de Creciente y Vaciante en el Rio Chambira.....	20
4.3. Evolución de los Niveles de Concentración de Mercurio y Valores Predictivos en la Cuenca del Nanay	21
4.3.1. Evolución de los Niveles de Concentración de Mercurio y Valores Predictivos en el Rio Nanay.....	21
4.3.2. Evolución de los Niveles de Concentración de Mercurio y Valores Predictivos en el Rio Pintuyacu	22
4.3.3. Evolución de los Niveles de Concentración de Mercurio y Valores Predictivos en el Rio Chambira.....	23
4.4. Afectaciones del Nivel de Concentración de Mercurio en la Disponibilidad de Agua y Fuentes Proteicas	25
4.4.1. Población y Abastecimiento de agua a la Ciudad de Iquitos.....	25
4.4.2. Niveles de Concentración de Mercurio Según Especies de Pescado en el Rio Nanay	25
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....	27
5.1. Puntos Focales de Monitoreo en la Cuenca del Nanay.....	27
5.2. Fluctuaciones de la Concentración de Mercurio en Creciente y Vaciante de la Cuenca Del Nanay	28
5.3. Evolución de los Niveles de Concentración de Mercurio y Valores Predictivos en la Cuenca del Nanay	28
5.4. En relación a las afectaciones del Nivel de Concentración de Mercurio en la Disponibilidad de Agua y Fuentes Proteicas	30
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES	31
CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES	32

CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN.....	33
ANEXO.....	36
Anexo 1. Matriz de consistencia	37

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Proyección de Volumen de agua demandada por cantidad de Habitantes de la ciudad de Iquitos.....	25
Cuadro 2. Contenido de Mercurio de Peces Procedentes del Rio Nanay 1992.....	26
Cuadro 3. Contenido de Mercurio Peces Procedentes del Rio Nanay 2012.....	26

ÍNDICE DE MAPAS

	Pág.
Mapa 1. Puntos de Monitoreo del Rio Nanay.....	15
Mapa 2. Puntos de Monitoreo del Rio Pintuyacu.....	16
Mapa 3. Puntos de Monitoreo del Rio Chambira.....	17

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Concentración de Mercurio en Época de Creciente y Vaciante en el Rio Nanay	18
Gráfica 2. Concentración de Mercurio en Época de Creciente y Vaciante en el Rio Pintuyacu.....	19
Gráfica 3. Concentración de Mercurio en Época de Creciente y Vaciante en el Rio Chambira.....	20
Gráfica 4. Evolución de los Niveles de Concentración de Mercurio y Valores Predictivos en el Rio Nanay.....	22
Gráfica 5. Evolución de los Niveles de Concentración de Mercurio y Valores Predictivos en el Rio Pintuyacu	23
Gráfica 6. Evolución de los Niveles de Concentración de Mercurio y Valores Predictivos en el Rio Chambira.....	24

RESUMEN

Este estudio investiga la influencia de la concentración de mercurio de los ríos de la cuenca del Nanay con respecto a la disponibilidad de fuentes proteicas y agua dulce de la ciudad de Iquitos para los próximos 5 años. Para lograr este objetivo, se realizó una investigación cuantitativa, del tipo no experimental, descriptiva, analítica, horizontal y predictivo. Donde se utilizaron datos de concentración de mercurio de los monitoreos realizados por la Autoridad Nacional de Agua de los años 2012 al 2021, en la cual los datos fueron analizados con un análisis de tendencia de la evolución de la concentración y a través de un modelo matemático (Modelo de Holt Winter) para predecir la concentración de mercurio de los ríos en los próximos años y poder contrastar con otros estudios su influencia en la disponibilidad de fuentes proteicas y agua dulce. Los resultados muestran que la concentración de mercurio de los principales ríos estudiados para los próximos 5 años, no superan el LMP de 0.0001 mg/L; por otro lado, otros estudios con respecto a concentración de mercurio en peces de la cuenca del Nanay en diversos años, revelan que tampoco superan los LMP de 0.5 mg/kg, además que el abastecimiento de agua para la ciudad de Iquitos estaría asegurado por una alta disponibilidad hídrica y que las concentraciones de mercurio por el momento no representan un peligro en el consumo de un agua saludable libre de mercurio del río Nanay.

Palabras clave: Concentración de mercurio, fuentes proteicas, evolución, disponibilidad

ABSTRACT

This study investigates the influence of mercury concentration of the most important rivers of the Nanay basin with respect to the availability of protein sources and fresh water for the city of Iquitos for the next 5 years. To achieve this goal, a quantitative, non-experimental, descriptive, analytical, horizontal and predictive research was carried out. Where data on mercury concentration from monitoring carried out by the National Water Authority from 2012 to 2021 were used, in which the data were run through a mathematical model (Holt Winter Model) to predict mercury concentration in rivers in the coming years and contrast with other studies its influence on availability of protein sources and fresh water. The results show that the concentration of mercury in the main rivers studied for the next 5 years does not exceed 0.0001 mg/L; on the other hand, other studies regarding mercury concentration in fish from the Nanay basin in various years reveal that they do not exceed 0.5 mg/kg either, plus that water supply for the city of Iquitos would be assured by a high hydric availability and that mercury concentrations at present do not represent a danger in consuming healthy water free of mercury from Nanay river.

Keywords: Mercury concentration, protein sources, evolution, availability

INTRODUCCIÓN

En la región Loreto actualmente se desarrollan dos actividades mineras importantes: la actividad petrolera (exploración y extracción) y la actividad aurífera aluvial informal, esta última realizada en algunos ríos amazónicos, la cual se realiza mediante dragas y cargadores frontales. La incertidumbre sobre el estado actual de estas actividades, relacionado con el impacto en el medio ambiente, ha motivado investigaciones sobre la presencia de mercurio en aguas, sedimentos y peces en los ríos, donde el mercurio se encontrará en estado de precipitación, acumulación o bioacumulación, lo que representa un riesgo muy alto para la vida y la salud humana, y debemos considerar los efectos tóxicos severos del mercurio, que son en gran parte irreversibles para la población de la región Loreto.

Se sabe claramente que existe contaminación por actividades ilegales en la cuenca del Nanay, principalmente la minería ilegal y el uso de mercurio para la extracción de oro, estas actividades vulneran directamente los derechos básicos de la población asentadas en la cuenca, quienes utilizan este recurso para sus quehaceres diarios.

El mercurio, al igual que otros metales pesados, es uno de los contaminantes más tóxicos presentes en la Amazonía peruana, y su principal derivado, el metilmercurio, es el más tóxico porque tiende a acumularse en los peces e integrarse a la cadena alimentaria. Es bien sabido que el consumo de pescado en la ciudad de Iquitos y las poblaciones asentadas en la cuenca del Nanay es muy alto como también el consumo de agua directamente de los ríos, y si en el futuro aumentan las actividades humanas relacionadas con el uso de mercurio, se presentarán problemas inmediatos en la población asentada en la cuenca del Nanay con implicaciones para la salud.

Cabe señalar que, en otras cuencas de la amazonia, también hay evidencia de contaminación por mercurio de peces de áreas tradicionalmente dedicadas o afectadas por actividades mineras. Por lo tanto, la necesidad de este estudio se

demuestra en gran medida como base para la prevención sanitaria, la planificación y el establecimiento de medidas de control apropiadas frente a la contaminación del agua y peces por mercurio.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

El artículo de investigación realizado por **Rengifo Pinedo DL et al (1)**, cuyo estudio se enfocó en el manejo inadecuado de los materiales y residuos peligrosos originados por las actividades mineras en la Amazonía, específicamente en la minería aurífera informal realizada de manera artesanal en la zona del Bajo Napo - Loreto. La investigación se basó en la información obtenida de cuatro estaciones de estudio: Mazan, Nuevo Libertad, San Luis y Santa Clotilde, en las cuales se evaluó la presencia de mercurio en el agua y los peces del río Napo con el fin de identificar su impacto en la población y colaborar en la prevención para mejorar la calidad de vida humana. Además, de buscar sensibilizar sobre la importancia de una vigilancia permanente del ambiente para proteger las condiciones de vida de los pobladores.

En su tesis de investigación titulada "Evaluación de la Calidad de Agua Superficial y Sedimentos de la Cuenca Nanay - 2017", **Guevara Ruiz YG (2)** realizó monitoreos ambientales en 27 puntos de muestreo y analizó fuentes documentales para comparar resultados. La investigación se centró en la evaluación de parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua superficial y sedimentos de la cuenca del río principal (Nanay), y se encontraron valores fuera de rango para el parámetro de mercurio.

Bertolotti Rivera F et al (3) y colaboradores llevaron a cabo una investigación sobre la concentración de plomo, mercurio y cadmio en el músculo de peces y en muestras de agua obtenidas del Río Santa en Ancash, Perú. El estudio se enfocó en cuantificar la cantidad de Pb, Hg y Cd presentes en el músculo de peces destinados al consumo humano y en muestras de agua de tres localidades (Catac, Taricá y Palmira) de la ciudad de Huaraz. Se encontró que, en las tres

zonas, la concentración de mercurio estaba por encima de los niveles permitidos por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos. A partir de estos resultados, se concluyó que los peces y el agua pueden representar medios potenciales de contaminación con metales pesados para las personas que los consumen en esta zona, a través de la ruta digestiva.

En su tesis de grado, **García Martínez LA et al (4)** y su equipo llevaron a cabo una investigación para evaluar el riesgo ambiental generado por la actividad minera artesanal en el río Namballe, ubicado en San Ignacio, Cajamarca. Los resultados de la investigación indicaron que tanto el agua como los sedimentos del río presentan niveles de mercurio por encima de los límites permitidos, lo que representa una amenaza para la salud de los habitantes de la zona y puede tener un impacto negativo en la flora y fauna local.

En su investigación, **Rengifo Vargas GL et al (5)** evaluaron la bioacumulación de mercurio en peces y el riesgo para la salud en la Comunidad Nativa Santa Rosa, cuenca baja del río Abujao – Ucayali. El estudio se llevó a cabo en ambas temporadas del año 2016 y se enfocó en la evaluación del riesgo a la salud por el consumo de peces con mercurio bioacumulado. La comunidad está influenciada por la minería aurífera ubicada aguas arriba. Los resultados del estudio indicaron que la población de la zona presenta un alto riesgo de toxicidad por metilmercurio debido al consumo de peces contaminados.

En su investigación sobre la concentración de mercurio en agua y sedimento en la cuenca del río Suches, ubicada en la zona baja de Paria Cajata (Puno) y compartida entre Perú y Bolivia, **Apaza Porto H (6)** encontró una tendencia marcada al aumento de las concentraciones de mercurio en esta cuenca.

1.2. Bases teóricas

El río Nanay es una importante fuente de recursos naturales y económicos para la gran población amazónica de la región de Loreto y proporciona agua potable a Iquitos, la ciudad más importante de la Amazonía peruana. Sin embargo, los niveles de contaminación, tanto de origen mineral como fecal, han aumentado en la cuenca del Nanay en los últimos años. A pesar de esto, se han implementado algunas medidas para protegerlo. Es importante tener en cuenta que el mercurio es un metal pesado que resulta tóxico en concentraciones muy bajas, y que no puede ser degradado ni eliminado.

1.2.1. Fuentes del mercurio

El mercurio se encuentra de forma natural en la Tierra a través de procesos como el vulcanismo, la desgasificación de la corteza terrestre, la erosión y la disolución de minerales. Sin embargo, también es producido por actividades humanas como la minería, la agricultura y la industria. Una de las características del mercurio es su volatilidad y su expansión uniforme a cualquier temperatura. Desafortunadamente, el consumo de pescado contaminado con metilmercurio, un efecto típico del mercurio, puede causar la "Enfermedad de Minamata". **Guevara Ruiz YG (2)**

1.2.2. Bioacumulación y magnificación del mercurio

La bioacumulación del mercurio es un proceso peligroso que puede resultar en una mayor concentración de este metal pesado en los organismos vivos con el tiempo. Además, el metilmercurio también puede ser un problema debido a su capacidad de biomagnificación en la cadena alimentaria. Esto significa que los animales depredadores o los consumidores de detritus pueden acumular mayores concentraciones de

mercurio en sus tejidos y, por lo tanto, representar un mayor riesgo para los seres humanos que los consumen. El consumo de pescado contaminado con mercurio es una forma rápida de intoxicación, ya que el nivel de este metal pesado en el pescado puede afectar la ingesta de metilmercurio. **Espinoza Padilla P (7).**

1.2.3. Efectos en la salud

El mercurio es uno de los elementos más peligrosos que causa contaminación y afecta la salud pública, incluso en niveles bajos de exposición puede causar alteraciones en las funciones del sistema nervioso, especialmente en el desarrollo de los fetos y niños pequeños, debido a su alta sensibilidad al metilmercurio.

El mercurio se encuentra en diferentes formas fisicoquímicas en el medio ambiente, cada una con propiedades químicas y toxicológicas específicas. El metilmercurio es uno de los contaminantes más dañinos que se encuentra en los alimentos, tal como se demostró en el desastre de Minamata, debido a que se acumula en los tejidos. El vapor de mercurio y el metilmercurio son las principales fuentes de exposición para los seres humanos. **Gregorio Machado L et al (8).**

Con base en la descripción anterior, se puede ver que el mercurio es muy dañino para la salud humana, dependiendo del grado de envenenamiento. Los principales síntomas que esto produce son:

- Pérdida de la memoria.
- Pérdida de la concentración.
- Deficiencias en el sistema nervioso:
- Disminución de la agudeza visual.
- Anemia benigna.

- Deficiencias en las articulaciones.
- Problemas gástricos: estomatitis, gastritis, faringitis, gingivitis.
- Trastornos cerebrales, retraso mental, malformaciones genéticas.

1.3. Definición de términos básicos

- **ECA:** El Estándar de Calidad Ambiental se define como la referencia que indica el nivel de concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos en el aire, agua o suelo. Este nivel no debe representar un riesgo significativo para la salud de las personas ni para el medio ambiente, sirviendo como una medida para asegurar la calidad del ambiente. **MINAM - 2017 (9).**
- **LMP:** Los Límites Máximos Permisibles se refieren a la medida de la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el ambiente receptor. Estos límites se establecen para prevenir o minimizar los daños a la salud humana y al ambiente que puedan ser causados por la exposición a dichos contaminantes en niveles que excedan los límites establecidos. **MINAM - 2010 (10).**
- **Mercurio:** El mercurio es un metal plateado y brillante en su forma elemental líquida, que comúnmente se utiliza en termómetros y en interruptores eléctricos. Si se expone al aire, el mercurio puede evaporarse y generar vapores inodoros e incoloros de mercurio, especialmente a altas temperaturas. Algunas personas que han inhalado estos vapores han reportado un sabor metálico en la boca. **PNUMA - 2002 (11).**
- **Metilmercurio:** El mercurio puede transformarse en metilmercurio por ciertas bacterias presentes en el medio ambiente. Esta forma orgánica del mercurio

es la que se acumula en los peces y penetra en el cuerpo humano a través de la alimentación. **OMS - 2017 (12).**

- **Bioacumulación:** se refiere al proceso en el cual organismos vivos absorben grandes cantidades de toxinas de manera continua. Estas toxinas pueden incluir sustancias químicas liberadas por fábricas o materiales sólidos como plásticos o metales pesados, y pueden ser transmitidas por el aire, agua o suelo. La ingestión de alimentos y la inhalación son las principales formas en que se produce la acumulación orgánica. **Escuela Mare Nostrum - 2022 (13).**
- **Contaminación:** Se entiende como contaminación cualquier alteración dañina en las propiedades físicas, químicas o biológicas del aire, el suelo o el agua, que puede generar impactos negativos en la vida humana, la flora y la fauna, los procesos industriales, las condiciones de vida y el uso de los recursos naturales renovables. **Atilio de la Orden E - 2021 (14).**
- **Aguas superficiales:** se refieren a las aguas que se encuentran en la superficie terrestre, como los ríos, lagos y mares costeros, a diferencia de las aguas subterráneas. También se incluyen en esta categoría las aguas de transición que conectan los cuerpos de agua dulce con los salados, y las aguas costeras. Además, en términos de su estado químico, también se consideran aguas superficiales las aguas territoriales. **Zarza Laura F - 2019 (15).**
- **Cuenca:** Una cuenca hidrográfica se refiere a un territorio geográfico donde se concentran numerosos arroyos y ríos que se unen para formar un caudal principal y finalmente desembocar en un mismo lugar. Es un área que abarca una gran cantidad de caudales pequeños, y en ella ocurren diversas actividades e interacciones, tanto en el ámbito ecológico como económico, político, social y cultural. **WWF - 2018 (16).**

- **Minería aurífera aluvial:** es una actividad económica que se enfoca en la extracción de oro depositado en terrazas, llanuras, cauces de ríos y otros lugares donde el oro se encuentra en forma de sedimentos. Esta forma de minería se beneficia de las condiciones geológicas que facilitan la extracción del material aurífero, lo que permite que los mineros artesanales lo obtengan utilizando técnicas rudimentarias y una mano de obra poco calificada. **Arista Rivera F - 2018 (17).**
- **Biomagnificación:** es un proceso en el que los contaminantes químicos persistentes aumentan de nivel en la cadena alimentaria. Los animales que se alimentan de otros animales que están en niveles tróficos inferiores reciben los contaminantes acumulados en los cuerpos de sus presas. Debido a que estos contaminantes son persistentes y difíciles de excretar, los animales que los reciben los acumulan en sus tejidos y los niveles de contaminación aumentan sucesivamente en la cadena alimentaria. **Rodríguez Estival J - 2019 (18).**

CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES

2.1. Formulación de la hipótesis

- **H₀**: Los niveles de Mercurio (Hg) superan los Límites Máximos Permisibles.
- **H₀**: Los Niveles de Mercurio en la cuenca del Rio Nanay influiría en la disponibilidad de fuentes proteicas y agua dulce para la Población de Iquitos.
- **H₁**: Los niveles de Mercurio (Hg) no superan los Límites Máximos Permisibles.
- **H₁**: Los Niveles de Mercurio en la cuenca del Rio Nanay no influiría en la disponibilidad de fuentes proteicas y agua dulce para la población de Iquitos.

2.2. Variables y su operacionalización

2.2.1. Identificación de las variables

Variable independiente

Concentración de Mercurio en la Cuenca del Nanay.

Variable dependiente

Disponibilidad de Fuentes Proteicas y Agua Dulce.

2.2.2. Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN	TIPO DE VARIABLES POR SU NATURALEZA	INDICADORES - PARAMETROS	ESCALA DE MEDICIÓN	CATEGORIA	VALORES DE LA CATEGORIA	MEDIOS DE VERIFICACIÓN
VARIABLE DEPENDIENTE: Disponibilidad de Fuentes Proteicas y Agua Dulce	Esta variable permitirá conocer el nivel de concentración de Mercurio (Hg) en peces y el grado toxicidad del mismo en el agua	Cuantitativa	Presencia de Mercurio (Hg) en peces	De Razón: Mg/Kg	Continua	PD	Análisis del Produce, IIAP, Facultad de Biología de la UNAP
			Toxicidad de Mercurio en el agua	De Razón: ppm Mg/L			Análisis de EPS Sedaloretto S.A.
VARIABLE INDEPENDIENTE: Concentración de Mercurio (Hg) en la Cuenca del Nanay	Esta variable permitirá conocer el nivel de concentración de Mercurio (Hg) en la cuenca del Nanay	Cuantitativa	Epoca (vacante y creciente)	De Razón: Mayor o menor concentración	Continua	PD	Muestreo por la Autoridad Nacional del Agua (2012 al 2021)
			Nivel de Concentración de Mercurio (Hg)	De Razón: Mg/L ppm			
			Lugares de Muestreo	De Razón: Agua arriba y Aguas abajo			

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Diseño metodológico

Es una investigación cuantitativa del tipo no experimental, descriptivo, analítico, horizontal y predictivo. La información secundaria se obtuvo a partir de los datos de monitoreos ambientales realizadas por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) e investigaciones por la EPS Sedaloretto S.A., IIAP y otras instituciones, con respecto a los niveles de Mercurio presentes en la Cuenca del Nanay, disponibilidad de agua y concentración de mercurio presente en peces. Donde a partir de los niveles de concentración de mercurio de los diferentes puntos de monitoreo proporcionados por la ANA durante los años 2012 al 2021 se construyó una base de datos, y se aplicó un modelo matemático predictivo (Modelo de Holt-Winters), que permitió evaluar los datos y mostrar en función de ello las tendencias de los cambios que se estarían dando en relación al aumento o disminución de Mercurio (Hg) en la Cuenca del Nanay en los próximos años y determinar su influencia en la disponibilidad de fuentes proteicas y agua dulce de la población de la ciudad de Iquitos.

3.2. Diseño muestral

3.2.1. Población de estudio

Compuesta por las variaciones de concentración de Mercurio (Hg) de los puntos de muestreo en toda la Cuenca del Nanay del 2012 al 2021.

3.2.2. Tamaño de la muestra de estudio

Las variaciones en la concentración de Mercurio (Hg) de los monitoreos ambientales del ANA de los principales ríos de la cuenca del Nanay del 2012 al 2021.

3.2.3. Tipo de muestreo y procedimiento de selección de la muestra

Está definido en los muestreos que realizó la ANA. En la presente investigación se utilizó esta información secundaria de las variaciones en la concentración de Mercurio en la cuenca del Nanay del 2012 al 2021.

3.2.4. Criterios de selección

a. Criterios de Inclusión

El estudio comprende a las variaciones en la concentración de Mercurio (Hg) de los puntos de muestreo en la cuenca del Nanay de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) del 2012 al 2021.

b. Criterios de exclusión

Para el estudio estarán excluidos las variaciones en la concentración de Mercurio de otras zonas de la cuenca del Nanay que no están sujetas a monitoreos por la Autoridad Nacional del Agua.

3.3. Procedimientos de recolección de datos

Se realizó una búsqueda, sistematización, organización, revisión y validación de la información secundaria generada por la ANA. Su procesamiento informático, análisis y predicción de las variaciones en la concentración de Mercurio (Hg) de la cuenca del Nanay del 2012 al 2021.

3.4. Procesamiento y análisis de los datos

Los datos fueron procesados en Software Excel. Inicialmente se construyó una base de datos en base a los resultados de las variaciones en la Concentración de Mercurio de la Cuenca del Nanay de los Monitoreos realizados por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) de los años 2012 al 2021 y que permitió arribar a conclusiones relevantes en el estudio. Esta base de datos constituyó la

plataforma sobre la cual se realizó las gráficas de tendencias y el modelamiento matemático para los análisis de predicción de las series temporales de las variaciones de la concentración de mercurio, para lo cual se utilizó el **Modelo Holt-Winters con suavizado exponencial** (ver las ecuaciones de estimación) y que permitió arribar a conclusiones relevantes en el estudio.

$$\bar{X}_t = A(\bar{X}_{t-1} + T_{t-1}) + (1 - A)X_t$$
$$T_t = BT_{t-1} + (1 - B)(\bar{X}_t - \bar{X}_{t-1})$$
$$\bar{X}'_t = \bar{X}_n + pT_n$$

X_t = Valor observado de la serie.

\bar{X}_t = Estimación de nivel.

T_t = Estimación de tendencia.

\bar{X}'_t = Predicción para valores futuros.

A y B = Constantes de suavizado, valores entre 0 y 1.

3.5. Aspectos éticos

Es un estudio que no involucra la participación de personas, sólo se trabajara con información secundaria disponible en base de datos. Pero si, se respetará el derecho y la confidencialidad de la información que considere oportuno la Autoridad Nacional del Agua (ANA). Y por otro lado la existencia de la obligatoriedad del investigador a guardar la confidencialidad de la información, cumpliendo con el deber del secreto y sigilo a menos que autorice la persona adecuada; o en circunstancias extraordinarias por las autoridades apropiadas.

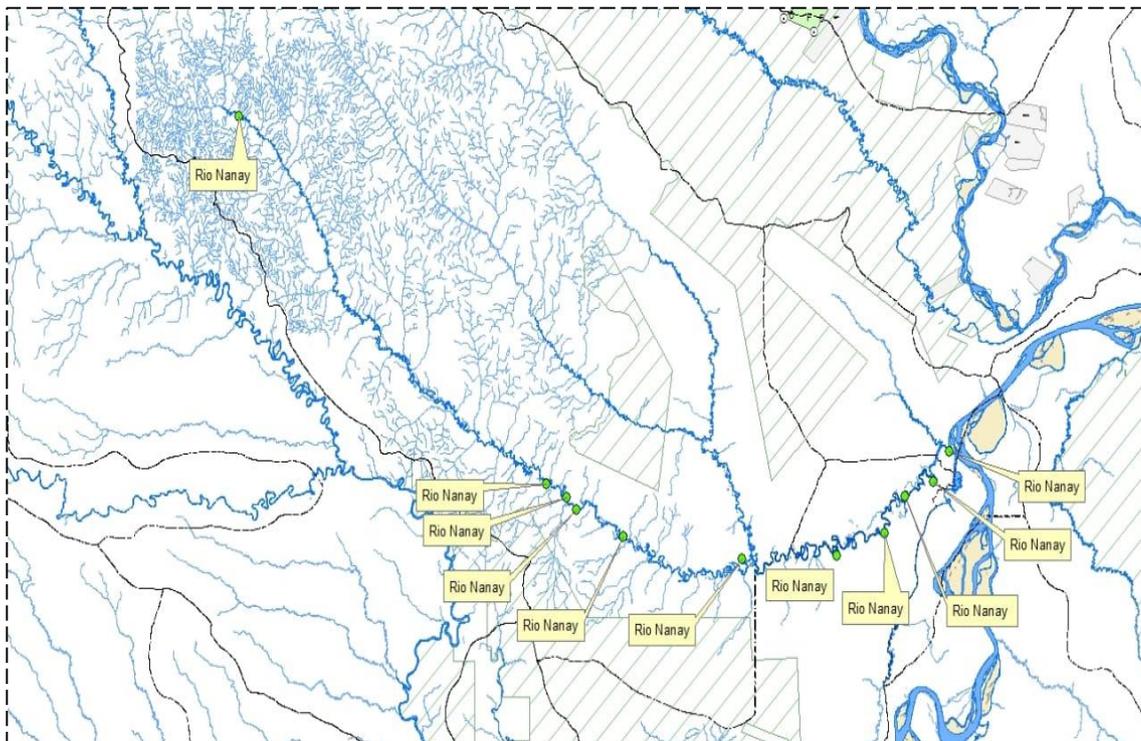
CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Puntos Focales de Monitoreo en la Cuenca del Nanay

4.1.1. Puntos Focales de Monitoreo en el Rio Nanay

El Nanay es un río del tipo meándrico que tiene una longitud aproximada de 315 km, es importante porque es utilizada como vía de transporte, fuente de pesca para las comunidades locales y por su importancia en el abastecimiento de agua potable para la ciudad de Iquitos por lo que está en constante monitoreo. Es por ello que el río Nanay tiene la mayor cantidad de puntos de Monitoreo de parámetros ambientales (11 puntos), entre estos la evolución del Mercurio Total en sus aguas superficiales, como se observa en el mapa 1, en el que la zona Media y Baja del río Nanay concentra la mayor cantidad de puntos de Monitoreo (5 puntos respectivamente) en relación a la zona Alta (1 punto).

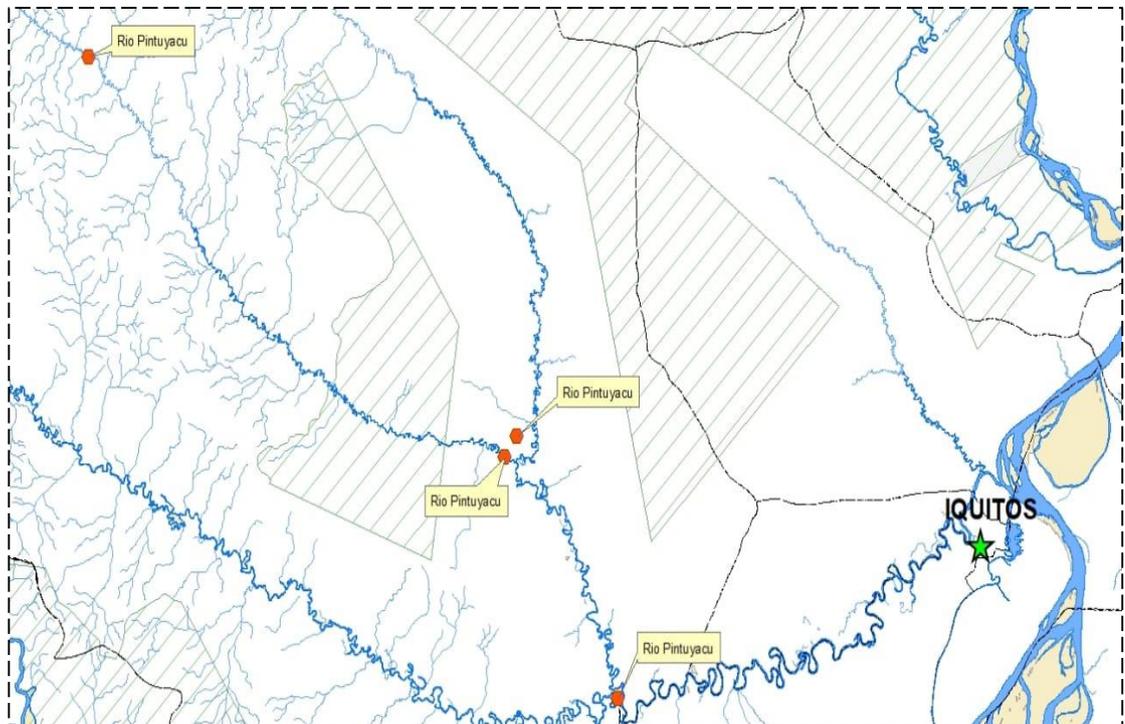
Mapa 1. Puntos de Monitoreo del Rio Nanay



4.1.2. Puntos Focales de Monitoreo en el Rio Pintuyacu

El Pintuyacu es un efluente del rio Nanay que desemboca por la margen izquierda del mismo. Las aguas de este rieron es de gran influencia sobre las variaciones de concentración de Mercurio que pudieran producirse en el rio Nanay. En este rio hay cuatro puntos de monitoreo ejecutados por el ANA, como se observa en el mapa 2, un punto en la zona Alta, dos puntos en la zona Media y un punto en la Baja correspondiente a la desembocadura del rio Nanay.

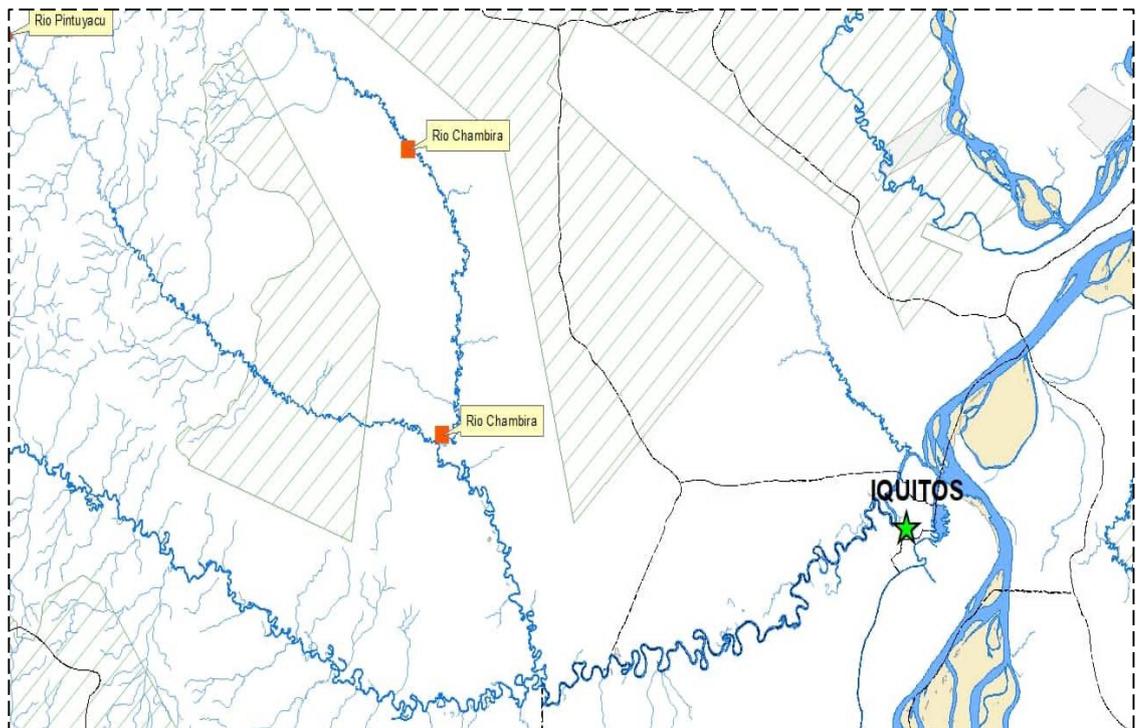
Mapa 2. Puntos de Monitoreo del Rio Pintuyacu



4.1.3. Puntos Focales de Monitoreo en el Rio Chambira

El Chambira es un efluente del rio Pintuyacu desemboca por la margen izquierda de la zona media baja del mismo. El agua de este rio representan importancia sobre las variaciones en los parámetros ambientales que pudieran producirse en el rio Nanay. Este rio concentra dos puntos de monitoreo, uno en la zona alta, uno en la zona baja que corresponde a la desembocadura del rio Pintuyacu.

Mapa 3. Puntos de Monitoreo del Rio Chambira

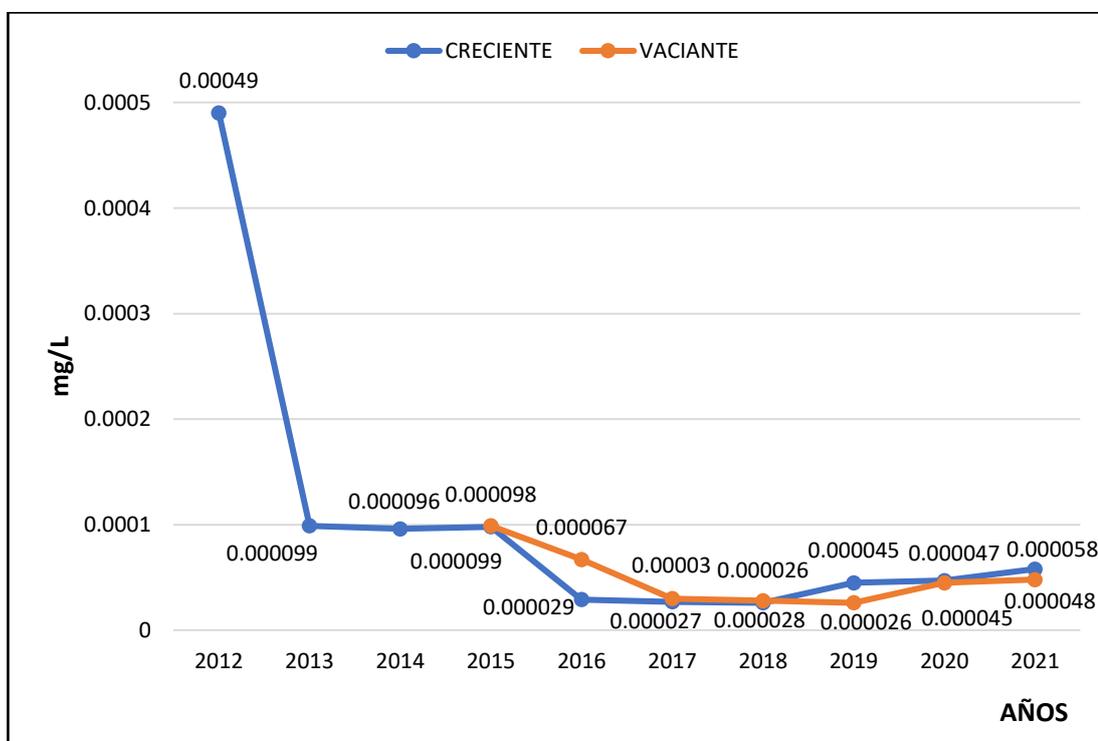


4.2. Fluctuaciones de la Concentración de Mercurio en Creciente y Vaciante de la Cuenca Del Nanay

4.2.1. Concentración de Mercurio en Época de Creciente y Vaciante en el Rio Nanay

Los niveles de concentración de Mercurio en el río Nanay se muestra en la Gráfica 1, se observa que tanto en época de creciente y vaciante de este rio existe una concentración de Mercurio moderadamente similar, resaltando que solo a partir del año 2015 hay datos de monitoreo sobre concentración de Mercurio en este rio. Los cambios que se observan en la Gráfica 1, corresponde a una disminución en la concentración de Mercurio para el 2016 en época de creciente y un ligero incremento en 2019 y 2021 de la misma época.

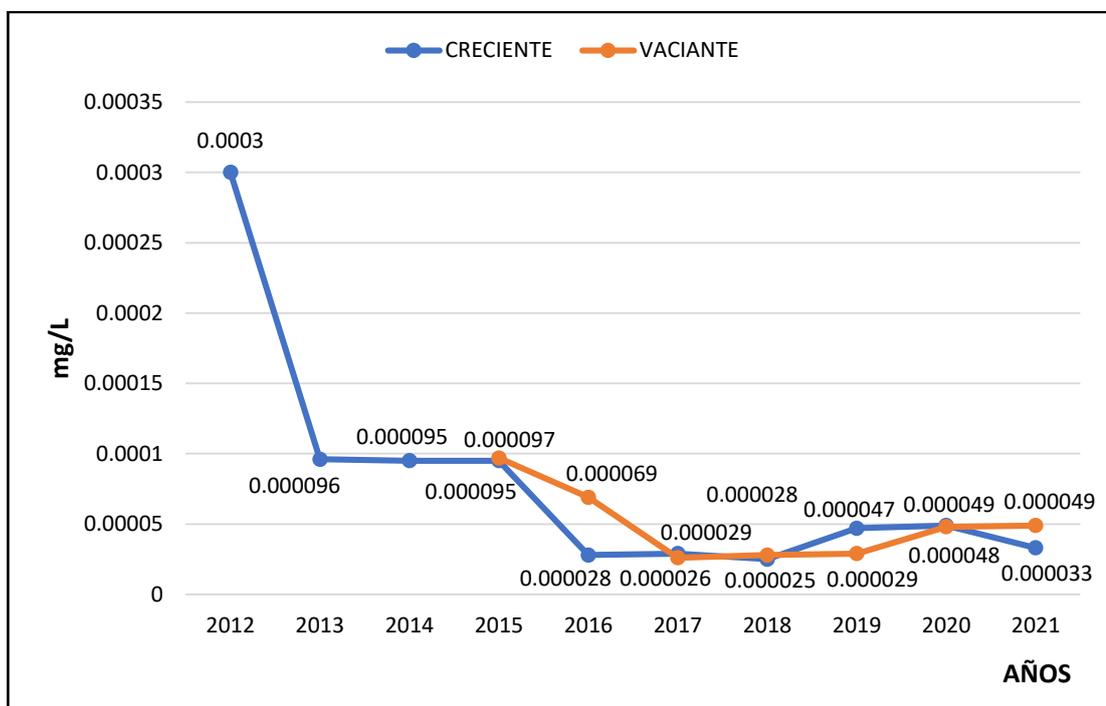
Gráfica 1. Concentración de Mercurio en Época de Creciente y Vaciante en el Rio Nanay



4.2.2. Concentración de Mercurio en Época de Creciente y Vaciante en el Río Pintuyacu

Los niveles de concentración de Mercurio en el río Pintuyacu se muestra en la Gráfica 2, se observa que en época de creciente en los años 2016 y 2021 existe una disminución en la concentración de Mercurio, a excepción del año 2019 donde hay un ligero incremento.

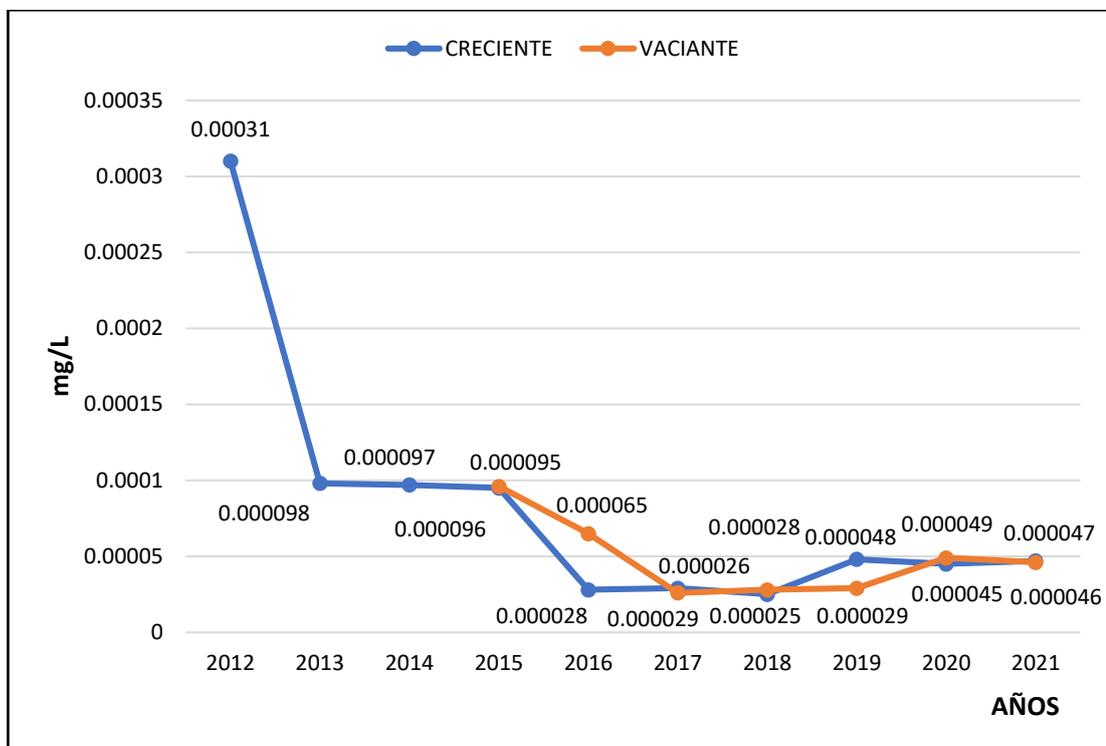
Gráfica 2. Concentración de Mercurio en Época de Creciente y Vaciante en el Río Pintuyacu



4.2.3. Concentración de Mercurio en Época de Creciente y Vaciante en el Rio Chambira

Los niveles de concentración de Mercurio en el rio Chambira se muestra en la Gráfica 3, se observa que en época de creciente en el año 2016 el contenido de Mercurio es menor a comparación de la época de vaciante, con excepción del año 2019 donde se observa que hay un ligero incremento de la concentración de Mercurio en época de creciente.

Gráfica 3. Concentración de Mercurio en Época de Creciente y Vaciante en el Rio Chambira

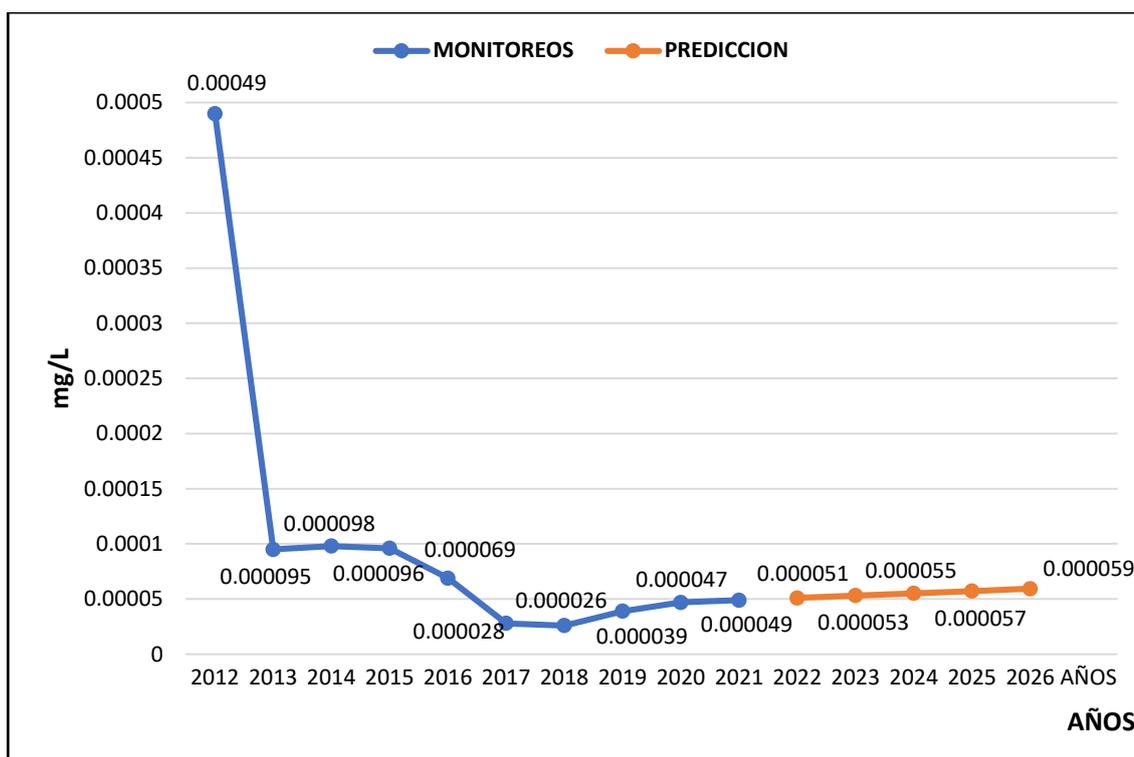


4.3. Evolución de los Niveles de Concentración de Mercurio y Valores Predictivos en la Cuenca del Nanay

4.3.1. Evolución de los Niveles de Concentración de Mercurio y Valores Predictivos en el Rio Nanay

En la Gráfica 4 se observan los periodos (2012 - 2021) de monitoreo de la concentración de Mercurio en el rio Nanay, donde existe una marcada fluctuación irregular con una línea de tendencia descendente de los valores observados. En los resultados de monitoreo hay un descenso considerable de la concentración de Mercurio, teniendo el año 2012 un máximo valor de 0.00049 mg/L superando el límite máximo permisible y posteriormente observándose un importante descenso de la concentración de Mercurio por debajo del límite máximo permisible desde el año 2013 al 2018 teniendo un valor mínimo de 0.000026 mg/L, para luego la concentración de Mercurio incrementarse ligeramente hasta el año 2021 con un valor máximo de 0.000049 mg/L. Por otro lado, el análisis de predicción según el modelo Holt Winters, muestra unos valores con tendencia ligeramente creciente a partir de los valores de los puntos monitoreo, presentando un mínimo valor predictivo para el año 2022 de 0.000051 mg/L y un valor máximo el año 2026 de 0.000059 mg/L al final del modelo predictivo.

Gráfica 4. Evolución de los Niveles de Concentración de Mercurio y Valores Predictivos en el Rio Nanay

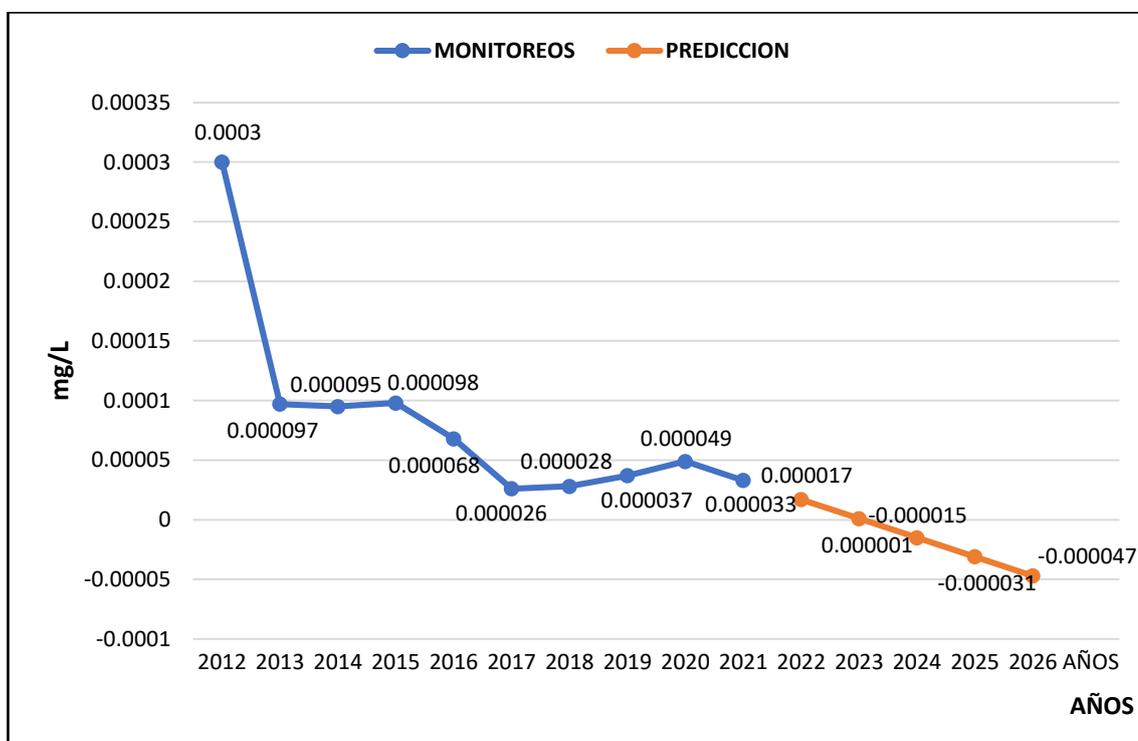


4.3.2. Evolución de los Niveles de Concentración de Mercurio y Valores Predictivos en el Rio Pintuyacu

En la Gráfica 5 se observan los periodos (2012 - 2021) de monitoreo de la concentración de Mercurio en el rio Pintuyacu, donde existe una marcada fluctuación irregular con una línea de tendencia descendente de los valores observados. En los resultados de monitoreo hay un descenso considerable de la concentración de Mercurio, teniendo el año 2012 un máximo valor de 0.0003 mg/L superando el límite máximo permisible y posteriormente observándose un importante descenso de la concentración de Mercurio por debajo del límite máximo permisible desde el año 2013 al 2017 teniendo un valor mínimo de 0.000026 mg/L, para luego la concentración de mercurio incrementarse ligeramente hasta el 2020 con un valor máximo de 0.000049 mg/L y luego para volver a

descender el año 2021 con un valor de 0.000033 mg/L. Por otro lado, el análisis de predicción según el modelo Holt Winters, muestra unos valores con tendencia decreciente a partir de los valores de los puntos monitoreo, presentando un mínimo valor predictivo para el año 2022 de 0.000017 mg/L y un valor - 0.000031 mg/L para el año 2026 al final del modelo predictivo, destacando que el río Pintuyacu no presentara una contaminación importante por Mercurio en los próximos años.

Gráfica 5. Evolución de los Niveles de Concentración de Mercurio y Valores Predictivos en el Río Pintuyacu

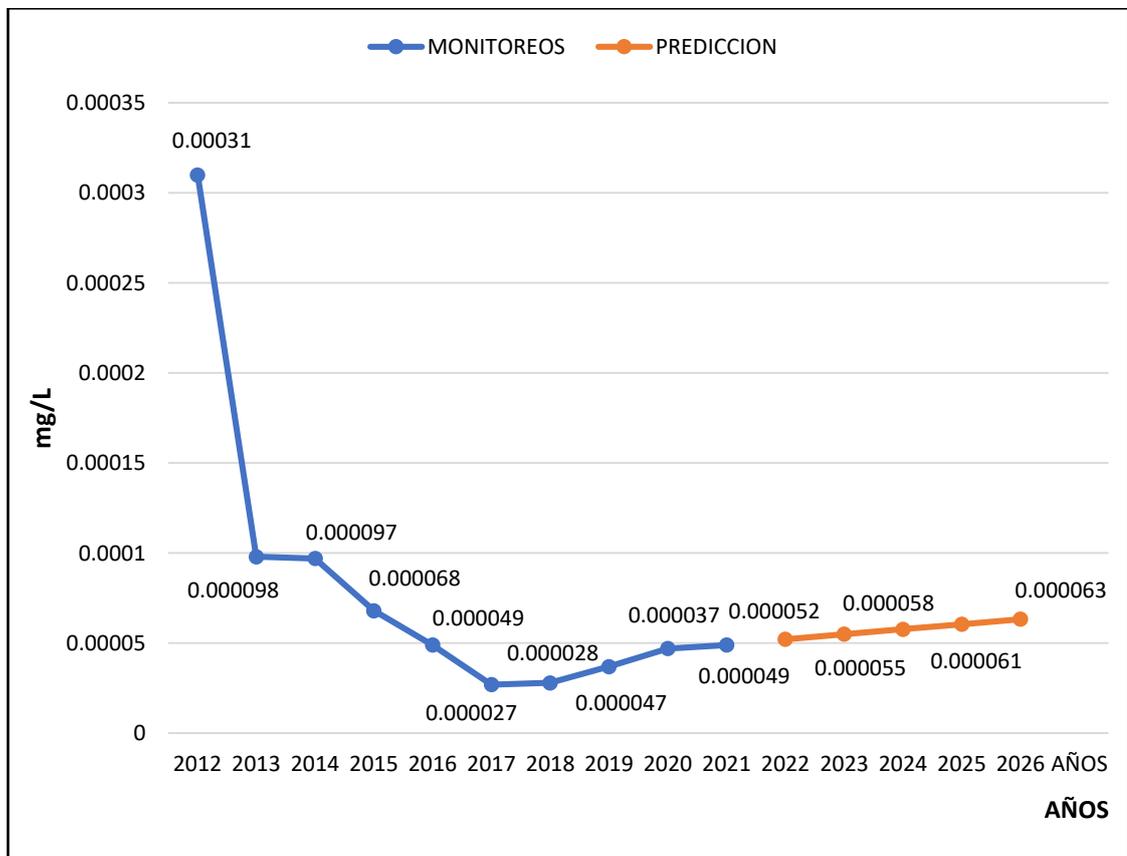


4.3.3. Evolución de los Niveles de Concentración de Mercurio y Valores Predictivos en el Río Chambira

En la Gráfica 6 se observan los periodos (2012 - 2021) de monitoreo de la concentración de Mercurio en el río Chambira, donde existe una marcada fluctuación irregular con una línea de tendencia descendente de los valores observados. En los resultados de monitoreo hay un descenso

considerable de la concentración de Mercurio, teniendo el año 2012 un máximo valor de 0.00031 mg/L superando el límite máximo permisible; y posteriormente observándose un importante descenso de la concentración de Mercurio por debajo del límite máximo permisible desde el año 2013 al 2017 teniendo un valor mínimo de 0.000027 mg/L, para luego la concentración de Mercurio incrementarse ligeramente hasta el año 2021 con un valor máximo de 0.000049 mg/L. Por otro lado, el análisis de predicción según el modelo Holt Winters, muestra unos valores con tendencia ligeramente creciente a partir de los valores de los puntos monitoreo, presentando un mínimo valor predictivo para el año 2022 de 0.000052 mg/L y un valor máximo el año 2026 de 0.000063 mg/L al final del modelo predictivo.

Gráfica 6. Evolución de los Niveles de Concentración de Mercurio y Valores Predictivos en el Rio Chambira



4.4. Afectaciones del Nivel de Concentración de Mercurio en la Disponibilidad de Agua y Fuentes Proteicas

4.4.1. Población y Abastecimiento de agua a la Ciudad de Iquitos

De acuerdo al Plan Maestro Optimizado 2015 – 2019 de la EPS SEDALORETO S.A. elaborado por **J. Marchan E.I.R.L (19)** la proyección de la cantidad de habitantes en la ciudad de Iquitos y la demanda de agua que se requerirá hasta el 2026 ira en crecimiento (Modelación en Software del PMO de Sunnas), donde la disponibilidad de agua del rio Nanay de acuerdo a la información reportada por la ANA es de 45,251 hm³/año (45,251,000,000 m³).

Cuadro 1. Proyección de Volumen de agua demandada por cantidad de Habitantes de la ciudad de Iquitos

AÑOS	CIUDAD DE IQUITOS			PROYECCION DE VOLUMEN DEMANDADO
	POBLACION TOTAL	COBERTURA DEL SERVICIO		
		PORCENTAJE	POBLACION SERVIDA	
2022	435,086	79.9%	347,684	Entre 10,392,284 m ³ y 11, 243,152 m ³
2023	439,106	79.9%	350,896	
2024	443,030	79.9%	354,032	
2025	446,856	79.9%	357,089	
2026	450,587	79.9%	360,071	

4.4.2. Niveles de Concentración de Mercurio Según Especies de Pescado en el Rio Nanay

Según **Roberto Pezo D. et al 1992 (20)** y a la ANA – 2012 (21) en el cuadro 2 y 3 respectivamente se muestra la concentración de Mercurio presentes en algunos peces para consumo humano del rio Nanay, en el que se verifica que la concentración de Mercurio no supera el LMP de 0.5 mg/Kg.

Cuadro 2. Contenido de Mercurio de Peces Procedentes del Rio Nanay 1992

AÑO	PECES PROCEDENTES DEL RIO NANAY	MERCURIO (mg/Kg)
1992	Boquichico	0.032
	Sardina	0.001
	Palometa	0
	Tucunare	0.0009
	Llambina	0.0024
	Ractaca	0.2
	Yulilla	0.00048
	Lisa	0.0011

Cuadro 3. Contenido de Mercurio Peces Procedentes del Rio Nanay 2012

AÑO	PECES PROCEDENTES DEL RIO NANAY	MERCURIO (mg/Kg)
2012	Boquichico	0.03
	Yulilla	0.03
	Yaraqui	0.05
	Sabalo	0.07
	Fasaco	0.13
	Chambira	0.15
	Huapeta	0.23

En la investigación sobre pesquerías de la **WCS 2020 (22)**, se señala que de acuerdo a la DIREPRO-L más 66 % del pescado que se consume en la ciudad de Iquitos proviene de 29 cuencas de las cuales Ucayali, Amazonas, Yavarí, Tapiche, Canal de Puinahua y Marañón que representan resultado del 90 % de la producción pescado y el otro 10% de otras cuencas. Por lo tanto, la Ciudad de Iquitos no depende de la extracción de peces proveniente del rio Nanay para abastecer la demanda de consumo de pescado, es decir que el abastecimiento de pescado de este rio mínimo comparado con otras zonas de extracción.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

5.1. Puntos Focales de Monitoreo en la Cuenca del Nanay

El río Nanay principal colector de agua de la cuenca, es un río del tipo meándrico al igual que sus afluentes, es una fuente de pesca para las comunidades locales y en el abastecimiento de agua potable para la ciudad de Iquitos. Es por ello que el río Nanay como colector general tiene la mayor cantidad de puntos de Monitoreo de parámetros ambientales (11 puntos), ubicados en diferentes puntos, en la zona Media y Baja del río Nanay concentra la mayor cantidad de puntos de Monitoreo en relación a la cuenca Alta.

El río Pintuyacu es un afluente del río Nanay que desemboca por la margen izquierda del mismo. Las aguas de este río tienen influencia sobre las variaciones de concentración de Mercurio que pudieran producirse en el río Nanay, por la presencia de la actividad aluvial en sus aguas. Este tiene cuatro puntos de monitoreo en la zona Alta, en la zona Media y en la Baja en la desembocadura.

El río Chambira es un efluente del río Pintuyacu por la margen izquierda de la zona media baja. Sus aguas al igual que del Pintuyacu influyen en las variaciones en los parámetros ambientales en el río Nanay. A pesar de ello, sólo se tienen dos puntos de monitoreo, en la zona alta y en la zona baja en la desembocadura con el río Pintuyacu.

Por la importancia estratégica que representa el río Nanay para el abastecimiento agua dulce para la ciudad de Iquitos y la minera aluvial en la cuenca obliga a los entes responsables, realizar evaluaciones permanentes de los parámetros ambientales de sus aguas.

5.2. Fluctuaciones de la Concentración de Mercurio en Creciente y Vaciante de la Cuenca Del Nanay

Los niveles de concentración de Mercurio en el río Nanay tanto en época de creciente y vaciante de este río, presentan niveles de concentración muy similares, resaltando una disminución en la concentración de Mercurio en el 2016 y un ligero incremento en 2019 y 2021 para el periodo de creciente.

Por su parte los niveles de concentración de Mercurio en el río Pintuyacu, en época de creciente en los años 2016 y 2021 se tiene una disminución en la concentración de Mercurio, a excepción del año 2019 donde hay un ligero incremento.

En el río Chambira en época de creciente en el año 2016 el contenido de Mercurio es menor a comparación de la época de vaciante, con excepción del año 2019 donde se observa que hay un ligero incremento de la concentración de Mercurio en época de creciente.

En general en los ríos más principales que forman la cuenca del Nanay existen muy pequeñas variaciones de milésimas en la concentración de mercurio en el agua entre los periodos de creciente y vaciante.

5.3. Evolución de los Niveles de Concentración de Mercurio y Valores Predictivos en la Cuenca del Nanay

Los monitoreos ambientales del 2012 – 2021 de concentración de Mercurio en el río Nanay, presentan una fluctuación irregular con una línea de tendencia descendente de los valores de concentración. El descenso considerable de la concentración de Mercurio, de un valor máximo en el año 2012 de 0.00049 mg/L superior el LMP de 0.0001 mg/L, hasta una concentración de Mercurio que fluctúa de un año a otro por debajo del límite máximo permisible, indicando que es un río que sus niveles de mercurio están por debajo de los LMP. Los valores

predictivos de Holt Winters para los próximos años reportan una tendencia ligeramente creciente de milésimas en la concentración de mercurio con valores muy por debajo de los límites máximos permitidos.

La concentración de Mercurio en el río Pintuyacu, tiene una marcada fluctuación irregular con una línea de tendencia descendente. Los monitoreos muestran un descenso considerable de la concentración de Mercurio, teniendo el año 2012 un máximo valor de 0.0003 mg/L superior al límite máximo permisible y posteriormente observándose un importante descenso de la concentración de Mercurio por debajo del LMP, con pequeñas fluctuaciones, pero por debajo de los LMP. El análisis de predicción según el modelo Holt Winters, reporta valores de concentración de mercurio con tendencia decreciente de milésimas a valores negativos para el 2026, destacando que el río Pintuyacu presentara bajos niveles de contaminación por Mercurio en los próximos años.

El monitoreo de la concentración de Mercurio en el río Chambira, reporta una marcada fluctuación irregular con una línea de tendencia descendente. La concentración de Mercurio en el 2012 alcanza un máximo valor de 0.00031 mg/L que supera el LMP de 0.0001 mg/L; posteriormente descienden estos valores en milésimas por debajo del LMP, aunque en algunos se observa incrementos en milésimas, pero siempre por debajo del LMP. El análisis de predicción reporta valores con tendencia ligeramente creciente en milésimas pero que no superan el LMP de mercurio en el agua.

En los tres ríos monitoreados de la cuenca del Nanay los valores de concentración de mercurio muestran una tendencia descendente, y con valores fluctuantes por debajo de los LMP. A pesar de ello el análisis de predicción muestra una tendencia creciente en milésimas para los próximos años, pero que no superan los LMP.

5.4. En relación a las afectaciones del Nivel de Concentración de Mercurio en la Disponibilidad de Agua y Fuentes Proteicas

Según la proyección de la cantidad de habitantes en la ciudad de Iquitos y la demanda de agua que se requerirá para el 2026, el abastecimiento del agua estaría asegurado, porque no existe riesgo alguno referido a que sus aguas alcancen niveles de concentración de mercurio altos, los monitoreos reportan valores muy por debajo de los límites máximos permitidos lo cual garantiza la disponibilidad de un agua saludable del río Nanay.

En relación a la disponibilidad de fuentes proteicas, el río Nanay no es un proveedor significativo de Pescado para la Ciudad de Iquitos, el pescado que se consume en la ciudad de Iquitos proviene de 29 cuencas de las cuales Ucayali, Amazonas, Yavarí, Tapiche, Canal de Puinahua y Marañón dan como resultado del 90 % de la producción pescado y el otro 10 % de otras cuencas. Es decir que el abastecimiento de pescado del río Nanay es mínimo comparado con otras zonas de donde extraen pescado en la Región. A pesar de ello es importante resaltar que la concentración de Mercurio presentes en algunos peces para consumo humano del río Nanay no supera el LMP de 0.5 mg/Kg,

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

1. Debido a la importancia estratégica que representa el río Nanay para el abastecimiento agua dulce para la ciudad de Iquitos y la presencia que actividad ilegal de la minera aluvial en la cuenca obliga a los entes responsables, realizar evaluaciones permanentes de los parámetros ambientales de sus aguas por lo que la cuenca se tiene diecisiete (17) puntos de monitoreo.
2. Los niveles de concentración de Mercurio en el río Nanay tanto en época de creciente y vaciante, presentan niveles de concentración muy similares, teniéndose algunos años disminución y en otros ligeros incrementos en el periodo de creciente.
3. En los tres ríos monitoreados de la cuenca del Nanay los valores de concentración de mercurio muestran una tendencia descendente, y con valores fluctuantes por debajo de los límites máximos permitidos. A pesar de ello el análisis de predicción muestra una tendencia creciente en milésimas para los próximos años, pero que no superan los LMP.
4. El abastecimiento del agua estaría asegurado, porque no existe riesgo alguno referido a que sus aguas alcancen niveles de concentración de mercurio altos, los monitoreos reportan valores muy por debajo de los límites máximos permitidos lo cual garantiza la disponibilidad de un agua saludable del río Nanay.
5. El abastecimiento de pescado del río Nanay es mínimo comparado con otras zonas de donde extraen pescado en la Región. A pesar de ello es importante resaltar que la concentración de Mercurio presentes en algunos peces para consumo humano del río Nanay no supera el LMP de 0.5 mg/Kg.

CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES

- 1.** La evidencia de los resultados permite rechazar las hipótesis nulas y aceptar las hipótesis alternas planteadas en el presente estudio.
- 2.** A la Administración Local del Agua, al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología a que continúen los monitoreos ambientales del agua y se mejora la base de datos del Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos en la cuenca del Nanay.
- 3.** Continuar con investigaciones que posibiliten explicar las razones que justifiquen el incremento de los niveles de concentración de mercurio en época de creciente.
- 4.** A los pobladores de la cuenca del Nanay, que asuman una actividad proactiva hacia la conservación y evitando las actividades ilegales de la minería aluvial.
- 5.** Socializar los resultados de la investigación en el sentido que no existe riesgo por contaminación con mercurio en el agua y el pescado que provienen de la cuenca del río nanay, por ahora.

CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN

1. **Rengifo Pinedo DL, Reyes Lazaro W.** Presencia de mercurio en cuenca del río Napo. ECIPerú [Internet]. 1 de agosto de 2019 [consultado el 12 de julio de 2022];9(2):71. Disponible en: <https://doi.org/10.33017/RevECIPeru2012.0023/>
2. **Guevara Ruiz YG.** Evaluación de la calidad de agua superficial y sedimentos de la Cuenca Nanay – Periodo 2017 [Tesis de Grado en Internet]. Iquitos: Universidad Nacional de la Amazonia Peruana; 2018 [consultado el 12 de julio de 2022]. Disponible en: <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/5811>
3. **Bertolotti Rivera F, Noé Moccetti N.** Concentración de plomo, mercurio y cadmio en músculo de peces y muestras de agua procedentes del Río Santa, Ancash - Perú. Salud y Tecnología Veterinaria [Internet]. 16 de agosto de 2018 [consultado el 12 de julio de 2022];6(1):35-41. Disponible en: <https://doi.org/10.20453/stv.v6i1.3376>
4. **García Martínez LA, Zeta Castro J.** Evaluación del riesgo ambiental por presencia de mercurio generado por la actividad minera artesanal en el río Namballe, San Ignacio - Cajamarca [Tesis de Grado en Internet]. Chiclayo: Universidad Cesar Vallejo; 2020 [consultado el 12 de julio de 2022]: 7. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/57428>
5. **Rengifo Vargas GL, Barreto Pipa JL.** Bioacumulación de mercurio en peces de mayor consumo humano y su riesgo en la salud a través del nivel de exposición por ingesta, en los pobladores de la comunidad nativa Santa Rosa de la cuenca baja del río Abujao, región Ucayali – 2016 [Tesis de Grado en Internet]. Pucallpa: Universidad Nacional de Ucayali; 2017 [consultado el 12 de julio de 2022]: 2. Disponible en: <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/3247>
6. **Apaza Porto H.** Determinación del contenido de mercurio en agua y sedimentos del río Suches-Zona bajo Paria Cojata – Puno [Tesis de Grado en Internet]. Puno: Universidad Nacional Del Altiplano; 2016 [consultado el 12 de julio de 2022]. Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2854>
7. **Espinoza Padilla P.** Escalas de contaminación por mercurio y su impacto ambiental por la minería, Provincia de Maynas – 2014 [Tesis doctoral en Internet]. Lima - Perú: Universidad Nacional Federico Villareal; 2018 [consultado el 12 Julio de 2022]:41. Disponible en: <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/2347>

8. **Gregorio Machado L, Hernán Ospina J, Darío Marín F, Henao N.** PROBLEMÁTICA AMBIENTAL OCASIONADA POR EL MERCURIO PROVENIENTE DE LA MINERÍA AURÍFERA TRADICIONAL, EN EL CORREGIMIENTO DE PROVIDENCIA, ANTIOQUIA. [Tesis de Grado en Internet]. Medellín - Colombia: Universidad de Antioquia; 2022 [consultado 12 Julio 2022]: 11 – 12. Disponible en:
<https://core.ac.uk/download/pdf/286649646.pdf>
9. **MINAM.** Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias, Decreto Supremo n.º 004-2017, Diario Oficial El Peruano [Internet], 7 de junio de 2017 [consultado el 13 de julio de 2022] (Perú). Disponible en:
<http://epdoc2.elperuano.com.pe/EpPo/DescargaINDA.asp?Referencias=NDNXVldWV1ZXVlICVkJZQldWOVdZQkxITEhfX1VOUzhYQ1IYTEhVTjIX>
10. **MINAM.** Aprueban Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero-metalúrgicas, Decreto Supremo n.º 010-2010, Diario Oficial El Peruano [Internet], 20 de agosto de 2010 [consultado el 13 de julio de 2022] (Perú). Disponible en:
<https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-limites-maximos-permisibles-descarga-efluentes-liquidos>
11. **PNUMA.** EVALUACIÓN MUNDIAL SOBRE EL MERCURIO [Internet]. Ginebra - Suiza: IOMC; 2002. 303 p. Disponible en:
<https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/12297/final-assessment-report-Nov05-Spanish.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
12. **OMS.** WHO | World Health Organization [Internet]. El mercurio y la salud; 31 de marzo de 2017 [consultado el 13 de julio de 2022]. Disponible en:
<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health>
13. **Escuela Mare Nostrum** [Internet]. ¿Qué podemos aprender de la bioacumulación y su impacto en el ambiente?; 6 de abril de 2022 [consultado el 13 de julio de 2022]. Disponible en:
<https://escuelamarenostrum.lat/bioacumulacion-consecuencias-significado-medicion/>.
14. **Atilio de la Orden E.** CONTAMINACIÓN. Editorial Científica Universitaria - Universidad Nacional de Catamarca [Internet]. 2021 [consultado el 13 de julio de 2022]. Disponible en:
<http://www.editorial.unca.edu.ar/Publicacione%20on%20line/Ecologia/imagenes/pdf/007-contaminacion.pdf>

15. **Zarza Laura F.** ¡Agua Respuestas [Internet]. ¿Qué son las aguas superficiales?; 2019 [consultado el 13 de julio de 2022]. Disponible en: <https://www.iagua.es/respuestas/que-son-aguas-superficiales>
16. **WWF**, [Internet]. Glosario Ambiental ¿Qué es una cuenca?; 2018 [consultado el 13 de julio de 2022]. Disponible en: <https://www.wwf.org.co/?323450/Glosario-Ambiental-Que-es-una-cuenca>
17. **Arista Rivera F.** PIM - Plataforma Integral de Minería a Pequeña Escala [Internet]. MUNDO | Minería aluvial y minería subterránea en la MAPE | PIM - Plataforma Integral de Minería a Pequeña Escala; 1 de septiembre de 2018 [consultado el 13 de julio de 2022]. Disponible en: <https://www.plataformaintegraldemineria.org/es/noticias/mundo-mineria-aluvial-y-mineria-subterranea-en-la-mape#:~:text=La%20minería%20aurífera%20aluvial%20es,%,%20cauces%20de%20ríos,%20etc.>
18. **Rodríguez Estival J.** Azeral Environmental Sciences [Internet]. ¿Qué es la biomagnificación?; 1 de mayo de 2019 [consultado el 13 de julio de 2022]. Disponible en: <http://www.azeral.es/divulgazeral/ecotoxicologia/que-es-la-biomagnificacion>
19. **JMarchan EIRL.** Plan Maestro Optimizado 2015 - 2019 EPS Sedaloretto S.A. [Internet]. Iquitos: [editorial desconocido]; junio de 2014 [consultado el 19 de enero de 2023]. 185 p. Disponible en: https://www.sunass.gob.pe/wp-content/uploads/2020/09/sedaloretto_pmo_2quinquenio.pdf
20. **Pérez Diaz R, Paredes A, Bendayán Acosta N.** DETERMINACION DE METALES PESADOS BIOACUMULABLES EN ESPECIES ICTICAS DE CONSUMO HUMANO EN LA AMAZONIA PERUANA. Folia Amazónica [Internet]. 1992 [consultado el 19 de enero de 2023];4(2):177. Disponible en: https://biblioteca.imarpe.gob.pe/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=24760
21. **ANA.** La importancia de la gestión del agua en el Perú. Aguaymas [Internet]. Marzo de 2015 [consultado el 19 de enero de 2023]:28. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/agua-mas-ndeg01-abril-2015-importancia-gestion-agua-peru>
22. **Wildlife Conservation Society [WCS].** PESQUERÍAS EN LORETO. 2020 [consultado el 19 de enero de 2023]. Disponible en: <https://peru.wcs.org/LinkClick.aspx?fileticket=ShXDZBx9Ybl=&portalid=94∓language=es-ES>

ANEXO

Anexo 1. Matriz de consistencia

TITULO DE LA INVESTIGACIÓN	PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	HIPÓTESIS	TIPO Y DISEÑO DE ESTUDIO	POBLACIÓN DE ESTUDIO Y PROCESAMIENTO DE DATOS	INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN
EVOLUCIÓN Y PREDICCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE MERCURIO EN LA CUENCA DEL NANAY Y SU INFLUENCIA EN LA DISPONIBILIDAD DE FUENTES PROTEICAS Y AGUA DULCE EN LA POBLACIÓN DE IQUITOS – LORETO	¿En qué medida es posible predecir los niveles de concentración de mercurio y su relación con la disponibilidad de fuentes proteicas y agua dulce de la cuenca del Nanay?	OBJETIVO GENERAL: Evaluar la evolución de la concentración de Mercurio (Hg) de la cuenca del Nanay	H0: Los niveles de Mercurio (Hg) superan los Límites Máximos Permisibles.	Cuantitativo del Tipo no Experimental, Descriptivo, Analítico, Horizontal y Predictivo	Cuenca del Rio Nanay Puntos de Muestreo	Plataforma de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), Estudios de la EPS Sedaloreto S.A, Investigaciones del IIAP, etc.
		OBJETIVO ESPECÍFICO N°01: Aplicar el modelo matemático de Holt Winter para Predecir los cambios en la concentración Mercurio en la Cuenca del Rio Nanay en los próximos años	H0: Los Niveles de Mercurio en la cuenca del Rio Nanay influiría en la disponibilidad de fuentes proteicas y agua dulce para la población de la ciudad de Iquitos			
		OBJETIVO ESPECÍFICO N°02: Analizar la relación de la concentración de Mercurio con la disponibilidad de fuentes proteicas y agua dulce en la cuenca del Nanay	H1: Los niveles de Mercurio (Hg) no superan los Límites Máximos Permisibles.			
			H1: Los Niveles de Mercurio en la cuenca del Rio Nanay no influiría en la disponibilidad de fuentes proteicas y agua dulce para la población de la ciudad de Iquitos			