

PROYECTO DE INVESTIGACION

I. Título

Bioacumulación de mercurio en "huasaco" *Hoplias malabaricus* (Characiformes: Erythrinidae) en la microcuenca del río Malinowski, zona de amortiguamiento del PNBS, Madre de Dios, 2021.

II. Resumen del Proyecto de Tesis

El presente trabajo de investigación se realizará en la microcuenca del río Malinowski dentro de los límites establecidos de la Zona de Amortiguamiento del Parque Nacional Bahuaja Sonene, ubicado en el distrito de Inambari, provincia de Tambopata región Madre de Dios. El estudio tiene como finalidad determinar el contenido de mercurio en la especie *Hoplias malabaricus* y agua de la microcuenca del río Malinowski, con los siguientes objetivos específicos: (1) Determinar las concentraciones de mercurio en los tejidos branquial y hepático en *H. malabaricus* en la microcuenca del río Malinowski, según época y tamaño del pez. (2) Determinar parámetros fisicoquímicos y niveles de mercurio en agua y relacionar con las concentraciones de los peces. En la determinación de la ubicación de los puntos, se utilizará el sistema de posicionamiento satelital (GPS), el mismo que se registrará en coordenadas UTM en el sistema WGS84. Se seleccionará cuatro puntos de muestreo teniendo en cuenta la accesibilidad, la seguridad y la información secundaria de la zona de estudio, el periodo de muestreo será en dos épocas (estiaje y crecida). La investigación se llevará a cabo mediante un estudio descriptivo por cuanto se obtiene datos primarios, también es de diseño transversal, exploratorio y estadísticamente comparativa, pues detalla el contenido de mercurio en agua y pez, en los puntos de muestreo establecidas; y analiza la influencia de las variables fisicoquímicas del agua en cuanto a la presencia del mercurio. La selección de la especie se hizo en base a los criterios donde se considera las especies indicadoras de la zona, de acuerdo con el objeto de estudio, las más abundantes, de fácil recolección, además se tomarán en consideración el tipo de alimentación. Las muestras de peces se agruparán en tres grupos según su tamaño, se extraerá muestras de branquias e hígado de *H. malabaricus*. En cada punto de muestreo se obtendrá 06 muestras y 24 muestras de tejido branquial y hepático por época. Así mismo, la calidad del agua se evaluará a través de la evaluación de las variables fisicoquímicas (pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, turbidez, sólidos totales y mercurio). En cada punto de muestreo se obtendrán muestras de agua para su análisis de mercurio y muestras para turbidez y sólidos totales, obteniendo 2 muestras de agua a analizar de cada punto de muestreo y 8 por época. Debido a que no existe normativas nacionales peruanas para las concentraciones de mercurio en tejidos de pez, los resultados serán comparados con los límites permisibles establecidos por la normativa internacional, la norma canadiense para la protección ambiental (Environmental Protection Act) y la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (U.S. Environmental Protection Agency) USEPA. Por otro lado, los análisis de la concentración de mercurio en agua serán comparados con los estándares de calidad ambiental para aguas establecidos por la normativa nacional, cuarta categoría. Los análisis estadísticos de las muestras de *H. malabaricus* se realizarán en el software SPSS versión 25.0, la variabilidad observada de las distintas concentraciones de mercurio se estudiará a través de ANDEVA de tal manera se podrá saber si hay diferencias en el contenido de mercurio entre época y de acuerdo a cada tamaño de pez. De igual manera la variabilidad en las distintas condiciones fisicoquímicas del agua en los cuatro puntos de muestreo y por época se desarrollará a través de ANDEVA. Además, se realizará un análisis de correlación de Pearson entre estas variables y la concentración de mercurio en *H. malabaricus*.

III. Palabras claves (Keywords)

Bioacumulacion, ECAs, *Hoplias malabaricus*, mercurio.

58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115

IV. Justificación del proyecto

La amazonia peruana constituye una amplia diversidad de ecosistemas que ha permitido el desarrollo de múltiples especies endémicas de flora y fauna silvestre, es por eso que el Perú es considerada uno de los países mega diversos del mundo, el cual pone en primer plano la importancia de conservar los ecosistemas. Sin embargo, en la amazonia existe actividades que están perjudicando el estado natural de los ecosistemas, las actividades antropogénicas que se desarrollan en las proximidades a los ríos principales de nuestra selva, están causando un gran impacto sobre el hábitat natural de las especies silvestres, dichas actividades son empleados para satisfacer las necesidades de la población (MINAN 2010). En las últimas décadas, en la microcuenca del rio Malinowski, se ha observado una disminución del recurso pesquero, causada por las actividades mineras, la contaminación por la actividad de la minería artesanal tiene un impacto severo en los recursos hidrobiológicos, y las áreas naturales protegidas por el estado no son ajenas a estas amenazas (IIAP & MINAM 2011).

El constante avance de la minería ilegal amenaza con destruir los ecosistemas naturales de las Áreas Naturales Protegidas y una de las mayores preocupaciones es la afectación del Parque Nacional Bahuja Sonene y la Reserva Nacional Tambopata, así mismo el modo de vivir de Comunidades Nativas, que ya han comenzado a invadir los informales (Chung, 2011). Solo entre la cuenca del rio Malinowski y la parte baja del rio Tambopata se distribuyen 122 concesiones mineras, abarcando 24500 ha. (ZEE, 2008).

En ese contexto la minería aurífera ilegal altera drásticamente los recursos naturales emitiendo sustancias nocivas como son los metales pesados, los cuales constituyen un grupo de elementos traza de alto interés. A pesar de algunos resultados esenciales, determinados niveles en agua y suelos pueden resultar tóxicos para los seres vivos (organismos del suelo, plantas, animales acuáticos y sin excepción el hombre). Desde el punto de vista ambiental los metales pesados más interesantes por su toxicidad tanto para el medio ambiente como para los seres vivos, son el cadmio, cobre, níquel, plomo, cromo, zinc y mercurio (Kabata & Pendias, 2001).

Además, el IIAP, (2002) en su Programa de Ecosistemas Acuáticos; Considera que el bosque inundado desempeña una función importante en el desarrollo de las poblaciones de peces. La mayoría de las especies se reproducen durante la época de creciente de los ríos debido a que la zona inundada proporciona mayores áreas de dispersión, protección y alimentación a alevinos juveniles y adultos. Al deforestar las riberas de los ríos y lagos las opciones para reproducirse disminuyen significativamente poniendo en riesgo la recuperación natural de los peces.

En ese sentido, el presente estudio se justifica debido a la ausencia de un conocimiento acerca de probables contenidos de mercurio (Hg) en las especies de peces como es el caso de *Hoplias malabaricus* en la microcuenca del rio Malinowski, la misma que está siendo altamente impactado por la minería aurífera, modificando su curso natural y la calidad de sus aguas.

La microcuenca del rio Malinowski tributario del rio Tambopata se encuentra altamente afectado por las concesiones mineras, donde la calidad del recurso hídrico y las especies acuáticas están siendo afectados por las sustancias toxicas que estas actividades generan, y por ende las áreas naturales protegidas como el Parque Nacional Bahuja Sonene se encuentran en riesgo de alteración de la calidad de sus ecosistemas (IIAP & MINAM 2011). Esta es sin lugar a dudas la motivación que el presente estudio se viene planteando, para evaluar el grado de afectación del metal mercurio (Hg) en las especies acuáticas de la microcuenca del rio Malinowski zona de amortiguamiento del Parque Nacional Bahuja Sonene (PNBS), a través del análisis de la concentración de mercurio en los órganos (branquias e hígado) de la especie *Hoplias malabaricus* "Huansaco" y del cuerpo de agua.

Los resultados que se obtendrán, a través del análisis de bioacumulación de mercurio en la especie seleccionada, permitirán obtener un mejor conocimiento del medio acuático del rio Malinowski, al relacionar esta información con los aspectos de tipo ecológico y fisiológico de la especie *Hoplias malabaricus* se podrá determinar la forma en que estas influyen en los procesos de biomagnificación.

Además, el presente trabajo será de mucha utilidad para los futuros investigadores, así poder lograr obtener resultados creíbles y reproducibles para brindar información valiosa para combatir y mitigar la contaminación ambiental que existe en la zona de estudio, así mismo, el presente estudio servirá a las autoridades locales y regionales como información requerida para replantear las gestiones, acciones y toma decisiones respecto a la contaminación del medio acuático o tomar medidas preventivas para salvaguardar los ecosistemas de las áreas naturales protegidas, que son de vital importancia para la conservación de la diversidad biológica existente en el Parque Nacional Bahuaja Sonene; así como también, aportar recomendaciones en cuanto al manejo de posibles peligros a la salud y al medio ambiente, asociados a la calidad de las aguas del río Malinowski.

V. Antecedentes del proyecto

Existe una gran cantidad de investigaciones vinculadas al estudio por metales pesados en América latina. Entre los estudios más resaltantes, se tiene el trabajo de (Granada & Escobar, 2012), en el cual se analizaron y cuantificaron metales pesados (Pb, Cd, Ni y Hg) en sedimentos del río Cauca (Colombia) y se concluyó que los niveles de cadmio, plomo y níquel, no representaron riesgos potenciales puesto que no exceden los límites permisibles de la legislación ambiental colombiana. Sin embargo, el mercurio superó los límites establecidos por la norma colombiana, posiblemente debido a las actividades mineras que tienen lugar a lo largo de la cuenca del río.

Los estudios realizados en el río Magdalena (Colombia), y sus afluentes, para determinar las concentraciones de mercurio muestran que existe una relación directa entre las altas concentraciones en peces con la cercanía a las zonas con influencia directa de vertimientos de aguas de minería aurífera, encontrándose valores críticos en la región de la Mojana y zona del nordeste antioqueño, zonas donde casi todas las muestras presentaron valores superiores a la norma de 0,5 µg/g de mercurio. (Mancera & Rodríguez, 2006).

Corrales, (2013) determinó el contenido de cobre, cinc, arsénico y mercurio en el tejido muscular e hígado de ejemplares de corvina rubia (*Micropogonias furnieri*) y lisa (*Mugil platanus*) capturadas en diferentes zonas y periodos en la costa de Montevideo, Uruguay. Utilizó dos técnicas para la cuantificación de los distintos metales pesados, la Fluorescencia de Rayos X dispersiva en energía y la Espectroscopia de absorción atómica con la técnica de vapor frío.

Legorburu, (1988) realizó estudios para determinación de metales pesados en trucha común (*Salmo trutta fario*), y haciendo un aporte importante en este tipo de estudios menciona lo siguiente en su investigación; se han determinado las concentraciones de metal en hígado, branquia, y músculo de trucha común (*Salmo trutta fario*), procedente de cinco puntos de la cuenca del río Urola al sureste de México, las muestras se analizaron por Espectroscopia de absorción atómica, tras su digestión ácida.

El IIAP & MINAM, (2011) Consideran que, en el proceso de amalgamación, quemado y refogado en el afán de obtener un oro de mejor calidad; El vapor de mercurio se precipita rápidamente sobre las áreas adyacentes o próximas a estos asentamientos mineros, contaminando áreas mayores y comprometiendo suelos y vegetación.

Un informe técnico de calidad de agua realizado en la cuenca minera por parte de la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2010), reporto varios incidentes que superaron los niveles máximos permitidos de metales como mercurio, níquel y cobre. Es muy inusual detectar un metal pesado en suspensión siendo más habitual en sedimentos aluviales debido al elevado peso específico.

Chung, (2011) en su publicación considera que el mercurio es altamente tóxico especialmente cuando es metabolizado en metilmercurio por la acción de las bacterias metanogénicas, el cual por un proceso de biomagnificación es absorbido por plantas, peces y seres humanos a través de la cadena alimenticia y por un proceso de bioacumulación, los peces y los seres humanos absorben el mercurio y lo acumulan en el organismo.

López (2005) en su tesis denominada "Bioacumulación y Biomagnificación de Mercurio en diferentes poblaciones de peces en la amazonia Boliviana", donde su objetivo fue;

174 medir la relación de bioacumulación de este metal con el tamaño, peso y la edad de
175 los peces en estudio, así mismo, evaluar la influencia del ámbito alimentario, el sexo
176 y la madurez sexual en seis especies de peces piscívoros y no piscívoros de importancia
177 regional en las cuencas de los ríos Itenez y Madre de Dios de la amazonia. El equipo
178 utilizado para el análisis fue un espectrómetro de absorción atómica. Como resultados
179 el autor encontró que la bioacumulación de Mercurio presenta correlaciones positivas
180 entre la concentración y las características mencionadas de todas las especies donde
181 se encontró relación entre las dos variables. La bioacumulación de Mercurio presento
182 correlaciones positivas entre la concentración por la longitud estándar, el peso y la
183 edad en todas las especies de estudio. La madurez sexual tuvo influencia en la
184 bioacumulación. La tasa de crecimiento está relacionada negativamente con la
185 bioacumulación de Mercurio donde solamente los individuos de 600 mm de longitud
186 sobrepasaron el límite máximo permisible recomendado por la OMS de 500 ng.
187 Marrugo *et al.*, (2007) en su trabajo sobre Hallazgo de mercurio en peces de la Ciénaga
188 de Ayapel, Córdoba, Colombia, realizo estudios en especies ícticas carnívoras y no
189 carnívoras. Los especímenes recolectados con mayor frecuencia entre las especies
190 carnívoras fueron *Hoplias malabaricus* (moncholo), *Plagioscion surinamensis* (pacora)
191 y *Pseudoplatystoma fasciatum* (bagre pintao). En el grupo de no carnívoros la especie
192 recolectada con mayor frecuencia fue el *Prochilodus magdalenae* (bocachico). Las
193 muestras fueron analizadas por espectrometría de absorción atómica por vapor frío
194 después de digestión ácida. Las concentraciones más altas de Hg-T se observaron para
195 las muestras analizadas de la especie carnívora *Ageneiosus caucanus* (0.504 ± 0.103
196 mg Hg kg⁻¹ peso fresco), y las menores concentraciones en la especie Iliófaga
197 *Prochilodus magdalenae* (0.130 ± 0.056 mg Hg kg⁻¹ peso fresco). Las concentraciones
198 más altas fueron encontradas en las muestras de la época de estiaje.
199 Duma *et al.*, (2016) indica que el mercurio presente especialmente en peces, en
200 concentraciones perjudiciales para los seres humanos y en la flora y fauna silvestres,
201 se debe a dos efectos o procesos naturales conocidos como bioacumulación; que
202 significa acumulación neta en un organismo de metales provenientes de fuentes
203 bióticas (otros organismos) o abióticas (suelo, aire y agua) y biomagnificación, que
204 viene a ser la acumulación progresiva de ciertos metales pesados (y otras sustancias
205 persistentes) de uno a otro nivel trófico sucesivo y si a esto relacionamos los estudios
206 realizados por (Pouilly & col, 2004) quien relacionó la bioacumulación del mercurio en
207 relación al tamaño de los individuos es mucho más preocupante pues implica a
208 relacionar que mientras más grandes son los organismos mayores es su tasa de
209 mercurio.
210 Watras *et al.*, (1998) & Wade *et al.*, (1993), señalan que la relación de metilmercurio
211 en el tejido de los peces respecto al agua puede ser extremadamente grande. Este
212 fenómeno no obedece a procesos de partición entre el agua y los tejidos, sino a la
213 biomagnificación a través de la cadena alimenticia. Además de la influencia del nivel
214 trófico o de la especie, hay otros factores de importancia en la bioacumulación y
215 biomagnificación del mercurio tales como la edad del pez, la actividad microbiológica,
216 el contenido de materia orgánica y azufre en el sedimento, así como la salinidad, el pH
217 y el potencial redox del cuerpo de agua.
218 El Metilmercurio (MeHg) es producido por las bacterias naturales del mercurio metálico
219 en el fondo de lagos y ríos, donde el MeHg es absorbido por algas y plantas acuáticas
220 con una concentración de (+), estas algas y plantas acuáticas contaminadas con MeHg
221 son comidas por peces pequeños y su concentración es de (++) , siguiendo la cadena
222 alimenticia acuática los peces más grandes se comen a los peces pequeños
223 contaminados con una concentración de (+++)” (Fernández, 2009).
224 Diversos estudios muestran niveles preocupantes de contaminantes por mercurio y
225 otros metales pesados en agua, peces y personas en la región Madre de Dios desde
226 hace bastantes años. Un estudio del Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente,
227 (1994) encontró contaminación de “Puma Zungaro” y de “Zungaro Negro” mostraron
228 presencia de mercurio en sus tejidos superiores en 30.4 y 11.2 % a los máximos
229 permisibles.
230 Ramírez, (2017) en su trabajo de tesis sobre “impacto ambiental de la pequeña minería
231 y minería artesanal en la sub cuenca del rio Inambari Madre de Dios”, señala que la

232 contaminación por mercurio abarca un área mucho mayor a la microcuenca; debido a
233 la dispersión por el viento, la lluvia, la escorrentía y la migración de individuos
234 contaminados. Respecto a la percepción local de los impactos ambientales en la fase
235 de explotación, se ha encontrado un buen nivel de percepción de los impactos,
236 facilitado por la posibilidad de observar directamente algunas de sus características y
237 la capacidad de comprender algunos efectos directos.

238 PRODUCE, (2010) realizó estudios en el río Tambopata para determinar las
239 concentraciones de mercurio en peces, como son: Puma Zúngaro 0.70 mg/kg de
240 mercurio y plomo 0.08 mg/Kg, Mota Punteada 0.88 mg/kg de mercurio, Mota
241 Barbachata 2.36 mg/kg de mercurio por último en Mota punteada se encontró 0.60
242 mg/kg de mercurio.

243 En el año 2003 fue realizada una evaluación del impacto del mercurio derivado de la
244 actividad minera en la cuenca del río Malinowsky, el contenido de mercurio en los
245 sedimentos de las 10 estaciones consideradas, desde cabeceras hasta su
246 desembocadura en el río Tambopata, superó los niveles permitidos en todos los casos.
247 los 150 especímenes de peces analizados presentaron resultados heterogéneos;
248 grandes ejemplares de doncellas (*Pseudoplatystoma punctifer*), huasaco o fasaco
249 (*Hoplias malabaricus*) y boquichico (*Prochilodus nigricans*) superaron los niveles
250 máximos permitidos establecidos por la OMS (500 µgHg/kg); sin embargo, el promedio
251 se mantuvo bajo esos niveles. Las carachamas (*Aphanotorolus sp.*) y sapamamas
252 (*Triportheus sp.*) presentaron niveles de mercurio detectables pero inferiores a los
253 límites permitidos (Barbieri, 2006).

254 Fernández & González, (2009), Realiza un muestreo sobre las especies de peces más
255 consumidas en la ciudad de Puerto Maldonado, con una muestra de músculo dorsal
256 limitada de pescados; Para esto utiliza espectrometría por absorción atómica para
257 mercurio; En el estudio encuentra tres especies de doce que sobrepasan los niveles
258 permisibles de mercurio en el pescado crudo.

259 Fernández, (2009) encontró que "en tres de las 10 especies analizadas se detectaron
260 concentraciones sobre el límite máximo de mercurio según la organización mundial de
261 la salud en el 2008 de (0.5 ppm) y donde los pescados más grandes contienen
262 concentraciones más altas de mercurio".

263 En un estudio realizado sobre "Determinación de metales pesados en agua, sedimento
264 y camarón rosado (*Farfantepenaeus notialis*)" se llegó a determinar empleando las
265 técnicas de Espectrofotometría de absorción atómica; voltametría de Redisolución
266 anódica y fluorescencia de Rayos X dispersiva por energía, concentración hallada en
267 tiempo de lluvia fue: agua: Fe = 0,31mg/L, Zn = 0,036mg/L, Cu = 0,018mg/L y Pb
268 =0,01mg/L; sedimento: Fe = 1,1 mg/kg, Cu = 177 mg/kg, Zn = 11,97 mg/kg y Pb =
269 2,5 mg/kg y camaron: Zn = 15,02 mg/kg, Cu = 2,0 mg/kg y Pb = 0,3 mg/kg.
270 (Rodríguez, 2009).

271 Pezo *et al.*, (1992) realizó estudios en los que llegó a determinar presencia de metales
272 como plomo, cadmio, mercurio en muestras de pescado Boquichico, en mayor cantidad
273 de estos metales en muestras tomadas cerca de extracciones petrológicas en los ríos
274 Nanay, Ucayali, y Amazonas. Teniendo así algunos antecedentes en que los recursos
275 ictiológicos en estas aguas, presentan contaminación de metales pesados.

276 En un informe sobre Diagnóstico y Plan de Gestión de recursos hídricos en la cuenca
277 de Madre de Dios (2011), en sus resultados del análisis de las muestras tomadas
278 indican que los valores encontrados de mercurio, plomo, níquel, arsénico y cobre se
279 encuentran por encima de los valores de los ECA – categoría 4, en los ríos de la cuenca
280 del Inambari y en el río Huepetuhe; como consecuencia de la actividad minera de
281 extracción del oro que se practica en las riberas de los ríos de manera indiscriminada
282 y mayormente ilegal. El pH del río Huepetuhe tiene características ácidas (4,71) y los
283 demás ríos de esta cuenca se encuentran en el límite del rango bajo (6,5).

284 A lo largo de la evaluación de un Inventario Biológico Rápido (IBR) orientado a conocer
285 la diversidad de especies en la cuenca media y alta del río Chocolatillo, fue evidente la
286 existencia de una fuerte actividad minera con maquinaria pesada en las cabeceras del
287 Río Malinowski, en la zona de amortiguamiento del PNBS, y de modo particular en el
288 cauce y las terrazas bajas del río Malinowski. Así mismo, se detectó actividades de
289 minería aurífera artesanal en las partes altas de la cuenca del río Pamahuaca, a menos

290 de un kilómetro del PNBS. La actividad minera ya estaría afectando la conectividad de
291 los cuerpos de agua en el sector noroeste del PNBS, modificando la estructura de la
292 comunidad de peces, y de zoo y fitoplancton. La ausencia de especies comerciales y
293 de grandes bagres en las partes altas y medias de la cuenca, podría deberse a esto
294 (WCS, 2013).

295 La actividad minera, y el represamiento de los cursos de agua afectan a las
296 comunidades de peces (Habit *et al.*, 2006; Brosse *et al.*, 2011), interfiriendo con la
297 conectividad del paisaje. Los peces que habitan en los ríos requieren de una alta
298 conectividad latitudinal y longitudinal entre cuerpos de agua para alimentarse,
299 reproducirse y protegerse. Es probable que la degradación del río Malinowski esté
300 afectando la continuidad del recurso pesquero en las cuencas dentro del PNBS y la RNT
301 (WCS, 2013).

302

303

VI. Hipótesis del trabajo

304 La bioacumulación de mercurio en el "Huasaco" *Hoplias malabaricus* en la microcuenca
305 del río Malinowski zona de amortiguamiento del PNBS, superan los límites establecidos
306 por la normativa internacional.

Hipótesis específica:

- 307 - Las branquias e hígado de *H. malabaricus* tienen concentraciones de mercurio que
308 superan las normas internacionales en su límite establecido, y son mayores en
309 peces de mayor tamaño y en época de estiaje de la microcuenca del río Malinowski
310 zona de amortiguamiento del PNBS.
- 311 - Los parámetros fisicoquímicos (pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad
312 eléctrica, turbidez y Sólidos totales) y los niveles de mercurio en la microcuenca
313 del río Malinowski superan las normas nacionales en su límite establecido, y tienen
314 relaciones directas con las concentraciones en peces.
315

316

317

VII. Objetivo general

318 Evaluar la bioacumulación del mercurio en el "huasaco" *Hoplias malabaricus* en la
319 microcuenca del río Malinowski zona de amortiguamiento del PNBS.

320

321

VIII. Objetivos específicos

- 322 - Determinar las concentraciones de mercurio en los tejidos branquial y hepático en
323 *Hoplias malabaricus* en la microcuenca del río Malinowski, zona de
324 amortiguamiento del PNBS según época y tamaño del pez.
- 325 - Determinar parámetros fisicoquímicos (pH, temperatura, oxígeno disuelto,
326 conductividad eléctrica, turbidez y Sólidos totales) y niveles de mercurio del agua
327 en la microcuenca del río Malinowski y relacionar con las concentraciones de
328 *Hoplias malabaricus*.

329

330

IX. Metodología de investigación

Tipo de investigación:

332 El estudio se realizará en la microcuenca del río Malinowski en la zona de
333 amortiguamiento del Parque Nacional Bahuaja Sonene (PNBS). Se desarrollará una
334 investigación descriptiva transversal (Veiga *et al.*, 2008), ya que se describe la
335 situación del mercurio en el río Malinowski.

336 Se llevará a cabo mediante un estudio descriptivo por cuanto se obtiene datos
337 primarios, también es de diseño transversal, exploratorio y estadísticamente
338 comparativa, pues detalla el contenido de mercurio en agua y pez, en los puntos de
339 muestreo establecidas; y analiza la influencia de las variables fisicoquímicas del agua
340 en cuanto a la presencia del mercurio.

Determinación de los puntos de muestreo:

342 Los puntos de muestreo se establecerán en base a criterios de identificación,
343 accesibilidad y representatividad del objetivo de estudio, de acuerdo a lo recomendado
344 (ANA, 2014).

345 Para definir los puntos de muestreo se tomará en cuenta la accesibilidad, la seguridad
346 y la información secundaria, teniendo en cuenta un total de cuatro puntos de muestreo

347 (P-01, P-02, P-03 y P-04). En la Figura 1 se muestran la ubicación de los puntos de
348 muestreo. Se considerarán dos puntos de muestreo en el cauce principal del río
349 Malinowski y otros dos en sus afluentes (río Pamahuaca y río Colmena) que se ubican
350 dentro de los límites establecidos de la zona de amortiguamiento del Parque Nacional
351 Bahuaja Sonene (PNBS).

352 P-01: Río Pamahuaca cerca al puesto de control y vigilancia que lleva el mismo
353 nombre.

354 P-02: Río Colmena aproximadamente a 1 km aguas arriba de la confluencia con el río
355 Malinowski.

356 P-03: Río Malinowski aproximadamente a 50 metros aguas arriba de la confluencia con
357 el río Pamahuaca.

358 P-04: Río Malinowski aproximadamente a 500 metros aguas arriba de la confluencia
359 con el río Pamahuaca.

360 Los puntos P-01 y P-02 fueron escogidos para ver si la posible contaminación
361 procedente de la microcuenca del río Malinowski, donde se concentra la actividad
362 minera en el área de estudio, llega a través de la biomagnificación o cualquier otro
363 proceso a sus afluentes como son los ríos Pamahuaca y Colmena, una zona de gran
364 importancia ecológica ya que constituye el inicio de la zona reservada del Parque
365 Nacional Bahuaja Sonene (PNBS). Los puntos P-03 y P-04 se escogieron por ser puntos
366 accesibles donde se desarrolla la minería.

367 En la determinación de la ubicación de los puntos, se utilizará el sistema de
368 posicionamiento satelital (GPS), el mismo que se registrará en coordenadas UTM en el
369 sistema WGS84.

370 **Periodo de muestreo:**

371 Para el trabajo de investigación el muestreo se desarrollará en dos temporadas del
372 año como las épocas de estiaje (noviembre) y las épocas de avenida (febrero), para
373 poder evaluar la variación en la presencia de mercurio en las dos diferentes etapas de
374 estudio, la cual también es nuestro propósito de trabajo.

375 **Población y tamaño de muestra:**

376 La población en estudio lo constituyen todos los peces que se encuentran en el río, así
377 como también el volumen del agua de la microcuenca del río Malinowski, que se ubica
378 dentro de los límites establecidos de la zona de amortiguamiento del PNBS en la región
379 de Madre de Dios.

380 La toma de muestras se obtendrá de la captura de peces de "Huasaco" (*H.*
381 *malabaricus*) donde se tomarán tejidos branquiales y hepáticos de tres grupos de
382 peces según su tamaño y en cada época. Se capturará cuatro individuos por tamaño
383 de pez, en total 12 individuos por punto de muestreo y 48 por época.

384 Así mismo, de tomarán muestras de agua en cada punto de muestreo, se obtendrán
385 muestras para su análisis de mercurio y muestras para turbidez y sólidos totales del
386 agua, obteniendo 2 muestras de agua a analizar de cada punto de muestreo y 8 por
387 época.

388 **A. Determinación de las concentraciones de mercurio en los tejidos branquial 389 y hepático en *Hoplias malabaricus* en la microcuenca del río Malinowski zona 390 de amortiguamiento del PNBS, según época y tamaño de pez.**

391 Para el trabajo de investigación la especie *Hoplias malabaricus* "Huasaco" fue
392 designada debido a que son especie indicadora de la zona, de acuerdo con el objeto
393 de estudio, las más abundantes, de fácil recolección. Además, de acuerdo con lo
394 sugerido por (García, 1993), se tomarán en consideración el tipo de alimentación.

395 La actividad de pesca se desarrollará, lo más cercano posible de los puntos de toma
396 de muestras de agua, teniendo, además, como criterios la accesibilidad al área de
397 estudio y transparencia del agua. Se desarrollará al menos 5 arrastres por punto de
398 muestreo, empleando una red de pesca a orilla (atarraya) de 2.50 m de longitud, hilo
399 de 10 mm y 0,6 cm abertura de malla para cuerpos de agua.

400 La identificación de los ejemplares de peces se realizará de acuerdo a lo propuesto por
401 (Jiménez *et al.*, 2015); la medición con el ictiómetro, tomando la longitud total (desde
402 la parte más saliente de la mandíbula a la aleta caudal); y el peso (expresado en
403 gramos) en una balanza analítica.

404 Las muestras de peces se agruparán en tres grupos según su tamaño, se extraerá

405 muestras de branquias e hígado de *H. malabaricus*, considerando como muestra
406 ambas branquias de cada individuo. en cada punto de muestreo se obtendrá 06
407 muestras de tejidos, y entre los cuatro puntos de muestreo se tendrá 24 muestras de
408 tejidos branquial y hepático por época. Por sugerencia del laboratorio "BHIOS LAB –
409 Arequipa" la cantidad mínima de muestra requerida para el análisis de mercurio es de
410 50 g. entonces será necesario capturar cuatro individuos por tamaño de pez, en total
411 12 individuos por punto de muestreo y 48 individuos por época. Para los tamaños de
412 los peces se considerará los siguientes rangos; para peces pequeños menores de 15
413 cm de longitud, peces medianos 15 – 25 cm y peces grandes mayores de 25 cm.
414 Las branquias y el hígado fueron seleccionados debido a que son órganos importantes
415 de acumulación de metales, (Herrero, 2014). La acumulación de metales en el hígado
416 es debido a que se trata de órganos acumuladores (Honda et al., 1983). De forma
417 general, el hígado tiende a acumular metales y juega el papel principal en la
418 detoxificación y excreción de metales a través de la inducción de las proteínas que se
419 unen a metales. Se sabe que la mayor parte de la inducción de metalotioneínas (MT)
420 ocurre en el hígado (Canli & Atli, 2003; Yilmaz, 2009), y debido a la presencia de las
421 mismas, este órgano puede acumular una mayor proporción de metales que otros
422 tejidos, reduciendo la toxicidad de los metales y permitiendo su mayor acumulación.
423 De hecho, el hígado es frecuentemente recomendado como tejido indicador a analizar
424 cuando se monitorea la concentración de metales en el ambiente acuático (Henry et
425 al., 2004; Agah et al., 2009; Jaric et al., 2011).
426 Del mismo modo las branquias son consideradas como el lugar más importante de
427 toma directa de sustancias desde el agua (Hughes & Flos, 1978; Part & Svanberg,
428 1981; Thomas et al., 1983). Algunos autores (McDonald & Wood, 1993) señalan a las
429 branquias como el órgano más vulnerable a la exposición aguda, debido a su contacto
430 con el medio externo y a la fina membrana que separa el interior del exterior (Evans
431 et al., 2005). Como primera estrategia de defensa, los peces intentarían evitar la
432 acumulación del metal por medio de una secreción mucosa en las branquias que uniera
433 e inmovilizara los metales fuera del organismo (Handy & Eddy, 1990).
434 La extracción de hígado y branquias se realizará cuidadosamente haciendo cortes en
435 la parte ventral y cerca a la cabeza del pez. Las muestras serán lavadas con agua
436 destilada para retirar los restos de sangre, luego serán conservadas en fundas de ziploc
437 debidamente etiquetados manteniendo la temperatura a menos de -2 °C durante su
438 transporte y analizarlo antes de las 48 horas.
439 El procedimiento analítico para la determinación de mercurio en tejidos de pez
440 (branquias e hígado) se realizará según la metodología de "Bhios Laboratorios S.R.L."
441 - Arequipa, laboratorio acreditado por INACAL, código de análisis A-2716-2021. El
442 análisis en laboratorio se realizará pesando 50 gramo de muestra, se adicionará 2 ml
443 de HNO₃ y 1 ml de H₂SO₄, se colocará en digestión a 90°C por 3 horas; luego se
444 enfriará a temperatura ambiente, se añadirá 0,5 ml de H₂O₂ por 30 minutos sin agitar
445 y finalmente se filtrará y almacenará.
446 Debido a que no existe una normativa nacional peruana para mercurio en peces, los
447 resultados obtenidos serán comparadas con los límites permisibles de metales pesados
448 establecidos por la normativa internacional, la norma canadiense para la protección
449 ambiental (Environmental Protection Act) y la Agencia de Protección Ambiental de los
450 Estados Unidos (U.S. Environmental Protection Agency) USEPA.
451 Los análisis estadísticos se realizarán en el software SPSS versión 25.0. La variabilidad
452 observada de las distintas concentraciones de mercurio se estudiará a través del
453 análisis de varianza (ANDEVA), de tal manera se podrá saber si hay diferencias en el
454 contenido de mercurio entre época y de acuerdo a cada tamaño de pez.
455 **B. Determinación de los parámetros fisicoquímicos (pH, temperatura,
456 oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, turbidez y Sólidos totales) y
457 niveles de mercurio del agua en la microcuenca del río Malinowski y
458 relacionar con las concentraciones de *Hoplias malabaricus*.**
459 El muestreo del agua se realizará en los cuatro puntos establecidos y en ambas épocas
460 (estiaje y avenida), coincidiendo con los puntos de pesca de especímenes de *H.*
461 *malabaricus*, los muestreos se tomarán de la parte superficial del centro de la corriente
462 y de las orillas del río. Las muestras serán tomadas a una profundidad de 20 - 50 cm

463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520

de la superficie del río, luego se dispondrá en envases de plástico previamente lavados in situ tres veces y rotulados adecuadamente. Para transportar las muestras al laboratorio se empacarán en bolsas de polietileno pesado protegidas con hielo triturado en un conservador de plataforma manteniéndola aproximadamente a 4°C, la temperatura se mantendrá hasta ser procesadas.

Se efectuarán las siguientes directrices:

- La medición de los parámetros en campo (pH, temperatura, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica), se realizarán mediante equipos portátiles, como el multiparametro.
- Las muestras para la determinación de los parámetros de turbidez y Sólidos totales, se tomarán superficialmente, lo más cercano al centro del cuerpo de agua y en contra de la corriente al flujo hídrico, con lo que se evitara la alteración de las condiciones reales hasta su procesamiento en laboratorio.
- Para determinar el nivel de mercurio se tomarán muestras de agua en ambos lados de la orilla del río, coincidiendo con los puntos de muestreo para los análisis de parámetros fisicoquímicos.
- Las muestras serán representativas de acuerdo a las condiciones que existe en el sitio a la hora de muestreo, se colectara un volumen suficiente de agua para efectuar con las determinaciones correspondientes.
- Se tomará el punto de muestreo donde el río este lo más regular, accesible y uniforme.

Los parámetros fisicoquímicos (pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, turbidez y Sólidos totales), son parámetros esenciales para determinar el estado natural del agua, dichos parámetros son considerados en base a la normativa nacional; Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental para guas, en su cuarta categoría "Conservación del ambiente acuático" señala que los cuerpos naturales de agua superficiales que forman parte de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento, cuyas características requieren ser protegidas.

El procedimiento analítico para la determinación de mercurio en agua se realizará según la metodología de "BHIOS Laboratorios S.R.L." de la ciudad de Arequipa, laboratorio acreditado por INACAL. El análisis en laboratorio se realizará con métodos estándares para mercurio.

Hg = Fluorescencia Atómica/EPA 245.2

Su objetivo principal es para la preparación de muestras para el análisis por Absorción Atómica, acoplado inductivamente espectroscopia de emisión de plasma (ICP) o cromatografía líquida.

Para tener resultados más eficaces, así como en la determinación de resultados estadísticos con los estándares nacionales e internacionales; sobre todo se buscó garantizar que los métodos a utilizar en los muestreos de agua, demuestren buena reproducibilidad y exactitud y que sean aplicables para la comparación con los estándares nacionales de calidad ambiental para aguas (ECAs) del ministerio del ambiente en su cuarta categoría; conservación del medio acuático, así mismo será importante la comparación con los estándares internaciones como la Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA), en muchos casos hay mucha variabilidad en la comparación, que nos permitirá analizar el estudio de la calidad de agua de la microcuenca del río Malinowski.

La variabilidad en las distintas condiciones fisicoquímicas del agua en los cuatro puntos de muestreo y por época se desarrollará a través de análisis de varianza (ANDEVA). Además, se realizará un análisis de correlación de Pearson entre estas variables y la concentración de mercurio en los peces.

X. Referencias

- Agah, H., Leermakers, M., Elskens, M., Fatemi, S. & Baeyens, W. (2009). Accumulation of trace metals in the muscle and liver tissues of five fish species from the Persian Gulf. Environ. Monit. Assess. 157: 499-514.
- AIDER. (2011). Reducción de la deforestación y degradación en la Reserva Nacional Tambopata y el Parque Nacional Bahuaja Sonene del ámbito de la región Madre de

- 521 Dios, Perú. Puerto Maldonado, PE. 269 p.
- 522 ANA. (2010). Vigilancia de la calidad del agua en los ríos Tambopata, Malinowski e Inambari
523 - Madre de Dios.
- 524 Araujo, J. (2010). Informe Hidrobiológico Reserva Nacional Tambopata Y Parque Nacional
525 Bahuaja sonene Época Seca - 2010. (pp. 116). Puerto Maldonado, AIDER.
- 526 Barbieri-Noce, G. (2006). Consecuencias de la contaminación con mercurio en el ambiente
527 y en la salud humana. 1 Seminario - Taller "Agua, Salud Humana y Minería". Vicariato
528 Apostólico de P. Maldonado, P. Maldonado 25.08.2006. Manuscrito, 12 pp.
- 529 Bautista, c. (2018). Evaluación del contenido de metales pesados en carne y tejido óseo
530 de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) producidos en el centro poblado de Paccho
531 Molinos, Paucará - Huancavelica (Tesis para optar título profesional de ingeniero
532 agroindustrial), Facultad De Ciencias Agrarias, Universidad Nacional De Huancavelica.
- 533 Canli, M. & Atli, G. (2003). The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn)
534 levels and the size of six Mediterranean fish species. *Environ. Pollut.* 121: 129-136.
- 535 Chung, B. (2011). La minería aurífera en el Perú y la contaminación del ambiente. *Revcad*
536 *Peru Salud*, 18(2), 35-40.
537 https://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/rev_academia/2011_n2/pdf/a14v18n2.pdf
- 538 Corrales, D. (2013). Estudio del contenido de metales pesados en dos especies de peces
539 de la zona costera de Montevideo, Uruguay. Universidad De La Republica de Uruguay.
- 540 Correa, M., Bolaños, M., Rebolledo, E., & Rubio, D. (2015). Análisis del Contenido de
541 Metales en Aguas, Sedimentos y Peces en la Cuenca del Río Santiago, Provincia de
542 Esmeraldas, Ecuador. *Revista Científica Interdisciplinaria Investigación y Saberes*, 32-
543 42.
- 544 DIGESA. (2007). Protocolo de Monitoreo de la calidad sanitaria de los Recursos hídricos
545 superficiales, Dirección de Ecología y Protección del Ambiente, Área de Protección
546 de los Recursos Hídricos. Ministerio De Salud, Dirección General de salud Ambiental
547 "DIGESA ", Perú.
- 548 Evans, D., Piermarini, P. & Choe, K. (2005). The multifunctional fish gill: dominant site of
549 gas exchange, osmoregulation, acid-base regulation, and excretion of nitrogenous
550 waste. *Physiol. Rev.* 85: 97-177.
- 551 Fernández, L., & González, V. (2009). Niveles del Mercurio en Peces de Madre de Dios.
552 Carnegie Institution for Science, 29.
- 553 García, D. (1993). Principios y técnicas de gestión de la pesca en aguas continentales.
554 *International Journal*, 247.
- 555 Granada, N., & Escobar, D. (2012). Análisis y Cuantificación de Metales Pesados (Pb, Cd,
556 Ni Y Hg) en Agua, Sedimentos Y Bioacumulación en la Especie *Rhandia Wagne*
557 (Barbudo) del Río Cauca en el Municipio De La Virginia. Universidad Tecnológica de
558 Pereira.
- 559 Handy, R. & Eddy, F. (1990). The interaction between the surface of rainbow trout
560 *Oncorhynchus mykiss*, and waterborne metal toxicants. *Funct. Ecol.* 4: 385-392.
- 561 Henry, F., Amara, R., Courcot, L., Lacouture, D. & Bertho, M. (2004). Heavy metals in four
562 fish species from the French coast of the Eastern English Channel and Southern Bight
563 of the North Sea. *Environ. Int.* 30: 675-683.
- 564 Hernández, R, *et al.* (2014). Metodología de la Investigación. México: McGraw-Hill.
- 565 Herrero, T. (2014). Impacto de los Drenajes Ácidos en los Ecosistemas Acuáticos
566 Producidos por la Minería Del Carbón en el Bierzo: Bioacumulación de Metales Pesados
567 Y Evolución de las Comunidades Biológicas. Universidad de Leon.
- 568 Honda, K., Sahrul, M. & Hidaka, H. (1983). Organ and tissue distribution of heavy metals,
569 and their growth-related changes in Antarctic fish *Pagothenia borchgrevinki*. *Agric. Biol.*
570 *Chem.* 47: 25212532.
- 571 Hughes, G. & Flos, R. (1978). Zinc content of the gills of rainbow trout (*S. gairdneri*) after
572 treatment with zinc solutions under normoxic and hypoxic conditions. *J. Fish. Biol.*
573 13: 717-728.
- 574 IIAP. (2002). Programa de Ecosistemas Acuáticos (PEA) situación actual de la pesca y la
575 acuicultura en Madre de Dios. Recuperado:
576 <http://www.iiap.org.pe/Upload/Publicacion/PescaMDD.pdf>.
- 577 Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana (IIAP), MINAM (2011). Minería aurífera
578 en Madre de Dios y la contaminación con mercurio: Una bomba de tiempo. Ministerio

- 579 Del Ambiente.
- 580 Jaric, I., Visnjic-Jeftic, Z., Cvijanovic, G., Gacic, Z., Jovanovic, L., Skoric, S. & Lenhardt,
581 M. (2011). Determination of differential heavy metal and trace element accumulation
582 in liver, gills, intestine and muscle of sterlet (*Acipenser ruthenus*) from the Danube
583 River in Serbia by ICPOES. *Microchem. J.* 98:77-81.
- 584 Junquera, C. (2010) El impacto de la minería aurífera en el Departamento de Madre de
585 Dios (Perú). *Observatorio Medioambiental*, ISSN: 1139-1987. (pp. 202). Etnólogo
586 Universidad Complutense de Madrid.
- 587 McDonald, G. & Wood, M. (1993). Branchial mechanisms of acclimation to metals in
588 freshwater fish. In J. C. Rankin and F. B Jensen. (eds.): *Fish Ecophysiology*. Chapman
589 and Hall, London. pp. 297-321.
- 590 MINAM. (2009). Disposiciones para la implementación de los estándares Nacionales de
591 Calidad Ambiental (ECA) para Agua.
- 592 MINAM (Ministerio del Ambiente, PE). 2010. Estudio línea base ambiental de la cuenca del
593 río Madre de Dios. Lima, PE. 139 p.
- 594 Ministerio de Agricultura, ANA. (2011). Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los
595 Recursos Hídricos. Lima – Perú.
- 596 Part, P. & Svanberg, O. (1981). Uptake of Cadmium in Perfused Rainbow Trout (*Salmo*
597 *gairdneri*) Gills. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38(8): 917-924.
- 598 Pezo, R., Paredes, H. & Bedayán, Y. (1992). Determinacion De Metales Pesados
599 Bioacumulables En Especies Icticas De Consumo Humano en la Amazonia Peruana.
600 *Folia Amazónica*, 4(2), 171–181. <https://doi.org/10.24841/fa.v4i2.295>
- 601 Ramirez, W. (2017). Impacto Ambiental de la Pequeña Minería y Minería Artesanal en la
602 Sub Cuenca del Rio Inambari Madre De Dios. Universidad Nacional Del Centro Del
603 Peru.
- 604 Rodríguez, A. (2009). Determinación de metales pesados en agua, sedimento y camarón
605 rosado, La Habana.
- 606 Tello, S. (2002). Situación actual de la pesca y la acuicultura en Madre De Dios. 22.
607 http://repositorio.iiap.gob.pe/bitstream/IIAP/199/1/Tello_Reporte_2002.pdf
- 608 Thomas, G., Cryer, A., Solbe, F. & Kay, J. (1983). A comparison and protein binding of
609 environmental cadmium in the gills, kidney and liver of rainbow trout (*Salmo gairdneri*
610 Richardson). *Comp. Biochem. Physiol.* 76: 241-246.
- 611 USEPA. (1986). US Environmental Protection Agency. Quality Criteria for Water. Office of
612 water: Regulation and Standards. USEPA-44015-86-001.
- 613 Veiga de Cabo, J., De la Fuente, E., & Zimmermann Verdejo, M. (2008). Modelos de
614 estudios en investigación aplicada: conceptos y criterios para el diseño. *Medicina y*
615 *Seguridad Del Trabajo*, 54(210), 81–88.
616 [htAhttps://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0465](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0465)
- 617 Yilmaz, F. (2009). The Comparison of Heavy Metal Concentrations (Cd, Cu, Mn, Pb, and
618 Zn) in Tissues of Three Economically Important Fish (*Anguilla anguilla*, *Mugil cephalus*
619 and *Oreochromis niloticus*) Inhabiting Koycegiz Lake-Mugla (Turkey). *Turk. J. Sci.*
620 *Technol.* 4(1):7-15.
- 621 ZEE - Departamento de Madre de Dios. (2008). Gobierno Regional de Madre de Dios e
622 Instituto Nacional de Investigaciones de la Amazonía Peruana.

XI. Uso de los resultados y contribuciones del proyecto

Con este proyecto de tesis se espera tener un mejor conocimiento del estado actual de la calidad de agua de la microcuenca del río Malinowski, y la afectación de la minería aurífera a las áreas naturales protegidas como el Parque Nacional Bahuja Sonene y la Reserva Nacional Tambopata.

Al obtener los resultados del análisis de bioacumulación de mercurio en *H. malabaricus*, permitirá tener un mejor conocimiento del medio acuático, al relacionar esta información con los aspectos de tipo ecológico y fisiológica de las especies de peces se podrá determinar la forma en que estas influyen en los procesos de biomagnificación. Además, el presente trabajo permitirá ayudar a las autoridades a tomar decisiones respecto a cómo reducir la contaminación o tomar medidas preventivas para salvaguardar los ecosistemas de las áreas naturales protegidas.

637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692

XII. Impactos esperados

i. Impactos en Ciencia y Tecnología

En la actualidad es de suma urgencia generar conocimientos y tecnologías para desarrollar acciones correctivas como: mitigación, corrección y reducción de los efectos negativos ocasionados por la actividad antropogénica.

A partir del análisis de la bioacumulación de metales en peces se logrará identificar los impactos ambientales más significativos, tales como la contaminación en el agua, calidad de vida silvestre y peces. En ese sentido la metodología utilizada demuestra una buena reproducibilidad y exactitud en la toma de muestras.

Además, este estudio servirá para que las instituciones implicadas en gestión ambiental puedan realizar estudios similares para mejorar la calidad de los ecosistemas acuáticos.

ii. Impactos económicos

El deterioro de los ecosistemas y la pérdida de la biodiversidad nos alertan cada vez más de una crisis. Sobre todo, en el recurso hídrico por la disminución en sus disponibilidades tanto en cantidad y calidad. La falta de conocimiento sobre la situación actual en las zonas más afectadas por la minería aurífera genera una mala gestión en la toma de decisiones de las autoridades.

La conservación y gestión de la naturaleza requiere estudios similares a este, que permitirán conocer la importancia de los ecosistemas acuáticos para establecer actividades más sustentables en armonía con la naturaleza.

iii. Impactos sociales

Las comunidades indígenas de la amazonia están siendo invadidas por los mineros artesanales que están alterando seriamente sus ecosistemas naturales, el desarrollo de la presente investigación ayudara a tener un mejor conocimiento sobre los impactos negativos en los ecosistemas acuáticos ocasionados por la minería. Los aportes de la investigación servirán de ayuda para las gestiones de las autoridades locales para mejorar la calidad de vida de la población indígena, como es el caso de la CCNN Kotsimba.

iv. Impactos ambientales

Los impactos ambientales que puedan acontecer en este tipo de proyectos, mayormente son nulos, no presenta ningún riesgo al medio ambiente.

El desarrollo del proyecto generara un mejor conocimiento sobre la situación del medio acuático que servirá de apoyo para otros trabajos similares, y ayuden en las acciones de mitigación, recuperación y reducción de impactos negativos.

XIII. Recursos necesarios

Equipos:

- GPS.
- Multiparametro
- Balanza.
- Computadora.
- Cámara fotográfica.

Tecnologías:

- Tecnologías eléctricas.

XIV. Localización del proyecto

El área de estudio se encuentra ubicada en la microcuenca del rio Malinowski, Ubicada en el distrito de Inambari, provincia de Tambopata, departamento de Madre de Dios. En los territorios comprendidos desde la Comunidad Nativa kotzimba hasta áreas cercanas al puesto de control y vigilancia Pamahuaca del PNBS en el rio denominado

693
694
695
696
697
698
699

con el mismo nombre. Se han tomado cuatro puntos de monitoreo para su respectiva evaluación, la ubicación georreferencia en coordenadas UTM. Los puntos de monitoreo se establecieron de acuerdo a las características hidrológicas, climatológicas, actividades antropogénicas y a criterios de identificación, accesibilidad y representatividad del objeto de estudio, los cuatro puntos de monitoreo se ubican en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Bahuaja Sonene en la microcuenca del río Malinowski y sus afluentes (río Pamahuaca y río Colmena).

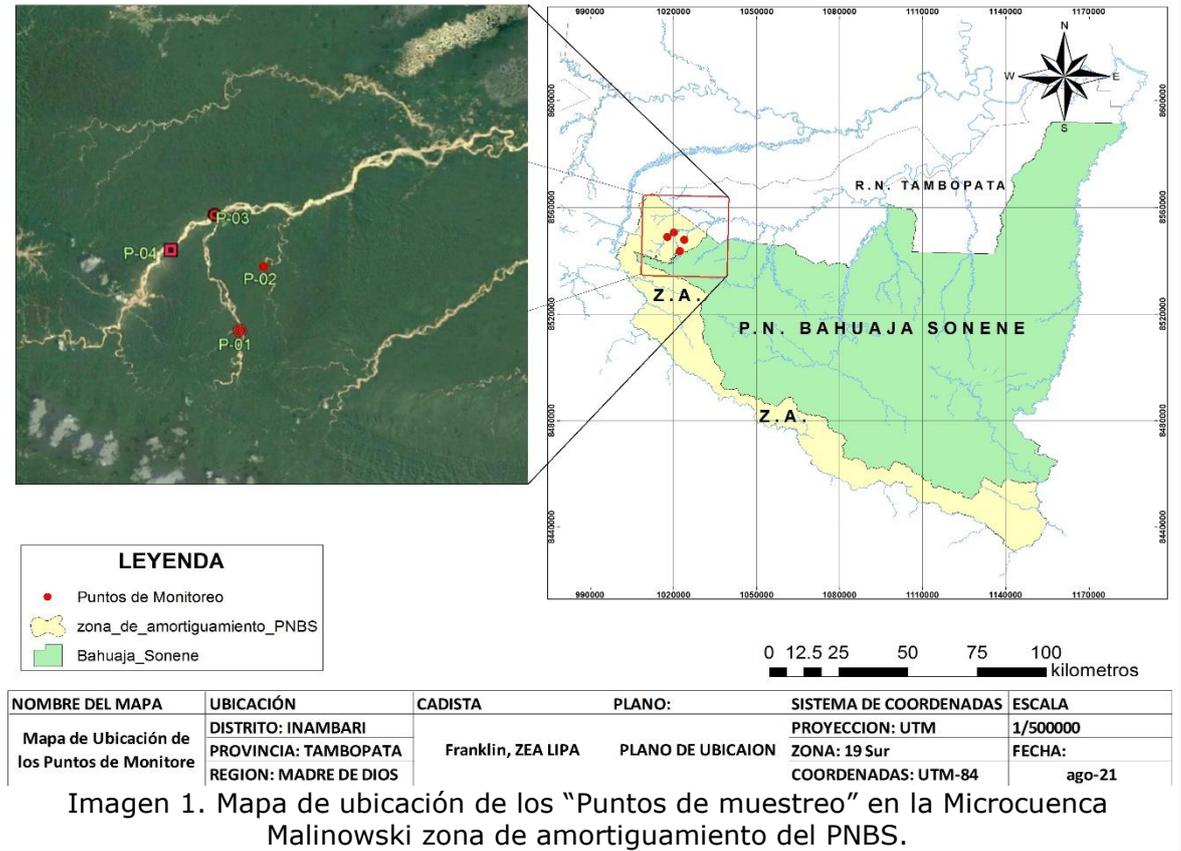


Imagen 1. Mapa de ubicación de los "Puntos de muestreo" en la Microcuenca Malinowski zona de amortiguamiento del PNBS.

700
701
702
703
704

XV. Cronograma de actividades

Actividad	Trimestres (2021)									(2022)		
	I			II			III			IV		
	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M
Revisión bibliográfica.	X	X	X									
Planteamiento y formulación del problema.			X	X								
Recolección de datos Microcuenca Malinowski.					X	X						
Presentación y aprobación del perfil de tesis.						X	X					
Sistematización de información.							X	X				
Desarrollo del proyecto de tesis.								X	X	X		
Redacción del borrador del proyecto de tesis.									X	X	X	
Revisión final y sustentación de la tesis.											X	X

705
706

XVI. Presupuesto

MATERIALES E INSUMOS					
COD.	Ítems	Unidad de medida	Costo Unitario (S/.)	Cantidad	Costo total (S/.)
2.2	Materiales de escritorio	Varios	10.00	10	100.00
2.3	Materiales de campo	Varios	20.00	15	300.00
2.4	Equipos personales	Varios	20.00	5	100.00
2.5	Gastos imprevistos	%	100.00	5	500.00
Sub Total					1000.00

SERVICIOS					
3.1	Fotocopias de material bibliográfico	Unidad	10.00	15	150.00
3.2	Alquiler de GPS	Unidad	80.00	1	80.00
3.3	Alquiler de cámara fotográfica.	Unidad	80.00	1	80.00
3.4	Alquiler de multiparametro.	Unidad	150.00	1	150.00
3.5	Alquiler de balanza.	Unidad	80.00	1	80.00
3.6	Alquiler de Peque Peque.	Días	80.00	4	320.00
3.7	Procesamiento de análisis.	Varios	180.00	32	5760.00
3.8	Tres auxiliares de apoyo.	Días	120	5	600.00
3.9	Especialista de apoyo.	Días	60	5	300.00
	Sub Total				7520.00
PASAJES Y VIATICOS					
4.1	Alimentación.	Menú	6.00	75	450.00
4.2	Pasajes.	Varios	35.00	20	700.00
4.3	Hospedaje	Día	150	5	750.00
	Total				1900.00
TOTAL GENERAL					10420.00

707