

ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN PRODUCIDA POR VERTIMIENTOS DE
MERCURIO EN EL EMBALSE LA SALVAJINA (SUÁREZ-CAUCA), MEDIANTE
PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y ENSAYO BIOLÓGICO.



NOMBRES:

Yéssica Marcela Fernández

Héctor Fabio Barrionuevo

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DEL CAUCA

CIENCIAS AMBIENTALES Y DESARROLLO SOSTENIBLE

INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

GESTIÓN INTEGRAL DEL RIESGO

2017

ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN PRODUCIDA POR VERTIMIENTOS DE
MERCURIO EN EL EMBALSE LA SALVAJINA (SUÁREZ-CAUCA), MEDIANTE
PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y ENSAYO BIOLÓGICO.



NOMBRES:

Yéssica Marcela Fernández

Héctor Fabio Barrionuevo

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Ambiental y Sanitario

DIRECTOR:

M. Sc. Diana Muñoz Solarte.

Bióloga

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DEL CAUCA

CIENCIAS AMBIENTALES Y DESARROLLO SOSTENIBLE

INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

GESTIÓN INTEGRAL DEL RIESGO

2017

DEDICATORIA

Especialmente se dedica al esfuerzo de cada uno de los actores involucrados en el proceso, así como a quienes guiaron, instruyeron y forjaron a su óptimo desarrollo.

También se incluye la dedicatoria a nuestras familias que apoyaron la iniciativa y brindaron las herramientas necesarias para poder culminar la realización de dicho trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a DIOS por brindarnos la oportunidad de empezar este camino y en el transcurso llenarnos de fortaleza, paciencia, consistencias y virtudes para que en el trayecto se nos permitía culminar esta etapa en nuestras vidas.

Agradecemos a nuestros padres y familiares que con esfuerzo y confianza nos han brindado las herramientas necesarias para poder alcanzar esta meta, aportando al desarrollo de nuestra formación personal y profesional en la adquisición de conocimiento en el campo de la Ingeniería Ambiental y Sanitaria.

Cada inconveniente presentado brindaron las fuerzas y forjaron al desarrollo de la investigación, por ello es importante resaltar que los objetivos que se emprenden con sacrificio y perseverancia llegan a compensarnos con grandes satisfacciones, igualmente es importante resaltar la participación de profesionales que nos aportaron en este proceso con su tiempo, paciencia y conocimiento, brindándonos un gran enriquecimiento personal.

Agradecemos a nuestra Directora de trabajo de grado Bióloga-Msc. **Diana Muñoz Solarte** por todo su apoyo incondicional dentro del proceso de investigación, gracias por brindarnos los lineamientos y guiarnos en el proceso de la realización del anteproyecto hasta el proyecto, cada momento compartido se realizó con la plena seguridad del cumplimiento, enseñanza y aprendizaje a nivel educativo

Agradecemos al Biólogo **Arnol Arias** por sus valiosas asesorías en diferentes campos, por el tiempo brindado y las diferentes observaciones que aportaron ampliamente en el transcurso del trabajo.

Quedamos completamente agradecidos con la profesional **Adriana Lorena Sánchez** Ingeniera Ambiental por ser la persona encargada de la coordinación en la parte administrativa del proyecto y por sus aportes relacionados con el proyecto general, además de ello agradecemos a todos y cada uno de las personas que nos brindaron una pequeña parte de su conocimiento personal y profesional.

Queremos agradecer de forma especial a **Diana Vidal** quien es la persona encargada de dirigir los procesos en el interior de laboratorio y también por tener la disponibilidad de facilitarnos los equipos necesarios para la ejecución del trabajo de grado.

Por último agradecemos a nuestra **Institución** quien aportó significativamente en todo el trascurso de formación desde implantar las bases y seguir apoyando al conocimiento a nuestra vida como Ingenieros Ambientales y Sanitarios.

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO I	18
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
1.2 JUSTIFICACIÓN	20
1.3 OBJETIVOS.....	22
1.3.1 Objetivo General	22
1.3.2 Objetivos Específicos:.....	22
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO O REFERENTES CONCEPTUALES.....	23
2.1 Antecedentes.....	23
2.2 Bases teóricas.....	36
2.2.1 Descripción del área de estudio	36
2.2.1.1 Contaminación hídrica por mercurio.	39
2.2.2 Parámetros físico-químicos	40
2.2.3 Efectos en la salud	45
2.2.4 Especies ícticas	46
2.2.4.1. Descripción Sardina, coliamarillo	46
2.2.4.2 Descripción pavón tucunare	47
2.2.4.3 Descripción Tilapia roja <i>Oreochromis mossambicus</i>.....	48
2.2.4.4 Descripción Tilapia negra <i>Oreochromis niloticus</i>	48
2.2.4.5 Descripción bagre negro <i>Rhamdia quelen</i>.....	49
2.2.4.6. Descripción Cucho, corroncho <i>Chaetostoma leucomelas</i>.....	50
2.2.5. Parámetros fisicoquímicos y concentraciones de mercurio en especies ícticas;	51
2.2.6. Técnicas de medición de mercurio por métodos de química analítica	51
2.2.7. Posibles efectos en el ser humano.	52
2.3 Bases legales	53
2.4 Hipótesis	54
2.4.1 Planteamiento de la hipótesis	54
2.4.2 Hipótesis nula.....	55

CAPITULO III	55
3.1. Metodología	55
3.1.1. Zona de estudio	55
3.1.2. Diseño experimental.....	56
3.1.3. Determinación de la calidad del agua mediante el análisis de parámetros físico-químicos.....	56
3.1.4. Concentración de mercurio en especies de interés comercial.....	60
3.1.5. Método de análisis ensayo.....	62
3.1.6. Correlación de datos.....	62
CAPITULO IV: RESULTADOS	63
4.1.1. Parámetros físico-químicos.....	63
4.1.2. Peces	76
4.1.3. Correlación de datos.....	84
4.2. DISCUSIÓN	88
4.2.1. Parámetros fisicoquímicos.....	88
4.2.2. Ensayo biológico	91
Conclusiones y recomendaciones	95
BIBLIOGRAFÍA.....	99

LISTAS TABLAS

Tabla 1. Normatividad	53
Tabla 2. Resultados fisicoquímicos	63
Tabla 3. Relación DBO ₅ /DQO	68
Tabla 4. Prueba presuntiva (N.M.P.)	73
Tabla 5. Resumen resultado ensayo biológico	77

LISTAS FIGURAS

Figura 1. Zonas correspondientes a distintos tipos de agua	41
Figura 2. Comportamiento de pH	64
Figura 3. Comportamiento Alcalinidad	66
Figura 4- Comportamiento oxígeno disuelto 1	67
Figura 5. Comportamiento de conductividad	70
Figura 6. Comportamiento de TDS	71
Figura 7. Número total de especies por punto de muestreo	79
Figura 8. Relación peso, longitud y Hg embarcadero	79
Figura 9. Relación peso, longitud y Hg tamboral	80
Figura 10. Relación peso, longitud y Hg mindalá.....	81
Figura 11. Relación cantidad de Hg Vs. Especies	81
Figura 12. Relación peso-longitud en los tres puntos	85
Figura 13. Distribución peso, longitud de especies en embarcadero.....	86
Figura 14. Distribución peso, longitud de especies en tamboral.....	86
Figura 15. Distribución peso, longitud de especies en mindalá	87

LISTAS DE CUADROS

Cuadro 1. Estudios Internacionales peces	23
Cuadro 2. Estudios Nacionales peces	26
Cuadro 3. Estudios Internacionales Aguas	27
Cuadro 4. Estudios Nacionales Agua	31
Cuadro 5. Estudios Internacionales Salud	32
Cuadro 6. Estudios Nacionales Salud	34

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Sardina, coliamarillo <i>Astyanax microlepis</i> Eigenmann Characidae (1913)	10
Fotografía 2. El pavón, tú cunare (<i>Cichla ocellaris</i>) Cichlidae.....	47
Fotografía 3. Tilapia roja <i>Oreochromis mossambicus</i> Cichlidae	48
Fotografía 4. Tilapia negra <i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus 1758) Cichlidae	48
Fotografía 5. Liso, barbudo negro, bagre negro <i>Rhamdia quelen</i> (Pimelodidae) ..	49
Fotografía 6. Cucho, corroncho <i>Chaetostoma leucomelas</i> Eigenmann Loricariidae 1918.....	50
Fotografía 7. Puntos de muestreo.....	56
Fotografía 8. Parámetros fisicoquímicos	
Fotografía 9. Rotulación	58
Fotografía 10. Recolección de muestra	57
Fotografía 11. Cadena custodia	58
Fotografía 12. Materiales	58
Fotografía 13. Caldo lactosado	59
Fotografía 14. Prueba presuntiva	58
Fotografía 15. Prueba confirmativa	59
Fotografía 16. Captación de peces	59
Fotografía 17. Sacrificio	60
Fotografía 18. Medición	59
Fotografía 19. Peso	61
Fotografía 20. Rotulación	60
Fotografía 21. Cadena custodia.....	61
Fotografía 22. <i>Enterobacter Aerogenes</i>	70
Fotografía 23. <i>Escherichia Coli</i>	74
Fotografía 24. <i>Enterobacter Aerogenes</i>	70
Fotografía 25. Actividad bacteriana	74

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A.

Soporte de resultado de Laboratorio de Aguas y Alimentos de la Universidad Tecnológica de Pereira.....**108**

ANEXO B.

Tabla resultado ensayo biológico contenido de mercurio.....**123**

ANEXO C.

TABLA 1. Número más probable (N.M.P) de coliformes presentes en 100 c.c de la muestra de agua, determinada por el número total de tubos positivos luego de su incubación.....**125**

ANEXO D.

Registro fotográfico.....**126**

RESUMEN

El mercurio es un elemento altamente tóxico ya que impacta negativamente ecosistemas causando daños adversos al medio ambiente, en el Municipio de Suárez existe actividad minera que podría estar afectando a la biota acuática y a la salud de las personas que residen en el sitio, por este motivo se realizó el estudio de contaminación por vertimientos de mercurio en el embalse.

Se evaluó el impacto sobre el embalse por vertimientos mineros relacionando el contenido de mercurio por medio de factores fisicoquímicos y ensayo biológico con el fin de correlacionar los datos y así conocer el impacto que está presentando el embalse La Salvajina. Los niveles del embalse, los días de mayor producción, la temperatura y las precipitaciones son factores importantes en el desarrollo del estudio, las especies recolectadas poseen tallas y longitudes pequeñas además de considerarse dificultosa la captura de los individuos. El estudio se realizó en una muestra total de la especie sin tener en cuenta que diferentes estudios se realizan en partes específicas del individuo.

El estudio realizado en cuerpo de agua mostró incidencia en uno de los tres muestreos donde la cantidad de mercurio en agua se presentó en condiciones estables como lo es el pH quien mantiene valores muy cercanos a 7, exceptuando el tercer muestreo, la conductividad tuvo una buena actividad hasta el punto de observar un medio meso trófico y es apoyado por las sales que muestran una buena actividad de ionización, el oxígeno disuelto asegura la vida acuática y los valores obtenidos soportan una buena oxigenación en el embalse, en el ensayo biológico mostró índice de mercurio para uno de los tres los muestreos y el mercurio resultó ser cuantificable en 3 individuos (1 piscívoro y 2 no piscívoros) para el último muestreo. De lo recolectado es evidente que los indicadores arrojaron incidencia de contaminación por mercurio en el embalse de la Salvajina sin ser continuos y persistentes pero se observa impacto por la acción de la actividad minera.

Palabras clave: Mercurio, bioacumulación, embalse, minería, contaminación, parámetros fisicoquímicos, ensayo biológico.

ABSTRACT

Mercury is a highly toxic element because it negatively impacts ecosystems causing adverse damages to the environment, in the Municipality of Suárez there is mining activity that could be affecting the aquatic biota and the health of the people that reside in the site, for this reason the study of contamination by mercury spills in the reservoir was carried out.

The impact on the reservoir by mineral spills was evaluated by relating the mercury content by means of physicochemical factors and biological test in order to correlate the data and thus to know the impact that the reservoir La Salvajina is presenting. The reservoir levels, the days of greatest production, temperature and rainfall are important factors in the development of the study, the species collected have small sizes and lengths and it is considered difficult to capture individuals. The study was performed on a total sample of the species without taking into account that different studies are performed on specific parts of the individual.

The study carried out in the water body showed an incidence in one of the three samples where the amount of mercury in water was presented in stable conditions, such as the pH, which maintains values close to 7, except for the third sample, the conductivity had a good Activity to the point of observing a meso trophic medium and is supported by salts that show a good ionization activity, dissolved oxygen ensures aquatic life and the values obtained support a good oxygenation in the reservoir, in the biological test showed index of Mercury for one of three samples and mercury was quantifiable in 3 individuals (1 piscivorous and 2 non piscivorous) for the last sampling. From the collected, it is evident that the indicators showed an incidence of mercury contamination in the reservoir of the Salvajina without being continuous and persistent but an impact is observed by the action of the mining activity.

Key words: Mercury, bioaccumulation, reservoir, mining, pollution, physicochemical parameters, biological test.

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas que poseen riqueza en recursos naturales también son fuentes de diferentes minerales orgánicos e inorgánicos, generalmente en dichos ecosistemas se realizan actividades que generan impactos adversos a su medio. Colombia es un país que provee de múltiple diversidad y por ende cuenta con riqueza mineral, la explotación desmedida y las condiciones económicas de los pobladores locales generan un crecimiento de minería a pequeña a una minería de gran escala. Hoy en día las técnicas usadas para la obtención de oro, se han basado en la utilización desmedida de mercurio que es un elemento que se puede encontrar en diversas formas, no se degrada y es persistente en el ambiente, además puede presentar múltiples afectaciones a quienes se encuentren en contacto con el mismo[1]. El contacto por cualquier medio puede llegar a ser nocivo para la salud presentando diversos efectos en el cuerpo humano afectando a cualquier tipo de población de las cuales las más vulnerables son los niños madres en estado de gestación, fetos y adultos mayores[2][3].

Por esta razón se realiza un estudio de contaminación donde se toma en cuenta los parámetros fisicoquímicos del cuerpo de agua contenido en el embalse y algunas especies de peces. En estas actividades, el ecosistema se convierte en el principal receptor de todos los desechos o emisiones que son generados, varios estudios han demostrado que el mercurio se puede bio-acumular en seres vivos o acumularse en suelos, aire, agua y en seres vivos [4][5][6].

Los indicadores de calidad de agua como el conjunto de parámetros físico químicos pueden mostrar el estado y las reacciones generadas al interior del embalse, el ensayo biológico es un indicador que nos ayuda a determinar la presencia de contaminación en un ecosistema ya que los individuos contenidos en el embalse pueden presentar trazas de metales[7] y el conjunto de estas variables sirven para observar la contaminación que se puede estar presentando al rededor del embalse. En La Salvajina se ejecutan acciones de minería artesanal para la extracción de oro

por lo que existe utilización de mercurio en la zona alta del embalse, los vertimientos generados en esta actividad tienen una distancia de recorrido desde la descarga hasta el embalse siendo este el receptor final, además se observa que las personas que ejecutan estas actividades no tienen un control de las cantidades necesarias para la obtención de oro, no tienen conocimiento del daño del uso del mercurio y no utilizan elementos de protección personal en su aplicación.

En el estudio se evidencia contenido de mercurio en agua así como contenido de mercurio en algunas especies que fueron recolectadas, el conjunto de variables destacan los impactos generados por la actividad minera a pequeña escala sin embargo estos indicadores no son representativos. El interés del estudio radica en la identificación de contaminación y aunque no se lineal se observa el impacto que está generando la actividad de minería a pequeña escala.

CAPÍTULO I

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El ser humano en sus actividades diarias genera cambios adversos al ambiente causando alteraciones en algunas ocasiones irreversibles. Colombia es un País rico en recurso hídrico según información suministrada por el Estudio Nacional Del Agua (ENA 2014) [8], “El recurso hídrico (necesario para la vida) ha sido contundentemente afectado por sustancias cada vez más agresivas y difíciles de tratar debido a su naturaleza química presentes en residuos que caen a las corrientes”. [9]. El mercurio es un metal pesado considerado altamente tóxico [1], este mismo se puede hallar en cadenas tróficas sub-divido en grupos de especies químicas como son en estado elemental, orgánico, e inorgánico [10] y en ellas se encuentran integradas las distintas formas en el medio como en aire ya que es muy volátil, en el suelo porque como metal se adhiere a sedimentos y en agua donde ocurre el proceso de transformación afectando biota general. Además este metal posee diferentes ciclos de generación como lo es natural y lo antropogénico [11].

En el Municipio de Suárez Departamento del Cauca se encuentra el embalse La Salvajina que cumple la función de hidroeléctrica con una dimensión de 3960 km² [12], en su entorno existe un conjunto de actividades, principalmente mineras y agrícolas [6], aunque se tiene conocimiento de otras actividades como la pesca de la cual no se tiene información secundaria. En las bocaminas extractoras de oro, se manipula mercurio elemental teniendo contacto directo y se utiliza la amalgamación para obtener una mayor eficiencia en la explotación del mineral, el uso indiscriminado y sin control de este elemento presenta diferentes afectaciones principalmente en el ambiente, pues las descargas de estas actividades son vertidas directamente al embalse, causando cambios a los componentes físicos y biológicos que se encuentran involucrados.

La biota acuática se ve afectada, principalmente los peces (de interés comercial), que después de ser consumidos pueden generar bio-acumulación en el ser humano. Cabe destacar que esta actividad ha sido el sustento de muchas familias en la región, durante mucho tiempo; pero la realización de dichas actividades conjuntas no han tenido el control necesario y pertinente para la obtención de un equilibrio y un manejo sustentable, razón por la cual se realizó el estudio, con el fin de analizar la relación entre la cantidad de mercurio en especies de interés comercial y en el recurso hídrico con el fin de estudiar la posible contaminación que se puede estar presentando en el embalse de la Salvajina en el Municipio de Suárez-Cauca.

1.2 JUSTIFICACIÓN

La contaminación por mercurio ha llegado a ser tan preocupante por sus diversos daños a la biota y salud humana, la exposición puede ocasionar afectación por inhalación al sistema respiratorio y biológico, la ingesta generalmente causa implicaciones neurotoxicológicas y teratogénicos que pueden ser irreversibles [13]. La exposición directa al mineral presenta afectación en su entorno así como a su integridad física [14], generalmente estas sustancias tienden a concentrarse en las matrices ambientales, en particular en los que participan en la cadena alimentaria mostrando en algunos individuos hasta mal formaciones [15].

El trabajo es considerado de importancia ya que el Municipio de Suárez tiene influencia en extracción de oro y ahí se realizan los diferentes procedimientos sin ningún control. La identificación de la contaminación por mercurio a nivel biológico y físico-químico, son pertinentes porque estos ecosistemas son frágiles y su índice de vulnerabilidad es muy alto, teniendo en cuenta que este mineral persiste en el ambiente [10]. Al interior de los ecosistemas acuáticos se desarrolla el ciclo biológico de peces comerciales quienes pueden presentar bio-magnificación y alteración en su formación genética [16]. Los estudios para la identificación de la presencia de mercurio contenido en el cuerpo humano se determinan por medio de sangre, orina y cabello y esto se usa para mostrar la exposición humana a este elemento tóxico en diferentes ambientes, pero principalmente se relaciona el contenido de mercurio en el cabello al consumo de peces contaminados [17]. En Suárez (Cauca) se cultivan y comercializan especies biológicas las cuales a simple vista no presentan contaminación y los factores biológicos como los físico-químicos son indicadores que muestran la evidencia de contaminación en el recurso hídrico.

El objetivo principal fue identificar la contaminación por los diferentes afluentes que son depositados al embalse la salvajina mediante 3 puntos de muestreo ubicados en el embalse relacionando parámetros fisicoquímicos para observar las variaciones del agua y contenido de mercurio en especies ícticas, los resultados de correlación de efecto biológico son una herramienta para las entidades que manejan

la parte de la salud ambiental y poblacional con el fin de controlar y evitar posibles afectaciones al ser humano por intoxicación de metales pesados en este caso de mercurio y generar estrategias de prevención de contaminantes que afectan el equilibrio eco-sistémico.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

Realizar un estudio de la contaminación producida por vertimientos de mercurio en el embalse la Salvajina (Suárez-Cauca), mediante parámetros fisicoquímicos y ensayo biológico.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar la calidad del agua mediante el análisis de parámetros físico-químicos en la zona de muestreo del embalse la Salvajina (Suarez- Cauca).
- Identificar la concentración de mercurio en dos especies de interés comercial, mediante la prueba de mercurio total.
- Determinar la correlación de variables relacionadas con el indicador biológico de las 2 especies en el embalse la Salvajina (Suarez- Cauca).

CAPÍTULO II

2. Marco teórico o referentes conceptuales

2.1 Antecedentes

A nivel mundial se han desarrollado diferentes estudios que apuntan a detectar los niveles de contaminación producida por actividades mineras, industriales o factores antropogénicos; a continuación se relacionan algunos de los casos donde se ha demostrado que existe o no índices de contaminación, en ellos se puede observar la técnica realizada en cada estudio para los parámetros fisicoquímicos y ensayos biológicos:

Cuadro 1. Estudios Internacionales peces

Nombre investigación	Lugar de estudio	Resultados de la investigación	Ref.
Bioacumulación de Hg en peces (Amazonas).	Río Manacapuru Brasil (2011)	Altos niveles de Hg en carnívoros y necrófagos.	[7]
Evaluación de metales traza en tejidos de un pez	Lago Guaíba, sur de Brasil (2009)	Alta concentración de Hg en hígado.	[18]
Concentración metales pesados en agua, músculo y branquias de tilapia Niloticus.	Lago Manzala Egipto (2015)	Alto nivel Hg hígado, riñones y branquias.	[19]
Especiación de mercurio en pescado de la región de surgencia (Brasil).	Cabo Frio Brasil (2011)	Alto nivel de Hg en 90% en peces carnívoros.	[20]
Bioacumulación de metales pesados en tilapia, agua y sedimentos.	Wadi Hanifah, Arabia Saudita (2011)	Alto nivel de Hg en Riñón y músculo.	[21]

Nombre investigación	Lugar de estudio	Resultados de la investigación	Ref.
Determinación de metales en especies de pescado y mejillones.	Lago Golbas Turquía. (2006)	Alta concentración de Hg en hígado.	[22]
Determinación de contaminantes metálicos en alimentos marinos.	Marmara, Egeo Turquía (2007)	Alta Hg concentraciones en hígado.	[23]
Determinación de metales pesados en peces.	Mar Egeo Turquía (2009)	Alta concentración Hg en el hígado.	[24]
Bioacumulación de mercurio en peces como indicador de contaminación hídrica.	Ríos Volga Rusia (2015)	Alto contenido de Hg en hígado, riñón y branquias. Peces depredadores	[25]
Determinación de metales pesados en muestras de pescado.	Mar Negro Turquía (2003)	Bajas concentraciones de Cd y Pb en especies como Sarda.	[26]
Contaminación por mercurio en peces.	bahía de Minamata (1982)	Alto contenido de Hg en sedimentos y riñón.	[27]
Evaluación del impacto bioacumulativo de metales en la tilapia rendallis.	Rio Kafue, shimunga Zambia (2016)	Alto contenido de metales en Agallas, hígado, riñón.	[28]
Acumulación de metales pesados en animales acuáticos.	Tailandia (2016)	Alta contenido de metales superan norma.	[29]
Evaluación de los riesgos de exposición para las especies de tilapia de agua dulce.	Taiwan China (2016)	Alto Hg en sedimentos y riñón.	[30]

En el cuadro 1 se aprecian los estudios relacionados al nivel internacional de contaminación o presencia de mercurio en especies ícticas mediante la técnica de espectrofotometría de vapor frío, absorción atómica, emisión de plasma acoplada y digestión ácida de lugares como río grande Manacapuru Brasil y Cabo Frio costa sureste de Brasil (S. Beltran-Pedrerros 2010) en el que se encontraron especies de peces que presentaron altos niveles de bio acumulación por mercurio y una correlación entre Hg, longitud y peso, (S. de Carvalho Costa 2009) plantea que en el lago Guaíba Brasil y (T. I. Moiseenko 2016) en lago Manzala Egipto presenta mayor acumulación de metales en épocas con altas temperaturas debido al proceso de absorción en el pescado, específicamente en musculo, hígado, riñones y gónadas por ser buenos indicadores de acumulación de metales en especies, (M. Türkmen 2008) plantea que existe mayor acumulación de Hg en especies depredadoras en el Lago Golbas en la región sureste mediterránea de Turquía y en Marmara Egeo y Mar Mediterráneo se presenta una mayor la acumulación en especies carnívoras y necrófagos (C. A. da Silva 2011) de igual manera se encuentra con mayor frecuencia altas concentraciones de mercurio en los sedimentos este es el caso del mar Yatsushiro y la bahía de Minamata (H. Nishimura 1983), las especies icticas como la tilapia es una de las principales especies estudiadas para evidenciar la contaminación por mercurio, en el Rio Kafue, shimungalu se recolectaron un total de 107 muestras de tilapia , especialmente agallas, hígado, riñón debido a que estos órganos son buenos marcadores de metales pesados (B. Kaile and J. Nyirenda 2016) se encontraron altas concentraciones de este metal, en la República de Taiwán China el contenido de Hg en sedimentos es alta en comparación con el agua al igual que en el rio Kafue y uno de los órganos que se ve más afectado es el riñón que tuvo una exposición interna más alta (Y. H. Cheng,. 2016)

Cuadro 2. Estudios Nacionales peces

Nombre investigación	Lugar de estudio	Resultados de la investigación	Ref.
Hallazgo de mercurio en peces	Ciénaga de Ayapel Colombia (2007)	Altas concentraciones dieron en la época seca.	[4]
Contaminación por mercurio en peces, agua y sedimentos.	En la Orinoquia (2010)	Altas concentraciones de Hg en bagre >1	[31]
Niveles de mercurio en el musculo de dos especies de peces y sedimento.	Cartagena Colombia(2000)	Alta concentración de Hg en depredadores y omnívoros.	[32]
Contenido de mercurio en músculo de algunas especies ícticas.	Magdalena Colombia (2013)	Alta concentración de Hg en carnívoros.	[33]
Concentraciones de mercurio y otros metales pesados en peces.	Rio Magdalena y región de la Mojana (2006)	Alta acumulación de Hg en especies carnívoras y detritívoras.	[34]

En el cuadro 2 se identifican estudios al nivel nacional de especies de peces con relación a bio-acumulación de mercurio como en Ciénaga de Ayapel noreste de Antioquia Colombia en la que se evidencio bajas concentraciones de Hg en la especie boca chico y la máxima fue para la especie doncella (Marrugo José 2007), un factor importante es la temperatura y por ello es que en la Orinoquia Bahía de Cartagena y la Cuenca del río Magdalena según el estudio realizado por (F. Trujillo 2010) se evidencia mayor concentración de metal durante la época seca del año, donde las especies carnívoras, depredadores y los omnívoros presentan una mayor acumulación de Hg (D. Alonso 2000) con un índice de riesgo >1.

Cuadro 3.

Estudios Internacionales Aguas

Nombre investigación	Lugar de estudio	Resultados de la investigación	Ref.
Calidad del agua (metales y metaloides)	río Conchos México (2006)	Alta concentración de Hg.	[5]
Evaluación de la contaminación de mercurio.	Ocoña, Perú (2013)	El 89,5% de los habitantes presentan concentraciones Hg > 1.	[35]
Contaminación por metales pesados de componentes del paisaje.	Eslovaquia (2014)	Alta concentración de Hg hígado	[36]
Influencia Química del Agua en la Concentración de Mercurio.	florida E. U (2011)	Alta concentración hg en lagos con pH menor a 7 y alcalinidad menor de 20 mg/L.	[37]
Sedimentos y contaminación de aguas superficiales con mercurio.	Mar Blanco. Rusia (2008)	La metilación de Hg es mayor en condiciones aerobias, mayor Hg en sedimentos.	[38]

Nombre investigación	Lugar de estudio	Resultados de la investigación	Ref.
Impactados calidad ambiental por una industria cloro Alcalina:	Rumania (2016)	Bajas concentraciones de Hg.	[39]
Efectos de la calidad del agua sobre las comunidades ícticas de argentina	Río Suquía Argentina (1999).	Mayor oxígeno mayor dominancia. De las especies.	[40]
Influencia de impactos y toxicidad del Hg en algas de agua dulce.	El río Gallego España (2015)	Alta concentración Hg en la biota acuática.	[41]
Bio-magnificación de mercurio.	Río Negro, Brasil (2003)	Alta concentración de Hg en pescado de la Amazonía.	[42]
Indicadores fisicoquímicos de la contaminación del agua.	Yobe Nigeria (2010)	Los nitratos y fosfatos condujeron a la muerte de plantas y algas.	[43]
Características físico-químicas de los manglares.	Pichavar am India (2007)	Alto nivel de nitritos y nitratos por descomposición de hojarasca.	[44]

Nombre investigación	Lugar de estudio	Resultados de la investigación	Ref.
El efecto de los parámetros fisicoquímicos y de los nutrientes en el crecimiento de los peces.	Laguna de Narta Europa (s. f)	El pH tiene un valor aceptable para la vida acuática	[45]
Contaminación por mercurio: Introducción y visión general	Lagos Laurentin en América (2011)	Nivel de hg influenciados por los insumos del río y la deposición atmosférica de Hg.	[46]
Razones molares de mercurio en peces de agua dulce.	Río Chillan Chile (2004)	Todas las especies presentan concentración de mercurio.	[47]
Efecto de los parámetros fisicoquímicos y biológicos en la calidad de agua	Río de Narmada India (2016)	Carácter del agua ácido debido a los bajos pH.	[48]
Determinación de parámetros físico-químicos y metales pesados en muestras de agua.	Área de Itaogbolu Nigeria (2010)	Los parámetros físico-químicos son más altos en el río Ona que en los pozos.	[49]

Nombre investigación	Lugar de estudio	Resultados de la investigación	Ref.
Análisis físico-químico de agua.	India (2008)	Valores de TDS altos en las aguas subterráneas.	[50]
Evaluación de parámetros físico-químicos.	río Indus Pakistán, (2009)	Los Valores mayores de TDS y alcalinidad fueron en agua subterránea no en superficiales.	[51]
Determinación de contaminación por metales pesados con parámetros fisicoquímicos ambientales.	Mármara Turquía (2007)	Presencia de contaminación por altos niveles de cromo.	[52]
Parámetros fisicoquímicos y contenido de metales pesados (manglares)	Nigeria África (2011)	Los niveles por encima del nivel máximo de contaminantes de la USEPA.	[53]

En el Cuadro 3 se presentan estudios relacionados al análisis físico químico a nivel internacional de varios ríos , como el río Conchos ubicado en la región de Ojinaga Chihuahua México (R. C. Chavez 2006) y la Sub cuenca de Ocoña sur del Perú en los que se tomaron muestras en aguas, rocas, plantas y cabellos, se evaluó concentraciones de mercurio mediante la técnica de absorción atómica y medición de parámetros fisicoquímicos con equipos potenciométricos, en este proceso se logró evidenciar que las mujeres obtienen valores de Hg más altos que los hombres (P. Palacios 2013) y que las altas concentraciones de Hg se dan en hígado de las especies de peces encontradas. Según el estudio de (J. Dadová, 2014) en el

depósito de Hg abandonado en Malachov Eslovaquia central se encontraron altos niveles de mercurio, en medios ácidos este metal aumenta su concentración (R.F. Stearley 1993) al igual que en condiciones aerobias como reporta (Y. A. Fedorov 2010) según su investigación en el estuario del río Divina y la bahía del Mar Blanco en Rusia.

Las altas concentraciones de Hg en pescado de la Amazonía y en el ecosistema acuático se derivan en un 95% de la erosión del suelo amazónico y altos niveles de concentración de este metal en sedimentos según el estudio en Río Negro, Brasil. (A. C. Barbosa,2014).

Cuadro 4. Estudios Nacionales Agua

Nombre investigación	Lugar de estudio	Resultados de la investigación	Ref.
Análisis comparativo de Indicadores de calidad de agua superficial.	Antioquia Colombia (2010)	DBO no sobrepasó el valor típico en aguas con bajos contenidos de contaminación.	[54]
Contaminación recurso hídrico actividad minera	salvajina Suarez cauca (2014)	Inestabilidad de ecosistema por la minería.	[6]
Problemática ambiental ocasionada por el uso de mercurio en minería tradicional.	san Roque Antioquia (2010)	Alta concentración de Hg en aguas.	[3]

La minería a pequeña escala involucra impactos como erosión, deforestación y contaminación hídrica (CRC 2014) debido al inadecuado manejo de los recursos

naturales y manipulación de metales como el mercurio para el beneficio de oro (L. G. Machado 2010).

En la Quebrada Doña María ubicada en el Valle de Aburra Antioquia Colombia, la DBO no sobrepasó el valor típico en aguas con bajos contenidos de contaminación en todos los puntos de muestreo (M. A. Jiménez ,2006) la inestabilidad y alteración del ecosistema acuático debido al proceso de minería se puede evidenciar por medio de parámetros fisicoquímicos, observar cuadro 4.

Cuadro 5. Estudios Internacionales Salud

Nombre investigación	Lugar de estudio	Resultados de la investigación	Ref.
Niveles de plomo y mercurio en sangre y la periodontitis.	Corea del sur (2013)	Enfermedades síndrome de Minamata.	[2]
Mercurio, arsénico y consumo de pescado	Golfo Pérsico (2013)	Alta Concentraciones en peces.	[55]
Contaminación de mercurio en el cabello y efectos sobre la salud	río Tapajós (2001)	Altas concentraciones de Hg en cabello.	[56]
Los niveles de mercurio en la sangre tienen un vínculo sorprendente con la salud ósea	Corea, (2012)	Consumo de pescado bio acumulación de Hg	[57]
Exposición a Hg en la minería artesanal y consumo de peces.	kedougu Senegal (2014)	Alto contenido de Hg en el camarón y en peces piscívoros.	[17]

Efectos adversos del metil mercurio: Implicaciones para la investigación en salud ambiental.	Minamata Japón (2010)	El cuadro clínico de contaminación por mercurio	[58]
Las asociaciones entre la exposición prenatal al mercurio.	Londres Reino Unido (2015)	Madres en gestación presentan altos niveles de Hg	[59]

En el cuadro 5 se encuentran estudios relacionados con los posibles efectos del mercurio en la salud humana, corea del sur es uno de los escenarios donde adultos mayores de 20 años presentaron síndrome de dermatitis, gingivitis, estomatitis y temblor por exposición continua al mercurio por contacto cutáneo (Y. Kim and B.-K. 2012) y en el Golfo Pérsico se ha establecido una tasa de consumo de pescado con el fin de prevenir posible intoxicación por el metal y bio-acumulación en el organismo, los valores permisibles de consumo para un adulto son de 55 y 93 g/día (M. Raissy and M. Ansari 2014), en el rio Tapajós debido a la exposición al mercurio se han presentado enfermedades, trastornos y alteraciones sensoriales en sujetos aledaños a este sector (M. Harada 2001), es por ello que algunas universidades como la de Corea en su facultad de medicina realizan estudios que identifiquen los niveles de contaminantes metálicos como plomo y mercurio que se correlacionan con la edad, el tabaquismo, el consumo de alcohol, evidenciando que la principal influencia sobre los niveles de mercurio en la población es el consumo de pescado (S. H. News 2012).

Según (P. Grandjean 2010) en la Región de kedougu Senegal la mayoría de especies analizadas tienen concentraciones de Hg por debajo de la norma y en Minamata Japón los efectos por intoxicación por este metal incluía alteración sensorial de piernas, cara, obstrucción del campo visual, sordera, ataxia y disartria, además que la ingesta de alcohol y consumo de mariscos son coadyuvantes de bioacumulación de este metal. Las madres gestantes tienen mayor índice de

peligrosidad debido a que feto se encuentra en proceso de gestación (J. Golding 2016) .

Cuadro 6. Estudios Nacionales Salud

Nombre investigación	Lugar de estudio	Resultados de la investigación	Ref.
Concentraciones de mercurio en poblaciones que se dedican a la minería y quema de oro.	Antioquia Colombia (2010)	Altos niveles de Hg en muestras de orina.	[3]
El mercurio como estímulo ambiental en el desarrollo de la autoinmunidad.	Irlanda del Norte (2016)	Las mujeres en embarazo resultan ser sensibles a los efectos del Hg y afecta el feto.	[60]
Contaminación por Metales: ¿hay una relación en el control glicémico?	Ciudad México (2016)	Asociación de metales a la obesidad, hiperglucemia y diabetes, por la activación de receptores de insulina.	[61]
La relación entre el mercurio y el autismo	Estados Unidos (2016)	Se encontraron bajos niveles de mercurio en cabello y relación con autismo.	[62]

Mini-revisión: toxicidad del mercurio como consecuencia de alteración enzimática	Nueva York (2016)	El Hg causa disfunción en función celular a través de su inhibición de enzimas y proteínas.	[63]
--	-------------------	---	------

Al nivel nacional son muy pocos los estudios realizados sobre la afectación del mercurio en el organismo humano, algunos se pueden observar en el cuadro 6.

En el sector de Providencia San Roque Antioquia se evidencio altos niveles de Hg en muestras de orina de población expuesta este metal (L. G. Machado 2010), por otra parte en la ciudad de México los metales se han asociado a la obesidad, la hiperglucemia y a la diabetes, por la activación de receptores de insulina (T. I. Fortoul 2016) y en Estados Unidos el daño del mercurio inorgánico a las estructuras vasculares del cuerpo continúa con sus efectos sobre el sistema cardiovascular (R. Ynalvez 2016), también se han realizado estudios en animales para medir el nivel de mercurio y su afectación en el organismo de estos ,según (W. Crowe 2016) en Irlanda se ha realizado estudios en ratas tratadas con Hg las cuales han desarrollado una afección autoinmune al metal.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Descripción del área de estudio

El municipio de Suárez se encuentra ubicado al noroccidente del Departamento del Cauca, limita al norte y oriente con el municipio de Buenos Aires, al Suroriente y al Sur con el Municipio de Morales y al Occidente con López de Micay, con una extensión de 389,87 Km².

Cuenta con ríos importantes como el Cauca, Ovejas, Marilopito, Damián, Inguitó, Asnazú, Marilópez y San Miguel, con las Quebradas El Chupadero, La Chorrera, Los Pasos, Los Morados, La Laja, El Danubio. Un Embalse Artificial en la Hidroeléctrica de SALVAJINA, llamado Ciro Molina Garcés[64].

El lugar de estudio consta de una represa hidroeléctrica y se localiza cerca al Municipio de Suárez-Cauca, este municipio tiene sus inicios en 1880 pero solo es reconocido como Municipio hasta 1989; el embalse empieza a ser construido en 1970 y es hasta 1985 donde se da inicio a las operaciones. En su entorno se encuentran actividades que se realizan para el desarrollo económico de las cuales se destaca el turismo, actividad minera, actividad piscícola, actividades agrícolas e incluso algunas actividades ganaderas. Su economía se basa en un buen porcentaje en la minería aunque también existe agricultura, entre lo que más se cultiva se encuentra yuca, plátano, maíz, café, caña. Para la zona noroccidental la producción agropecuaria es la actividad económica más importante, a tal punto que la agricultura participa en un 52% de la producción del municipio, seguido de la actividad minera con un 27%, el comercio con un 3% y el 18% restante está en actividades como piscicultura, avicultura, ganadería, entre otros[12].



Mapa 1. Municipio Suarez Cauca

Las actividades generadas por el hombre en busca de obtener una buena economía con el fin de mejorar su estilo de vida han llegado a ser ilimitadas a tal punto de no medir las consecuencias por sus acciones, desde inicios de la industrialización se ha observado un crecimiento exponencial de contaminación, hoy en día existen múltiples contaminantes que son emitidos al ambiente, unos más peligrosos que otros. Entre los contaminantes con un alto índice de peligrosidad se encuentran los metales pesados y en específico estudiaremos el mercurio. Este metal se encuentra en forma elemental, orgánica e inorgánica y se puede transformar con una gran facilidad[56]. El municipio de Suárez Cauca actualmente se encuentra catalogado por el Ministerio de Minas y Energía como un área de alta liberación de mercurio[65].

La minería a pequeña escala se ha convertido en una actividad esencial para el desarrollo de algunas ciudades siendo una fuente de ingresos importante particularmente para las regiones rurales donde las alternativas económicas resultan críticas y limitadas. La estructura económica de la minería artesanal no es

diferente que otras actividades capitalistas, donde se quiere obtener buenas ganancias con una inversión mínima. A pesar de que el uso de mercurio en procesos minerales es ilegal en algunos países, la amalgamación es el método preferido empleado por la minería a pequeña escala. Esto generalmente se da porque el mercurio es un elemento de fácil uso, disponible y económico. Desafortunadamente los mineros no conocen los daños adversos que puede producir su uso, o raramente son conscientes e ignoran los riesgos de salud asociados[10].

La exposición de mercurio en los seres humanos principalmente se puede presentar por contacto directo, exposición de vapores producidos por amalgamación o en forma de metil-mercurio que generalmente es la forma más tóxica del mercurio[57]. La exposición primaria se da por inhalación de mercurio en forma de vapor seguido por la ingesta de alimentos contaminados con este elemento. Los residentes de las comunidades rurales pueden ser expuestos a altas concentraciones de metil-mercurio en peces que son contaminados por los sitios mineros[58]. Existen lugares en las cuales su dieta depende de la proteína que les brinda el pescado, resultado de algunas veces ser su única fuente de alimento.

En la literatura ambiental se observa una diferencia entre emisiones de Hg y liberación de mercurio, una emisión se reconoce por sus características volátiles por lo general se refiere a la parte de Hg emitido a la atmósfera y la liberación de Hg refiere a todas las formas de Hg descargadas en el ambiente (aire, suelo y agua) aunque es difícil obtener información cuantitativa de Hg liberado por la actividad de la minería a pequeña escala, los mineros no proporcionan información libremente de la cantidad de mercurio que usan y su producción de oro[41]. Los análisis de los materiales geoquímicos nos pueden mostrar información histórica cualitativa sobre la cantidad de Hg liberado, generalmente los mineros usan mucho Hg para la obtención del recurso sin embargo no es necesario ya que usando el 10% de la

cantidad de Hg es suficiente para la obtención del mismo, el resto podría ser reciclado y usado en el momento que sea necesario[10].

2.2.1.1 Contaminación hídrica por mercurio.

Diferentes estudios demuestran que la contaminación de agua superficial por vertimientos de mercurio generalmente se deposite en cuerpos cercanos a los asentamientos mineros[35]. La abundante disponibilidad hídrica genera poca apropiación del recurso, por ello se ha generado el incremento del uso del agua de las corrientes superficiales, provocando un aumento en las tasas de vertimientos de aguas residuales[66], estas acciones han aumentado la amenaza a la integridad de ecosistemas acuáticos y terrestres. La abundancia de minerales y metales preciosos tales como el carbón y oro, la actividad minera especialmente la informal (artesanal), mediante técnicas no apropiadas realiza la explotación de estos recursos de forma inadecuada[67] causando problemas significativos en salud y contaminación al ambiente[68].

El municipio de Suarez (Cauca) se evidencia la afectación en diferentes fuentes hídricas por la utilización de Hg para obtener Oro siendo esta su fuente para conseguir recursos económicos[6]. En un contexto global se han realizado investigaciones a nivel nacional e internacional como en el municipio de San Roque Antioquia, cuenca del río Magdalena y cuenca del río Ocaña en Perú con el fin de conocer la magnitud de los problemas causados por el uso del mercurio[3] [34] [35] en los que se encontraron valores superiores a 1 µg/l y pH ácidos que tiene directa influencia en concentración del metal, es muy relevante cuestionar que en dichos casos el mercurio se encuentra superando las concentraciones máximas permisibles. De la misma forma existen resultados donde se evidencia los altos niveles de contaminación[36][35], aunque no todos los resultados han sido afirmativos con relación a la contaminación por el uso de mercurio[5] ya que existen investigaciones donde se realizó un estudio para encontrar presencia metales

pesados tales como Al, Fe, y Hg logrando como resultados concentraciones muy bajas de los metales nombrados[5].

2.2.2 Parámetros físico-químicos

El recurso hídrico cumple un ciclo de retorno pero la disponibilidad de agua dulce cada vez es menor y limitada, es por ello que se han desarrollado múltiples variables que determinan la calidad de agua que muestran el índice de contaminación; los índices son unos valores numéricos que tratan de englobar las magnitudes de varios parámetros, en su mayor parte físicos y químicos de las cuales son considerados como lo más importantes para definir la calidad de agua[69]. Cada uno de estos parámetros tiene un índice de participación en el índice que varía según la importancia que se concede al mismo y en muchos casos según el uso posterior del agua. La finalidad que persiguen, en la mayoría de los casos, es deducir un número adimensional, como combinación o función de los datos analíticos de una muestra de agua que refleje su calidad ecológica en general o en orden a su utilización posterior[1] entre la información colectada se obtuvieron: pH, DBO, DQO, alcalinidad, temperatura, sulfuros, oxígeno disuelto, conductividad, salinidad, mercurio, potencial redox, turbiedad y TDS.

El **pH** es considerado como un factor ecológico importante y proporciona información en muchos tipos de equilibrio geoquímico para el cálculo de la solubilidad, este se considera importante en un cuerpo de agua ya que la mayoría de organismos se adaptan a un pH promedio. Principalmente el pH está influenciado por la geología de la zona de captación y la capacidad de amortiguación del agua [50].

Los procesos oxido-reducción que tienen lugar en el agua son extraordinariamente importantes y son los responsables de la forma en que se presentan la mayoría de condiciones lo que a su vez determina su comportamiento y propiedades. En

sistemas acuosos naturales se utiliza el concepto **potencial redox (Eh)** para caracterizar la fuerza oxidante o reductora de un agua[1].

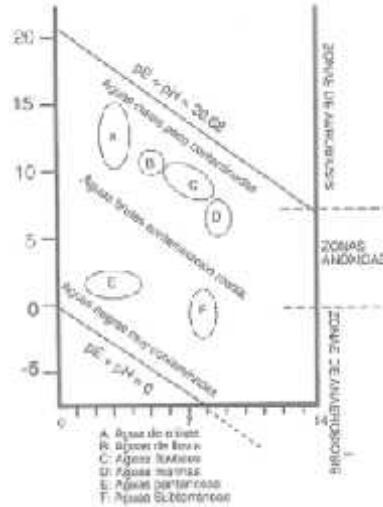


Figura 1. Zonas correspondientes a distintos tipos de agua

La **temperatura** es una de las propiedades conservadoras del ciclo del agua que además influye notablemente en la calidad de agua y puede acelerar o disminuir los procesos físicos o químicos [51].

La **alcalinidad** es una medida de la capacidad del agua para absorber protones. Se mide mediante una volumetría de neutralización ácido base. Básicamente es la medida de la capacidad del agua para neutralizar ácidos y se debe a la presencia especies iónicas como bicarbonato, carbonatos, hidróxidos, fosfato, borato y ácidos orgánicos provenientes de la disociación de sales de ácidos débiles y bases fuertes.[70]. La causa de la alcalinidad son los minerales que se disuelven en el agua del suelo, estos factores son características de la fuente de agua y de los procesos naturales que tienen lugar en un momento dado [50].

La **conductividad** es una medida de resistencia que opone el agua al paso de la corriente eléctrica entre dos electrodos impolarizables sumergidos en la misma. La conductividad del agua da una buena apreciación de la concentración de los iones

en dilución y una conductividad elevada se traduce en una salinidad elevada o en valores anómalos de pH[1].

La **salinidad** representa el contenido iónico total del agua. Es un parámetro utilizado habitualmente en las aguas salobres, se identifican con el parámetro total de sólidos disueltos o residuos secos y pueden variar según las precipitaciones[32].

La **DQO** se constituye en la manera de medir la materia orgánica indirectamente a través de los compuestos orgánicos, midiendo la energía contenida en los compuestos. También mide la cantidad de materia susceptible de oxidación química contenida en el agua, es una oxidación rápida y da una idea cuantitativa de la cantidad de sustancia susceptible de oxidación que existen en el agua, inorgánicas u orgánicas el resultado se expresa también en mg O₂/l representando la cantidad de oxígeno equivalente al oxidante químico utilizado en la determinación[10].

Existen varios estudios desarrollados para determinar la contaminación y un parámetro importante en los cuerpos de agua es la **DBO**, este parámetro es el principal indicador para la determinación de contaminación en un cuerpo y corrientes de agua ya que muestra el contenido de materia orgánica la cual se constituye en el alimento para las bacterias que se reproducirían rápidamente[54]. Los altos niveles de DBO indican una disminución de oxígeno disuelto porque el oxígeno que está contenido en el agua está siendo consumido por las bacterias que conduce a la incapacidad de organismos acuáticos para sobrevivir en el ambiente[43]. Estas bacterias en condiciones aerobias consumirán oxígeno, causando la disminución del OD; la DBO se define como la cantidad de oxígeno necesaria para descomponer la materia orgánica presente en el agua.

El **oxígeno disuelto** es uno de los principales parámetros, pues muchos de los organismos dependen de él para mantener los procesos metabólicos, para obtener energía y efectuar su reproducción. Además el OD es el principal indicador del estado de contaminación de una masa de agua, pues la materia orgánica contenida en ella tiene como efecto directo el consumo de oxígeno disuelto[71]. También

revela que cambios ocurren en los parámetros biológicos debido al fenómeno aerobio o anaerobio y muestra la condición del río o corrientes de agua con el propósito de la vida tanto acuática como humana[48].

Los **sulfatos**, son un parámetro que se encuentra ampliamente en la naturaleza y puede estar presente en concentraciones que van desde unos pocos miligramos por litro hasta unos gramos por litro, entonces los parámetros varían de acuerdo al sitio específico. Algunos drenajes de minería pueden contribuir con grandes cantidades de sulfatos a través de la oxidación de las piritas[72]. El ion procede fundamentalmente de los procesos de dilución sin olvidar las cantidades procedentes de la oxidación bacteriana de sulfatos. La concentración de sulfatos en el agua es variable oscilando entre 20 y 50 mg/L en ríos de américa[73].

La **turbiedad** es el efecto óptico causado por la dispersión y absorción de los rayos luminosos que pasan a través de un líquido que contiene pequeñas partículas en suspensión. La turbiedad en el agua resulta de la presencia de materiales sólidos y opacos que dicho líquido transparente de por sí, mantiene en suspensión. Las impurezas en suspensión en el agua pueden ser de origen mineral: arcilla, sílice, carbonato de calcio, azufre, hidróxido férrico, etc. o de origen orgánico: materiales animales o vegetales finamente divididos, microscópicos: plancton, etc.[10].

Los altos valores de sólidos disueltos totales (**TDS**) causan efectos nocivos para la salud pública además la presencia de sustancias químicas orgánicas sintéticas, incluso en pequeñas concentraciones, imparte gustos, olores y colores inofensivos y ofensivos a los peces y plantas acuáticas. El rango de TDS cae entre 500-1500 mg L⁻¹ son prescritos por la US EPA[48].

La **materia orgánica** como una clasificación general es sólo un término cualitativo. Incluye una amplia variedad de compuestos que rara vez se analizan como materiales específicos. La materia orgánica es eficaz en la adsorción de las especies de Hg en todos los rangos de pH, pero es más eficaz en condiciones

ácidas ($\text{pH} < 5$). Se ha demostrado que los sedimentos orgánicos son buenos catadores de Hg, pero no conservan este metal muy bien. Los grupos funcionales sobre materia orgánica en los que Hg está unido determinan la resistencia de la unión[45]. Los ácidos más orgánicos presentes en el sistema acuático, más el metal se convierte en soluble en agua como un complejo. La adsorción de Hg (II) sobre materia orgánica puede ser probablemente un primer paso para promover reacciones entre sustancias húmicas y Hg. Por desgracia, se sabe poco sobre estas reacciones entre el Hg adsorbido y la materia orgánica. Estas sustancias orgánicas son capaces de formar complejos con muchos iones metálicos como resultado de grupos ligando presentes[10].

El **mercurio** metálico en el medio ambiente puede llegar a ser biodisponible formando complejos orgánicos en entornos aeróbicos y en última instancia transformándose en metil-mercurio, usualmente en condiciones anaeróbicas la transformación y la bio-acumulación dependen de varios factores ambientales y actividad bacteriana que controlan la especiación química del metal[74]. Los sitios con altas concentraciones de mercurio no son necesariamente los que tienen mayor capacidad para producir metil-mercurio, pero representan una situación de riesgo. Los minerales con arcilla también adsorben activamente el mercurio de la solución aunque la capacidad de adsorción de estos minerales es bastante alta, la fuerza de unión es usualmente débil y depende del sistema acuático tales como pH, tipo de especie en solución, conductividad, etc. En el caso de adsorción de Hg, las especies solubles estables no se cargan y se observa poco efecto del pH sobre la adsorción por los minerales arcillosos. Las arcillas pueden mostrar un efecto indirecto en la adsorción de metales pesados debido a su capacidad para actuar como centros de nucleación de óxidos de Fe/Mn o materia orgánica. Estos materiales son más eficaces para la adsorción de metales a pesar de la alta capacidad de adsorción de los minerales de arcilla y de los óxidos de hierro y manganeso hidratados, la inhibición de la adsorción de Hg es notable cuando hay altos niveles de cloruro presentes en las soluciones[10].

2.2.3 Efectos en la salud

Las actividades antropogénicas aumentan continuamente las cantidades de metales pesados en el ambiente, especialmente en ecosistemas acuáticos[24]. La contaminación en el ecosistema está creciendo a un ritmo alarmante, como los metales pesados no pueden degradarse, son depositados, asimilados o incorporados en aguas, sedimento y animales acuáticos[21]. El envenenamiento de agua por mercurio o metil mercurio ha sido el causante de intoxicación humana, la toxicidad se informó por primera vez en 1952, pero la evaluación de riesgo internacional se da aproximadamente 50 años después debido a la falta de precisión en la evaluación de la exposición y otras formas de incertidumbre tienden a causar la subestimación de la toxicidad de Hg[57].

Minamata es el mayor escenario que registra altos índices de toxicidad por mercurio en la población presentando diferentes efectos en la salud[58], además existen diferentes estudios donde se relacionan con enfermedades como autismo[62], glicemia e hiperglicemia que también se asocia a la obesidad[61] ya que la alta solubilidad lipídica crea una rápida difusión a través de membranas, sangre eritrocitos y se disuelven en el plasma unido a una proteína lo que facilita la distribución en el cuerpo[60], afectación a nivel enzimático ya sea inactivando o estimulando la enzima dando lugar a cambios de procesos metabólicos, alteración del sistema nervioso[63] y llegó hasta causar la muerte[56][58].

Un factor con mayor incidencia de contaminación son los organismos acuáticos ya que por el consumo la población puede biomagnificar el contenido de mercurio en los individuos y puede llegar a ser más tóxico. La población con gran índice de riesgo son las mujeres embarazadas y el feto ya que el mercurio puede causar daño en el cerebro en desarrollo del feto pues atraviesa fácilmente la placenta y se han estimado niveles de mercurio en cabello materno, cordón umbilical y sangre[59].

La constante exposición puede causar en quienes se encuentran en contacto con el mercurio un efecto de autoinmunidad, de hecho existen estudios aplicados en animales la cual tienen mayor histocompatibilidad, es importante destacar que esta susceptibilidad se ha demostrado con Hg inorgánico en concentraciones a las que la población general podría estar expuesto Los autores atribuyeron la tolerancia observada a un subconjunto de células

2.2.4 Especies ícticas

En la represa se encuentran especies endémicas así como otras especies que han sido introducidas y de las cuales se han convertidas en invasoras. A continuación se detalla cada una de las especies encontradas.



Fotografía 1. Sardina coliamarillo *Astyanax microlepis*

2.2.4.1. **Descripción:** Su cuerpo es comprimido y totalmente escamado. Pueden alcanzar una talla máxima de 120 mm, La región dorsal anterior a la aleta dorsal está completamente cubierta por escamas pequeñas y finas, el número de escamas en la línea lateral oscila entre 45 y 545. El color del cuerpo es plateado, las aletas son incoloras, exceptuando la caudal que presenta una tonalidad amarillenta en los adultos, presenta dientes en las dos mandíbulas, los ejemplares de esta especie fueron observados en sistemas acuáticos con agua de flujo lento, que corre sobre un sustrato conformado por grava y arena, con depósitos de hojarasca.

Origen y Distribución: Es una especie endémica de la cuenca del río Magdalena, su dieta es omnívora con preferencia por los insectos[75].



Fotografía. 2 El pavón, tú cunare (*Cichla ocellaris*) Cichlidae.

2.2.4.2 Descripción: Su tamaño 45 a 75 y aún 100 cm (en la naturaleza), su peso: 13 a 15 kg (en la naturaleza), es un pez sumamente inteligente y agresivo, es territorialista, protege a la hembra y a las crías las cuáles introducen en su boca en caso de algún peligro. Con relación a las condiciones del agua se encuentran en pH = 6,5 a 7,0. Es un gran depredador.

Origen y distribución. Se encuentra en la cuenca de los ríos Orinoco, Amazonas y afluentes; en Venezuela, Brasil, Colombia, Bolivia, Perú, Ecuador y Panamá (Lago Gatún y cuenca del Canal). Se conoce con el nombre común de Pavón, pavón tres estrellas, pavón mariposa, tú cunare, sargento (Panamá), su alimentación se basa en presas vivas: peces, camarones, lombrices, insectos, ranas, lagartijas e iguanas etc., fundamentalmente son piscívoro[75].



Fotografía. 3 Tilapia roja *Oreochromis mossambicus* Cichlidae

2.2.4.3 Descripción:

La tilapia roja es un híbrido proveniente de líneas mejoradas partiendo de las cuatro especies más importantes del género, son especies aptas para el cultivo en zonas tropicales y subtropicales, se adapta con gran facilidad a ambientes lénticos (aguas poco estancadas), estanques, lagunas, reservorios. La tilapia es omnívora y su requerimiento y tipo de alimento varían con la edad del pez. Durante la fase juvenil puede alimentarse de fitoplancton, zooplancton y pequeños crustáceos[76].



Fotografía. 4 Tilapia negra *Oreochromis niloticus* (Linnaeus 1758) Cichlidae

2.2.4.4 Descripción: Sus ejemplares pueden alcanzar los 600 mm posee escamas grandes sobre el opérculo, ojos laterales, entre 20 y 26 espinas branquiales en el lóbulo inferior del primer arco branquial. Aleta dorsal extensa, aleta anal con tres espinas y entre 9 y 11 radios ramificados. Aleta dorsal con 16 a 17 espinas y 12 y 14 radios ramificados. Línea lateral dividida. Aleta caudal redondeada. Cuerpo de

color verdoso plateado, con cerca de ocho bandas verticales oscuras. Aleta caudal con bandas negras. Aleta dorsal con numerosas líneas negras. Presenta dientes en las dos mandíbulas.

Origen y Distribución: Esta especie es de origen Africano, fue introducida en Latinoamérica para fomentar la acuicultura, se reconoce como una especie detritívora, se han encontrado individuos sexualmente maduros en la época de lluvias, frecuentemente es consumida y comercializada por la población local, los ejemplares de esta especie se han observado en cauces con lecho conformado por grava fina y arena, con vegetación ribereña compuesta principalmente por arbustos[75].



Fotografía 5. Liso, barbudo negro, bagre negro *Rhamdia quelen* (*Pimelodidae*)

2.2.4.5 Descripción: Es un bagre integrante de la familia *Pimelodidae* y al género *Rhamdia* el cual tiene alrededor de 11 especies. Su cabeza es pequeña en relación a la longitud de su cuerpo, boca ancha con dientes diminutos en forma de sierra, presenta barbillas maxilares y mentonianas. En su aleta dorsal tiene una espina muy fuerte, en cambio la aleta caudal es pequeña. Tiene un cuerpo ancho y puede medir hasta 50 cm y pesar 5 kg. Es una especie muy común en riachuelos de poca corriente y lagunas cubiertas de Vegetación, es de hábitos nocturnos, prefiere profundidades entre 2 y 3 m, se oculta entre Piedras y troncos para emerger después de las lluvias a buscar alimento. Prefiere aguas Cálidas y se desarrolla exclusivamente en agua dulce. En su etapa adulta forma parte de la Dieta de peces carnívoros como el dorado y el surubí se ha observado en cauces con lecho

constituido Principalmente por guijarros sub-angulares, grava y arcilla, con abundante presencia de hojarasca y restos de vegetación.

Origen y Distribución: Se encuentra ampliamente distribuido en la región norte de Suramérica. En Colombia se encuentra en los ríos Magdalena, Cauca, Sinú, San Jorge, Patía, San Juan, Atrato, Telembí, Dagua, Truandó, Sucio, Condoto, Catatumbo, Orinoco y Amazonas[77].



Fotografía. 6 Cucho, corroncho *Chaetostoma leucomelas* 1918

2.2.4.6. **Descripción:** Se caracterizan morfológicamente por presentar el cuerpo cubierto por placas óseas dispuestas en 3 a 5 hileras longitudinales, es una especie que puede alcanzar 300 mm de L de cuerpo deprimido ; posee un vientre desnudo, boca ventral, cabeza con trompa redondeada y blanda sin asperezas. El color de su cuerpo puede ser variable pasando por individuos grises, cafés marrones, pero todos con manchas claras en su dorso y lados del cuerpo.

Origen y Distribución: Es una especie endémica en ríos al occidente de la cordillera oriental. Se reporta en las partes bajas de los ríos Magdalena, Cauca, San Jorge, Sinú y Atrato. Es una especie consumidora de algas y lodo; prefiere reproducirse en los periodos de lluvias y cauces con alta pendiente y sustratos donde predominan las grandes rocas. Esta especie habita en Aguas bien oxigenadas[75].

2.2.5. Parámetros fisicoquímicos y concentraciones de mercurio en especies ícticas.

Las especies ícticas son muy buenos indicadores biológicos y van estrechamente relacionados a los parámetros fisicoquímicos, pues gracias a estos se puede determinar la relación efecto de la presencia de metales pesados presentes en agua, el mercurio debido a sus propiedades puede llegar a bio-acumularse en los sedimentos y lodos de un hábitat natural especialmente los acuáticos[3]. En el caso de las especies dulceacuícolas es relevante tomar en cuenta su comportamiento en el ambiente lo cual propicia mayor concentración del contaminante[78], por ejemplo en el municipio de Puerto Berrio, zona cercana a sector Gramalote, en Ayapel Colombia, y en la Orinoquía[4][31].se ha determinado las especies de mayor consumo encontrando altas concentraciones de mercurio en los peces que pueden poner en riesgo la salud humana.

2.2.6. Técnicas de medición de mercurio

Existen diferentes métodos que se utilizan para la identificación de mercurio.

- Espectrofotometría de absorción atómica-vapor frío para el análisis de mercurio es una técnica basada en la dilución de metales que son llevados a su forma atómica elemental mediante calentamiento por una llama generada por una mezcla de gases combustibles. El valor de señal obtenido es proporcional a la concentración de los átomos presentes en la nube de gases; de este modo es posible construir una curva de calibración analizando soluciones patrón de concentración conocida y midiendo la magnitud de la absorción de cada una de ellas[23].Espectrometría de absorción atómica por vapor frío es un método eficaz para medir el efecto de la contaminación sobre una especie de pez[2], esta técnica fue la que se realizó por parte del Laboratorio de Aguas y Alimentos de Pereira para la determinación de Hg.
- Espectrofotometría de absorción atómica por llama directa (FAA), que es una técnica analítica que permite detección y la cuantificación de metales en

solución, esta técnica es usada para determinar la concentración de metales pesados presentes en cualquier tipo de muestra susceptible de ser disuelta.

- Espectrofotometría de absorción atómica está fundamentada en la capacidad que tienen los elementos, en su estado atómico basal, de absorber radiación electromagnética a longitudes de onda específicas para cada elemento. La cantidad de energía absorbida es directamente proporcional a la concentración de los átomos del metal analizado, de acuerdo con la Ley de Lambert-Beer.

2.2.7. Posibles efectos en el ser humano.

La utilización inadecuada de mercurio involucra problemáticas sociales, económicas y de salud, este último aspecto implica efectos directos al ser humano debido a la exposición continua en cualquier medio en el que se encuentre en contacto con el mineral.

En lugares como San Roque Antioquia, Corea del sur y el golfo pérsico se ha asociado al mercurio la enfermedad periodontal que afecta directamente los huesos, también se ha evidenciado presencia de mercurio en la orina y cabello humano, se ha demostrado que este metal en todas sus formas puede ocasionar diferentes enfermedades como síndrome de dermatitis, gingivitis, estomatitis, y temblor, junto con la disfunción del sistema nervioso central[2][55], según la OMS, la exposición de las personas a niveles altos de mercurio en forma persistente, puede perjudicar el cerebro, el corazón, los riñones, los pulmones y el sistema inmunológico[79] Además los niveles de mercurio en la sangre tienen vínculo sorprendente con la salud ósea por ello se desarrolló estudio en corea en el que se analizó los datos de 481 mujeres posmenopáusicas; evaluando muestras sanguíneas y orina , se determinó cuatro metales pesados, plomo, mercurio, cadmio, arsénico ,asociados negativamente con la densidad ósea[2]. Los niveles más altos de mercurio se correlacionaron positivamente con la edad más temprana, los niveles de vitamina D, el consumo de pescado, y la prevalencia de la osteoporosis "Este hallazgo

sugiere que el mercurio puede tener un efecto a través de otras vías fisiopatológicas de los relacionados con el consumo de peces[55].

2.3 Bases legales

De acuerdo a la reglamentación a la que se encuentra sujeta Colombia y siguiendo la norma constitucional adscrita por el gobierno nacional, el Decreto Ley 2811 de 1974 y en desarrollo de resoluciones y leyes se identifican las normativas pertinentes para soportar los niveles de contaminación presentes en el embalse de la Salvajina en el Municipio de Suárez Cauca.

Tabla 1. Normatividad

DECRETO	DESCRIPCIÓN
2811 DE 1974	Libro II, parte III Art. 49 Atención salud y saneamiento. Art. 79 Todos tienen derecho a un ambiente sano. Art. 80 Desarrollo Sostenible. Art. 89 Derecho al uso del agua. Art. 134-138 Prevención y control de contaminación.
3930 de 2010	Por el cual se reglamenta el uso de agua, residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.
2372 de 2010	Por el cual se reglamenta el sistema nacional de áreas protegidas, las categorías que lo conforman y se dictan otras disposiciones.
RESOLUCIÓN	Descripción
776 del 2008	Por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos físico-químicos y microbiológicos que deben cumplir los productos de pesca, en particular pescado, molusco y crustáceos para consumo humano.
LEY	Descripción

299 de 1996	Por el cual se protege la flora Colombiana, se reglamentan los jardines botánicos y se dictan otras disposiciones.
PLAN	Descripción
Plan único nacional de mercurio	Considerado la ruta estratégica por parte del Gobierno Nacional para la eliminación gradual y definitiva del mercurio

2.4 Hipótesis

2.4.1 Planteamiento de la hipótesis

La aplicación de la actividad minera cada vez es más frecuente y se ejecuta con mayor incidencia, los mineros durante milenios han capitalizado esta interacción para satisfacer sus necesidades mediante una demanda constante de oro, sin embargo la evolución del mercurio ha cambiado significativamente con el tiempo.

El mercurio es un elemento que consta como una de las principales problemáticas al nivel mundial debido a que causa daños a nivel global, las personas que se encuentran en contacto con el metal presentan problemas de salud, sin embargo este metal se acumula o bio-acumula en los organismos de especies acuáticas y el ser humano causado daño a las poblaciones donde se realiza la explotación minera [2] es por ello que se ha buscado la manera de estudiar el impacto generado por esta práctica en la minería a pequeña escala mediante el estudio de aguas y de especies acuáticas.

Hipótesis afirmativa

Existe contaminación producida por vertimientos de mercurio en el embalse la Salvajina (Suarez Cauca).

2.4.2 Hipótesis nula

No existe contaminación producida por vertimientos de mercurio en el embalse la Salvajina (Suarez Cauca).

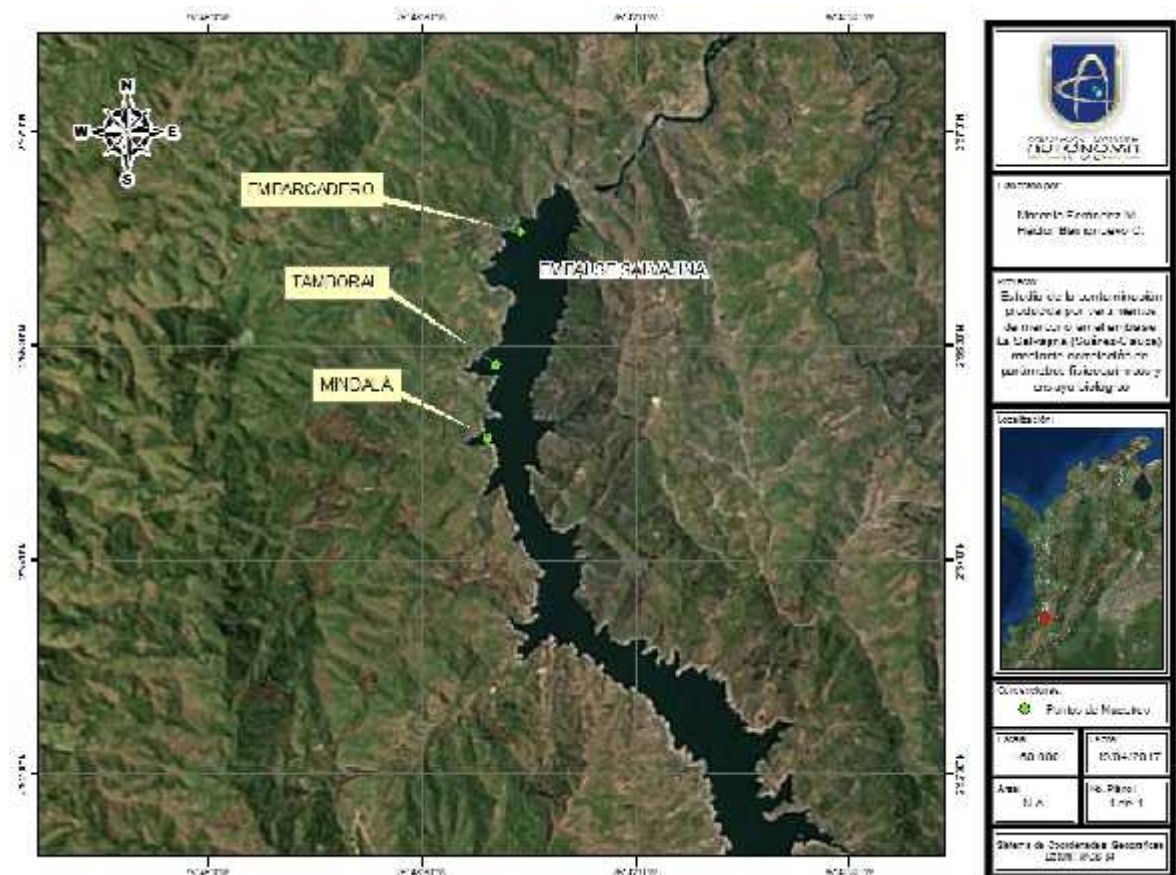
CAPITULO III

3.1. Metodología

3.1.1. Zona de estudio

La represa de la Salvajina (Suarez – Cauca) es el área de influencia de vertimientos de entables mineros del municipio, por lo tanto es considerada pertinente como área de estudio, para lo cual se han seleccionado 3 puntos de muestreo en la zona.

(Mapa 2)



Mapa 2. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo

A Embarcadero: Punto de muestreo inicial, el cual se encuentra aledaño a la comunidad, existe actividad pesquera, zona de restaurantes tradicionales y cultivo de especies de la familia *cichlidae* destinado a turismo.

B Tamboral: Punto de muestreo intermedio, el cual es directamente afectado por vertimientos de entables mineros cercanos.

C Jaulas fundación Mindalá: Punto de muestreo final, en el cual existe cultivo de especies del género *oreochromis mosambicus*.



Fotografía 7. Puntos de muestreo, (a) Embarcadero, (b) Tamboral (c) Mindalá.

3.1.2. Diseño experimental

El análisis fisicoquímico del agua y desarrollo del ensayo biológico, se realizó mediante 3 muestreos en los 3 puntos seleccionados como área de estudio. En relación con el ensayo biológico se muestreó un total de 59 peces distribuidos de forma aleatoria en los puntos y en los muestreos. Para los parámetros físico-químicos se realiza la toma de tres datos simultáneos con el fin de obtener una media la cual se relaciona en la tabla de datos.

3.1.3. Determinación de la calidad del agua mediante el análisis de parámetros físico-químicos.

Para la toma de muestras físico-químicas se solicita a la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, los siguientes equipos

- Sonda multi-paramétrica (HACH HQ40d multi meter)
- Turbidímetro portátil (HACH 2100Q)
- pH metro (PCS Test 35 multi para meter)
- Sonda multi-paramétrica (YSI pro plus)

El conjunto de los parámetros como pH, salinidad, conductividad, oxígeno disuelto, turbiedad, TDS, presión y temperatura del agua, obtenidos con estos equipos se realizan in-situ y se registran durante el proceso.

Las muestras de agua obtenidas para análisis de parámetros como alcalinidad, sulfuros, DBO, DQO y determinación de mercurio presentes en agua se realizaron en el laboratorio de la Universidad Tecnológica de Pereira las cuales se tomaron en envase de material de polipropileno realizando la rotulación, almacenamiento y transporte a 4°C con la respectiva cadena de custodia. El primer proceso a realizar es purgar 3 veces el recipiente y se toma 1L de agua del cuerpo de agua con una profundidad de 0.5m a 1m aproximadamente con la precaución de que no exista oxigenación o aire en el recipiente, se suministra información específica en el recipiente mediante protocolos estándar expuestos en las guías suministradas por el IDEAM y por último se procede a almacenar las muestras en las neveras de icopor con el fin de mantener el frío en cada una de las muestras para luego ser transportadas a el laboratorio de la Universidad Tecnológica e Pereira en la ciudad de Pereira.



Fotografía 8. Parámetros fisicoquímicos



Fotografía 9. Rotulación



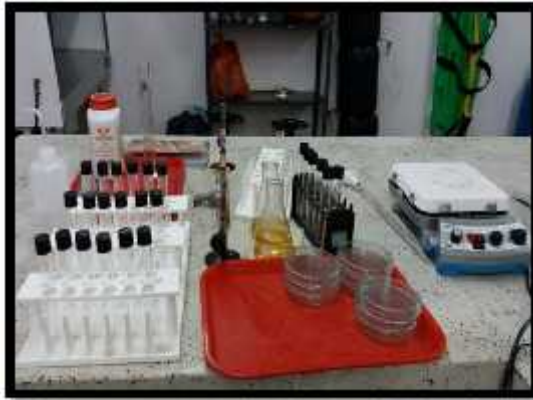
Fotografía 10. Recolección de muestra



Fotografía 11. Cadena custodia

El mercurio es un elemento que tiene la facilidad de transformarse y se puede almacenar en cualquier medio, es por ello que la muestra de agua para el procedimiento de determinación de mercurio en agua se estabiliza con ácido nítrico (HNO_3) al 65% con el fin de llevar el pH a una escala de 2 y así evitar que haya transformación del elemento.

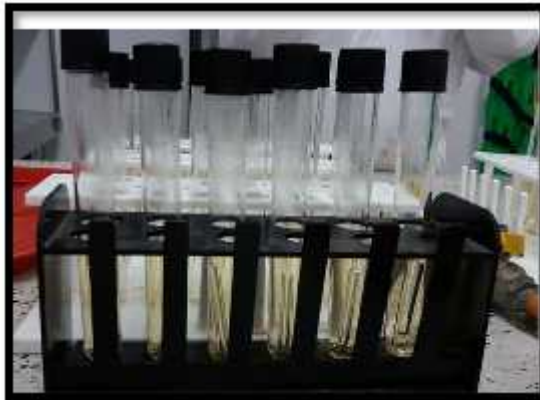
Adicionalmente se tomaron muestras de aguas que fueron llevadas a laboratorio de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca con el fin de realizar determinación de coliformes fecales, nitritos, nitratos y medición de potencial redox.



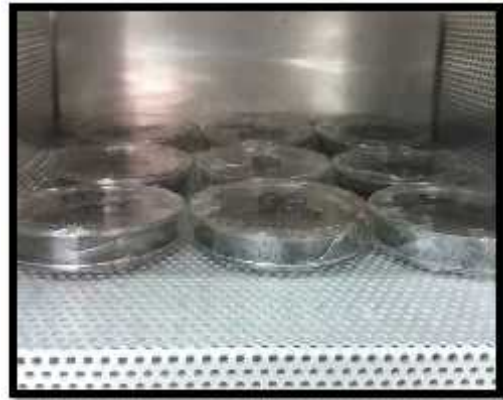
Fotografía 12. Materiales



Fotografía 13. Caldo lactosado



Fotografía 14. Prueba presuntiva



Fotografía 15. Prueba confirmativa

En total se obtuvieron 26 litros de agua distribuidos en 3 muestreos simultáneos que se almacenaron en neveras de icopor de 10 y 15 litros con pilas de gel para mantener la temperatura con el fin de ser trasladado a los laboratorios correspondientes.

3.1.4. Concentración de mercurio en especies de interés comercial

Se realizó la captura de peces por medio de la ayuda de pescadores residentes del municipio de Suárez, planteando inicialmente la captura de dos especies, sin embargo debido a las condiciones presentadas por niveles de embalse y factores climáticos se realiza la captura de otras especies a quienes se realiza el sacrificio en campo para luego ser medidos y pesados con el fin de observar si existe una relación entre longitud, peso y cantidad de mercurio presente en la muestra. Las muestras de ensayo biológico se ubican en bolsas de polipropileno que son rotuladas y llevadas a refrigeración para luego ser transportadas a laboratorio de la Universidad Tecnológica de Pereira.



Fotografía 16. Captación de peces



Fotografía 17. Sacrificio



Fotografía 18. Medición



Fotografía 19. Peso



Fotografía 20. Rotulación



Fotografía 21. Cadena custodia

Adicionalmente se obtuvieron 4 peces, 2 tilapia negra (*Oreochromis niloticus* Cichlidae) y 2 tilapia roja (*Oreochromi mossambicus*) de la estación piscícola PAMBIO ubicada en el municipio de Timbio Cauca con el fin de obtener información relacionada como muestra blanco.

3.1.5. Método de análisis ensayo

Un caso particular en la técnica de absorción atómica lo constituye el mercurio, por ser un elemento muy volátil no requiere el uso de llama para atomizarse y puede determinarse en forma de vapor frío. Mediante esta técnica se alcanzan límites de detección del orden de 1 ppb [23].

Existen estudios donde se realiza la aplicación de la técnica de espectrometría absorción atómica vapor frío para cada parte específica del pez para así poder determinar en qué parte u órgano del pez existe mayor acumulación[56] sin embargo el método se realizó para la muestra total de pez debido al incremento de presupuesto en el proyecto general.

Las muestras fueron enviadas al laboratorio de análisis de agua y alimentos en la Universidad Tecnológica de Pereira, los análisis se realizaron basados en procedimientos que se encuentran en los Standards Methods for the examination of water and wastewater edition 22 st del 2012 y las normas técnicas Colombianas.

3.1.6. Correlación de datos.

Luego de obtener los resultados correspondientes a parámetros físico-químicos y ensayo biológico se procede a realizar la correlación de las variables para establecer un análisis de contaminación donde se evidencie el posible impacto que se puede estar generando debido a las actividades que se desarrollan alrededor de la represa de la Salvajina en el Municipio de Suárez, se realizó un análisis de variables independientes con la prueba qui cuadrado para la prueba biológica, mediante el paquete estadístico BioStat 5.4 y una correlación de variables mediante la prueba de Phyton.

CAPITULO IV

4. Resultados y discusión

4.1. Resultados

4.1.1. Parámetros físico-químicos

Los meses en que se realizó el trabajo de campo fueron, noviembre, diciembre y febrero de donde Inicialmente se destacará los factores que rodean al embalse la Salvajina, para el mes de noviembre el embalse se encontraba a una altura de 1.118,51 msnm, para diciembre 1.131,70 msnm y para febrero 1.145,45 msnm, cabe destacar que no se conoce exactamente el volumen de agua contenido en su interior pero se estima que tiene una capacidad total de 906 Mm³ y una capacidad útil de 753 Mm³. Además se observa que existen plantaciones en la parte alta de las montañas que rodean el embalse, así como la presencia de actividad minera. La zona presenta un clima tropical húmedo y un factor importante es la temperatura de la cual se ha demostrado que a mayor temperatura mayor reacción en el medio. Estos factores son de importancia para analizar los resultados que se obtuvieron en cada muestreo (tabla 2)

Tabla 2. Resultados fisicoquímicos

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO	PROMEDIOS								
	EMBARCADERO			TAMBORAL			MINDALÁ		
	Nov (1)	Dic (2)	Feb (3)	Nov (1)	Dic (2)	Feb (3)	Nov (1)	Dic (2)	Feb (3)
pH	6,77	6,89	4,78	7,14	7,21	5,09	6,95	7,05	5,35
Conductividad (µs/cm)	103,33	149,3	135,4	104,2	132,5	132,7	104,1	147,3	126,9
Oxígeno disuelto (mg/L)	2,85	9,8	8,78	7,08	9,9	8,49	7,48	9,7	8,87
Turbiedad (NTU)	4,32	2,81	3,41	6,3	4,28	3,03	8,81	3,96	2,78
TDS (mg/L)	74,76	97,5	86,23	73,83	91,02	86,67	74,86	96,2	82,55
Presión (atm)	665,03	665,4	662,2	665,3	667	664,1	665,2	666,53	663,7
Salinidad (mg/L)	0,09	0,07	0,06	0,09	0,07	0,06	0,09	0,07	0,06
Temperatura H ₂ O (°C)	25,47	24,83	26,13	26,28	24,73	24,73	27,8	24,7	25

Sulfatos (mg SO₄/L)	21	22	18,5	23	23	17,5	22	21	16,5
DBO (mg O₂/L)	4	<2	<2	4	3	<2	6	<2	<2
DQO (mg O₂/L)	9	<4	19	6	<4	14	9	<4	22
Hg (mg Hg/L)	0,0198	<0,000 8	<0,000 8	0,03	<0,000 8	<0,000 8	0,021	<0,000 8	<0,000 8
Potencial redox (m/V)	28,9	63,1	-16,2	21,3	65,5	-26,9	21,8	63,5	-31,8
Alcalinidad total (mg CaCO₃/L)	0	15	17	0	16	18,5	0	15	17,5
Coliformes fecales	(-)	(-)	(+)	(-)	(-)	(+)	(-)	(-)	(+)

De acuerdo a la tabla de datos anterior se realizará un análisis gráfico de los parámetros con el fin de observar las variaciones que se presentan en los meses de muestreo. El parámetro inicial es el pH la cual mide las reacciones ácido-base en el interior del embalse La Salvajina.

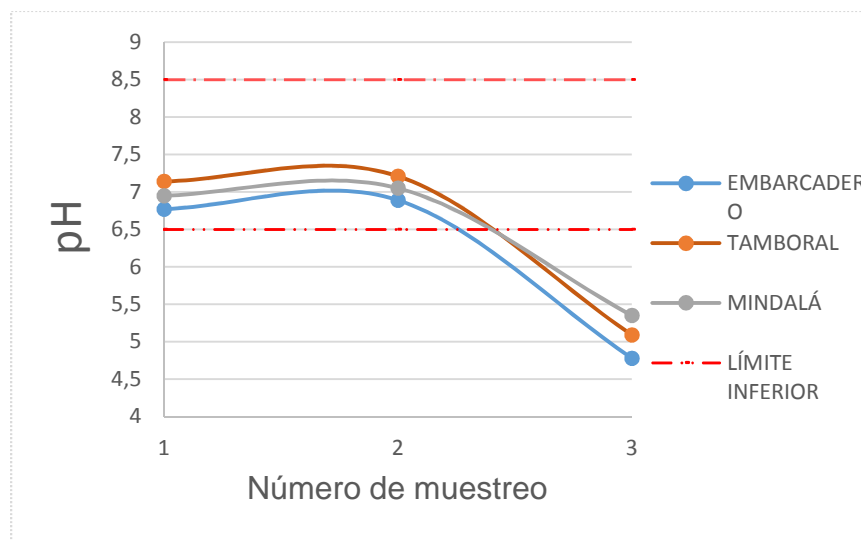


Figura. 2 Comportamiento de pH

Los potenciales de hidrógeno determinan si un cuerpo de agua se encuentra ácido o básico y también puede mostrar las reacciones que se están ejecutando en el interior del cuerpo de agua, es por ello que se relaciona directamente con la alcalinidad y el potencial redox. De acuerdo a los resultados se observaron las variaciones en cuanto a los muestreos, la continuidad del flujo inicia en el punto llamado Mindalá seguido de Tamboral y finalizando en Embarcadero. En el primer y segundo muestreo se observan valores de **pH** muy cercanos a 7 (ver figura 2).

Sin embargo en el tercer muestreo se observa un aumento de acidez, los tres puntos indican valores mínimos y máximos de (5,35-7,05) para Mindalá, posteriormente se encuentran Tamboral con (5,09-7,21) y por último Embarcadero con (4,78-6,89). Una particularidad por la que se puede presentar la acidez en el tercer muestreo podría ser por el alto nivel del embalse ya que cuando existe mayor cantidad de agua hay mayor presencia de vertimientos, el humus que aportan árboles en descomposición incluyendo el material vegetal inundado influye puesto que la presencia de estos agentes forman ácidos húmicos, además de factores como CO₂ y sales de nitrógeno a través de la degradación [44], otro factor es el material del suelo debido a su principal característica arcillosa, pues estos suelos son de tipo calcáreo y los bicarbonatos contribuyen a su variación y esto se puede estar presentando para el primer y segundo muestreo. El pH puede influenciar en el mercurio debido a procesos bacterianos donde existe una interacción entre bacterias y Me-Hg así como factores con procesos geoquímicos porque tiende a unirse fuertemente a los componentes del suelo[80].

Para el tercer muestreo en los tres puntos el agua tiene una característica ácida de lo que se infiere que en la zona el contenido de iones hidronios tiende a ser menor, si bien el pH mide la actividad de protones, el potencial redox (**Eh**) mide la actividad en electrones, en este caso el primer y segundo el Eh arrojó datos positivos y para el tercer muestreo se encuentran valores negativos considerándose una zona de anaerobiosis donde se llevan a cabo procesos de descomposición anaerobia de la materia orgánica, en este caso el agua se comporta de manera reductora[1] de lo que se deduce que no se dan procesos de oxidación (ver figura 1), de acuerdo con estos resultados para el primer y segundo muestreo los valores tienden a ser neutros en consecuencia de pH pero el Eh muestra condiciones favorables para el proceso de oxidación así como la metilación ya que los valores son positivos, pero la reacción de reducción en el Eh prevalece sobre la metilación debido a que se presenta mayor tasa de metilación en condiciones aerobias que en las anaerobias[38].

La **alcalinidad** posee la capacidad de neutralizar ácidos, en la investigación se toma en el segundo y tercer muestreo obteniendo valores mínimos y máximos de 15-17,5 mg CaCO₃/L para Mindalá, 16-18,5 mg CaCO₃/L para Tamboral y 15-17 mg CaCO₃/L para Embarcadero.

En el embalse la Salvajina se observan bajos niveles de alcalinidad esto se puede presentar debido a la reacción entre el suelo arcilloso con el dióxido de carbono (CO₂) atmosférico, debido a que el componente geológico de la zona puede estar compuesto por rocas de tipo calcáreo, por esta razón se infiere que existe una gran cantidad de contenido de bicarbonatos que podrían aportar al proceso de alcalinidad.

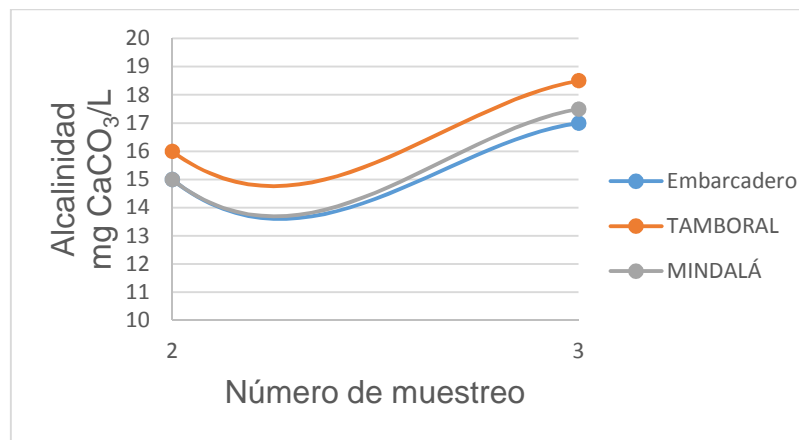


Figura 3. Comportamiento Alcalinidad

Generalmente el 80% de la alcalinidad proviene de la disolución de rocas carbonatadas pero la cantidad de agua existente en el embalse está contenida en un alto volumen y este factor es importante para observar la dilución que existe en su interior[73]

A mayor valor de alcalinidad se puede presentar mayor precipitación de mercurio en el agua aunque también reacciona de una forma reductora y ayuda a la precipitación del elemento estudiado[51].

De hecho los parámetros anteriores junto con este indican que para el primer y segundo muestreo probablemente el mercurio que está siendo depositado en el embalse y se puede estar acumulando en los sedimentos.

El **oxígeno disuelto** es el principal componente para garantizar el desarrollo de la vida en cualquier medio, en general los datos muestran que el agua contiene altos niveles de oxígeno y está completamente oxigenada sin embargo para el primer muestreo en el punto de Embarcadero se observa un valor muy bajo de oxígeno, la explicación se basa en la hora y toma de datos con la sonda multi-paramétrica ya que se tomó en condiciones donde no existía radiación solar y la toma de muestra fue a la orilla del embalse lo que implica que la sonda fue hasta el fondo y esto influye en el resultado ya que a mayor profundidad menor cantidad de oxígeno. Los altos valores de oxígeno respaldan la vida acuática y se presentan mayores a 5 mg/L mientras los menores a 3 mg/L son dañinos para la diversidad de especies[45].

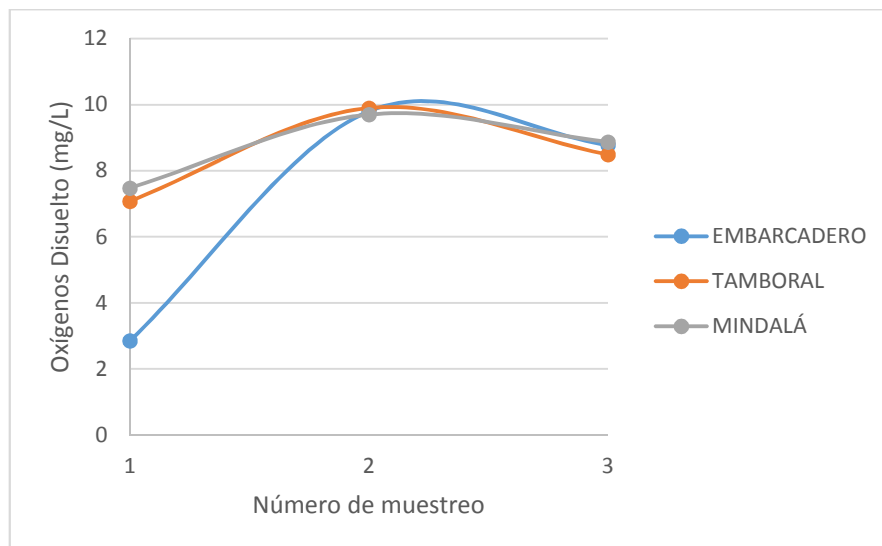


Figura 4. Comportamiento oxígeno disuelto

El oxígeno se produce con la interacción del agua con el aire atmosférico o mediante la actividad fotosintética[27], en el embalse La Salvajina se conoce que existen efluentes que desembocan en los tres puntos de muestreo, en estos cuerpos de agua se genera un resalto hidráulico aportando en el agua gran cantidad de oxígeno al embalse teniendo en cuenta que por ser un embalse existe una estratificación donde a mayor profundidad existirá menor cantidad de oxígeno con la connotación que la toma de datos se realizó de 0,5 a 1 m de profundidad y a esta profundidad se presenta mayor índice de oxígeno.

De acuerdo al IDEAM apoyado en la resolución 1594 de 1984 la cual fue derogado por la resolución 3930 de 2010 la cantidad de oxígeno para la preservación de flora y fauna en aguas frías es de 5 mg/L y para aguas cálidas de 4 mg/L de lo que en el embalse se asegura la preservación y además de ello también apunta que la cantidad de materia orgánica contenida en su interior es muy baja y estos valores se soportan con los resultados obtenidos en la DBO₅ por sus bajos valores indican un aumento de oxígeno disuelto y la DQO indirectamente mide la materia orgánica.

DBO y DQO

A continuación se indican los resultados de las pruebas en agua de DBO₅ y DQO.

Tabla 3. Relación DBO₅ y DQO

PARÁMETRO	EMBARCADERO			TAMBORAL			MINDALÁ		
	Nov (1)	Dic (2)	Feb (3)	Nov (1)	Dic (2)	Feb (3)	Nov (1)	Dic (2)	Feb (3)
DBO (mg O₂/L)	4	<2	<2	4	3	<2	6	<2	<2
DQO (mg O₂/L)	9	<4	19	6	<4	14	9	<4	22

La técnica utilizada para **DBO** se realiza por medio de test de incubación y los resultados generales aportan valores muy bajos de DBO₅ sobre todo para el tercer muestreo donde se observan valores menores a 2 mg/L. En general no existe una norma que establezca los valores permisibles de DBO para aguas naturales superficiales, sin embargo se puede apreciar que los valores de oxígeno disuelto son altos y que existe una relación directa indicando que a altos valores de Oxígeno

Disuelto hay bajos valores de DBO, además una característica de contaminación en un cuerpo de son los altos valores de DBO. Los factores de variación de la demanda bioquímica de oxígeno pueden ser la temperatura, el oxígeno disuelto, la materia orgánica y diferentes microorganismos, en este caso una baja DBO indica un agua con altos valores de oxígeno disuelto, valores que se ven reflejados en los resultados obtenidos en los muestreos realizados para el embalse La Salvajina, además de ello el alto volumen de agua muestra la capacidad de dilución en el agua como disolvente universal teniendo en cuenta que la toma de la muestra se realizó aproximadamente a 1 metro de profundidad y que al ser un embalse aplica la estratificación donde a mayor profundidad menor es la cantidad de oxígeno disponible.

El valor de DBO puede indicar un peligro para la vida acuática[45], según el IDEAM establece un rango máximo de 25mg/L considerado no apta para ningún uso y un mínimo de 3mg/L que se considera apta para todos los usos, sin embargo el rango para agua potable está entre 5 y 10 mg/L, el conjunto de estos datos nos informan que el agua se encuentra en un nivel aceptable aunque existen valores muy bajos no representan un nivel de materia orgánica biodegradable.

La **DQO** siendo la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica conociéndose como gran indicador de contaminación arroja resultados leves, en el segundo muestreo se observan los valores mínimos llegando a establecerse en un rango de 0 a 4 mg O₂/L, los valores más altos se dan en el tercer muestreo, sin embargo no son significativos para afirmar que existe una gran cantidad de materia susceptible de oxidación química contenida en el agua. La demanda química de oxígeno involucra tanto la materia orgánica biodegradable, no biodegradable y materia orgánica oxidable y generalmente se presenta en condiciones fuertemente ácidas por eso para el tercer muestreo donde se observan estas condiciones de DQO más altas y la DBO presentan fracciones biodegradables generalmente en magnitudes inferiores como se puede observar en los resultados[81] (ver tabla 3).

Los resultados obtenidos de DBO y DQO infieren que no existe presencia de material orgánico oxidable debido a que los valores reportados en los resultados son muy bajos, probablemente la materia orgánica existente en el embalse ya haya sufrido procesos de oxidación y el proceso de dilución en agua es muy alta lo que sugiere que el sistema es reductor, si se comparan estos resultados con el potencial redox del tercer monitoreo se obtiene que son negativos que corrobora sistema reductores.

La capacidad eléctrica del agua se debe a la dilución de iones conductores de electricidad y como se observa en la gráfica los valores en los tres puntos de muestreo se presentan como buen indicador de la presencia de dilución de sales. De acuerdo a lo reportado bibliográficamente la **conductividad** es diferente para cada sitio específico ya que se involucran los tipos de suelos, el material de arrastre entre otros aspectos, generalmente las aguas de la cordillera andina posee un rango de conductividad que oscila entre 60 y 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ es por ello que se observa que existe gran cantidad de sales que están disueltas en el agua.

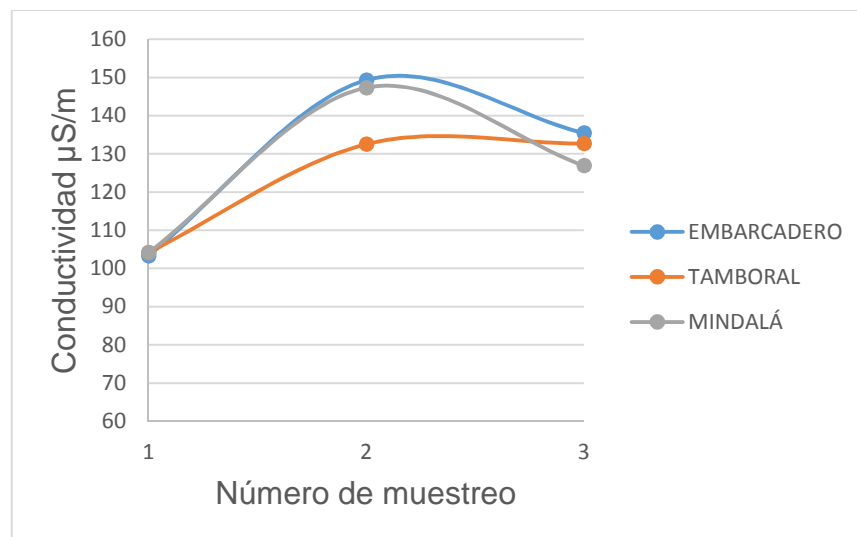


Figura 5. Comportamiento de conductividad

Una característica de la conductividad es que las aguas apuntan a un desarrollo oligotrófico o mesotrófico la cual para el caso estudiado apunta a un medio mesotrófico, es decir un ecosistema que ofrece una buena cantidad de nutrientes

para los organismos que allí habitan, aunque no se conoce cuál es la sal específica que se encuentra en el agua se conoce que puede estar relacionadas con alguna ionización como carbonatos, cloruros, sulfatos, fosfatos y nitratos[82], ellos se encuentran en combinación con cationes como el calcio, el sodio, el magnesio el hierro y otros como el Hg que en su interior pueden estar reaccionando con alguno de ellos o estos entre sí mismos. Se conoce que a mayor presencia de iones existe mayor productividad de alimento y esto muestra mayor presencia de microorganismos, si se observa en el segundo muestreo en los tres puntos existe un incremento de la conductividad y esto se debe a que existe un aumento en la concentración de iones[40].

La conductividad y los **TDS** también poseen una relación y así como existe una buena conductancia también existe una buena presencia de valores de TDS, si observamos, los resultados varían entre valores mínimos de 73,8 y máximos de 97,5, los valores de TDS en aguas oligotróficas como lo son las aguas del amazonas y la andina presentan valores mayores a 10mg/L pero también para ecosistemas neotrópicos en lagos y ríos estos valores pueden variar entre 10 y 200mg/L[82].

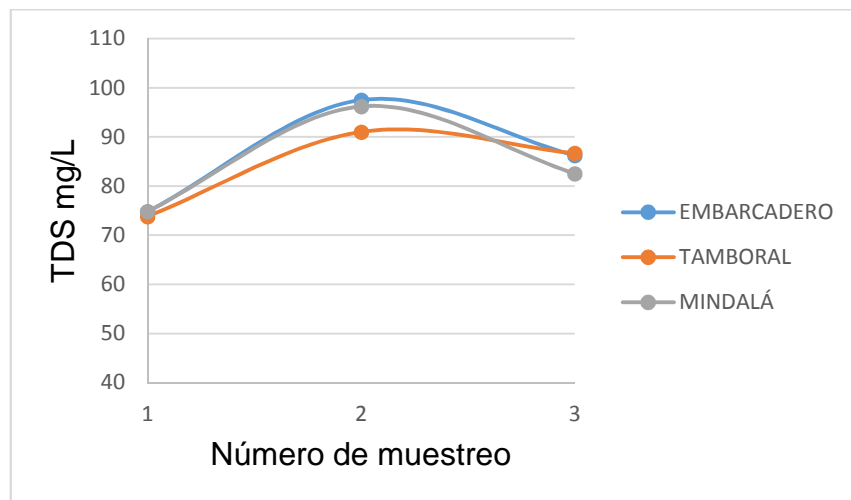


Figura 6. Comportamiento de TDS

Los valores de TDS varían de acuerdo a la geología del lugar y en el caso estudiado muestra que se encuentran en los rangos encontrados en la bibliografía.

La **turbidez** es la materia suspendida que absorbe la luz ocasionando el cambio de aspecto en el agua, los resultados reflejados en la tabla 2 mostraron valores muy bajos de turbidez lo que indica que el material suspendido es muy bajo y existe una buena dispersión y absorción de radiación solar[38].

La **salinidad** es un indicador que afirma la interacción de iones y aunque el valor de salinidad que presenta el embalse de la Salvajina es muy bajo, este mismo factor muestra la actividad muestra la relación con carbonatos, cloruros, sulfatos, fosfatos y nitratos[82]. La salinidad en este estudio fue ligeramente salobre y el cambio presentado en los tres muestreos fue despreciable pero se mostró mayor incidencia en el primer muestreo que contenía los niveles más bajos en el embalse[53].

Un parámetro importante para observar la salinidad existente son los **sulfatos**, este se encuentra ampliamente en la naturaleza y puede estar presente en concentraciones baja hasta muy altas. Algunos drenajes de minería pueden contribuir con grandes cantidades de sulfatos a través de la oxidación de las piritas[72], el embalse la Salvajina muestra valores entre 16,5 y 23. El valor mínimo de sulfatos se presenta en el tercer muestreo cuando su medio contiene mayor acidez y según el Eh se presenta en estado de reducción lo que muestra que se da mayor ionización con metales que con sales.

La facilidad de transporte iónico o conductividad aumentará mientras aumente la **temperatura** debido a que cuando hay mayor temperatura existirá menor densidad y será mayor el choque entre partículas[39] y como se ha visto este factor influye en cada uno de los parámetros involucrados y la zona es conocida por su clima cálido.

La contaminación fecal o **materia orgánica** del agua puede provocar altos niveles de contaminación, la descarga de estos desechos puede afectar el medio acuático o alterar adversamente la composición química del mismo[49]. La cualificación de coliformes totales se realizó con el fin de observar la presencia de contaminación fecal por medio de la prueba presuntiva y la prueba confirmativa de lo que resultó:

Tabla 4. Prueba presuntiva (N.M.P.)

NÚMEROS DE TUBOS QUE DAN REACCIÓN POSITIVA					
EMBARCADERO		TAMBORAL		MINDALÁ	
10 CC	Positivo	10 cc	Positivo	10 cc	Positivo
10 CC	Positivo	10 cc	Positivo	10 cc	Positivo
10 CC	Positivo	10 cc	Positivo	10 cc	Negativo
1 CC	Positivo	1 cc	Positivo	1 cc	Negativo
1 CC	Positivo	1 cc	Positivo	1 cc	Negativo
1 CC	Positivo	1 cc	Positivo	1 cc	Negativo
0,1 CC	Positivo	0,1 cc	Positivo	0,1 cc	Negativo
0,1 CC	Positivo	0,1 cc	Positivo	0,1 cc	Negativo
0,1 CC	Positivo	0,1 cc	Positivo	0,1 cc	Negativo
NMP 1100		NMP 1100		NMP 9	

De acuerdo al resultado de NMP para Embarcadero y Tamboral se observa el mismo valor de NMP 1100 (ver tabla. 4), involucrando el límite de confianza inferior a 150 y superior a 4800 (ver anexo C) y el valor más bajo se encuentra el punto de Mindalá con un NMP de 9 con un límite inferior a 1 y superior a 36.



Fotografía 22. *Enterobacter Aerogenes*



Fotografía 23. *Escherichia Coli*



Fotografía 24. *Enterobacter Aerogenes*



Fotografía 25. Prueba presuntiva

Estos resultados se pueden presentar porque en Embarcadero existe una vivienda flotante que no cuenta con sistema de evacuación de agua residual, además en el lugar existe un sector recreacional turístico que cuenta con servicio de sanitario y esos son desechados directamente al embalse. En Tamboral existe una comunidad aledaña que no cuenta con servicio de alcantarillado y por lo tanto sus aguas residuales domésticas son vertidas a cuerpos de agua cercanos que finalmente desembocan en el embalse de la salvajina. Para el punto de Mindalá el NMP es mucho más bajo pero existe presencia de coliformes ya que también existe presencia de comunidades aledañas y además de eso existe cultivo de peces del genero *Oreochromis* que aporta a la materia orgánica.

Para corroborar lo anterior se realiza la prueba confirmativa arrojando presencia de materia orgánica en su mayoría Aerobacter y E. Coli solamente en el tercer muestreo en los tres sitios de estudio, el impacto antrópico generado por aguas residuales domesticas que son vertidas al embalse resultan evidentes.

Contenido de mercurio en agua

Uno de los parámetros más importante para la identificación de contaminación por efectos de la incidencia de actividad minera es precisamente la determinación de la cantidad de **mercurio** en agua, siendo este el principal elemento para conocer el estado actual del embalse La Salvajina, de acuerdo a la tabla 2 en el segundo y tercer muestreo los valores resultaron por debajo del límite de detección del equipo ($<0,0008$ mgHg/L), sin embargo en el primer muestreo se encontraron trazas de mercurio siendo el de mayor incidencia en Tamboral (0,03 mgHg/L), seguido de Mindalá (0,021 mgHg/L) y finalmente Embarcadero(0,0198 mgHg/L). El nivel del embalse es una variable importante puesto que en el primer muestreo los niveles de agua contenidos fueron los más bajos y aunque los parámetros fisicoquímicos no muestran cambios significativos que indiquen una relación con la actividad del mercurio, en este caso hay factores que pueden estar involucrados como los minerales de arcilla[25], el humus proveniente de la materia biodegradable[52], la dilución de agua, el pH que aunque muestra un medio de estado acuático cercano al neutro involucra acción en la unión de iones y las sales que por teoría pueden estar reaccionado con sulfuros[44].

El cuerpo de agua en estudio ha demostrado que los cambios en los parámetros fisicoquímicos son relativamente bajos y en general muestran un comportamiento estable, sin embargo existen ciertos indicadores, para el primer muestreo los factores como la temperatura es un poco más alta, del mismo modo existe una disminución de los TDS y un aumento de la actividad del material biodegradable, se observa que hay mayor intercambio iónico debido a un índice superior de sales[42], a estas características en las aguas se le agrega que la actividad minera tiene mayor

influencia en días laborados de jueves a sábado considerándose los días de mayor producción. En general el embalse posee un volumen muy grande de recurso hídrico que puede influenciar el proceso de dilución ya que este es considerado como disolvente universal. El mercurio es un elemento muy inestable que se puede evaporar, absorber, adsorber, sedimentar[44] e incluso tomar su forma más peligrosa que es la reacción de metilación[38], además la fracción intercambiable de la porción de Hg se une débilmente a minerales arcillosos de tal manera que los cationes de la solución de extracción pueden reemplazar el metal pesado adsorbido sobre la superficie mineral[3], los vertimientos que se realizan de forma indirecta o no puntual tienen un recorrido entre la descarga del entable hasta la deposición en el embalse, la suma de estos factores hacen difícil la identificación de mercurio elemental en el embalse de La Salvajina.

El ecosistema es un conjunto de factores que deben tener ciertas características para asegurar su conservación con el fin de forjar a un desarrollo sostenible para que las generaciones futuras cuenten con un ambiente sano, como está estipulado en el decreto ley 2811 de 1974, para ello las autoridades ambientales han aplicado múltiples normas que apuntan a la preservación de flora y fauna y crea el sistema de áreas protegidas y si se avanza las actividades de minería el embalse podría presentar daños adversos para el ambiente así como para la salud de los residentes.

4.1.2. Peces

Los indicadores biológicos se relacionan en la siguiente tabla donde se muestran las longitudes, el peso, su medio de alimentación y la cantidad de Hg encontrada en cada especie para cada punto de muestreo. Los valores de concentración $<0,48$ mgHg/Kg indican que el rango de contenido de Hg en cada especie está entre 0 y 0,48 mgHg/Kg, de la misma forma para valores $<0,2$ mgHg/Kg, estos valores se establecen por el límite permisible para el equipo de espectrometría, en el primer y segundo muestreo el límite permisible fueron $<0,48$ mgHg/Kg y para el tercer

muestreo fueron <0,2 mgHg/Kg. Los valores con estos rangos no establecen un número puntual y cuantificable de Hg y eso no los exenta de la contaminación pero se consideran contaminados los que tienen valores puntuales.

Tabla 5. Resumen ensayo biológico. Ver tabla completa (Anexo B)

ESPECIE	LONGITUD (CM)	PESO (KG)	CONCENTRACIÓN (MG HG /KG)	HQ	ALIMENTACIÓN
<i>Oreochromis niloticus</i>	26	0,345	0,41	0,82	No piscívoro
<i>Rhamdia quelen</i>	42	0,460	0,38	0,76	Piscívoro
<i>Cichla ocellaris</i>	33,5	0,525	0,25	0,5	Piscívoro

El ensayo biológico es un indicador fundamental para observar la contaminación que se genera en el embalse de la Salvajina, de un total de 59 muestras capturadas en el embalse se observa el impacto que se puede presentar en el municipio por la utilización de mercurio en los asentamientos.

Las especies son capturadas de forma aleatoria, por esta razón se relaciona el listado por punto de muestreo (ver anexo B), los peces considerados para el estudio fueron los que se encuentran en el punto de Mindalá debido a que las especies están en cautiverio y en los otros dos puntos los peces se encuentran en libertad lo que implica que se pueden desplazar sin restricción.

La curva de calibración de intervalo de medición para el primer y segundo muestreo es de 1,5 µg Hg/L a 3,0 µg Hg/L tomando como límite inferior en la curva el valor menor a 0,48, valor que se encuentra muy cercano a la norma 766 de 2008, por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos físico-químicos y microbiológicos que deben cumplir los productos de pesca, en particular pescado, molusco y crustáceos para consumo humano, pero para el tercer muestreo la curva

de calibración de intervalo de medición es de 0,5 µg Hg/L a 3,0 µg Hg/L obteniendo como límite inferior un valor menor a 0,2, esta es la razón por la cual solamente se encuentran valores cuantificables de la cantidad de mercurio presente en el ensayo biológico para el tercer muestreo (Tabla 5) , además de ello se tiene en cuenta factores como la dilución por el volumen de agua contenida en el embalse, factores hidrobiológicos, reacciones de parámetros fisicoquímicos, el hábito alimenticio del pez y el desplazamiento de zona estacional.

Los peces se encuentran expuestos al mercurio por su hábitat y alimentación siendo esta característica muy influyente en la bio-acumulación, los estudios arrojan que los peces carnívoros son quienes pueden contener mayor cantidad de mercurio y también se relacionan los peces que se alimentan de vegetación y sedimentos.

La captura de especies varió de acuerdo al sitio de muestreo, condiciones meteorológicas y niveles del embalse. Se encuentra facilidad en obtención de peces en Mindalá porque existe cultivo de tilapia roja y se hallan en cautiverio, Tamboral es el punto con mayor número de especies encontradas y Embarcadero resulta ser el punto con mayor dificultad para encontrar especies. Así cómo se muestra en la tabla N°6 para el primer muestreo en embarcadero se capturaron 4 *Cichla ocellaris* (tucunaré) y 3 *Sardina Coli Amarilla*, en Tamboral 2 *Oreochromis niliticus* (tilapia negra) y en Mindalá se tomaron 6 especies de *Oreochromis mossambicus* (tilapia roja), los valores de las 15 muestras estuvieron por debajo a 0,48 mg Hg/Kg. Para el segundo muestreo se capturaron un total de 23 especies, 7 *Oreochromis niliticus* (tilapia negra) en Embarcadero, 6 *Oreochromis niliticus* (tilapia negra) en Tamboral y 9 *Oreochromis niliticus* (tilapia roja) en Mindalá, En el tercer muestreo de un total de 21 individuos de peces encontrados en dos puntos, Tamboral con 4 *Oreochromis niliticus* (tilapia negra), 1 *Rhamdia Quelen* (barbudo), 3 *Cichla ocellaris* (tucunaré), 7 *Chaetostoma leucomelas* (corroncho) y en Mindalá con 6 *Oreochromis mossambicus* (tilapia roja), (ver Anexo B).

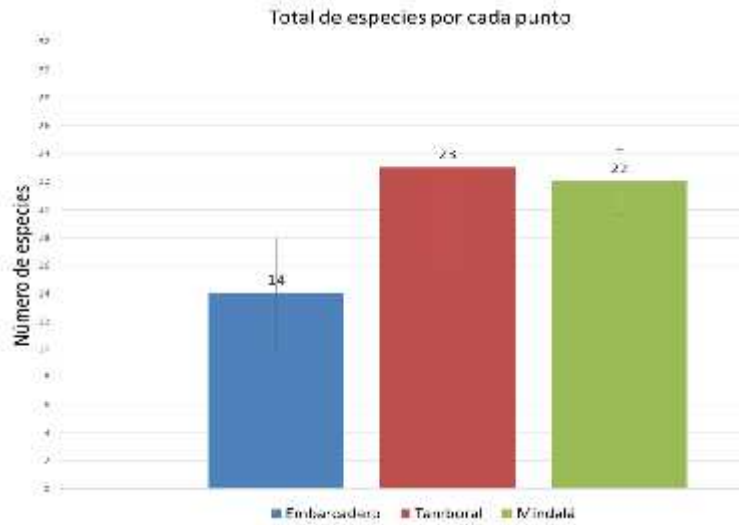


Figura 7. Número total de especies por punto

Para determinar las variables mediante la prueba qui cuadrado los datos se enfocan en las relaciones que se pueden presentar entre talla, peso y cantidad de mercurio en las muestras de ensayo biológico y se detalla posteriormente.

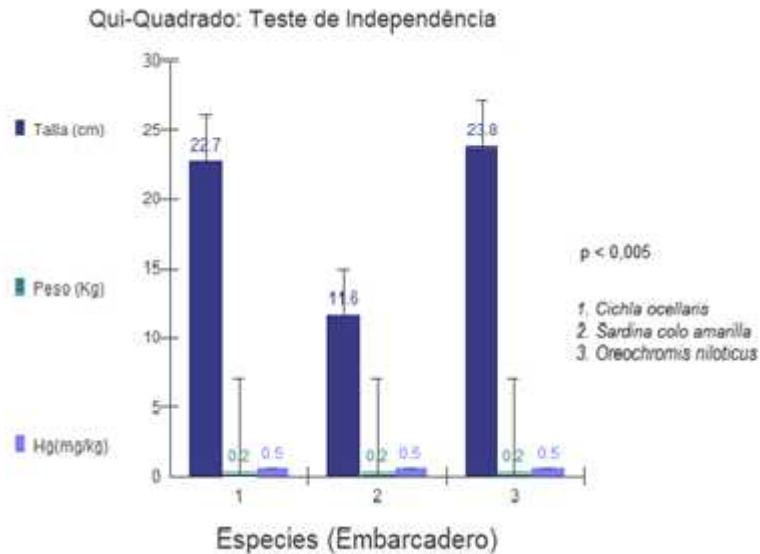


Figura 8. Relación peso, longitud y Hg Embarcadero

En Embarcadero del total de las especies recolectadas con los datos de talla, peso y contenido de mercurio no se encuentra relación entre los mismos porque no hay un valor específico del contenido de mercurio y el rango se establece de 0 a 0,48

mg Hg/Kg, el promedio de las la talla en especies oscilan entre 11,6 cm y 23,8 cm y el peso no supera los 0,3 Kg (300 gramos), indicando que son especies pequeñas lo que podría afectar el resultado del estudio, Como se indica en al análisis estadístico mediante prueba chi-cuadrado, se observa diferencia significativa entre especies respecto a las variables talla y peso, con un $p= 0,0023$.



Figura 9. Relación peso, longitud y Hg Tamboral

En Tamboral existe mayor número de especies con longitudes y pesos un poco más altos, este es el único punto de especies con concentraciones cuantificables de mercurio en el último muestreo se presenta diferencia significativa $p= 0,0032$ entre especies respecto variables talla y peso. De un total de 14 especies de *Oreochromis niloticus* solamente se encuentra un individuo con mercurio. De un total de 3 *Cichla ocellaris* existe un solo individuo con contenido de mercurio y encontrándose que la especie con cantidad de mercurio es la más grande con respecto a talla y peso. En la especie *Chaetostoma leucomelas* no existe ningún dato con el que se relacionen las variables y en la especie *Rhamdia Quelen* solamente se encuentra un individuo con contenido de mercurio sin poder hacer una observación en lo establecido por talla y peso.

Teste do Qui-Quadrado: Partição

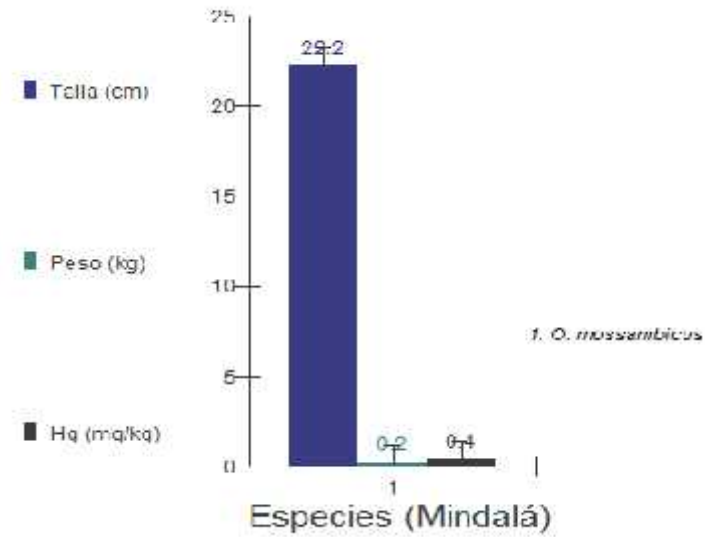


Figura 10. Relación peso, longitud y Hg Mindalá

En Mindalá *Oreochromis mossambicus*, la especie representativa de éste punto, no presenta mercurio bio acumulado, en promedio presenta un peso de la especie no supera los 0,3 Kg (300 gramos) y la talla de 22,2 cm, indicando que los peces analizados generalmente son jóvenes.

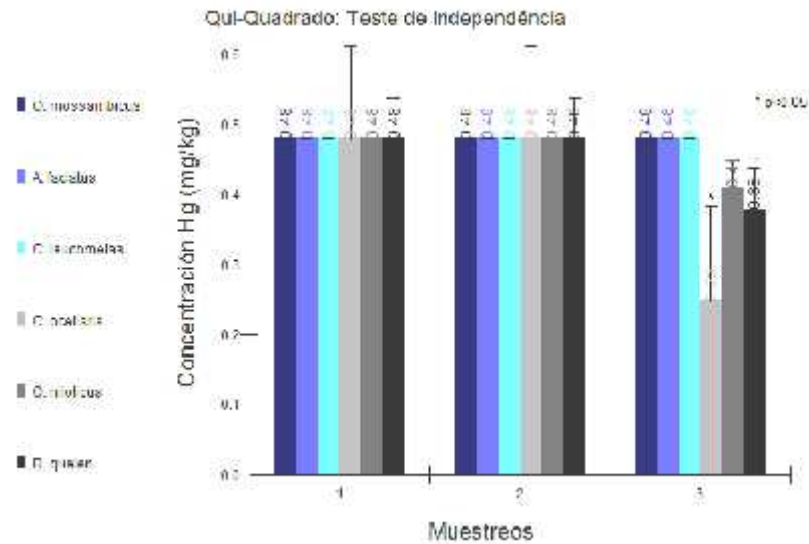


Figura 11. Relación cantidad de Hg Vs. Especies

De todas las especies recolectadas para el primer y segundo muestreo se observa que no existe un número determinado de la concentración de Hg, sin embargo en el tercer muestreo se observan 3 especies que presentan valores de bioacumulación cuantificable, 1 *Cichla ocellaris* (tucunaré) que se caracteriza por ser un depredador, 1 *Rhamdia Quelen* (barbudo) que generalmente se haya en el fondo y se alimenta de sedimentos y 1 *Oreochromis niliticus* (tilapia negra) que cuenta con una alimentación omnívora proveniente de diferentes factores y sus presas varían desde fitoplancton, perifiton, plantas acuáticas, pequeños invertebrados, fauna béntica, desechos y capas bacterianas asociadas a los detritus o material en descomposición[32]. Se presenta también una diferencia significativa con un valor de significancia $p = 0,0032$, entre el nivel de mercurio de las especies recolectadas en el tercer muestreo.

La *Oreochromis niliticus* (tilapia negra) es la especie con el valor más alto de mercurio y posee un amplio rango de muestreo, sin embargo, solamente se encuentra un individuo quien es el que contiene mayor bioacumulación. La *Rhamdia Quelen* (barbudo) es una especie con un tamaño de la muestra insignificativo por ser una sola la muestra estudiada, pero esta especie se sugiere como objetivo para una investigación posterior ya que al igual que *Oreochromis niliticus* (tilapia) vive en lagos y pozos profundos de los ríos, prefiriendo las aguas tranquilas (lenticas) con ambientes de arena y fango inferior, a lo largo de las orillas y abundante vegetación[20], es por ello que se estima exista mayor presencia de mercurio en esta especie, la especie depredadora nombrada como tucunaré también obtuvo varias muestras de análisis pero solamente se encontró 1 individuo con cantidades del metal significativas.

Es importante destacar que los individuos capturados en el punto de Mindalá y que mantienen en cautiverio no presentamos índices por presencia de Hg, hay que tener en cuenta que esta especie no tiene contacto con el sedimento y este factor se considera como principal factor de adhesión de mercurio sin desconocer que el

medio ambiente está presentando un impacto que puede conllevar a desestabilización del equilibrio ambiental.

En las tres especies con contenido de mercurio se observa que no son las más grandes ni más pesadas, la *Oreochromis niloticus* (tilapia negra) tiene una longitud de 26 cm y un peso de 0,345 Kg, esta especie relacionada con los demás individuos de la misma especie en el tercer muestreo indica ser la más pequeña pero resulta ser la más expuesta por lo que obtuvo mayor bio acumulación. El *Cichla ocellaris* (tucunaré) posee una longitud de 33 cm y un peso de 0,525 Kg, este individuo es el más grande y con mayor peso para su especie en el tercer muestreo aunque su valor de contenido de mercurio está muy cercano al límite de detección. El *Rhamdia Quelen* (barbudo) siendo el único individuo de su especie muestra una longitud de 42 cm y un peso de 0,460 Kg y se caracteriza fisiológicamente por ser largo y delgado. Por lo tanto se puede inferir que la talla y peso en éste estudio no son variables considerables al comparar con concentración de mercurio obtenida en los 3 organismos, razón por la cual sugerimos para próximos estudios ampliar la muestra respecto a estos 3 organismos.

Los valores de límite de detección de 0,48 mg Hg/Kg para el primer y segundo muestreo para la cuantificación de mercurio total estuvieron cerca al límite permisible de 0,5 mg Hg/Kg, por lo que estos valores se encuentran por debajo de los estipulado por la resolución 776 de 2008, pero eso no quiere decir que no se considere un riesgo para la salud humana porque se conoce que el material se puede biomagnificar y bio-acumular llegando a considerarse un riesgo para la salud de las personas[17][56] que residen alrededor del embalse de La Salvajina.

4.1.3. Correlación de datos

Los cuerpos de agua, ríos, lagos, represas y estuarios están continuamente sometidos a un estado dinámico de cambio con respecto a la edad geológica y las características geoquímicas, esto se demuestra mediante la circulación continua, la transformación y la acumulación de energía y materia a través del medio y sus actividades. El equilibrio dinámico en el ecosistema acuático es perturbado por las actividades humanas, lo que resulta en una contaminación que se manifiesta dramáticamente como matar a los peces, sabor ofensivo, olor, color y malas hierbas acuáticas no controladas. La contaminación del cuerpo de agua se evidencia en el primer muestreo por los niveles del embalse y no es cuantificable para el segundo y tercer muestreo, aunque no se puede evidenciar la contaminación para los tres muestreos hay que tener en cuenta los días y las horas de mayor producción de la actividad minera además de la facilidad de bio transformación que sostiene el mercurio en cualquier medio.

La correlación estadística se llevó a cabo a las variables peso y talla, distribución en cada punto, respecto a concentración de mercurio se presenta una escasez de datos de concentraciones de mercurio, ya que estos se encuentran establecidos en un rango determinado y no existe un valor específico de la cantidad de mercurio en las especies. Para el primer y segundo muestreo los valores de límite de detección se encontraban $<0,48$ mg Hg/Kg, lo que indica que se encuentra muy cercano al establecido por la norma 766 de 2008 y solamente para el tercer muestreo el rango se establece en un valor $<0,2$ mg Hg/Kg arrojando valores cuantificables de mercurio en las especies en un punto de los tres punto de muestreo. La adsorción es mayor a la absorción lo que indica que el mercurio se está quedando con mayor proporción en los sedimentos.

Aunque no se puede establecer una relación estadística se realiza la correlación por medio de la extensión csv de Word conocida con el nombre de Phytion relacionando

talla y peso de cada especie para cada punto de muestreo, esto con el fin de observar si existen alteraciones en estas variables con la presencia de mercurio.

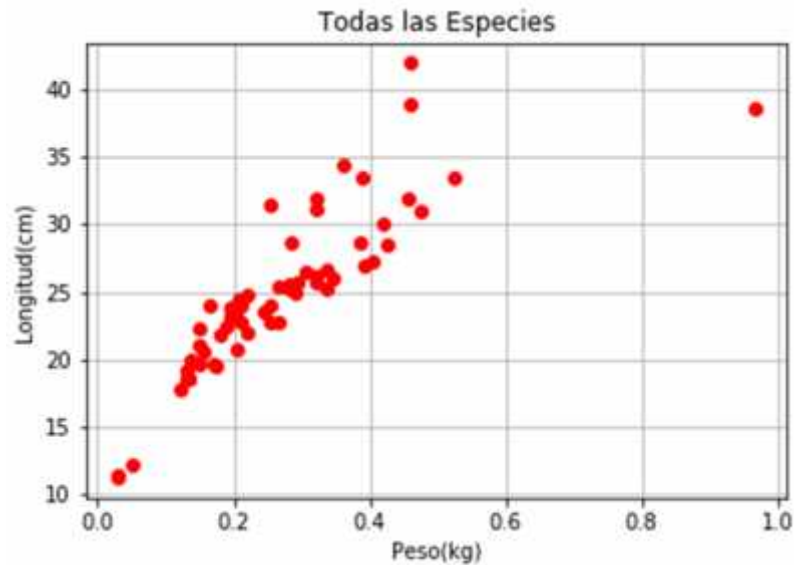


Figura 12. Relación peso-longitud total

A todas las especies se les realizó medición longitudinal y peso, de lo que se observa que en cada una de las especies encontradas existe una correlación lineal entre longitud y peso estableciendo que a mayor tamaño mayor será el peso del pez, excepto a la especie *Rhamdia Quelen* por ser el único espécimen encontrado en el muestreo y no se tiene un individuo de comparación.

Posteriormente se observa la relación que puede existir en cada punto entre peso, talla y contenido de mercurio

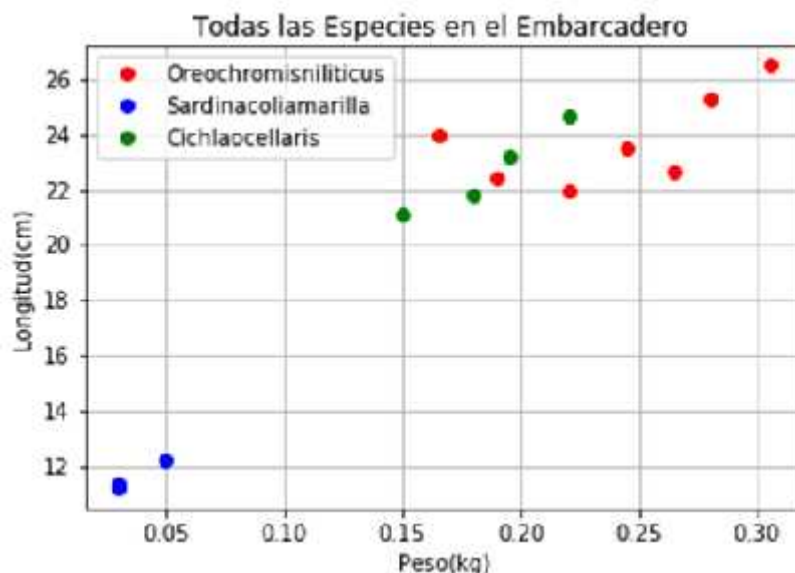


Figura 13. Distribución peso, longitud de especies en embarcadero

En embarcadero se observa una correlación lineal en cada especie indicando que a mayor longitud mayor será el peso del individuo, este peso no supera los 300 gramos indicando ser especies jóvenes y la cantidad de especies no es alta.

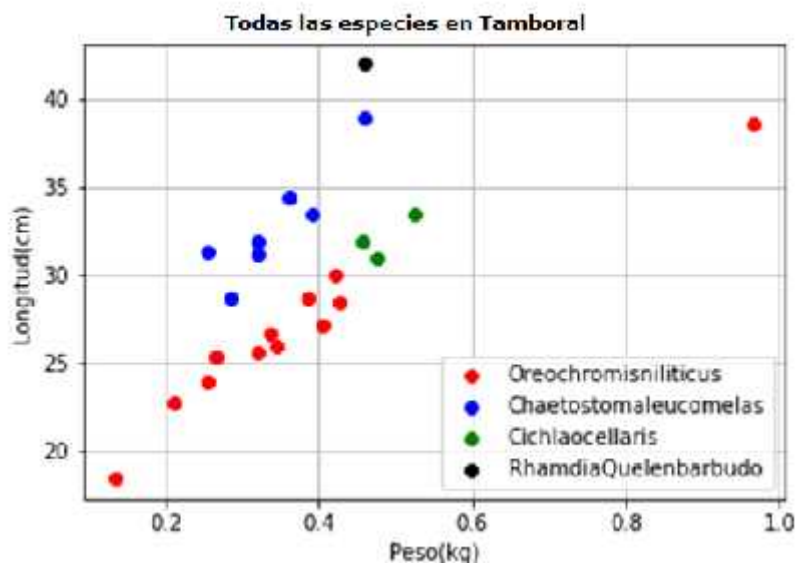


Figura 14. Distribución peso, longitud de especies en Tamboral

Tamboral es el punto con mayor cantidad de especies y más diversidad, sin embargo la correlación vuelve a ser lineal para cada especie en cuanto a talla y peso, exceptuando a *Rhamdia Quelen* por ser el único espécimen encontrado para

el muestreo. En este punto se encontraron las 3 especies con contenido de mercurio.

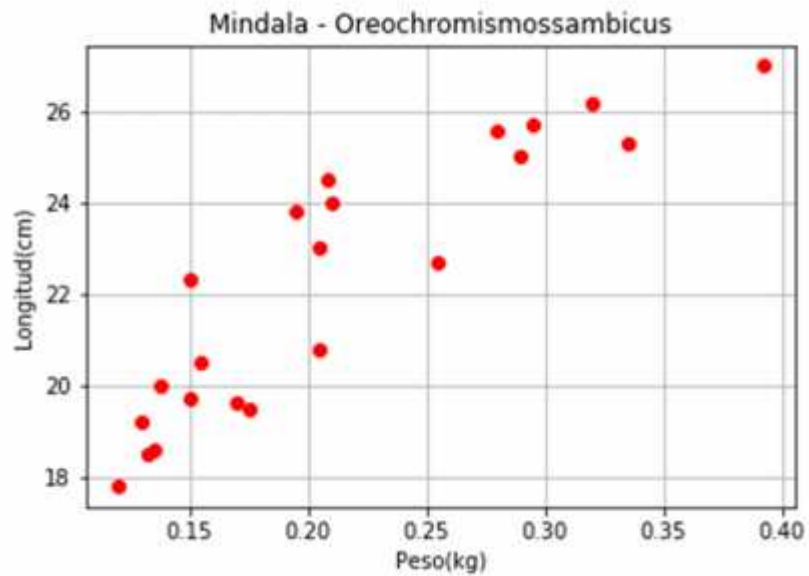


Figura 15. Distribución peso, longitud de especies en Mindalá

Mindalá es un espacio que se utiliza para el cultivo de *Oreochromis mossambicus* y su relación talla longitud establece una correlación lineal, sin embargo no existe ningún registro de contenido de mercurio en ninguna de las especies y su correlación resulta 0.

4.2. Discusión

4.2.1. Parámetros fisicoquímicos

Un ecosistema lo conforman un grupo de componentes que tienden variar de acuerdo a factores como clima, paisajes y los suelos de la región[46], la riqueza y biodiversidad de un ecosistema se relaciona con los parámetros fisicoquímicos a excepción de pH y temperatura quienes pueden llegar a afectar el medio por su variación ya que la abundancia de especies e individuos disminuye con la alteración o cambio de alguna de estas variables[40], según el estudio Influencia Química del Agua en la concentración de mercurio en Bocagrande-Florida se observa que los valores de pH influyen en la metilación o sedimentación de mercurio es por ello fundamental conocer el estado en el que se encuentra un ecosistema mediante las variables fisicoquímicas, en comparación con la investigación se observa que el pH es un parámetro que con niveles básicos posiblemente aporta a la metilación por su oxidación teniendo valores cercanos al neutro y en niveles ácidos podría existir sedimentación.

El uso intensivo de los recursos hídricos y la degradación, ha transformado significativamente nuestros ecosistemas afectando el ciclo global del agua. Las autoridades ambientales han ejercido múltiples estudios para la preservación de los recursos naturales.

La contaminación por mercurio es un problema que afecta negativamente a los recursos acuáticos y este elemento por su transformación ha creado múltiples preocupaciones toxicológicas sobre los ecosistemas acuáticos y generalmente se centran en el metilmercurio por ser un compuesto altamente tóxico que se puede acumular o biomagnificar[46], la variedad de técnicas que ayudan a la identificación de contaminación por el uso del mercurio han demostrado las afectaciones que se presentan como lo es en la región de China donde existen múltiples estudios en que se han encontrado cantidades de mercurio y metilmercurio en agua[30], para nuestro estudio se encuentran valores muy bajos de mercurio que no se encuentran

significativos pero que resultan ser un índice de contaminación presente en el embalse la Salvajina en el Municipio de Suárez-Cauca.

Las llanuras inundables han sido identificadas como áreas de metilación de mercurio debido a sus condiciones anóxicas [18] y la concentración de carbono orgánico quien aumenta la disponibilidad del mercurio y por lo tanto aumentan los efectos tóxicos sobre los ecosistemas[41], de acuerdo al oxígeno presente en el agua para el estudio sus resultados son muy favorables, mostrando alta oxigenación pero se conoce que a mayor profundidad menor disponibilidad de oxígeno[42] y en el estudio la lectura se realizó a nivel superficial con una profundidad de 0,5 a 1 metro.

La toxicidad del metal para los organismos acuáticos depende en gran manera de las características del agua, en el caso del mercurio la toxicidad aumenta con la temperatura, el aumento de temperatura que se encuentran relacionados con el cambio climático altera la distribución y supervivencia de las especies de agua dulce, las funciones de los ecosistemas, y también los efectos tóxicos en la biota acuática, el lugar en estudio se considera por mantener altos índices de temperatura quien podría ayudar a la toxicidad en el agua, sin embargo la cantidad de agua y profundidad podría amortiguar la temperatura.

La acidificación de los lagos aumenta la acumulación de mercurio en organismos acuáticos, autores han planteado la hipótesis de que la acumulación de mercurio no está directamente influenciada por el pH sino por los efectos del pH sobre las características de la calidad del agua, el metabolismo y la composición de la dieta de las especies[37], esta afirmación se ve reflejada en el tercer muestreo donde en un medio acuático ácido se presentaron valores identificables de mercurio en los organismos de las especies estudiadas, los niveles de mercurio se ven influenciados por insumos que trae el río como vertimientos así como lo plantea[46] en el estudio realizado en lagos Laurentines de América .

Una apreciación diferente se observa con respecto a la acción del mercurio ya que los bajos valores de esta variable indica que probablemente el metal se podría estar

precipitando, de hecho según la investigación que se realizó en conjunto con los estudiantes Karoll López y Melissa Guerrero de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca Guerrero en su trabajo de investigación titulado “DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE MERCURIO PRESENTES EN EL AGUA DE DOS QUEBRADAS RECEPTORAS DE VERTIMIENTOS MINEROS QUE DESCARGA AGUAS AL EMBALSE LA SALVAJINA MUNICIPIO DE SUÁREZ-CAUCA” se evidencio grandes cantidades de mercurio en sedimentos, así como en el Río Divna norte de Rusia en el que se encontró alto contenido de este metal en sedimentos [38].

En los puntos Embarcadero y Tamboral también puede estar presentando precipitación del metal por las características de suelos arcillosos debido al proceso de adsorción, según el estudio en el río Negro Brasil[43] el mercurio en el ecosistema acuático se deriva en un 95 % a la erosión del suelo soportando lo anteriormente mencionado. Por otra parte la alcalinidad en la investigación obtiene valores muy bajos que podría indicar aguas blandas, la alcalinidad tiende a disminuir la toxicidad del mercurio y puede ser reducida por los sólidos suspendidos en el agua[41], aunque en el estudio no se realizó la medición de sólidos suspendidos se le atribuye que para el primer y segundo muestreo, el mercurio se haya relacionado con estos ya que con el aumento de sólidos disminuye la biodisponibilidad de mercurio[41] así como lo evidencia[50] en la ciudad de Coimbatore India que debido a procesos de erosión natural y actividades antropogénicas como de forestación los TDS se encuentren en valores muy altos ocasionado cambios en las características físicas, químicas y biológicas del agua, es por esto que los organismos acuáticos pueden verse afectados, al aumentar la salinidad aumenta la conductividad debido al material iónico disuelto como sales y sólidos disueltos totales[52], si observamos los resultados detallamos que el agua posee una buena conductividad, presencia de sales y una dilución de solidos favorables que apuntan a un ecosistema mesotrófico.

Cabe resaltar que la gran parte de concentración de mercurio se ocasionan por las actividades de producción en la minería a pequeña escala así como se manifiesta en el estudio[3] en providencia de san roque Antioquia Colombia en el que los niveles de mercurio se encuentran en niveles muy altos a lo que establece la norma, aunque de acuerdo a estudios realizados por (L.G. Machado 2010) no siempre se encuentran valores por encima de la norma

4.2.2. Ensayo biológico

La utilización de mercurio a cielo abierto causa efectos en aire, suelo, agua y principalmente involucra daños a seres vivos quienes bio acumulan el metal en sus organismos, este proceso se pudo evidenciar en el tercer muestreo de nuestro estudio en tres diferentes especies, es importante resaltar que existen vertimientos de entables mineros principalmente informales y rudimentarios en el que se utiliza el proceso de amalgamación para obtención de oro y descarga en las vías fluviales lo que permite que del 70 al 80 por ciento del mercurio se bio-acumule en las redes alimenticias acuáticas[74]. Algunos estudios muestran trazas de metales en las cadenas alimenticias que se presentan como consecuencia de las características ecológicas, tiempo de vida, dieta, distribución y biotipo[28], y los peces se usan como monitoreo biológico para detectar los niveles de contaminación en el ambiente[18]. El estudio realizó la identificación por determinación de mercurio en la muestra total de pescado, sin embargo la mayoría de los estudios realizan la medición para presencia de mercurio en indicadores biológicos en cada órgano siendo el hígado, branquias, piel y tractos digestivos órganos potenciales de absorción de metales pesados[29][22][18][23], así también se ha identificado que la mayor concentración de mercurio se da en órganos metabólicos con el fin de desintoxicar su organismo[22]. El hígado y el músculo se utilizan como órganos diana aunque el músculo no es un tejido activo para la acumulación de metales pesados excepto para el mercurio[24]. El laboratorio realizó un análisis de muestra completa exceptuando un análisis individual lo que podría indicar dificultad en la

presencia de metales en los peces y mayor movilidad o transformación en el mercurio existente en las muestras.

Las características de los peces en el contenido de mercurio varían de acuerdo a su medio, la capacidad de absorción y sus hábitos alimenticios, este último factor puede diferenciar en los indicadores, ya que en la acumulación se puede presentar un alto porcentaje por sedimentos y producir absorción o adsorción, el embalse por sus características demuestra un medio meso trófico aportando diversas fuentes de alimentos para los organismos en su interior, la alimentación y el medio se relacionan directamente con la acumulación de metales. En el muestreo se encontró un individuo omnívoro (tilapia roja) la cual pasan una cantidad de tiempo buscando alimento en el fondo y dos individuos carnívoros, en uno de ellos su hábitat se encuentra en medio de rocas teniendo contacto con los sedimentos (barbudo) y el otro se caracteriza por ser un depredador (tucunaré), generalmente todos se encuentran en contacto con el sedimento o pueden alimentarse de vegetación lo que puede contribuir a la acumulación de Hg en sus organismo[32] pues se ha demostrado que grandes cantidades de Hg se acumulan en los sedimentos[30] así como en zooplancton o vegetación acuática[23][20], el metal en condiciones específicas se sedimenta con mucha facilidad o se encuentra unido a la masa de materia orgánica presente en el suelo mediante el proceso de adsorción, este metal puede ser lixiviado por escorrentía cuando existan precipitaciones[3], y en especies carnívoras, depredadores y necrófagos[7][33][34].

Existe un alto índice de presencia de mercurio en peces carnívoros[32] a quien se les atribuye la contaminación por bio magnificación[42], en nuestro estudio se permitió la observación de los niveles de mercurio en dos individuos carnívoros *Cichla ocellaris* (Tucunaré) y *Rhamdia Quelen* (barbudo), además se encontraron cantidades de mercurio cuantificable en una especie omnívora *Oreochromis niliticus* (tilapia roja) y la especie *Rhamdia Quelen* (barbudo) con la mismas características pero no se encuentra una relación directa entre longitud, peso y cantidad de

mercurio, sin embargo en los análisis estadísticos de correlación se puede observar una relación lineal entre las variables talla y peso, los resultados son similares a los presentados en otros estudios donde los valores no son superiores a la norma[21][26][31], y muy diferentes a estudios donde se realiza el estudio por parte específica el pez donde encuentran altos contenidos de mercurio[24][29][33].

En el medio en el que se encuentran las especies se tiene en cuenta los tamaños debido a que la acumulación se presenta con mayor incidencia en los peces de mayor tamaño por la capacidad que tienen para exhibir mayor cantidad de mercurio que los peces pequeños[7], en relación con lo obtenido no se encuentra una proporción directa entre el tamaño del pez y el contenido de mercurio, resultado que se ha obtenido en otros estudios[32], una característica primordial en nuestro estudio es que los especímenes encontrados se catalogan por ser pequeñas y este factor puede influir en la bioacumulación de mercurio en las especies. El ensayo biológico se considera significativo solamente para el tercer muestreo debido a los límites establecidos por la curva de calibración son $<0,2$ mg Kg/Hg, para el primer y segundo muestreo se encuentran con valores menores a $0,48$ mg Kg/Hg.

La absorción y adsorción de los metales se presentan en mayor concentración con el aumento de la temperatura[18], esto se puede atribuir a que el agua superpuesta a altas temperaturas y proceso de fermentación[19] y descomposición de materia orgánica principalmente en áreas boscosas tienen altos contenidos de ácido húmicos lo que hace que los metales se bioacumulen [25], esto se observa en el tercer muestreo puesto que el indicador incide en presencia de mercurio en un medio ácido con temperaturas medias, Las temperaturas y niveles del embalse resultan ser variables fundamentales para la determinación de mercurio y en nuestro estudio se cuenta con un clima tropical, existen investigaciones en las que se ha encontrado concentraciones altas de mercurio en época seca[34], ya que el nivel del agua disminuye y la presencia de metales es evidente debido al proceso de evaporación, situación diferente a la que nos encontramos ya que los niveles del

embalse en el muestreo fue más altos en el tercer muestreo en comparación con el primer y segundo muestreo.

La adaptación de los organismos a la presencia de contaminación puede cambiar la respuesta de la comunidad y puede hacer más complejo el análisis puesto que el concepto de tolerancia inducida por la contaminación indica que un tóxico ha ejercido una presión selectiva sobre los medios provocando un remplazo de especies o una adaptación fenotípica de individuos y resultando una comunidad más tolerante[41], una característica fundamental es que el ecosistema presente autodepuración frente a este tipo de contaminación ya que estos mismos tienden a autorregularse y adaptarse a la contaminación pero con estos resultados se genera una expectativa en próximos estudios porque la bioacumulación puede llegar a ser mayor y tener efectos nocivos.

En la totalidad de estudios se han demostrado diversos casos donde los valores de la cantidad de mercurio encontrado en las especies no resulta ser nocivo ni dañino para la salud ya que sus valores se encuentran por debajo de la reglamentación de cada legislación[4][31][26], en nuestros resultados se observa que aunque no existe un valor alto de bioacumulación, se evidencia la actividad minera en la zona y existe gran cantidad de mercurio depositado en los sedimentos. Lo cual nos lleva a inferir un efecto de la actividad minera que valdría la pena abarcar en futuros estudios, orientado hacia sedimentos y relación con dieta alimenticia de especies omnívoras.

CAPITULO V

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- ✓ Los parámetros fisicoquímicos para el embalse la Salvajina en el municipio de Suarez- Cauca se encontraron en rangos establecidos para aguas meso tróficas en aguas naturales de la región andina exceptuando en un muestreo donde se observa que los resultados se desvían un poco de los estándares normales establecidos por las autoridades ambientales, estos valores podrían mostrar que los cambios que se presentan en el embalse se pueden estar presentando por la actividad minera a pequeña escala y aunque los resultados no son significativos el equilibrio del ecosistema se vería afectado por la acumulación y acción del contaminante en el medio.
- ✓ La concentración de mercurio en especies de interés comercial, mediante la prueba de mercurio total mostró concentraciones de mercurio en tres diferentes especies en el tercer muestreo y solamente en Tamboral, aunque la cantidad de peces con contenido de mercurio son pocas, es relevante observar que existe un índice de contaminación por parte de este indicador.
- ✓ La correlación de variables relacionadas con el indicador biológico de las especies de peces en el embalse la Salvajina (Suarez- Cauca) determinó una relación entre longitud, peso y cantidad de mercurio. Tamboral es el punto con mayor cantidad de especies, diversidad, y mercurio en organismos, hallándose una correlación lineal para cada especie especialmente para talla y peso. Las especies de mayor sensibilidad por concentraciones de mercurio que sobrepasan el límite normativo son: *C. ocellaris*, *O. niloticus*. *R. quelen*.

- ✓ En el embalse de la Salvajina en el municipio de Suárez-Cauca, se observó cantidades de mercurio en el cuerpo de agua para uno de los tres muestreos, se evidencia la presencia de contaminación que se está presentando frente a la actividad minera a pequeña escala en el embalse, el nivel del embalse y las temperaturas indican en qué puede existir mayor adsorción por parte de la materia orgánica y en el agua se presentan efectos de sedimentación debido a que el metal por su naturaleza química tiende a precipitarse. Los niveles del embalse son más altos en los 2 siguientes muestreos lo que puede involucrar un efecto de absorción por la vegetación u organismos acuáticos. Aunque los resultados no trascienden ser significativos se evidencia la acción de mercurio en el embalse lo que puede llegar a causar un gran impacto en el medio ambiente así como a las personas aledañas residentes en el embalse.

- ✓ El estudio de contaminación producida por vertimientos de mercurio en el embalse la Salvajina (Suárez-Cauca), mediante parámetros fisicoquímicos y ensayo biológico se evidenció en uno de los tres muestreos y se pudo observar la contaminación que se está presentando por las actividades de minería a pequeña escala para la obtención de oro.

- ✓ .Las diferentes variables dependen de la escorrentía, condiciones meteorológicas, lavado de suelos por las precipitaciones y en la movilidad del mercurio ya que estas mismas pueden alterar los resultados y así evidenciar de forma contundente la contaminación.

- ✓ Los ecosistemas sometidos a contaminación por la acción del mercurio tienden a asimilar de tal forma el contaminante que existe autorregulación o autodepuración y estos procesos se pueden estar presentando al interior del embalse de La Salvajina en el Municipio de Suárez-Cauca.

- ✓ La sedimentación es el medio estacionario del mercurio según los referentes bibliográficos y estos son confirmados por estudios reportados por estudiantes de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca donde encuentran grandes cantidades de mercurio en los suelos del embalse.

Recomendaciones

- ✓ Manejar la educación ambiental como primera alternativa de prevención al impacto generado por la minería artesanal en el municipio de Suárez Cauca, con capacitaciones respecto a medidas de mitigación de impactos ambientales por contaminación de mercurio tales como uso de sedimentadores, procesos de fitoremediación, sustitución del mercurio, lo que le garantiza a los pequeños mineros que exploten el mineral y a su vez se disminuyan los impactos ambientales.
- ✓ Utilizar alternativas como la implementación de tanques sedimentadores, utilización de cianobacterias, involucrar humedales artificiales o tratar de fijar la movilidad del mercurio mediante grava para de esta forma tener el mercurio en una de las formas menos peligrosa.
- ✓ Para un próximo estudio se recomienda realizar seguimiento continuo en la toma de parámetros fisicoquímicos debido a que el monitoreo nos brinda datos más confiables. Las condiciones meteorológicas y los días de muestreo son importantes ya que estas influyen directamente en la movilidad del mercurio en el ambiente por lo que se recomienda realizar muestreos en días establecidos porque las etapas de utilización de Hg y producción de oro son diferentes.

- ✓ Tomar la misma cantidad de especies en cada sitio de muestreo y realizar un monitoreo por un tiempo prolongado para tener mejores resultados e identificar las especies más sensibles a cambios de parámetros fisicoquímicos, de la misma forma se recomienda ampliar la cantidad de especies peces de interés comercial con el fin de observar la posible biomagnificación del mercurio. Según la investigación se recomienda tomar las especies que se encuentran en hábitad que incluyen rocas, troncos grava, arcilla con presencia de hojarasca y restos de vegetación debido a que el mercurio se encuentra con mayor facilidad en sedimentos.

- ✓ Se recomienda hacer un estudio en órganos de las especies debido a que mediante soporte bibliográfico en estudios de bioacumulación se identifican que el hígado, riñón y órganos reproductores retienen mayor cantidad de metales. Al igual que el monitoreo de especies se realice en conjunto con las muestras de agua.

- ✓ Realizar monitoreos por parte de la autoridad ambiental o entidades de control y vigilancia para prevenir la contaminación por uso de mercurio de la minería a pequeña escala y de esta forma disminuir, prevenir y mitigar la acción de los efectos y causas del mercurio.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. M. A. B. Carmen Orozco Barrenetxea, Antonio Pérez Serrano, Maria Nieves González Delgado, Franciso Rodríguez Vidal, *Contaminación Ambiental una visión desde la química*. Madrid España: Ediciones Paraninfo SA, 2002.
- [2] Y. Kim and B.-K. Lee, "Association between blood lead and mercury levels and periodontitis in the Korean general population: analysis of the 2008–2009 Korean National Health and Nutrition Examination Survey data," *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, vol. 118, pp. 607–613, 2012.
- [3] L. G. Machado, J. Hernán O., N. A. Henao, and F. D. Marín, "Problemática ambiental ocasionada por el mercurio proveniente de la minería aurífera tradicional en el corregimiento de Provicencia, Antioquia," p. 209, 2010.
- [4] Marrugo José, Lans Edineldo, and Benítez Luis, "Hallazgo De Mercurio En Peces De La Ciénaga De Ayapel, Córdoba, Colombia," *MVZ Córdoba* , vol. 12, no. 1, pp. 878–886, 2007.
- [5] R. C. Chavez, "Calidad del agua del Río Conchos en la región de Ojinaga, Chihuahua: Parámetros fisicoquímicos, metales y metaloides.," *Exp. Educ.*, p. 13, 2006.
- [6] Corporación Autónoma Regional del Cauca, "Diagnostico ambiental en el municipio de Suarez, área de influencia: corregimiento de mindala y la toma.," *Igarss 2014*, no. 1, pp. 1–5, 2014.
- [7] S. Beltran-Pedrerros, J. Zuanon, R. G. Leite, J. R. P. Peleja, A. B. Mendonça, and B. R. Forsberg, "Mercury bioaccumulation in fish of commercial importance from different trophic categories in an Amazon floodplain lake," *Neotrop. Ichthyol.*, vol. 9, no. 4, pp. 901–908, 2011.
- [8] M. de A. y D. S. IDEAM, "Estudio Nacional del Agua," *Estudio Nacional del Agua 2014*. Panamericana formas e impresos S.A., Bogotá D.C., p. 496

páginas, 2014.

- [9] R. N. E. Samboni, E. Y. Carvajal, and J. C. Escobar, "Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua," *Rev. Ing. e Investig.*, vol. 27, no. 3, pp. 172–181, 2007.
- [10] B. L. Marcelo V., Hiudrobo P., Beinhoff C., *Global Mercury Project- Protocols for environmental and Health Assessment*, no. May. 2005.
- [11] A. L. D. Villarejo, "Ecotoxicología y acción toxicológica del mercurio," pp. 933–959, 2004.
- [12] A. M. de Suárez-Cauca, "informacion_general @ suarez-cauca.gov.co." Página web en línea, Suárez-Cauca, 2017.
- [13] Z. Castilhos, S. Rodrigues-Filho, R. Cesar, A. P. Rodrigues, R. Villas-B??as, I. de Jesus, M. Lima, K. Faial, A. Miranda, E. Brabo, C. Beinhoff, and E. Santos, "Human exposure and risk assessment associated with mercury contamination in artisanal gold mining areas in the Brazilian Amazon," *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 22, no. 15, pp. 11255–11264, 2015.
- [14] S. O. B. Oppong, R. B. Voegborlo, S. E. Agorku, and A. A. Adimado, "Total Mercury in fish, sediments and soil from the River Pra Basin, Southwestern Ghana," *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, vol. 85, no. 3, pp. 324–329, 2010.
- [15] C. Locatelli and D. Melucci, "Voltammetric determination of ultra-trace total mercury and toxic metals in meals," *Food Chem.*, vol. 130, no. 2, pp. 460–466, 2012.
- [16] J. I. R. Porto, C. S. O. Araujo, and E. Feldberg, "Mutagenic effects of mercury pollution as revealed by micronucleus test on three Amazonian fish species," *Environ. Res.*, vol. 97, no. 3, pp. 287–292, 2005.
- [17] B. Niane, S. Guédron, R. Moritz, C. Cosio, P. M. Ngom, N. Deverajan, H. R. Pfeifer, and J. Poté, "Human exposure to mercury in artisanal small-scale

gold mining areas of Kedougou region, Senegal, as a function of occupational activity and fish consumption,” *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 22, no. 9, pp. 7101–7111, 2015.

- [18] S. de Carvalho Costa and S. M. Hartz, “Evaluation of trace metals (cadmium, chromium, copper and zinc) in tissues of a commercially important fish (*Leporinus obtusidens*) from gua??ba lake, southern Brazil,” *Brazilian Arch. Biol. Technol.*, vol. 52, no. 1, pp. 241–250, 2009.
- [19] H. M. El-shafei, “Some Heavy Metals Concentration in Water , Muscles and Gills of *Tilapia Niloticus* as Biological Indicator of Manzala Lake Pollution,” vol. 6, no. 9, 2015.
- [20] C. A. da Silva, E. Tessier, V. T. Kütter, J. C. Wasserman, O. F. X. Donard, and E. V. Silva-Filho, “Mercury speciation in fish of the Cabo Frio upwelling region, SE - Brazil,” *Brazilian J. Oceanogr.*, vol. 59, no. 3, pp. 259–266, 2011.
- [21] F. Length, “Bioaccumulation of some heavy metals in tilapia fish relevant to their concentration in water and sediment of Wadi Hanifah, Saudi Arabia,” vol. 9, no. 11, pp. 1658–1662, 2010.
- [22] M. Türkmen and C. Ciminli, “Determination of metals in fish and mussel species by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry,” *Food Chem.*, vol. 103, no. 2, pp. 670–675, 2007.
- [23] M. Türkmen, A. Türkmen, Y. Tepe, A. Ate , and K. Gökku , “Determination of metal contaminations in sea foods from Marmara, Aegean and Mediterranean seas: Twelve fish species,” *Food Chem.*, vol. 108, no. 2, pp. 794–800, 2008.
- [24] M. Türkmen, A. Türkmen, Y. Tepe, Y. Töre, and A. Ates, “Determination of metals in fish species from Aegean and Mediterranean seas,” vol. 113, pp. 233–237, 2009.

- [25] T. I. Moiseenko and N. A. Gashkina, "Bioaccumulation of mercury in fish as indicator of water pollution," *Geochemistry Int.*, vol. 54, no. 6, pp. 485–493, 2016.
- [26] M. Tüzen, "Determination of heavy metals in fish samples of the middle Black Sea (Turkey) by graphite furnace atomic absorption spectrometry," *Food Chem.*, vol. 80, no. 1, pp. 119–123, 2003.
- [27] H. Nishimura and M. Kumagai, "Mercury pollution of fishes in Minamata bay and surrounding water: Analysis of pathway of mercury," *Water. Air. Soil Pollut.*, vol. 20, no. 1980, pp. 401–411, 1983.
- [28] B. Kaile and J. Nyirenda, "Assessing the Bioaccumulative Impact of Four Heavy Metals on the Endocrine System of *Tilapia rendalli* Fish Species in the Kafue River," vol. 9, no. 4, p. 6495959, 2016.
- [29] S. Intamat, U. Phoonaploy, M. Sriuttha, B. Tengjaroenkul, and L. Neeratanaphan, "Heavy metal accumulation in aquatic animals around the gold mine area of Loei province, Thailand," *Hum. Ecol. Risk Assess. An Int. J.*, vol. 22, no. 6, pp. 1418–1432, 2016.
- [30] Y. H. Cheng, Y. J. Lin, S. H. You, Y. F. Yang, C. M. How, Y. T. Tseng, W. Y. Chen, and C. M. Liao, "Assessing exposure risks for freshwater tilapia species posed by mercury and methylmercury," *Ecotoxicology*, vol. 25, no. 6, pp. 1181–1193, 2016.
- [31] F. Trujillo, C. a Lasso, M. C. Diazgranados, O. Farina, L. E. Pérez, A. Barbarino, and M. González, "Evaluación de la contaminación por mercurio en peces de interés comercial y de la concentración de organoclorados y organofosforados en el agua y sedimentos de la orinoquia," *Biodivers. la cuenca del Orinoco bases científicas para la identificación áreas prioritarias para la Conserv. y uso Sosten. la Biodivers.*, pp. 175–191, 2010.
- [32] D. Alonso, P. Pineda, J. Olivero, H. González, and N. Campos, "Mercury

levels in muscle of two fish species and sediments from the Cartagena Bay and the Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia,” *Environ. Pollut.*, vol. 109, no. 1, pp. 157–163, 2000.

- [33] L. Lancheros Ascencio, “Contenido de mercurio en músculo de algunas especies ícticas de interés comercial presentes en ocho sitios de muestreo de la Cuenca (baja, media y alta) del río Magdalena,” no. Dma 80, pp. 1–14.
- [34] N. Mancera and Álvarez Ricardo, “Estado del conocimiento de las concentraciones de mercurio y otros metales pesados en peces dulceacuícolas de Colombia,” *Acta Biológica Colomb.*, vol. 11, no. 1, p. 21, 2006.
- [35] P. Palacios, S., Alfonso, P., Yañez, J., Higuera, “Evaluación de la contaminación de mercurio en la cuenca del río Ocaña Perú.,” *Dep. d’Enginyeria Minera i Recur. Nat. Univ. Politècnica Catalunya*, vol. 2, no. 978–99920, pp. 241–248, 2013.
- [36] J. Dadová, J. Kupka, P. Barto, E. Remešicová, and T. Štrba, “Heavy Metal Contamination of Landscape Components in Surroundings of Closed Mercury Deposit in Malachov (Slovakia) / Kontaminace Krajinných Složek ťkými Kovy V Okolí Uzav eného Dolu Na Rtu V Malachov (Slovensko),” *Geosci. Eng.*, vol. 60, no. 1, pp. 10–21, 2014.
- [37] R.F. Stearley and G.R. Smith, “Influence of water chemistry on mercury concentration in Largemouth Bass from Florida Lakes,” *Trans. Am. Fish. Soc.*, vol. 122, no. 1, pp. 1–33, 1993.
- [38] Y. A. Fedorov, A. E. Ovsepyan, V. B. Korobov, and I. V Dotsenko, “Bottom sediments and their role in surface water pollution with mercury (with a special reference to the Northern Dvina River Mouth and the Dvina Bay of the White Sea),” *Russ. Meteorol. Hydrol.*, vol. 35, no. 9, pp. 611–618, 2010.
- [39] S. Le Faucheur, D. Vasiliu, I. Catianis, M. Zazu, P. Dranguet, R. Beauvais-

- Flück, J.-L. Loizeau, C. Cosio, C. Ungureanu, V. G. Ungureanu, and V. I. Slaveykova, "Environmental quality assessment of reservoirs impacted by Hg from chlor-alkali technologies: case study of a recovery," *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 23, no. 22, pp. 22542–22553, 2016.
- [40] M. Bistoni, A. Hued, and M. VIDELA, "Efectos de la calidad del agua sobre las comunidades ícticas de la región central de Argentina," *Rev. Chil.*, pp. 325–335, 1999.
- [41] J. Val, S. Mu??iz, J. Gom??, and E. Navarro, "Influence of global change-related impacts on the mercury toxicity of freshwater algal communities," *Sci. Total Environ.*, vol. 540, pp. 53–62, 2015.
- [42] A. C. Barbosa, J. De Souza, J. G. Dórea, W. F. Jardim, and P. S. Fadini, "Mercury biomagnification in a tropical black water, Rio Negro, Brazil," *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, vol. 45, no. 2, pp. 235–246, 2003.
- [43] M. Waziri. 1* and V.O. Ogugbuaja2, "Interrelationship between physicochemical water pollution indicators : A case study of River Yobe-Nigeria," no. May, 2015.
- [44] V. A. Prabu, M. Rajkumar, and P. Perumal, "Seasonal variations in physico-chemical characteristics of Pichavaram mangroves, southeast coast of India," *J. Environ. Biol.*, vol. 29, no. 6, pp. 945–950, 2008.
- [45] S. Kane, F. Qarri, P. Lazo, and L. Bekteshi, "The Effect of Physico-Chemical Parameters and Nutrients on Fish Growth in Narta Lagoon, Albania," *J. Hyg. Eng.*, vol. 32, 2015.
- [46] J. G. Wiener, D. C. Evers, D. A. Gay, H. A. Morrison, and K. A. Williams, "Mercury contamination in the Laurentian Great Lakes region: Introduction and overview," *Environ. Pollut.*, vol. 161, pp. 243–251, 2012.
- [47] L. K. Cusack, C. Eagles-Smith, A. K. Harding, M. Kile, and D. Stone, "Selenium: Mercury Molar Ratios in Freshwater Fish in the Columbia River

Basin: Potential Applications for Specific Fish Consumption Advisories,” *Biol. Trace Elem. Res.*, 2016.

- [48] N. Gupta, P. Pandey, and J. Hussain, “Effect of physicochemical and biological parameters on the quality of river water of Narmada, Madhya Pradesh, India,” *Water Sci.*, 2017.
- [49] S. O. Adefemi and E. E. Awokunmi, “Determination of physico-chemical parameters and heavy metals in water samples from Itaogbolu area of Ondo-State, Nigeria,” *African J. Environ. Sci. Technol.*, vol. 4, no. 3, pp. 145–148, 2010.
- [50] R. Shyamala, M. Shanthi, and P. Lalitha, “Physicochemical Analysis of Borewell Water Samples of Telungupalayam Area in Coimbatore District, Tamilnadu, India,” *E-Journal Chem.*, vol. 5, no. 4, pp. 924–929, 2008.
- [51] J. A. Baig, T. G. Kazi, M. B. Arain, H. I. Afridi, G. A. Kandhro, R. A. Sarfraz, M. K. Jamal, and A. Q. Shah, “Evaluation of arsenic and other physico-chemical parameters of surface and ground water of Jamshoro, Pakistan,” *J. Hazard. Mater.*, vol. 166, no. 2–3, pp. 662–669, 2009.
- [52] O. T. Yayintas, S. Yilmaz, M. Turkoglu, and Y. Dilgin, “Determination of heavy metal pollution with environmental physicochemical parameters in waste water of Kocabas Stream (Biga, Canakkale, Turkey) by ICP-AES,” *Environ. Monit. Assess.*, vol. 127, no. 1–3, pp. 389–397, 2007.
- [53] O. E. Lawson and E. O. Lawson, “Physico-Chemical Parameters and Heavy Metal Contents of Water from the Mangrove Swamps of Lagos Lagoon, Lagos, Nigeria,” *Adv. Biol. Res. (Rennes)*, vol. 5, no. 1, pp. 8–21, 2011.
- [54] M. A. Jiménez and M. V. Vélez, “Análisis comparativo de indicadores de la calidad de agua superficial,” *Av. en Recur. hidráulicos*, vol. 14, pp. 53–69, 2006.
- [55] M. Raissy and M. Ansari, “Health risk assessment of mercury and arsenic

associated with consumption of fish from the Persian Gulf,” *Environ. Monit. Assess.*, vol. 186, no. 2, pp. 1235–1240, 2014.

- [56] M. Harada, J. Nakanishi, E. Yasoda, and M. Conceica, “Mercury pollution in the Tapajos River basin , Amazon Mercury level of head hair and health effects,” vol. 27, pp. 285–290, 2001.
- [57] S. H. News, “Blood mercury levels have surprising link with bone health,” no. May, pp. 18–19, 2012.
- [58] P. Grandjean, H. Satoh, K. Murata, and K. Eto, “Adverse Effects of Methyl -mercury : Environmental Health Research Implications,” vol. 118, no. 8, pp. 1137–1146, 2010.
- [59] J. Golding, S. Gregory, Y. Iles-caven, J. Hibbeln, A. Emond, and C. M. Taylor, “NeuroToxicology Full length article Associations between prenatal mercury exposure and early child development in the ALSPAC study,” *Neurotoxicology*, vol. 53, pp. 215–222, 2016.
- [60] W. Crowe, P. J. Allsopp, G. E. Watson, P. J. Magee, J. J. Strain, and D. J. Armstrong, “Mercury as an environmental stimulus in the development of autoimmunity - A systematic review,” 2016.
- [61] T. I. Fortoul, “POLLUTION BY METALS: IS THERE A RELATIONSHIP IN GLYCEMIC CONTROL?,” *Environ. Toxicol. Pharmacol.*, 2016.
- [62] J. K. Kern, D. A. Geier, L. K. Sykes, B. E. Haley, and M. R. Geier, “The relationship between mercury and autism : A comprehensive review and discussion,” *J. Trace Elem. Med. Biol.*, vol. 37, pp. 8–24, 2016.
- [63] R. Ynalvez and J. Gutierrez, “Toxicity of mercury as a consequence of enzyme alteration,” *BioMetals*, 2016.
- [64] EPSA, “Presencia geográfica La Salvajina.” Suárez-Cauca, 2017.
- [65] U. de C. Ministerio de Minas y energía, Unidad de Planeación Minero

Energético-UPME, “Estudio de la cadena del mercurio en Colombia con énfasis en la actividad minera de oro.” Bogotá D.C., 2014.

- [66] D. D. E. A. Y. E. L. Índice, D. E. E. Del, and H. Rivera, “Relaciones demanda oferta de agua y el índice de escasez de agua como herramientas de evaluación del recurso hídrico Colombiano.,” *ResearchGate*, no. February 2014, 2008.
- [67] L. Güiza, “Perspectiva jurídica de los impactos ambientales sobre los recursos hídricos provocados por la minería en Colombia,” *Opinión Jurídica*, vol. 10, pp. 123–140, 2011.
- [68] Programa de las naciones unidas para el medio Ambiente, “El uso del minería del oro artesanal y en pequeña escala,” *Programa las Nac. Unidas para el medio Ambient.*, p. 20, 2008.
- [69] S. A. Dal Mario, Gupta Neruu, Quain Estelle, *Manual de seguimiento y evaluación de los recursos humanos para la salud*. 2009.
- [70] C. S. J. Purificacion Arianza Romero, Sandra Granados Leon, Juan Fernando Martines Atienza, “Ingeniería Sanitaria I.” Editora Búho-Santo Domingo, Santo Domingo Republica Dominicana, pp. 296–297, 1999.
- [71] Al. O. Jaramillo, *Bioingeniería de aguas residuales*, Segunda Ed. Medellín-Colombia: Copyright ACODAL, 2014.
- [72] IDEAM, “Sulfatos en agua por el método nefelométrico.” Rocio del Pilar Bojaca, República de Colombia, 2007.
- [73] R. Marín, *Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos: Tratamiento y control de calidad de agua.*, Ediciones. Madrid España, 2003.
- [74] K. & S. Suppl H., “Global policy for phasing out mercury in artisanal and small-scale gold mining ,” *Environ. Mag.*, vol. 54, no. 3, pp. 18–29, 2012.
- [75] U. J. V. Jiménez SeguraL.F., J. Álvarez, L.E. Ochoa, A. Loaiza, J.P.

- Londoño, D. Restrepo, K. Aguirre, A. Hernández, J.D. Correa, “Guía ilustrada peces Cañon del río Porce-Antioquia,” *Journal of Chemical Information and Modeling*, vol. 53, no. 9. Señal gráfica impresión S.A.S., Medellín Antioquia Colombia, pp. 1689–1699, 2014.
- [76] Alicorp, “Manual de Crianza Tilapia,” *Nicovita ... la Mejor ración*, p. 49, 2010.
- [77] A. Nava-Flores and P. Ancona, *Peces nativos de agua dulce de América del Sur de interés para la acuicultura: Una síntesis del estado de desarrollo tecnológico de su cultivo*, vol. 1. 2010.
- [78] A. Ortega-lara, O. M. Lasso-alcalá, C. A. Lasso, G. A. De, and J. D. Bogotá-gregory, “Peces de la cuenca del río Catatumbo, cuenca del Lago de Maracaibo , Colombia y Venezuela,” *Biota Colomb.*, vol. 13, no. 1, pp. 71–98, 2012.
- [79] O. M. de la Salud, “Efectos de la exposición al mercurio en la salud de las personas que viven en comunidades donde se practica la minería aurífera artesanal y en pequeña escala.” En línea.
- [80] C. E. Paisio, P. S. González, M. A. Talano, and E. Agostini, “Remediación biológica de Mercurio : Recientes avances Resumen Biological remediation of Mercury : Recent advances Abstract,” vol. 3, no. 2, pp. 119–146, 2012.
- [81] S. e I. IDEAM, IAvH, Invemar, “Contaminación del aire y agua en Colombia e impactos sobre la salud: Informe del estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables,” Imprenta N., L. M. C. C. y M. A. T. Bustillo and S. de E. A. – IDEAM, Eds. Bogotá D.C., 2011.
- [82] . Ramirez Jhon Jairo. Roldán Pérez Gabriel, *Fundamentos de limnología neotropical*, Segunda Ed. Antioquia, Colombia, 2008.

ANEXOS

ANEXO A. Soporte de resultado de Laboratorio de Alimento y Aguas de la Universidad Tecnológica de Pereira.

	VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIONES, INNOVACIÓN Y EXTENSIÓN	<table border="1" style="font-size: small;"> <tr><td>Fecha Emisión:</td><td>2016</td></tr> <tr><td>Forma Expedición:</td><td>1004</td></tr> <tr><td>Fecha Recibida:</td><td></td></tr> </table>	Fecha Emisión:	2016	Forma Expedición:	1004	Fecha Recibida:								
Fecha Emisión:	2016														
Forma Expedición:	1004														
Fecha Recibida:															
INFORME DE RESULTADOS		<table border="1" style="font-size: small;"> <tr><td>INFORME DE RESULTADOS No.</td><td>1279/16</td></tr> </table>	INFORME DE RESULTADOS No.	1279/16											
INFORME DE RESULTADOS No.	1279/16														
<table border="1" style="width: 100%; font-size: small;"> <tr><td>Excentricidad:</td><td>Análisis de Agua y Alimentos</td></tr> </table>			Excentricidad:	Análisis de Agua y Alimentos											
Excentricidad:	Análisis de Agua y Alimentos														
FECHA DE EMISIÓN															
<table border="1" style="font-size: x-small;"> <tr><th colspan="3">Fecha Emisión</th></tr> <tr><th>Hoy</th><th>Max</th><th>Min</th></tr> <tr><td>28</td><td>11</td><td>2016</td></tr> </table>	Fecha Emisión			Hoy	Max	Min	28	11	2016	<table border="1" style="font-size: x-small;"> <tr><th>CERTIFICACION No.</th><th>No. de Páginas</th></tr> <tr><td>89616</td><td>3</td></tr> </table>	CERTIFICACION No.	No. de Páginas	89616	3	
Fecha Emisión															
Hoy	Max	Min													
28	11	2016													
CERTIFICACION No.	No. de Páginas														
89616	3														
DATOS DE LA EMPRESA															
Razón Social: CORPORACION UNIVERSITARIA AUTONOMA DEL CAUCA Solidante: Adriana L. Sanchez Vergara Dirección: Calle 5 No 3 85		Nº de C.C.: 881 901 707-0 Cargo: Decano Teléfono/Fax: 021 222 13 600													
Municipio/Departamento: Popayán / Cauca		Código electrónico: analisis.onac@unifranca.edu.co													
Lugar de Toma de Muestras: --- Muestras tomadas por: ---		Lugar de Toma de Muestras: --- Fecha de Recepción de las Muestras: 2016-11-04													
ELABORACION Autor: Administrativa Elaboró:		REVISIÓN Revisado:													
CARLOS HUMBERTO MONTOYA N Director de Laboratorio Teléfono: 021-0177 Aprobó:															

Dirección: Cra 27 No. 16-02 Los Álamos - Pereira, Risaralda, Colombia. Laboratorio de Análisis de Aguas y Alimentos Edificio 8 Hse. 1 y 2.
Teléfonos: Teléfono: (57) (5) 321 5750 / 313 7437 / e-mail: labaguas@utp.edu.co.



VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIONES, INNOVACIÓN Y EXTENSIÓN

INFORME DE RESULTADOS

USO DE RESULTADOS	ESTADO DE RESULTADOS
100%	100%
100%	100%

INFORME DE RESULTADOS No. 1279/16

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA(S):					
DESCRIPCIÓN	TIPO	FECHA Y HORA DE TOMA	FECHA DE RECEPCIÓN	CÓDIGO INTERNO	OBSERVACIONES
Tamboral				1014-1	Muestras entregadas por Alimento Controlado y recibidas en el laboratorio por Delsy Páez
Mindelo	Agua Cruda	N.A.	2016-11-04	1014-2	
Limbariagara				1014-3	

RESULTADOS										
FECHA DEL ENSAYO	ENSAYO	MÉTODO UTILIZADO	RANGO PERMITIDO	UNIDADES	CÓDIGO INTERNO					
					1014-1	U. expa.	1014-2	U. expa.	1014-3	U. expa.
2016-11-04	DOCO	SM 5220 C (Biomembran Harbija Cerrado)		mg O ₂ /L	8		9		9	
	DOCa	SM 5210 Test DOCa	---	mg O ₂ /L	4	---	6	---	4	---
2016-11-16	Sulfatos	SM 4594-02.1 F Turbidimétrica		mg SO ₄ ²⁻ /L	23	±0,8	22	±0,6	21	±0,8
2016-11-16	Materia	SM 3512 B (Agua) Método de Alambina Standard Vaporizab	---	mg lit ⁻¹	0,0300	---	0,021	---	0,0190	---

Teléfono: 313 221 5750

Dirección: Cas 27 No. 10-02 Las Ánimas - Pereira-Departamento de Caldas- Laboratorio de Análisis de Aguas y Alimentos Edificio 8 Piso 1 y 2. Teléfonos: Telefax: (57) (6) 321 5750 / 313 7437 / e-mail: labaguas@unp.edu.co



VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIONES, INNOVACIÓN Y EXTENSIÓN

INFORME DE RESULTADOS

USO DE RESULTADOS	ESTADO DE RESULTADOS
100%	100%
100%	100%

INFORME DE RESULTADOS No. 1279/16

CONSIDERACIONES:

- El Laboratorio N111 N111 (OPINION N111) CE ALACACIONES con el cumplimiento o no cumplimiento de los requisitos por experimentación.
- Los análisis se realizaron de acuerdo a procedimientos que se encuentran en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Edición 22 No. de 2012 y de las Normas Técnicas Colombianas.
- El Laboratorio de Análisis de Aguas y Alimentos-1111 está acreditado por el Ministerio de la Protección Social para realizar análisis Químicos, físicos, químicos y microbiológicos de agua potable, mediante la Resolución #1519 de Mayo 15 de 2015.
- El Laboratorio de Análisis de Aguas y Alimentos-UTP, tiene Acreditación ONAC vigente a la fecha, con código de Acreditación 10-LAB-277, bajo la Norma NTC-ISO/IEC 17025:2005 en los siguientes análisis: Aguas Potables o Para Consumo, Aguas Tratadas, Aguas Envasadas y Aguas Crudas: Alcalinidad Total, pH, Dureza Total, Aluminio, Hierro Total, Fluoruro, Conductividad, Nitrito, Nitroto, Turbiedad, Zinc, Magnesio, Calcio, Níquel, Manganeso, Cobre Total, Cloruro, Dureza Calcio, Sulfato, Sulfato Aluminato (para agua de bebida) Hierro y Calcio, Agua de Potable: pH, Turbiedad, Aluminio.
- Los resultados obtenidos en el presente reporte se obtienen a través de métodos y procedimientos que se encuentran en el Anexo 11 del presente informe de requisitos de los parámetros y se pueden encontrar en el método de la industria para el contenido de los métodos analizados.
- Los ensayos fueron realizados en las instalaciones del laboratorio de Análisis de Aguas y Alimentos, bajo sus condiciones ambientales.
- Este resultado hace referencia única y exclusivamente a los resultados analizados.
- Los ensayos microbiológicos son realizados por la Microbiología (S): EDITH YANETH DURAN M.
- Este reporte expresa fielmente el resultado de los análisis realizados. No podrá ser reproducido totalmente, excepto cuando se haya obtenido previamente permiso por escrito del laboratorio. No se realizan cambios del informe de Resultados después de su emisión.

Firma del Reporte

Dirección: Cas 27 No. 10-02 Las Ánimas - Pereira-Departamento de Caldas- Laboratorio de Análisis de Aguas y Alimentos Edificio 8 Piso 1 y 2. Teléfonos: Telefax: (57) (6) 321 5750 / 313 7437 / e-mail: labaguas@unp.edu.co



VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIONES, INNOVACIÓN Y EXTENSIÓN



INFORME DE RESULTADOS

INFORME DE RESULTADOS No. 120018

Laboratorio: Análisis de Aguas y Alimentos

Fecha Edición	COTIZACIÓN No.	No. de Pagos
11/2016	000/16	0
DATOS DE LA EMPRESA		
Razón Social	CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DEL CAUCA	NIT 801 398-6
Sede	Adriana L. Sánchez Vergara	Ciudad
Dirección	Calle 5 No. 3-85	Teléfono
Municipio/Departamento	Papaya / Cauca	Correo electrónico
Lugar de Toma de Muestra		Fecha de Toma de muestra
Muestra tomada por		Fecha de Recepción de los Muestras
		30/11/16

<p><i>[Signature]</i> KATY PRINÓN Auxiliar Administrativa Ejército</p>	<p><i>[Signature]</i> OLGA INÉS VILLOZO V. Revisora Técnica Barranquilla - C.T.C. Revisó</p>
--	--

[Signature]
CARLOS HUBERTO MONTOYA B
Director de Laboratorio
Barranquilla - C.T.C.
Aprobó

Dirección: Cra 27 No. 10-02 Las Ánimas - Pereira-Risaralda-Colombia- Laboratorio de Análisis de Aguas y Alimentos Edificio 8 Piso 1 y 2.
Teléfono: Teléfix: (57) (0) 321 6700 / 313 7437 / e-mail: lab@uncc.edu.co

Este es un informe generado automáticamente por el sistema de gestión de laboratorio. No debe ser utilizado para fines legales.



VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIONES, INNOVACIÓN Y EXTENSIÓN



INFORME DE RESULTADOS

INFORME DE RESULTADOS No. 120018

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA (S)					
DESCRIPCIÓN	TIPO	FECHA Y LUGAR DE TOMA	FECHA DE RECEPCIÓN	CÓDIGO INTERNO	OBSERVACIONES
Tecumera No. 1				1015-1	
Tecumera No. 2				1015-2	
Tecumera No. 3				1015-3	
Tecumera No. 4				1015-4	
Tijapa Negra No. 1				1015-5	
Tijapa Negra No. 2				1015-6	
Sardina No. 1				1015-7	
Sardina No. 2				1015-8	
Sardina No. 3				1015-9	
Tijapa Roja No. 1				1015-10	
Tijapa Roja No. 2				1015-11	
Tijapa Roja No. 3				1015-12	
Tijapa Roja No. 4				1015-13	
Tijapa Roja No. 5				1015-14	
Tijapa Roja No. 6				1015-15	

Dirección: Cra 27 No. 10-02 Las Ánimas - Pereira-Risaralda-Colombia- Laboratorio de Análisis de Aguas y Alimentos Edificio 8 Piso 1 y 2.
Teléfono: Teléfix: (57) (0) 321 6700 / 313 7437 / e-mail: lab@uncc.edu.co

INFORME DE RESULTADOS

INFORME DE RESULTADOS No. 1280/16

RESULTADOS										
FECHA DEL ENSAYO	ENSAYO	MÉTODO UTILIZADO	RANGO PERMITIDO	UNIDADES	CÓDIGO INTERNO					
					1015-1	0 expe	1015-2	0 expe	1015-3	0 expe
2016-11-30	Mercurio	SM 3112 B Espectrometría de Absorción Atómica Vapor Frío	---	mg Hg / Kg	< 0,40	---	< 0,40	---	< 0,40	---

RESULTADOS										
FECHA DEL ENSAYO	ENSAYO	MÉTODO UTILIZADO	RANGO PERMITIDO	UNIDADES	CÓDIGO INTERNO					
					1015-4	0 expe	1015-5	0 expe	1015-6	0 expe
2016-11-30	Mercurio	SM 3112 B Espectrometría de Absorción Atómica Vapor Frío	---	mg Hg / Kg	< 0,40	---	< 0,40	---	< 0,40	---

RESULTADOS										
FECHA DEL ENSAYO	ENSAYO	MÉTODO UTILIZADO	RANGO PERMITIDO	UNIDADES	CÓDIGO INTERNO					
					1015-7	0 expe	1015-8	0 expe	1015-9	0 expe
2016-11-30	Mercurio	SM 3112 B Espectrometría de Absorción Atómica Vapor Frío	---	mg Hg / Kg	< 0,40	---	< 0,40	---	< 0,40	---

Dirección: Cra 27 No. 10-02 Los Álamos - Pereira-Risaralda-Colombia- Laboratorio de Análisis de Aguas y Alimentos Edificio B Piso 1 y 2.
 Teléfonos: Telefax: (57) (6) 321 5750 / 313 7437 / e-mail: labagua@utp.edu.co

INFORME DE RESULTADOS

INFORME DE RESULTADOS No. 1290/16

RESULTADOS										
FECHA DEL ENSAYO	ENSAYO	MÉTODO UTILIZADO	RANGO PERMITIDO	UNIDADES	CÓDIGO INTERNO					
					1015-10	0 expe	1015-11	0 expe	1015-12	0 expe
2016-11-30	Mercurio	SM 3112 B Espectrometría de Absorción Atómica Vapor Frío	---	mg Hg / Kg	< 0,40	---	< 0,40	---	< 0,40	---

RESULTADOS										
FECHA DEL ENSAYO	ENSAYO	MÉTODO UTILIZADO	RANGO PERMITIDO	UNIDADES	CÓDIGO INTERNO					
					1015-13	0 expe	1015-14	0 expe	1015-15	0 expe
2016-11-30	Mercurio	SM 3112 B Espectrometría de Absorción Atómica Vapor Frío	---	mg Hg / Kg	< 0,40	---	< 0,40	---	< 0,40	---

Dirección: Cra 27 No. 10-02 Los Álamos - Pereira-Risaralda-Colombia- Laboratorio de Análisis de Aguas y Alimentos Edificio B Piso 1 y 2.
 Teléfonos: Telefax: (57) (6) 321 5750 / 313 7437 / e-mail: labagua@utp.edu.co



VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIONES, INNOVACIÓN Y EXTENSIÓN

INFORME DE RESULTADOS

VERSIÓN	2
FECHA	2016-09-20

INFORME DE RESULTADOS No. 1062/16

Laboratorio: Análisis de Aguas y Alimentos	
Fecha de emisión: 2016-12-06	
CODIFICACION No. INR018 Y 1001016	
No. de Programa 5	
DATOS DE LA EMPRESA	
Razón Social: CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DEL CAUCA	NIT o C.C.P. 891.001.795-6
Solicitante: Andrés Sánchez Vargas	Ciudad: Palmira
Dirección: Calle 5 No. 5-10	Teléfono fijo: (2) 202.13.000
Municipio/Departamento: Quipichí / Cauca	Correo electrónico: Publicidad@cauca.unica.edu.co
Lugar de toma de muestras: ---	Lugar de toma de muestras: ---
Muestras tomadas por: ---	Fecha de Recepción de las Muestras: 2016-12-06
ULLY PINZON Auditor Administrativo Técnico	OLGA INES VALLBO V. Responsable Técnico Médica (190-917) Revisó
CARI GUS HUMBERTO MONTOYA N Técnico de laboratorio Médica FQI 0177 Aprobó	

Dirección: Cra. 27 No. 10-02 Los Álamos – Pereira Risaraldá Colombia - Laboratorio de Análisis de Aguas y Alimentos Edificio 8 Piso 1 y 2
Teléfonos: Teléfix: (57) (6) 321 5750 / 313 7437 / e-mail: labaguas@unpa.edu.co



VICERRECTORIA DE INVESTIGACIONES, INNOVACION Y EXTENSION

INFORME DE RESULTADOS

VERSIÓN	2
FECHA	2016-12-06

INFORME DE RESULTADOS No. 1302/16

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA(S)					
DESCRIPCIÓN	UBO	FECHA Y HORA DE TOMA	FECHA DE RECEPCIÓN	CODIGO INTERNO	CONSERVACIONES
Punto de muestreo: Embalseadero Hora: 12:15 pm T°: 24,8 °C	Agua Corriente	N.A.	2016-12-06	1175-1	Muestras embalsadas en el laboratorio por Héctor Barrantes y recepción por Ulla y Pinzon
Punto de muestreo: Miridala Hora: 10:40 am T°: 24,6 °C				1175-2	
Punto de muestreo: Quebrada Tumbalá Hora: 11:30 am T°: 23,3 °C				1175-3	
Punto de muestreo: Quebrada Tumbalá Hora: 9:00 am T°: 19,5 °C				1175-4	
Punto de muestreo: Tumbalá Hora: 10:02 am T°: 24,3 °C				1175-5	
Quebrada Tumbalá Hora: 5:55 am Quebrada Tumbalá Hora: 11:30 am	Fermentos	1175-6 1175-7			

Dirección: Cra. 27 No. 10-02 Los Álamos – Pereira Risaraldá Colombia - Laboratorio de Análisis de Aguas y Alimentos Edificio 8 Piso 1 y 2
Teléfonos: Teléfix: (57) (6) 321 5750 / 313 7437 / e-mail: labaguas@unpa.edu.co



VICERRECTORIA DE INVESTIGACIONES, INNOVACIÓN Y EXTENSIÓN

Código Interno 001
Versión 4
Fecha 2016-02-22
Página 1 de 1

INFORME DE RESULTADOS

INFORME DE RESULTADOS No. 1382/16

FECHA DEL ENSAYO	ENSAYO	MÉTODO UTILIZADO:	RANGO PERMITIDO:	UNIDADES	CÓDIGO INTERNO					
					11/5-1		11/5-2		11/5-3	
					U	expa	U	expa	U	expa
2016-12-05	DQO	SM 7720 C Potenciómetro Reflujo Cerrado	---	mg O ₂ /L	< 4	---	< 4	---	< 4	---
	DBO ₅	SM 5210 Test DBO ₅	---	mg O ₂ /L	< 2	---	< 2	---	< 2	---
	Sulfatos	SM 4500 SO ₄ ² E Turbidimétrico	---	mg SO ₄ ²/L	40	±0.8	41	±0.8	---	---
	Alcalinidad Total	SM 2320 B Titulométrico	---	mg CaCO ₃ /L	15	< 0.11	15	< 0.11	50	< 0.09
2016-12-12	Acidez Total	SM 2320 B Titulométrico	---	mg CaCO ₃ /L	---	---	---	---	2.5	---
	Sólidos suspendidos Totales	SM 2540 - Filtración Suspensión: 100 ml a 103 - 105°C SM 3112 F1	---	mg/l	---	---	---	---	15	---
2016-12-12	Mercurio Total	Espectrofotometría de Absorción Atómica Vapor Frío	---	mg Hg/l	< 0.0001	---	< 0.0001	---	< 0.0001	---

Óscar Fabrega Pineda

Dirección: Cra 27 No. 10-02 Las Alamos - Pereira-Bosque-Caldas- Colombia- Laboratorio de Análisis de Aguas y Alimentos Edificio 8 Pisos 1 y 2
Teléfonos: Telefax: (57) (5) 321 5750 / 313 7437 / e-mail: labaguas@up.edu.co



VICERRECTORIA DE INVESTIGACIONES, INNOVACIÓN Y EXTENSIÓN

Código Interno 001
Versión 4
Fecha 2016-02-22
Página 1 de 1

INFORME DE RESULTADOS

INFORME DE RESULTADOS No. 1382/16

FECHA DEL ENSAYO	ENSAYO	MÉTODO UTILIZADO:	RANGO PERMITIDO:	UNIDADES	CÓDIGO INTERNO					
					11/5-4		11/5-5		11/5-6	
					U	expa	U	expa	U	expa
2016-12-05	DQO	SM 7720 C Potenciómetro Reflujo Cerrado	---	mg O ₂ /L	< 4	---	< 4	---	---	---
	DBO ₅	SM 5210 Test DBO ₅	---	mg O ₂ /L	< 2	---	< 3	---	---	---
	Sulfatos	SM 4500 SO ₄ ² E Turbidimétrico	---	mg SO ₄ ²/L	---	---	23	±0.8	---	---
	Alcalinidad Total	SM 2320 B Titulométrico	---	mg CaCO ₃ /L	50	< 0.07	16	< 0.12	---	---
2016-12-12	Acidez Total	SM 2320 B Titulométrico	---	mg CaCO ₃ /L	2.0	---	---	---	---	---
	Sólidos suspendidos Totales	SM 2540 - Filtración Suspensión: Total a 103 - 105°C SM 3112 F1	---	mg/l	15	---	---	---	---	---
2016-12-12	Mercurio Total	Espectrofotometría de Absorción Atómica Vapor Frío	---	mg Hg/l	< 0.0008	---	< 0.0008	---	< 0.0008	---

Óscar Fabrega Pineda

Dirección: Cra 27 No. 10-02 Las Alamos - Pereira-Bosque-Caldas- Colombia- Laboratorio de Análisis de Aguas y Alimentos Edificio 8 Pisos 1 y 2
Teléfonos: Telefax: (57) (5) 321 5750 / 313 7437 / e-mail: labaguas@up.edu.co



VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIONES, INNOVACIÓN
Y EXTENSIÓN

INFORME DE RESULTADOS

VERSIÓN	1
FECHA	11/06/2016
AUTORES	LABOR

INFORME DE RESULTADOS No. 1265116

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA(S):					
DESCRIPCIÓN	TIPO	FECHA Y HORA DE TOMA	FECHA DE RECEPCIÓN	CÓDIGO INTERNO	OBSERVACIONES
TR.2 M1	Pescado	N.A.	2016-12-05	1176-1	Muestras entregadas por el cliente y recuperadas en el laboratorio por Betty Pinzon
TR.2 M2				1176-2	
TR.2 M3				1176-3	
TR.2 M4				1176-4	
TR.2 M5				1176-5	
TR.2 M6				1176-6	
TR.2 M7				1176-7	
TR.2 M8				1176-8	
TR.2 M9				1176-9	
TR.2 M10				1176-10	
TR.2 T1				1176-11	
TR.2 T2				1176-12	
TR.2 T3				1176-13	
TR.2 T4				1176-14	
TR.2 T5				1176-15	

Dirección: Cra 27 No. 10-92 Los Álamos - Pereira Risaralda Colombia - Laboratorio de Análisis de Aguas y Alimentos Edificio B Piso 1 y 2.
Teléfono: Teléfono: (57) (6) 371 5750 / 313 7437 / e-mail: labaguas@cup.edu.co



VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIONES, INNOVACIÓN
Y EXTENSIÓN

INFORME DE RESULTADOS

VERSIÓN	1
FECHA	11/06/2016
AUTORES	LABOR

INFORME DE RESULTADOS No. 1265116

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA(S):					
DESCRIPCIÓN	TIPO	FECHA Y HORA DE TOMA	FECHA DE RECEPCIÓN	CÓDIGO INTERNO	OBSERVACIONES
TN2 T6	Pescado	N.A.	2016-12-05	1175-16	Muestras entregadas por el cliente y recuperadas en el laboratorio por Betty Pinzon
TN2 1				1175-17	
TN2 2				1175-18	
TN2 3				1175-19	
TN2 4				1175-20	
TN2 5				1175-21	
TN2 6				1175-22	
TN2 7				1175-23	

FECHA DE ENSAYO	ENSAYO	MÉTODO UTILIZADO:	RANGO PERMITIDO:	UNIDADES	CÓDIGO INTERNO					
					11/6-1	U expa	11/6-2	U expa	11/6-3	U expa
2016-12-12	Mercurio	SM: 3112 B Espectrometría de Absorción Atómica Vapor Lápido	---	mg lit / Kg	< 0,45	---	< 0,45	---	< 0,45	---

Dirección: Cra 27 No. 10-92 Los Álamos - Pereira Risaralda Colombia - Laboratorio de Análisis de Aguas y Alimentos Edificio B Piso 1 y 2.
Teléfono: Teléfono: (57) (6) 371 5750 / 313 7437 / e-mail: labaguas@cup.edu.co



VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIONES, INNOVACIÓN Y EXTENSIÓN

INFORME DE RESULTADOS

Logo	UNAFINSA
ISO 9001	4
ISO 14001	20.000.74
ISO 45001	4.000

INFORME DE RESULTADOS No.: 1300/16

RESULTADOS										
FECHA DEL ENSAYO	ENSAYO	MÉTODO UTILIZADO:	RANGO PERMITIDO:	UNIDADES	CÓDIGO INTERNO					
					1175-4	U expa	1175-5	U expa	1175-6	U expa
2016-12-12	Mercurio	SV: 3112 B Espectrometría de Absorción Atómica Vapores Fríos	---	mg Hg / Kg	< 0,48	---	< 0,48	---	< 0,48	---

*U expa = no tiene sentido

RESULTADOS										
FECHA DEL ENSAYO	ENSAYO	MÉTODO UTILIZADO:	RANGO PERMITIDO:	UNIDADES	CÓDIGO INTERNO					
					1175-7	U expa	1175-8	U expa	1175-9	U expa
2016-12-12	Mercurio	SV: 3112 B Espectrometría de Absorción Atómica Vapores Fríos	---	mg Hg / Kg	< 0,48	---	< 0,48	---	< 0,48	---

*U expa = no tiene sentido

RESULTADOS										
FECHA DEL ENSAYO	ENSAYO	MÉTODO UTILIZADO:	RANGO PERMITIDO:	UNIDADES	CÓDIGO INTERNO					
					1176-10	U expa	1176-11	U expa	1176-12	U expa
2016-12-12	Mercurio	SV: 3112 B Espectrometría de Absorción Atómica Vapores Fríos	---	mg Hg / Kg	< 0,48	---	< 0,48	---	< 0,48	---

*U expa = no tiene sentido

Dirección: Cra 27 No. 31-02 Los Álamos – Pereira/Reserva-Colombias- Laboratorio de Análisis de Aguas y Alimentos Edificio 8 Piso 1 y 2. Teléfonos: Telefax: (57) (61) 521 5750 / 313 7437 / e-mail: labaguas@utp.edu.co.



VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIONES, INNOVACIÓN Y EXTENSIÓN

INFORME DE RESULTADOS

Logo	UNAFINSA
ISO 9001	4
ISO 14001	20.000.74
ISO 45001	4.000

INFORME DE RESULTADOS No.: 1382/16

RESULTADOS										
FECHA DEL ENSAYO	ENSAYO	MÉTODO UTILIZADO:	RANGO PERMITIDO:	UNIDADES	CÓDIGO INTERNO					
					1176-13	U expa	1176-14	U expa	1176-15	U expa
2016-12-12	Mercurio	SV: 3112 B Espectrometría de Absorción Atómica Vapores Fríos	---	mg Hg / Kg	< 0,48	---	< 0,48	---	< 0,48	---

*U expa = no tiene sentido

RESULTADOS										
FECHA DEL ENSAYO	ENSAYO	MÉTODO UTILIZADO:	RANGO PERMITIDO:	UNIDADES	CÓDIGO INTERNO					
					1176-16	U expa	1176-17	U expa	1176-18	U expa
2016-12-12	Mercurio	SV: 3112 B Espectrometría de Absorción Atómica Vapores Fríos	---	mg Hg / Kg	< 0,48	---	< 0,48	---	< 0,48	---

*U expa = no tiene sentido

RESULTADOS										
FECHA DEL ENSAYO	ENSAYO	MÉTODO UTILIZADO:	RANGO PERMITIDO:	UNIDADES	CÓDIGO INTERNO					
					1176-19	U expa	1176-20	U expa	1176-21	U expa
2016-12-12	Mercurio	SV: 3112 B Espectrometría de Absorción Atómica Vapores Fríos	---	mg Hg / Kg	< 0,48	---	< 0,48	---	< 0,48	---

*U expa = no tiene sentido

Dirección: Cra 27 No. 31-02 Los Álamos – Pereira/Reserva-Colombias- Laboratorio de Análisis de Aguas y Alimentos Edificio 8 Piso 1 y 2. Teléfonos: Telefax: (57) (61) 521 5750 / 313 7437 / e-mail: labaguas@utp.edu.co.



VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIONES, INNOVACIÓN
Y EXTENSIÓN
INFORME DE RESULTADOS

Código: 100-01281
Versión: 01
Fecha: 2016-11-17
Página: 2 de 8

INFORME DE RESULTADOS No. 089/27

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA (S):					
DESCRIPCIÓN	TIPO	FECHA Y HORA DE TOMA	FECHA DE RECEPCIÓN	CODIGO INTERNO	OBSERVACIONES
DM3M-3	Fucus	N/A	2017-02-05	095-1	Muestras enviadas al laboratorio por solicitud de Usuario y recuperadas por Betty Tricón.
DM3M-4				095-2	
DM3M-5				095-3	
DM4M-3				095-4	
DM5M-3				095-5	
DM6M-3				095-6	
DM7M-3				095-7	
DM8M-3				095-8	
DM9M-3				095-9	
DM10M-3				095-10	
DM11M-3				095-11	
DM12M-3				095-12	
DM13M-3				095-13	
DM14M-3				095-14	

Dirección: Cra 27 No 10-02 Los Álamos - Pereira, Risaralda, Colombia. Laboratorio de Análisis de Aguas y Alimentos Edificio 8 Piso 1 y 2. Teléfonos: Teletax: (57) (0) 321 5760 / 321 7417 / e-mail: labaguas@onac.edu.co



VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIONES, INNOVACIÓN
Y EXTENSIÓN
INFORME DE RESULTADOS

Código: 100-01281
Versión: 01
Fecha: 2016-11-17
Página: 2 de 8

INFORME DE RESULTADOS No. 089/27

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA (S):					
DESCRIPCIÓN	TIPO	FECHA Y HORA DE TOMA	FECHA DE RECEPCIÓN	CODIGO INTERNO	OBSERVACIONES
RIT-3	Agua Residual	N/A	2017-02-03	095-15	Muestra enviada al laboratorio por correo certificado y recuperada por Betty Tricón.
DM13M-3				095-16	
DM14M-3				095-17	
DM15M-3				095-18	
DM16M-3				095-19	
DM17M-3				095-20	
DM18M-3				095-21	

RESULTADOS										
FECHA DEL ENSAYO	ENSAYO	MÉTODO UTILIZADO	RANGOS PERMITIDOS	UNIDADES	CÓDIGO INTERNO					
					095-1	095-2	095-3	095-4	095-5	
2017-02-03	Muestreo (LAW)	SM 5132-B Espectrofotómetro de Absorción Atómica Vapor Frío		mg Pb/kg	0,2		0,2		0,2	

Dirección: Cra 27 No 10-02 Los Álamos - Pereira, Risaralda, Colombia. Laboratorio de Análisis de Aguas y Alimentos Edificio 8 Piso 1 y 2. Teléfonos: Teletax: (57) (0) 321 5760 / 321 7417 / e-mail: labaguas@onac.edu.co



VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIONES, INNOVACIÓN
Y EXTENSIÓN
INFORME DE RESULTADOS

Fecha Emisión	07/02/2017
Fecha Validación	07/02/2017
Fecha Ejecución	07/02/2017

INFORME DE RESULTADOS No. 181/17

RESULTADOS										
FECHA DEL ENSAYO	ENSAYO	MÉTODO UTILIZADO	RANGO PERMITIDO	UNIDADES	CÓDIGO INTERNO					
					005-4	0 expa	005-5	0 expa	005-6	0 expa
2017-02-20	Materia Total	SM-3112 B Departamento de Abstracción Alómica Vegetal	---	mg/kg/Kg	<0,2	---	<0,2	---	<0,2	---

RESULTADOS										
FECHA DEL ENSAYO	ENSAYO	MÉTODO UTILIZADO	RANGO PERMITIDO	UNIDADES	CÓDIGO INTERNO					
					005-7	0 expa	005-8	0 expa	005-9	0 expa
2017-02-20	Materia Total	SM-3112 B Departamento de Abstracción Alómica Vegetal	---	mg/kg/Kg	0,75	---	<0,2	---	<0,2	---

RESULTADOS										
FECHA DEL ENSAYO	ENSAYO	MÉTODO UTILIZADO	RANGO PERMITIDO	UNIDADES	CÓDIGO INTERNO					
					005-10	0 expa	005-11	0 expa	005-12	0 expa
2017-02-21	Materia Total	SM-3112 B Departamento de Abstracción Alómica Vegetal	---	mg/kg/Kg	<0,2	---	<0,2	---	0,17	---

Dirección: Cra 27 No. 10-62 Los Ninos - Pereira Risaralda Colombia - Laboratorio de Análisis de Aguas y Alimentos Edificio 8 Piso 1 y 2. Teléfonos: Telefax: (57) (0) (31) 57501110 / (31) 57501111 / e-mail: lab@onac.gov.co



VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIONES, INNOVACIÓN
Y EXTENSIÓN
INFORME DE RESULTADOS

Fecha Emisión	07/02/2017
Fecha Validación	07/02/2017
Fecha Ejecución	07/02/2017

INFORME DE RESULTADOS No. 181/17

RESULTADOS										
FECHA DEL ENSAYO	ENSAYO	MÉTODO UTILIZADO	RANGO PERMITIDO	UNIDADES	CÓDIGO INTERNO					
					005-13	0 expa	005-14	0 expa	005-15	0 expa
2017-02-20	Materia Total	SM-3112 B Departamento de Abstracción Alómica Vegetal	---	mg/kg/Kg	<0,2	---	<0,2	---	0,58	---

RESULTADOS										
FECHA DEL ENSAYO	ENSAYO	MÉTODO UTILIZADO	RANGO PERMITIDO	UNIDADES	CÓDIGO INTERNO					
					005-16	0 expa	005-17	0 expa	005-18	0 expa
2017-02-20	Materia Total	SM-3112 B Departamento de Abstracción Alómica Vegetal	---	mg/kg/Kg	<0,2	---	<0,2	---	<0,2	---

RESULTADOS										
FECHA DEL ENSAYO	ENSAYO	MÉTODO UTILIZADO	RANGO PERMITIDO	UNIDADES	CÓDIGO INTERNO					
					005-19	0 expa	005-20	0 expa	005-21	0 expa
2017-02-20	Materia Total	SM-3112 B Departamento de Abstracción Alómica Vegetal	---	mg/kg/Kg	<0,2	---	<0,2	---	<0,2	---

Dirección: Cra 27 No. 10-62 Los Ninos - Pereira Risaralda Colombia - Laboratorio de Análisis de Aguas y Alimentos Edificio 8 Piso 1 y 2. Teléfonos: Telefax: (57) (0) (31) 57501110 / (31) 57501111 / e-mail: lab@onac.gov.co



VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIONES, INNOVACIÓN
Y EXTENSIÓN
INFORME DE RESULTADOS

Código	10-1-001-029
Fecha	2017-02-03
Página	4 de 8

INFORME DE RESULTADOS No. 182/17

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA (S).					
DESCRIPCIÓN	TIPO	FECHA Y HORA DE TOMA	FECHA DE RECEPCIÓN	CÓDIGO INTERNO	OBSERVACIONES
Punto de Muestreo: 02463. La Hora: 8:30 a.m. Nombre del Lugar: La Selvajina Fecha: 02/Febrero/2017 Temperatura H ₂ O: 19,4°C Tipo de Muestra: Puntual Punto de Muestreo: 78104-Tu Hora: 12:40 p.m. Nombre del Lugar: La Selvajina Fecha: 02/Febrero/2017 Temperatura H ₂ O: 21,6°C Tipo de Muestra: Puntual Punto de Muestreo: 11213 Hora: 1:30 p.m. Fecha: 02/Febrero/2017 Temperatura H ₂ O: 25,5°C Tipo de Muestra: Puntual Punto de Muestreo: 12261 Nombre del Lugar: La Selvajina Fecha: 02/Febrero/2017 Temperatura H ₂ O: 19,4°C Tipo de Muestra: Puntual	Agua Residual	N.A.	2017-02-03	099-1 099-2 099-3 099-4	Muestras enviadas al laboratorio por correo certificado y respaldadas por file y sonido
Punto de Muestreo: 14478 Hora: 10:00 a.m. Fecha: 02/Febrero/2017 Temperatura H ₂ O: 28,1°C Tipo de Muestra: Puntual				099-5	

Dirección: Cua 27 No. 10-82 Los Álamos - Pereira, Risaralda, Colombia | Laboratorio de Análisis de Aguas y Ambiente | Edificio 8 Piso 1 y 2 | Teléfonos: (57) 313 221 5790 / 313 7437 | e-mail: labaguas@utp.edu.co



VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIONES, INNOVACIÓN
Y EXTENSIÓN
INFORME DE RESULTADOS

Código	10-1-001-029
Fecha	2017-02-03
Página	5 de 8

INFORME DE RESULTADOS No. 182/17

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA (S).					
DESCRIPCIÓN	TIPO	FECHA Y HORA DE TOMA	FECHA DE RECEPCIÓN	CÓDIGO INTERNO	OBSERVACIONES
Punto de Muestreo: 14822 Hora: 1:30 p.m. Fecha: 02/Febrero/2017 Temperatura H ₂ O: 25,5°C Tipo de Muestra: Puntual	Agua Residual	N.A.	2017-02-03	099-6	Muestras enviadas al laboratorio por correo certificado y respaldadas por backup y sonido.
Punto de Muestreo: 02478 Hora: 10:40 a.m. Nombre del Lugar: La Selvajina Fecha: 02/Febrero/2017 Temperatura H ₂ O: 24,1°C Tipo de Muestra: Puntual Punto de Muestreo: 07795 Hora: 11:17 a.m. Nombre del Lugar: La Selvajina Fecha: 02/Febrero/2017 Temperatura H ₂ O: 25,5°C Tipo de Muestra: Puntual				099-7	
Punto de Muestreo: 10673 Hora: 1:30 p.m. Fecha: 02/Febrero/2017 Temperatura H ₂ O: 25,5°C Tipo de Muestra: Puntual				099-8	
Punto de Muestreo: 17214 Hora: 8:30 a.m. Nombre del Lugar: La Selvajina Fecha: 02/Febrero/2017 Temperatura H ₂ O: 25,5°C				099-9	

Dirección: Cua 27 No. 10-82 Los Álamos - Pereira, Risaralda, Colombia | Laboratorio de Análisis de Aguas y Ambiente | Edificio 8 Piso 1 y 2 | Teléfonos: (57) 313 221 5790 / 313 7437 | e-mail: labaguas@utp.edu.co

DESCRIPCIÓN	TIPO	FECHA Y HORA DE TOMA	FECHA DE RECEPCIÓN	CÓDIGO INTERNO		OBSERVACIONES
				001	002	
Punto de Muestra: 17657 Hora: 10:31 am Fecha: 02/16/2017 Temperatura: 40, 25, 17°C Tipo de Muestra: Urinal	Agua Residual			001-01	002-01	
Punto de Muestra: 92253-Ta Nombre del Lugar: La Sabana Fecha: 02/16/2017 Tipo de Muestra: Parcial Punto de Muestra: 74434-Ta Fecha: 02/16/2017 Temperatura: 21,0 Hora: 10:30 pm Tipo de Muestra: Parcial	Tratada	N.A.	2017-02-05	001-02	002-02	Resultados enviados al laboratorio por correo certificado y recepción por Betty Pineda.

Dirección: Cra 37 No. 45-101 Av. Alamos – Barrios-Bohemia-Colombia- Laboratorio de Análisis de Aguas y Alcantarías Edificio 8 Piso 1 y 2. Teléfono: Telexto: (57) (0) 321-5753 y 321-7437 / e-mail: labaguas@uni.edu.co

TEC. DEL ENSAYO	PRINCIPIO	MÉTODO UTILIZADO	RANGO PERMITIDO	UN. DATOS	CÓDIGO INTERNO							
					001-01		001-02		002-01		002-02	
					U exps	U exps	U exps	U exps	U exps	U exps		
2017-02-03	DOC	SM: 5220 C Tulomástico cañón cerrado		mg O/L	32		11		18			
	Acididad Total	SM: 2101B Tulomástico		mg CaCO ₃ /L	47,0		47,0		47,0			
2017-02-03	Asesin Total	SM: 2101B Tulomástico		mg CaCO ₃ /L	2,7		2,6					
2017-02-03	Sulfatos	SM: 4500 SO ₄ ²⁻ E Turbidimétrico		mg SO ₄ ²⁻ /L					17			
2017-02-14	Sólidos Suspensivos Totales	SM: 2540 - D Spectrofotométrico		mg / L	764		60					
2017-02-20	Mercurio Total	SM: 3112 B Espectrofotométrico de Absorción Atómica Vapor Frío		mg Hg / l	0,003		0,003					

Dirección: Cra 37 No. 45-101 Av. Alamos – Barrios-Bohemia-Colombia- Laboratorio de Análisis de Aguas y Alcantarías Edificio 8 Piso 1 y 2. Teléfono: Telexto: (57) (0) 321-5753 y 321-7437 / e-mail: labaguas@uni.edu.co

FECHA DE ENSAYO	ENSAYO	MÉTODO UTILIZADO	RANGO PERMITIDO	UNIDADES	CÓDIGO INTERNO					
					008-4	008-5	008-6	008-7	008-8	008-9
2017-07-03	DBO5	SM 5203 C Truqueando Esfere Contacto	---	mg O ₂ /L	17	---	---	---	---	---
	DBO5	SM 5210 Test DBO5	---	mg O ₂ /L	17,0	---	17,0	---	17,0	---
2017-07-03	Acidinidad Total	SM 4523 B Truqueando	---	mg CaCO ₃ /L	14	---	14	---	14	---
2017-07-11	Sulfatos	SM 4500-SO ₄ F Truqueando	---	mg SO ₄ /L	17	---	17	---	20	---

FECHA DE ENSAYO	ENSAYO	MÉTODO UTILIZADO	RANGO PERMITIDO	UNIDADES	CÓDIGO INTERNO					
					008-7	008-8	008-9	008-10	008-11	008-12
2017-07-03	DBO5	SM 5203 C Truqueando Esfere Contacto	---	mg O ₂ /L	17	---	17	---	---	---
	DBO5	SM 5210 Test DBO5	---	mg O ₂ /L	17,0	---	17,0	---	---	---
2017-07-03	Acidinidad Total	SM 4523 B Truqueando	---	mg CaCO ₃ /L	14	---	14	---	---	---
2017-07-11	Sulfatos	SM 4500-SO ₄ F Truqueando	---	mg SO ₄ /L	17	---	17	---	---	---

Dirección: Cra 27 No. 10-02 Los Álamos – Pereira-Risaralda-Colombia. Laboratorio de Análisis de Aguas y Alimentos Edificio 8 Piso 1 y 2. Teléfonos: Telefax: (57) (3) 391 5750 (3) 17507 Fax: mail: laboqa@qg@onac.gov.co

FECHA DE ENSAYO	ENSAYO	MÉTODO UTILIZADO	RANGO PERMITIDO	UNIDADES	CÓDIGO INTERNO					
					008-4	008-5	008-10	008-11	008-12	008-13
2017-02-20	Mercurio Total	SM 3112 (1) Espectrometría de Absorción Atómica Vapor Frío	---	mg/Lg/L	0,0000	---	0,0000	---	0,0000	---

FECHA DE ENSAYO	ENSAYO	MÉTODO UTILIZADO	RANGO PERMITIDO	UNIDADES	CÓDIGO INTERNO					
					008-12	008-13	008-14	008-15	008-16	008-17
2017-07-10	Mercurio Total	SM 3112 (1) Espectrometría de Absorción Atómica Vapor Frío	---	mg Hg/L	0,44	---	0,32	---	---	---

Dirección: Cra 27 No. 10-02 Los Álamos – Pereira-Risaralda-Colombia. Laboratorio de Análisis de Aguas y Alimentos Edificio 8 Piso 1 y 2. Teléfonos: Telefax: (57) (3) 391 5750 (3) 17507 Fax: mail: laboqa@qg@onac.gov.co



VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIONES, INNOVACIÓN
Y EXTENSIÓN
INFORME DE RESULTADOS

Fecha de Emisión	11/12/19
Nº de Emisión	00000000
Fecha de Caducidad	11/12/20

INFORME DE RESULTADOS No.	180717
---------------------------	--------

OBSERVACIONES:

- El laboratorio NO EMITE OPINIONES NI DECLARACIONES con el cumplimiento o no cumplimiento de los requisitos y/o especificaciones.
- Los análisis y calificaciones basados en procedimientos que se encuentran en el Standard methods for the examination of water and wastewater edición 22^a ed. de 2012 y de las Normas Técnicas Colombianas.
- El Laboratorio de Análisis de Agua y Alimentos DTP está autorizado por el Ministerio de la Protección Social para realizar análisis Organolépticos, Físicos, químicos y microbiológicos en el agua potable.
El Laboratorio de Análisis de Agua y Alimentos DTP, tiene Acreditación ONAC según la norma, con código de Acreditación: 10145029, bajo la Norma NTC-ISO/IEC 17025:2005 en los siguientes análisis: Aguas Potables o Para Consumo, Aguas Tratadas, Aguas Embarcadas y Aguas Crudas: Alcalinidad Total, pH, Sólidos Total, Sólidos Filtrable, Sólidos Total, Fluoruro, Conductividad, Nitrito, Nitroto, Trihalometano, Zinc, Magnesio, Calcio, Sodio, Manganeso, Cobalto Total, Cloruro, Sulfato, Sulfuro, Sulfuro Sulfídico (con y sin oxidante), Hierro y Cobre.
Agua de Neuma: pH, Sólidos Total, Aluminio.
- Los resultados contenidos en el presente informe se refieren al momento y condiciones en que se realizaron los ensayos. El laboratorio no se responsabiliza de los resultados que puedan derivarse del uso inadecuado de la información aquí contenida y de las muestras analizadas.
- Los ensayos fueron realizados en las instalaciones del Laboratorio de Análisis de Agua y Alimentos, bajo sus condiciones operacionales.
- Solo se analizó el agua de la muestra única y exclusivamente las muestras analizadas.
- Los ensayos microbiológicos son realizados por un profesional en el área.
- Este reporte expresa fielmente el resultado de los análisis realizados. No podrá ser reevaluado totalmente, excepto cuando se haya obtenido previamente permiso del gerente del laboratorio. No se realizarán cambios del Informe de Resultados después de su emisión.

-----Firma del Reporte-----

ANEXO B. Resultado ensayo biológico contenido de mercurio

ESPECIE	LONGITUD (CM)	PESO (KG)	CONCENTRACIÓN (MG HG /KG)	HQ	ALIMENTACIÓN
Embarcadero					
<i>Cichla ocellaris</i>	24,7	0,220	< 0,48	--	Piscívoro
<i>Cichla ocellaris</i>	23,2	0,195	< 0,48	--	Piscívoro
<i>Cichla ocellaris</i>	21,8	0,180	< 0,48	--	Piscívoro
<i>Cichla ocellaris</i>	21,1	0,150	< 0,48	--	Piscívoro
<i>Sardina coli amarilla</i>	11,4	0,030	< 0,48	--	No Piscívoro
<i>Sardina coli amarilla</i>	12,2	0,050	< 0,48	--	No Piscívoro
<i>Sardina coli amarilla</i>	11,2	0,030	< 0,48	--	No Piscívoro
<i>Oreochromis niliticus</i>	22	0,220	< 0,48	--	No Piscívoro
<i>Oreochromis niliticus</i>	26,5	0,305	< 0,48	--	No Piscívoro
<i>Oreochromis niliticus</i>	22,4	0,190	< 0,48	--	No Piscívoro
<i>Oreochromis niliticus</i>	23,5	0,245	< 0,48	--	No Piscívoro
<i>Oreochromis niliticus</i>	24	0,165	< 0,48	--	No Piscívoro
<i>Oreochromis niliticus</i>	25,3	0,280	< 0,48	--	No Piscívoro
<i>Oreochromis niliticus</i>	22,7	0,265	< 0,48	--	No Piscívoro
Tamboral					
<i>Oreochromis niliticus</i>	24,0	0,255	< 0,48	--	No Piscívoro
<i>Oreochromis niliticus</i>	26,7	0,335	< 0,48	--	No Piscívoro
<i>Oreochromis niliticus</i>	22,8	0,210	< 0,48	--	No Piscívoro
<i>Oreochromis niliticus</i>	27,2	0,405	< 0,48	--	No Piscívoro
<i>Oreochromis niliticus</i>	25,7	0,320	< 0,48	--	No Piscívoro

ESPECIE	LONGITUD (CM)	PESO (KG)	CONCENTRACIÓN (MG HG /KG)	HQ	ALIMENTACIÓN
<i>Oreochromis niloticus</i>	30	0,420	< 0,48	--	No Piscívoro
<i>Oreochromis niloticus</i>	25,4	0,265	< 0,48	--	No Piscívoro
<i>Oreochromis niloticus</i>	18,5	0,135	< 0,48	--	No Piscívoro
<i>Oreochromis niloticus</i>	38,6	0,965	< 0,2	--	No Piscívoro
<i>Oreochromis niloticus</i>	26	0,345	0,41	0,82	No Piscívoro
<i>Oreochromis niloticus</i>	28,5	0,425	< 0,2	--	No Piscívoro
<i>Oreochromis niloticus</i>	28,7	0,385	< 0,2	--	No Piscívoro
<i>Rhamdia Quelen</i>	42	0,460	0,38	0,76	Piscívoro
<i>Cichla ocellaris</i>	32	0,455	< 0,2	--	Piscívoro
<i>Cichla ocellaris</i>	31	0,475	< 0,2	--	Piscívoro
<i>Cichla ocellaris</i>	33,5	0,525	0,25	0,5	Piscívoro
<i>Chaetostoma leucomelas</i>	34,5	0,360	< 0,2	--	No Piscívoro
<i>Chaetostoma leucomelas</i>	32	0,320	< 0,2	--	No Piscívoro
<i>Chaetostoma leucomelas</i>	31,4	0,255	< 0,2	--	No Piscívoro
<i>Chaetostoma leucomelas</i>	39	0,460	< 0,2	--	No Piscívoro
<i>Chaetostoma leucomelas</i>	31,2	0,320	< 0,2	--	No Piscívoro
<i>Chaetostoma leucomelas</i>	33,5	0,390	< 0,2	--	No Piscívoro
<i>Chaetostoma leucomelas</i>	28,7	0,285	< 0,2	--	No Piscívoro
Mindalá					
<i>Oreochromis mossambicus</i>	19,5	0,175	< 0,48	--	No Piscívoro
<i>Oreochromis mossambicus</i>	22,7	0,255	< 0,48	--	No Piscívoro
<i>Oreochromis mossambicus</i>	25,3	0,335	< 0,48	--	No Piscívoro
<i>Oreochromis mossambicus</i>	18,6	0,135	< 0,48	--	No Piscívoro
<i>Oreochromis mossambicus</i>	27	0,392	< 0,48	--	No Piscívoro

ESPECIE	LONGITUD (CM)	PESO (KG)	CONCENTRACIÓN (MG HG /KG)	HQ	ALIMENTACIÓN
<i>Oreochromis mossambicus</i>	20,8	0,205	< 0,48	--	No Piscívoro
<i>Oreochromis mossambicus</i>	22,3	0,150	< 0,48	--	No Piscívoro
<i>Oreochromis mossambicus</i>	23,8	0,195	< 0,48	--	No Piscívoro
<i>Oreochromis mossambicus</i>	20,5	0,155	< 0,48	--	No Piscívoro
<i>Oreochromis mossambicus</i>	19,2	0,130	< 0,48	--	No Piscívoro
<i>Oreochromis mossambicus</i>	20	0,138	< 0,48	--	No Piscívoro
<i>Oreochromis mossambicus</i>	18,5	0,132	< 0,48	--	No Piscívoro
<i>Oreochromis mossambicus</i>	17,8	0,120	< 0,48	--	No Piscívoro
<i>Oreochromis mossambicus</i>	19,7	0,150	< 0,48	--	No Piscívoro
<i>Oreochromis mossambicus</i>	23	0,205	< 0,48	--	No Piscívoro
<i>Oreochromis mossambicus</i>	24,5	0,208	< 0,48	--	No Piscívoro
<i>Oreochromis mossambicus</i>	24	0,210	< 0,2	--	No Piscívoro
<i>Oreochromis mossambicus</i>	26,2	0,320	< 0,2	--	No Piscívoro
<i>Oreochromis mossambicus</i>	25,7	0,295	< 0,2	--	No Piscívoro
<i>Oreochromis mossambicus</i>	19,6	0,170	< 0,2	--	No Piscívoro
<i>Oreochromis mossambicus</i>	25	0,290	< 0,2	--	No Piscívoro
<i>Oreochromis mossambicus</i>	25,6	0,280	< 0,2	--	No piscívoro

ANEXO C.

Tabla I. Número más probable (N.M.P) de coliformes presentes en 100 c.c de la muestra de agua, determinada por el número total de tubos positivos luego de su incubación.

Número de tubos que dan reacción positiva entre			N.M.P para 100 c.c	Límites de confianza del 95%	
3 tubos de 10 c.c	3 tubos de 1 c.c	3 tubos de 0.1 c.c		Limite inferior	Límite superior
0	0	1	3	0.5	9
0	1	0	3	0.5	13
1	0	0	4	0.5	20
1	0	1	7	1	21
1	1	0	7	1	23
1	1	1	11	3	36
1	2	0	11	3	36
2	0	0	9	1	36
2	0	1	14	3	37
2	1	0	15	3	44
2	1	1	20	7	89
2	2	0	21	4	47
2	2	1	28	10	149
3	0	0	23	4	120
3	0	1	39	7	130
3	0	2	64	15	379
3	1	0	43	7	210
3	1	1	75	14	230
3	1	2	120	30	380
3	2	0	93	15	380
3	2	1	150	30	440
3	2	2	210	35	470
3	3	0	240	36	1300
3	3	1	460	71	2400
3	3	2	1100	150	4800

De: Standard Methods for the examination of water and wastewater, 12 Ed. New York. The American public Health Association p 608.

ANEXO D. Registro fotográfico

1. Adquisición y transporte de 2 especies de genero de (*Oreochromis mossambicus*, *oreochromis niloticus*)



Fotografía 1. Selección especies



Fotografía 2. Captura de peces



Fotografía 3. Almacenamiento de peces



Fotografía 4. Transporte

2. Adaptación de 2 especies del genero oreochromis (*Oreochromis mossambicus*, *Oreochromi niloticus*) en condición in vitro, para posterior estandarización de las especies.



Fotografía 5. Especies *Oreochromi niloticus* in vitro



Fotografía 6. Especie *Oreochromis mossambicus* in vitro

3. Disección de 2 especies (*Oreochromis mossambicus*, *Oreochromis niloticus*) en condiciones in vitro para posterior extracción de branquias y órganos.



Fotografía 7. Preparación de peces para disección



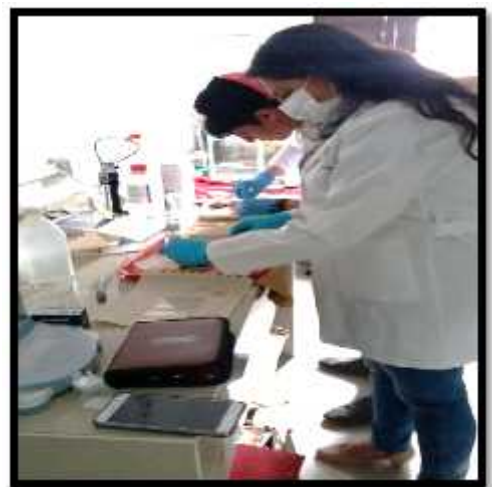
Fotografía 8. Reconocimiento de órganos



Fotografía 9. Disección de especies



Fotografía 10. Disección y reconocimiento de gonadas



Fotografía 11. Organización de materiales



Fotografía 12. Extracción de branquias



Fotografía 13. Rotulado especies

4. Salida de campo. Toma de parámetros fisicoquímicos



Fotografía 14. Organización de elementos y equipos para muestreo.



Fotografía 15. Toma de parámetros fisicoquímicos.



Fotografía 16. Medición de parámetros fisicoquímicos.



Fotografía 17. Rotulación de muestras



Fotografía 18. Almacenamiento de muestras.



Fotografía 19. Transporte de muestras bajo cadena de custodia.

5. Ensayo biológico



Fotografía 20. Captura de peces.



Fotografía 21. Mesa de trabajo para disección .



Fotografía 22. Sacrificio de peces.



Fotografía 23. Medición longitud y peso del pescado.



Fotografía 24. Disección de peces.



Fotografía 25. Extracción de branquias.

6. Parámetros fisicoquímicos en laboratorio.



Fotografía 26. Montaje prueba presuntiva de materia orgánica.



Fotografía 27. Prueba presuntiva.



Fotografía 28. Incubación en cajas petri.



Fotografía 29. Resultados prueba confirmativa.

7. Grupo de trabajo



Fotografía 30. Trabajo en laboratorio.



Fotografía 31. Trabajo en campo.



Fotografía 32. Equipo de trabajo.



Fotografía 33. Equipo de trabajo.

