

REPÚBLICA DOMINICANA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL CIBAO ORIENTAL
Universidad Estatal



Facultad de Postgrado y Educación Continuada

Trabajo Final para Optar por el Título de Magister en Auditoria y Gestión Ambiental.

TÍTULO:

**EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LOS PASIVOS AMBIENTALES
MINEROS EN EL RECURSO HÍDRICO DE LA CUENCA DEL RIO
MARGAJITA, COTUÍ, PROVINCIA SÁNCHEZ RAMÍREZ**

Sustentando por:

Luis Alberto Rodríguez Hernández

Dilbania Mercedes Reynoso Santiago

Asesor:

Yuri Duran

Cotuí, Provincia Sánchez

Ramírez Año académico 2024

TÍTULO:

**EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LOS PASIVOS AMBIENTALES
MINEROS EN EL RECURSO HÍDRICO DE LA CUENCA DEL RIO
MARGAJITA, COTUÍ, PROVINCIA SÁNCHEZ RAMÍREZ**

Hoja de Evaluación.

Título: Evaluación del impacto de los pasivos ambientales mineros en el recurso hídrico de la cuenca del río Margajita, Cotuí, provincia Sánchez Ramírez.

Sustentado Por:

Luis Alberto Rodríguez Hernández
Dilbania Mercedes Reynoso Santiago

Asesorado Por:

Yuri Duran.

Trabajo de postgrado sometido a la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO).
Como requisito parcial para obtener el título de Maestría en Auditoría y Gestión Ambiental.

Miembro de Comité Evaluador.

Calificación_____

Cotuí, Provincia Sánchez Ramírez
República Dominicana, año 2024.

Declaración de Autoría.

Los conceptos emitidos en el presente trabajo de postgrado son responsabilidad de los sustentantes de este. Las citas, consultas bibliográficas se han realizado respetando el derecho de autor; por tanto, se libera a la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO) de su responsabilidad, sin embargo, para la reproducción total o parcial se requiere de su autorización.

Sustentado Por:

Luis Alberto Rodríguez Hernández
Dilbania Mercedes Reynoso Santiago

Índice de Contenido

Agradecimientos.....	i
Dedicatoria	ii
Resumen	iv
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.1.1 Antecedentes Internacionales	1
1.1.2 Antecedentes Nacionales.....	6
Documentos sobre la Microcuenca del Río Margajita	7
1.2 Planteamiento del problema	7
1.3 Justificación	8
1.4 Objetivos	10
1.4.1 Objetivo general	10
1.4.2 Objetivos específicos.....	11
1.5 Variables e indicadores	11
1.6 Alcance y limite	12
1.6.1 Alcance.....	12
1.6.2 Delimitación persona.....	12
1.6.3 Delimitación en el tiempo	12
1.6.4 Delimitación espacial	13
1.6.5 Límites	13
1.7 Definición de términos	13
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	18
2.1 Introducción	18
2.2 Pasivos Ambientales Mineros	18
Definición y Causas:	18
2.3 Mecanismos resilientes, adaptativos y preventivos para posibles riesgos	20
2.4 Reaprovechamiento y reutilización de pasivos ambientales mineros	21
2.4.1 Desarrollo sostenible	21
2.4.2. Capital natural crítico	21
2.4.3 Desarrollo sostenible y calidad del agua	22
2.5 Plan de manejo ambiental	22
2.5.1 Fuentes de contaminación puntual	23
2.6. Pasivos ambientales	23
2.6.1. Efectos de los pasivos ambientales	23
2.6.2. Generación y caracterización de pasivos ambientales	23
2.6.3. Ejemplos de pasivos ambientales	24
2.6.4. Valoración del pasivo ambiental	25
2.6.5. Conflictos sociales relacionados a pasivos ambientales.....	25
2.7. Diagnósticos de áreas naturales	26
2.7.1 Subcuenca hidrográfica	26
2.8. Estándares de calidad	27
2.8.1. Recurso agua	27
2.8.2. pH	27
2.8.3. Demanda química de oxígeno (DQO).....	27
2.8.4. Turbidez.....	28
2.8.5. Oxígeno disuelto.....	29
2.8.6. Coliformes	29

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO	30
3.1 Introducción	30
3.2 Marco Metodológico	30
3.3 Diseño y tipo de investigación	31
3.4 Enfoque	31
3.5 Descripción de la población y selección de muestra	31
3.6 Métodos y técnicas de recolección de datos	33
3.7 Procedimiento de la investigación	33
3.8 Métodos y técnicas de análisis de datos	34
CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	35
4.1 Introducción	35
4.2 Presentación de resultados	35
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	47
5.1 Introducción	47
5.2 Discusión de los resultados	47
5.3 Conclusiones	52
5.4 Recomendaciones.....	54
Bibliografía	58
Anexos.....	60

Índice de tablas.

Tabla 1: Monitoreo realizado en el rio Margajita en el mes de abril del 2024.	35
Tabla 2: Monitoreo realizado en el rio Margajita en el mes de mayo del 2024.	36
Tabla 3: Monitoreo realizado en el rio Margajita en el mes de junio del 2024.....	37
Tabla 4: Monitoreo realizado en el rio Margajita en el mes de julio del 2024.	39
Tabla 5: Resultados fisicoquímicos 1 de 2.....	41
Tabla 6: Resultados Fisicoquímicos, 2 de 2.....	43

AGRADECIMIENTOS

A Dios:

Por darnos la existencia y la fuerza de enfrentar los tropiezos de la vida y vencer las adversidades.

Al Ministerio de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (MESCYT):

Por su invaluable apoyo financiero y académico que hizo posible la realización de esta investigación, con su contribución al desarrollo de la investigación científica en el país y por brindarnos la oportunidad de formar parte de esta comunidad.

A la UTECO:

Por permitirnos convertirnos en unos profesionales de cuarto nivel, para satisfacer las expectativas de los nuevos tiempos.

A nuestro asesor:

Yuri Duran, por su gran esfuerzo, paciencia y su gran colaboración, para poder alcanzar nuestro objetivo de terminar la tesis de maestría en Auditoría y Gestión Ambiental.

Dedicatoria

A Dios, por darme la fortaleza, sabiduría y paciencia para alcanzar esta meta.

A mi madre, Augusta Hernández, quien, a pesar de nuestras diferencias, siempre estuvo allí para apoyarme en decisiones importantes.

A mi padre, Severino Nicolás, y a mis hermanos: Sandy Alberto Rodríguez, Rosa Iris Rodríguez y Francisco Alberto Rodríguez, por su constante apoyo.

A mi esposa, Alba Iris Guzmán, por acompañarme a todas las clases y ser un pilar fundamental en este proceso.

A mi hija, Lois Iris Rodríguez, quien ha sido mi motor y fuente de inspiración para seguir adelante.

A mis compañeros de clase, especialmente al grupo #6: Dilbania Mercedes, Ismer Evangelista, Daniel Luciano y todos aquellos con los que compartí este camino de aprendizaje.

Luis Alberto Rodríguez Hernández

Dedicatoria

A Dios, por ser mi guía y fortaleza en todo momento.

A mi padre, Gilberto Reynoso, quien me guía desde el cielo, y a mi madre, Luciana Santiago, por su inquebrantable dedicación y esfuerzo para sacarme adelante.

A mi familia en general, por su constante apoyo y amor.

A Yohancel Medina, por estar siempre a mi lado y brindarme su apoyo incondicional.

A mis ex compañeros del Ministerio de Energía y Minas, especialmente a Francisco Diplan, Erickson Hernández y Eduardo Suárez, por su disposición y colaboración en este proceso.

A mi mejor amiga, Carmen Cepeda, por su amistad inquebrantable, por siempre estar para mí y por hacer de su hogar el mío.

A mis compañeros de grupo, Ismer Evangelista, Luis Rodríguez, Daniel Luciano y Yenifer Rubio, por hacer de este trayecto una experiencia más llevadera y enriquecedora.

A la Facultad de Posgrado, en especial a la coordinadora Glenny López, por su paciencia y constante disposición para ayudar.

Dilbania Mercedes Reynoso Santiago

REPÚBLICA DOMINICANA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL CIBAO ORIENTAL
(UTECO)



Resumen

Tema: Evaluación del impacto de los pasivos ambientales mineros en el recurso hídrico de la cuenca del río Margajita, Cotuí, provincia Sánchez Ramírez.

Autores: Luis Alberto Rodríguez Hernández y Dilbania Mercedes Reynoso Santiago.

Asesor: Yuri Duran

La presente investigación tuvo como objetivo general, Evaluar el impacto de los pasivos ambientales mineros en el recurso hídrico de la cuenca del río Margajita, Cotuí, provincia Sánchez Ramírez.

Para los fines de estudios la metodología utilizada fue una investigación descriptiva la cual se enfoca en realidades de hechos, y su característica fundamental es la de presentar una interpretación correcta. Los resultados muestran lo siguiente:

El monitoreo del río Margajita entre abril y julio de 2024 revela la presencia de pasivos ambientales mineros que afectan la calidad del agua. Se observó una variabilidad en el pH, destacando un valor extremadamente ácido en mayo (pH 4.75), indicando posible lixiviación ácida de minerales sulfurados. Además, la conductividad eléctrica fluctuó significativamente, alcanzando hasta 3.892 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en junio, lo que sugiere una alta concentración de iones disueltos provenientes de contaminantes minerales. También se registró una disminución del oxígeno disuelto en los meses cálidos, lo que podría deberse a procesos de oxidación de minerales o mayor demanda biológica. Las comunidades locales, dependientes del río para actividades diarias, enfrentan riesgos para la salud y la economía por la contaminación, especialmente por la posible presencia de metales pesados.

Para mitigar estos impactos, se proponen medidas como la remediación de pasivos mineros mediante sistemas de humedales artificiales y reforestación, un monitoreo continuo de la calidad del agua, programas de educación ambiental para las comunidades y el fortalecimiento del marco regulador. Estas acciones buscan una gestión sostenible del recurso hídrico, clave para proteger la salud pública y garantizar el desarrollo económico de las comunidades locales.

CAPITULO I INTRODUCCIÓN

Introducción

La microcuenca del río Margajita, en Cotuí, es más que un río; es la fuente de vida para las comunidades que dependen de ella. Pero la sombra de la minería ha dejado pasivos ambientales que amenazan esta fuente vital. La presa de Hatillo, que recibe sus aguas, es un tesoro estratégico que ahora enfrenta peligros por la contaminación.

En este capítulo contiene los antecedentes, el planteamiento del problema, la justificación, los objetivos, las variables e indicadores, el alcance y límites y el marco contextual.

1.1 Antecedentes

La evaluación del impacto de los pasivos ambientales mineros en los recursos hídricos es un tema de creciente importancia a nivel mundial. En muchas regiones del mundo, la minería ha dejado un legado de contaminación que afecta gravemente la calidad del agua, poniendo en riesgo tanto la salud humana como la biodiversidad acuática. Este problema se ha abordado en diversos estudios e informes a nivel global, proporcionando un marco de referencia esencial para comprender y mitigar los efectos negativos de las actividades mineras en los ecosistemas acuáticos. (Santana, 2021).

1.1.1 Antecedentes Internacionales

A nivel internacional, numerosos estudios han destacado la gravedad de la contaminación de aguas por actividades mineras. Por ejemplo, el **"Informe Mundial sobre Desarrollo de los Recursos Hídricos"** de la UNESCO ha documentado ampliamente cómo la minería contribuye a la contaminación de fuentes hídricas, afectando tanto la disponibilidad como la calidad del agua. Este informe subraya la necesidad de implementar medidas de mitigación y de realizar una gestión sostenible de los recursos hídricos para protegerlos de los efectos negativos de la minería.

Otro documento relevante es el "Global Tailings Review" de 2020, que examina la seguridad y la gestión de los relaves mineros a nivel mundial. Este informe proporciona directrices para la gestión segura de los relaves mineros, enfatizando la importancia de prevenir la contaminación de los recursos hídricos y de rehabilitar los sitios afectados por la

minería.

Estudio sobre la Contaminación del Río Santa en Perú: Este estudio proporciona un análisis detallado de la calidad del agua afectada por relaves mineros en el río Santa, revelando niveles elevados de metales pesados como arsénico, cadmio y plomo, que superan los estándares de calidad ambiental para el agua.

Guía para la Gestión Integral de Agua y Minería en Cuencas Áridas y Semiáridas: Este documento propone diversas técnicas de remediación de suelos contaminados y residuos sólidos asociados a la actividad minera, agrupándolas en categorías físicas, químicas, térmicas y biológicas.

Evaluación de los Riesgos Generados por Pasivos Ambientales Mineros en Huancayo, Perú: Este trabajo se centró en la identificación y evaluación de pasivos ambientales en una planta metalúrgica, utilizando metodologías de análisis de muestras de suelo y agua para estimar los niveles de riesgo y priorizar acciones de mitigación.

Alarcón, J. (2019) menciona que, actualmente, es importante determinar la calidad del agua superficial frecuentemente; no obstante, con el transcurso de los años se desarrollaron múltiples métodos, estos cambian en función a la cantidad de parámetros, ponderaciones y a una fórmula matemática.

La calidad del recurso hídrico se determina comparando los parámetros evaluados con la última actualización de Normativa ambiental vigente para Agua realizada por la máxima autoridad ambiental. (ANA, 2020).

La ANA, a partir del 2009, realiza periódicamente acciones de vigilancia a los recursos hídricos, esto incluye la georreferenciación de fuentes de contaminación y el monitoreo periódico con la finalidad de evaluar la calidad del recurso hídrico de los diferentes cuerpos de agua, tales como: lagos, lagunas y ríos.

Un informe elaborado por el Ministerio de Agricultura (2010) indica que los efluentes sin tratar se vierten en la ciudad que juntamente con el desarrollo de actividades informales como la minería artesanal afectan a la calidad de los ríos Rímac, Mantaro, Madre de Dios, Chile, Santa, Chira, Piura y Llaucano, los cuales han sido identificados como los ríos más peligrosos.

La ANA (2020) presentó la “Metodología para la Determinación del Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS)”, la cual tiene la finalidad de simplificar la comprensión, interpretación y comunicación de los resultados de monitoreo. El ICARHS es un procedimiento de cálculos matemáticos que une y organiza un determinado número de parámetros, el cual facilita convertir estos datos en un valor cualitativo que clasifica en Excelente, Bueno, Regular, Malo y pésimo según el valor obtenido en una determinada estación de monitoreo.

Basándonos en distintas experiencias e investigaciones tenemos el caso de Díaz G. (2018) cuya investigación determinó el ICA en el río Naranjos estableciendo tres estaciones de monitoreo para nueve parámetros de calidad de agua, entre ellos son: Sólidos Totales disueltos, Turbidez, Nitratos, Fosfatos, Oxígeno disuelto, Coliformes fecales, pH, Temperatura y DBO_5 ; los datos obtenidos fueron de 32.01 en setiembre y 37.15 en diciembre, estos valores están dentro del rango de 30 a 44 que de acuerdo con el ICA significa que las aguas presentan contaminación orgánica, dados estos resultados, se determinó que estos valores exceden lo exigido en la normativa ambiental ya que frecuentemente las condiciones aceptables se encuentran en peligro debido a los vertimientos que se producen en esa localidad.

Reátegui, O. (2018), estableció 4 puntos de monitoreo para realizar el muestreo mensual por un periodo de 4 meses de 10 parámetros de calidad de agua. Los parámetros: Turbidez, Hierro, Manganeseo, pH y Coliformes fecales presentaron variaciones de acuerdo con las épocas del año. Además, quedó comprobado que, en los parámetros de Fosfatos, Turbidez, DBO_5 y Coliformes totales exceden a lo determinado en la normativa ambiental vigente para agua. Asimismo, los autores concluyeron que la calidad del recurso hídrico de la quebrada Pucayacu, tiene un valor igual a 59.98, este se encuentra en el rango regular; incumpliendo con la normativa del ministerio de Salud.

Chuquimbalqui, Y. (2017), evaluó los siguientes parámetros de calidad de agua: Sólidos Totales Disueltos, Fosfatos, Potencial de Hidrogeno, Temperatura, Coliformes fecales, Turbidez, Nitratos, DBO_5 y Oxígeno Disuelto con el objetivo de obtener ICA en el río Tío Yacu que pertenece a la región San Martín. Los resultados obtenidos demostraron que el valor de 82.69 significa un agua de buena calidad según el rango de clasificación.

Entre el 2014 y 2016 se realizó la evaluación de los resultados de los parámetros en el monitoreo de calidad de agua en el río Moche, para esta evaluación se tomaron a todos los puntos de monitoreo establecidos por la ANA, en esta se utilizó la metodología del ICA desarrollada por la Fundación de Sanidad Nacional de Estados Unidos (NSF), en la cual se eligieron los diferentes parámetros: pH, DBO_5 , Oxígeno Disuelto, Coliformes totales, Temperatura, Fosfatos, Nitratos, Turbidez y Sólidos totales; de acuerdo a la evaluación realizada, se determinó un índice de calidad a nivel general media. (Rodríguez Calapiña, 2019)

Iparraguirre, y Gavidia. (2021), realizaron la comparación del índice de calidad de agua en la cuenca del río Moche utilizando la metodología del Índice de Calidad del Agua-Perú (ICA-PE), en época de estiaje en el periodo 2013 – 2018. Para realizar esta comparación eligieron 19 puntos de monitoreo de la Autoridad Nacional del Agua, estas se encuentran ubicadas en la cuenca del río Moche; además, eligieron parámetros que probablemente influyen en la contaminación de la calidad de agua y que se encuentran dentro de lo establecido en la metodología ICA-PE. Dentro de sus comparaciones, observaron que existe una variación significativa al evaluar el ICAPE por parámetro que por año, además en la comparación con normativa ambiental vigente para agua se demostró que únicamente en los parámetros de conductividad y boro cumplen con la categoría 3 y 4, asimismo, los parámetros restantes tuvieron una calificación entre Regular, Pésimo, y Malo por lo cual, las autoras propusieron un Plan de Manejo de Recuperación para así ayudar la conservación y restauración de la cuenca.

Neyra E. y Llenque, E. (2011), determinaron el nivel de contaminación del río moche ya que sus aguas sirven para abastecer a las poblaciones cercanas de la cuenca. Tomaron muestras en Simbal y Poroto ya que, de acuerdo con el mapeo de la zona, se observaron que existen diversos vertimientos de diversas unidades mineras en operación que desembocan en estos puntos, asimismo, en la comunidad de Quiruvilca existen Pasivos Ambientales Mineros producto de la inoperatividad de las minas de Salpo y Moche. Las muestras fueron recolectadas por un periodo de 6 meses, y los parámetros evaluados fueron: plomo, cadmio, zinc, mercurio, cobre y manganeso. Los autores determinaron que los valores en plomo, cadmio y hierro exceden los ECA - Agua, demostrando que existe alteración de la calidad del recurso hídrico del río moche.

De acuerdo con el Decreto Supremo N° (PCM, 2020), que fue emitido en diciembre del 2020, el Río Moche fue declarado en estado de emergencia por representar un peligro próximo ante la contaminación de sus aguas superficiales por consecuencia de las diferentes productivas que se desarrollan a lo largo de la cuenca, en las cuales generan diferentes impactos significativos que perjudican los componentes del medio ambiente, específicamente, el agua. Asimismo, este estado de emergencia fue prorrogado a partir de abril del 2021 a través del Decreto Supremo N° (081-2021.PCM, 2021) con la finalidad de ejecutar medidas correctivas destinadas a la disminución del alto peligro de contaminación que existe en esta cuenca.

La tesis "Evaluación de la Contaminación por Relaves en el Río Santa" proporciona un análisis exhaustivo de la calidad del agua afectada por relaves mineros en el río Santa, específicamente en la zona de influencia de los relaves ubicados en Ticapampa, Recuay, Ancash. Los resultados del estudio revelan que las concentraciones de metales pesados como arsénico (As), cadmio (Cd) y plomo (Pb) en el agua superan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, indicando una contaminación significativa. Las muestras tomadas en diez puntos diferentes del río mostraron niveles elevados de estos metales, lo que confirma el impacto negativo de los relaves mineros en la calidad del agua. (JAVIER, 2018)

El documento "Agua y Minería en Cuencas Áridas y Semiáridas: Guía para la Gestión Integral" propone varias técnicas de remediación de suelos contaminados y residuos sólidos asociados con la actividad minera. Estas técnicas se agrupan en categorías físicas, químicas, térmicas y biológicas. Las metodologías físicas incluyen el lavado o lixiviación de suelos, la vitrificación para producir vidrio estabilizado, y la estabilización con cemento, cal, arcilla y polímeros. En el ámbito biológico, destacan la bioremediación in situ y la fitorremediación, esta última utiliza plantas para extraer o estabilizar contaminantes en el suelo. Además, se mencionan técnicas como la electrocinética, la estabilización, la fijación, el lavado de suelos, la pirometalurgia, el tratamiento químico y la contención/encapsulado. (Loredo Pérez, y otros, 2009)

En el estudio realizado por Rafael Vladimir Cervantes Rojas y Jimmy Carlos Molero Cáceres en el distrito de El Tambo - Huancayo, se evaluaron los riesgos generados por pasivos ambientales mineros. Este trabajo se centró en la identificación y evaluación de pasivos ambientales en una planta metalúrgica en Huancayo, con el objetivo de comprender el impacto ambiental y los riesgos asociados. Se utilizaron metodologías de análisis de

muestras de suelo, agua y evaluación de la calidad del agua para estimar los niveles de riesgo y priorizar acciones de mitigación. (Cervantes Rojas & Molero Cáceres, 2022)

1.1.2 Antecedentes Nacionales

Peña, (2020), realizó una investigación titulada “diagnóstico de la situación ambiental de la cuenca del río Jaya: zona urbana y semi-urbana”, tiene como objetivo general, contribuir al mejoramiento de su condición ambiental actual. El ámbito del estudio abarca desde la comunidad de Las Guázumas hasta Genimillo, San Francisco de Macorís. Y en la zona recorrida, se realizaron entrevistas a todos los jefes de juntas de vecinos y empresas colindantes, se tomaron fotos, se analizaron once muestras de agua, tomadas en puntos diferentes del río y se efectuaron tres aforos, lográndose así tener una idea del nivel de contaminación del río y la calidad de vida de sus pobladores. Se trata de ayudar a que la comunidad Franco-macorisana sea alertada y se logren aunar esfuerzos para recuperar esta fuente hídrica tan importante para nuestra sociedad.

León (2022), investigó el tema titulado Caracterización y análisis del manejo de los residuos sólidos en la Cuenca Baja del Río Yuna para mitigar los impactos de los vertederos municipales. Se realiza un diagnóstico preliminar o caracterización ambiental sobre la gestión de los residuos sólidos y estado de la disposición final de quince municipios que conforman La Cuenca Baja del Río Yuna. Se realiza esta investigación por la preocupación sobre la gestión inadecuada de residuos sólidos y la ubicación de los sitios de disposición final (vertederos), ubicados en la cercanía cuenca hidrográfica Baja del Río Yuna.

La problemática de los sitios de disposición final o vertedero, inicia desde su ubicación misma, ya que varios vertederos se localizan en zonas vulnerables, cercanos a lechos de agua, o asentamientos humanos; los vertederos son una fuente de contaminación latente capaces de contaminar medios como el agua, suelo y el aire y ocasionar problemas en la salud. Se presenta un análisis detallado de los principales impactos ambientales causados por la gestión inadecuada de los residuos sólidos en todas sus etapas, desde la generación, la recolección, el transporte y la disposición final, enfocándose en el impacto causado por el emplazamiento de los vertederos en la zona baja de la cuenca del Río Yuna. Se propone implementar un Plan de Gestión Integral del Manejo de Residuos Sólidos Municipales, que incluya el cierre técnico y/o adecuación de los vertederos existentes, tomando como línea base, la aplicación de la nueva Ley 225-20 de Gestión Integral de

Residuos Sólidos y Coprocesamiento de la República Dominicana.

Documentos sobre la Microcuenca del Río Margajita

Hasta la fecha, la documentación específica sobre la microcuenca del río Margajita es limitada en comparación con otros estudios más amplios sobre la contaminación minera. Sin embargo, este estudio contribuirá significativamente a llenar este vacío al proporcionar un análisis detallado de los impactos ambientales en esta región específica.

Las actividades mineras cercanas a la Microcuenca Río Margajita fueron:

La mina Rosario fue operada por la empresa Rosario Dominicana desde 1975 hasta 1999. Durante este tiempo, la mina fue una de las principales explotaciones de oro en la región y generó diversos pasivos ambientales y En 2006, Barrick Gold Corporation adquirió los derechos de explotación minera en la región y comenzó sus operaciones en 2012 bajo el nombre de Pueblo Viejo hasta la fecha actual (2024).

1.2 Planteamiento del problema

La cuenca del río Margajita, ubicada en Cotuí, provincia Sánchez Ramírez, es una región de gran importancia ecológica y económica para sus habitantes. Este río es un recurso hídrico esencial para las actividades domésticas, agrícolas, ganaderas y recreativas de la comunidad. Sin embargo, en los últimos años, el desarrollo de la actividad minera en la zona ha generado una creciente preocupación debido a los pasivos ambientales que resultan de las operaciones extractivas.

Los pasivos ambientales mineros se refieren a los impactos negativos en el medio ambiente, como residuos sólidos, relaves, contaminantes químicos y otros desechos generados por la minería que no han sido adecuadamente gestionados o remediados. Estos residuos pueden contener metales pesados y otras sustancias tóxicas que, si no se manejan de manera efectiva, pueden filtrarse y contaminar los cuerpos de agua circundantes, como el río Margajita.

La contaminación del recurso hídrico debido a pasivos mineros puede tener graves consecuencias para la salud humana y el ecosistema. La presencia de metales pesados y otros contaminantes puede afectar la calidad del agua, haciéndola inadecuada para el consumo humano y animal, así como para la irrigación de cultivos.

Además, estos contaminantes pueden bioacumularse en la fauna acuática, afectando la biodiversidad y, eventualmente, la seguridad alimentaria de las comunidades locales que dependen del río.

A pesar de la importancia de esta problemática, se ha observado una falta de estudios exhaustivos que evalúen el impacto real de los pasivos ambientales mineros sobre el recurso hídrico de la cuenca del río Margajita. Las investigaciones realizadas hasta la fecha han sido limitadas en alcance y no han proporcionado un análisis completo de la contaminación, la distribución de los contaminantes, ni los efectos a largo plazo sobre la salud y el medio ambiente. Esta carencia de datos científicos y análisis detallados impide la implementación de estrategias de mitigación y remediación adecuadas, así como la adopción de políticas públicas eficaces para la protección del recurso hídrico y la salud de la población.

En este contexto, se plantea la necesidad urgente de realizar un estudio detallado y sistemático que evalúe el impacto de los pasivos ambientales mineros en el recurso hídrico de la cuenca del río Margajita. Este estudio debe incluir la identificación y cuantificación de contaminantes, la evaluación de los efectos sobre la calidad del agua y la salud pública, así como la propuesta de medidas de mitigación y restauración ambiental.

Por lo tanto, se realizarán análisis de agua para detectar la presencia de contaminantes, estudios sobre la biodiversidad acuática y encuestas a la población local sobre la percepción de la calidad del agua y los efectos sobre su salud. Los resultados de esta investigación contribuirán a una comprensión más clara del problema y proporcionarán una base sólida para la toma de decisiones en la gestión y protección del recurso hídrico de la cuenca del río Margajita.

1.3 Justificación

La cuenca del río Margajita en Cotuí, provincia Sánchez Ramírez, representa un ecosistema vital tanto para el medio ambiente como para las comunidades locales que dependen de sus recursos hídricos para diversas actividades. Sin embargo, la presencia de actividades mineras en la región ha introducido una serie de desafíos ambientales significativos, especialmente relacionados con los pasivos ambientales mineros. Estos pasivos, que consisten en

los residuos y contaminantes resultantes de las operaciones mineras, suponen una amenaza latente para la calidad del agua y la salud del ecosistema acuático. (Sánchez, 2021).

El río Margajita es una fuente crucial de agua dulce que sustenta tanto la biodiversidad local como las actividades económicas, tales como la agricultura, la ganadería y la pesca. La contaminación de este recurso compromete la sostenibilidad de estas actividades, afectando directamente a la economía local y el bienestar de las comunidades que dependen del río para su sustento diario. (Ortega, 2019).

La exposición a metales pesados y otros contaminantes provenientes de los pasivos ambientales mineros puede tener consecuencias graves para la salud humana, incluyendo enfermedades neurológicas, renales y respiratorias, entre otras. La población que utiliza el agua del río Margajita para beber, cocinar y bañarse está potencialmente expuesta a estos riesgos, lo que hace urgente la necesidad de evaluar la calidad del agua y proponer medidas de mitigación.

Hasta la fecha, los estudios sobre los efectos de la minería en el río Margajita han sido limitados y no han abordado de manera integral la magnitud de la contaminación ni sus efectos a largo plazo. Esta falta de datos concretos impide el desarrollo de políticas ambientales eficaces y la aplicación de medidas de mitigación basadas en evidencia científica. Un estudio detallado proporcionará los datos necesarios para comprender plenamente el impacto de los pasivos mineros y para orientar la formulación de políticas públicas que protejan el recurso hídrico y la salud de las comunidades.

Los ecosistemas acuáticos son altamente sensibles a la contaminación, y la presencia de metales pesados y otros contaminantes puede alterar significativamente las cadenas tróficas, reducir la biodiversidad y causar la muerte de especies acuáticas. Un análisis detallado del impacto de los pasivos ambientales mineros es crucial para desarrollar estrategias de conservación y restauración que protejan la biodiversidad y mantengan la salud ecológica del río Margajita.

Las empresas mineras tienen la responsabilidad de operar de manera sostenible, minimizando los impactos negativos en el medio ambiente y

cumpliendo con las normativas ambientales vigentes. Evaluar el impacto de los pasivos ambientales mineros en el río Margajita no solo es fundamental para proteger el medio ambiente y la salud pública, sino también para garantizar que las actividades mineras se lleven a cabo de manera responsable y conforme a las leyes ambientales.

Involucrar a las comunidades locales en el proceso de evaluación del impacto ambiental y en la implementación de soluciones es esencial para garantizar el éxito a largo plazo de cualquier medida de mitigación. Este estudio puede servir como una plataforma para educar a la población sobre los riesgos asociados con la contaminación minera, fomentar la participación en la protección de los recursos hídricos y fortalecer el empoderamiento comunitario para exigir la rendición de cuentas de las empresas mineras y las autoridades gubernamentales.

La realización de este estudio contribuye al desarrollo sostenible de la región al proporcionar una base sólida para la gestión racional de los recursos naturales, promoviendo la coexistencia entre el desarrollo económico y la conservación ambiental. A través de la identificación y mitigación de los impactos negativos de la minería, es posible fomentar un modelo de desarrollo que no comprometa la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades.

La evaluación del impacto de los pasivos ambientales mineros en el recurso hídrico de la cuenca del río Margajita es fundamental no solo para entender y mitigar los efectos adversos sobre el medio ambiente y la salud pública, sino también para asegurar el uso sostenible de los recursos naturales y garantizar el bienestar de las comunidades locales. Este estudio aportará conocimientos esenciales que ayudarán a informar políticas públicas, orientar la gestión ambiental y promover prácticas mineras más responsables.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar el impacto de los pasivos ambientales mineros en el recurso hídrico de la cuenca del río Margajita, Cotuí, provincia Sánchez Ramírez.

1.4.2 Objetivos específicos

Caracterizar los pasivos ambientales mineros presentes en la cuenca del río Margajita, identificando su ubicación, tipo de mineralización y posibles fuentes contaminantes.

Realizar un análisis de los niveles de PH, conductividad, total de sólidos disueltos, temperatura, oxígeno disuelto y metales pesados del recurso hídrico de la microcuenca margajita y compararlos con los estándares de calidad ambiental establecido por la normativa vigente.

Identificar Actores Clave y Dinámicas Socioeconómicas considerando las dinámicas de las comunidades locales y su relación con la gestión del recurso hídrico.

Proponer Medidas de Mitigación y Gestión Sostenible para reducir el impacto de los pasivos ambientales mineros en el recurso hídrico y fomentar una gestión sostenible de la cuenca del río Margajita.

1.5 Variables e indicadores

Objetivos	Variables	Indicadores
Caracterizar los pasivos ambientales mineros presentes en la cuenca del río Margajita, identificando su ubicación, tipo de mineralización y posibles fuentes contaminantes.	Pasivos ambientales mineros	Concentración de metales pesados pH del agua Turbidez del agua
Realizar un análisis de los niveles de PH, conductividad, total de sólidos disueltos, temperatura, oxígeno disuelto y metales pesados del recurso hídrico de la microcuenca margajita y compararlos con los estándares de calidad ambiental establecido por la normativa vigente.	Calidad del agua	Niveles de pH Conductividad eléctrica Temperatura del agua Concentraciones de metales pesados (por ejemplo, arsénico, cadmio, plomo).
Identificar Actores Clave y Dinámicas Socioeconómicas considerando las dinámicas de las comunidades locales y su relación con la gestión del recurso hídrico.	Actores Claves Dinámicas Socioeconómicas	Grupos de interés (por ejemplo, agricultores, mineros, autoridades locales) Actividades económicas principales Dependencia del recurso hídrico.
Proponer Medidas de Mitigación y Gestión Sostenible para reducir el impacto de los pasivos ambientales mineros en el	Medidas de Mitigación Gestión Sostenible	Remediación y restauración. Reducción de contaminantes en puntos críticos Iniciativas de educación ambiental y participación comunitaria

1.6 Alcance y limite

Esta investigación tiene como objetivo central evaluar el impacto de los pasivos ambientales mineros en la calidad y disponibilidad del recurso hídrico en la cuenca del río Margajita, ubicada en Cotuí, y su influencia en la presa de Hatillo. Se pretende identificar los contaminantes presentes, realizar un análisis exhaustivo de la calidad del agua y desarrollar medidas de mitigación y estrategias de gestión sostenible. Además, se busca integrar las dinámicas socioeconómicas y promover la participación activa de los actores clave de la región para garantizar soluciones que sean tanto técnicas como socialmente viables.

1.6.1 Alcance

Evaluación de la calidad del agua: Realización de análisis fisicoquímicos y biológicos para determinar la presencia de contaminantes y otros parámetros de calidad en el río Margajita y la presa de Hatillo.

Identificación de pasivos ambientales mineros: Documentación y evaluación de las fuentes de contaminación derivadas de actividades mineras pasadas y presentes que impactan negativamente en la cuenca.

Proposición de medidas de mitigación: Desarrollo de estrategias para minimizar los impactos ambientales negativos identificados, basadas en mejores prácticas internacionales y adaptadas al contexto local.

Integración de dinámicas socioeconómicas: Análisis del impacto de la calidad del agua en las comunidades locales y consideración de sus perspectivas en la formulación de estrategias de gestión.

1.6.2 Delimitación persona

Esta investigación fue realizada por los autores, quienes dirigieron y ejecutaron todas las fases del estudio. Esto incluye desde el diseño metodológico, la recolección y análisis de datos, hasta la interacción con las comunidades locales y actores clave para garantizar un enfoque participativo y alineado con las necesidades del entorno.

1.6.3 Delimitación en el tiempo

El desarrollo de la investigación se llevó a cabo en un periodo de aproximadamente

tres meses. Este lapso cubre todas las etapas clave del estudio, desde la recolección de datos en campo hasta el análisis de resultados y la elaboración de las recomendaciones finales. El periodo fue elegido para asegurar la captura de datos relevantes durante las condiciones estacionales críticas de la región.

1.6.4 Delimitación espacial

La investigación se concentró en el área geográfica correspondiente a la cuenca del río Margajita, ubicada en la provincia de Sánchez Ramírez, República Dominicana. Esta área, que cubre una superficie de 28.50 km² y está compuesta por doce subcuencas, fue seleccionada por su relevancia ecológica, hidrológica y socioeconómica, así como por la influencia directa de las actividades mineras en la región.

1.6.5 Límites

La investigación enfrenta una serie de limitaciones que podrían afectar la precisión y generalización de los resultados obtenidos:

Disponibilidad de datos: Existe una limitada cantidad de datos históricos y actuales sobre la calidad del agua y las actividades mineras en la cuenca del río Margajita, lo cual podría limitar la capacidad de realizar análisis longitudinales y comparativos.

Alcance geográfico: El enfoque restrictivo a la cuenca del río Margajita limita la posibilidad de considerar factores ambientales externos que podrían influir en los resultados.

Recursos: Restricciones en cuanto a tiempo, presupuesto y personal pueden impactar la profundidad del análisis y la implementación de las medidas de mitigación propuestas.

Variaciones estacionales: La dificultad de capturar variaciones estacionales en el periodo de estudio podría afectar la representatividad de los resultados. Asimismo, la extrapolación de los hallazgos a otras regiones con contextos geográficos, geológicos y socioeconómicos diferentes podría ser limitada.

1.7 Definición de términos

Bioacumulación: Es el proceso por el cual los organismos vivos acumulan contaminantes, como metales pesados, en sus tejidos a lo largo del tiempo. La bioacumulación ocurre cuando la tasa de absorción de un contaminante supera la tasa de excreción, lo que puede

llevar a niveles tóxicos en el organismo. Este fenómeno es particularmente preocupante en la cadena alimentaria acuática, ya que los contaminantes pueden concentrarse en niveles más altos en los depredadores superiores, afectando tanto a la biodiversidad como a la salud humana. (Newman & Unger, 2023).

Biodiversidad acuática: Los estándares de calidad ambiental son criterios normativos que definen las concentraciones máximas permitidas de contaminantes en el aire, agua y suelo, para asegurar la protección de la salud humana y el medio ambiente. Estos estándares son utilizados como referencia para evaluar el cumplimiento de las políticas ambientales y las medidas de mitigación de la contaminación. ((FAO), 2024)

Biorremediación: Es un proceso que utiliza organismos vivos, como bacterias, hongos o plantas, para descomponer o neutralizar contaminantes en el medio ambiente, incluyendo suelos y aguas contaminadas. La biorremediación es una estrategia de mitigación que puede ser utilizada para tratar pasivos ambientales mineros, reduciendo los niveles de contaminantes y restaurando los ecosistemas afectados. (Garbisu & Alkorta, 2021).

Calidad del agua: se refiere a las características físicas, químicas, biológicas y microbiológicas del agua, que determinan su adecuación para distintos usos, tales como consumo humano, recreación, agricultura, y procesos industriales. La calidad del agua es medida por parámetros como pH, turbidez, concentración de metales pesados, niveles de oxígeno disuelto, y la presencia de microorganismos patógenos. Estos parámetros son comparados con estándares establecidos para determinar si el agua es apta para su uso previsto. ((OMS), 2017).

Contaminación por metales pesados: Se refiere a la presencia y acumulación de elementos metálicos con una densidad superior a 5 g/cm^3 en el medio ambiente, principalmente en suelos y cuerpos de agua, debido a actividades humanas como la minería, la industria y el uso de pesticidas. Estos metales, que incluyen plomo, mercurio, cadmio y arsénico, pueden ser tóxicos para los organismos vivos incluso en bajas concentraciones. (Gómez, 2014).

Cuencas hidrográficas: son espacios territoriales delimitados por un parteaguas (partes más altas de montañas) donde se concentran todos los escurrimientos (arroyos y/o ríos) que confluyen y desembocan en un punto común llamado también punto de salida de la cuenca, que puede ser un lago (formando una cuenca denominada endorreica) o el mar (llamada

cuenca exorreica). En estos territorios hay una interrelación e interdependencia espacial y temporal entre el medio biofísico (suelo, ecosistemas acuáticos y terrestres, cultivos, agua, biodiversidad, estructura geomorfológica y geológica), los modos de apropiación (tecnología y/o mercados) y las instituciones (organización social, cultura, reglas y/o leyes) (naturales, 2013).

Estándares de calidad ambiental: Son criterios normativos que definen las concentraciones máximas permitidas de contaminantes en el aire, agua y suelo, para asegurar la protección de la salud humana y el medio ambiente. Estos estándares son utilizados como referencia para evaluar el cumplimiento de las políticas ambientales y las medidas de mitigación de la contaminación. ((CEPAL), Estándares de calidad ambiental y su implementación en América Latina, 2003).

Eutrofización: Es un proceso de enriquecimiento de nutrientes, particularmente nitrógeno y fósforo, en cuerpos de agua, lo que provoca un crecimiento excesivo de algas y plantas acuáticas. Este fenómeno puede resultar en la disminución de los niveles de oxígeno disuelto, afectando negativamente a la biodiversidad acuática y la calidad del agua. La eutrofización puede ser exacerbada por la contaminación minera, que introduce nutrientes y otros contaminantes en los cuerpos de agua. (Smith, 2023).

Gestión integrada de cuencas hidrográficas: Es un enfoque que busca la gestión sostenible de los recursos hídricos en una cuenca hidrográfica, considerando las interacciones entre el medio biofísico, las actividades humanas y las necesidades de los ecosistemas. Este enfoque es clave en áreas afectadas por la minería, donde es necesario coordinar las actividades extractivas con la conservación del agua y la biodiversidad. (Dourojeanni, 2021).

Impacto ambiental: Es el efecto que produce una determinada acción humana sobre el medio ambiente en sus distintos aspectos o la alteración que introduce una actividad humana en su entorno, este último concepto identifica la parte del medio ambiente afectada por la actividad, o más ampliamente, que interactúa con ella. (Perevochtchikova, 2013)

Lixiviación: Es el proceso mediante el cual los contaminantes, como los metales pesados, son disueltos y transportados a través del suelo hacia cuerpos de agua subterráneos o superficiales. La lixiviación es un problema común en las zonas mineras, donde los residuos mineros pueden liberar contaminantes al medio ambiente, afectando la calidad del

agua. (EPA, 2024).

Minería a cielo abierto: es un método de explotación de recursos minerales que se realiza en la superficie terrestre. Se caracteriza por la remoción de grandes cantidades de suelo y roca para extraer los minerales de interés que se encuentran cerca de la superficie. Este tipo de minería incluye la creación de grandes fosas o terrazas y suele implicar el uso de explosivos y maquinaria pesada para remover el material estéril y acceder a los depósitos de mineral. (T. Madigan, M. Martinko, A. Stahl, & P. Clark, 2014).

Mitigación ambiental: La mitigación ambiental se refiere a la implementación de políticas y acciones destinadas a reducir o eliminar la emisión de gases de efecto invernadero y otros contaminantes ambientales. Estas medidas buscan disminuir el impacto negativo de las actividades humanas sobre el medio ambiente, promoviendo prácticas sostenibles y tecnologías limpias. ((CEPAL), Medidas de mitigación y adaptación al cambio climático en América Latina y el Caribe, 2015).

Monitoreo ambiental: Es el proceso de evaluación continua del estado del medio ambiente mediante la recopilación y análisis de datos sobre parámetros específicos, como la calidad del agua, la biodiversidad, y los niveles de contaminación. El monitoreo ambiental es esencial para detectar cambios en los ecosistemas y evaluar la efectividad de las medidas de mitigación en áreas afectadas por la minería. (NRC, 2021).

Pasivos ambientales mineros: Son los impactos ambientales generados por las operaciones mineras abandonadas con o sin dueño u operador identificables y en donde no se haya realizado un cierre de minas reglamentado y certificado por la autoridad correspondiente. (Oblasser & Chaparro A., 2008).

Presa de Hatillo: SITUADA en la provincia de Sánchez Ramírez en la República Dominicana, es la mayor presa del país y del Caribe. Construida entre 1977 y 1984 a un costo de 41 millones de dólares, regula el caudal del río Yuna, controla inundaciones, suministra agua para riego, genera energía hidroeléctrica y es una fuente de ingresos para los pescadores locales. Con una capacidad de almacenamiento de 710 millones de metros cúbicos y una superficie de 22 km², la presa también enfrenta desafíos como la sedimentación y problemas en el vertedero, requiriendo continuos trabajos de mantenimiento. (Ortega, 2024).

Recurso hídrico: Se define como cualquier masa de agua disponible para su uso y gestión, incluyendo tanto aguas superficiales como subterráneas. Este término abarca ríos, lagos, acuíferos, glaciares, aguas de lluvia y humedales. La gestión de los recursos hídricos implica la planificación, desarrollo, distribución y administración del uso del agua de manera sostenible, garantizando la disponibilidad en calidad y cantidad necesarias para satisfacer las necesidades humanas y ecosistémicas. ((UNFCCC), 2019).

Sedimentación: Es el proceso de acumulación de partículas sólidas en el fondo de cuerpos de agua, como ríos y lagos. En áreas mineras, la sedimentación puede aumentar debido a la erosión y la remoción de la vegetación, afectando la capacidad de almacenamiento de las presas y la calidad del agua. La sedimentación excesiva puede también enterrar hábitats acuáticos y alterar la biodiversidad. (Knighton, 2018).

Sostenibilidad ambiental: La sostenibilidad ambiental se refiere a la capacidad de los sistemas naturales y humanos para mantenerse en el tiempo sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades. Este concepto incluye la conservación de la biodiversidad, el uso racional de los recursos naturales y la minimización de los impactos ambientales negativos. (Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) & C. Gallopín, 2003).

Toxicidad acuática: Se refiere a la capacidad de una sustancia química para causar daño a los organismos que viven en el agua. La toxicidad acuática se mide mediante ensayos que evalúan la respuesta de organismos acuáticos, como peces, algas y crustáceos, a diferentes concentraciones de un contaminante. Este término es crucial en la evaluación del impacto de la contaminación minera en la biodiversidad acuática. (Rand, 2015).

Zonas de sacrificio: Son áreas geográficas que han sido gravemente afectadas por actividades industriales, como la minería, hasta el punto en que su rehabilitación es difícil o inviable. En estas zonas, los ecosistemas han sido severamente degradados, y las comunidades locales pueden enfrentar problemas de salud y pérdida de medios de vida. La gestión de los pasivos ambientales mineros debe considerar estrategias para evitar la creación de nuevas zonas de sacrificio y remediar las existentes. (Lerner, 2010).

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción

En el siguiente capítulo se presenta el marco teórico, el cual es fundamental para comprender los conceptos que sustentan este trabajo con las teorías de diferentes autores.

2.2 Pasivos Ambientales Mineros

Definición y Causas:

Un pasivo ambiental son todos los daños que no fueron compensados y ocasionados por una organización pública o privada hacia el medio ambiente que afecta a la comunidad o zona de influencia donde opera o tuvo sus operaciones, y que tiene consecuencias traducidas en impactos negativos a lo largo del tiempo durante el desarrollo de sus actividades o en situaciones de emergencias. (Santana, 2021).

Los Pasivos Ambientales Mineros (PAMs) son diversos elementos que cuentan con un nivel de riesgo alto de contaminación y de frecuencia constante que pueden perjudicar la salud y seguridad de las personas, así como al medio ambiente.

Los pasivos ambientales mineros son los residuos y desechos generados por actividades mineras abandonadas sin un cierre adecuado. Estos pueden incluir relaves, pilas de lixiviación y otras formas de contaminación residual. Las mineras pueden liberar metales pesados y otros contaminantes en el medio ambiente, afectando suelos, aguas superficiales y subterráneas. (Herrera, 2023).

Se considera un pasivo ambiental a todas las instalaciones, efluentes, restos, depósitos o efluentes originados por las operaciones mineras y todas sus actividades, que se encuentran inactivas o abandonadas. Esto es provocado por desconocimiento, accidente y/o negligencia por un largo tiempo que convierte al pasivo ambiental en una bomba de tiempo poniendo en riesgo al medioambiente y compromete la calidad de vida de todo el ecosistema que le rodea.

Debido a las características físico-químicas que presenta un pasivo ambiental es que es complicado y complejo la recuperación o mitigación de esta; sin embargo, la falta de identificación temprana de estos o en mejor de los casos en tratamiento de este antes de que

sea un problema mayor es que se le ha delegado esta responsabilidad junto a la elaboración y actualización de un inventario de los pasivos ambientales al Ministerio de Energía y Minas, así mismo se intenta presionar a que las empresas mineras cumplan con realizar un correcto manejo de sus residuos durante todas sus actividades o al término de estas, además claro está, de proporcionar información y el acceso rápido a esta cada vez que ministerio lo requiera (18).

En el año 2009 se presentó el Informe con el N° 542-2009-MEM-DGM/DTM por la Dirección Técnica Minera que aborda todo lo relacionado al Sistema de Gestión de Pasivos Ambientales Mineros. Este informe sale a partir del Proyecto de Reforma de los Recursos Minerales del Perú y que nos da un adelanto de lo que consiste el proyecto PERCAM. En el mismo año después del informe es que sale la Resolución Directoral con el N° 13-2009-MEM-DGM donde se aprueba Fichas de Campo para identificar Pasivos Ambientales Mineros en marco al proyecto PERCAM, y en donde se puede apreciar los tipos de pasivos que ellos consideran, que son los siguientes:

- Según labor minera: bocamina, chimenea, tajo, pique, media barreta, trinchera, tajeo comunicado y rampa.
- Según los residuos mineros que genera: relaves, desmonte, escoria, materiales de desbroce, pilas de lixiviación, suelos orgánicos, residuos de carbón y lodos de neutralización.
- Otro tipo de residuos: construcción, domésticos o industriales.
- Sustancias derramadas o almacenadas de composición química: aceites, combustibles, explosivos, reactivos de laboratorio, cianuro, solventes y reactivos de los procesos.
- Infraestructura y otros: patios de perforaciones de diamantina, plantas de procesamiento, generadores, líneas eléctricas y férreas, talleres, campamentos, oficinas, pistas de aterrizaje, caminos, chancadoras, helipuertos y transformadores

El responsable de gestionar un pasivo ambiental es el mismo que lo género, en este caso sería la empresa minera que provocó por negligencia, descuido o accidente el pasivo ambiental. Es importante que se realice constantemente estudios para prevenir la aparición temprana de un pasivo ambiental, esto no solo debe hacerse cuando se terminó con una actividad, sino que es necesario cuando se presentan los instrumentos de gestión ambiental ya

que al hacer esto la empresa indica la existencia de un pasivo ambiental o la ausencia de estos en la zona donde se empezará las actividades de la empresa, de no ser así este tendría que asumir la responsabilidad del pasivo ambiental al no poder demostrar fácilmente que este fue generado mucho antes de que se iniciara las labores de la empresa.

Cuando no sucede lo antes mencionado y se encuentra un pasivo ambiental en una zona donde no se pueda identificar al responsable, de ser así es entonces el gobierno quien asume la responsabilidad y la tarea de remediar aquel pasivo ambiental minero sobre todo si se determina que este representa un nivel alto de riesgo. El Estado deberá encargar a una empresa especializada la ejecución de acciones de remediación y mitigación del pasivo ambiental.

Cabe resaltar, para que el gobierno tome responsabilidad por un pasivo ambiental primero es el Ministerio de Energía y Minas quien asume la responsabilidad de realizar la investigación del origen de este, así como realizar la evaluación correspondiente para determinar el nivel de riesgo que representa, y es mediante su Dirección General de Minería (DGM) que lo realiza. Otra responsable es la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros, encargado de revisar y aprobar los Planes de Cierre de los Pasivos Ambientales Mineros (PCPAM) que son presentados. El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) es el encargado de fiscalizar que se cumpla todas las obligaciones comprometidas en el PCPAM..

2.3 Mecanismos resilientes, adaptativos y preventivos para posibles riesgos

Un punto importante y crítico para la toma de decisiones para determinar el futuro de un pasivo ambiental minero está centrado muchas veces en la participación de la comunidad, que si es manejado correctamente brinda la oportunidad de reducir estos conflictos que pueden causar retrasos innecesarios además generar oportunidades a que las autoridades se involucren en el mantenimiento y seguimiento de labores de post cierre. Mediante convenios establecidos en el artículo 13 del Decreto Supremo N° 059-2005-EM que se evoca por completo a los Pasivos Ambientales generados por las Actividades Mineras se incentiva a la participación activa de las comunidades que se encuentran en las áreas de influencia directa e indirecta a que formen parte de los labores de remediación, seguimiento y control de estos; además, de establecer los lineamientos necesarios para la elaboración de proyectos de inversión pública para la remediación de PAMs, a través de estos convenios se buscar dar un rol más destacado a las comunidades en la toma de decisiones para todo lo concernido a

las labores antes mencionadas en el largo plazo así como también tratar de establecer una comunicación transparente y efectiva.

Uno de los mayores desafíos que enfrenta el poder remediar un PAM es el lograr obtener el consentimiento de todas las comunidades afectadas bajo un mismo consenso ya que muchas veces algunas comunidades o localidades rechazan el inicio de actividades mineras debido a los impactos ambientales que provocan, además que, dentro de estas existen también grupos con diferentes intereses; por lo que, cuando se llega a la etapa final o se encuentre un pasivo ambiental la postura que muchas veces muestran estas es de conflicto por sus disconformidades surgida desde el inicio (19).

2.4 Reaprovechamiento y reutilización de pasivos ambientales mineros

Cuando hablamos de reutilización podemos entender que nos referimos al nuevo uso que le puede dar el titular a una concesión minera que tenga pasivos ambientales que se encuentran dentro de esta, por ejemplo: Si hay plataformas de exploración, desmonteras, relaves, labores subterráneas, entre otros; los cuales podrían ser incorporados en las nuevas actividades mineras, pero asumiendo las obligaciones respectivas de la remediación de estas. Reaprovechar consiste en el reprocesamiento para extraer elementos valiosos de residuos de actividades pasadas, donde también se debe asumir las obligaciones de remediación (19).

2.4.1 Desarrollo sostenible

El Informe de Brundtland de 1987 plantea que el desarrollo sostenible es aquel que “satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones” (ONU, 2012). Este concepto, enfatiza los valores del desarrollo económico, protección ambiental, equidad y progreso social en el presente y el futuro, por tanto, el desarrollo sostenible es definido como una fórmula que busca resolver el real conflicto entre la economía y el medio ambiente (Leiserowitz, *et al*, 2006).

La carta Estrategia Mundial de Conservación (EMC) tiene como objetivo el desarrollo sostenible mediante la preservación y mantenimiento de los procesos ecológicos, diversidad genética y el uso sostenible de las especies y ecosistemas (Pierri, 2009).

2.4.2. Capital natural crítico

Según Costanza y Daly, (1992) el capital natural crítico es el stock de no retorno de actividades antropogénicas en el medio ambiente receptor y que no puede soportar el abuso

de muchas actividades, ya que juega un papel importante en el mantenimiento de las funciones y servicios de los ecosistemas, esenciales para el bienestar de las sociedades humanas y constituye la base del proceso de desarrollo, su preservación debe ser considerada como condición fundamental para la sostenibilidad.

Un verdadero modelo de desarrollo sostenible sería aquel que invierte en capital natural, conservando ecosistemas funcionales y restaurando los que están degradados, ya que esto permite mantener un flujo continuado de servicios que generan capital humano y que repercuten a largo plazo en el bienestar de toda la sociedad.

2.4.3 Desarrollo sostenible y calidad del agua

En la declaración de Dublín (1992) citado por Villena (2018) se muestran los 4 principios rectores para atender la relación agua y desarrollo sostenible, tema importante en este trabajo. Se citan dos principios fundamentales: “El agua dulce es un recurso finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el medio ambiente, y también es indispensable para la vida, la gestión eficaz de los recursos hídricos, como también un enfoque integrado que concilie el desarrollo económico y social y la protección de los ecosistemas naturales”.

Para los autores “El agua tiene un valor económico entre todos sus diversos usos en competencia a todos los que se destina y debería reconocérsele como un bien económico” y en virtud de este principio, es esencial reconocer ante todo el derecho fundamental de todo ser humano a tener acceso a un agua pura y al saneamiento por un precio asequible.

Los recursos hídricos están confinados, por naturaleza, a las cuencas hidrográficas, por lo que, desde una perspectiva ecológica, lo más adecuado sería gestionarlas a esa misma escala, con objeto de maximizar el bienestar económico y social resultante de manera equitativa y sin poner en peligro la sostenibilidad de los ecosistemas vitales, en consideración de los aspectos hidrológicos y técnicos, así como las dimensiones socioeconómica, política y ambiental (Quiroga, 2009).

2.5 Plan de manejo ambiental

El Plan de Manejo Ambiental es el resultado directo del proceso de identificación y evaluación de impactos ambientales. Su objetivo principal es establecer un conjunto de pautas y métodos de trabajo, de tal manera que las acciones ambientales propuestas puedan llevarse

a cabo, para contrarrestar los posibles impactos potenciales; el cual constituye un documento técnico que contiene un conjunto estructurado de medidas destinadas a evitar, mitigar, restaurar o compensar los impactos ambientales negativos previsibles durante las etapas de construcción, operación y abandono (Placeres *et al.*, 2016).

2.5.1 Fuentes de contaminación puntual

La contaminación puntual se ha caracterizado a nivel de sitio específico, de este modo, existe la necesidad de un diagnóstico detallado, que muestre la magnitud de contaminación a un cuerpo receptor de agua. En los países desarrollados y para muchas áreas de captación la contaminación puntual tiene un amplio campo de investigación debido a al grado de afectación que se puede medir al ambiente (Mijangos *et al.*, 2015).

2.6. Pasivos ambientales

El pasivo ambiental es el conjunto de los daños ambientales, en términos de contaminación del agua, del suelo, del aire, del deterioro de los recursos y de los ecosistemas, producidos por una empresa, durante su funcionamiento ordinario o por accidentes imprevistos, a lo largo de su historia representando un riesgo al ambiente y la calidad de vida de las personas. Pueden afectar los cuerpos de agua, como ríos, lagos, lagunas las aguas subterráneas y el mar, los suelos, el aire, el paisaje, la cobertura vegetal, ambiente, la salud humana y la infraestructura (Colectivo para la Devolución de la Deuda Ecológica, 2003).

2.6.1. Efectos de los pasivos ambientales

Los efectos generados por ellos pueden ser diversos, como es el caso de realizarse alteraciones en las características químicas, físicas, biológicas de los cuerpos receptores, es decir, la manera en que estos cuerpos se alteran también es variada, dependiendo de la temperatura local, la geografía del lugar, el aislamiento poblacional de la zona, la pluviosidad, los ecosistemas circundantes, etc. (Peña, 1994).

2.6.2. Generación y caracterización de pasivos ambientales

Teniendo en cuenta que la contaminación a nivel mundial se encuentra en la mira de las grandes naciones debido al deterioro de la capa de ozono, las inundaciones, los deslizamientos y el calentamiento global entre otros; registrado esto, la responsabilidad social se convirtió en un asunto crucial y aún más cuando se trata de evaluar el desarrollo económico

y social de los países. Valga la verdad, la responsabilidad está enfocada a buscar en alguna medida que esos pasivos ambientales sean compensados mediante la aplicación de actividades que permitan un mejor estilo de vida para los pobladores mediante la búsqueda de resarcir los daños ya ocasionados (Forero, 2013).

2.6.3. Ejemplos de pasivos ambientales

El término “pasivo ambiental” está logrando una rápida difusión. En América Latina está definiéndose una discusión sobre los pasivos ambientales de empresas mineras, químicas, petroleras y de otros sectores, a partir de casos concretos (Zehner, 2001).

En los países del Sur es común que los pasivos ambientales más graves sean producidos por empresas transnacionales del Norte, que imponen unas condiciones laborales y ambientales inaceptables, aprovechando que en la mayoría de los países del Sur la legislación ambiental es menos estricta y la fuerza política de las poblaciones locales y de los gobiernos es menor.

Los daños producidos por estas empresas constituyen una parte de la Deuda Ecológica adquirida por los países del Norte con los países del Sur. En este caso, no obstante, se trata de una deuda privada, a diferencia, por ejemplo, de la deuda de carbono. Desgraciadamente hay muchos pasivos ambientales sin compensar. El pasivo ambiental se identifica fácilmente la responsabilidad moral, aunque no siempre la responsabilidad jurídica (Colectivo para la Devolución de la Deuda Ecológica, 2003).

En ocasiones el debate que se crea en los pasivos ambientales, nace de reclamos por indemnización en casos judiciales, como el que se ha intentado contra la Texaco por los daños producidos en la selva ecuatoriana como resultado de la explotación petrolera; contra la Southern Perú Copper Corporation por la contaminación debida a la minería y fundición de cobre, o contra la Dow Chemicals por los casos de esterilidad de los trabajadores bananeros que aplicaron el nematocida DBCP. En Neuquen, Argentina, algunas comunidades mapuches están enjuiciando a Repsol-YPF, en demanda del resarcimiento de daños, hay ya varias estimaciones realizadas de ese pasivo ambiental, la primera, por Héctor Sejenovich (Zehner, 2001).

Existen consultoras en América Latina, que ofrecen sus servicios a las empresas para el cálculo de los pasivos ambientales. La industria minera en Chile, en Perú, en Bolivia usa el término en un contexto empresarial. La administración de Petroecuador ha iniciado la

adopción del término “pasivo ambiental” (Zehner 2001). Existiría una gran repercusión que para toda la política petrolera tendría, que se considerasen seriamente los pasivos ambientales, como los que ocasiona ya la construcción del Oleoducto de Crudos Pesados (OCP), incluso antes de que inicie su funcionamiento (Zehner, 2001).

2.6.4. Valoración del pasivo ambiental

Según Chavas (2000) afirma que, el cálculo monetario del pasivo ambiental o, lo que es lo mismo, la valoración monetaria de los daños ambientales, es muy debatible y arbitraria por dos razones: Primero, porque los ecosistemas y su interacción con la sociedad humana se caracterizan por un alto nivel de complejidad y una incertidumbre alta, y los seres humanos son muy difíciles de predecir, debido a que, estas interacciones pueden alterar notablemente el equilibrio del ecosistema y conducir a cambios irreversibles en los modelos de desarrollo.

La segunda razón, es que la expresión de los daños ambientales en términos monetarios tiene límites estructurales inevitables si se acepta la idea de inconmensurabilidad de valores, o sea la “ausencia de una unidad común de medida aplicable a valores plurales: ¿Cuál es el valor monetario de una vida humana? ¿Cuál es el valor de la degradación de un paisaje, de la reducción de biodiversidad, de la pérdida de la identidad cultural propia, de la emigración forzada o de las enfermedades sufridas? (Martínez, 2001).

Entonces, debido a lo anteriormente mencionado, se estima que la evaluación monetaria de daños ambientales es altamente arbitraria, a causa de que, las cifras que surgen de las evaluaciones monetarias dependen principalmente de las suposiciones y de la metodología utilizada. Probablemente no reflejan el valor total de las pérdidas sufridas y, además, muchos daños nunca podrán ser reparados ni compensados. Aun así, en un ámbito institucional es más efectivo hablar en el lenguaje cuantitativo y monetario.

2.6.5. Conflictos sociales relacionados a pasivos ambientales

- A.** Afectación ambiental: agua, aire, suelo/medios de producción
- B.** Cambio de actividades productivas
- C.** Afectación a la salud
- D.** Expropiación de tierras, pérdida territorio ancestral
- E.** Migración en condiciones de precariedad

F. Pérdida de identidad y culturalidad

G. Exposición sustancias y desechos peligrosos (Fernández *et al.*, 2018).

2.7. Diagnósticos de áreas naturales

La conservación y manejo de los recursos naturales representados por el conjunto de elementos bióticos (organismos) y elementos abióticos (clima, suelo) y servicios ambientales que de ellos derivan, implica diferentes enfoques de estudio. El diagnóstico surge como herramienta importante para entender los procesos ambientales, sociales y culturales que rigen y determinan la base actual de los recursos naturales existentes. Asimismo, implica la evaluación del contexto actual partiendo de la identificación de problemas y su caracterización, y tiene como objetivo principal discernir y definir causalidades, además de posibles implicaciones y soluciones específicas. El diagnóstico refiere también amenazas y vulnerabilidades de un entorno en particular, aunque también fortalezas y oportunidades. La evaluación de tres grandes ejes (ambiental, social y cultural) implica la contextualización del estado actual del conocimiento basado en la compilación y análisis de información específica y relevante de un sistema (CONANP, 2011).

De otra manera, los pasivos ambientales afectan en todas las áreas. Como por ejemplo: el turismo sostenible se relaciona con el de capacidad de carga, siendo definido como “el máximo aprovechamiento que se puede realizar de los recursos económicos, sociales, culturales y ambientales de la zona de destino sin reducir la satisfacción de los visitantes y sin generar impactos negativos en la sociedad anfitriona o en el medio ambiente (Boullon, 1985).

2.7.1 Subcuenca hidrográfica

La subcuenca es una unidad funcional que une en un sistema integral las áreas situadas aguas arriba y las situadas aguas abajo, además de ello, es una unidad adecuada para la planificación y el análisis económico. Para realizarlo es necesario incluir datos generales como población, distritos administrativos, accesibilidad y caminos, etc. Y será necesario iniciar una lista de prioridades de trabajo para una planificación y ejecución progresivas en el futuro (Sheng, 1992).

Faustino y Jiménez (2000) afirman que, una subcuenca es toda área que desarrolla su drenaje directamente al curso principal de la cuenca. Debe oscilar con un área de 500-2 000

Km², varias subcuencas pueden conformar una cuenca.

2.8. Estándares de calidad

2.8.1. Recurso agua

Simpson (2006) afirma que, el total del agua presente en el planeta, en todas sus formas, se denomina hidrosfera. El agua cubre 3/4 partes (71 %) de la superficie de la Tierra. Se puede encontrar esta sustancia en prácticamente cualquier lugar de la biosfera y en los tres estados de agregación de la materia: sólido, líquido y gaseoso.

2.8.2. pH

Según (Barba, 2012) el pH es una medida convencional de la acidez o basicidad de soluciones acuosas es el llamado pH. Por definición el pH de una solución es igual al logaritmo negativo de la concentración de los iones hidronio (H₃O⁺) en la solución.

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$$

En el agua la concentración de los iones hidronio es de $1,0 \times 10^{-7}$ a 25 °C.

El pH del agua pura será:

$$\text{pH} = -\log 1,0 \times 10^{-7} = 7,0$$

El pH de la mayoría de las aguas naturales esta entre 6 - 9 unidades. El pH permanece razonablemente constante a menos que la calidad de agua cambie debido a las influencias de tipo natural o antropogénica, aumentando la acidez o la basicidad (Barba, 2012).

2.8.3. Demanda química de oxígeno (DQO)

La DQO mide el oxígeno equivalente de sustancias orgánicas e inorgánicas en una muestra acuosa que es susceptible a la oxidación por dicromato de potasio en una solución de ácido sulfúrico. Este parámetro ha sido usado por más de un cuarto de siglo para estimar en contenido de orgánicos en aguas y aguas residuales. Sin embargo, la correcta interpretación de los valores de DQO puede presentar problemas, se debe entonces entender las variables que afectan los resultados de este parámetro.

Generalmente, se podría esperar que la DBO última del agua residual se aproximara a la DQO. Sin embargo, existen muchos factores que afectan estos resultados especialmente

en desechos industriales complejos.

Estos factores son los siguientes:

- A.** Muchos compuestos orgánicos que son oxidables por el dicromato no son bioquímicamente oxidables.
- B.** Ciertas sustancias inorgánicas, tales como sulfuros, sulfatos, tiosulfatos, nitritos y el ion ferroso son oxidados por el dicromato, creando una DQO inorgánica, lo cual entorpece los datos cuando la DQO se mide como el contenido de materia orgánica en un agua residual.
- C.** Los resultados de la DBO pueden ser afectados por pérdida de semilla por aclimatación dando resultados erróneos. Los resultados de DQO son independientes de esta variable.
- D.** Los cloruros interfieren en el análisis de la DQO. Se puede obtener lecturas más altas resultantes de la oxidación de cloruros por dicromato (Barba, 2012).

2.8.4. Turbidez

Es una medida de la dispersión de la luz por el agua como consecuencia de la presencia en la misma de materiales suspendidos coloidales y/o particulado. La presencia de materia suspendida en el agua puede indicar un cambio en su calidad (por ejemplo, contaminación por microorganismos) y/o la presencia de sustancias inorgánicas finamente divididas (arena, fango, arcilla) o de materiales orgánicos. La turbidez es un factor ambiental importante en las aguas naturales, y afecta al ecosistema ya que la actividad fotosintética depende en gran medida de la penetración de la luz. Las aguas turbias tienen, por supuesto, una actividad fotosintética más débil, lo que afecta a la producción de fitoplancton y también a la dinámica del sistema. La turbidez del agua interfiere con usos recreativos y el aspecto estético del agua. La turbidez constituye un obstáculo para la eficacia de los tratamientos de desinfección, y las partículas en suspensión pueden ocasionar gustos y olores desagradables por lo que el agua de consumo debe estar exenta de las mismas. Por otra parte, la transparencia del agua es especialmente importante en el caso de aguas potables y también en el caso de industrias que producen materiales destinados al consumo humano, tales como las de alimentación, fabricación de bebidas, entre otros (Lacfuerte, 2007).

2.8.5. Oxígeno disuelto

El oxígeno es un componente clave en la respiración celular tanto para la vida acuática como para la vida terrestre. La concentración de oxígeno disuelto (DO) en un ambiente acuático es un indicador importante de la calidad del agua ambiental, el oxígeno disuelto se puede medir directamente en el sitio o en muestras de agua transportadas desde el sitio (Vernier, 2013).

2.8.6. Coliformes

Las coliformes son una familia de bacterias que se encuentran comúnmente en las plantas, el suelo y los animales, incluyendo los humanos. La presencia de bacterias coliformes es un indicio de que el agua puede estar contaminada con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición. Generalmente, las bacterias coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo, ha sido y sigue siendo el principal riesgo sanitario en el agua, ya que supone la incorporación de microorganismos patógenos que pueden provocar enfermedades en la salud humana (Ramos-Ortega *et al.*, 2008).

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Introducción

En este capítulo se presenta la metodología adoptada para evaluación del impacto de los pasivos ambientales mineros en el recurso hídrico de la cuenca del río Margajita, Cotuí, provincia Sánchez Ramírez derivados de los pasivos ambientales mineros y su impacto en la calidad del agua en la microcuenca del río Margajita. Se describe el enfoque metodológico, el diseño de la investigación, y las técnicas de recolección y análisis de datos que permitirán evaluar las variables relacionadas con la calidad del agua y los efectos socioeconómicos asociados a la minería.

3.2 Marco Metodológico

En el contexto de esta investigación, que se centra en los pasivos ambientales mineros y su impacto en la calidad del agua de la microcuenca del río Margajita, se adopta un marco metodológico que integra tanto la investigación básica como la aplicada.

La investigación básica se enfoca en comprender los procesos fundamentales que rigen la contaminación del agua y la generación de pasivos ambientales en actividades mineras. Esto implica un estudio detallado de la literatura científica y técnica para construir una base teórica sólida sobre los mecanismos de contaminación, las propiedades de los contaminantes y su comportamiento en ecosistemas acuáticos.

Por otro lado, la investigación aplicada se dirige hacia la evaluación práctica de la calidad del agua en la microcuenca y el diseño de estrategias de gestión sostenible para mitigar los impactos negativos de los pasivos ambientales mineros. Esto incluye el desarrollo de protocolos para el muestreo y análisis de agua, así como la implementación de herramientas participativas para involucrar a los actores locales en la gestión ambiental.

La interacción entre estos dos tipos de investigación es crucial para el éxito del estudio. La comprensión teórica proporcionada por la investigación básica informa y guía las aplicaciones prácticas, mientras que las observaciones y desafíos surgidos de la investigación aplicada retroalimentan el conocimiento teórico, generando nuevas preguntas y áreas para explorar.

Este enfoque dual asegura que no solo se identifiquen y caractericen los problemas ambientales relacionados con la minería, sino que también se desarrollen y propongan soluciones efectivas y adaptadas a las condiciones locales, contribuyendo así a un Sistema de Gestión Ambiental integral y efectivo.

3.3 Diseño y tipo de investigación

Según Sampieri (2006), esta investigación corresponde con el diseño no experimental, de tipo exploratorio, siguiendo su comportamiento natural, es decir, ajeno a la voluntad del investigador, donde los resultados se presentarán tal cual sean obtenidos y no se incidirá en los encuestados para que respondan libremente; se crearan fichas de evaluación que para observar las condiciones en que se encuentra el río Margajita en sus distintos espacios.

El tipo de investigación adoptado es mixto, combinando métodos cualitativos y cuantitativos. Esta elección metodológica es fundamental para obtener una comprensión integral del impacto de los pasivos mineros en el recurso hídrico y su interacción con las comunidades locales. Se utilizarán técnicas de muestreo de agua, análisis de muestras de suelo y entrevistas estructuradas con actores clave para abordar tanto aspectos físico-químicos como dinámicas socioeconómicas relacionadas con la gestión del agua en la microcuenca del río Margajita.

3.4 Enfoque

Esta investigación se llevó a cabo, partiendo del enfoque mixto, el cual, combina elementos de los enfoques cualitativo y cuantitativo para aprovechar las fortalezas de ambos y proporcionar una comprensión más completa de un fenómeno de estudio. Este enfoque es útil cuando un solo método no es suficiente para abordar todas las complejidades de una investigación. (Hernández, 2014).

3.5 Descripción de la población y selección de muestra

La población de estudio estuvo compuesta por todas las comunidades directamente afectadas por la cuenca del río Margajita y la presa de Hatillo. La selección de la muestra se realizará de manera estratificada, considerando diferentes zonas geográficas y categorías de usuarios del agua (agricultores, población urbana, industrias locales). Se utilizó un muestreo aleatorio para garantizar la representatividad y validez de los resultados obtenidos.

Recolección de muestras

Las muestras fueron recolectadas por el cliente utilizando las directrices de la norma NORDOM 39.

a- Frascos utilizados

Se utilizaron dos tipos de frascos para recolectar las muestras según los lineamientos de la norma NORDOM 39 y de la OPS.

Estos frascos se colocan en una bolsa Ziploc por si ocurre un derrame el agua permanezca dentro de la bolsa y no se mezclen.

Cada frasco debe cumplir con condiciones diferentes y cada uno es destinado de acuerdo con el tipo de muestra que se requiere analizar.

Para este muestreo se utilizaron:

1-Plastico 1000 ml, Parámetros fisicoquímicos

2-Cristal color ámbar 1000 ml, parámetros orgánicos

3-Plásticos 125 ml, parámetros bacteriológicos



Foto 1.1-Kit de frascos para monitoreo utilizado por LAMENER.

b- Preservantes

Los preservantes se utilizan para conseguir que la muestra llegue al laboratorio con condiciones muy similares a las existentes en el punto de muestreo cuando se tomó la muestra.

En este monitoreo utilizamos los siguientes preservantes:

1- Ice Blue para mantener la temperatura

2- Hielo para mantener la temperatura

c- Cooler

Se utilizaron cooler de mano marca COLEMAN.

Las muestras fueron recibidas en las instalaciones de LAMENER con una temperatura de 3.2 Grados Celsius, es decir que según con las normas de la OPS y lo recomendado por los métodos Estándar que es 10 grados Celsius a la llegada las muestras se encontraron dentro de norma.

3.6 Métodos y técnicas de recolección de datos

- **Muestreo de Agua:** Recolección de muestras de agua en puntos estratégicos a lo largo de la cuenca del río Margajita para análisis físico-químicos y de metales pesados.
- **Criterios de obtención:** Los puntos de muestreo incluyeron zonas aguas arriba, media y abajo de la cuenca, además de sitios cercanos a fuentes potenciales de contaminación minera. Se siguieron los protocolos establecidos por las normas internacionales de calidad de agua, utilizando recipientes de polietileno previamente esterilizados.
- Los datos muestran una fecha a partir de enero, gracias a la colaboración del Ministerio de energía y minas que facilitó los estudios realizados sobre el particular de la investigación.

3.7 Procedimiento de la investigación

La investigación se dividirá en varias etapas clave: inicialmente, se llevó a cabo una revisión exhaustiva de la literatura para establecer un marco contextual sobre la calidad del agua y la actividad minera en la microcuenca del río Margajita. Posteriormente, se procederá con el diseño y la implementación de un plan de muestreo estratégico, que incluirá la recolección de muestras de agua y suelo en puntos específicos de interés.

Paralelamente, se llevarán a cabo entrevistas estructuradas con actores clave para obtener percepciones detalladas sobre la gestión del agua y los impactos de la minería. Finalmente, los datos recopilados serán analizados para identificar patrones, tendencias y relaciones significativas que permitan evaluar el impacto de los pasivos ambientales mineros en el recurso hídrico de la región.

3.8 Métodos y técnicas de análisis de datos

Luego de tener las informaciones procesadas, éstas fueron representadas gráficamente, numéricamente y descriptivamente, utilizando el apoyo de hojas de cálculo Microsoft Excel. Los datos finales serán presentados a través de cuadros, figuras y las respuestas analizadas fueron presentadas en texto.

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1 Introducción

La finalidad de este capítulo es realizar un análisis de los datos estadísticos, provenientes de la investigación realizada, que procura como objetivo general Evaluar el impacto de los pasivos ambientales mineros en el recurso hídrico de la cuenca del río Margajita, Cotuí, provincia Sánchez Ramírez.

4.2 Presentación de resultados

Tabla 1: Monitoreo realizado en el río Margajita en el mes de abril del 2024.

Punto de monitoreo	pH	Conductividad	T:05	O.D	Temperatura
Margajita 1	7.67	3.317	1.502	7.43	31
Margajita 2	7.22	3.266	1.622	7.07	30
Margajita 3	7.50	3.455	1.619	5.42	30

Fuente: Monitoreo realizado.

La tabla proporcionada presenta los resultados de un monitoreo realizado en el río Margajita durante el mes de abril de 2024. Este monitoreo se llevó a cabo en tres puntos distintos del río, identificados como Margajita 1, Margajita 2, y Margajita 3, y abarca parámetros físico-químicos clave como el pH, la conductividad, la concentración de oxígeno disuelto (O.D), la temperatura del agua, y un parámetro identificado como T:05.

En términos de pH, los valores registrados oscilan entre 7.22 y 7.67. El pH más alto (7.67) se observa en el punto Margajita 1, mientras que el más bajo (7.22) se encuentra en Margajita 2. Un pH cercano a 7 indica condiciones de agua neutra, aunque los valores más bajos en Margajita 2 podrían sugerir una ligera tendencia hacia la acidez en comparación con los otros puntos.

La conductividad del agua, que mide la capacidad del agua para conducir electricidad y se relaciona con la concentración de iones presentes, muestra una ligera variación entre los tres puntos de monitoreo. Margajita 3 presenta la mayor conductividad con un valor de 3.455 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mientras que Margajita 2 tiene la menor con 3.266 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Estos niveles de conductividad podrían reflejar variaciones en la composición iónica del agua a lo largo del río, posiblemente influenciadas por factores como la presencia de minerales o la descarga de contaminantes.

En cuanto al oxígeno disuelto (O.D), se observa una notable disminución en Margajita 3, con un valor de 5.42 mg/L, en comparación con los puntos Margajita 1 y Margajita 2, que presentan valores de 7.43 mg/L y 7.07 mg/L, respectivamente. Esta diferencia significativa en los niveles de oxígeno disuelto podría indicar procesos de contaminación o actividades biológicas que consumen oxígeno, como la descomposición de materia orgánica o la presencia de nutrientes que fomentan el crecimiento excesivo de algas.

La temperatura del agua es bastante uniforme entre los puntos de monitoreo, con valores de 31°C en Margajita 1 y 30°C en Margajita 2 y 3. Estas temperaturas relativamente altas podrían estar relacionadas con la época del año o con factores ambientales locales que influyen en el calentamiento del agua, como la radiación solar directa o la escasa cobertura vegetal a lo largo del río.

Tabla 2: Monitoreo realizado en el río Margajita en el mes de mayo del 2024.

Punto de monitoreo	pH	Conductividad	T:05	O.D	Temperatura
Margajita 1	7.82	3.280	1.653	7.23	31
Margajita 2	7.77	3.740	1.826	7.23	28
Margajita 3	4.75	3.680	1.806	7.60	28

Fuente: Monitoreo realizado.

La tabla presentada resume los resultados de un monitoreo realizado en el río Margajita durante el mes de mayo de 2024. Este monitoreo se realizó en tres puntos diferentes del río: Margajita 1, Margajita 2, y Margajita 3. Los parámetros evaluados incluyen el pH, la conductividad eléctrica, un parámetro identificado como T:05, el oxígeno disuelto (O.D), y la temperatura del agua.

El pH muestra una marcada diferencia entre los puntos de monitoreo. En Margajita 1 y Margajita 2, los valores de pH son de 7.82 y 7.77 respectivamente, lo que indica condiciones de agua neutra a ligeramente alcalina. Sin embargo, en Margajita 3, el pH desciende drásticamente a 4.75, indicando un ambiente ácido. Este cambio significativo sugiere la posible presencia de una fuente de contaminación ácida o la entrada de aguas ácidas en esta parte del río, lo cual podría tener impactos negativos en la vida acuática y la calidad del agua.

En cuanto a la conductividad, se observa un aumento en los valores en comparación con el mes anterior. Margajita 2 presenta la conductividad más alta, con un valor de 3.740 $\mu\text{S/cm}$, seguida por Margajita 3 con 3.680 $\mu\text{S/cm}$, y Margajita 1 con 3.280 $\mu\text{S/cm}$. Estos

incrementos en la conductividad pueden reflejar una mayor concentración de iones disueltos, posiblemente debido a la entrada de aguas residuales, la disolución de minerales o la influencia de actividades antropogénicas.

El parámetro T:05, aunque no especificado en la tabla, muestra un ligero incremento en sus valores en comparación con los datos del mes anterior. Margajita 2 y Margajita 3 tienen valores de 1.826 y 1.806 respectivamente, siendo estos los más altos. Esto podría indicar un cambio en las condiciones del agua que no está claramente identificado pero que podría relacionarse con las fluctuaciones en otros parámetros como el pH y la conductividad.

Los niveles de oxígeno disuelto (O.D) se mantienen relativamente constantes en los puntos Margajita 1 y Margajita 2, con un valor de 7.23 mg/L, lo que sugiere que la capacidad del agua para soportar vida acuática es adecuada en estas áreas. Margajita 3, por otro lado, muestra un leve incremento en el oxígeno disuelto, alcanzando los 7.60 mg/L. Este aumento podría estar relacionado con el descenso en la temperatura del agua, ya que el oxígeno se disuelve más fácilmente en agua fría.

La temperatura del agua es uniforme en Margajita 2 y Margajita 3, ambas con 28°C, mientras que Margajita 1 mantiene una temperatura de 31°C. La diferencia de temperatura entre los puntos podría estar asociada a factores locales, como la cobertura vegetal, la profundidad del agua o la exposición al sol, que influyen en el calentamiento del agua en estas áreas.

Tabla 3: Monitoreo realizado en el río Margajita en el mes de junio del 2024.

Punto de monitoreo	pH	Conductividad	T:05	O.D	Temperatura
Margajita 1	7.99	3.892	1.618	7.65	33
Margajita 2	7.92	3.520	1.636	6.93	30.1
Margajita 3	7.68	3.273	1.625	6.78	34

Fuente: Monitoreo realizado.

La tabla No. 3 muestra los resultados del monitoreo realizado en el río Margajita durante el mes de junio de 2024. Este monitoreo se efectuó en tres puntos específicos del río, denominados Margajita 1, Margajita 2 y Margajita 3. Los parámetros medidos incluyen el pH, la conductividad eléctrica, un parámetro identificado como T:05, el oxígeno disuelto (O.D), y la temperatura del agua.

El pH de los puntos de monitoreo durante el mes de junio muestra un rango que varía desde 7.68 hasta 7.99, lo que indica condiciones de agua neutra a ligeramente alcalina en todo el tramo del río Margajita. Margajita 1 presenta el pH más alto, con un valor de 7.99, seguido de Margajita 2 con 7.92 y Margajita 3 con 7.68. A diferencia del mes anterior, los valores de pH en todos los puntos han retornado a niveles más neutrales, sugiriendo una estabilización de las condiciones del agua o la posible mitigación de la fuente de acidez previamente observada.

En términos de conductividad, los valores presentan cierta variabilidad entre los puntos de monitoreo. Margajita 1 tiene la conductividad más alta, con un valor de 3.892 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo cual indica una mayor presencia de iones disueltos en esta área. Margajita 2 muestra una conductividad de 3.520 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mientras que Margajita 3 presenta la conductividad más baja, con 3.273 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Estos resultados pueden reflejar diferencias en la concentración de minerales y otros solutos en las distintas partes del río, posiblemente debido a la variación en la entrada de aguas residuales, escorrentía superficial o procesos naturales de disolución de minerales.

En cuanto al oxígeno disuelto (O.D), los valores muestran una ligera disminución en los puntos Margajita 2 y Margajita 3, con niveles de 6.93 mg/L y 6.78 mg/L respectivamente, en comparación con el mes anterior. Margajita 1 tiene el mayor valor de oxígeno disuelto con 7.65 mg/L. Esta disminución del oxígeno disuelto podría estar asociada con las temperaturas más altas del agua observadas en Margajita 3 (34°C), lo que reduce la solubilidad del oxígeno, o podría estar relacionada con un aumento en la actividad biológica que consume oxígeno, como la descomposición de materia orgánica.

La temperatura del agua varía significativamente entre los puntos de monitoreo, con un rango que va desde 30.1°C en Margajita 2 hasta 34°C en Margajita 3. Margajita 1 tiene una temperatura intermedia de 33°C. Las diferencias de temperatura pueden ser el resultado de diversos factores ambientales, como la exposición al sol, la profundidad del río, y la velocidad de la corriente. Las temperaturas más altas podrían impactar negativamente en la calidad del agua, afectando los niveles de oxígeno disuelto y la vida acuática.

Tabla 4: Monitoreo realizado en el río Margajita en el mes de julio del 2024.

Punto de monitoreo	pH	Conductividad	T:05	O.D	Temperatura
Margajita 1	7.42	3.657	1.634	7.34	30
Margajita 2	7.31	3.490	1.631	7.03	30
Margajita 3	7.90	3.470	1.650	7.10.	26

Fuente: Monitoreo realizado.

La Tabla No. 4 proporciona los resultados de un monitoreo realizado en el río Margajita durante el mes de julio de 2024. Los datos fueron recogidos en tres puntos de monitoreo: Margajita 1, Margajita 2 y Margajita 3. Los parámetros medidos incluyen el pH, la conductividad eléctrica, un parámetro identificado como T:05, el oxígeno disuelto (O.D) y la temperatura del agua.

El pH registrado en los puntos de monitoreo durante el mes de julio presenta una variación que va de 7.31 a 7.90, lo que sugiere condiciones de agua neutra a ligeramente alcalina. Margajita 1 tiene un pH de 7.42, mientras que Margajita 2 muestra un valor ligeramente inferior de 7.31. Por otro lado, Margajita 3 presenta un pH de 7.90, siendo este el más alto entre los tres puntos. Estos valores reflejan que, en general, el agua del río Margajita mantiene condiciones relativamente estables en términos de pH, sin indicios de acidez significativa como se observó en meses anteriores.

La conductividad en el río Margajita muestra una ligera disminución en comparación con el mes anterior, especialmente en Margajita 3, que tiene el valor más bajo de 3.470 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Margajita 1 y Margajita 2 tienen valores de conductividad de 3.657 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 3.490 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente. Estas variaciones indican cambios leves en la concentración de iones disueltos en el agua del río, lo cual podría estar relacionado con factores como la disolución de minerales, la entrada de escorrentía o la actividad humana.

Los niveles de oxígeno disuelto (O.D) también muestran cierta estabilidad, con valores que varían ligeramente entre los puntos de monitoreo. Margajita 1 tiene un O.D de 7.34 mg/L, Margajita 2 de 7.03 mg/L, y Margajita 3 de 7.10 mg/L. Estos valores indican que, en general, el agua del río Margajita tiene suficiente oxígeno disuelto para soportar la vida acuática. Sin embargo, la ligera disminución observada en Margajita 2 podría ser resultado de factores como la temperatura del agua o la presencia de materia orgánica en descomposición que consume oxígeno.

En cuanto a la temperatura del agua, hay una notable diferencia entre los puntos de monitoreo. Margajita 1 y Margajita 2 tienen temperaturas de 30°C, mientras que Margajita 3 tiene una temperatura más baja de 26°C. Esta diferencia de temperatura podría estar influenciada por factores locales como la cobertura vegetal, la profundidad del río, la velocidad de la corriente y la exposición al sol, que afectan el calentamiento y enfriamiento del agua en estos puntos específicos.

Gráficos que muestran los datos presentados en los cuadros anteriores.

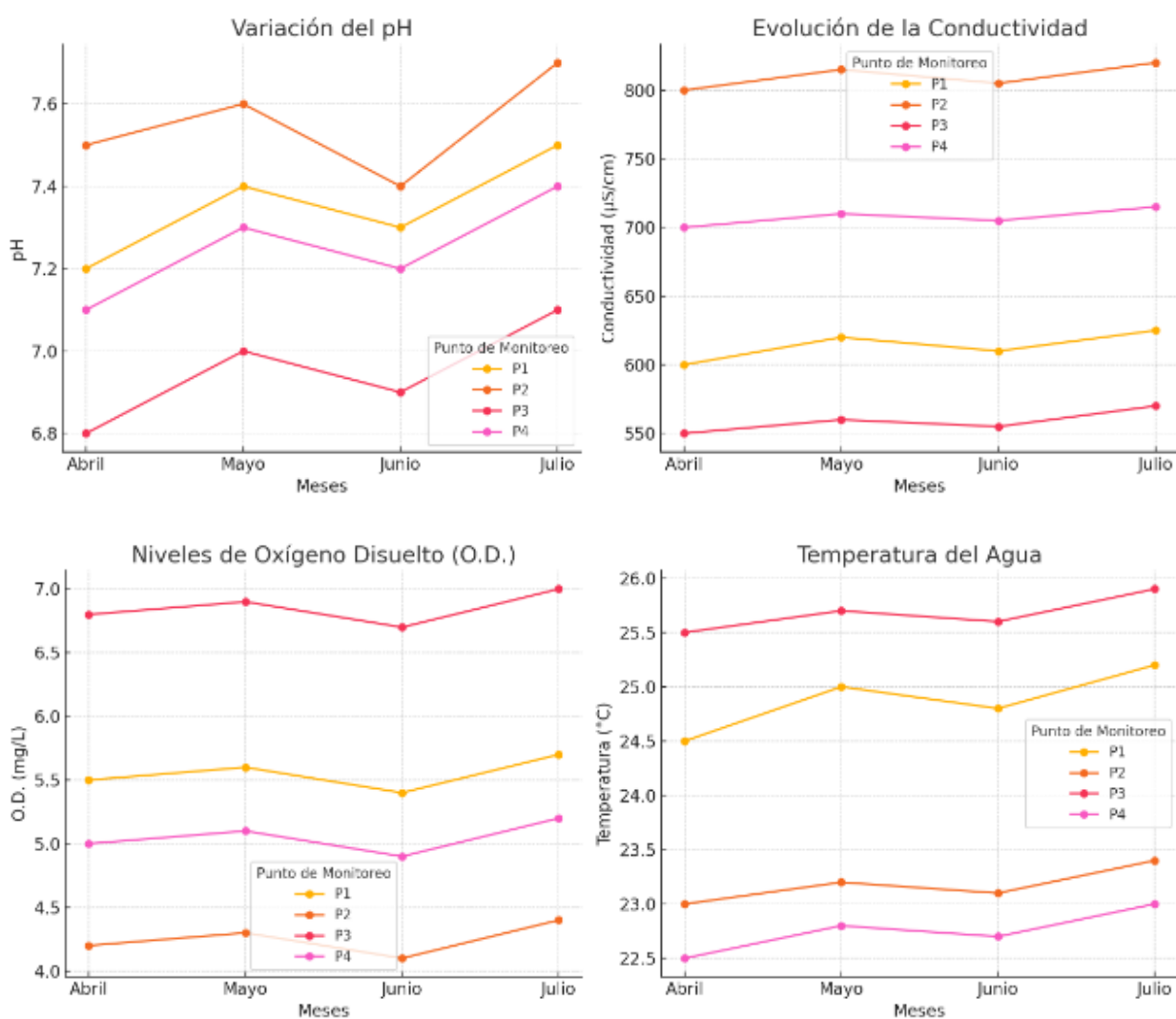


Tabla 5: Resultados fisicoquímicos 1 de 2.

Parámetros	Unidades	Rio margajita	Norma calidad de aguas superficiales	Métodos
Hora	-	11:54 AM	-	-
Conductividad	uS/cm	2670	-	SM-2510-B
Salinidad	mg/litro	1430	-	SM-2520-B
Alcalinidad	mg/litro	40	-	SM-2320-B
Dureza	mg/litro	1403	-	SM-2420-C
Cromo hexavalente	mg/litro	0.013	0.01	SM-3500-Cr-B
Cloro residual	mg/litro	< 0.02	-	SM-4500-Cl-G
Cloruros	mg/litro	25	250	SM-4500-Cl-B
Fosfatos	mg/litro	5.59	0.20	SM-3500-CU
Zinc	mg/litro	1.7	-	SM-4500-P
Sulfatos	mg/litro	0.04	0.05	SM-3500-Zn
Demanda química de oxígeno	mg/litro	1 117	400	SM-4500-SO ₄ ²
Demanda biológica de oxígeno	mg/litro	19	-	SM-5220-D
Nitrogeno total.	mg/litro	4.1	5.0	SM-5210-B
Fluoruros	mg/litro	16.0	-	SM-4500-N-C
Fenoles	mg/litro	1.43	1.0	SM-4500-F-D
Arsenico	mg/litro	0.004	1.0	SM-5530-C
Cadmio	mg/litro	0.005	0.05	SM-3500-As
Cianuro	mg/litro	< 0.002	0.005	SM-3500-Cd
Cianuro	mg/litro	0.022	0.1	SM-4500-CN

Fuente: Analítica realizada en laboratorio Lamener

Los resultados fisicoquímicos del agua del Río Margajita revelan varias características importantes que indican la calidad del agua y la posible presencia de contaminantes. Al analizar los parámetros, se pueden identificar los elementos que exceden las normas establecidas para la calidad de aguas superficiales, así como los que se encuentran dentro de los límites permitidos.

Conductividad y Salinidad: La conductividad del agua del Río Margajita es de 2670 uS/cm, un valor indicativo de la cantidad de sales disueltas en el agua. Aunque no se proporciona una norma específica para la conductividad en la tabla, este valor sugiere una alta presencia de minerales y sales, lo cual es corroborado por el valor de salinidad de 1430 mg/litro. Este nivel de salinidad es considerable y podría afectar tanto a los ecosistemas acuáticos como a la potabilidad del agua si se utilizara para consumo humano.

Alcalinidad y Dureza: La alcalinidad, que es de 40 mg/litro, se encuentra en un rango que generalmente indica una capacidad moderada del agua para neutralizar ácidos, lo cual es beneficioso para mantener un pH estable en los cuerpos de agua. Sin embargo, la dureza, con un valor de 1403 mg/litro, es extremadamente alta, lo que indica una gran cantidad de minerales como calcio y magnesio disueltos en el agua. Este nivel de dureza puede tener impactos negativos en la flora y fauna acuática y en las tuberías y equipos industriales que usan esta agua.

Metales y Minerales: La concentración de cromo hexavalente en el agua del Río Margajita es de 0.013 mg/litro, superando la norma de calidad de aguas superficiales de 0.01 mg/litro. Esto indica la presencia de este metal pesado en niveles que pueden ser peligrosos para la salud humana y la vida acuática. Otros metales como el zinc (1.7 mg/litro) y el arsénico (0.004 mg/litro) están presentes, aunque no exceden las normas establecidas. Es importante destacar que, aunque los niveles de arsénico están dentro del límite permisible, la presencia de cualquier cantidad de este metal debe ser monitoreada debido a su toxicidad.

Contaminantes Orgánicos e Inorgánicos: Los resultados muestran que los niveles de fosfatos son de 5.59 mg/litro, lo que excede ampliamente la norma de 0.20 mg/litro. Este exceso puede causar eutrofización, un proceso que agota el oxígeno del agua y puede resultar en la muerte de peces y otras formas de vida acuática. La demanda química de oxígeno (DQO) es extremadamente alta, con un valor de 117 mg/litro, que sobrepasa significativamente la norma de 400 mg/litro, indicando una gran cantidad de materia orgánica que puede consumir oxígeno y perjudicar la vida acuática. Asimismo, los fenoles se encuentran a un nivel de 1.43 mg/litro, superando la norma de 1.0 mg/litro, lo cual es preocupante debido a la toxicidad de estos compuestos.

Otras Consideraciones: Los niveles de cianuro (0.022 mg/litro) y cadmio (0.005 mg/litro) están por debajo de los límites permisibles de 0.1 mg/litro y 0.05 mg/litro, respectivamente. Sin embargo, la presencia de estos elementos, aunque en cantidades menores, sigue siendo un motivo de preocupación debido a su alta toxicidad.

El análisis de los parámetros fisicoquímicos del agua del Río Margajita revela que varios componentes superan las normas establecidas, indicando posibles fuentes de contaminación que podrían afectar tanto el medio ambiente como la salud pública. La alta conductividad, dureza y niveles de ciertos contaminantes sugieren la necesidad de un

monitoreo continuo y posiblemente medidas de mitigación para reducir la contaminación del río.

Tabla 6: Resultados Fisicoquímicos, 2 de 2.

Parámetros	Unidades	Rio margajita	Norma calidad de aguas superficiales	Métodos
Hora	-	11:54 AM	-	-
Plomo	mg/litro	0.011	0.05	SM-3500-Pb
Carbon orgánico Total	mg/litro	3.93	-	SM-5220-D
Nitratos + nitritos	mg/litro	24.291	10	SM-4500-NO2 NO3
Mercurio	mg/litro	<0.001	0.001	SM-3500-Hg
Aceites y grasas	mg/litro	0.2	1.0	SM-5520-D
Sulfatos	mg/litro	<0.001	0.002	SM-4500-S ²
Niquel	mg/litro	0.028	0.1	SM-3500-Ni
Bromuro	mg/litro	< 0.02	-	SM-4500-clO2- D
Yodo	mg/litro	< 0.01	-	SM-4500-I
Cromo total	mg/litro	0.01	0.05	SM-3500-Cr-D
Boro	mg/litro	< 0.1	0.5	SM-4500-NH3
Amoniaco	mg/litro	3.6	0.5	SM-4500-SiO2- D
Silice	mg/litro	23.5	-	SM-2310-B
Acidez	mg/litro	< 0.02	-	SM-513-D
Dioxido de carbono	mg/litro	< 5.0	-	SM-4500 ClO2- D
Dioxido de cloro	mg/litro	< 0.02	-	SM-4500 ClO2- D
Ozono	mg/litro	< 0.02	-	Método indigo

Fuente: Analítica realizada en laboratorio Lamener

Los resultados fisicoquímicos adicionales del agua del Río Margajita, presentados en la Tabla No. 6, proporcionan más detalles sobre la calidad del agua, especialmente en relación con la presencia de metales pesados, compuestos orgánicos y otros elementos que pueden afectar la salud del ecosistema y la calidad del agua.

Metales Pesados: El análisis revela la presencia de varios metales pesados en el agua del Río Margajita. El plomo está presente en una concentración de 0.011 mg/litro, que es inferior al límite permitido de 0.05 mg/litro. Sin embargo, la presencia de plomo, aunque en pequeñas cantidades, es preocupante debido a su toxicidad y potencial bioacumulación. El mercurio se reporta en niveles menores a 0.001 mg/litro, coincidiendo exactamente con la norma de calidad de aguas superficiales, lo que sugiere que se encuentra al límite del umbral permisible. El níquel y el cromo total tienen concentraciones de 0.028 mg/litro y 0.01

mg/litro, respectivamente, ambas por debajo de los límites establecidos, pero su presencia sigue siendo motivo de preocupación ambiental.

Nutrientes y Compuestos Orgánicos: Los niveles de nitratos y nitritos en el agua son significativamente elevados, alcanzando los 24.291 mg/litro, lo que supera con creces el límite permitido de 10 mg/litro. Este exceso indica una alta carga de nutrientes, que puede provocar la eutrofización del cuerpo de agua, afectando negativamente a la vida acuática. Además, el carbono orgánico total se encuentra en 3.93 mg/litro, lo que sugiere una presencia moderada de materia orgánica que podría servir como fuente de nutrientes para microorganismos, afectando el equilibrio ecológico del río.

Otros Contaminantes y Parámetros: La concentración de amoníaco es de 3.6 mg/litro, excediendo ampliamente la norma de 0.5 mg/litro. Este nivel elevado de amoníaco es indicativo de contaminación por desechos orgánicos o agrícolas, lo que puede ser tóxico para la vida acuática y alterar significativamente la calidad del agua. Por otro lado, los niveles de aceites y grasas son de 0.2 mg/litro, por debajo del límite de 1.0 mg/litro, lo que indica una presencia controlada de estos compuestos.

Elementos en Bajos Niveles: Los resultados también indican niveles muy bajos o no detectables de varios otros elementos. Por ejemplo, el sulfato está presente en menos de 0.001 mg/litro, y el boro en menos de 0.1 mg/litro, ambos por debajo de los límites establecidos. Además, elementos como el bromuro, el yodo, el dióxido de carbono, el dióxido de cloro y el ozono están presentes en concentraciones tan bajas que son menores que los límites de detección de los métodos utilizados.

En conjunto, los resultados de la Tabla No. 6 subrayan varios problemas de calidad del agua en el Río Margajita, especialmente en relación con la presencia de metales pesados, nutrientes y compuestos orgánicos. Si bien algunos elementos están dentro de los límites aceptables, otros, como los nitratos, nitritos y el amoníaco, presentan niveles preocupantes que pueden tener efectos negativos significativos en la salud humana y ambiental. Es crucial implementar medidas de mitigación y un monitoreo continuo para mejorar la calidad del agua y proteger los ecosistemas acuáticos del río.

4.3 Limitaciones del Estudio

Variabilidad Temporal: El estudio se basa en datos recopilados en varios meses, pero no en una frecuencia diaria o semanal. Esta variabilidad temporal puede no capturar fluctuaciones rápidas en la calidad del agua que podrían ser importantes para entender completamente el impacto de los pasivos mineros.

Número Limitado de Puntos de Monitoreo: Aunque se monitorearon tres puntos a lo largo del río Margajita, la limitada cantidad de ubicaciones puede no ser representativa de toda la cuenca. La inclusión de más puntos de monitoreo podría ofrecer una visión más completa de la variabilidad espacial en la calidad del agua.

Falta de Datos Históricos: La ausencia de datos históricos previos al estudio impide una comparación de tendencias a largo plazo y una evaluación más precisa de los cambios en la calidad del agua a lo largo del tiempo.

Parámetros No Incluidos: Algunos parámetros potencialmente relevantes, como la presencia de metales pesados específicos y compuestos orgánicos volátiles, no se incluyeron en el análisis. La omisión de estos parámetros podría limitar la comprensión del impacto completo de los pasivos mineros.

Influencia de Factores Externos: Factores externos como el clima, la actividad industrial local y la gestión de residuos pueden haber influido en los resultados. Sin un análisis detallado de estos factores, es difícil atribuir los cambios en la calidad del agua únicamente a los pasivos mineros.

4.4 Sugerencias para Futuras Investigaciones

Monitoreo Continuo y a Alta Frecuencia: Implementar un sistema de monitoreo continuo y realizar mediciones más frecuentes permitirá capturar variaciones diarias o semanales en los parámetros de calidad del agua, proporcionando una visión más detallada del impacto de los pasivos mineros.

Ampliación del Número de Puntos de Monitoreo: Aumentar el número de puntos de monitoreo a lo largo del río Margajita y en áreas aguas abajo ayudará a obtener una imagen más completa de la distribución de contaminantes y sus efectos en el ecosistema acuático.

Estudio de la Variabilidad Temporal: Realizar estudios que incluyan diferentes estaciones del año y condiciones climáticas extremas para evaluar cómo estas variaciones afectan la calidad del agua y el impacto de los pasivos mineros.

Incorporación de Parámetros Adicionales: Ampliar el análisis para incluir metales pesados adicionales, compuestos orgánicos volátiles y otros contaminantes emergentes. Esto ayudará a identificar posibles fuentes de contaminación no detectadas en el estudio actual.

Análisis de Factores Externos: Incluir un análisis detallado de factores externos como la actividad industrial, la gestión de residuos y las prácticas agrícolas en la cuenca del río para evaluar su influencia en la calidad del agua y separar el impacto de los pasivos mineros.

Evaluación de Impactos a Largo Plazo: Realizar estudios a largo plazo para monitorear las tendencias en la calidad del agua y los efectos acumulativos de los pasivos mineros. Esto permitirá una evaluación más precisa de los impactos ambientales y la efectividad de las medidas de mitigación implementadas.

Estudios de Salud Pública: Realizar investigaciones que evalúen los posibles efectos en la salud de las comunidades locales debido a la exposición a los contaminantes presentes en el agua. Esto puede proporcionar información adicional sobre la necesidad de intervenciones en el área.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

5.1 Introducción

En este capítulo se presentan el análisis y discusión de los resultados de la investigación, en correspondencia con las variables que fueron sustentadas. En el mismo se incluyen la triangulación de las variables, las conclusiones y las recomendaciones.

5.2 Discusión de los resultados

El monitoreo mensual realizado en el río Margajita durante los meses de abril a julio de 2024 proporciona un análisis detallado de las condiciones físico-químicas del agua en tres puntos específicos: Margajita 1, Margajita 2, y Margajita 3. A través del análisis de los parámetros de pH, conductividad, oxígeno disuelto (O.D), y temperatura, es posible inferir sobre la calidad del agua y las posibles influencias antropogénicas y naturales que afectan este cuerpo de agua.

1. pH

A lo largo de los meses monitoreados, el pH del agua en el río Margajita varió considerablemente, especialmente en el mes de mayo, cuando en el punto Margajita 3 se registró un valor extremadamente bajo de 4.75, indicando un ambiente ácido. Este valor es un indicativo preocupante de la presencia de contaminantes ácidos, posiblemente derivados de actividades industriales, agrícolas o de descargas de aguas residuales no tratadas. Los demás puntos de monitoreo mostraron valores de pH dentro del rango neutro a ligeramente alcalino, sugiriendo que la acidez observada en Margajita 3 es un fenómeno localizado y no generalizado a lo largo del río.

En los meses posteriores, el pH volvió a niveles más neutros (7.68 - 7.99 en junio y 7.31 - 7.90 en julio), lo que podría implicar que la fuente de acidez fue temporal o que hubo un proceso de neutralización, posiblemente por mezclas con aguas de pH más elevado o por procesos de auto-purificación del río.

Según Wetzel (2001), los cambios bruscos en el pH pueden ser indicativos de contaminaciones puntuales o episodios de acidificación, lo que concuerda con el valor bajo observado en mayo. Wetzel explica que un pH ácido puede deberse a la deposición de contaminantes atmosféricos o descargas de efluentes industriales (Wetzel, R.G. (2001).

El valor bajo de pH en Margajita 3 podría estar relacionado con actividades antropogénicas específicas en esa zona. El hecho de que el pH se normalizara en los meses siguientes sugiere que la fuente de acidez fue temporal. Es importante seguir monitoreando este punto para identificar la fuente exacta y prevenir futuros episodios.

2. Conductividad

La conductividad eléctrica del agua, que refleja la cantidad de iones disueltos y, por ende, la presencia de contaminantes, mostró variaciones entre los puntos de monitoreo y los diferentes meses. En general, la conductividad tendió a ser más alta en los meses de mayo y junio, con valores de hasta 3.892 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en Margajita 1 durante junio. Esto sugiere una mayor carga iónica en el agua, probablemente debido a la disolución de minerales o la entrada de contaminantes, como sales y metales pesados, que pueden tener origen tanto natural como antropogénico.

El descenso observado en julio, con la conductividad más baja registrada en Margajita 3 (3.470 $\mu\text{S}/\text{cm}$), podría indicar una reducción en la concentración de iones disueltos, posiblemente debido a cambios en las fuentes de contaminación o a una dilución por lluvias o entrada de aguas menos contaminadas.

Hach (2018) señala que las variaciones en la conductividad pueden reflejar la presencia de sales, metales pesados o contaminantes. Altos niveles de conductividad suelen estar asociados con la contaminación por efluentes industriales o agrícolas.

La alta conductividad sugiere una carga significativa de contaminantes iónicos, lo que podría deberse a actividades industriales cercanas o a la influencia de aguas salinas. La disminución en julio podría deberse a una dilución por lluvias o una reducción en las fuentes de contaminación, lo cual es positivo, pero se debe vigilar para confirmar la tendencia.

3. Oxígeno Disuelto (O.D)

Los niveles de oxígeno disuelto son fundamentales para determinar la capacidad del agua para soportar la vida acuática. En general, los valores de O.D oscilaron entre 5.42 mg/L y 7.65 mg/L, lo cual es adecuado para la mayoría de las formas de vida acuática. Sin embargo, la notable disminución en Margajita 3 durante abril (5.42 mg/L) podría indicar un estrés ambiental en esa área, posiblemente debido a la descomposición de materia orgánica o a la

contaminación orgánica que consume oxígeno. La recuperación observada en los meses posteriores (hasta 7.60 mg/L en mayo y 7.10 mg/L en julio) sugiere una mejora en la calidad del agua o una reducción en las cargas de contaminación.

Chapman (1996) destaca que niveles bajos de oxígeno disuelto pueden ser indicadores de alta carga orgánica o contaminación. La recuperación en meses posteriores puede sugerir una mejora en la calidad del agua o una reducción en la carga contaminante (Chapman, D. (1996).

La disminución del oxígeno disuelto en abril es preocupante y podría estar relacionada con la descomposición de materia orgánica o contaminación. La posterior recuperación sugiere una posible mejora en la calidad del agua. Es importante continuar monitoreando para asegurar que los niveles se mantengan adecuados y no haya episodios recurrentes de baja concentración de oxígeno.

4. Temperatura

La temperatura del agua varió ligeramente entre los puntos de monitoreo y los meses, con valores que fueron de 26°C a 34°C. Las diferencias de temperatura pueden ser atribuidas a factores ambientales locales, como la exposición al sol, la cobertura vegetal y la profundidad del río. Los valores más altos, como los 34°C registrados en Margajita 3 en junio, pueden tener implicaciones significativas en la calidad del agua, ya que la temperatura elevada reduce la solubilidad del oxígeno, afectando negativamente a la vida acuática.

La conductividad del agua del Río Margajita es de 2670 uS/cm, lo que indica una alta presencia de iones disueltos, especialmente sales. La salinidad, que se encuentra en 1430 mg/litro, también refleja esta concentración significativa de sales disueltas. Estos niveles sugieren que el río podría estar recibiendo aportes de agua salina, posiblemente debido a la intrusión de agua marina o la descarga de efluentes industriales que contienen sales. Un alto nivel de salinidad puede ser perjudicial para muchas especies acuáticas que no están adaptadas a estas condiciones, afectando la biodiversidad del ecosistema fluvial.

Barceló y Petrovic (2007) mencionan que temperaturas elevadas pueden reducir la solubilidad del oxígeno, afectando la vida acuática y la calidad del agua (Barceló, D., & Petrovic, M. (2007).

Las temperaturas elevadas pueden tener efectos negativos en la calidad del agua y la fauna acuática. Aunque las variaciones de temperatura parecen normales para la estación, se deben considerar medidas para mitigar el impacto en los ecosistemas acuáticos, especialmente durante los meses más cálidos.

Alcalinidad y Dureza

La alcalinidad del agua, medida en 40 mg/litro, indica una capacidad moderada del agua para neutralizar ácidos, lo cual es generalmente favorable para mantener un pH estable en el cuerpo de agua. Sin embargo, la dureza del agua, con un valor extremadamente alto de 1403 mg/litro, revela una gran cantidad de minerales disueltos, como calcio y magnesio. Esta dureza puede tener varios impactos negativos, incluyendo la formación de incrustaciones en tuberías y equipos industriales, y también puede ser perjudicial para ciertos organismos acuáticos que no están adaptados a niveles elevados de minerales.

APHA (2017) señala que una alta salinidad puede afectar la biodiversidad acuática, especialmente si las especies no están adaptadas a tales condiciones (American Public Health Association. (2017).

Los altos niveles de salinidad y dureza son preocupantes y podrían tener efectos negativos en la biodiversidad del río. Es posible que el río reciba influencias de efluentes industriales o de aguas salinas. Se recomienda investigar las fuentes de estas elevadas concentraciones y considerar medidas para reducir la entrada de sales y minerales.

Metales y Minerales

El análisis muestra la presencia de varios metales, algunos de los cuales exceden los límites establecidos por las normas de calidad de aguas superficiales. El cromo hexavalente, con una concentración de 0.013 mg/litro, supera el límite de 0.01 mg/litro, indicando la posible contaminación del agua por fuentes industriales o actividades humanas. Este metal es conocido por su toxicidad y carcinogenicidad, lo que plantea serios riesgos para la salud humana y la vida acuática. Otros metales, como el zinc (1.7 mg/litro), aunque no tienen un límite específico en la tabla, deben ser monitoreados debido a su potencial toxicidad en concentraciones elevadas.

EPA (2021) destaca que la presencia de metales pesados y contaminantes orgánicos puede tener graves consecuencias para la salud humana y el medio ambiente, requiriendo una vigilancia estricta y medidas de remediación (Environmental Protection Agency. (2021).

Los niveles elevados de metales pesados y contaminantes orgánicos son alarmantes y sugieren una contaminación significativa del río. La presencia de cromo hexavalente y fenoles indica una posible influencia de efluentes industriales. Se deben implementar medidas inmediatas para controlar la contaminación y proteger la salud pública y el medio ambiente.

Contaminantes Orgánicos e Inorgánicos

Los niveles de fosfatos en el agua del río son de 5.59 mg/litro, muy por encima del límite permisible de 0.20 mg/litro. Este exceso de fosfatos puede ser un indicio de contaminación por fertilizantes agrícolas o descargas domésticas, y puede llevar a la eutrofización, un proceso que reduce el oxígeno disuelto en el agua y causa la muerte de organismos acuáticos. Además, la demanda química de oxígeno (DQO) es extremadamente alta, con un valor de 117 mg/litro, lo que indica una gran cantidad de materia orgánica en el agua, que puede descomponerse y consumir oxígeno, perjudicando a la fauna acuática.

Otros Elementos y Parámetros

Se detectaron fenoles a una concentración de 1.43 mg/litro, que supera la norma de 1.0 mg/litro. Los fenoles son compuestos orgánicos tóxicos que pueden ser perjudiciales para la vida acuática y también representan un riesgo para la salud humana. La presencia de floruro a un nivel de 16.0 mg/litro, aunque no se compara con una norma específica en la tabla, puede ser significativa, ya que niveles altos de floruro en el agua pueden ser tóxicos.

El cianuro y el cadmio están presentes en concentraciones de 0.022 mg/litro y 0.005 mg/litro, respectivamente, ambos por debajo de los límites permisibles. Sin embargo, la presencia de cianuro, incluso en bajas concentraciones, es preocupante debido a su alta toxicidad.

Los resultados fisicoquímicos indican que el agua del Río Margajita presenta varios problemas de calidad, incluidos niveles elevados de sales, dureza, metales pesados, fosfatos y compuestos orgánicos tóxicos. Estos parámetros sugieren una posible contaminación de fuentes industriales, agrícolas y domésticas. Es crucial implementar medidas de control y

mitigación para reducir la contaminación del río y proteger tanto el medio ambiente como la salud pública. Además, se recomienda realizar un monitoreo continuo para evaluar la efectividad de estas medidas y asegurar la calidad del agua en el futuro.

5.3 Conclusiones

Caracterizar los pasivos ambientales mineros presentes en la cuenca del río Margajita, identificando su ubicación, tipo de mineralización y posibles fuentes contaminantes.

El monitoreo mensual realizado en tres puntos de la cuenca del río Margajita reveló fluctuaciones significativas en los parámetros de calidad del agua, incluyendo pH, conductividad, oxígeno disuelto y temperatura. Estos resultados sugieren la influencia de diversas fuentes de contaminación, tanto naturales como antropogénicas, afectando negativamente la calidad del recurso hídrico. En particular, el pH mostró variaciones críticas, con un valor extremadamente bajo de 4.75 en mayo en el punto Margajita 3, lo que indica un ambiente ácido posiblemente relacionado con contaminantes industriales o agrícolas. Sin embargo, la recuperación posterior del pH sugiere una neutralización o dilución natural.

Análisis de los niveles de pH, conductividad, sólidos disueltos totales, temperatura, oxígeno disuelto y metales pesados:

El análisis de los parámetros fisicoquímicos del agua del río Margajita revela variaciones significativas a lo largo de los meses monitoreados. Los valores de pH fluctuaron desde condiciones neutras a ligeramente alcalinas (7.22 a 7.99) en la mayoría de los puntos, con excepción de la notable acidificación en Margajita 3 en mayo. Estas variaciones pueden reflejar la influencia de descargas ácidas de origen minero. La conductividad eléctrica también mostró variaciones significativas, alcanzando valores elevados que podrían indicar un aumento en la concentración de sólidos disueltos y posibles contaminantes metálicos.

En cuanto a los niveles de oxígeno disuelto, se observó una tendencia a la disminución en los meses más cálidos, lo cual podría ser resultado de una mayor demanda biológica de oxígeno o de procesos de oxidación de minerales que consumen oxígeno. La temperatura del agua se mantuvo relativamente alta, particularmente en los puntos de monitoreo Margajita 1 y Margajita 3, lo que podría exacerbar los efectos negativos de la contaminación por metales pesados y otros contaminantes químicos, al disminuir la solubilidad del oxígeno y afectar la vida acuática.

Identificación de actores clave y dinámicas socioeconómicas:

Las comunidades locales alrededor de la cuenca del río Margajita están directamente afectadas por la calidad del agua, ya que dependen de este recurso para actividades domésticas, agrícolas y de subsistencia. Los resultados del monitoreo subrayan la necesidad de involucrar a estos actores clave en la gestión del recurso hídrico y en la implementación de medidas de mitigación. La identificación de las dinámicas socioeconómicas de estas comunidades, incluyendo su relación con la minería y otras actividades económicas, es fundamental para diseñar estrategias de gestión que sean socialmente inclusivas y económicamente viables.

Es evidente que la contaminación del río Margajita tiene repercusiones directas sobre la salud pública y la economía local, especialmente si se consideran los posibles efectos tóxicos de los metales pesados y otros contaminantes en la población. La participación activa de las comunidades en la vigilancia de la calidad del agua y en la toma de decisiones sobre la gestión de los recursos naturales es esencial para asegurar la sostenibilidad de las intervenciones propuestas.

Propuesta de medidas de mitigación y gestión sostenible:

A partir de los resultados obtenidos, se proponen varias medidas para mitigar los impactos de los pasivos ambientales mineros en la cuenca del río Margajita y promover una gestión sostenible del recurso hídrico:

Remediación de Pasivos Mineros: Implementación de tecnologías de tratamiento pasivo, como sistemas de humedales artificiales, para la neutralización de ácidos y la precipitación de metales pesados. Además, se recomienda la reforestación y estabilización de áreas afectadas por la minería para reducir la erosión y la lixiviación de contaminantes.

Monitoreo Continuo: Establecimiento de un programa de monitoreo continuo de la calidad del agua que incluya la medición de parámetros fisicoquímicos y biológicos, así como la presencia de metales pesados, para evaluar la efectividad de las medidas de mitigación y detectar cambios en la calidad del agua a lo largo del tiempo.

Educación y Capacitación Comunitaria: Desarrollar programas de educación ambiental y capacitación para las comunidades locales, con el fin de aumentar la conciencia

sobre los riesgos asociados con la contaminación del agua y fomentar prácticas sostenibles en la gestión de los recursos naturales.

Marco Normativo y Regulatorio: Revisión y fortalecimiento del marco normativo y regulador relacionado con la minería y la gestión de recursos hídricos, asegurando su aplicación efectiva y el cumplimiento por parte de las empresas mineras y otros actores.

Los resultados del monitoreo del río Margajita destacan la necesidad urgente de abordar los impactos de la minería en la cuenca hidrográfica mediante una combinación de medidas técnicas, regulatorias y comunitarias. La gestión integrada y sostenible de este recurso hídrico es crucial para proteger la salud pública, conservar la biodiversidad y asegurar el desarrollo económico a largo plazo de las comunidades locales.

Desarrollar e implementar planes de remediación específicos para los pasivos ambientales mineros identificados en la cuenca del río Margajita. Esto incluye la restauración de suelos y la mejora de la calidad del agua mediante tecnologías de tratamiento pasivo y la reforestación de áreas afectadas.

Establecer un programa de monitoreo continuo y exhaustivo para la calidad del agua en el río Margajita, que incluya análisis de metales pesados y otros contaminantes. Fortalecer la regulación y vigilancia sobre las actividades mineras para asegurar el cumplimiento de los estándares ambientales y prevenir la contaminación.

Actualizar y fortalecer las normativas ambientales relacionadas con la minería y la gestión de recursos hídricos, considerando los resultados del monitoreo y las mejores prácticas internacionales.

5.4 Recomendaciones

Al Ministerio de Medio Ambiente: Los resultados del monitoreo realizado en el río Margajita durante los meses de abril, mayo, junio y julio de 2024 sugieren la existencia de pasivos ambientales mineros que impactan negativamente la calidad del agua del río. La marcada variabilidad en los valores de pH, especialmente en el mes de mayo, donde se registró un pH extremadamente ácido de 4.75 en Margajita 3, indica la posible presencia de lixiviados ácidos derivados de actividades mineras. Esta acidificación puede estar asociada con la oxidación de minerales sulfurados presentes en los residuos mineros, que liberan ácidos y metales pesados en el agua. Además, la fluctuación en los niveles de conductividad

eléctrica, que alcanzaron hasta 3.892 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en junio, sugiere una variabilidad en la concentración de iones disueltos que podría estar relacionada con la entrada de contaminantes minerales en el sistema hídrico.

La identificación de estos pasivos ambientales mineros es crucial, ya que permite señalar los puntos críticos de contaminación y establecer la relación entre las actividades mineras y los cambios en la calidad del agua. En este contexto, es fundamental realizar estudios más detallados que permitan identificar con precisión los tipos de mineralización y las posibles fuentes contaminantes, para así diseñar estrategias de remediación adecuadas.

Al Ministerio de Industria y Comercio:

Supervisar y regular las actividades mineras en la cuenca del río Margajita, asegurando que las empresas mineras cumplan con las normas ambientales y adopten prácticas de minería sostenible que minimicen el impacto en el medio ambiente y la calidad del agua.

Fomentar el uso de tecnologías limpias y procesos de minería menos contaminantes a través de incentivos y apoyo a las empresas que adopten prácticas ambientalmente responsables.

Facilitar la colaboración entre el sector minero, el Ministerio de Medio Ambiente y otras entidades gubernamentales para implementar estrategias integradas de gestión ambiental.

A las ONGs (Organizaciones No Gubernamentales):

Desarrollar campañas de educación y sensibilización sobre la importancia de la calidad del agua y los impactos de la minería en las comunidades locales. Promover la participación comunitaria en la vigilancia de la calidad del agua y la gestión de recursos naturales.

Colaborar con el Ministerio de Medio Ambiente y las comunidades locales en la implementación de proyectos de remediación y restauración ambiental. Brindar apoyo técnico y financiero para la ejecución de estas iniciativas.

Realizar monitoreos independientes de la calidad del agua para complementar las

actividades gubernamentales y asegurar una evaluación objetiva y transparente de la situación ambiental.

A los Grupos Populares:

Involucrarse activamente en la vigilancia y protección del río Margajita, reportando cualquier signo de contaminación o actividad minera que pueda afectar la calidad del agua. Participar en reuniones comunitarias y talleres sobre gestión del recurso hídrico.

Adoptar y promover prácticas sostenibles en la agricultura, el uso del agua y la gestión de desechos para reducir la presión sobre el recurso hídrico y contribuir a la conservación del medio ambiente.

Facilitar la educación y capacitación en la comunidad sobre los impactos ambientales de la minería y la importancia de una gestión adecuada del agua.

A las Empresas Mineras:

Asegurar el cumplimiento riguroso de las normativas ambientales relacionadas con la minería, incluyendo la gestión de residuos y la prevención de la contaminación del agua. Implementar tecnologías y prácticas que minimicen el impacto ambiental.

Desarrollar e implementar programas de responsabilidad social empresarial que incluyan inversiones en la restauración ambiental y el bienestar de las comunidades afectadas. Facilitar el diálogo abierto con las comunidades locales para abordar sus preocupaciones y necesidades.

Mantener una política de transparencia en las operaciones mineras, reportando de manera regular y accesible los impactos ambientales y las medidas tomadas para mitigar estos impactos.

A la Población en General:

Aumentar la conciencia sobre la importancia de la calidad del agua y los efectos de la minería en el medio ambiente. Participar en actividades de vigilancia comunitaria y reportar cualquier actividad sospechosa o contaminación del río Margajita.

Buscar información y formación sobre prácticas sostenibles y la gestión de recursos

naturales para contribuir a la protección del medio ambiente. Participar en talleres y eventos educativos organizados por ONGs, autoridades locales y otras entidades.

Unirse a esfuerzos colectivos para promover la protección del río Margajita, apoyar iniciativas de remediación y participar en procesos de toma de decisiones sobre la gestión de recursos hídricos.

Bibliografía

- (CEPAL), C. E. (2003). *Estándares de calidad ambiental y su implementación en América Latina*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- (CEPAL), C. E. (2015). *Medidas de mitigación y adaptación al cambio climático en América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- (FAO), O. d. (2024). *Biodiversidad acuática y pesca continental*. FAO.
- (OMS), O. M. (2017). *Directrices para la calidad del agua potable*. Ginebra, Suiza: Organización Mundial de la Salud.
- (UNFCCC), U. N. (2019). *Handbook on Water Resources*. Bonn, Alemania: UNFCCC.
- Cervantes Rojas, R., & Molero Cáceres, J. (2022). *Evaluación de los riesgos generados por pasivos ambientales*. Huancayo: Universidad Continental.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), & C. Gallopín, G. (2003). *Sostenibilidad y desarrollo sostenible: un enfoque sistémico*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Gómez, J. L. (2014). *Contaminación de suelos por metales pesados: una revisión*. Madrid, España: Ediciones Ambientales.
- JAVIER, H. R. (2018). *EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL RÍO SANTA, POR LOS RELAVES*. Lima, Perú: Universidad Alas Peruanas (UAP).
- Loredo Pérez, J., Marqués Sierra, A., Beggs, C., Venegas, M., Amezaga, J., Rötting, T., & Younger, P. (2009). *Agua y Minería en Cuencas Áridas y Semiáridas*. Reino Unido, España y Chile: Virginia López Castellanos (UNESCO).
- naturales, s. d. (2013). *Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión. Cuencas hidrográficas*, 7.

- Oblasser , A., & Chaparro A., E. (2008). *Estudio comparativo de la gestion de los pasivos ambientales mineros en bolivia, chile, peru y estados unidos*. santiago, chile: CEPAL.
- ONU-Agua. (2006). *Informe de políticas de ONU-AGUA sobre el Cambio Climático y el Agua*. Ramesh K., J., Lloyd H., E., & Vipin B., V. (2016). *Environmental Impacts of Mining Activities: Emphasis on Mitigation* . Estados Unidos, Boca Raton: CRC Press.
- RAMÍREZ, A. J. (2018). *EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL RÍO SANTA, POR LOS RELAVES MINEROS UBICADOS EN TICAPAMPA - RECUAY – ANCASH* - 2018. Lima, Peru: Univesidad Alas peruanas (UAP).
- T. Madigan, M., M. Martinko, j., A. Stahl, D., & P. Clark, D. (2014). *Brock Biology of Microorganisms*. Estados Unidos, Boston: Pearson Education.

Anexos

Anexo No. 1: Entrevista estructurada.

Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO)

Proyecto de tesis: **EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LOS PASIVOS**

**AMBIENTALES MINEROS EN EL RECURSO HÍDRICO DE LA
CUENCA DEL RIO MARGAJITA, COTUÍ, PROVINCIA SÁNCHEZ
RAMÍREZ**

Cuestionario dirigido a residentes en las zonas aledañas a la microcuenta Margajita.

Indicaciones: Lea cuidadosamente y marque la respuesta que usted considere correcta.

Edad:____ Sexo:____

1. ¿Cómo describiría la calidad del agua en la cuenca del río Margajita?

- a) El agua está más ácida
- b) El agua tiene más sedimentos
- c) El agua es más oscura
- d) El agua se siente más pesada
- e) La calidad no ha cambiado

2. ¿Ha notado algún cambio en la calidad del agua en los últimos años?

- a) Sí, ha empeorado
- b) Sí, ha mejorado
- c) No ha cambiado
- d) No estoy seguro

3. ¿Qué impacto cree que tienen las actividades mineras en la calidad del agua?

- a) Aumenta la contaminación
- b) No afecta el agua
- c) Mejora la calidad del agua
- d) No estoy seguro

4. ¿Ha observado algún efecto en la salud de la comunidad relacionado con la calidad del agua?

- a) Sí, más personas tienen problemas estomacales
- b) Sí, hay más enfermedades de la piel
- c) No he notado ningún efecto
- d) No estoy seguro

5. ¿Qué medidas cree que deberían tomarse para mejorar la calidad del agua?

- a) Controlar los residuos de las minas
- b) Instalar filtros en el agua
- c) Hacer más monitoreos
- d) Reforestar las áreas cercanas

6. ¿Cómo evalúa la respuesta de las autoridades frente a los problemas ambientales en la cuenca?

- a) No han hecho lo suficiente
- b) Están trabajando en ello
- c) No han tomado en serio el problema
- d) Han sido rápidos en responder

7. ¿Hay algo más que le gustaría compartir sobre el impacto de la minería en la cuenca del río Margajita?

- a) La minería ha empeorado el río
- b) La minería ha traído problemas
- c) No ha afectado el río
- d) No tengo una opinión

8. ¿Tiene alguna sugerencia para futuras investigaciones sobre este tema?

- a) Investigar los efectos en la salud
- b) Estudiar cómo limpiar el río
- c) Investigar el impacto en las plantas y animales
- d) No tengo sugerencias

Anexo No. 2. Resultados del estudio.

**Caracterización de Aguas Superficiales de Maimón
Provincia Monseñor Nouel, R.D.**

**LABORATORIO AMBIENTAL Y
ENERGÉTICO**



Monitoreo Realizado Para



**Enero 2024
Santo Domingo, República Dominicana**

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	64
RECOLECCIÓN DE MUESTRAS.....	65
FRASCOS UTILIZADOS	32
PRESERVANTES.....	32
COOLER.....	33
RECEPCIÓN DE MUESTRAS EN EL LABORATORIO.....	66
METODOLOGÍA	66
ASPECTOS ORGANOLÉPTICOS.....	66
EQUIPOS UTILIZADOS PARA LOS ANÁLISIS.....	67
RESULTADOS.....	68
INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	71

INTRODUCCIÓN

A continuación, se presentan los resultados del muestreo y caracterización de las Aguas Superficiales de la Cañada Honda, Río Maimón, Río Zinc 2, Río Zinc Los Martínez, Río Corozal y Confluencia ubicados en la Provincia de Monseñor Nouel, República Dominicana.

El muestreo fue realizado por el cliente el 10 del mes de enero de 2024 en horario diurno y las muestras fueron trasladadas a las instalaciones de LAMENER el mismo día en condiciones adecuadas.

I- RECOLECCIÓN DE MUESTRAS

Las muestras fueron recolectadas por el cliente utilizando las directrices de la norma NORDOM 39.

a- FRASCOS UTILIZADOS

Se utilizaron dos tipos de frascos para recolectar las muestras según los lineamientos de la norma NORDOM 39 y de la OPS.

Estos frascos se colocan en una bolsa Ziploc por si ocurre un derrame el agua permanezca dentro de la bolsa y no se mezclen.

Cada frasco debe cumplir con condiciones diferentes y cada uno es destinado de acuerdo con el tipo de muestra que se requiere analizar.

Para este muestreo se utilizaron:

- 1-Plastico 1000 ml, Parámetros fisicoquímicos
- 2-Cristal color ámbar 1000 ml, parámetros orgánicos
- 3-Plásticos 125 ml, parámetros bacteriológicos



Foto 1.1-Kit de frascos para monitoreo utilizado por LAMENER.

b- PRESERVANTES

Los preservantes se utilizan para conseguir que la muestra llegue al laboratorio con condiciones muy similares a las existentes en el punto de muestreo cuando se tomó la muestra.

En este monitoreo utilizamos los siguientes preservantes:

- 1- Ice Blue para mantener la temperatura
- 2- Hielo para mantener la temperatura

c- COOLER

Se utilizaron cooler de mano marca COLEMAN.

II- RECEPCIÓN DE MUESTRAS EN EL LABORATORIO

Las muestras fueron recibidas en las instalaciones de LAMENER con una temperatura de **3.2 Grados Celsius**, es decir que según con las normas de la OPS y lo recomendado por los métodos Estándar que es 10 grados Celsius a la llegada las muestras se encontraron dentro de norma.

III- METODOLOGÍA

Para la preparación y análisis de estas muestras se utilizó los métodos Standards en su versión del año 2012.

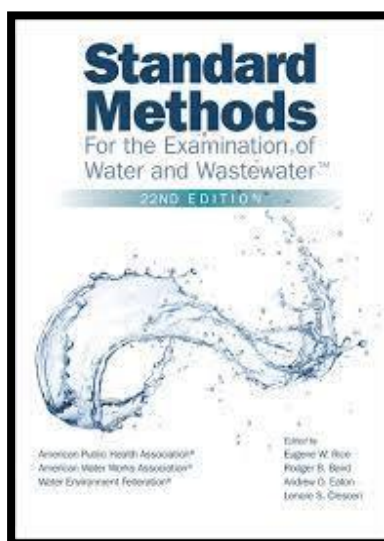


Foto 1.2- Edición 22 de los métodos Standard.

IV- ASPECTOS ORGANOLÉPTICOS

Al momento del monitoreo las aguas tomadas se encontraban de la siguiente forma:

Parámetros/Estado	Aguas Superficiales
Turbidez	Baja
Color	Bajo
Olor	Bajo
Sólidos	Bajos

Tabla 1.1- Aspectos Organolépticos al instante del monitoreo.

V- EQUIPOS UTILIZADOS PARA LOS ANÁLISIS



Para el análisis fisicoquímico se utilizó el último espectrofotómetro de luz visible, el DR-900, etc.

Fotos 1.3 y 1.4- DR 3900 y DR 900 respectivamente.



Para el análisis bacteriológico se utilizaron los siguientes equipos:

- Incubadora marca Quincy.
- Baño de maría, marca *Presicion*
- Contador de colonia, marca *Presicion* • Etc.

VI- RESULTADOS

RESULTADOS FISICOQUIMICOS, 1 DE 2

Parámetros	Localización	Unidades	Cañada Honda	Puente Río Zinc 2	Río Maimón	Río Corozal	Río Zinc Los Martínez	Confluencia	Norma Calidad de aguas superficiales	Métodos
Hora	-		9:37 AM	10:08 AM	10:23 AM	10:35 AM	10:55 AM	11:54 AM	-	-
Conductividad		µS/cm	913	531	1 580	1 662	260	2 670	-	SM-2510-B
Salinidad		mg/litro	500	290	880	920	130	1 430	-	SM-2520-B
Alcalinidad		mg/litro	80	75	80	95	50	40	-	SM-2320-B
Dureza		mg/litro	496	274	855	906	120	1 403	-	SM-2340-C
Cromo Hexavalente		mg/litro	0.020	0.015	0.012	0.019	0.010	0.013	0.01	SM-3500-Cr-B
Cloro Residual		mg/litro	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	-	SM-4500-Cl-G
Cloruros		mg/litro	10	10	15	20	10	25	250	SM-4500-Cl ⁻ -B
Cobre		mg/litro	2.12	0.89	4.68	6.31	0.11	5.59	0.20	SM-3500-CU
Fosfatos		mg/litro	1.3	0.8	1.4	2.7	0.6	1.7	-	SM-4500-P
Zinc		mg/litro	0.03	0.01	0.05	0.04	0.01	0.04	0.05	SM-3500-Zn
Sulfatos		mg/litro	231	116	603	905	6.0	1 117	400	SM-4500-SO ₄ ²⁻
Demanda Química de Oxígeno (DQO)		mg/litro	10	8.0	10	7.0	6.0	19	-	SM-5220-D
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5)		mg/litro	2.4	1.9	2.2	1.2	1.1	4.1	5.0	SM-5210-B
Nitrógeno Total		mg/litro	2.0	2.0	4.0	5.0	4.0	16.0	-	SM-4500-N-C
Fluoruros		mg/litro	0.82	0.68	1.20	1.38	0.51	1.43	1.0	SM-4500-F-D
Fenoles		mg/litro	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.004	1.0	SM-5530-C
Arsénico		mg/litro	< 0.005	< 0.005	0.005	< 0.005	0.005	0.005	0.05	SM-3500-As
Cadmio		mg/litro	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	0.005	SM-3500-Cd
Cianuro		mg/litro	0.009	0.006	0.004	0.015	0.008	0.022	0.1	SM-4500-CN
METODOLOGÍA: Métodos adaptados desde Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, en su versión en inglés, (22 ^{va}), año 2012.										
Fecha Inicio Análisis:			Hora Inicio Análisis:			Fecha Fin Análisis:			Hora Fin Análisis:	
10/1/2024			4:27 PM			21/02/2024			3:10 PM	
Fecha Recepción:			Recibido en el laboratorio por:			Analistas:			Revisado:	
10/1/2024			Ing. Emily Scotti			Lic. Ramon E. Medina / Ing. Francisco Bona			Ing. Harvey Espinosa	

RESULTADOS FISICOQUIMICOS, 2 DE 2

Parámetros	Localización	Unidades	Cañada Honda	Puente Río Zinc 2	Río Maimón	Río Corozal	Río Zinc Los Martínez	Confluencia	Norma Calidad de aguas superficiales	Métodos
Hora	-	-	9:37 AM	10:08 AM	10:23 AM	10:35 AM	10:55 AM	11:54 AM	-	-
Plomo	mg/litro	0.006	< 0.005	< 0.005	0.007	< 0.005	0.011	0.05		SM-3500-Pb
Carbón Orgánico Total	mg/litro	0.92	0.25	0.90	0.10	0.10	3.93	-		SM-5220-D
Nitratos + Nitritos	mg/litro	3.411	2.809	5.716	7.624	6.419	24.291	10		SM-4500-NO ₂ ⁻ NO ₃ ⁻
Mercurio	mg/litro	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.001		SM-3500-Hg
Aceites y Grasas	mg/litro	0.1	< 0.1	0.1	0.1	< 0.1	0.2	1.0		SM-5520-D
Sulfuros	mg/litro	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.002		SM-4500-S ²⁻
Niquel	mg/litro	0.003	< 0.002	0.106	0.061	0.015	0.028	0.1		SM-3500-Ni
Bromuro	mg/litro	0.02	< 0.02	0.02	0.03	< 0.02	< 0.02	-		SM-4500 ClO ₂ -D
Yodo	mg/litro	0.01	< 0.01	0.02	0.02	< 0.01	< 0.01	-		SM-4500-I
Cromo Total	mg/litro	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.05		SM-3500-Cr-D
Boro	mg/litro	0.20	0.10	0.20	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.5		SM-3500-B
Amoniaco	mg/litro	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	3.6	0.5		SM-4500-NH ₃
Silice	mg/litro	16.2	9.6	17.8	18.4	7.0	23.5	-		SM-4500-SiO ₂ -D
Acidez	mg/litro	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	-		SM-2310-B
Dióxido de Carbono	mg/litro	< 5.0	< 5.0	< 5.0	< 5.0	< 5.0	< 5.0	-		SM-513-D
Dióxido de Cloro	mg/litro	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	-		SM-4500 ClO ₂ -D
Ozono	mg/litro	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	-		Método Indigo
METODOLOGÍA: Métodos adaptados desde Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, en su última versión en inglés, (22 ^{ma}),año 2012.										
Fecha Inicio Análisis:			Hora Inicio Análisis:			Fecha Fin Análisis:			Hora Fin Análisis:	
10/1/2024			4:27 PM			21/02/2024			3:10 PM	
Fecha Recepción:			Recibido en el laboratorio por:			Analistas:			Revisado:	
10/1/2024			Ing. Emily Scotti			Lic. Ramon E. Medina / Ing. Francisco Bona			Ing. Harvey Espinosa	

Tabla 1.2- Resultados Fisicoquímicos.

RESULTADOS PLAGUICIDAS

Parámetros	Localización	Unidades	Cañada Honda	Puente Río Zinc 2	Río Maimón	Río Corozal	Río Zinc Los Martínez	Confluencia	Norma	Métodos
Hora	-	-	9:37 AM	10:08 AM	10:23 AM	10:35 AM	10:55 AM	11:54 AM	-	-
Aldrin	µg/L	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	0.0008	EPA 8081A
Alfa-HCH	µg/L	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	-	
beta-HCH	µg/L	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	-	
delta-HCH	µg/L	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	-	
gamma-HCH (Lindano)	µg/L	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	-	
cis-Clordano	µg/L	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.004	
trans-Clordano	µg/L	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.004	
4,4'-DDD	µg/L	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	-	
4,4'-DDE	µg/L	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	-	
4,4'-DDT	µg/L	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	0.0003	
Dieldrin	µg/L	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	0.0008	
Endosulfán I	µg/L	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.009	
Endosulfán II	µg/L	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.009	
Sulfato de endosulfán	µg/L	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	-	
Endrina	µg/L	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.002	
Aldehido de endrina	µg/L	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	-	
Aldehido de cetona	µg/L	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	-	
Heptacloro	µg/L	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.001	
Epóxido de heptacloro	µg/L	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	< 0.0193	-	
Metoxicloro	µg/L	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.02	
Toxafeno	µg/L	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	0.0002	
Fecha Inicio Análisis:			Hora Inicio Análisis:			Fecha Fin Análisis:			Hora Fin Análisis:	
12/01/2024			4:40 p. m.			22/02/2024			10:30 a. m.	
Fecha Recepción:			Recibido en el Lab por:			Analista:			Revisado:	
10/01/2024			Edward Levy			External Laboratory			MSc. Harvey Espinosa	

RESULTADOS CLOROFILA

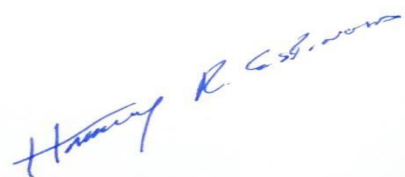
Parámetros	Unidad	Cañada Hond	Puente Río Zinc	Río	Río	Río Zinc Los Martínez	Los Confluencia	Método
Hor	-	9:37	10:08	10:23	10:35	10:55	11:54	-
Clorofil	mg/m	< 5.0	< 5.0	< 5.0	< 5.0	< 5.0	< 5.0	SM 10200
Fecha Inicio		Hora Inicio		Fecha Fin		Hora Fin		
12/01/202		4:4 p. m.		22/02/202		10:3 a. m.		
Fecha		Recibido en el Lab		Analista		Revisado		

VII- INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Para comparación de los resultados se utilizó la Norma Ambiental Para La Calidad De Agua Superficiales Y Costeras Del Ministerio De Medio Ambiente para Aguas Clase B.

En el muestreo de aguas superficiales realizado el 10 de enero de 2024 las muestras analizadas en la Cañada Honda, Río Zinc 2, Río Corozal, Río Zinc Los Martínez y Confluencia presentaron resultados de buena calidad fisicoquímica con todos los parámetros analizados dentro de norma, a excepción de Confluencia que presentó niveles de nitratos y nitritos que exceden el límite permisible por la norma.

En ninguna de las muestras de aguas superficiales analizadas se evidenció la presencia de plaguicidas y clorofila.



Ing. Harvey R. Espinosa, MsC.

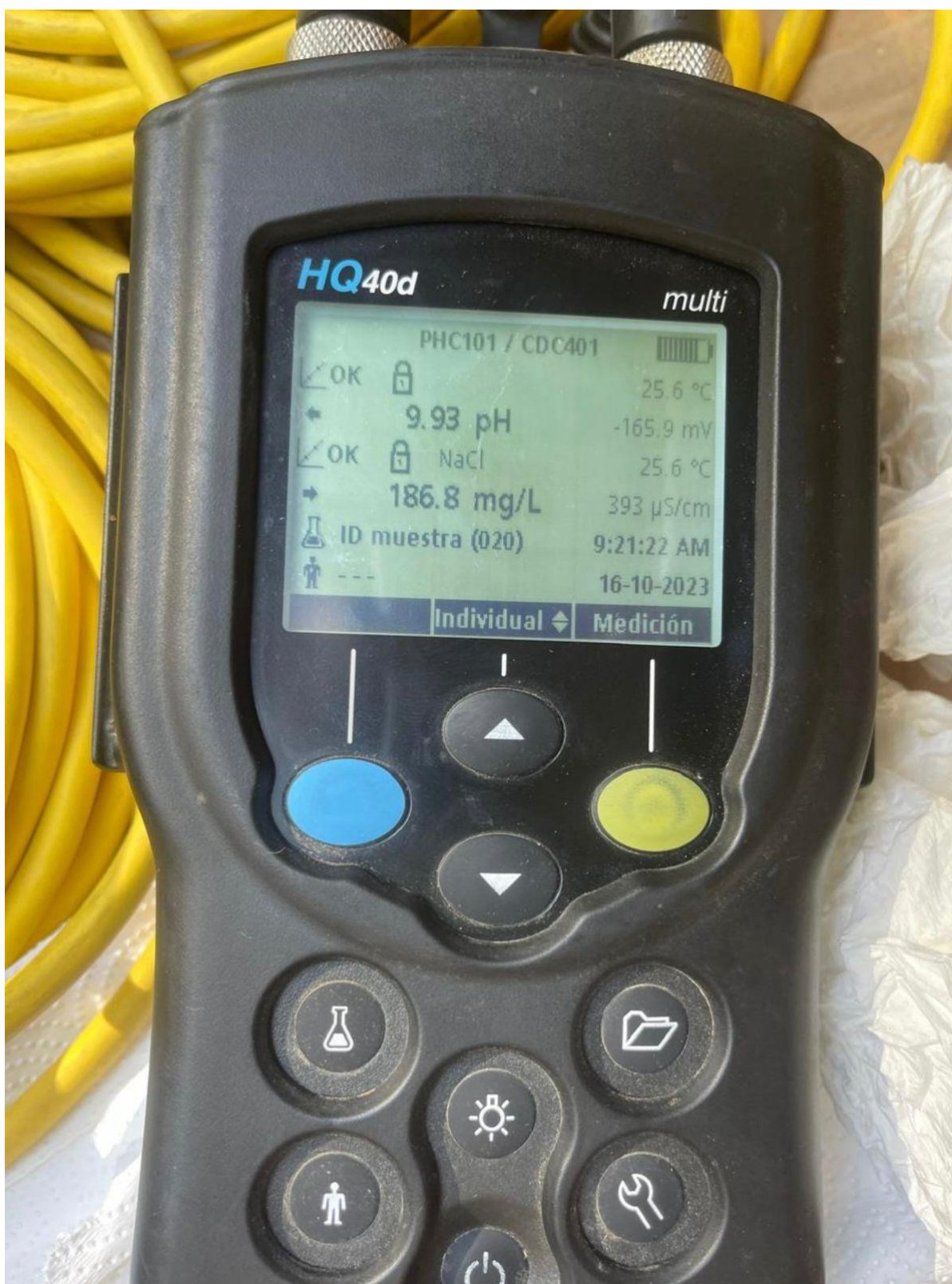
Director Técnico
Consultor ambiental



Anexo 3: Toma de muestra





Anexo 4: Instrumento de medición del pH.

Anexo 5: Resultados de análisis

Puntos de Monitoreo	PH	Conductividad	TDS	OD	Temperatura
Las Lagunas 1	7.70	4.110	1.966	8.22	32
Las Lagunas 2	7.78	4.070	1.929	4.75	29
Las Lagunas 3	3.24	6.849	3,014	7.46	32
Alc. El Naranjo	7.45	3,472	1,813	4.40	31
Maguaca 1	7.64	827	384	7.97	27
Maguaca 2	7.82	752	335	7.62	28
Cañada Honda	NHM	NHM	NHM	NHM	NHM
Arroyo EL Rey	7.73	342	147	5.14	28
Presa Este	7.75	1,234	551	7.42	30
Lago Principal	5.12	2,969	1,387	6.77	30
ETP Barrick	8.08	3,844	1,783	7.63	31
Arroyo Honda	5.40	1,247	594	5.16	29
Margajita 1	7.82	3,280	1,653	7.23	31
Margajita 2	7.51	3,740	1,826	7.23	28
Margajita 3	7.77	3,680	1,806	7.60	28
Arroyo Colorado	4.75	106	51	6.72	25
Acueducto la Pinta M-1					
Acueducto la Pinta M-2					

Puntos de Monitoreo	PH	Conductividad	TDS	OD	Temperature
Las Lagunas 1	7.98	4,510	2,005	8.74	29
Las Lagunas 2	7.87	4,039	1,898	~~8.66~~ 8.33	29
Las Lagunas 3	3.57	6,109	3,401	~~8.66~~ 7.68	31
Alc. El Naranja	7.66	3,950	1,843	4.74	28
Maguaca 1	8.10	861	417	7.53	27
Maguaca 2	8.11	816	329	7.14	28
Cañada Honda	NHM	NHM	NHM	NHM	NHM
Arroyo EL Rey	7.97	371	163	6.51	27
Presa Este	7.95	1,342	593	7.59	31
Lago Principal	5.61	1,828	790	7.20	32
ETP Barrick	8.26	3,880	1,636	7.71	~~33~~ 33
Arroyo Hondo	4.36	1,522	733	6.55	26
Margajita 1	7.99	3,892	1,618	7.65	33
Margajita 2	7.92	3,520	1,636	6.93	30.1
Margajita 3	7.68	3,273	1,625	6.78	34.0
Arroyo Colorado	4.92	98	44	6.93	26.3
Acueducto La Pinta M-1					
Acueducto La Pinta M-2					

Puntos de Monitoreo	PH	Conductividad	TDS	OD	Temperatura
Las Lagunas 1	7.70	4,178	1,966	0.22	32
Las Lagunas 2	7.78	4,070	1,929	4.75	29
Las Lagunas 3	3.24	6.849	3,014	0.746	32
Alc. El Naranjo	7.45	3,472	1,813	4.40	31
Maguaca 1	7.64	827	384	7.97	27
Maguaca 2	7.82	752	335	7.62	28
Cañada Honda	NHM	NHM	NHM	NHM	NHM
Arroyo El Rey	7.73	342	147	5.14	28
Presa Este	7.70	1,234	551	7.42	30
Lago Principal	5.18	2,969	1,387	6.77	30
ETP Barrick	8.08	3,874	1,783	7.63	31
Arroyo Hondo	5.40	1,247	594	5.16	29
Margajita 1	7.82	3,280	1,653	7.23	31
Margajita 2	7.51	3,740	1,826	7.23	28
Margajita 3	7.77	3,680	1,806	7.60	28
Arroyo Colorado	4.75	106	51	6.72	25
Arroyo Colorado M-1					
Arroyo Colorado M-2					

Puntos de Monitoreo	PH	Conductividad	TDS	OD	Temperatura
Las Lagunas 1	7.98	4,510	2,005	8.74	29
Las Lagunas 2	7.87	4,039	1,898	~~8.66~~ 7.33	29
Las Lagunas 3	3.57	6,109	3,401	~~8.99~~ 7.68	31
Alc. El Naranjo	7.66	3,950	1,843	4.74	28
Maguaca 1	8.10	861	417	7.53	27
Maguaca 2	8.11	816	329	7.14	28
Cañada Honda	NHM	NHM	NHM	NHM	NHM
Arroyo EL Rey	7.97	371	163	6.51	27
Presa Este	7.95	1,342	593	7.59	31
Lago Principal	5.61	1,828	790	7.20	32
ETP Barrick	8.26	3,880	1,636	7.71	~~33~~ 33
Arroyo Hondo	4.36	1,522	733	6.55	26
Margajita 1	7.99	3,892	1,618	7.65	33
Margajita 2	7.92	3,520	1,636	6.93	30.1
Margajita 3	7.68	3,273	1,625	6.78	34.0
Arroyo Colorado	4.92	98	44	6.93	26.3
Acueducto La Paila M-1					
Acueducto La Paila M-2					