

UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA

FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE



TESIS

**“CALIDAD AMBIENTAL DE DOS POZAS FORMADAS POR LA
MINERÍA AURÍFERA ALUVIAL, EN DOS ÉPOCAS, EN LA
COMUNIDAD NATIVA SAN JACINTO, REGIÓN MADRE DE DIOS,
2019”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN
INGENIERÍA FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE**

AUTOR(ES):

Bach. MUÑOZ USHÑAHUA, Adenka
Estela

Bach. PALOMINO LEON, Bozz

ASESOR (A):

M.Sc. MANRIQUE LEON, Saúl Juan

CO-ASESOR (A):

M.Sc RODRÍGUEZ ACHATA, Liset.

Puerto Maldonado, enero 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA

FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE



TESIS

**“CALIDAD AMBIENTAL DE DOS POZAS FORMADAS POR LA
MINERÍA AURÍFERA ALUVIAL, EN DOS ÉPOCAS, EN LA
COMUNIDAD NATIVA SAN JACINTO, REGIÓN MADRE DE DIOS,
2019”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN
INGENIERÍA FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE**

AUTOR(ES):

Bach. MUÑOZ USHÑAHUA, Adenka
Estela

Bach. PALOMINO LEON, Bozz

ASESOR (A):

M.Sc. MANRIQUE LEON, Saúl Juan

CO-ASESOR (A):

M.Sc RODRÍGUEZ ACHATA, Liset

Puerto Maldonado, enero 2022

I. Dedicatoria

La presente tesis es dedicada de manera especial a Dios, por la bendición de permitirnos de llevar a cabo este sueño y meta, de culminar nuestra carrera profesional. A nuestros padres, Isabel Ushñahua Sandy y Rodolfo Muñoz Tirina, padres de Adenka Muñoz y, Cansio Palomino, papá de Bozz Palomino, por el arduo trabajo que ellos realizan hacia nosotros en nuestra formación como seres humanos en la sociedad y habernos apoyado constantemente. Son excelentes padres que tienen la admiración infinita de nosotros, gracias a ellos nosotros podemos seguir avanzando para mejorar cada uno nuestro futuro en sus distintos caminos. También, es dedicada a Nancy Ushñahua Sandy, María Estela Sandy Ríos, Jonathan Muñoz Ushñahua, Nancy Beatriz Muñoz y Rodolfo Muñoz Ushñahua, familiares de Adenka Muñoz y, a Dorina Palomino Leon, hermana de Bozz Palomino, por su apoyo incondicional en nuestras vidas.

Los Autores.

II. Agradecimientos

Primero, agradecemos a Dios por nuestras vidas y por la presentación de la presente tesis. Seguido, agradecemos a nuestras familias por cada palabra de aliento, apoyo moral y económico para poder culminar la carrera profesional de la escuela académico de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente.

Así mismo, agradecemos a nuestra casa de estudios Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios (UNAMAD) por el uso de sus instalaciones, salones y laboratorios de enseñanza. De igual manera, a todos los docentes de los diferentes departamentos académicos que nos enseñaron, sintiéndonos agradecidos con cada uno de ellos por compartir sus conocimientos y experiencias, el cual fue el inicio de nuestro crecimiento y formación profesional. En la etapa de revisión y aprobación de la tesis agradecemos a nuestro jurado calificador, MSc. Blga. Martha Olivera Condori, MSc. Ing. Telésforo Vásquez Zavaleta y Dr. Blgo. Germán Correa Núñez.

Nuestro agradecimiento al Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP) sede Madre de Dios, dirigido por el MSc. Ing. Ronald Corvera Gomringer (Director Regional), al MSc. Ing. Manuel Gabriel Velásquez Ramírez (Investigador del Proyecto de Áreas degradadas y Manejo sistémico del Bosque) y a al equipo técnico del IIAP, por haber apoyado con todas las gestiones a nivel institucional del IIAP para cubrir con el presupuesto económico de la tesis por medio del proyecto ganado del Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDECYT), por el asesoramiento intelectual, por los materiales prestados para el trabajo en campo y por las instalaciones brindadas para el análisis de las muestras como, Laboratorio de Análisis de Fertilidad de Suelo y Planta (LAFES) y Laboratorio de Mercurio y Química Ambiental (LAMQA). Asimismo, al Banco Mundial y FONDECYT del Perú, que a través de su convocatoria de Proyectos de

Investigación Aplicada y Desarrollo Tecnológico 2018-01, proyecto ganador “Sistemas de recuperación de áreas degradadas por la minería aurífera aluvial con especies vegetales locales y que tienen potencial económico y ecosistémico en Madre de Dios” del IIAP, liderado por el MSc. Ing. Manuel Gabriel Velásquez Ramírez, que mediante su fondo concursable nos han apoyado económicamente con servicios, viáticos y análisis en laboratorios acreditados para la tesis.

El agradecimiento a nuestros asesores de tesis, MSc. Ing. Saúl Manrique Leon y en especial al MSc. Quím. Liset Rodríguez Achata, por el asesoramiento de nuestra tesis para ejecución e interpretación de los resultados. MSc. Quím. Liset Rodríguez Achata en su condición como responsable del Laboratorio Ambiental Regional de la UNAMAD, agradecimiento por el uso del ambiente de investigación para la tesis. También, hacemos énfasis en el agradecimiento al Blgo. Julio Araujo, por haber ayudado con la identificación de peces en la Colección Científica de Ictiofauna (CCI) de la UNAMAD, de la cual es Director científico.

Agradecemos de manera particular a Nancy Muñoz Ushñahua, Renny Cáceres Cardicel, Pedro Nasimento Herbay, Edwin Becerra, Ana Cortijo Bellido, Miguel Macedo y Litcely Hilaes, por su apoyo en temas administrativos, en los muestreos en campo y análisis en laboratorios.

III. Resumen

La minería aurífera aluvial deja muchos pasivos ambientales, uno de ellos son las pozas. Se evaluó la calidad fisicoquímica (CF), microbiológica (CM), ecológica (CE) del agua y del sedimento (CS) de dos pozas (PC y PG), resultantes de la actividad minera aurífera aluvial, en temporada de estiaje (TE) y temporada lluviosa (TLL), elegidas por muestreo no probabilístico. La toma de muestras y análisis se realizaron según métodos y protocolos oficiales, contrastando los resultados con los ECA, índices de Shannon-Wiener (H') y BMWP, y con los valores interinos (V_i) establecidos en CEDQG. La CF de las dos pozas superó los ECA. La CM de la PG superó los ECA en TE y TLL; en cambio, en la PC en TE y TLL la CM fue significativamente diferente, superando los ECA y siendo más de veinte veces mayor la cantidad de coliformes termotolerantes en TE que en TLL. La CE de la PG fue medianamente contaminada en TE y TLL según el H' ; fue fuerte y medianamente contaminada, en TE y TLL, respectivamente según el H' para peces; fue crítica en TE y dudosa en TLL según el BMWP. Mientras que, en la PC la CE fue ligeramente contaminada para ambas temporadas según el H' para plancton, ligeramente contaminada en TE y medianamente contaminada en TLL según el H' para peces; crítica en TE y dudosa en TLL según el BMWP. En ambas pozas la CE se ha visto afectada, debido a que el bentos y el plancton se encontrarían en estrés por las condiciones del agua. La CS de la PG y PC, supera los V_i establecidos en CEDQG, lo cual indicaría contaminación de metales pesados en el sedimento de las pozas. Los resultados sugieren que la poza está más contaminada cuando tiene un tiempo de abandono menor a dos años.

Palabras clave: Calidad de agua, calidad de sedimento, minería aurífera aluvial, pasivos ambientales, Amazonia.

IV. Abstract

Alluvial gold mining leaves many environmental liabilities, one of them being ponds. The physicochemical (CF), microbiological (CM), and ecological (CE) quality of the water and the sediment (SC) of two pools (PC and PG), resulting from the alluvial gold mining activity, in the dry season (TE) and the rainy season (TLL), chosen by non-probabilistic sampling. Sampling and analysis were carried out according to official methods and protocols, contrasting the results with the RCTs, Shannon-Wiener (H'), and BMWP indices, and with the interim values (V_i) established in CEDQG. The CF of the two wells exceeded the ECA. The CM of the PG exceeded the RCTs in TE and TLL; On the other hand, in the PC in TE and TLL, the CM was significantly different, surpassing the ECA and being more than twenty times greater than the number of thermotolerant coliforms in TE than in TLL. The CE of the PG was moderately contaminated in TE and TLL according to H' ; it was strongly and moderately contaminated, in TE and TLL, respectively according to the H' for fish; it was critical in TE and doubtful in TLL according to the BMWP. While, in the PC, the EC was slightly contaminated for both seasons according to H' for plankton, slightly contaminated in TE, and moderately contaminated in TLL according to H' for fish; critical in TE and doubtful in TLL according to the BMWP. In both pools, the EC has been affected, because the benthos and the plankton would be under stress due to the water conditions. The CS of the PG and PC exceeds the V_i established in CEDQG, which would indicate contamination of heavy metals in the sediment of the pools. The results suggest that the well is more contaminated when it has been abandoned for less than two years.

Keywords: Water quality, sediment quality, alluvial gold mining, environmental liabilities, Amazonia.

V. Índice de contenidos

I. Dedicatoria.....	i
II. Agradecimientos	ii
III. Resumen	iv
IV. Abstract.....	v
V. Índice de contenidos.....	vi
VI. Índice de tablas	x
VII. Índice de figuras.....	xii
VIII. Lista de siglas y abreviaturas	xv
IX. Introducción.....	xvi
CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema de investigación.....	1
1.2. Formulación del problema	4
1.2.1. Problema General.....	4
1.2.2. Problemas específicos.....	4
1.3. Justificación e Importancia.....	4
1.4. Objetivos de la investigación	6
1.4.1. Objetivo General.....	6
1.4.2. Objetivos específicos.....	6
1.5. Hipótesis	6
1.5.1. Hipótesis general para la poza Griselda	6
1.5.2. Hipótesis específicas para la poza Griselda	7
1.5.3. Hipótesis general para la poza Claudio	8
1.5.4. Hipótesis específicas para la poza Claudio	8
1.6. Variables de la investigación	9

1.6.1. Identificación de variables e indicadores	9
1.6.2. Operacionalización de variables	9
1.7. Consideraciones éticas.....	12
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	13
2.1. Antecedentes de la investigación	13
2.1.1. Alcance internacional.....	13
2.1.2. Alcance nacional.....	16
2.1.3. Alcance regional	18
2.2. Marco teórico	20
2.2.1. La calidad ambiental de las fuentes de agua.....	20
2.2.2. Parámetros fisicoquímicos del recurso hídrico	20
2.2.3. Parámetros microbiológicos.....	24
2.2.4. Parámetros biológicos de los cuerpos de agua	24
2.2.3 Índices de calidad ecológica de los cuerpos de agua.....	25
2.2.5 Estándares de calidad ambiental para agua.....	27
2.3. Marco conceptual	27
A. Cadena de custodia.....	27
B. Calibración.....	28
C. Cuenca hidrográfica.....	28
D. Especie	28
E. Índices bióticos	28
F. Macroinvertebrado (bento).....	28
G. Pasivo ambiental	28
H. Plancton.....	29
I. Riqueza de especies.....	29
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	30

3.1. Tipo de investigación	30
3.2. Diseño de la investigación	30
3.3. Delimitación espacial y temporal	30
3.4. Caracterización del área de estudio	35
3.4.1. Clima.....	35
3.4.2. Precipitación	36
3.4.3. Insolación.....	36
3.4.4. Humedad	36
3.4.5. Temperatura	37
3.4.6. Altitud.....	37
3.4.7. Fisiografía.....	39
3.4.8. Suelo.....	40
3.4.9. Cobertura vegetal	41
3.5. Caracterización de las pozas.....	43
3.5.1. Espejo de agua.....	43
3.5.2. Vegetación del borde	45
3.5.3. Profundidad de las pozas	47
3.6. Población y muestra	47
3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	49
3.7.1. Métodos y técnicas	49
3.7.2. Instrumentos	55
3.7.3. Procesamiento de datos y Análisis estadísticos	55
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	57
4.1. Calidad fisicoquímica del agua de las pozas	57
4.2. Calidad microbiológica del agua de las pozas.....	63
4.3. Calidad ecológica del agua de las pozas.....	65

4.3.1. Plancton del agua de las pozas	65
4.3.2. Macroinvertebrados del agua de las pozas	71
4.3.3. Ictiofauna del agua de las pozas	75
4.4. Calidad del sedimento de las pozas	79
CONCLUSIONES.....	92
RECOMENDACIONES	94
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97
ANEXOS	103
Panel fotográfico.....	103

VI. Índice de tablas

Tabla 1. Operacionalización de la variable independiente de estudio.	10
Tabla 2. Operacionalización de la variable dependiente de estudio.	11
Tabla 3. Clasificación de las aguas, de acuerdo con el índice BMWP/Col..	26
Tabla 4. Parámetros fisicoquímicos del agua de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.	57
Tabla 5. Parámetro microbiológico del agua de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.	63
Tabla 6. Fitoplancton del agua de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.	65
Tabla 7. Zooplancton del agua de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.	67
Tabla 8. Índice de Shannon-Wiener en base al plancton del agua de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región de Madre de Dios, 2019.	70
Tabla 9. Taxonomía de macroinvertebrados del agua de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región de Madre de Dios, 2019.	71
Tabla 10. Índice BMWP del agua de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.	73
Tabla 11. Índice de Shannon-Wiener en base a la ictiofauna del agua de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región de Madre de Dios, 2019.	78

Tabla 12. Parámetros fisicoquímicos del sedimento de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019..... 79

Tabla 13. Metales pesados del sedimento de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019..... 80

VII. Índice de figuras

Figura 1. Pozas artificiales formadas por la minería aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios.	31
Figura 2. Ubicación de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios.	32
Figura 3. Análisis temporal de la formación de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial a través de imágenes satelitales Landsat 8 entre el 2013 y el 2015.	33
Figura 4. Análisis temporal de la formación de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial a través de imágenes satelitales Landsat 8 entre el 2017 y el 2019.	34
Figura 5. Clima en el cual se encuentra dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.....	35
Figura 6. Modelo de elevación a nivel del mar en el cual se encuentra dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.....	38
Figura 7. Fisiografía en el cual se encuentra dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.....	39
Figura 8. Suelo en el cual se encuentran dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.....	40
Figura 9. Cobertura vegetal en el cual se encuentran dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.....	42
Figura 10. Espejo del agua de las pozas resultantes de la minería aurífera aluvial en temporada de estiaje.	44

Figura 11. Espejo de agua de las pozas resultantes de la minería aurífera aluvial en temporada lluviosa.....	45
Figura 12. Vegetación del borde de la poza Griselda.	46
Figura 13. Vegetación del borde de la poza Claudio.....	46
Figura 14. Análisis de componentes principales (ACP) de los parámetros fisicoquímicos del agua de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.....	62
Figura 15. Diagrama del parámetro microbiológico del agua de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.	64
Figura 16. Riqueza y abundancia del fitoplancton y zooplancton del agua de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.....	68
Figura 17. Riqueza y abundancia de familia de macroinvertebrados del agua de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.	72
Figura 18. Índice BMWP del agua de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.....	74
Figura 19. Composición íctica de la poza Griselda resultante de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.....	75
Figura 20. Composición íctica de la poza Claudio resultante de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.....	76
Figura 21. Riqueza y abundancia de ictiofauna de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.....	77

Figura 22. Interpolación temporal del arsénico en el sedimento de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.	82
Figura 23. Interpolación temporal del cadmio en el sedimento de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.	83
Figura 24. Interpolación temporal del plomo en el sedimento de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.	85
Figura 25. Metales pesados del sedimento de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.....	87
Figura 26. Correlación de Spearman entre los parámetros fisicoquímicos del sedimento de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.	89

VIII. Lista de siglas y abreviaturas

- **ANA:** Autoridad Nacional del Agua.
- **BMWP:** Biological Monitoring Working Party.
- **CEQG:** Canadian Environmental Quality Guidelines | Guía de Calidad Ambiental Canadiense – sedimentos de cuerpos de agua continental.
- **CYTED:** Ciencia y Tecnología para el Desarrollo del Programa Iberoamericano.
- **DESA:** Dirección Ejecutiva de la Salud Ambiental de Madre de Dios.
- **DIGESA:** Dirección General de Salud Ambiental del Perú.
- **ECA:** Estándares Nacionales de Calidad ambiental para agua.
- **FONDECYT:** Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico.
- **GOREMAD:** Gobierno Regional de Madre de Dios.
- **IIAP:** Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana.
- **ISQG:** Valor guía interino de la calidad de sedimento.
- **LAA:** Laboratorio de Microbiología de Agua y Alimentos
- **LAFES:** Laboratorio de Análisis de Fertilidad del suelo y planta.
- **LAMQA:** Laboratorio de Mercurio y Química Ambiental.
- **LAR:** Laboratorio Ambiental de la Región.
- **MINAM:** Ministerio del Ambiente del Perú.
- **NMP:** Número más probabilístico.
- **OMS:** Organización Mundial de la Salud.
- **UNAMAD:** Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.
- **WWF:** World Wildlife Fund.

IX. Introducción

La extracción del oro es una actividad que se desarrolla en el Perú desde hace varios años. Ha adquirido gran impacto social y económico, constituyéndose como una oportunidad de ingreso económico para muchas familias a partir de la década de los 80. Madre de Dios es una región del Perú que posee grandes yacimientos auríferos, en esta región la minería del oro se ha potenciado como una fuente de empleo y como estrategia de lucha contra la pobreza para las personas de la región y de otras regiones (Mosquera et al. 2009).

El precio promedio del oro a nivel internacional en el mes de marzo del año 2020 estuvo 1591,21 US\$/ozt, manteniendo en medio de la coyuntura global su valor (Hoyos et al. 2020). Ante el buen precio del oro en el mercado nacional e internacional, el territorio de la región de Madre de Dios es depredado por la actividad minera aurífera. Desde 1985 a 2017, la minería aurífera en la región de Madre de Dios ha deforestado 95.750,00 hectáreas de bosque (Caballero et al. 2018). Por consiguiente, solo en el sector del río Pariamanu la minería ha deforestado 204 hectáreas de bosque desde el 2017 a la actualidad (Finer y Mamani 2021).

Algunos de los impactos ambientales de la actividad minera: modificación del paisaje natural, desaparece el paisaje natural boscoso, tornándose en un paisaje desértico; y la aparición de hoyos de varios metros de profundidad con agua turbia o clara (MINAM (Ministerio del Ambiente del Perú) 2017). Según Caballero et al. (2020), en el 2016 al 2019 se ha generado 5377 hectáreas de pozas resultantes de la minería aurífera solo en el sector “La Pampa” en la región de Madre de Dios, representando el 28% de la deforestación y degradación por la minería en este sector; como consecuencia, entre una cuarta parte y un tercio del área de La Pampa se ha convertido en pozas permanentes o en algunos casos semipermanentes que no tienen utilidad económica; por

lo tanto, deben ser estudiadas para determinar su manejo para posibles actividades acuícolas o producción de especies forestales en zonas inundables.

Ante ello, el objetivo del presente estudio fue evaluar la calidad ambiental de dos pozas resultantes de la minería aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto en la región Madre de Dios, mediante la interpretación de los análisis de agua y sedimento en dos épocas del año. Los resultados del agua han sido contrastados con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA) del Perú, categoría 4 (Conservación del ambiente acuático) y subcategoría E1 (Lagunas y lagos). Con respecto a los niveles de metales pesados encontrados en el sedimento, estos fueron comparados con los límites máximos permisibles determinados en Canadian Environmental Quality Guidelines (CEDQG) del año 2003, donde se establece los valores de guía interino de la calidad de los sedimentos, Interim Sediment Quality Guideline (ISQG).

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema de investigación

En América Latina y el Caribe la actividad minera aurífera se realiza debido al incremento del precio del oro a nivel mundial, a su concentración espacial en formaciones geológicas específicas y a las condiciones socioeconómicas que la convierten en una actividad atractiva desde el punto financiero, y al mismo momento en una de las más perjudiciales de la región. Su expansión incontrolada en muchas cuencas en zonas bajas de América Latina y el Caribe sigue provocando grandes impactos negativos al ambiente, disturbios sociales y problemas en la salud de las personas. Generalmente, la minería se trabaja en yacimientos tipo placer o paleoplacer creados por la meteorización de formaciones rocosas auríferas aguas arriba que son transportadas aguas abajo (Hammond, Rosales y Ouboter 2013). Por lo tanto, en las selvas tropicales de Surinam, Guayana Francesa, Guyana, Brasil, Ecuador, Perú, Colombia, Venezuela y Bolivia, entre 2001 y 2013, aproximadamente 1.680,00 km² de selva tropical se perdieron en América del Sur como resultado solo de la minería aurífera en pequeña escala, la pérdida de bosque se realizó en cuatro regiones, los bosques de las Guayanas, los bosques húmedos del Perú, Tapajós-Xingú en Brasil, y la región del Valle del Magdalena-Urabá de Colombia (WWF 2015).

El Perú se encuentra en el cuarto lugar de los países del mundo con mayor diversidad y riqueza biológica, es poseedor de muchos ecosistemas, especies, recursos genéticos y recursos naturales. Por tal motivo sus ecosistemas son considerados productivos con un gran potencial (Brack 2010). Muchas fuentes de agua y sus zonas inundables contienen gran cantidad de minerales por su geología (ANA 2017). Con respecto a lo mencionado, en el Perú la minería aurífera se desarrolla en las regiones de Madre de Dios, Puno y Cusco. Madre de Dios es una de las regiones del país que posee un gran potencial minero, el cual es el oro. El territorio de Madre de Dios comprende la Llanura Amazónica o Llanura de Madre de Dios, almacena y posee yacimientos auríferos de placer. Las cantidades más grandes de depósito aluvial están en el río Madre de Dios y sus afluentes como, Inambari y Colorado (Mosquera et al. 2009).

En consecuencia, la extracción del oro ha provocado impactos ambientales como; la pérdida de masa boscosa, la modificación del paisaje natural a un paisaje desértico, y la modificación del paisaje con la aparición de agujeros de varios metros de profundidad, que pueden tener más de 10 m de profundidad y más de 20 m de diámetro. La formación de pozas artificiales en la región empieza con el retiro de la capa superficial de aproximadamente de 3 m de espesor, constituida principalmente por gravas para el proceso de explotación y transporte del material, provocando que el nivel freático quede expuesto y a la vez ocasionando la pérdida de agua subterránea por la evapotranspiración, debido al uso de este recurso para el lavado y explotación del mineral aurífero (MINAM 2017).

Las pozas pueden contaminar a otras fuentes de agua, debido a que muchas veces se encuentran cerca de ríos, quebradas y fuentes de agua subterránea, esto aumenta los riesgos de enfermedades por los residuos mineros o vertimientos químicos de la actividad minera (OMS 2017). Según Caballero et al. (2018), solo en el sector La Pampa casi el 30%

de toda el área explotada por la minería aurífera se ha convertido en pozas. La minería aurífera aluvial contamina a diario aguas subterráneas y superficiales con sustancias tóxicas que se produce para la separación del oro, siendo evaporadas y llevadas por el viento para luego ser condensadas una vez frías e ingresando a los suelos y cuerpos de agua, convirtiendo el agua no apta para consumo humano y para la vida silvestre (Velásquez 2020). Los impactos más significativos sobre las fuentes de agua, tiene que ver con la contaminación química, el incremento de sedimentos, turbidez intensa y disminución del caudal (López-Sánchez, López-Sánchez y Medina 2017); inclusive el pH disminuye, incremento de sólidos disueltos, suspendidos totales y, concentraciones que no cumplen los límites máximos permisibles como, metales, pH, demanda bioquímica de oxígeno, nitratos, fosfatos y carbono orgánico total (Ayala et al. 2019).

Las pozas de la minería aurífera aluvial tienen conexión con los ríos o quebradas durante la temporada de lluvias, lo cual es una de las causas que estos cuerpos de agua formados alberguen peces de la zona. Cabe indicar que, un factor determinante es el tiempo de abandono de las pozas, con más de 12 años de antigüedad se regeneran con abundancia y diversidad acuática, siendo comparadas con cuerpos de agua donde no se lleva a cabo la minería aurífera aluvial (Araujo-Flores et al. 2018).

La comunidad nativa San Jacinto es una de las localidades más afectadas por la minería aurífera, se encuentra en el distrito Tambopata, provincia Tambopata, pertenece al grupo étnico Shipibo. En el 2013, el 80% del territorio indígena se encontró superpuesto por 81 derechos mineros (Pachas 2013). Esta es una realidad de muchos pueblos, donde sus recursos naturales están siendo afectados. Como resultado, los pobladores de la zona realizan la actividad recreativa y de pesca; por consiguiente, se plantea la siguiente pregunta:

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema General

¿Cuál será la calidad ambiental de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál será la calidad fisicoquímica del agua de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019?
- ¿Cuál será la calidad microbiológica del agua de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019?
- ¿Cuál será la calidad ecológica del agua de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019?
- ¿Cuál será la calidad del sedimento de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019?

1.3. Justificación e Importancia

La minería aurífera aluvial en la región de Madre de Dios está destruyendo y transformando muchos ecosistemas, siendo la causa principal de degradación de ecosistemas terrestres y acuáticos en la región de Madre de Dios. Una gran parte del área desbocada por la minería aurífera se convierte en “pozas de agua” (denominadas así localmente), estas son formadas por los mineros para el lavado de material aurífero. Cuando ya no se encuentra oro en el área de explotación los mineros abandonan el lugar y a la vez a las pozas de agua sin realizar ningún tipo de remediación o recuperación de las áreas afectadas. En el sector de La Pampa casi el 30% del área explotada por

la minería aurífera se ha convertido en pozas, las cuales van a interferir con las actividades eventuales de recuperación de áreas degradadas. Y en el caso particular de la comunidad nativa, los cuerpos de agua generados por la minería aurífera aluvial hasta el año 2019 representan el 7% del área total del territorio de la comunidad nativa; es decir, más de la mitad del área afectada por la minería aurífera son pozas.

En tal sentido, resulta de interés evaluar el estado ambiental de las pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial, para identificar si pudieran tal como se encuentran o con labores adicionales convertirse en activos ambientales.

Por lo tanto, el presente estudio busca proporcionar información sobre estos cuerpos de agua que será útil a toda la comunidad. Actualmente, se desconoce que se esté aprovechando económicamente estos pasivos ambientales (pozas) y/o se esté realizando en ellos remediación.

Hasta la fecha son muy pocos los estudios de alcance nacional e internacional sobre la calidad ambiental de las pozas, el trabajo de investigación es conveniente para afianzar un mayor conocimiento sobre las características propias de las pozas y si estas características varían de acuerdo con la temporada, tiempo de abandono e influencia de fuentes de agua en temporada de inundación.

La investigación tiene una utilidad metodológica, debido a que podrían realizarse próximas investigaciones que harían uso de metodologías compatibles con el trabajo, de manera que se realizarían comparaciones de los análisis de agua y sedimento por temporadas, y de la diversidad acuática.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo General

Evaluar la calidad ambiental de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial, en dos épocas, en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la calidad fisicoquímica del agua de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial, en dos épocas, en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.
- Determinar la calidad microbiológica del agua de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial, en dos épocas, en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.
- Determinar la calidad ecológica del agua de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial, en dos épocas, en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.
- Determinar la calidad del sedimento de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial, en dos épocas, en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general para la poza Griselda

La calidad ambiental de la poza Griselda resultante de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019 supera los valores de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA) del Perú,

categoría 4 (Conservación del ambiente acuático) y subcategoría E1 (Lagunas y lagos) establecidos para estos cuerpos de agua.

1.5.2. Hipótesis específicas para la poza Griselda

La calidad fisicoquímica del agua de la poza Griselda resultante de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019 supera los valores de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA) del Perú, categoría 4 (Conservación del ambiente acuático) y subcategoría E1 (Lagunas y lagos) establecidos para estos cuerpos de agua.

La calidad microbiológica del agua de la poza Griselda resultante de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019 supera los valores de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA) del Perú, categoría 4 (Conservación del ambiente acuático) y subcategoría E1 (Lagunas y lagos) establecidos para estos cuerpos de agua.

La calidad ecológica del agua de la poza Griselda resultante de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019 es mala según los índices de Shannon-Wiener y Biological Monitoring Working Party (BMWP) establecidos a nivel internacional para los cuerpos agua.

La calidad del sedimento de la poza Griselda resultante de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019 supera los valores interinos establecidos en Canadian Environmental Quality Guidelines (CEDQG).

1.5.3. Hipótesis general para la poza Claudio

La calidad ambiental de la poza Claudio resultante de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019 supera los valores de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA) del Perú, categoría 4 (Conservación del ambiente acuático) y subcategoría E1 (Lagunas y lagos) establecidos para estos cuerpos de agua.

1.5.4. Hipótesis específicas para la poza Claudio

La calidad fisicoquímica del agua de la poza Claudio resultante de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019 supera los valores de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA) del Perú, categoría 4 (Conservación del ambiente acuático) y subcategoría E1 (Lagunas y lagos) establecidos para estos cuerpos de agua.

La calidad microbiológica del agua de la poza Claudio resultante de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019 supera los valores de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA) del Perú, categoría 4 (Conservación del ambiente acuático) y subcategoría E1 (Lagunas y lagos) establecidos para estos cuerpos de agua.

La calidad ecológica del agua de la poza Claudio resultante de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019 es mala según los índices de Shannon-Wiener y Biological Monitoring Working Party (BMWP) establecidos a nivel internacional para los cuerpos agua.

La calidad del sedimento de la poza Claudio resultante de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San

Jacinto, región Madre de Dios, 2019 supera los valores interinos establecidos en Canadian Environmental Quality Guidelines (CEDQG).

1.6. Variables de la investigación

1.6.1. Identificación de variables e indicadores

- Variable independiente:
Régimen hídrico del año 2019 (teniendo en cuenta que se ha evaluado en temporada de estiaje y lluviosa en tal período de tiempo). Considerando como indicadores la precipitación, insolación, humedad y temperatura.
- Variable dependiente:
Calidad ambiental de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019. Considerando como indicadores a parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y ecológicos del agua y, parámetros fisicoquímicos del sedimento de las pozas.

1.6.2. Operacionalización de variables

En el estudio se han identificado una variable independiente y una dependiente con sus respectivos indicadores, en la Tabla 1 y Tabla 2 se muestra el detalle de cada variable:

Tabla 1. Operacionalización de la variable independiente de estudio.

Variable independiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Régimen hídrico del año 2019	El régimen hídrico es un grupo de características dominantes del flujo de agua durante un período de tiempo. Generalmente el régimen hídrico en la región amazónica se encuentra con precipitaciones muy permanentes y variaciones constantes de las temperaturas. En cuanto a la humedad relativa, es casi cercana a la máxima saturación (punto de saturación) (Domínguez 1975).	El régimen hídrico en la región de Madre de Dios es un conjunto de indicadores hídricos que varían de acuerdo con la temporada de estiaje y lluviosa en el año 2019.	Precipitación	Precipitación anual
				Precipitación mensual
				Número de días con lluvia total anual
				Lluvia máxima en 24 horas
			Insolación	Brillo solar medio
				Humedad anual media
			Humedad	Evaporación total anual
				Evapotranspiración potencial
			Temperatura	Temperatura media
				Temperatura máxima
				Temperatura mínima

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Tabla 2. Operacionalización de la variable dependiente de estudio.

Variable dependiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Calidad ambiental de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019	La calidad del agua de las pozas es el estado de conservación o recuperación de estas, en cada uno de sus parámetros ambientales y características fisicoquímicas del agua (Araujo-Flores et al. 2018).	La calidad ambiental de las pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, es el contraste de los parámetros ambientales de las pozas con las normas de calidad ambiental nacional e internacional, evaluadas en temporada de estiaje y lluviosa del año 2019.	Calidad fisicoquímica	Temperatura pH Conductividad eléctrica Oxígeno disuelto Turbiedad Sólidos disueltos totales Alcalinidad Dureza Cloruros Nitritos Fosfatos
			Calidad microbiológica	Demanda Bioquímica de oxígeno Coliformes termotolerantes Fitoplancton Zooplancton Índice de Shannon-Wiener para el plancton Macroinvertebrados Índice ecológico BMWP
			Calidad ecológica	Ictiofauna Índice de Shannon-Wiener para ictiofauna Textura pH Conductividad eléctrica Materia orgánica Arsénico Cadmio Cobre Cromo Mercurio Níquel Plomo Zinc
			Calidad del sedimento	

Fuente: Elaboración propia, 2021.

1.7. Consideraciones éticas

En el trabajo de investigación se consideró utilizar muestras biológicas como, plancton, macroinvertebrados bentónicos y peces. Muñoz et al. (2016), señala que la colecta de muestras biológicas ayuda conocer la biodiversidad y sus diferentes interacciones con su hábitat, para conservación y mitigación de la perturbación existente, que es una preocupación a nivel mundial. Las investigaciones con el uso de animales es una práctica que se viene realizando desde hace mucho tiempo, muchos estudios de calidad de ambiental de las fuentes de agua han tomado muestras biológicas, esto se justifica debido a que, los organismos biológicos informan sobre las diferentes variaciones en el tiempo (Alba Tercedor 1996), son buenos indicadores de la calidad del agua en una fuente con características definidas (Lozano 2005). Por ello, se ha mostrado un gran interés en investigar los ecosistemas acuáticos para permitir estimar el efecto de las actividades antropogénicas en estos (Yépez Rosado et al 2017).

La toma de muestras biológicas para el desarrollo del presente estudio no implicó una alteración significativa en las pozas que eventualmente represente un desequilibrio en las comunidades residentes; ya que, se recolectaron en tres puntos de muestreo en cada poza. Según la FAO (2005), una de las dimensiones de la ética de la pesca es el tema de ecosistema y población de peces, la pesca se realiza para determinar el bienestar y conservación del ecosistema, se pone límites al derecho de accesibilidad de los recursos, evitando la sobrepesca para no afectar la biodiversidad. En tal sentido, en la recolección de muestras de peces solo se realizó un arrastre con malla por cada punto de muestreo considerado en las pozas, tres arrastres en total en la Poza Griselda y tres arrastres en la poza Claudio en cada temporada de muestreo.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Alcance internacional

Anim-Gyampo et al. (2021), en su estudio “Effects of Illegal Artisanal Gold Mining Operations on Groundwater Quality in Ghana: The Case of Ahafo-Ano South District” cuyo objetivo fue evaluar la calidad química del agua subterránea para uso potable en el distrito sur de Ahafo-Ano de la región Ashanti de Ghana, afectado por la extracción ilegal del oro. Para lo cual seleccionaron 24 fuentes puntuales de agua subterránea (pozos) en sitios donde se realizaba uso de la tierra para minería artesanal ilegal de oro, donde se tomaron muestras de agua en frascos de polietileno de 0,5 litros. Las muestras de agua fueron analizadas en laboratorio a través de metodologías convencionales. Obtuvieron los siguientes resultados: el pH de 23 muestras, que representan aproximadamente el 92 % del agua subterránea en el área, se encontró dentro de un rango de 6,5 a 8,5 para agua potable; los sólidos totales disueltos en el agua tuvieron un rango de 25 a 573 mg/L, se encontraron dentro de los límites aceptables; y aproximadamente el 12% de los pozos evaluados con respecto al arsénico y 84% de los pozos evaluados con respecto al plomo sobrepasaron los límites máximos permisibles de la OMS. Concluyeron que las concentraciones más altas de metales pesados se encontraron en comunidades con operaciones intensivas de extracción ilegal de oro, por lo que se espera que se

prohíban las actividades ilegales de extracción de oro artesanal mientras se instituyen políticas destinadas a proporcionar medios de vida alternativos para minimizar cualquier peligro potencial para la salud de los seres humanos en el Distrito sur de Ahafo-Ano de la región Ashanti.

Morsy, Mishra y Galal (2020), en su estudio “Water Quality Assessment of the Nile Delta Lagoons” cuyo objetivo fue monitorear y evaluar la calidad del agua y sedimentos de las lagunas Maryut, Edku, Burullus y Manzala del delta del Nilo en Egipto, para lo cual se examinó los parámetros físicos y biológicos además de la concentración química de metales traza (Zn, Fe, Pb, Mn, Cr y Cd) en las muestras de agua y sedimentos que se recolectaron de las 4 lagunas, alcanzando los siguientes resultados: los valores de pH de la columna de agua en las 4 lagunas oscilaron entre 7,99 y 8,78 lo que indica que el agua de las 4 lagunas es alcalina. La concentración de Cadmio (Cd) tuvo un rango que va de 0,92 a 1,8 µg/L. El cobre (Cu) y el cromo (Cr) oscilaron entre 13,96 y 24,9 µg/L y entre 5,63 y 8,85 µg/L, respectivamente. De lo que concluyeron que, la mala calidad del agua de las 4 lagunas (1) Maryut, (2) Edku, (3) Burullus y (4) Manzala de la región del delta del Nilo fue evidenciada debida que está relacionada con el desarrollo industrial. Estos cambios ambientales están alterando la química básica fisicoquímica, biológica y de metales traza de la región del delta del Nilo, ocasionando consecuencias negativas en la cadena alimentaria y las opciones de subsistencia humana asociadas.

Rakotondrabe et al. (2018), en su estudio “Water quality assessment in the Bétaré-Oya gold mining area (East-Cameroon): Multivariate Statistical Analysis approach”, cuyo objetivo fue evaluar la influencia de las actividades de extracción de oro en la calidad del agua en la cuenca Mari en Bétaré-Oya (este de

Camerún). El muestreo se realizó en el período de un año hidrológico (2015 a 2016), con 22 sitios de muestreo conformados por aguas subterráneas (pozos) y aguas superficiales (río). Además de medir los parámetros fisicoquímicos, como pH, conductividad eléctrica, alcalinidad, turbidez, sólidos en suspensión y CN^- , once elementos mayoritarios y ocho metales pesados (Pb, Zn, Cd, Fe, Cu, As, Mn y Cr), los cuales fueron analizados mediante métodos hidroquímicos convencionales. Alcanzaron los siguientes resultados: el agua del río Lom fue ácida (5,40 pH) hasta básica (8,84 pH), débilmente mineralizada (6,3 a 160,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y tuvo una alta concentración de sólidos suspendidos totales (TSS) (2 a 8996,00 mg/L). Los principales elementos cumplieron con la norma de la OMS para la calidad del agua potable, a excepción de los nitratos en algunos pozos. En cuanto a los oligoelementos en el agua superficial, los contenidos de Pb, Cd, Mn, Cr y Fe fueron superiores a límites establecidos por la OMS, por lo que el agua superficial no era apta para el consumo humano. Tres fenómenos fueron los encargados de controlar la calidad del agua en el área de estudio: la hidrólisis de los minerales silicatos de las rocas plutonometamórficas, que constituyen el basamento geológico de esta área; lixiviación de vegetación y suelo; y actividades mineras.

Castellanos et al. (2017), en su estudio “Lentic water quality characterization using macroinvertebrates as bioindicators: An adapted BMWP index” cuyo objetivo fue evaluar la calidad del agua en el sistema léntico de tierras bajas mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores, y considerar su relación con factores fisicoquímicos básicos, para lo cual se midieron variables fisicoquímicas tanto in situ como ex situ mediante la toma de muestras de agua superficial según APHA del 2012; tomaron muestras compuestas para el análisis biológico estableciendo dos biotopos, siendo uno la población asociada a

macrófitos (AM) y el otro bentónico (B) de 5 estaciones de muestreo de sistemas lénticos y de la cuenca hidrográfica del Departamento Atlántico de Colombia, Embalse del Guájaro, evaluando durante cada mes en un año, alcanzando los siguientes resultados, de 420 a 2600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de conductividad eléctrica, de 65 a 702 mg/L de alcalinidad y de 70 a 261 mg/L de dureza, debido a la lixiviación de carbonato de calcio y magnesio de los suelos al agua, y alta concentración de demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), encontrándose de 0,3 a 12,3 mg/L, causada por la población de fitoplancton que produce y demanda de oxígeno, 46 familias de macroinvertebrados, siendo Hydrobiidae, Chironomidae, Thiaridae y Polymitarcyidae las más abundantes en el sistema; además, se encontraron familias con alta tolerancia a condiciones extremas, como Ceratopogonidae, Chironomidae y Syrphidae, así como algunas familias con baja tolerancia a estas condiciones, como Caenidae y Leptoceridae; el primer biotopo presentó 7189 individuos (50,42%) y el segundo 7056 (49,5%), para un total de 14259 individuos; el biotopo AM presentó el 100% de la riqueza, mientras que el biotopo B fue significativamente menos rico, con 15 familias, que representan el 32,06%; obtuvieron una puntuación total de 207 con un promedio de 166 por estación de muestreo, de una tabla elaborada que tuvo en cuenta la distribución en los rangos de variación de los parámetros fisicoquímicos y niveles de tolerancia, de lo que concluyeron signos de contaminación y proponer una adaptación del índice BMWP (Biological Monitoring Working Party) incluyendo los sistemas lénticos de tierras bajas.

2.1.2. Alcance nacional

Huamán et al. (2020), en su estudio “Evaluación de la calidad del agua de la laguna Marvilla en los Pantanos de Villa (Lima, Perú)” cuyo objetivo fue evaluar la calidad del agua de la laguna Marvilla,

a través de la comparación con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua y la determinación del índice de calidad de agua del Perú (ICA-PE) propuestos por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), para lo cual utilizaron sonda multiparámetrica Hanna HI 9813-6 (medición de conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, pH y temperatura), sensor oxímetro Hach Pocket Pro (oxígeno disuelto), test kit de prueba de nitrato Hach NI-11 (nitratos), test kit de prueba de ortofosfato PO-19 (fósforo total), test kit de prueba de nitrógeno amoniacal Hach NI-SA (amoníaco), el método SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed (DBO_5) y SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 23rd Ed (coliformes termotolerantes), las evaluaciones se realizaron durante un año (2019-2020), alcanzando los siguientes resultados, 8,8 de pH, 4644,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de conductividad eléctrica, 3413,9 mg/L de sólidos disueltos totales y 13,4 mg/L de oxígeno disuelto; nitratos (132,9 mg/L), fósforo total (1,5 mg/L), amoníaco total (1,7 mg/L), demanda bioquímica de oxígeno (16,8 mg/L) y coliformes termotolerantes (17766,7 NMP/100 mL) no cumplieron con el ECA (categoría 4); y una puntuación de 46,3 del ICA-PE, de lo que concluyeron que la laguna Marvilla tiene una calidad de agua regular, debido a que eventualmente se encuentra contaminada.

Minaya Vela (2017), en su estudio “Parámetros físicos, químicos, microbiológicos para determinar la calidad del agua en la laguna Moronacocha, época de transición creciente-vaciante. Iquitos. Perú. 2016”, el agua de la laguna de Moronacocha fue estudiada en abril, mayo y junio de 2016 en Iquitos, Perú, para evaluar las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua en su transición de ascenso a vaciado. Para ello, se establecieron dos estaciones de muestreo en la laguna. Tanto el laboratorio de microbiología de la FIA-UNAP como la planta piloto de la UNAP se utilizaron para realizar los análisis físicos y químicos, así como

microbiológicos. Como resultado, se comprobó que los sólidos suspendidos totales (SST), el pH, el oxígeno disuelto y los coliformes termotolerantes incumplían las normas de calidad ambiental.

2.1.3. Alcance regional

Araújo-Flores et al. (2021), en su estudio “Seasonality and aquatic metacommunity assemblage in three abandoned gold mining ponds in the southwestern Amazon, Madre de Dios (Peru)” cuyo objetivo fue evaluar la composición, abundancia y estructura trófica de los conjuntos de peces en tres estanques de abandonados y sus interacciones en relación con los de otros grupos de agua dulce (macroinvertebrados, fitoplancton y zooplancton) enfocados en la influencia del pulso de inundación (FPI), para lo cual utilizaron una sonda multiparámetrica HI-98129 para realizar la medición en campo de conductividad eléctrica (Cd), pH y temperatura; un disco Secchi para determinar la transparencia (Tr) y un kit de prueba LaMotte para determinar el oxígeno disuelto (OD) del aguas, las mediciones se realizaron de la parte central del estanque; el método de estandarizado para el muestreo de peces con red de arrastre y de enmalle; una red de 500 μm con apertura de 25x25 cm para la toma de muestra de macroinvertebrados; y una red de plancton de 20 μm para recolectar las muestras de fitoplancton y zooplancton, alcanzando los siguientes resultados en el estanque Charapa no FPI ($\text{Tr}=44,25\pm12,55\%$ y $\text{Cd}=158,8\pm37,2\ \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), Shansho FPI ($\text{Tr}=9\pm5,48\%$ y $\text{Cd}=91\pm12,49\ \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) e Inundación FPI ($\text{Tr}=19,5\pm13,48\%$ y $\text{Cd}=98,5\pm8,19\ \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), el pH en los estanques FPI ($6,98\pm0,10$) fue más bajo que en no FPI ($7,52\pm0,96$), 4601 individuos muestreados de 6 órdenes, 27 familias, 68 géneros y 103 especies de peces, 87 macroinvertebrados, 71 taxones de fitoplancton y 44 de zooplancton, de lo que concluyeron que los

dos estanques FPI mostraron una estructura trófica de peces más estable durante todo el año que el único no FPI, probablemente debido a la provisión de inundaciones de amortiguamiento contra la falta de recursos que se produce durante la estación seca, las inundaciones tuvieron una gran influencia en los peces y los macroinvertebrados, la estacionalidad fue el principal impulsor del plancton.

Araujo-Flores et al. (2018), en su estudio “Biodiversidad acuática de pozas abandonadas por minería de oro en Madre de Dios - Perú” cuyo objetivo fue evaluar la comunidad acuática de 11 pozas con tiempos de abandono entre 3 a 15 años y su influencia con ríos o quebrada, para lo cual trabajaron en diferentes sectores de los distritos de Inambari, Laberinto y Tambopata evaluando pozas con superficies no menores a 0,2 ha y no más de 2,84 ha, durante el año 2017 en época seca (mes de mayo a setiembre), evaluaron la conductividad eléctrica, pH, temperatura, transparencia y oxígeno disuelto del agua, muestrearon bajo la metodología de Samánez et al. (2014) peces, macroinvertebrados y algas, alcanzando los siguientes resultados, las pozas que se inundan en temporada de lluvias $6,7 \pm 0,1$ de pH, en comparación de la pozas que no se inundan $7,9 \pm 0,8$ de pH, de las 11 pozas evaluadas se identificó 64100 individuos y 71 especies de fitoplancton, 69900 individuos y 37 especies de zooplancton, 2524 individuos y 84 especies de macroinvertebrados, 10105 individuos y 102 especies de peces, de lo que concluyeron que la influencia de la inundación por quebradas o ríos en temporada de lluvias es determinante para la abundancia y riqueza de la comunidad acuática en las pozas, siendo menor en las pozas que no tienen conexión con otras fuentes de agua, las pozas que tienen más de 12 años de abandono se regeneran significativamente la diversidad acuática.

2.2. Marco teórico

2.2.1. La calidad ambiental de las fuentes de agua

“El agua es un recurso natural renovable, indispensable para la vida, vulnerable y estratégico para el desarrollo sostenible, el mantenimiento de los sistemas y ciclos naturales que la sustentan, y la seguridad de la Nación” (Ley N° 29338 2009). Compuesto químico indispensable para todos los seres vivos, fundamental para el desarrollo de actividades socio-económicas y actualmente no hay otro componente o sustancia que consiga reemplazarla, por lo tanto, se ha determinado como “el recurso que definirá el desarrollo sostenible” (Balmaseda Espinosa y García Hidalgo 2013).

En los últimos tiempos en el Perú, el crecimiento poblacional y las crecientes actividades productivas, se han convertido en factores claves de destrucción de ecosistemas acuáticos, sumando al cambio climático. Por otra parte, los cambios evidenciados en los parámetros del agua, de este modo cambiando su calidad, no solo son producidos por las actividades antropogénicas, sino que también pueden darse por procesos naturales, erosión natural, entre otros (ANA 2017).

2.2.2. Parámetros fisicoquímicos del recurso hídrico

A continuación, se describen los parámetros fisicoquímicos, son los siguientes:

A. Temperatura

Es una unidad de medida que determina el grado térmico en la materia, ya sea en su estado sólido, líquido o gaseoso. Determina la sensación de “calor o frío” que emite la materia. La materia se formada por moléculas que están en constante

movimiento. Las moléculas de un cuerpo producen energías, que traen como resultado la energía térmica, debido a que todas las moléculas de un cuerpo son sumadas; por lo tanto, la temperatura mide el promedio de esa energía (Morán y Shapiro 2005).

B. Potencial de hidrógeno (pH)

El pH mide el grado de acidez o alcalinidad de un cuerpo de agua, en los lugares donde las aguas están libres de contaminación, el pH es determinado por la composición geológica de la cuenca y se rige a ciertas estabilidades químicas. Generalmente la mayoría de fuentes de agua presentan un pH que varía entre 6,5 a 8,5 (ANA 2017).

C. Conductividad eléctrica (C.E.)

En una muestra de agua la conductividad eléctrica es el dato cuantitativo que tiene la muestra para transmitir una corriente eléctrica (Cárdenas 2005). La conductividad eléctrica de un cuerpo se define como la suma de las conductividades de todos los iones (cationes y aniones) presentes, lo que refleja la mineralización (Rojas y Basto 2017). Cabe indicar que, se mide para analizar la salinidad presente en el agua. El agua sin contaminación presenta muy baja conductividad; por lo que, a menudo se mide para conocer o analizar la cantidad de sólidos totales o minerales presentes (DIGESA 2009).

D. Oxígeno disuelto (O.D.)

El oxígeno disuelto es uno de los parámetros más importante al momento de evaluar la calidad del agua, se encuentra debido al oxígeno de la atmósfera y a la actividad biológica conocida como fotosíntesis en el agua. Este parámetro vital, mediante su evaluación nos brinda información sobre la capacidad de

recuperación que tiene una fuente de agua y la sobrevivencia de la vida acuática (ANA 2017).

E. Turbiedad

La turbiedad en las fuentes de agua es originada por materia en suspensión que se encuentran en pequeños tamaños; materiales del sedimento u otros materiales orgánicos. La cuantificación de la materia presente se determina por el grado de turbidez (Sawyer 2000).

F. Sólidos disueltos totales

Los sólidos disueltos son materia en estado sólido presente en el agua. Generalmente, son partículas orgánicas, plancton y restos de la erosión del suelo. Los sólidos en el agua determinan visualmente contaminación, la cual presenta partículas pequeñas, que se reconocen por su olor, color y turbiedad (Sawyer 2000).

G. Alcalinidad

Según el origen del agua, la presencia de iones hidroxilo (OH^-), carbonato (CO_3^{2-}) y bicarbonato (HCO_3^-) es un factor. Se determina como ppm de CaCO_3 (Frías y Montilla 2016).

La capacidad del agua para neutralizar los ácidos y la suma de las bases que pueden valorarse se conoce como alcalinidad total. La presencia de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos en las aguas superficiales se utiliza como indicador de estas especies iónicas para determinar la alcalinidad del agua. No sólo actúa como un sistema amortiguador clave del agua dulce, sino que también tiene un impacto significativo en la producción de las masas de agua naturales al actuar como almacén de CO_2 para la fotosíntesis. Para mantener la vida acuática, se

reconoce mundialmente una alcalinidad mínima de 20 mg CaCO_3/L . Las aguas con alcalinidades más bajas son más susceptibles a la contaminación porque carecen de la capacidad de resistir las alteraciones del pH (acidificación) (Goyenola 2007).

H. Dureza

El agua es dura debido a los altos niveles de minerales y compuestos, como sales de calcio y magnesio. Se define como agua blanda, cuando se presenta una cantidad menor a 60 mg/L, medianamente dura cuando se encuentra entre 61 – 120 mg/L, dura cuando está entre 121 – 180 mg/L y, muy dura con cantidad superior a 180 mg/L (OMS 2018).

I. Cloruros

Es la combinación del gas cloro (ion negativo) con el metal lo que produce los cloruros (ion positivo). Como desinfectante, el cloro (Cl_2) es peligroso por sí solo, pero cuando se combina con otro metal como el sodio (Na), se convierte en algo vital para la vida, ya que los cloruros son necesarios para el buen funcionamiento de las células de todos los organismos vivos. La solubilidad en agua fría de las sales de cloruro de sodio, cloruro de potasio y cloruro de calcio es de 357, 344 y 745 g/L, respectivamente, en la naturaleza. Uno de los aniones inorgánicos más comunes en el agua es el cloruro (ion Cl^-), que se encuentra tanto en aguas naturales como en aguas residuales y vertidos industriales. En la mayoría de los casos, el ion sodio está implicado en el impacto causado por el hombre (DNR 2009).

J. Nitritos

Los nitritos se encuentran debido al excesivo uso de fertilizantes, filtración de aguas residuales o a la presencia de residuos orgánicos de las fuentes superficiales y subterráneas (OMS 2018).

K. Demanda biológica de oxígeno

La demanda bioquímica de oxígeno es un agente vinculado con el aporte de materia orgánica, tiene la función de “determinar la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para oxidar, degradar o estabilizar la materia orgánica en condiciones aeróbicas” (ANA 2017). Su evaluación se realiza en base a la oxidación de proceso natural de degradación. Cabe indicar que, en los monitoreos de ríos, lagos o quebradas en el Perú, se ha identificado concentraciones superiores a los ECA para agua de este parámetro (ANA 2017).

2.2.3. Parámetros microbiológicos

Se considera como parámetros microbiológicos del agua a grupos de bacterias, como en el caso de los coliformes. Los coliformes termotolerantes deben su origen a la contaminación fecal, que pueden ser debido al vertimiento de agua residuales sin tratamiento a los cuerpos de agua y por la deposición fecal de la fauna en la zona (ANA 2017).

2.2.4. Parámetros biológicos de los cuerpos de agua

A menudo los organismos biológicos son utilizados para complementar los estudios fisicoquímicos de un ambiente, una de sus ventajas es que no hay una limitación para tomar las muestras, proporcionan variaciones en un periodo de tiempo, debido a que los organismos pueden adaptarse a distintos cambios en el ambiente, aunque algunos no son tolerantes a la

alteración, lo cual nos ayuda a entender lo que ocurre dentro de sus hábitats en función a su presencia (Álvarez 2006). A continuación, se describen uno de ellos:

A. Macroinvertebrados (Bentos)

“Es una comunidad que comprende tanto animales invertebrados como vertebrados, y está caracterizada por habitar el sedimento acuático (fondo) y su superficie. Las respuestas de estas comunidades a las perturbaciones ambientales son útiles para evaluar posibles impactos” (Samanez et al 2014).

Los macroinvertebrados son usados como indicadores biológicos del grado de contaminación ambiental en cursos de agua, debido a que muestran el estado y las variaciones que ocurren dentro de un ecosistema (Alba Tercedor 1996). Generalmente, sus hábitats son influidos por el caudal del curso de agua y procedimientos que están ligados a su ambiente físico. El deterioro del ambiente está repercutiendo impactos negativos a estos organismos; en consecuencia, se decaen las poblaciones de peces u otros organismos, ya que los bentos pertenecen a sus cadenas alimenticias (Gallo 2003).

2.2.3 Índices de calidad ecológica de los cuerpos de agua

Son excelentes instrumentos para evaluar la salud de una masa de agua y ayudar a la selección de medidas preventivas o correctivas. Proporcionan una amplia estimación de la calidad del agua mediante la medición de diversos factores físicos, químicos y biológicos. Se construyen comparando los valores de los parámetros operativos con los de una condición alternativa que se

considera aceptable o deseable en función de una serie de criterios predeterminados (Avila et al 2011).

A. Índice BMWP (Biological Monitoring Working Party)

“Es un índice que se calcula sumando las puntuaciones asignadas a las distintas familias de macroinvertebrados encontradas” (Acevedo et al 2013). En función de su sensibilidad a la contaminación. Independientemente del número de individuos o géneros descubiertos en una familia, la puntuación se otorga una sola vez. Las puntuaciones de las familias se suman para obtener un valor de índice para un determinado lugar de investigación (Acevedo et al 2013).

La Tabla 3, ilustra los cinco niveles de calidad del agua en Colombia, basados en las calificaciones combinadas del BMWP de las familias presentes en un entorno específico. Los números de BMWP/Col representan el número total de puntos. Las diferentes clases de agua se clasifican y reciben un color distintivo en función de la puntuación que reciben en cada escenario. Para identificar los ríos y arroyos en un mapa, se aplica esta tonalidad.

Tabla 3. Clasificación de las aguas, de acuerdo con el índice BMWP/Col.

Clase	Calidad	BMWP/Col	Significado	Color
I	Buena	>150 101 - 120	Aguas muy limpias a limpias	Azul
II	Aceptable	61 – 100	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
III	Dudosa	36 – 60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Crítica	16 – 35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy Crítica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Fuente: Roldán (2003).

2.2.5 Estándares de calidad ambiental para agua

Es “la medida que establece el nivel de concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, que no representen riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente” (Ley N° 28611 2008).

Los ECA para Agua son referentes de carácter obligatorio para la aplicación de estrategias de recuperación y conservación del ambiente, se toma en cuenta los siguientes criterios: contaminantes producidos por la actividad productiva, las características naturales que son propias de las fuentes de agua que no han sufrido ninguna alteración, concentraciones de los agentes fisicoquímicos o biológicos presentes en las fuentes de aguas naturales que determinan si estos agente son endógenos o exógenos, impactos y su influencia de los desechos arrojados en las partes altas de los cuerpos de agua en las partes bajas en la calidad ambiental de estos, y otras actividades que ponen en riesgo la salud ambiental de las fuentes de agua y de las personas que hacen uso de estas (Decreto Supremo N°004-2017-MINAM 2017).

2.3. Marco conceptual

A. Cadena de custodia

“Documento fundamental en el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos que garantiza la autenticidad de las muestras tomadas en campo hasta su llegada al laboratorio” (ANA 2016, p. 8).

B. Calibración

“Comparación de la lectura generada con un patrón o estándar conocido con el objetivo de realizar los ajustes que eliminen desviaciones instrumentales” (ANA 2016, p. 82).

C. Cuenca hidrográfica

“Es un territorio drenado por un único sistema de drenaje natural, es decir, que drena sus aguas al mar a través de un único río, o que vierte sus aguas sus aguas a un único lago endorreico” (ANA 2016, p. 82).

D. Especie

“Conjunto de individuos que viven en una misma área, con características físicas comunes, igual número de cromosomas, y que pueden reproducirse y tener crías fértiles” (Samanez et al. 2014, p.73).

E. Índices bióticos

“Son herramientas de valoración de la calidad basados en la diferente respuesta de los organismos a las alteraciones del medio (grado de sensibilidad o tolerancia)” (Alba et al. 2005, p. 9).

F. Macroinvertebrado (bento)

“Grupo de organismos que habita de manera fija o errante en el lecho o superficie de un cuerpo de agua o sustrato y que alcanzan un tamaño entre 3-5 mm o mayor” (Araújo 2015, p. 49).

G. Pasivo ambiental

“Es la suma de los daños no compensados producidos por actividad de extracción al medio ambiente a lo largo de su historia, en su actividad normal o en caso de accidente” (Russi y Martinez 2002, p.123).

H. Plancton

“Compuesto por el fito y zooplancton, ya sean autótrofos o heterótrofos respectivamente son organismos que habita la columna de agua y superan las 50 μm de tamaño” (Araújo 2015, p. 50).

I. Riqueza de especies

“Número de especies en una muestra o hábitat” (Samanez et al. 2014, p.75).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación del presente estudio es descriptivo, correlacional y explicativo. Dado que, según Hernández, Fernández y Baptista (2014), una investigación es de tipo descriptivo cuando describe fenómenos y situaciones, busca especificar las características ambientales de las pozas. También, es de tipo correlacional cuando mide dos variables a más para ver si éstas se encuentran relacionadas; asimismo, es de tipo explicativo cuando va más allá de la descripción de eventos o de la correlación de estos, y se dirige a responder a las causas de los eventos o fenómenos, por qué sucede y en qué condiciones.

3.2. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es no experimental transversal, debido a que según Hernández, Fernández y Baptista (2014), es cuando no se manipula las variables de estudio, básicamente en la investigación se observa las variables en su ambiente natural tal como son ya existentes, para después analizarlos; y se utiliza diseños transversales, cuando se recolecta información de las variables de estudio en momentos específicos.

3.3. Delimitación espacial y temporal

El estudio se realizó en la comunidad Nativa San Jacinto ubicada en el distrito Tambopata, provincia Tambopata y región de Madre de Dios. Mediante imágenes satelitales e imagen Dron se elaboró el mapa de las

pozas formadas por la minería aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto en el 2019 durante el estudio.

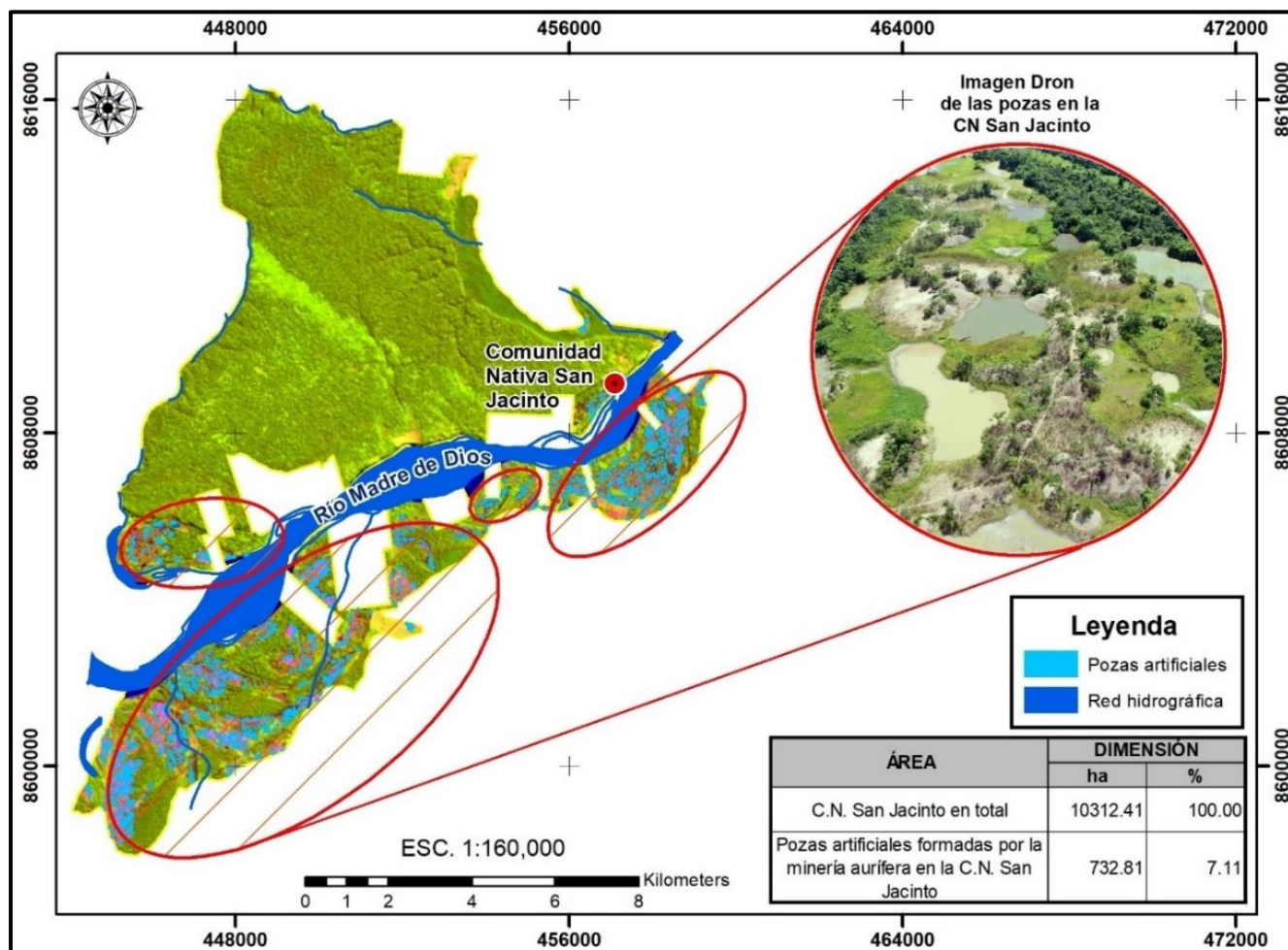


Figura 1. Pozas artificiales formadas por la minería aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

La comunidad nativa de San Jacinto abarca una extensión total de 10.312,41 ha (ver Figura 1), en la cual se observa pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial que tenían un área aproximadamente de 723,81 ha en el año 2019, que representó el 7,11% del área total de la comunidad nativa en el año de estudio; es decir, las pozas abarcaron más del 50% del área degradada por la minería aurífera en la comunidad nativa San Jacinto durante ese año.

Se evaluó dos pozas artificiales y se consideró tres puntos de muestreo por poza. Las pozas evaluadas fueron denominadas, Griselda y Claudio, a razón del nombre de los concesionarios mineros, Griselda Zubizarreta y Claudio Cahuana, que nos facilitaron acceso e información a las pozas al igual que la comunidad nativa San Jacinto. Los muestreos se realizaron en temporada de estiaje (01 de octubre del 2019) y temporada lluviosa (22 de diciembre del 2019).

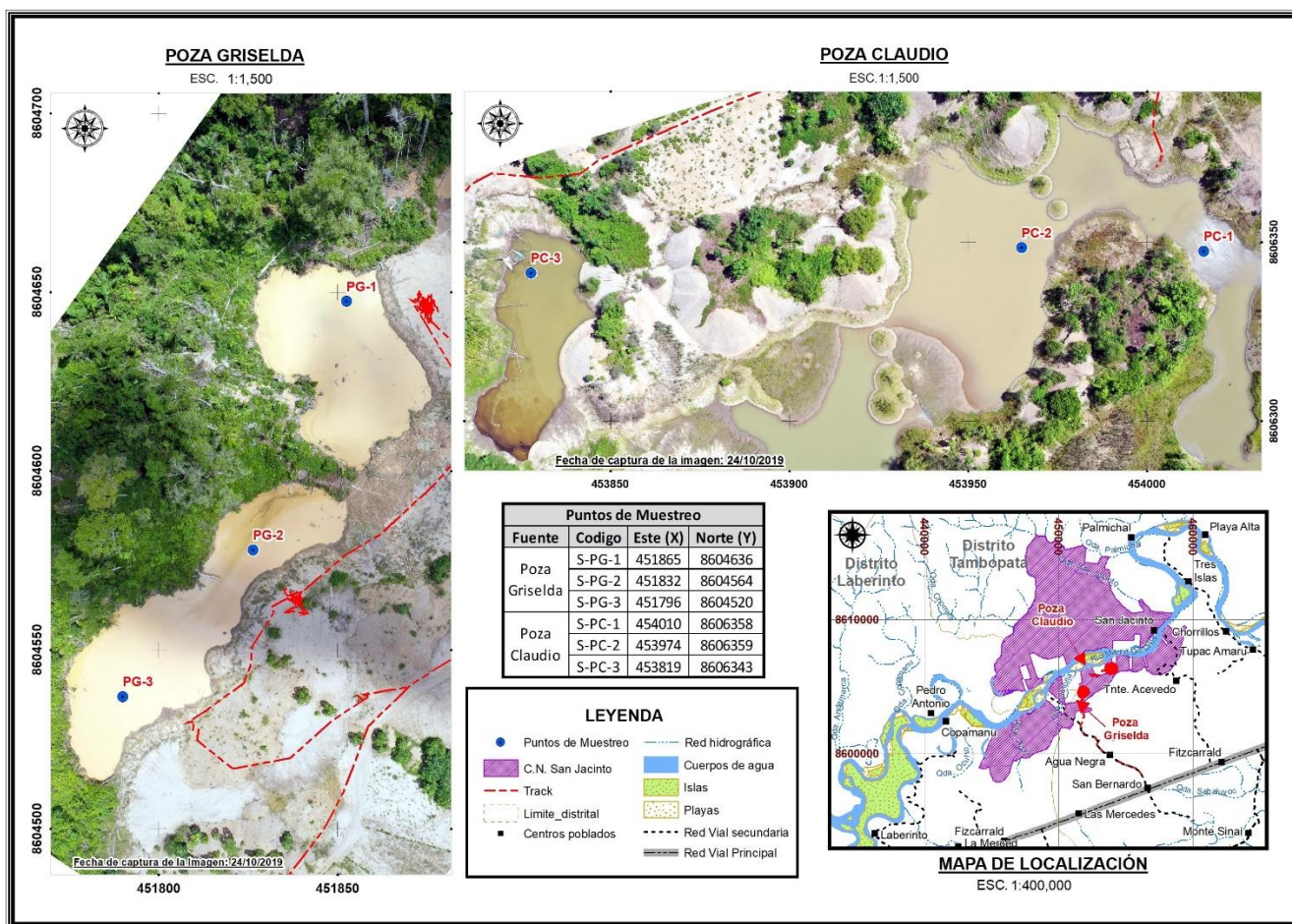


Figura 2. Ubicación de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

En la Figura 2 se observa las ubicaciones de las pozas, el acceso a las pozas es a la altura del km 29 de la carretera interoceánica tramo Puerto

Maldonado-Cusco, distancia donde se encuentra el centro poblado San Bernardo. Luego, se ingresa a la comunidad nativa San Jacinto mediante una carretera afirmada, la poza Griselda se encuentra aproximadamente a 12 km de San Bernardo hacia el noroeste. Después, se llega a la Poza Claudio mediante trocha carrozable a una distancia de 4 km desde la Poza Griselda hacia el noreste.

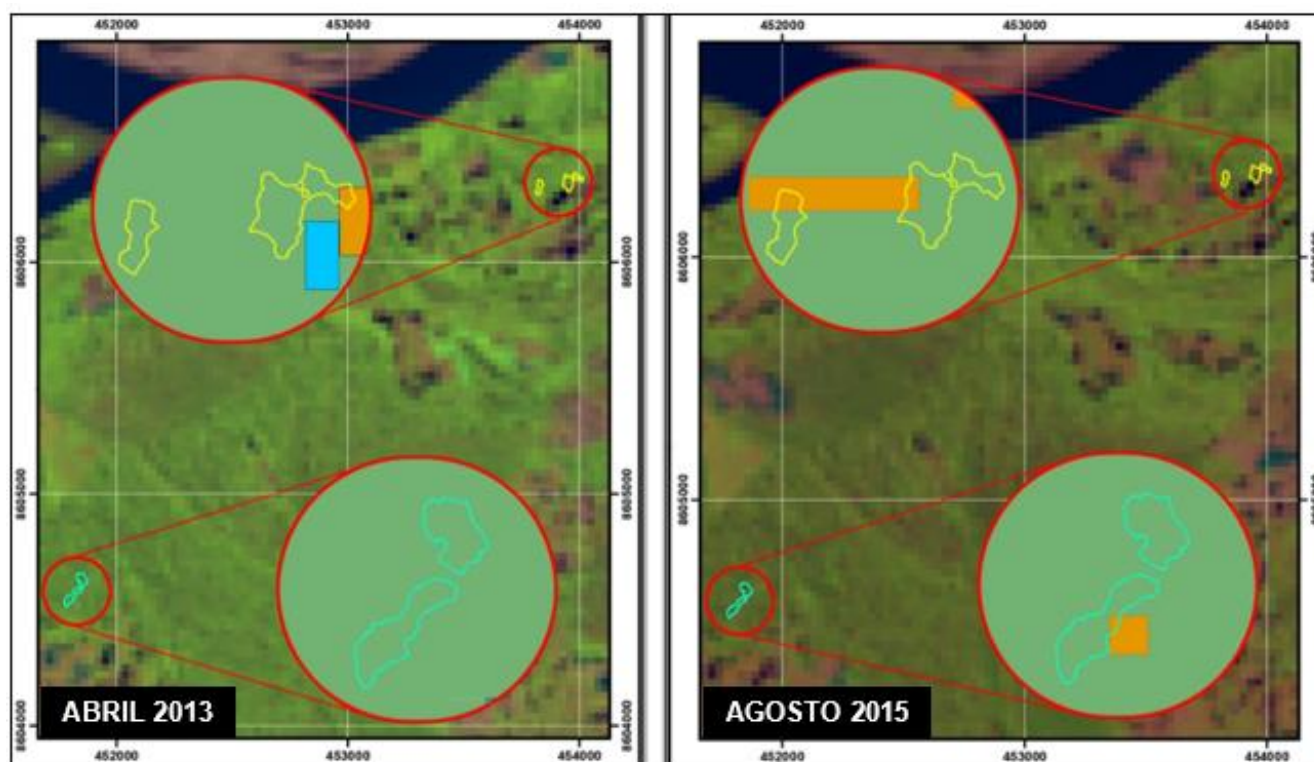


Figura 3. Análisis temporal de la formación de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial a través de imágenes satelitales Lansat 8 entre el 2013 y el 2015.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Cada poza tiene un tiempo de abandono diferente entre sí, la poza Griselda tenía un tiempo de abandono de tres meses cuando se realizó la evaluación y, la poza Claudio tenía un tiempo de abandono de dos años. En la Figura 3 se observa que en el año 2013 aún no se formaban ambas pozas, cerca de la poza Claudio se pudo observar deforestación y formación de una poza de la actividad minera aurífera aluvial; mientras

que el área de la poza Griselda aún era bosque sin impactos. En el 2015 se observa en el área de las pozas deforestación, pero no la formación de estas.

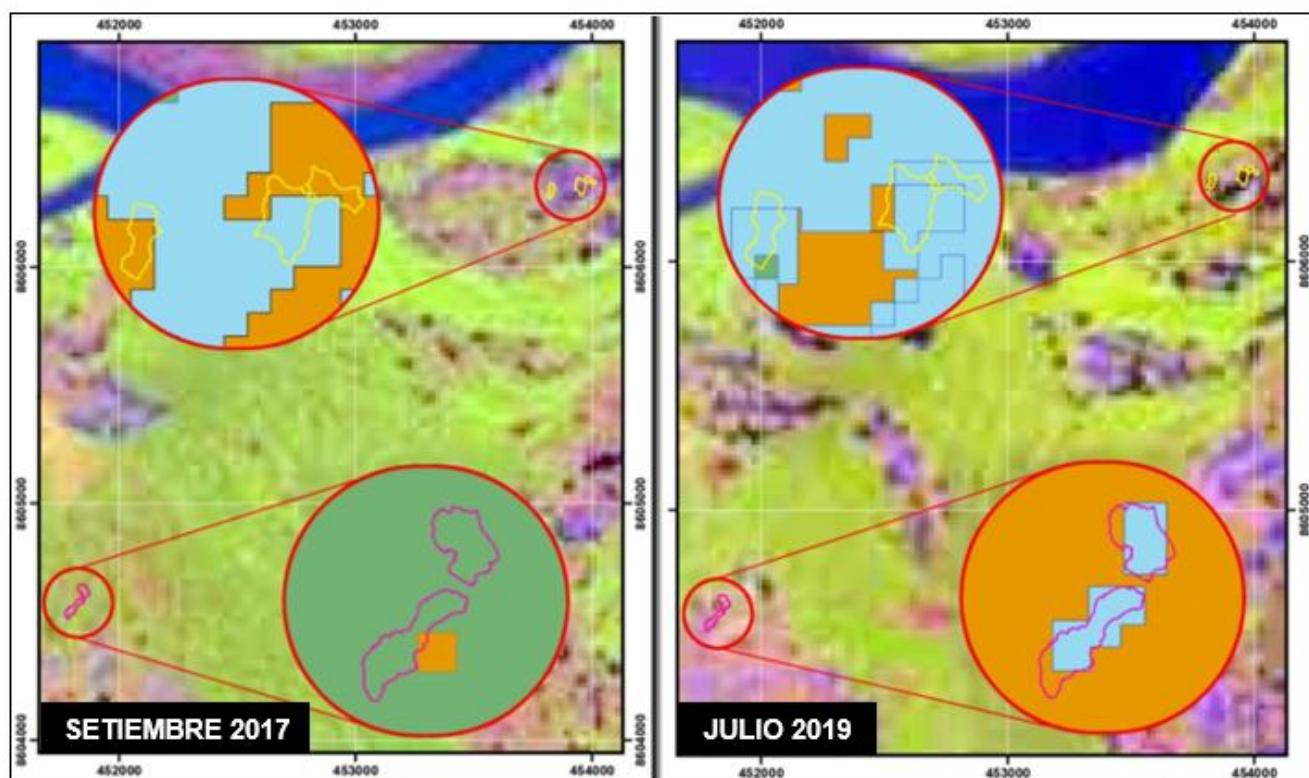


Figura 4. Análisis temporal de la formación de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial a través de imágenes satelitales Landsat 8 entre el 2017 y el 2019.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

En la Figura 4 en el año 2017 se observa la formación de la poza Claudio e incremento de la actividad minera en la zona; en cambio, aun la poza Griselda no se formaba. En el 2019 se observa la presencia de la poza Claudio y la formación de la poza Griselda con el incremento de la actividad minera aurífera cerca de la poza Griselda.

3.4. Caracterización del área de estudio

3.4.1. Clima

Los tipos de climas en Madre de Dios son cuatro según la clasificación de Thornthwaite (1949) utilizada por el Gobierno Regional de Madre de Dios (GOREMAD), para realizar diagnóstico de las áreas rurales mediante la Dirección de Saneamiento Físico Legal de la Propiedad Rural (DSFLPR).

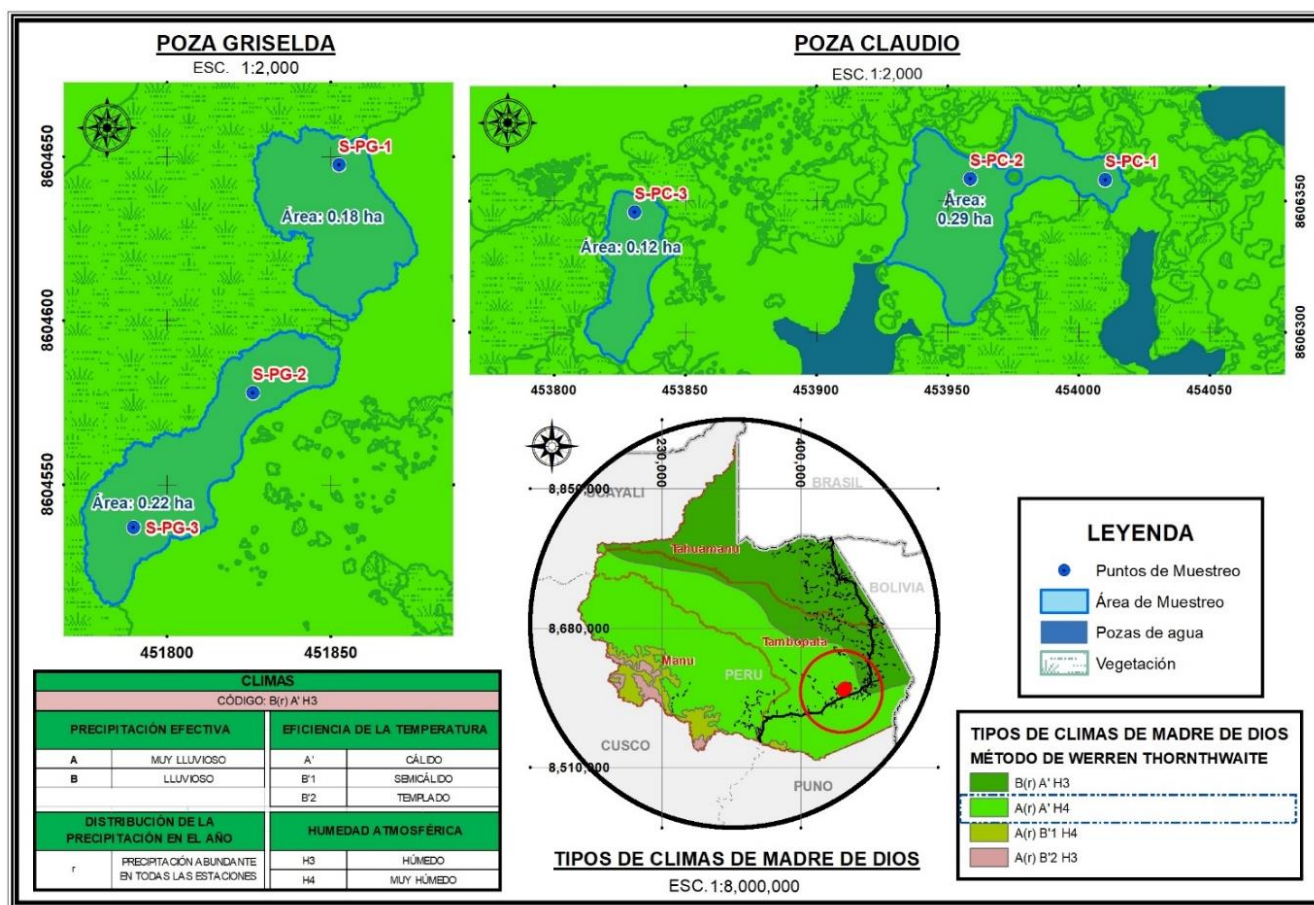


Figura 5. Clima en el cual se encuentra dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Según la Figura 5 las pozas de estudio se encuentran en un tipo de clima de código A(r) A' H4, en esta área se presenta una precipitación

muy lluviosa, con una distribución abundante en todas las estaciones del año, con una temperatura cálida y gran porcentaje de humedad atmosférica.

3.4.2. Precipitación

Para determinar la precipitación en el área de estudio se utilizó la información de SENAMHI (2010). De acuerdo con el tipo de clima, la acumulación anual de lluvia se encuentra entre los 2100 mm y los 5000 mm. Según Castro et al. (2021), la estación meteorológica Puerto Maldonado, que se encuentra en la provincia de Tambopata registra una precipitación promedio anual de 2156 mm, presentándose las máximas lluvias en los meses de diciembre a febrero y con una precipitación promedio mensual máxima de 326 mm.

El número de días con lluvia total anual es 160 en Puerto Maldonado en la región de Madre de Dios y, la lluvia máxima promedio en 24 horas es 373 mm, que se presenta en el mes de enero (Climate-data.org 2021).

3.4.3. Insolación

El brillo solar medio en la región de Madre de Dios es de 8,86 horas. Agosto es el mes con más horas de sol, sumando un total de 274,65 horas; mientras que, enero es el mes con menos horas diarias, sumando un total de 240,41 horas. Se cuenta un total de 2.693,94 horas durante cada año aproximadamente y en promedio por mes 88,51 horas (Climate-data.org 2021).

3.4.4. Humedad

La humedad anual media en la región de Madre de Dios es de 84%, presentándose la mayor humedad en febrero (89,03%) y la menor humedad en agosto (72,73%) (Climate-data.org 2021).

La evaporación total anual es 1414,72 mm en la región. También, se determinó la evapotranspiración potencial por el método de Thornthwaite, siendo 117,89 mm (MINAGRI 2010).

3.4.5. Temperatura

La temperatura media anual en Puerto Maldonado en la región de Madre de Dios es 24,9°C (Climate-data.org 2021). La temperatura máxima en Puerto Maldonado según el tipo de clima, se encuentra entre 29°C a 31°C y, la temperatura mínima se encuentra entre 17°C a 21°C (SENAMHI 2010). Asimismo, según Castro et al. (2021), señalan que la temperatura del aire varía ligeramente durante el año en la región de Madre de Dios, señalando que la temperatura máxima es de 32°C y la temperatura mínima es de 20°C.

3.4.6. Altitud

El modelo de elevación digital indica el nivel en que se encuentra el área de estudio sobre el nivel del mar (Ver Figura 6), se realizó en el software ArcGIS versión 10.5 con imágenes DEM Alos Palsar de 12.5 m/píxel y con información de shaperfile de cuencas hidrográficas del servidor Geo GPS Perú.

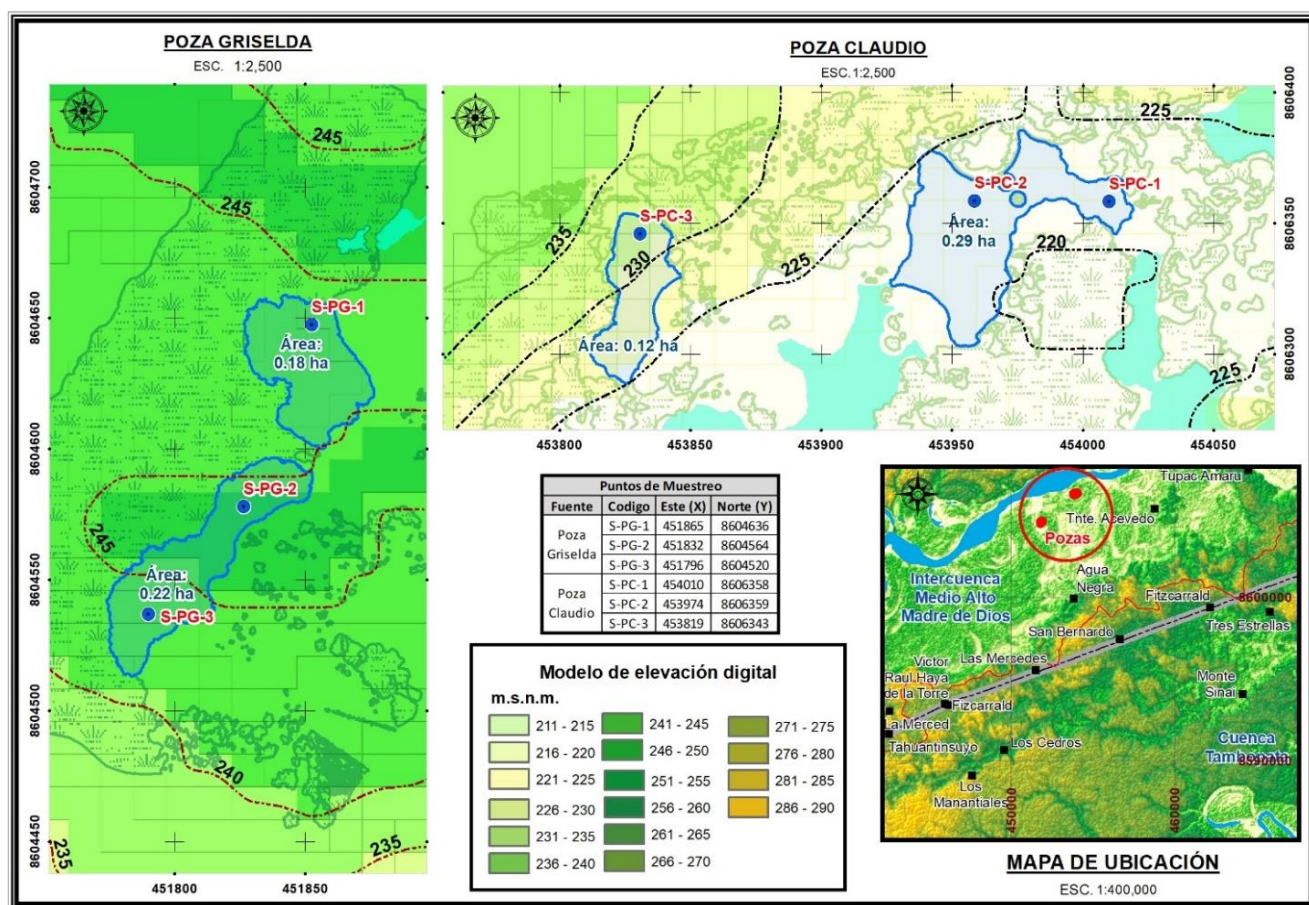


Figura 6. Modelo de elevación a nivel del mar en el cual se encuentra dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

En la Figura 6 se observa que las pozas de evaluación se encuentran cerca del río Madre de Dios, en la Intercuenca Medio Alto Madre de Dios. La poza Griselda está a una altitud de 240 a 245 m.s.n.m. Y la poza Claudio se encuentra a una altitud de 225 a 233 m.s.n.m.

3.4.7. Fisiografía

Para determinar la fisiografía del área de estudio se elaboró un mapa con información de shaperfiles del servidor Geo GPS Perú y de la Carta Nacional en el software ArcGIS versión 10.5.

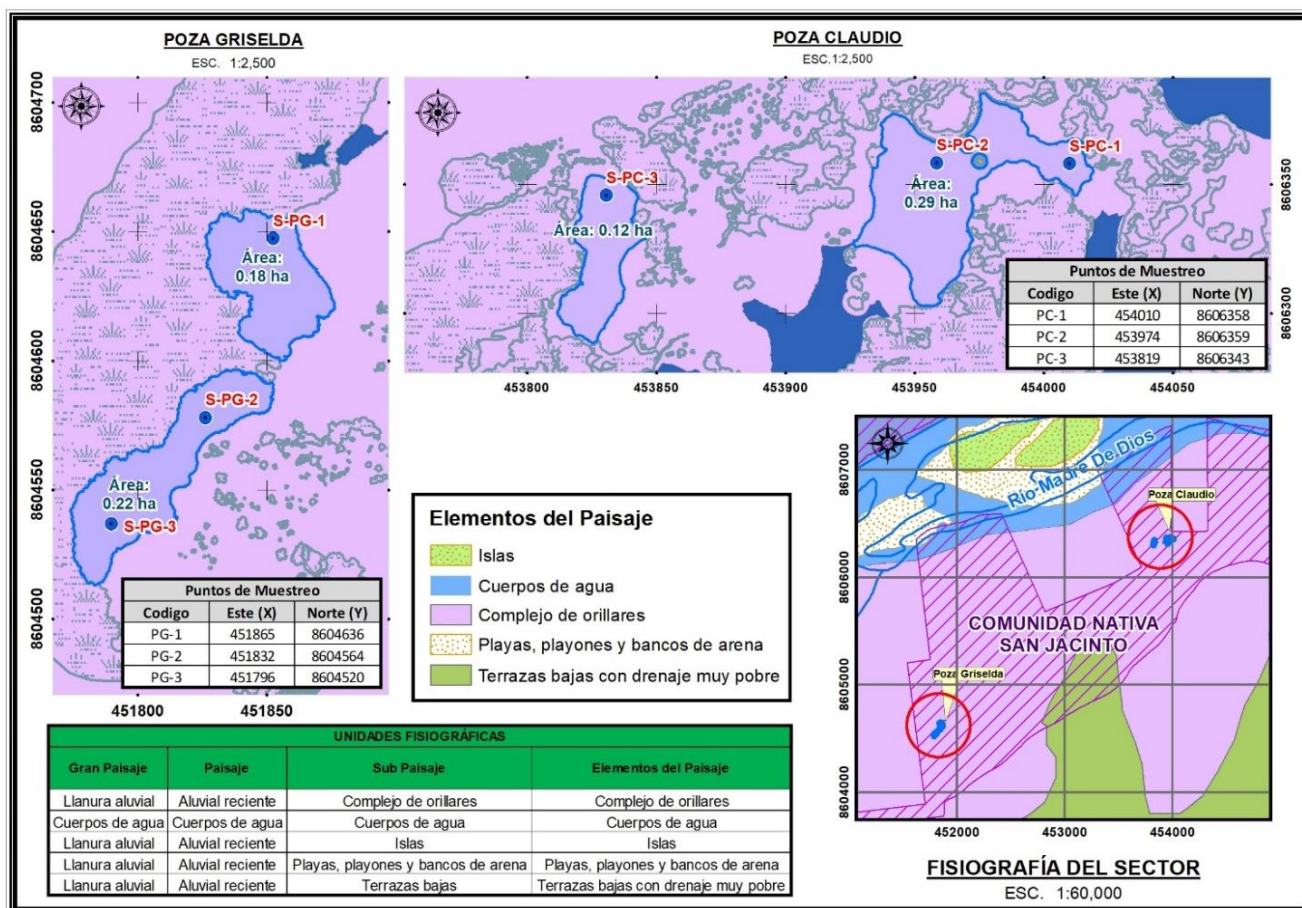


Figura 7. Fisiografía en el cual se encuentra dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

La fisiografía en el área de estudio es de complejo de orillares con un paisaje aluvial reciente (ver Figura 7), según Escobedo, Torres, y Castro (2015), son el resultado de los flujos de sedimentos transportados por las aguas del río durante las crecidas que pierden velocidad o caudal, dejando como origen

sedimentos en forma de crestas. Los bancos no consolidados, limos y arcillas componen su litología, en la que predominan las arenas.

3.4.8. Suelo

Para determinar el tipo de suelo del área de estudio se elaboró un mapa con información de shaperfiles del servidor Geo GPS Perú y de la Carta Nacional en el software ArcGIS versión 10.5.

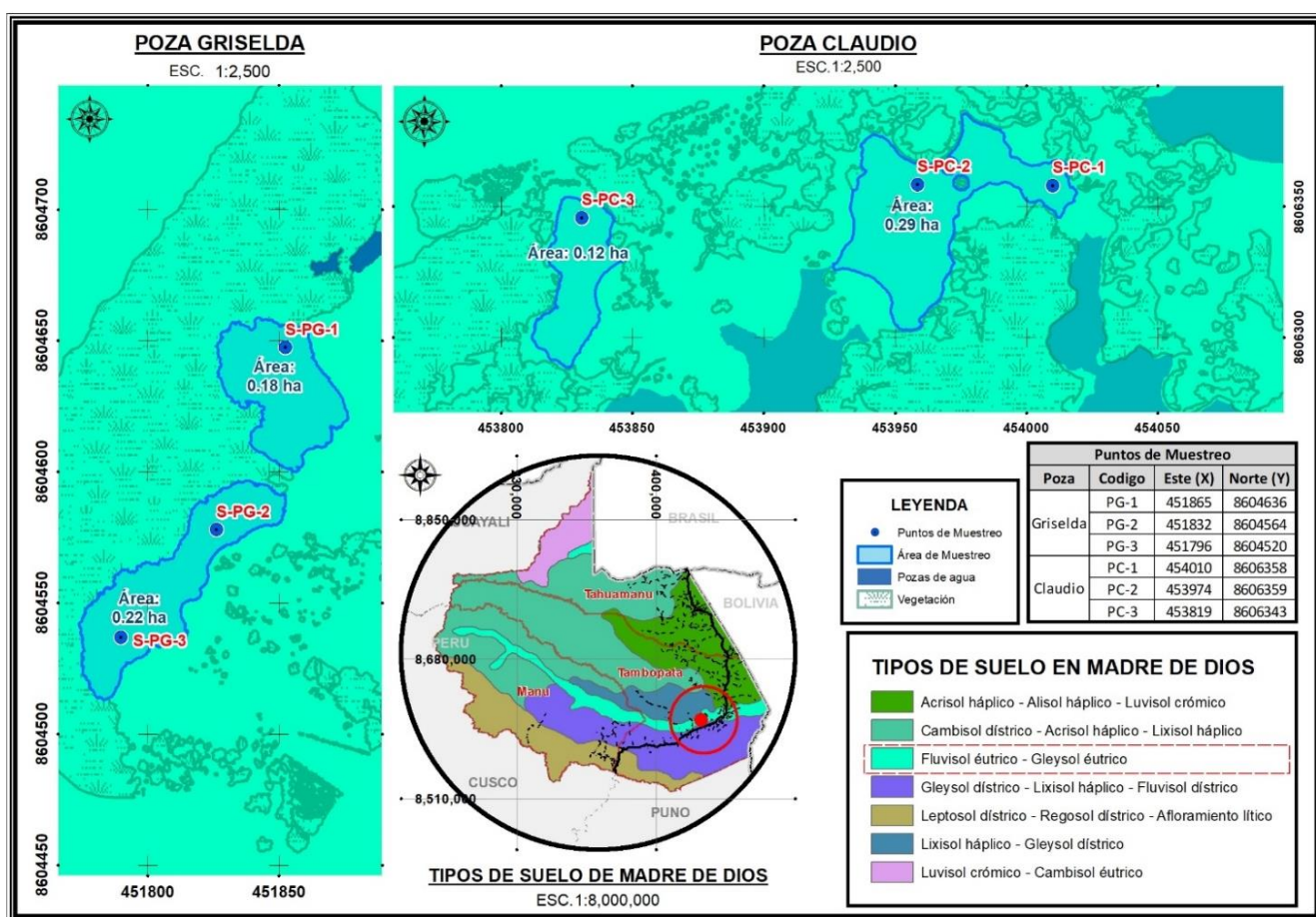


Figura 8. Suelo en el cual se encuentran dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

El departamento de Madre de Dios tiene siete tipos de suelos con características particulares que definen su uso. Las dos pozas de evaluación tienen un tipo de suelo Fluvisol éutrico – Gleysol éutrico (ver Figura 8), según la FAO (2008), los fluvisoles son suelos desarrollados en depósitos aluviales que bajo condiciones naturales se inundan periódicamente, se encuentran a lo largo de ríos y lagos, y en período seco se estimula la actividad microbiana y promueve la mineralización de materia orgánica. En las zonas húmedas, los gleysoles (suelos de los humedales empapados de agua subterránea durante un largo periodo de tiempo) pueden crear distintos patrones de color. Los colores de este patrón tienden a inclinarse hacia el lado rojizo, pardo o amarillento del espectro.

3.4.9. Cobertura vegetal

La cobertura vegetal se determinó en base a la elaboración de un mapa con información de shaperfiles del servidor Geo GPS Perú y de la Carta Nacional en el software ArcGIS versión 10.5.

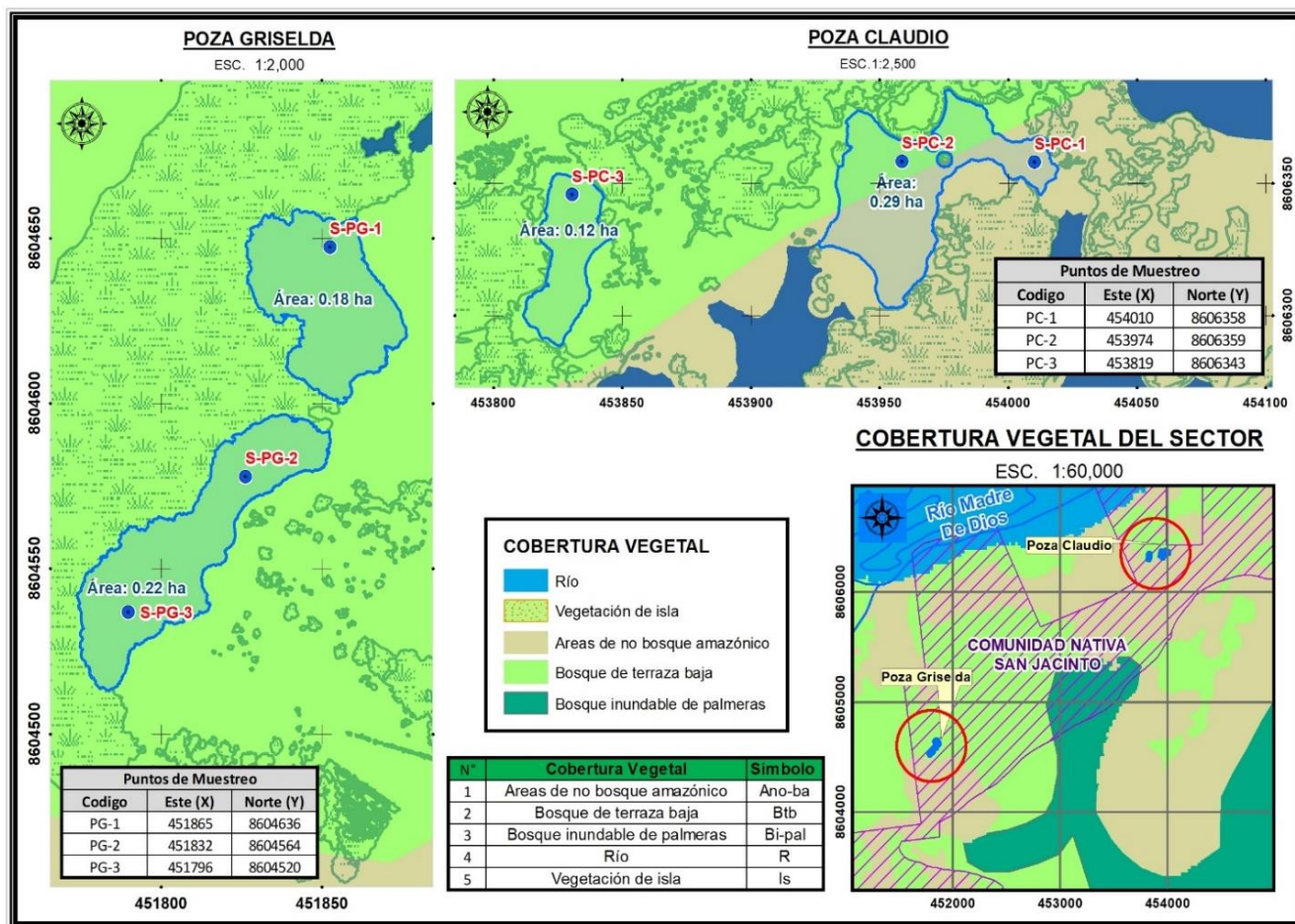


Figura 9. Cobertura vegetal en el cual se encuentran dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

La Figura 9 muestra que la poza Griselda presenta una cobertura vegetal de bosques de terraza baja, y la poza Claudio, bosque de terraza baja y área de no bosque amazónico. Según el MINAM (2015), los bosques de terraza baja pueden encontrarse en la llanura aluvial de la selva tropical baja, ocupando terrazas bajas recientes o antiguas, así como las inundables (no inundables). La flora pionera que colonizan los suelos es a base de comunidades de hierbas. Luego se instalan especies de mayor porte como *Gynerium sagittatum* (Caña brava), *Tessaria integrifolia* (Pájaro bobo), *Cecropia membranacea* (Cetico), etc.

Al transcurrir el tiempo este bosque con baja diversidad va incluyendo otras especies arbóreas más estables como *Ficus insípida* (Oje), *Calycophyllum spruceanum* (Capirona del bajo), *Inga sp.* (Shimbillo) y otras. Y el área de no bosque amazónico, comprende a áreas desboscadas y todas las áreas cubiertas actualmente con vegetación secundaria (purma).

3.5. Caracterización de las pozas

3.5.1. Espejo de agua

La evaluación de dos pozas resultantes de la minería aurífera aluvial se realizó en dos temporadas del año 2019, siendo la temporada de estiaje y la temporada lluviosa.

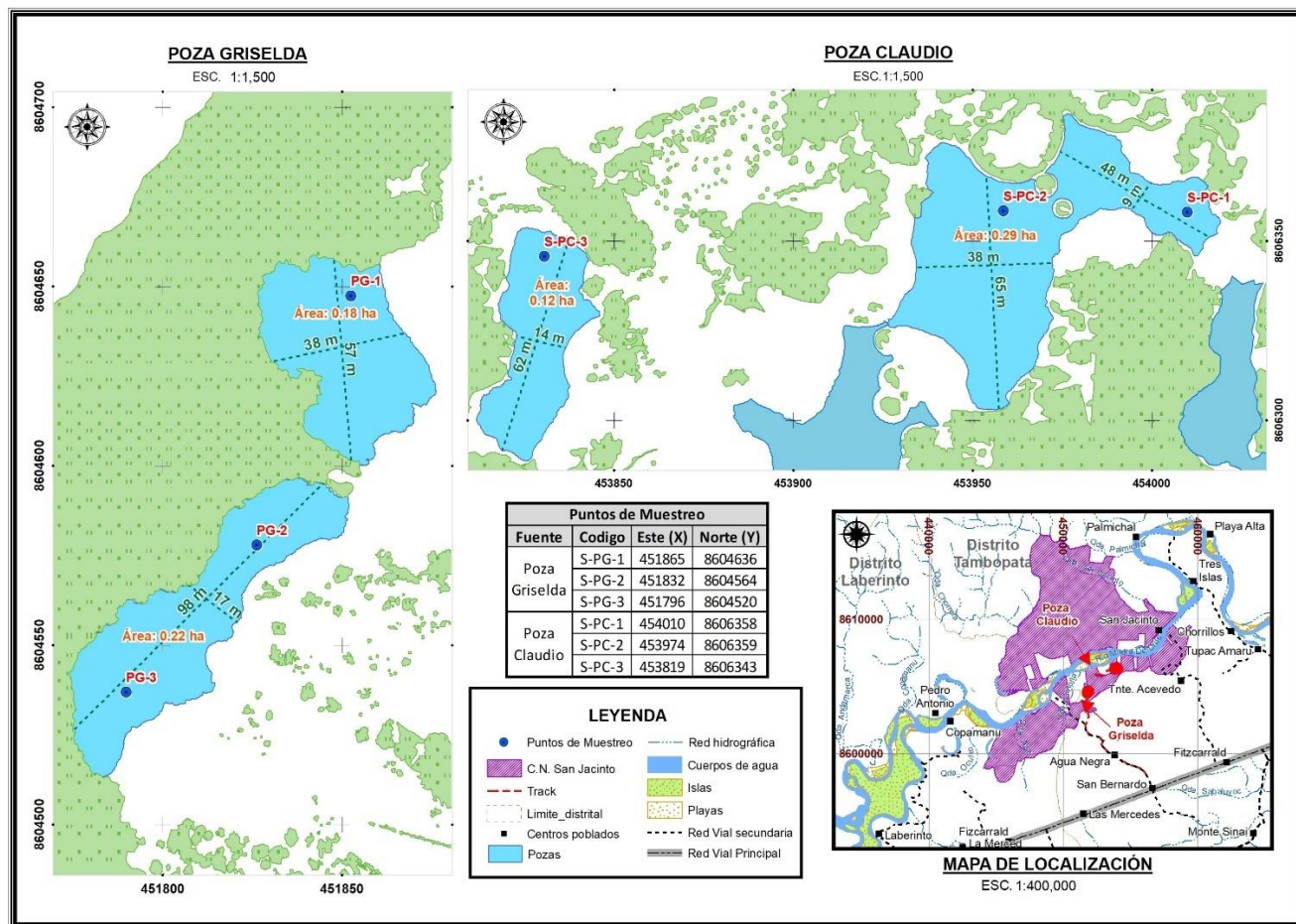


Figura 10. Espejo del agua de las pozas resultantes de la minería aurífera aluvial en temporada de estiaje.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

En temporada de estiaje la superficie del agua de la poza Griselda que estuvo expuesta en total fue 0,40 hectáreas, la poza se dividió en dos en esta temporada; mientras que, la poza Claudio tuvo un espejo de agua de aproximadamente de 0,41 hectáreas, la cual también se dividió en esta temporada (ver Figura 10).

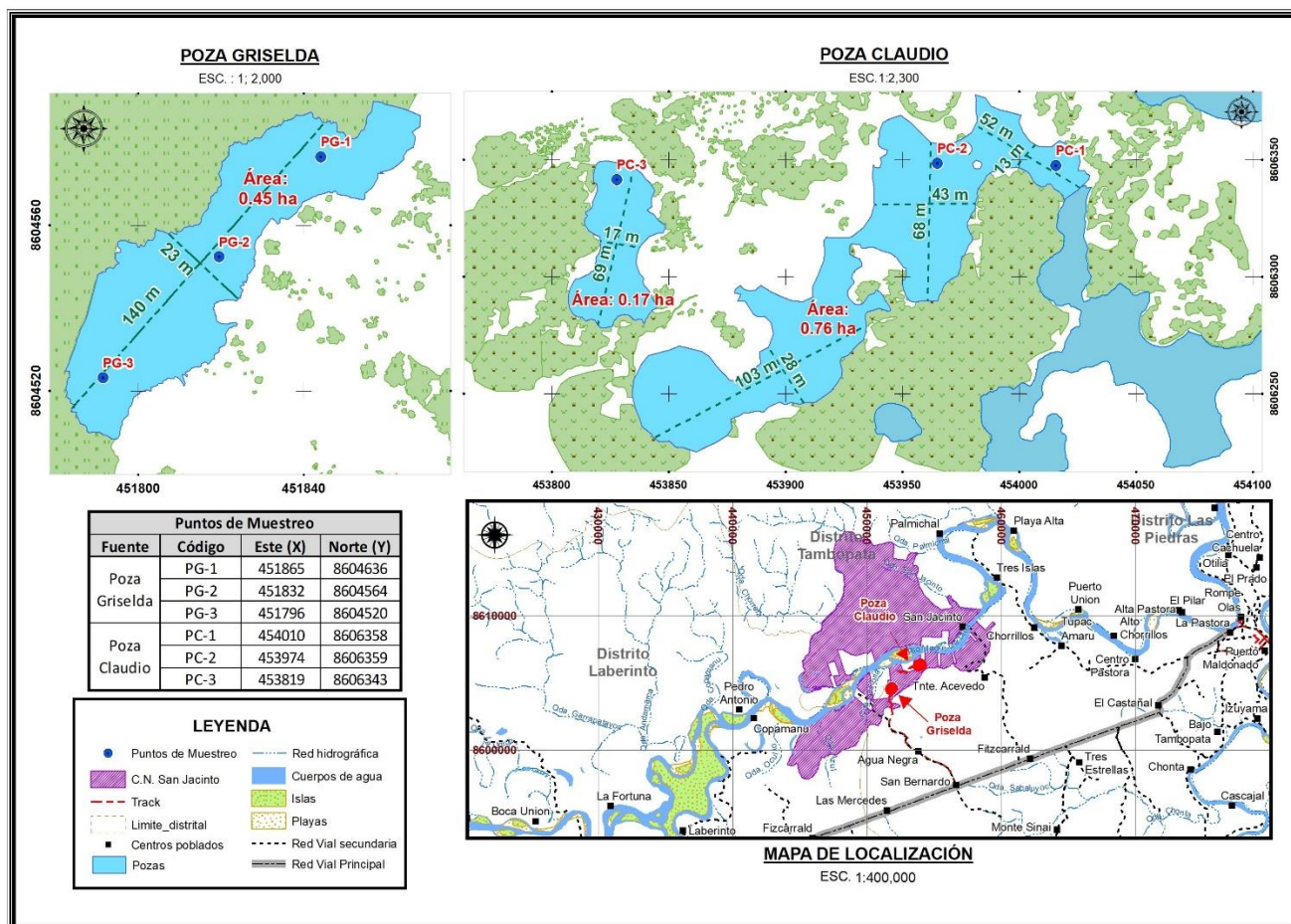


Figura 11. Espejo de agua de las pozas resultantes de la minería aurífera aluvial en temporada lluviosa.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

En temporada lluviosa hubo un incremento del espejo del agua, el cual fue mayor en la poza Claudio, 0,93 hectáreas en total, incrementándose significativamente su tamaño y a la vez conectándose con otras pozas. En el caso de la poza Griselda, esta presentó un espejo de agua de 0,45 hectáreas en total, como se observa en la Figura 11, los puntos evaluados en la poza se conectaron.

3.5.2. Vegetación del borde

Las pozas en su mayoría están rodeadas de vegetación y montículos de fragmentos gruesos (montículo de cascajo).



Figura 12. Vegetación del borde de la poza Griselda.

Fuente: Toma propia, 2021.

En la poza Griselda solo se presentó pastos y algunas hierbas en borde del lado este, donde predomina la arena y los montículos de cascajo (ver Figura 12). Para lado oeste, se observó aguaje (*Mauritia flexuosa*), ojé (*Ficus insípida*) y otras herbáceas.



Figura 13. Vegetación del borde de la poza Claudio.

Fuente: Toma propia, 2021.

La poza Claudio, estuvo rodeada de montículos de cascajo con herbáceas y especies rastreras como, *Diacloea virgata*, también se observó la presencia de árboles de cético (*Cecropia sp.*) y topa (*Ochroma pyramidale*) (ver Figura 13).

3.5.3. Profundidad de las pozas

En temporada de estiaje la poza Griselda tuvo una profundidad de 2,10 metros en el primer punto, 0,90 metros en el segundo punto y 0,70 metros en el tercer punto de muestreo, teniendo una profundidad promedio de 1,23 metros. Mientras que, en la poza Claudio la profundidad fue 1,30 metros en el primer punto, 1,25 metros en el segundo y 1,45 metros en el tercer punto de muestreo, y en promedio una profundidad de 1,33 metros.

En temporada lluviosa la poza Griselda la profundidad en el primer punto fue 3,10 metros, en el segundo punto fue 1,30 metros y en el tercer punto fue 1,05 metros, y en promedio 1,82 metros. Por otro lado, en la poza Claudio la profundidad en el primer punto fue 2,00 metros, en el segundo punto fue 2,11 metros y en el tercer punto fue 2,50 metros, siendo en promedio 2,20 metros de profundidad.

3.6. Población y muestra

La comunidad nativa San Jacinto tuvo una población de 380 pozas que abarcaba 723,81 ha resultantes de la actividad minera aurífera aluvial al momento de realizar el estudio (ver Figura 1), por lo cual se aplicó el muestreo no aleatorio. El tipo de muestreo no aleatorio fue por conveniencia, considerando criterios de inclusión como:

- Ubicación, que se encuentren en el margen derecho del río Madre de Dios que es el área más afectada por la minería aurífera.
- Tamaño, en temporada de estiaje no menor a 0.25 ha (un cuarto de hectárea).
- Accesibilidad, las pozas se deben encontrar cerca a trochas carrozables para facilitar y disminuir costos de traslado de las muestras.

- Seguridad, la comunidad nativa San Jacinto y concesionarios mineros nos permitieron acceder a sus pozas sin riesgos por terceros que puedan volver a usar las pozas durante el estudio, agredir o robar a los tesisistas y acompañantes.
- Diferente tipo de influencia por fuentes de agua, río Madre de Dios y quebrada.
- Diferente tiempo de abandono entre pozas, reciente y más de un año.
- Logística, pozas que se encuentren cerca de las parcelas de reforestación del IIAP.
- Económico, se contaba con un presupuesto limitado de 11.000,00 soles que tenía que cubrir un estudio para ambas temporadas del año.

Los criterios de exclusión fueron:

- Alta presencia de combustibles, espejos de agua de las pozas con alta presencia de aceites de gasolina y petróleo.
- Eutrofización, pozas que tengan un aspecto de color verde del agua y muchas algas por causa de eutrofización.
- Alta presencia de residuos sólidos, pozas que contengan mucha basura.

De lo anterior quedaron dos pozas para el estudio que representan el 0,5% de la población, poza Claudio y poza Griselda.

El muestreo en las pozas se realizó de acuerdo al Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales de la ANA (2016), considerándose las pozas como cuerpos de agua lenticos donde ya no se realiza vertimientos de aguas residuales o usos del agua, debido a que según la ANA esa categoría corresponde al no uso de agua para uso poblacional, ganadería, agrícola y otros usos primarios; asimismo, el protocolo de la ANA, en base a categoría considerada, señala que mínimamente se deben tomar dos puntos, preferente en la entrada y en la salida del cuerpo de agua. Samanez et al. (2014), señala

que el número de muestras de un cuerpo de agua se debe encontrar entre 3 a 6. Para identificar la ubicación de los puntos de muestreo se realizó previamente una salida de campo y un sobrevuelo de Dron MAVIC 2 PRO, que mediante las imágenes tomadas con el dron y la observación en campo se logró determinar la entrada y salida del agua en las pozas y, colocar los dos puntos de entrada y salida (primer y tercer punto). El segundo punto, se estableció aproximadamente en la región central de las pozas.

Se tomó muestras simples y puntuales, que consistió en tomar una porción de agua a 10 cm por debajo de la superficie de esta, en los tres puntos establecidos y georreferenciados, para muestrear en los mismos puntos en ambas temporadas del año.

3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.7.1. Métodos y técnicas

A. Evaluación en campo de las pozas

Durante la evaluación en campo de las pozas se procedió a tomar los datos siguientes:

- Ubicación: Región, distrito, provincia, sector y coordenadas UTM.
- Tiempo: hora, fecha y temporada de muestreo.
- Datos de los cuerpos de agua: tipo de fuente, punto de muestreo, código, vegetación ribereña, apariencia del agua.
- Medición de parámetros fisicoquímicos: se realizó la medición en campo de ciertos parámetros fisicoquímico con un multiparámetro HANNA–HI98130. Se midió la temperatura (°C), Potencial de Hidrógeno (pH), conductividad eléctrica (µS/cm) y sólidos disueltos totales (mg/L) del agua de las pozas, tomando la lectura a 10 cm de profundidad del agua con el multiparámetro.

- Medición del oxígeno disuelto: Para la medición de oxígeno disuelto del agua se utilizó el Test Kit de LaMotte. Se tomó una muestra de agua, que mediante la metodología Winkler se obtuvo la lectura in situ del oxígeno disuelto del agua.
- Medición de la turbiedad: Se determinó con un medidor portátil de turbidez Thermo Scientific-Orion AQUAfast AQ3010, se tomaron muestras de agua para medición directa en una celda de vidrio.

B. Muestreo en las pozas

Se muestreo en tres puntos por cada poza. Se utilizó las siguientes metodologías de muestreo:

a. Toma de muestra de agua para análisis fisicoquímico

Las muestras de agua se recolectaron en base a lo descrito por el Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales de la ANA (2016).

b. Toma de muestra de agua para análisis microbiológico

Para tomar muestras de agua para análisis microbiológico se siguió las indicaciones del Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales de la ANA (2016) con modificaciones determinadas por el Laboratorio de Microbiología de Agua y Alimentos (LAA) de la Dirección Ejecutiva de la Salud Ambiental (DESA) del Gobierno Regional de Madre de Dios (GOREMAD). Se utilizó frascos de vidrio esterilizados de 250 mL, se tomó de muestra una cantidad de $\frac{3}{4}$ de la capacidad del frasco y se almacenó en un cooler con refrigeración hasta la entrega en laboratorio.

c. Toma de muestra de plancton del agua

Las muestras de fitoplancton y zooplancton se recolectaron siguiendo la metodología descrita por Samanez et al. (2014) con malla de plancton de 20 micras.

d. Toma de muestras de macroinvertebrados bentónicos

Para tomar las muestras de macroinvertebrados bentónicos se utilizó el método descrito por Alba et al (2005) con malla Súber.

e. Toma de muestras de peces (ictiofauna)

Las muestras de peces se recolectaron siguiendo el método descrito por Samanez et al. (2014) con malla de arrastre, en los tres puntos seleccionados por cada poza.

f. Toma de muestra de sedimento para análisis fisicoquímico

Las muestras de sedimento fueron tomadas siguiendo las indicaciones del Laboratorio Ambiental Regional (LAR), Laboratorio de Análisis de Fertilidad de suelo y planta (LAFES) y Servicios Analíticos Generales (SAG) S.A.C. Para análisis de metales pesados y fisicoquímico se tomó 500 gramos de muestra y se almacenaron en cadena de frío hasta la entrega en cada laboratorio.

C. Análisis fisicoquímico del agua de las pozas

Se tomaron muestras de agua para el análisis en laboratorios, se trabajó en laboratorios de la UNAMAD e IIAP. A continuación, se menciona los análisis fisicoquímicos del agua realizados y las metodologías utilizadas:

a. Alcalinidad

Para determinar la concentración de la alcalinidad en el agua de las pozas, se utilizó el método de titulación con solución estándar descrito por Greenberg, Clesceri y Eaton (1992), este análisis se realizó en el Laboratorio Ambiental Regional (LAR) de la UNAMAD.

b. Dureza (CaCO_3)

Para determinar la concentración de dureza en el agua de las pozas, se empleó el método de dureza total con EDTA por volumetría descrito por Greenberg, Clesceri y Eaton (1992), se realizó el análisis en el LAR de la UNAMAD.

c. Cloruros (Cl^-)

La cantidad de cloruros en el agua de las pozas se determinó por el método de Mohr descrito por Greenberg, Clesceri y Eaton (1992), se realizó en el LAR de la UNAMAD.

d. Nitritos (NO_2^-)

Se determinó la concentración de nitritos en el agua de las pozas, en base a la metodología de espectrofotometría UV descrita por APHA, AWWA y WPCF (2005), se realizó en el LAR de la UNAMAD.

e. Fosfatos (PO_4^{3-})

La determinación de fosfatos en el agua de las pozas se analizó en LAR de la UNAMAD, se empleó el método espectrofotometría ultravioleta – adiciones de estándares.

f. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

La demanda bioquímica de oxígeno del agua de las pozas se realizó por la metodología de incubación por cinco días en el Laboratorio de Biología del IIAP.

D. Análisis microbiológico del agua de las pozas

El análisis microbiológico del agua de las pozas se realizó en el Laboratorio de Microbiología de Agua y Alimentos (LAA) de la Dirección Ejecutiva de la Salud Ambiental (DESA) del Gobierno Regional de Madre de Dios (GOREMAD), donde se identificó por número más probabilístico (NMP) de la cantidad de coliformes termotolerantes presentes en el agua de las pozas, por el método de filtración a través de membrana.

E. Análisis ecológico del agua

a. Análisis del plancton

Para el análisis del plancton, se identificó el fitoplancton y zooplancton presente en el agua de las pozas. La identificación se llevó a cabo en el Departamento de Limnología del Museo de Historia Natural, que se encuentra en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

b. Análisis de macroinvertebrados bentónicos

Para determinar la taxonomía de los macroinvertebrados bentónicos, se enviaron las muestras al Departamento de Entomología del Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. A partir de la identificación de las familias de macroinvertebrados bentónicos presentes en las pozas, se calculó el índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) para definir el estado de la calidad del agua. Se realizó la sumatoria de la puntuación de cada familia de

macroinvertebrado en base a su grado de sensibilidad a la contaminación, si en las pozas se encontró más de una vez una familia solo se consideró una vez para el sumatorio total; ya que el índice BMWP considera presencia y no abundancia.

c. Análisis de los peces (ictiofauna)

El análisis de la ictiofauna de las pozas se realizó en la Colección Científica de Hidrobiología de la UNAMAD. Se identificaron las especies y el número de cada una de ellas por pozas.

F. Análisis fisicoquímico del sedimento

Para determinar las características fisicoquímicas del sedimento, se analizó en laboratorio bajo diferentes métodos según el parámetro. A continuación, se presentan las metodologías utilizadas, son las siguientes:

a. Textura

La determinación de la textura del sedimento de las pozas se realizó por el método de Bouyoucos en el Laboratorio de Fertilidad del Suelo (LAFES) del IIAP.

b. pH y conductividad eléctrica

El análisis de pH y conductividad eléctrica del sedimento se realizó en base a una relación 1:1 con un multiparámetro de mesa en el LAR de la UNAMAD.

c. Materia orgánica

El análisis de materia orgánica (MO) del sedimento se realizó bajo el método en Húmedo-Walkley and Black, en el Laboratorio de Mercurio y Química Ambiental (LAMQA) del IIAP.

d. Metales totales

El análisis de metales pesados de las muestras de sedimento se llevó a cabo en Servicios Analíticos Generales (SAG) S.A.C, laboratorio dedicado al estudio ambiental, hicieron uso de la metodología de Digestión ácida en sedimentos y suelos para la determinación de metales pesados mediante espectrometría de emisión atómica de plasma acoplado inductivamente de EPA 3050-B (1996).

3.7.2. Instrumentos

Se utilizaron instrumentos de recolección de datos como:

- Cadena de custodia: Se empleó para registrar los datos de las muestras de sedimento para el análisis de metales pesados.
- Sensores portátiles: Se empleó el multiparámetro portátil HANNA–HI98130 para realizar mediciones en campo de la temperatura (°C), Potencial de Hidrógeno (pH), conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) y sólidos disueltos totales (mg/L) del agua de las pozas. También, se hizo uso de un medidor portátil Thermo Scientific Orion AQUAfast AQ3010u, para medir la turbiedad del agua.
- Espectrofotómetro: Se utilizó un espectrofotómetro UV-Vis DR-500 de la marca Hatch, el cual se calibró previamente para los análisis de nitritos y fosfatos en el agua de las pozas.

3.7.3. Procesamiento de datos y Análisis estadísticos

Para el procesamiento de datos se trabajó con la media aritmética de tres repeticiones por poza en cada temporada de muestreo. Se realizó grafico de barras, análisis de componentes principales (ACP), diagramas de cajas y correlación de Spearman con el software RStudio. Se realizó pruebas no paramétricas como la correlación de Spearman debido a que mucho de los datos no

cumplían con la normalidad. Se determinó correlación entre las variables fisicoquímicos del agua de las pozas y verificar si existe similitud entre las pozas con el análisis de componentes principales y correlación de Spearman. Mientras que, el diagrama de cajas se utilizó para verificar la dispersión de los datos, máximos, media y mínimos del parámetro microbiológico del agua de las pozas. También, se comparó los datos de los parámetros fisicoquímicos del agua de las pozas con los valores de los ECA para agua del Perú, categoría 4: Conservación del medio ambiente y subcategoría 1: Lagos y lagunas y; la concentración de metales pesados en sedimento se comparó con Canadian Environmental Quality Guidelines (CEQG) del 2003 y sus valores interinos.

Por último, se realizó interpolación de la concentración de metales pesados por el método Kriging en el software ArcGIS versión 10.5, en base a la concentración de metal pesado en cada punto de muestreo.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la evaluación de la calidad ambiental de dos pozas resultantes de la minería aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región de Madre de Dios se muestran a continuación:

4.1. Calidad fisicoquímica del agua de las pozas

En la Tabla 4 se observa los resultados del análisis fisicoquímico del agua de las pozas, Claudio y Griselda en temporada de estiaje y temporada lluviosa.

Tabla 4. Parámetros fisicoquímicos del agua de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.

Parámetro	Temporada de Estiaje		Temporada Lluviosa		ECA Categoría 4: Conservación del medio ambiente Subcategoría 1: Lagos y lagunas
	Poza Griselda	Poza Claudio	Poza Griselda	Poza Claudio	
Temperatura (°C)	27,9±0,1	30,2±1,2	24,1±1,0	25,2±0,2	-
pH	6,8±0,0	7,2±0,1	9,0±0,3	8,7±1,3	6,5 a 8,5
C.E. (µS/cm)	58,7±11,3	160,3±7,5	33,0±7,2	168,0±75	1 000,0
O.D. (mg/L)	8,0±1,0	9,0±0,0	5,7±0,6	5,2±0,3	≥ 5,0
SDT (mg/L)	73,3±10,2	22,0±1,0	46,0±2,6	23,3±3,5	-
Alcalinidad (mg/L)	26,7±6,4	52,7±5,0	29,7±6,0	56,0±4,6	-
Dureza Total (mg/L)	2,9±0,5	7,0±0,5	2,3±0,1	8,1±2,1	-
Cl- Total (mg/L)	1,1±0,2	2,5±0,6	1,2±0,1	3,3±0,2	-
NO ₂ ⁻ (mg/L)	0,139±0,043	0,001±0,001	0,008±0,005	0,006±0,003	-
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	0,670±0,249	0,010±0,005	0,045±0,067	0,010±0,004	0,4
DBO (mg/L)	4,0±0,3	2,4±0,2	5,9±1,3	9,4±1,2	5,0
Turbiedad (UNT)	975,4±43,1	3,7±3,6	526,0±287,8	2,9±3,2	-

Fuente: Elaboración propia, 2021.

El pH del agua de la poza Griselda en temporada de estiaje fue 6,8; mientras que en temporada lluviosa fue 9,0, siendo mayor en esta temporada, por lo tanto, no cumpliendo con los ECA en temporada lluviosa. En la poza Claudio, el pH del agua en temporada de estiaje fue 7,2, en temporada lluviosa aumentó ligeramente, 8,7 pH, encontrándose dicho valor superior a los ECA (ver Tabla 4). El valor del pH en temporada de estiaje y lluviosa de la poza Griselda es comparable con el valor encontrado en la poza Claudio. Huamán et al. (2020) en la laguna Marvillla en Perú, encontró valores cercanos al pH de las pozas, 8,8 de pH. De manera comparable Morsy, Mishra y Galal (2020), determinaron que el pH de 4 lagunas en la región del delta del Nilo es alcalina, entre 7,99 y 8,78 pH; asimismo, Anim-Gyampo et al. (2021), en pozos de agua subterránea afectados por la minería ilegal artesanal del oro en Ghana, determinaron que en su mayoría el pH del agua se encontró dentro un rango de 6,5 a 8,5.

El oxígeno disuelto (O.D.) de ambas pozas se encontró por encima del límite mínimo establecido por los ECA. La concentración del oxígeno disuelto en la poza Griselda en temporada de estiaje, 8,0 mg/L fue significativamente mayor que en temporada lluviosa, 5,7 mg/L. En la poza Claudio el oxígeno disuelto del agua en temporada de estiaje fue 9,0 mg/L, casi el doble de lo encontrado en temporada lluviosa, 5,2 mg/L. En temporada de estiaje y lluviosa la concentración del oxígeno disuelto en la poza Griselda fue semejante a la encontrada en la poza Claudio. El oxígeno disuelto del agua de ambas pozas bajo drásticamente en temporada lluviosa, a consecuencia de la contaminación que es arrastrada por las lluvias desde las partes altas, donde se ha observado que existe extracción minera y se encuentra población de los campamentos mineros, que arrojan sus aguas residuales a las pozas mineras que luego se inundan y contaminan a otras fuentes de agua, esto se determinó para las dos pozas.

La cantidad de sólidos disueltos totales (SDT) en la poza Griselda en temporada de estiaje fue 73,3 mg/L, cantidad casi del doble de la

encontrada en temporada lluviosa, 46,0 mg/L. En la poza Claudio la cantidad encontrada de sólidos disueltos totales en temporada de estiaje 22,0 mg/L, fue comparable con la cantidad encontrada en temporada lluviosa, 23,3 mg/L. En temporada de estiaje la cantidad de sólidos disueltos totales encontrada en la poza Griselda fue más del triple de la encontrada en la poza Claudio; sin embargo, en temporada lluviosa la cantidad de sólidos disueltos totales en el agua de la poza Griselda solamente fue el doble de la encontrada. Huamán et al. (2020), encontró más de cuarenta veces la cantidad de sólidos disueltos totales en la laguna Marvilla (3.413,9 mg/L) con respecto a lo reportado en las pozas. Anim-Gyampo et al. (2021), en pozos de agua subterránea afectados por la minería ilegal artesanal del oro en Ghana, reportó ligeramente más del doble la cantidad de sólidos disueltos totales (175,2 mg/L) con respecto a la cantidad más alta de sólidos disueltos totales en las pozas.

Según Goyenola (2007), la alcalinidad total del agua es la capacidad del agua para neutralizar ácidos. Los cuerpos de agua deben tener una alcalinidad mínima de 20 mg/L para mantener la vida acuática. Cuando el agua tiene alcalinidad inferior a 20 mg/L, pierde su capacidad de retención a la contaminación, debido a que no tiene la capacidad suficiente para evitar el cambio de pH. En temporada de estiaje y lluviosa, la poza Claudio presentó la más alta alcalinidad con valores de 52,7 mg/L en temporada de estiaje y 56,0 mg/L en temporada lluviosa, valores comparables entre sí; por lo tanto, considerándose moderadamente amortiguadora el agua de dicha poza según la clasificación de Goyenola (2007), porque se encontró en un rango de 25 a 75 mg/L. De igual manera, el agua de la poza Griselda se consideró como moderadamente amortiguadora, presentando 26,7 mg/L en temporada de estiaje y 29,7 mg/L en temporada lluviosa, al igual que la poza Claudio presentando valores comparables entre ambas temporadas del año. La poza Claudio presentó la doble cantidad de alcalinidad del agua en ambas temporadas del año que la poza Griselda. Mientras que, Castellanos et al. (2017), en su estudio en sistemas

lénticos en Colombia, la alcalinidad del agua estuvo entre 65 a 702 mg/L, siendo mayor que en las pozas evaluadas en el presente estudio, lo que estaría asociado a mayor afluencia de volúmenes de aguas en el estudio de Castellanos et al. (2017).

Los nitritos (NO_2^-) en el agua indican contaminación reciente de origen fecal, fertilizantes u otros restos orgánicos (Catalán et al. 1971). En aguas superficiales con buena oxigenación la cantidad de nitritos no sobrepasa 0,1 mg/L (Stumm y Morgan 1996). Según Erikson en 1985, cuando el agua presenta algún problema de toxicidad los niveles de nitritos van de 0,1 a 0,9 y, cuando es totalmente tóxica presenta niveles que superan los 1 mg/L, ocasionando que no se pueda realizar la actividad piscícola (Prat, Rieradevall, Munne, y Chacon 1996). Las concentraciones de nitritos presentes en el agua de las pozas de evaluación no superan el 1 mg/L; es decir, no son tóxicas y puede llevarse a cabo la crianza de peces con un tratamiento, debido a que superan 0,1 mg/L y existe una mínima presencia de toxicidad en el agua. La poza Griselda presento una cantidad de 0,139 mg/L de nitritos en temporada de estiaje, esta cantidad determinada fue más de cincuenta veces que en temporada lluviosa, que fue 0,0008 mg/L. Sin embargo, en la poza Claudio la cantidad encontrada de nitritos en el agua fue mayor en temporada de lluviosa con 0,006 mg/L, cantidad que fue sesenta veces superior a la encontrada en temporada de estiaje, 0,0001 mg/L. La cantidad de nitritos presente en el agua de la poza Griselda fue significativamente diferente a la determinada en la poza Claudio, siendo más veinte veces en esta temporada; mientras que, en temporada lluviosa la cantidad de nitritos en ambas pozas fue comparable.

El ion fosfato (PO_4^-) un derivado del fósforo inorgánico que puede encontrarse en forma cristalina en el medio ambiente y contribuye directamente a su ciclo. También puede encontrarse en solución en forma de átomos y moléculas. Los fosfatos de los suelos agrícolas pueden filtrarse a los cursos de agua vecinos en concentraciones

variables, lo que convierte al agua de lluvia en una fuente potencial de estos contaminantes (Sánchez et al 2007). El incremento de fosfato en un cuerpo de agua provoca el crecimiento de algas. La mayor concentración de fosfatos se determinó en la poza Griselda con 0,670 mg/L en temporada de estiaje; no obstante, se determinó disminución en temporada lluviosa, siendo 0,045 mg/L, la cantidad encontrada en temporada de estiaje fue casi el quíntuple de la encontrada en temporada lluviosa. La poza Claudio presentó la misma cantidad de fosfatos en ambas temporadas, con 0,010 mg/L, fue la misma. En temporada de estiaje la poza Griselda presentó más de sesenta veces superior la cantidad de fosfatos en el agua que la poza Claudio y; en temporada lluviosa la cantidad de fosfatos en el agua de la poza Griselda fue solamente cuatro veces más que en la poza Claudio. De modo que, solo en temporada de estiaje, la poza Griselda presentó concentración de fosfatos superior a 0,4 mg/L, no encontrándose dentro de los valores de los ECA aprobado por el MINAM (2008).

La turbiedad del agua en la poza Griselda en temporada de estiaje, 975,4 UNT fue superior que, en temporada lluviosa 526,0 UNT, casi el doble de la cantidad encontrada en temporada de estiaje. En cambio, en la poza Claudio la turbiedad del agua en temporada de estiaje y lluviosa fue comparable, 3,7 UNT y 2,9 UNT, respectivamente. La turbiedad del agua de ambas pozas fue muy diferente, la poza Griselda presentó más de doscientas veces la turbiedad en el agua que la poza Claudio. En la cuenca Mari en Bétaré-Oya (este de Camerún) en pozos y aguas superficiales afectadas por la minería aurífera, la turbiedad del agua se encontró entre 0,24 y 4.758,00 NTU (Rakotondrabe et al. 2018), comparando 4.750, NTU reportado por Rakotondrabe et al. (2018) la turbiedad del agua sería más de cuatro superior a lo encontrado en la poza Griselda en temporada de estiaje (975,4 NTU). Los altos valores de turbidez en el agua estarían asociados con las mismas actividades de minería aurífera (lavado del material aurífero) por el arrastre de

sedimento a las pozas desde las partes altas y por el tiempo de abandono reciente en la poza Griselda.

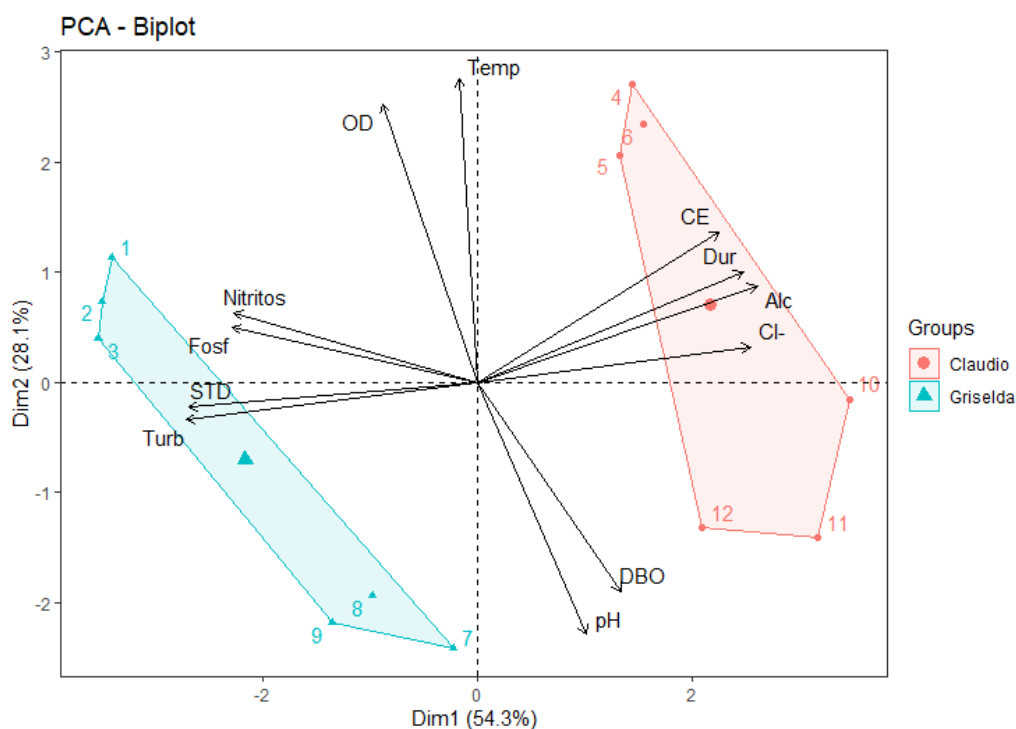


Figura 14. Análisis de componentes principales (ACP) de los parámetros fisicoquímicos del agua de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

* 1, 2 y 3= Puntos evaluados de la poza Griselda en temporada de estiaje, 7,8 y 9= Puntos evaluados de la poza Griselda en temporada lluviosa, 4, 5 y 6= Puntos evaluados de la poza Claudio en temporada de estiaje, 10,11 y 12= Puntos evaluados de la poza Claudio en temporada lluviosa.

En el plano principal se están representando los factores de estudio con una dimensión de 82,4%, siendo una buena representación. En la Figura 14, no se observa ninguna similitud entre las pozas evaluadas, dado que las pozas tienen influencias de fuentes exógenas, dicha influencia es recibida en temporada de inundación de las partes altas donde aún realizan minería y recibe los desechos de los pobladores del sector. Las variables dureza y alcalinidad del agua se encuentran altamente

correlacionadas positivamente; por lo tanto, a medida que aumente la alcalinidad del agua también aumentará la dureza del agua. Asimismo, se observa en el análisis de componentes principales (ACP) una correlación entre la conductividad eléctrica, dureza, alcalinidad y cloruros del agua que, al aumento de concentración de cualquiera de uno de estos parámetros, aumentarían los parámetros correlacionados; a su vez presentándose los valores más altos de los parámetros mencionados en la poza Claudio. También, existe una fuerte correlación entre el pH y la demanda bioquímica de oxígeno, sólidos disueltos totales y turbiedad, fosfatos y nitritos y, sólidos disueltos totales, turbiedad, fosfatos y nitritos. Por último, el pH y la alcalinidad del agua no presentaron correlación, esto debido a la baja concentración de alcalinidad en el agua, presentando indicios a la baja capacidad de amortiguar el agua a cambios de pH.

4.2. Calidad microbiológica del agua de las pozas

Tabla 5. Parámetro microbiológico del agua de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.

Parámetro	Temporada de estiaje		Temporada lluviosa		ECA Categoría 4: Conservación del medio ambiente Subcategoría 1: Lagos y lagunas
	Poza Griselda	Poza Claudio	Poza Griselda	Poza Claudio	
Coliformes termotolerantes (NMP/100 ml)	1966,7±378,6	4300,0±3732,3	1450,0±212,1	150,0±36,1	1000,0

Fuente: Elaboración propia, 2021.

En la Tabla 5 se observa que la poza Griselda en temporada de estiaje y en temporada lluviosa la cantidad de coliformes termotolerantes fue comparable, 1966,7 NMP/100 mL en temporada de estiaje y 1450,0 NMP/100 mL en temporada lluviosa. La poza Claudio en temporada de estiaje con 4300,0 NMP/100 mL, presentó casi más de treinta veces la cantidad de coliformes que en temporada lluviosa, que fue 150,0

NMP/100 mL. En temporada de estiaje, la poza Claudio presento más del doble de la cantidad de coliformes que la poza Griselda; por el contrario, en temporada lluviosa la poza Griselda presentó casi más de diez veces la cantidad de coliformes termotolerantes que la poza Claudio.

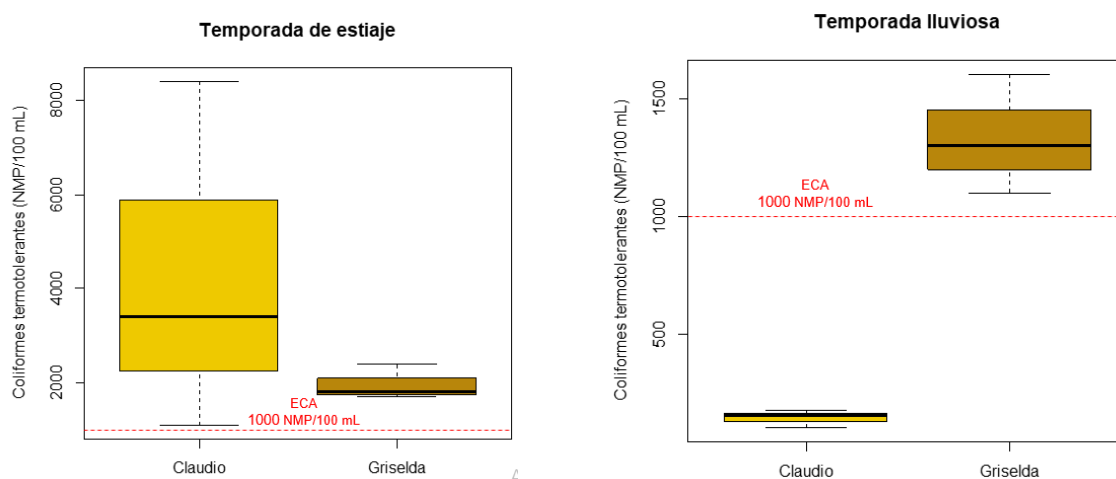


Figura 15. Diagrama del parámetro microbiológico del agua de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Se determinó que, en temporada de estiaje la concentración de coliformes termotolerantes de las dos pozas sobrepasó el valor de los ECA, la concentración fue superior a 1000 NMP/100 mL. No obstante, en temporada lluviosa solo la poza Claudio se encontró por debajo de los ECA; sin embargo, la poza Griselda siguió excediendo los 1000 NMP/mL de los ECA (ver Figura 15). La cantidad de coliformes termotolerantes es afectada por el uso distante de las pozas; debido a que, las pozas reciben relaves mineros y aguas residuales de los pobladores del sector. En comparación, Huamán et al. (2020) en la laguna Marvilla en Perú, encontraron niveles superiores de coliformes termotolerantes en el agua, 17766,7 NMP/100 mL, de modo similar sobrepasaron el valor de los ECA.

4.3. Calidad ecológica del agua de las pozas

4.3.1. Plancton del agua de las pozas

Tabla 6. Fitoplancton del agua de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.

Análisis cualitativo y cuantitativo del fitoplancton (n° organismos/mL) de las pozas						
Orden	Familia	Especie	Temporada de estiaje		Temporada lluviosa	
			Poza Griselda	Poza Claudio	Poza Griselda	Poza Claudio
Eunotiales	Eunotiaceae	<i>Eunotia</i> sp.		200		
Naviculales	Naviculaceae	<i>Gyrosigma acuminatum</i>		50		
		<i>Navicula capitatoradiata</i>		50		
	Pinnulariaceae	<i>Pinnularia</i> sp.				200
Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	<i>Pinnularia maior</i>		100		
		<i>Rhopalodia gibba</i>		50		100
Surirellales	Surirellaceae	<i>Surirella robusta</i>		200		
		<i>Surirella tenera</i>		100		
Thalassiosiphysales	Catenulaceae	<i>Amphora</i> sp.		50		
Chlamydomonadales	Volvocaceae	<i>Eudorina elegans</i>			10	1200
		<i>Pandorina morum</i>		150		600
Chlorellales	Chlorellaceae	<i>Dictyosphaerium</i> sp.			10	
Chromulinales	Dinobryaceae	<i>Dinobryon sertularia</i>				100
Nostocales	Aphanizomenonaceae	<i>Aphanizomenon</i> sp.	100	50		
		<i>Dolichospermum</i> sp.				300
		<i>Tolypothrix</i> sp.			10	
Sphaeropleales	Radiococcaceae	<i>Gloeocystis</i> sp.				100
	Coelosphaeriaceae	<i>Coelosphaerium</i> sp.			10	
Synechococcales	Merismopediaceae	<i>Aphanocapsa</i> sp.		250		
		<i>Merismopedia glauca</i>		50		
	Synechococcaceae	<i>Anathece</i> sp.				100
Euglenales	Euglenaceae	<i>Euglena</i> sp.		100		
		<i>Euglena acus</i>				500
		<i>Euglena limnophila</i>				200
		<i>Strombomonas</i> sp.				100
		<i>Strombomonas elegans</i>			200	200
		<i>Strombomonas gibberosa</i>			100	100
		<i>Trachelomonas</i> sp1.				100
		<i>Trachelomonas</i> sp2.				100
		<i>Trachelomonas</i> sp3.			920	
		<i>Trachelomonas</i> sp4.			900	
		<i>Trachelomonas armata</i> var. <i>armata</i> f. <i>involuta</i>	6100			
		<i>Trachelomonas bernardii</i>	1110			
		<i>Trachelomonas cf lefevrei</i>				500
		<i>Trachelomonas cf recticollis</i>	1100			
		<i>Trachelomonas hispida</i>	300		100	200
Peridinales	Phacaceae	<i>Trachelomonas volvocina</i>	1400	50	300	
		<i>Lepocinclis</i> sp1.	100		100	200
		<i>Lepocinclis</i> sp2.				100
		<i>Lepocinclis</i> sp3.				200
		<i>Lepocinclis fusca</i>				100
		<i>Phacus curvicauda</i>				200
		<i>Phacus longicauda</i> var. <i>tortus</i>	100			
		<i>Parvodinium</i> sp.				1000
		<i>Parvodinium cf umbonatum</i>		1700		
		<i>Peridinium</i> sp.		50		
Suessiales	Lophodiniaceae	<i>Lophodinium polylophum</i>		1650		
Zygnematales	Zygnemataceae	<i>Mougeotia</i> sp.				100

Fuente: Elaboración propia, 2021.

En la Tabla 6, en temporada de estiaje en la poza Griselda, *Trachelomonas armata* var. *armata* f. *involuta* es la especie de fitoplancton con mayor presencia, 6100 individuos, seguido por la *Trachelomonas volvocina* con 1400 individuos y otras como, *Trachelomonas bernardii* y *Trachelomonas cf. recticollis*, pertenecientes a la familia Euglenaceae. No obstante, en temporada lluviosa, la poza Griselda no presentó individuos de *Trachelomonas armata* var. *armata* f. *involuta*. Más del triple de individuos de *Trachelomonas volvocina* fueron encontrado en temporada de estiaje que en temporada lluviosa (300 individuos) y, otras especies de *Trachelomonas* que se encontraron más del doble en temporada lluviosa que en temporada de estiaje.

La poza Claudio tuvo mayor presencia de *Parvodinium cf. umbonatum* con 1700 individuos y de *Lophodinium polylophum* con 1650 individuos en temporada de estiaje; sin embargo, estas especies de fitoplancton no estuvieron presentes en temporada lluviosa, la especie *Eudorina elegans* fue la más abundante con 1200 individuos en temporada lluviosa.

Tabla 7. Zooplancton del agua de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.

Análisis cualitativo y cuantitativo del zooplancton (n°organismos/mL) de las pozas						
Orden	Familia	Especie	Temporada de estiaje		Temporada lluviosa	
			Poza Griselda	Poza Claudio	Poza Griselda	Poza Claudio
Calanoida	Diaptomidae	<i>Nauplio</i>	10	200		100
	Daphniidae	<i>Ceriodaphnia cornuta</i>	125			
Cladocera	Moinidae	<i>Moina sp.</i>		50		
		<i>Moina micrura</i>				100
		Copepodito			5	50
Cyclopoida	Cyclopidae	<i>Metacyclops sp.</i>			5	
		<i>Microcyclops sp.</i>	25	150		
		<i>Arcella discoides</i>	10			50
	Arcellidae	<i>Arcella vulgaris</i>				50
Arcellinida		<i>Netzelia sp.</i>				50
	Netzeiliidae	<i>Netzelia gramen</i>	100	100		100
Indeterminado	Indeterminado	<i>Nematodo</i>		50		
Bdelloidea	Indeterminado	<i>Bdelloideo</i>		50		
	Filiniidae	<i>Filinia longiseta</i>				200
Flosculariaceae		<i>Filinia opoliensis brevispina</i>			10	
	Hexarthridae	<i>Hexarthra sp.</i>				50
	Asplanchnidae	<i>Asplanchna sp.</i>		200		50
		<i>Anuraeopsis fissa</i>				50
		<i>Brachionus angularis</i>				50
		<i>Brachionus caudatus var personatus</i>		50		
		<i>Brachionus dolabratus</i>		50		
	Brachionidae	<i>Brachionus falcatus</i>		250		100
		<i>Brachionus mirus</i>		50		
		<i>Keratella cochlearis</i>		500		350
Ploima		<i>Keratella tropica</i>				250
	Euchlanidae	<i>Dipleuchlanis propatula</i>				50
	Filiniidae	<i>Filinia longiseta</i>		250		
	Gastropodidae	<i>Ascomorpha sp.</i>				250
		<i>Colurella adriatica</i>				50
	Lepadellidae	<i>Lepadella patella</i>			5	
	Synchaetidae	<i>Polyarthra sp.</i>		650		700
	Trichocercidae	<i>Trichocerca sp.</i>				50

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Se verificó menor cantidad de individuos y especies de zooplancton que de fitoplancton (ver Tabla 7). En temporada de estiaje en la poza Griselda, *Ceriodaphnia cornuta* fue la especie más representativa con 125 individuos. Mientras que, se observó una disminución de especies e individuos de zooplancton en temporada lluviosa, la poza Griselda tuvo 4 especies de zooplancton, siendo la dominante en esta temporada *Filinia opoliensis brevispina* con 10 individuos.

En el caso de la poza Claudio, *Polyarthra sp.* fue la especie más abundante con 650 individuos en temporada de estiaje. De igual

manera *Polyarthra* sp. fue la especie más abundante en temporada lluviosa con 700 individuos

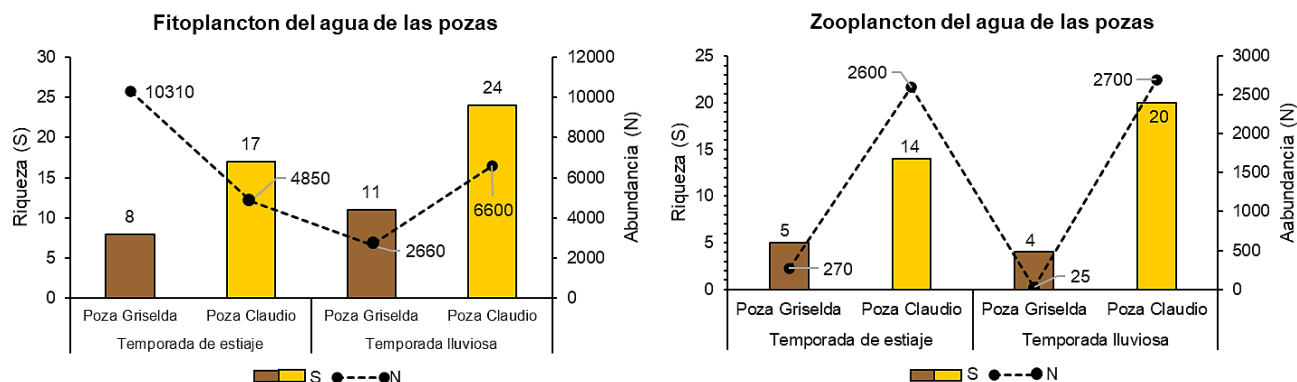


Figura 16. Riqueza y abundancia del fitoplancton y zooplancton del agua de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

En la Figura 16 se observa que en temporada lluviosa la poza Griselda presentó más riqueza de especies de fitoplancton que en temporada de estiaje, identificándose 11 especies en temporada lluviosa y 8 especies en temporada de estiaje. En la poza Claudio se observó mayor riqueza de especies de fitoplancton en temporada lluviosa que en temporada de estiaje, siendo 17 especies en temporada de estiaje y 24 especies en temporada de estiaje. La cantidad de especies de fitoplancton encontradas en la poza Claudio fue más del doble de la encontrada en la poza Griselda en ambas temporadas.

En cuanto a la abundancia de fitoplancton en la poza Griselda, se determinó que fue casi más de cuatro veces en temporada de estiaje (10.310 individuos) que en temporada lluviosa (2.660 individuos). En la poza Claudio se encontró más abundancia de fitoplancton en temporada lluviosa (6.600 individuos) que en

temporada de estiaje (4.850 individuos). Comparando las dos pozas en temporada de estiaje se observa que, la poza Griselda presentó más del doble de abundancia de fitoplancton que la poza Claudio. No obstante, en temporada lluviosa sucedió a lo inverso que, en temporada de estiaje, presentando más del doble de abundancia de fitoplancton en la poza Claudio que en la poza Griselda. Esto se debería a que según Hammond, Rosales y Ouboter (2013), los altos niveles de carga de sedimento y mayor turbidez perjudica el ingreso de luz en el agua, por lo tanto se ve afectada la radiación fotosintética activa y a la vez la diversidad del fitoplancton, que sustenta la estructura trófica del hábitat acuático.

La riqueza de especies de zooplancton en la poza Griselda fue comparable en ambas temporadas, 5 y 4 especies, temporada de estiaje y temporada lluviosa respectivamente. En la poza Claudio la riqueza de especies fue mayor en temporada lluviosa (20 especies) que en temporada de estiaje (14 especies). En temporada de estiaje la poza Claudio presentó casi más de tres veces mayor riqueza de zooplancton que la poza Griselda. Y en temporada lluviosa la poza Griselda presentó menos de cinco veces riqueza de zooplancton que la poza Claudio.

La abundancia de individuos de zooplancton en la poza Griselda fue mayor en temporada de estiaje (270 individuos) que en temporada lluviosa (25 individuos), casi once veces más. En la poza Claudio la abundancia de individuos de zooplancton fue comparable entre ambas temporadas, 2.600 individuos en temporada de estiaje y 2.700 individuos en temporada lluviosa. En temporada de estiaje la poza Claudio superó en abundancia de zooplancton a la poza Griselda, 2.600 vs 270 individuos. En temporada lluviosa la abundancia de zooplancton de la poza

Claudio fue más de cien veces superior a la encontrada en la poza Griselda.

La cantidad existente de especies e individuos de fitoplancton y zooplancton en la poza Griselda se debería al tipo de influencia que recibe en temporada lluviosa, la cual es una quebrada a diferencia de la poza Claudio, que tiene influencia del río Madre de Dios, por lo cual se puede determinar mayor riqueza de especies y abundancia de plancton en la poza Claudio.

Tabla 8. Índice de Shannon-Wiener en base al plancton del agua de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región de Madre de Dios, 2019.

Índice Shannon-Wiener	Temporada de estiaje		Temporada lluviosa	
	Poza Griselda	Poza Claudio	Poza Griselda	Poza Claudio
Valor	1,07±0,24	2,36±0,07	1,35±0,27	2,80±0,20
Interpretación	Medianamente contaminada	Ligeramente contaminada	Medianamente contaminada	Ligeramente contaminada

Fuente: Elaboración propia, 2021.

En la Tabla 8 se observa que el índice de Shannon-Wiener de las pozas evaluadas en base al plancton. En temporada de estiaje la poza Griselda presentó el más bajo índice con 1,07 con respecto a la temporada lluviosa con 1,35. En la poza Claudio en temporada lluviosa se presentó el más alto índice con 2,80; mientras que en temporada de estiaje fue 2,36. En ambas temporadas la poza Claudio presentó el doble de índice de Shannon-Wiener que la poza Griselda. Wilhm y Dorris en 1968, relacionaron los valores de índice de diversidad con la contaminación del agua, señalando que un índice de diversidad de 0 a 1 de un cuerpo de agua determina aguas fuertemente contaminadas, de 1 a 2 aguas medianamente contaminadas, de 2 a 3 aguas ligeramente contaminadas y mayor a 3 aguas limpias; indicando también que valores menores a 2 de índice presentan

baja diversidad (Dall 1995); en ese contexto se ha determinado que, la poza Griselda en temporada de estiaje y lluviosa presenta contaminación mediana y bajo nivel de diversidad; sin embargo, la poza Claudio presentó ligera contaminación en ambas temporadas del año y mediana diversidad de plancton.

4.3.2. Macroinvertebrados del agua de las pozas

Tabla 9. Taxonomía de macroinvertebrados del agua de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región de Madre de Dios, 2019.

Orden	Familia	Temporada de estiaje		Temporada lluviosa	
		Poza Griselda	Poza Claudio	Poza Griselda	Poza Claudio
Trichoptera	Polycentropodidae				2
Trombidiformes	Arrenuridae		1		12
	Baetidae			3	33
Ephemeroptera	Caenidae				33
	Polymitarcyidae		24		8
	Coenagrionidae				30
Odonata	Gomphidae	1	22		3
	Libellulidae	8	2	19	35
	Belostomatidae			18	2
	Nepidae			2	
	Notonectidae			10	
Hemiptera	Pleidae			1	
	Veliidae	1			
	Belostomatidae	6			
	Gelastocoridae	1			
	Notonectidae	12			
	Dytiscidae			2	
Coleoptera	Gyrinidae				1
	Noteridae	2			6
	Ceratopogonidae		5		
	Chaoboridae	1		3	
Diptera	Chironomidae	13	4	2	22
	Culicidae				3
	Tabanidae	1			
Decapoda	Palaemonidae	6	83	40	22
	Trichodactylidae			5	
Unionoida	Mycetopodidae		2		
Basommatophora	Planorbidae				3

Fuente: Elaboración propia, 2021.

La Tabla 9 muestra que en temporada de estiaje en la poza Griselda, las familias de macroinvertebrados más abundante fueron, Chironomidae del orden Diptera con 13 individuos y Notonectidae del orden Hemiptera con 12 individuos. En

temporada lluviosa se determinó que, en la poza Griselda las familias más predominantes de macroinvertebrados fueron, Palaemonidae del orden Decapoda con 40 individuos, Libellulidae del orden Odonata con 19 individuos y Belostomatidae del orden Hemiptera con 18 individuos.

En el caso de la poza Claudio las familias más representativas en temporada de estiaje fueron, Palaemonidae del orden Decapoda con 83 individuos, Polymitarcyidae del orden Ephemeroptera con 24 individuos y Gomphidae del orden Odonata con 22 individuos. En temporada lluviosa en la poza Claudio las familias de macroinvertebrados con mayor presencia fueron, Libellulidae del orden Odonata con 35 individuos y, Baetidae y Caenidae del orden Ephemeroptera con 33 individuos cada una de las familias.

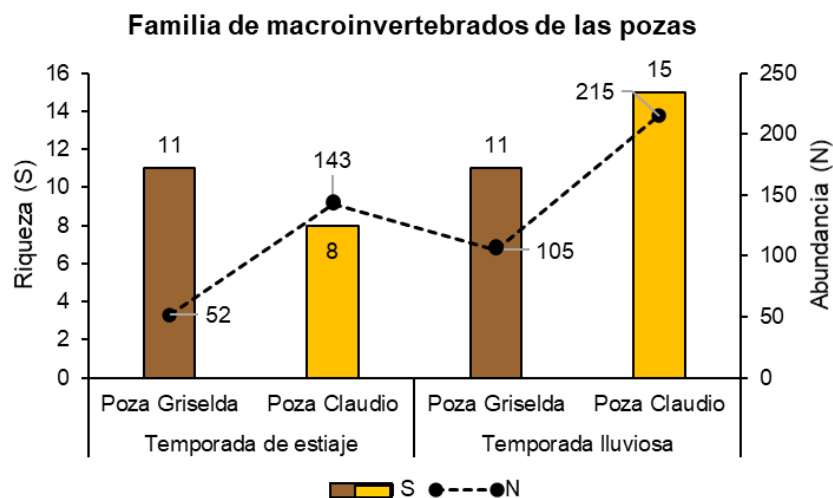


Figura 17. Riqueza y abundancia de familia de macroinvertebrados del agua de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Como se observa en la Figura 17 en temporada de estiaje y lluviosa la poza Griselda presento la misma cantidad de riqueza

de familias de macroinvertebrados bentónicos, con un total 52 individuos en temporada de estiaje y siendo el doble de individuos en temporada lluviosa con 105 individuos. Mientras tanto, la poza Claudio, presentó la menor riqueza de familias de macroinvertebrados bentónicos en temporada de estiaje (8 familias), con 143 individuos en total, y siendo casi el doble de familias en temporada lluviosa (15 familias), con 215 individuos. En temporada de estiaje se determinó mayor riqueza de familias de macroinvertebrados bentónicos en la poza Griselda que en la poza Claudio, 11 familias vs 8 familias, respectivamente; sin embargo, la abundancia de individuos de bentos en la temporada de estiaje en la poza Claudio fue más del doble de la reportada en la poza Griselda. En temporada lluviosa la riqueza de familias de bentos fue casi comparable entre ambas pozas, aun así la abundancia de individuos de bentos fue ligeramente más del doble en la poza Claudio con respecto a lo encontrado en la poza Griselda. Castellanos et al. (2017), en sistemas lénticos en Colombia, encontraron más familias de macroinvertebrados que en las pozas del presente estudio, 46 familias de macroinvertebrados, familias con alta tolerancia a condiciones extremas, como Ceratopogonidae, Chironomidae y Syrphidae, cabe indicar que los sistemas lénticos estudiados por Castellanos et al. (2017) tuvieron un área más grande que las pozas.

Tabla 10. Índice BMWP del agua de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.

Índice BMWP	Temporada de estiaje		Temporada lluviosa	
	Poza Griselda	Poza Claudio	Poza Griselda	Poza Claudio
Puntuación	26,67±17,67	27,00±8,54	43,00±19,47	76,33±7,23
Calidad	Crítica	Crítica	Dudosa	Aceptable

Fuente: Elaboración propia, 2021.

El índice BMWP se realizó de acuerdo con la suma de las puntuaciones de sensibilidad de cambios en el ambiente, asignadas a las familias de macroinvertebrados encontradas en las pozas. En temporada de estiaje, la poza Griselda tuvo un índice BMWP de 26,67 y la poza Claudio tuvo 27,00 de índice, categorizando la calidad del agua como crítica de ambas pozas. Antes bien, en temporada lluviosa aumentó el índice BMWP en ambas pozas, teniendo en la poza Griselda un índice de 43,00, categorizando la calidad del agua de la poza como dudosa y; la poza Claudio tuvo un índice de 76,33, con una calidad de agua aceptable (ver Tabla 10).

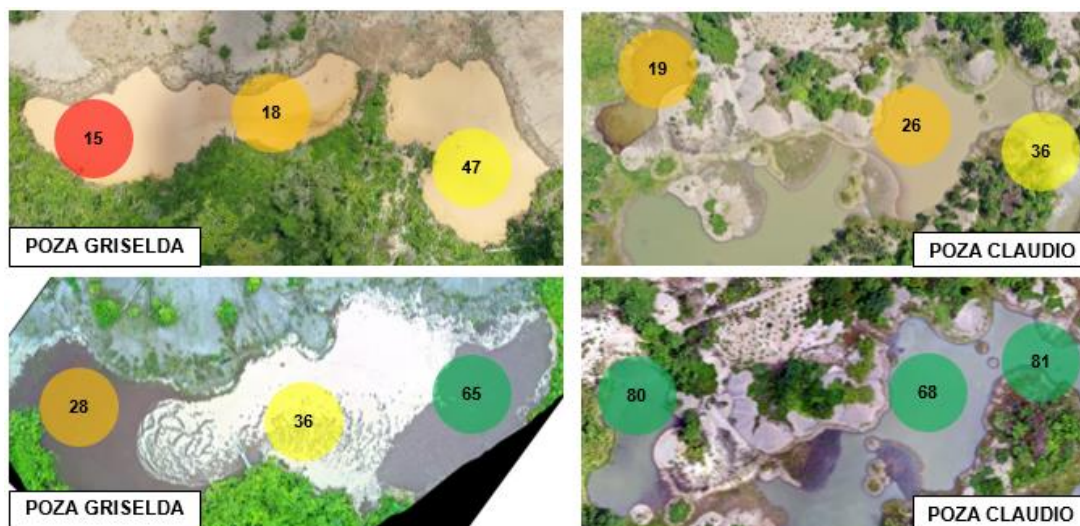


Figura 18. Índice BMWP del agua de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

En la Figura 18 se observa una mejor calidad del agua de las pozas en temporada lluviosa, de igual forma un aumento del aforo del agua de las pozas. La poza Claudio en ambas temporadas de muestreo presentó una mejor calidad del agua que la poza Griselda según el índice BMWP.

4.3.3. Ictiofauna del agua de las pozas

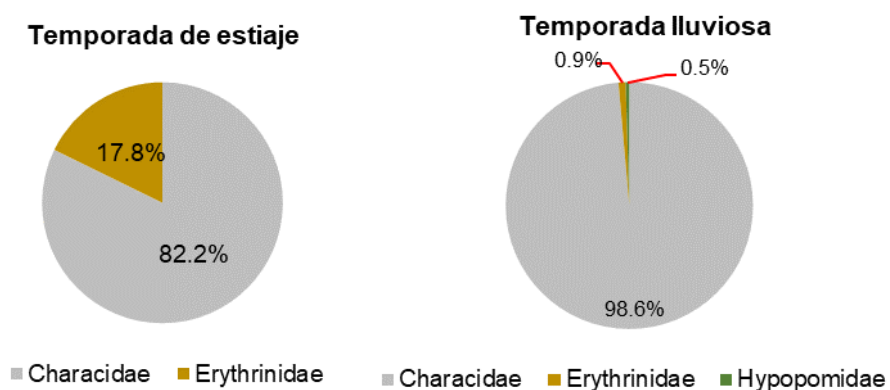


Figura 19. Composición íctica de la poza Griselda resultante de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Durante la temporada de estiaje en la poza Griselda, en la recolección de los peces se identificó 1 orden y 2 familias. Siendo la familia Characidae (82,2%) la más dominante, presentando 4 especies y 227 individuos, en esta distribución la especie más abundante es *Knodus sp.* con 208 individuos. En temporada lluviosa se encontró 2 órdenes y 3 familias, la familia Characidae representó el 98,6% en esta temporada con 6 especies y, presentándose al igual que en temporada de estiaje la especie *Knodus sp.* como la más abundante con 94 individuos. Otras familias como Erythrinidae presento una especie, *Hoplias malabaricus* con 2 individuos y, Hypopomidae con una especie *Brachyhypopomus sp.* con 1 individuo en temporada lluviosa (ver Figura 19).

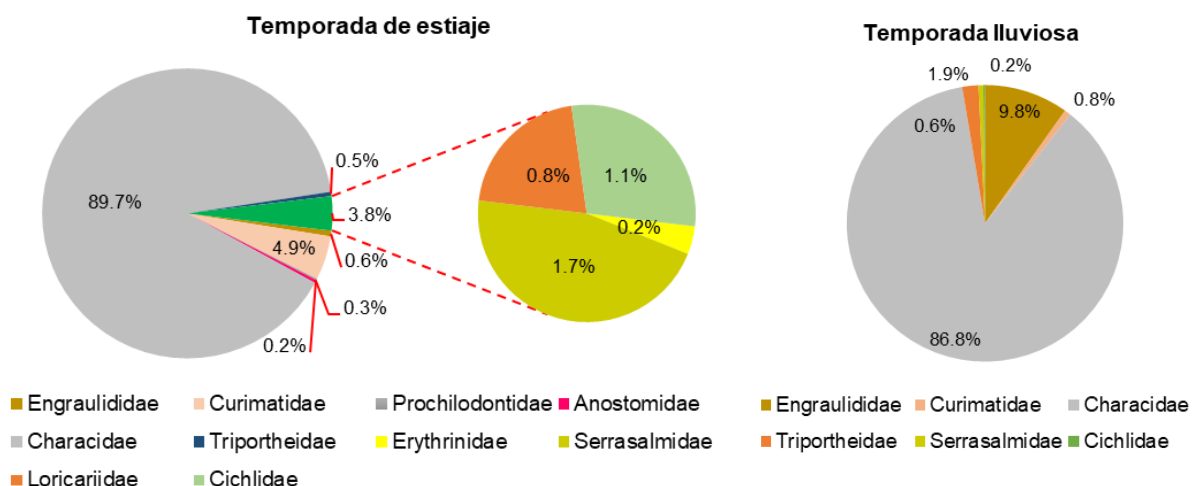


Figura 20. Composición íctica de la poza Claudio resultante de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

En la poza Claudio en temporada de estiaje se determinó 4 órdenes de peces, distribuyéndose en 10 familias. La familia Characidae (89,7%) fue la más dominante con 17 familias y 613 individuos, siendo la especie *Moenkhausia dichrourea* la más abundante con 237 individuos, seguidamente de la especie *Ctenobrycon spilurus* con 125 individuos. En temporada lluviosa en la poza se identificó 3 órdenes y 6 familias. Al igual que en la poza Griselda la familia más abundante fue Characidae representando el 86,8% en la poza con 12 especies, siendo la representante la especie *Serrapinnus aff. notomelas* con 239

individuos; seguida de las familias, Engraulidae y Triportheidae (ver Figura 20).

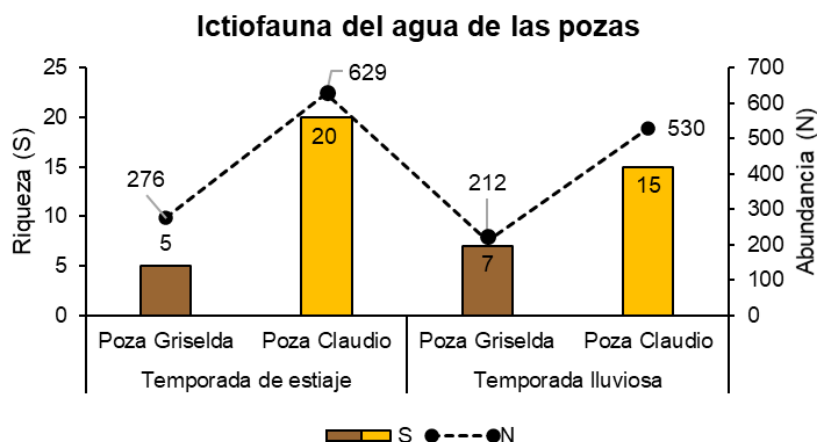


Figura 21. Riqueza y abundancia de ictiofauna de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

La Figura 21 muestra que la poza Griselda registró la mayor riqueza de especies de peces en temporada lluviosa (7 especies) que en temporada de estiaje (5 especies), siendo comparable en ambas temporadas y también en abundancia de individuos de peces (276 individuos de peces en temporada de estiaje y 212 individuos en temporada lluviosa). Asimismo, la ictiofauna en la poza Claudio en ambas temporadas fue comparable, 20 especies en temporada de estiaje y 15 especies de peces en temporada lluviosa, 629 individuos en temporada de estiaje y 530 individuos en temporada lluviosa.

En temporada de estiaje la poza Claudio presentó cuatro veces más especies de peces que la poza Griselda, 20 especies vs 5 especies y; más del doble de abundancia de peces, 629 individuos en poza Claudio y 276 individuos de peces en poza Griselda. De manera similar, en temporada lluviosa la poza

Claudio tuvo mayor riqueza de especies que la poza Griselda, siendo considerada más del doble, 7 y 15 especies de peces en poza Griselda y Claudio, respectivamente. Además de mayor abundancia de peces en temporada lluviosa en la poza Claudio que en la poza Griselda (más del doble), 212 individuos de peces en poza Griselda y 530 individuos en la poza Claudio.

Tabla 11. Índice de Shannon-Wiener en base a la ictiofauna del agua de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región de Madre de Dios, 2019.

Índice Shannon-Wiener	Temporada de estiaje		Temporada lluviosa	
	Poza Griselda	Poza Claudio	Poza Griselda	Poza Claudio
Valor	0,75	2,04	1,53	1,50
Interpretación	Fuertemente contaminada	Ligeramente contaminada	Medianamente contaminada	Medianamente contaminada

Fuente: Elaboración propia, 2021.

En la Tabla 11 se observa el índice de Shannon-Wiener de las pozas evaluadas en base a la ictiofauna. En temporada de estiaje la poza Griselda, presentó el más bajo índice, con 0,75 y la poza Claudio con 2,04. En temporada lluviosa, el menor índice se presentó en la poza Claudio, 1,50 y la poza Griselda con 1,53. En base a la interpretación del índice de Shannon-Wiener de Wilhm y Dorris en 1968 (Dall 1995), se determinó que la poza Griselda presentó fuerte contaminación y ligera contaminación en la poza Claudio. En temporada lluviosa, las pozas presentaron mediana contaminación. Asimismo, Dall (1995) señala que valores inferiores a 2 del índice de Shannon-Wiener, indica baja diversidad, observándose solo en temporada de estiaje en la poza Griselda y en temporada lluviosa en ambas pozas.

4.4. Calidad del sedimento de las pozas

Tabla 12. Parámetros fisicoquímicos del sedimento de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.

Parámetro	Temporada de Estiaje		Temporada lluviosa	
	Poza Griselda	Poza Claudio	Poza Griselda	Poza Claudio
Arena (%)	10,50±0,50	36,20±31,22	12,67±1,15	75,33±34,08
Arcilla (%)	73,67±1,15	44,07±28,73	73,43±2,55	17,13±24,48
Limo (%)	15,83±1,26	19,73±9,11	13,90±3,69	7,53±9,69
Clase textural	Arcilloso	Arcilloso	Arcilloso	Franco arenoso
pH	5,69±0,23	4,97±0,19	5,41±0,33	5,51±0,22
C.E. (µS/cm)	112,07±82,30	274,33±102,01	99,60±30,93	179,92±188,00
M.O. (%)	1,37±1,01	3,68±2,11	1,16±0,38	0,89±0,66

Fuente: Elaboración propia, 2021.

En la Tabla 12 se observa que, en temporada de estiaje y lluviosa la poza Griselda tuvo un sedimento de tipo arcilloso; en temporada de estiaje tuvo un porcentaje de arena de 10,50%, 73,67% de arcilla y 15,83% de limo; y en temporada lluviosa tuvo 12,67% de arena, 73,43% de arcilla y 13,90% de limo. La poza Claudio tuvo un tipo de sedimento arcilloso en temporada de estiaje y franco arenoso en temporada lluviosa; compuesto de 36,20% de arena, 44,07% de arcilla y 19,73% de limo en temporada de estiaje y; 75,33% de arena, 17,13% de arcilla y 7,53% de limo en temporada lluviosa. El pH del sedimento en temporada de estiaje en la poza Griselda fue 5,69 y en la poza Claudio fue 4,77. En temporada lluviosa, el pH del sedimento de la poza Griselda fue 5,41 y de la poza Claudio fue 5,51, aumentando ligeramente. La conductividad eléctrica del sedimento fue mayor en la poza Claudio en ambas temporadas del año, en temporada de estiaje 274,33 µS/cm y en temporada lluviosa 179,92 µS/cm. El contenido de materia orgánica en el sedimento en temporada de estiaje fue mayor en la poza Claudio, con 3,68%; mientras que la poza Griselda tuvo 1,37%. En temporada lluviosa el contenido de materia orgánica fue mayor en la poza Griselda, siendo 1,16% y en la poza Claudio 0,89%.

Tabla 13. Metales pesados del sedimento de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.

Parámetro	Temporada de Estiaje		Temporada lluviosa		CEQG
	Poza Griselda	Poza Claudio	Poza Griselda	Poza Claudio	
Arsénico (mg As/kg MS)	9,93±1,33	11,70±5,91	5,47±0,58	8,83±4,80	5,90
Cadmio (mg Cd/kg MS)	0,12±0,02	0,14±0,08	4,78±0,12	4,48±1,56	0,60
Cobre (mg Cu/kg MS)	31,20±2,04	37,90±16,46	36,33±1,57	36,20±17,07	35,7
Cromo (mg Cr/kg MS)	27,27±1,33	24,93±6,58	23,01±0,49	18,91±5,86	37,3
Mercurio (mg Hg/kg MS)	<0,10	0,10±0,00	<0,10	<0,10	0,17
Níquel (mg Ni/kg MS)	27,87±1,98	27,64±7,51	23,02±0,45	20,65±5,93	-
Plomo (mg Pb/kg MS)	18,43±3,67	18,97±10,26	13,05±0,86	14,28±5,81	35,00
Zinc (mg Zn/kg MS)	74,33±2,23	69,47±19,33	70,37±0,85	58,00±17,41	123,00

Fuente: Elaboración propia, 2021.

En la Tabla 13 se presentan las concentraciones de metales pesados del sedimento de dos pozas formadas por la actividad minera aurífera aluvial. Se determinó mayor presencia de arsénico en la poza Claudio, 11,70 mg As/kg MS en temporada de estiaje y 8,83 mg As/kg MS en temporada lluviosa (Figura 22), la concentración de arsénico de la pozas evaluadas fue mayor con respecto al estudio realizado por Quispe Aquino (2015), en pozas mineras en el sector Tres Islas. La concentración de cadmio fue mayor en la poza Griselda en temporada lluviosa, con 4,78 mg Cd/kg MS, seguido por la poza Claudio en esa misma temporada con 4,48 mg Cd/kg MS (Figura 23). El cobre presente en el sedimento de las pozas se presentó en mayor cantidad en la poza Griselda en temporada lluviosa, 36, 33 mg Cu/kg MS; paralelamente, en la poza Claudio se presentó 36,20 mg Cu/kg MS. La cantidad de cromo en ambas pozas fue mayor en temporada de estiaje, siendo mayor en la poza Griselda con 27,27 mg Cr/kg MS y en menor cantidad en la poza Claudio con 24,93 mg Cr/kg MS. Cabe indicar que, la concentración de mercurio en ambas pozas fue muy baja y, además, no se detectó por el método de medición en temporada lluviosa y en temporada de estiaje en la poza Griselda, solo se determinó su presencia en la poza Claudio en temporada de estiaje con 0,10 mg Hg/kg MS; de manera similar, en el

sector de Tres Islas de la región de Madre de Dios en la evaluación de metales pesados en pozas, se determinó cantidades de mercurio menor de 0,10 mg Hg/kg MS (Quispe 2015). Los valores de níquel fueron mayores en temporada de estiaje de ambas pozas, mayor en la poza Griselda con 27,87 mg Ni/kg MS y en la poza Claudio 27,64 mg Ni/kg MS. El plomo presente en el sedimento de las pozas se presentó en mayor cantidad en temporada de estiaje, 18,97 mg Pb/kg MS en la poza Claudio y 18,43 mg Pb/kg MS en la poza Griselda (Figura 24). Por último, en temporada de estiaje fue mayor la cantidad de zinc, en la poza Claudio 69,47 mg Zn/kg MS y en la poza Griselda 74,33 mg Zn/kg MS. Cabe indicar que, metales pesados, como el arsénico, el cadmio, el plomo y otros metales, se encuentran en la naturaleza en trazas pequeñas y estos aumentan por la remoción del suelo o por la adición de insumos químicos (Hammond, Rosales y Ouboter 2013).

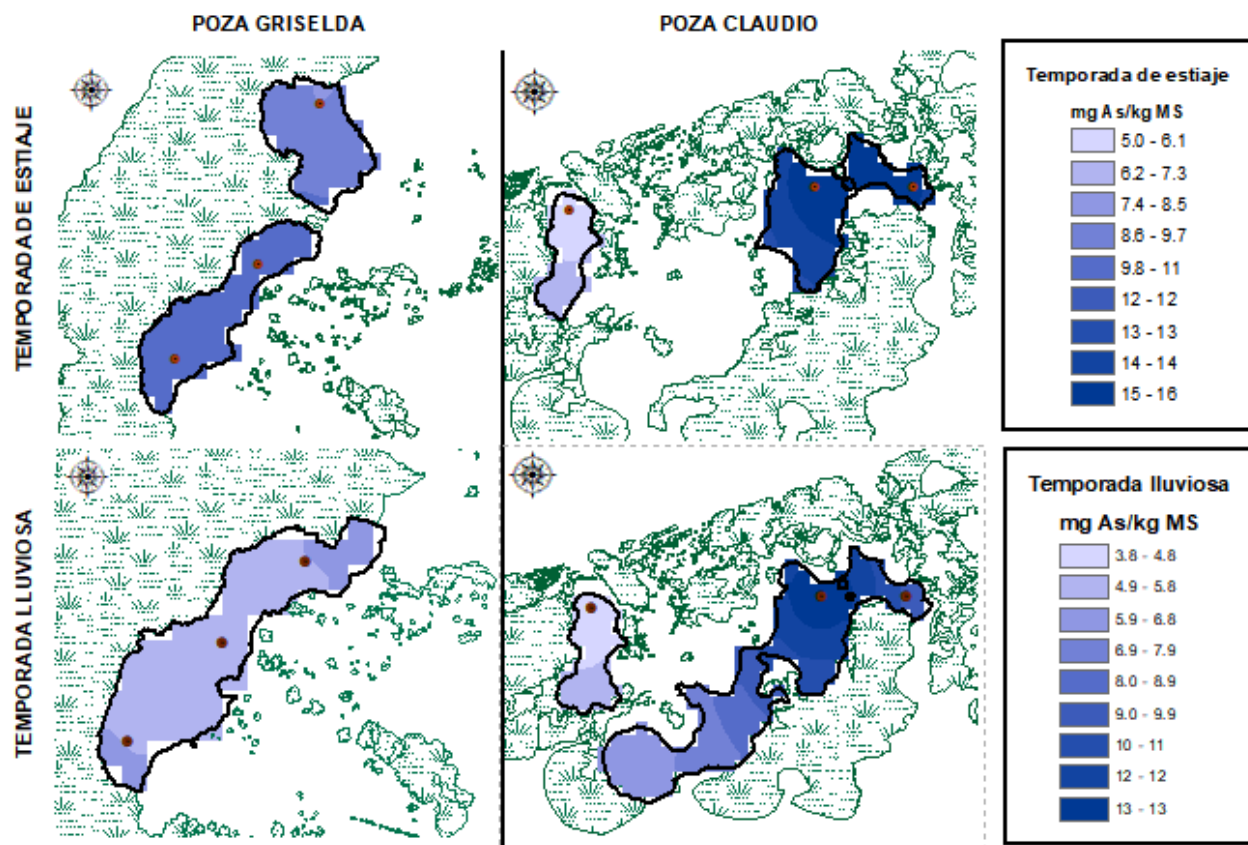


Figura 22. Interpolación temporal del arsénico en el sedimento de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

En la Figura 22 se observa que la poza Griselda en temporada de estiaje la mayor concentración de arsénico se encontró en el segundo y tercer punto de muestreo; es decir, región central y salida del agua de la poza. Mientras que en temporada lluviosa la mayor concentración de arsénico se pudo determinar los bordes de la poza Griselda. En la poza Claudio de la misma forma que en la poza Griselda la mayor concentración de arsénico se encontró en la región central y salida de la poza. En temporada lluviosa en la poza Claudio la mayor concentración se encontró en la región central de la poza seguida por la región de los bordes de la poza. En datos no publicados de estudios de metales pesados en el suelo de la comunidad nativa San Jacinto se encontró que en bosque de referencia la concentración de arsénico es comparable con

la cantidad más baja en las pozas; 5,50 mg As/kg MS en suelo de bosque de referencia y 5,47 mg As/kg MS en el sedimento de la poza Griselda en temporada lluviosa; asimismo, siendo esta concentración del sedimento de la poza Griselda más de seis mayor a lo encontrado en áreas degradadas por la minería aurífera cercanas a las pozas, 0,90 mg As/kg MS, lo cual nos indicaría dos posibles fuentes para metales pesados en las pozas, ingreso de las crecientes (fuente exógena) de las fuentes de influencias para cada poza y propias de los cuerpos de agua (fuentes endógenas) que fueron expuestas por la remoción para extracción del material aurífero.

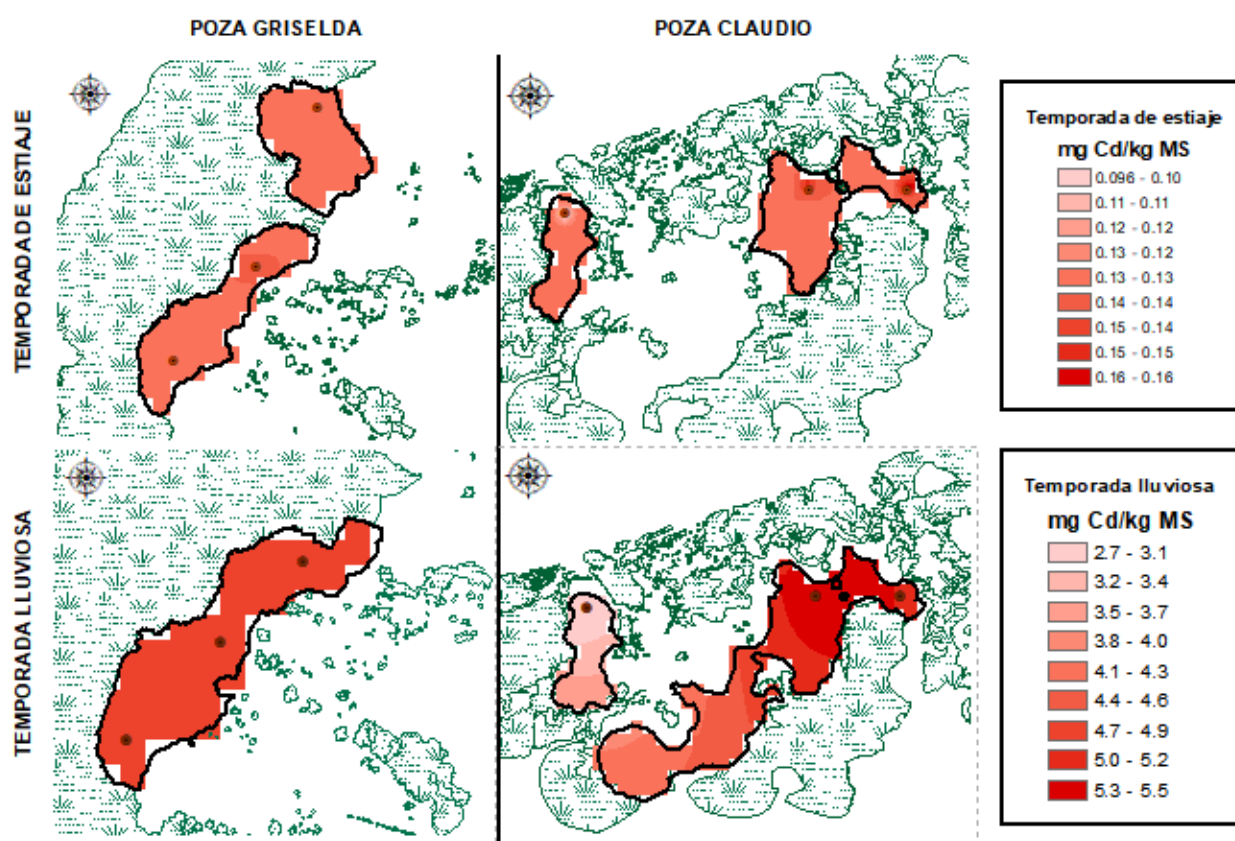


Figura 23. Interpolación temporal del cadmio en el sedimento de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

La Figura 23 muestra que la poza Griselda en temporada de estiaje la mayor concentración de cadmio se determinó en el centro de la poza; sin embargo, en temporada lluviosa el cadmio se encontró comparable en la región de los bordes y medio de la poza Griselda. En la poza Claudio la mayor concentración de cadmio se encontró en la región central y salida de la poza en temporada de estiaje. En temporada lluviosa en la poza Claudio se encontró la mayor concentración de cadmio en el centro y salida de la poza, aunque en mayor concentración en temporada lluviosa que en temporada de estiaje. El contenido de cadmio en las dos pozas en temporada de estiaje fue más de diez veces menos que un área descubierta por la minería aurífera (1,56 mg Cd/kg MS); sin embargo, la concentración de cadmio en las pozas en temporada lluviosa fue cinco veces más alta que un área descubierta por la minería aurífera. La concentración de cadmio en el suelo de bosque de referencia (4,94 mg Cd/ kg MS) fue cerca de cuarenta veces más alta que en el sedimento de las pozas en temporada de estiaje; mientras que, en temporada lluviosa la concentración de cadmio de las pozas fue comparable con la reportada en bosque de referencia. Por lo tanto, la concentración de cadmio aumentaría en las pozas en temporada lluviosa por fuentes externas que ingresan a las pozas durante las inundaciones y el arrastre de aguas arriba en cada poza; no obstante, la concentración de cadmio en temporada de estiaje en las pozas nos indicaría que el cadmio se encontraría en estos cuerpos de agua en pequeñas trazas y formaría parte de su composición.

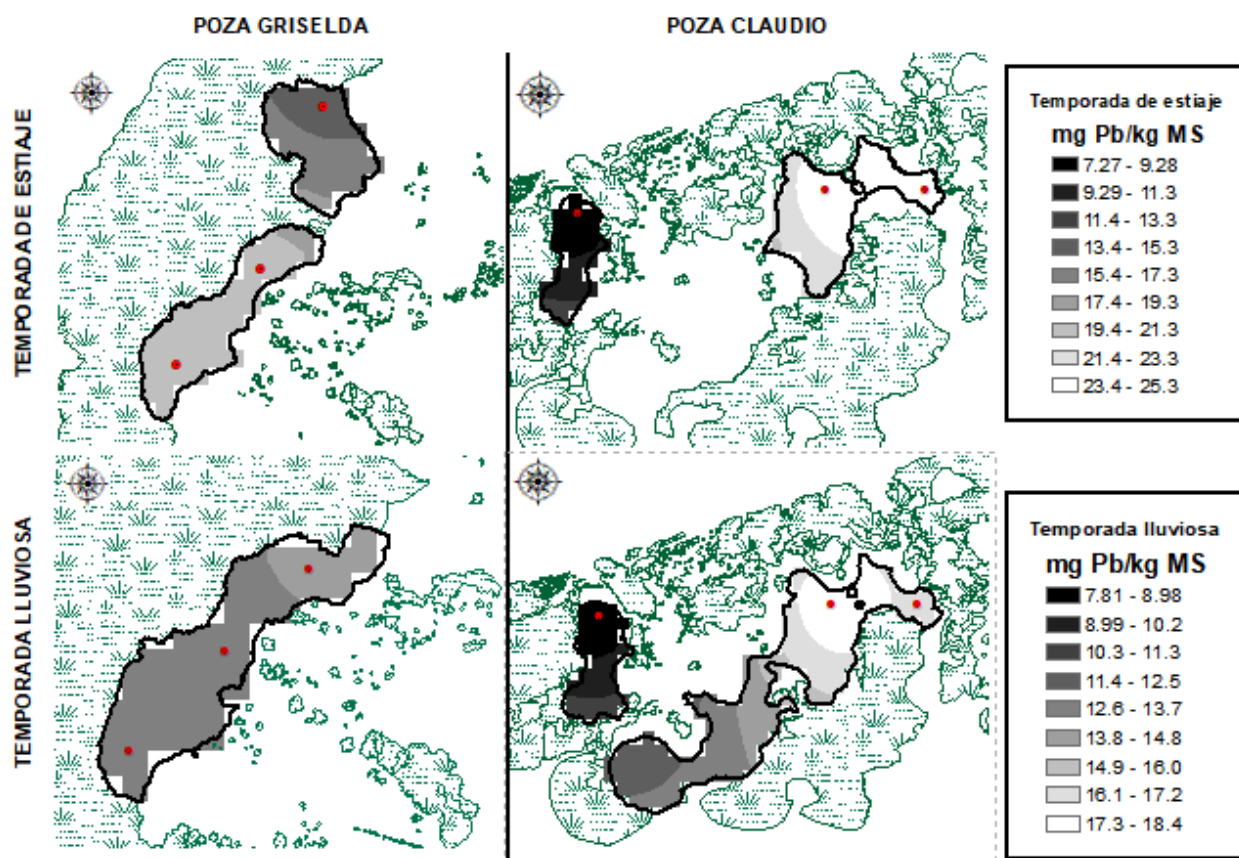


Figura 24. Interpolación temporal del plomo en el sedimento de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

En la Figura 24 se observa que la poza Griselda en temporada de estiaje la mayor concentración de plomo se encontró en la región central y salida del agua de la poza. Sin embargo, en temporada lluviosa la mayor concentración de plomo se determinó en la zona de ingreso de agua de otras fuentes hacia la poza Griselda. En la poza Claudio la mayor concentración de plomo se encontró en la región central y salida de la poza. De la misma forma, en temporada lluviosa en la poza Claudio la mayor concentración se encontró en la región central de la poza seguida por la salida del agua de la poza.

Las concentraciones de plomo en las pozas Griselda y Claudio son comparables en la temporada de estiaje (18,43 mg Pb/kg MS vs 18,97 mg Pb/kg MS) y lluviosa (13,05 mg Pb/kg MS vs 14,28 mg Pb/kg MS) siendo ligeramente superior en temporada de estiaje en ambas pozas. En temporada de estiaje aparente se encontraría mayores valores de plomo que en temporada lluviosa; sin embargo, esto se debería a la evaporización (disminución) del volumen de agua en las pozas en temporada de estiaje conllevando a un aparente incremento en la concentración del plomo. A pesar de que a las pozas confluyen diferentes fuentes de agua (quebrada, para Griselda, y río, para Claudio), la concentración de plomo en temporada lluviosa en las pozas es comparable, lo cual estaría relacionado con la turbulencia del volumen del agua al ingresar a las pozas, como al desfogue del agua en el caso de la poza Claudio a diferencia de la poza Griselda que no tiene desfogue.

En datos no publicados de estudios de metales pesados en el suelo de la comunidad nativa San Jacinto se encontró que en bosque de referencia la concentración de plomo es comparable con los valores de plomo encontrados en las pozas en temporada lluviosa (11,59 mg Pb/kg MS vs 13,05 mg Pb/kg MS en poza Griselda y 14,28 mg Pb/kg MS en poza Claudio) siendo estos valores cerca de cuatro veces mayor al encontrado en áreas degradadas por la minería aurífera cercanas a las pozas (3,84 mg Pb/kg MS), lo cual indicaría dos posibles fuentes para metales pesados en las pozas, ingreso del metal pesado a través de los cuerpos de agua que confluyen a las pozas (quebrada/río), o incremento del metal pesado por remoción del material debido a la actividad minera aurífera.

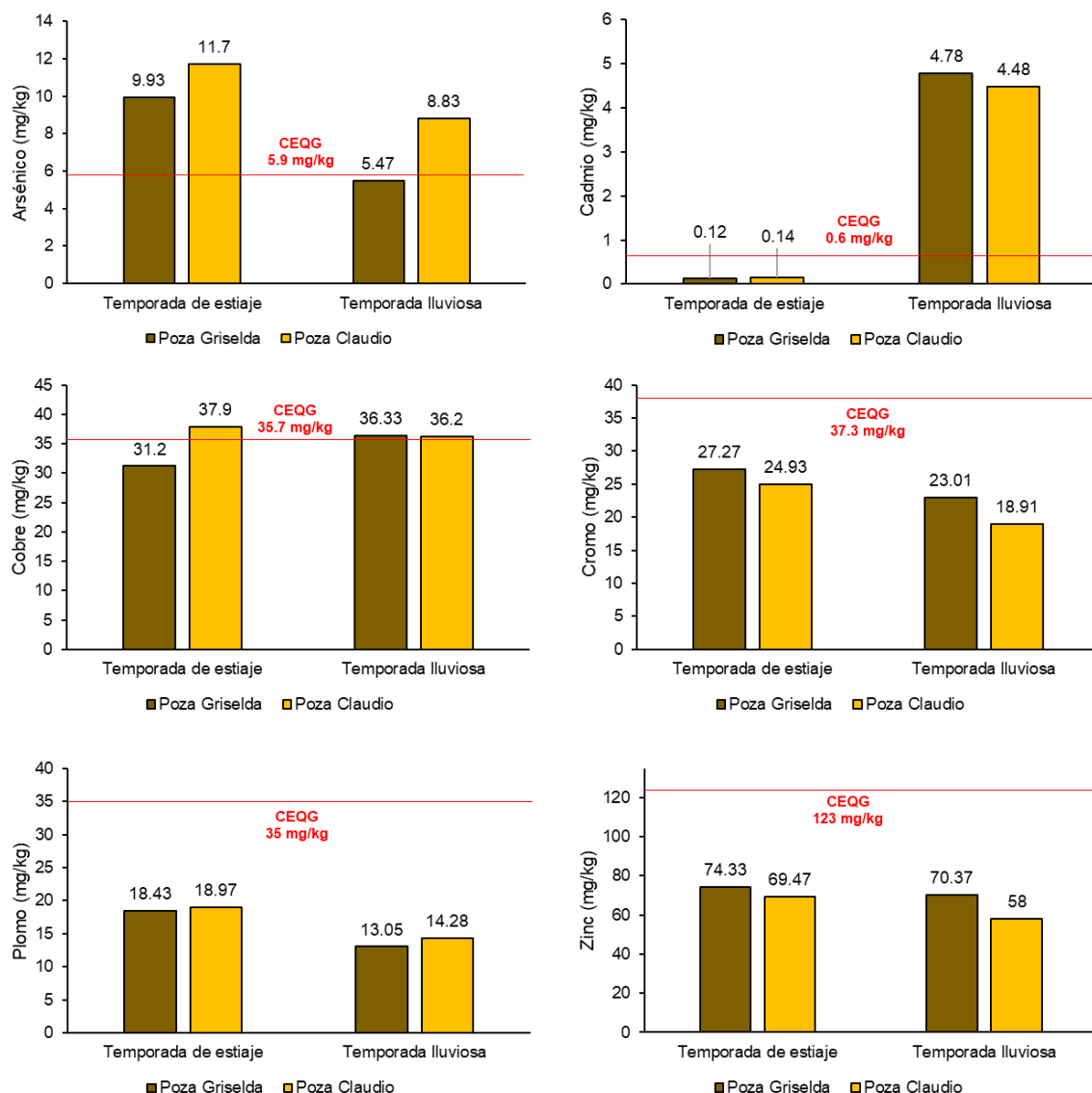


Figura 25. Metales pesados del sedimento de dos pozas resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

En la Figura 25 se observa que la proporción de metales pesados es comparable entre ambas pozas en las dos temporadas, siendo ligeramente mayor en algunos casos en la poza Claudio que en la poza Griselda y viceversa. Los metales pesados que no perjudicarían al desarrollo de la vida acuática en ambas temporadas en las pozas son el cromo, plomo y zinc, dado que se encuentran por muy debajo del valor

guía interino de la calidad de sedimento de la Guía de Calidad Ambiental Canadiense – sedimentos de cuerpos de agua continental.

De otro lado, el arsénico en las pozas en temporada de estiaje y solo en la poza Claudio en temporada lluviosa, supera el valor interino de la CEQG y perjudicaría al desarrollo de la vida acuática, siendo más predominante en la poza Claudio. El cadmio es ínfimo en ambas pozas en temporada de estiaje; sin embargo, siendo casi cincuenta veces más en temporada lluviosa superando el valor interino del CEQG por lo que sería perjudicial para la vida acuática. Este incremento en las concentraciones de cadmio se debería a fuentes externas como el ingreso de aguas en temporada de inundación. El cobre solo en temporada de estiaje en la poza Griselda no ocasionaría efectos adversos al desarrollo de la vida acuática.

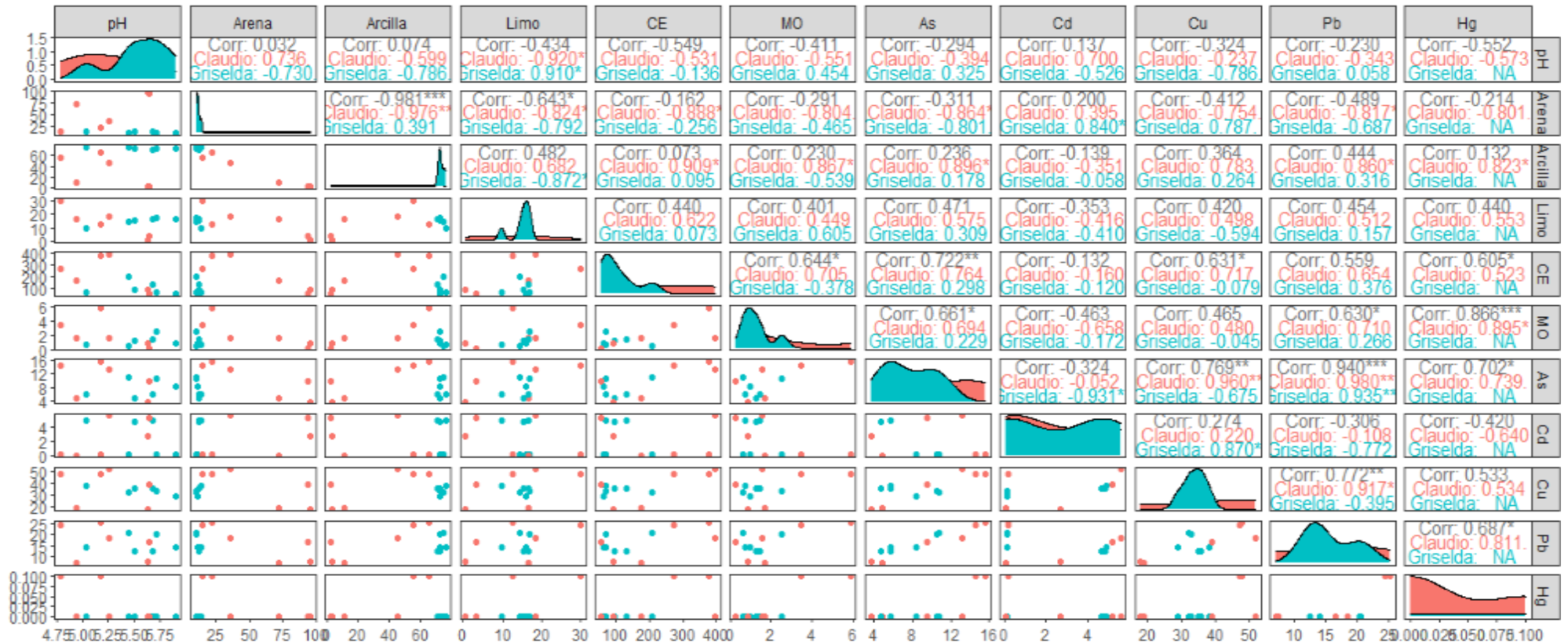


Figura 26. Correlación de Spearman entre los parámetros fisicoquímicos del sedimento de dos pozos resultantes de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, región Madre de Dios, 2019.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Se determinó una correlación inversa significativa de la conductividad eléctrica con la arena en la poza Claudio; mientras que en la poza Griselda fue inversa pero no significativa; es decir, en el caso de la poza Claudio si el contenido de arena aumentaría en el sedimento, el valor de la conductividad eléctrica disminuiría en la poza.

El cadmio presentó una correlación directa significativa con el contenido de arena en la poza Griselda; mientras que en la poza Claudio la correlación fue correlación directa pero no significativa. Por lo tanto, si en la poza Griselda el incremento del contenido de arena en la poza aumentaría la concentración de cadmio en el sedimento de la poza, lo que sucedería por el arrastre de sedimentos de zonas altas a la poza. El plomo presentó una correlación inversa significativa con la arena en la poza Claudio y en la poza Griselda también inversa pero no significativa, por lo tanto, en la poza Claudio a mayor contenido de arena en el sedimento se encontraría bajas concentraciones de plomo en la poza.

Por otro lado, se determinó una correlación inversa significativa del cadmio con el arsénico en la poza Griselda y en la poza Claudio inversa pero no significativa, por lo que se podría señalar que a mayor concentración de arsénico en el sedimento de la poza Griselda habría menor concentración de cadmio. El cobre presentó una correlación directa significativa en la poza Claudio para arsénico, e inversa pero no significativa en la poza Griselda, respectivamente; en consecuencia, se estima que a mayor concentración de cobre también habría mayor concentración de arsénico en la poza Claudio siendo lo contrario en la poza Griselda.

El plomo con el arsénico presentó una correlación directa significativa en las dos pozas; por lo que a medida que se encuentre más plomo también se encontraría más arsénico en el sedimento de las pozas. Se encontró en la poza Griselda una correlación directa y significativa entre el cobre y el cadmio, sin embargo, en la poza Claudio si bien la correlación fue directa, ella fue no significativa. El plomo tuvo una correlación positiva significativa con el cobre

en el sedimento de la poza Claudio, mientras que en la poza Griselda esta correlación fue inversa y no significativa, por lo que se encontraría altas concentraciones de plomo si las concentraciones de cobre en la poza Claudio también son altas (ver Figura 26).

CONCLUSIONES

La calidad fisicoquímica del agua de la poza Griselda estuvo por encima de los ECA; de igual manera, sucedió para la poza Claudio, coincidiendo con la aceptación de esta hipótesis en ambas pozas: los indicadores fisicoquímicos evaluados se encontraron en niveles de contaminación.

La calidad microbiológica del agua de la poza Griselda estuvo por encima de los valores de los ECA en temporada de estiaje y lluviosa, por lo tanto, se acepta la hipótesis para la poza Griselda, la cual fue comparable entre sí en ambas temporadas. En cambio, en la poza Claudio en temporada de estiaje y lluviosa la calidad microbiológica fue significativamente diferente, estando por encima de los ECA y siendo más de veinte veces mayor la cantidad de coliformes termotolerantes en temporada de estiaje que en temporada lluviosa; por ello, se acepta la hipótesis para la poza Claudio. Las pozas podrían presentar contaminación de origen fecal por uso distante dado que, en temporada lluviosa se transportaría hacia zona baja aguas residuales domésticas de campamentos mineros.

La calidad ecológica del agua de la poza Griselda fue medianamente contaminada en temporada de estiaje y lluviosa según el índice de Shannon-Wiener; fue fuerte y medianamente contaminada, en temporada de estiaje y lluviosa, respectivamente según el índice de Shannon-Wiener para peces; fue crítica en temporada de estiaje y dudosa en temporada lluviosa según el índice BMWP, índices establecidos a nivel mundial, aceptándose esta hipótesis, siendo comparable en ambas temporadas. Mientras que, en la poza Claudio la calidad ecológica del agua fue ligeramente contaminada para ambas temporadas según el índice de Shannon-Wiener para plancton, ligeramente contaminada en temporada de estiaje y medianamente contaminada en temporada lluviosa según el índice de Shannon-Wiener para peces; crítica en temporada de estiaje y dudosa en temporada lluviosa según el índice BMWP, aceptándose esta hipótesis para el índice de Shannon-Wiener y solo en temporada de estiaje para el índice BMWP. En ambas pozas la calidad

ecológica se ha visto afectada, debido a que los macroinvertebrados bentónicos y el plancton de ambas pozas se encontrarían en estrés por las condiciones del agua. Además, se encontró mayor cantidad de especies tolerantes que viven en condiciones desfavorables.

Finalmente, la calidad del sedimento de la poza Griselda resultante de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad nativa San Jacinto, supera los valores interinos establecidos en CEDQG, por lo tanto, se acepta esta hipótesis, encontrándose contaminación de metales pesados. Asimismo, en la poza Claudio la calidad del sedimento se encontró por encima de los valores interinos establecidos en CEDQG, lo cual también estaría asociado con contaminación de metales pesados en el sedimento de la poza, por ello se acepta esta hipótesis para la poza Claudio.

RECOMENDACIONES

1. A la Autoridad Local del Agua en Madre de Dios

- Realizar monitoreos de la calidad ambiental de las pozas resultantes de la minería aurífera aluvial en la región de Madre de Dios. Ante la gran cantidad de pozas formadas por la minería aurífera se debería manejar una base de datos sobre la calidad del agua de estos cuerpos en diferentes sitios de la región, para que sea utilizada por otras instituciones para destinar su uso.

2. A la Dirección Regional de Comercio Exterior y Turismo (DIRCETUR) en Madre de Dios

- Utilizar pozas con dos años a más de abandono para realizar posibles actividades de recreación como pesca recreativa, paseo en botes y avistamiento de fauna silvestre, dado que se ha visto alrededor y dentro de las pozas mucha fauna silvestre. Esto podría ser una posible fuente de ingreso económico para muchas familias (comunidades indígenas y centros poblados), además de convertirse en un nuevo corredor turístico en la región.
- Elaborar un mapa de las pozas con mayor potencial para el turismo, en el cual, y previamente a un inventario biológico del área para determinar qué animales silvestres se encuentra en cada una de las pozas, se podría caracterizar por sitios la predominancia de una especie y cuáles serían las especies posibles que se podrían observar durante la visita a las pozas. Con ello se podría formar un paquete turístico para que los turistas nacionales y extranjeros puedan seleccionar a qué pozas desean visitar, sin dejar de lado la inversión en las pozas para el enriquecimiento ambiental para asegurar un mayor arribo y avistamiento de aves, mamíferos y reptiles.

- Tomar en cuenta realizar inversiones económicas en las pozas con mayor potencial turístico para realizar parques temáticos, con el fin de diversificar la oferta turística en la región de Madre de Dios. Categorizar las pozas para avistamiento de aves, mamíferos y reptiles.

3. A la Dirección Regional de la Producción (DIREPRO) en Madre de Dios

- Considerar a partir de dos años realizar inversión en pozas abandonadas por la minería aurífera aluvial para dar un valor agregado a esta gran cantidad de cuerpos artificiales de agua en la región. Una opción sería la crianza de peces en jaulas flotantes en las pozas, para evitar que los peces estén en contacto con el sedimento que podría contener altas concentraciones de metales pesados. Por ejemplo, según las condiciones fisicoquímicas, microbiológicas y ecológicas, la poza Claudio se podría convertir en un activo ambiental para piscicultura, realizando previamente una mejora de la calidad de la poza.

4. A la Gerencia Regional de recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente en Madre de Dios

- Realizar reforestación de los bordes de las pozas para mantener un ambiente fresco, disminuir la erosión del suelo de las partes ribereñas y disminuir el ingreso de nuevo sedimento a las pozas. El ingreso de sólidos a las pozas en temporada lluviosa podría aumentar las concentraciones de ciertos parámetros fisicoquímicos que podrían convertirse en agentes peligrosos para la vida acuática en las pozas, por lo que la reforestación podría ser un cerco vivo para la disminución de los nuevos sedimentos que se incorporen a las pozas por las constantes precipitaciones.
- Tener en cuenta el uso de los fangos de las pozas con buen contenido de materia orgánica para enmiendas en actividades de reforestación. Realizar una enmienda ayuda a mejorar las condiciones limitantes de

fertilidad que se tiene en el suelo; esto mejoraría el estado de salud de los plántones forestales e incrementaría el desarrollo de las plantas que crecen en un terreno con limitados nutrientes; además, de ser más económico el uso de fangos de las pozas que traer otras enmiendas de las ciudades por el alto costo de traslado.

- Examinar el uso del agua de las pozas para implementar sistemas de riego en áreas de reforestación cercanas a las pozas, lo cual podría ayudar a incrementar el crecimiento de las plantas en menos tiempo a comparación de las plantas que crecen en seco, logrando así una mayor supervivencia y vigorosidad de las plantas sembradas.

5. Para la Dirección Regional de Comercio Exterior y Turismo (DIRCETUR), Dirección Regional de la Producción (DIREPRO) y Gerencia Regional de recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente en Madre de Dios

- Realizar un tratamiento para mejorar la calidad del agua de las pozas para su uso en piscicultura y riego para cultivos agrícolas. Considerar el uso de algas y plantas acuáticas fitoremediadoras nativas de la zona para extraer el exceso de metales pesados y otros contaminantes en las pozas.
- Considerar el cultivo controlado de *Lemna minor*, *Eichhornia crassipes* y *Pistia stratiotes*, evitando que cubran todo el espejo del agua en las pozas abandonadas recientemente por la minería aurífera aluvial para disminución de la turbidez del agua, y extracción de excedentes de nitritos, nitratos, fosfatos y otros contaminantes del agua que favorecen la eutrofización del cuerpo de agua.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEVEDO, C., ACEVEDO, O., ACEVEDO, J., ARROYO, E., CARBALLO, K., MASÍS, K., MATAMOROS, L., MATTUS, M., RAMÍREZ, E., RAMÍREZ, S., RODRÍGUEZ, D., SALAZAR, A., SALAZAR, K. y SALAZAR, S., 2013. *Utilización del índice BMWP'-CR PARA análisis de la calidad del agua en quebrada Barro, Montecillos durante el año 2013* [en línea]. S.l.: Colegio Gregorio José Ramírez Castro. Disponible en: <http://www.fod.ac.cr/globe/wp-content/uploads/2014/03/Colegio-Gregorio-José-Ramírez-Castro-GLOBE-2013.pdf>.

ALBA, J., PARDO, I., PRAT, N. y PUJANTE, A., 2005. *Metodología para el establecimiento el Estado Ecológico según la Directiva MARCO del Agua. Protocolos de muestreo y análisis para INVERTEBRADOS BENTONICOS* [en línea]. Barcelona: Confederación Hidrográfica del Ebro. Disponible en: studios/indicadoresbiologicos/Manual_bentonicos.pdf.

ALBA TERCEDOR, J., 1996. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. *Calidad del agua de las quebradas La Cristalina Y La Risaralda, San Luis, Antioquia*. IV Simposi. Andalucía: Universidad de Granada, ISBN 84-7840-262-4.

ÁLVAREZ, L., 2006. Metodología para la utilización de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. *Calidad del agua de las quebradas La Cristalina Y La Risaralda, San Luis, Antioquia*. S.l.: Instituto Alexander von Humboldt,

ANA (AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA), 2016. *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales*. 2016. Perú: s.n. Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA.

ANA (AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA), 2017. Metodología para la Determinación del Índice de Calidad de Agua de los Recursos Hídricos superficiales en el Perú (ICA-PE). . Lima:

ANIM-GYAMPO, M., BERDIE, B.S., BESSAH, E. y AGODZO, S.K., 2021. Effects of Illegal Artisanal Gold Mining Operations on Groundwater Quality in Ghana: The Case of Ahafo-Ano South District. En: D. DUNEA (ed.), *Water Quality - Factors and Impacts*. London, United Kingdom: Water Quality - Factors and Impacts,

APHA (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION), AWWA (AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION) y WEF (WATER ENVIRONMENT FEDERATION), 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21ed. New York: s.n.

ARAÚJO-FLORES, J., GARATE-QUISPE, J., GARCÍA, J., PILLACA-ORTIZ, J., CABALLERO-ESPEJO, J., ASCORRA, C., SILMAN, M. y FERNANDEZ, L., 2021. Seasonality and aquatic metacommunity assemblage in three abandoned gold mining ponds in the southwestern Amazon, Madre de Dios (Peru). *Ecological Indicators* [en línea], vol. 125, pp. 107455. ISSN 1470160X. DOI 10.1016/j.ecolind.2021.107455. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107455>.

ARAUJO-FLORES, J., ROMÁN, F., SILMAN, M. y FERNANDEZ, L., 2018. Biodiversidad acuática de pozas abandonadas por minería de oro en Madre de Dios - Perú (Resumen de Investigación CINCIA #3). *Journal of Chemical Information and Modeling*, vol. 53, no. 9, pp. 1689-1699. ISSN 1098-6596.

ARAÚJO, J., 2015. *Caracterización de la biodiversidad acuática en la cuenca andino-amazónica de Madre de Dios – Perú*. Huelva: Universidad de Huelva.

AVILA, P., CICERONE, D., DA COSTA, D. y BEDREGAL, P., 2011. *Propuesta de un índice de calidad de agua para la región de Latinoamérica y el Caribe*. Primera ed. Lima: Litho & Arte SAC. ISBN 978-612-00-0615-3.

AYALA, H., CABRERA, M., CADENA, A., CASTAÑO, C., CONTRERAS, S., DIAZ, L., ESPITIA-PÉRES, L., GIL, G., GÓMEZ-FERNÁNDEZ, S., GONZÁLEZ, H., IPAZ, S., LARRAHONDO, J. y MACÍAS, L., 2019. *Diagnóstico*

de la información ambiental y social respecto a la actividad minera y la extracción ilícita de minerales en el país. Colombia: s.n.

BALMASEDA, C. y GARCÍA, Y., 2013. Calidad de las aguas de la cuenca del río Naranjo, Municipio Majibacoa, Provincia Las Tunas para el riego. *Cultivos Tropicales*, vol. 34, pp. 68-73. DOI 193228546011.

BRACK, A., 2010. *Perú: Economía y diversidad biológica*. Lima: Ministerio del Ambiente.

CABALLERO, J., MESSINGER, M., ROMÁN-DAÑOBEYTIA, F., ASCORRA, C., FERNANDEZ, L. y SILMAN, M., 2018. Deforestation and forest degradation due to gold mining in the Peruvian Amazon: A 34-year perspective. *Remote Sensing*, vol. 10, no. 12, pp. 1-17. ISSN 20724292. DOI 10.3390/rs10121903.

CABALLERO, J., PILLACA, M., MESSINGER, M., ARAUJO, J., CABANILLAS, F., VEGA, C., FERNÁNDEZ, L. y SILMAN, M., 2020. *Conversión de paisajes forestales a humedales amazónicos por minería aurífer. (Resumen de Investigacion CINCIA #5)* [en línea]. Puerto Maldonado: Centro de Innovacion Cientifica Amazonica. Disponible en: http://cincia.wfu.edu/wp-content/uploads/CINCIA_research_brief_5_es.pdf.

CÁRDENAS, J.A., 2005. *Calidad de aguas para estudiantes de ciencias ambientales*. Bogotá: Universidad Francisco José De Caldas.

CASTELLANOS, K., PIZARRO, J., CUENTAS, K., COSTA, J., PINO, Z., GUTIERREZ, L., FRANCO, O. y ARBOLEDA, J., 2017. Lentic water quality characterization using macroinvertebrates as bioindicators: An adapted BMWP index. *Ecological Indicators* [en línea], vol. 72, pp. 53-66. ISSN 1470160X. DOI 10.1016/j.ecolind.2016.07.023. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.07.023>.

CASTRO, A., DAVILA, C., LAURA, W., CUBAS, F., AVALOS, G., LÓPEZ, C.,

VILLENA, D., VALDEZ, M., URBIOLA, J., TREBEJO, I., MENIS, L. y MARÍN, D., 2021. *Climas del Perú – Mapa de Clasificación Climática Nacional*. 1ª ed. Lima: Servicio Nacional de meteorología e hidrología del Perú. ISBN 9786124831539.

CATALÁN, L., CHAVEZ, R., HERNANDEZ, O., FLORES, L., ROCA, K., CARPIO, J. y ALVAREZ, C., 1971. *Parasitic plants of the World*. S.l.: s.n.

CLIMATE-DATA.ORG, 2021. Datos históricos del tiempo en Puerto Maldonado. *Climate data for cities worldwide* [en línea]. [Consulta: 1 noviembre 2021]. Disponible en: <https://es.climate-data.org/america-del-sur/peru/madre-de-dios/puerto-maldonado-27856/#temperature-graph>.

DALL, P.C., 1995. Commonly used methods for assessment of water quality. En: M.J. TOMAN y F. STEINMAN (eds.), *Biological Assessment of stream water quality*. S.l.: University of Ljubljana, pp. 49-70.

DECRETO SUPREMO N°004-2017-MINAM, 2017. *Aprueban Estandares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen disposiciones complementarias* [en línea]. 2017. Perú: Lima. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>.

DIGESA (DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD AMBIENTAL), 2009. *Evaluación de los resultados de los monitoreos realizados a los Recursos Hídricos en la cuenca del río Rímac, en el marco del Convenio N° 002-2009/MINSA, correspondiente al periodo de agosto a diciembre de 2009*. Lima: INFORME N° 001860-2010/DEPA-APRHI/DIGESA.

DNR (IOWA DEPARTMENT OF NATURAL RESOURCES), 2009. *Water Quality Standards Review: Chloride, Sulfate and Total Dissolved Solids*. S.l.: Consultation Package.

DOMÍNGUEZ, C., 1975. El clima amazónico y su influencia sobre el régimen

hidrográfico y la utilización de suelos. *Revista Colombiana de Antropología*, vol. 19, pp. 371-396. ISSN 0486-6525. DOI 10.22380/2539472x.1667.

ESCOBEDO, R., TORRES, G. y CASTRO, W., 2015. *Zonificación ecológica y económica de la Provincia de Alto Amazonas. Temático de fisiografía*. Iquitos: GORE Loreto, Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana.

FAO (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA), 2005. *Cuestiones de Ética en la Pesca* [en línea]. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. ISBN 92-5-305322-4. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-y6634s.pdf><http://arxiv.org/abs/1011.1669><http://dx.doi.org/10.1088/1751-8113/44/8/085201><http://stacks.iop.org/1751-8121/44/i=8/a=085201?key=crossref.abc74c979a75846b3de48a5587bf708f><http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25246>.

FAO (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA), 2008. *Base referencial mundial del recurso suelo. Un marco conceptual para clasificación, correlación y comunicación internacional* [en línea]. Roma: Jefatura de la Subdivisión de Políticas y Apoyo en Materia de Publicación Electrónica de la División de Comunicación de la FAO. ISBN 9789253055111. Disponible en: <http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM30veracruz/municipios/30044a.html>.

FINER, M. y MAMANI, N., 2021. Nuevo Foco de Minería Ilegal en la Amazonía Peruana: Río Pariamanu (Madre de Dios). *Maap* [en línea], vol. 137. Disponible en: <https://maaproject.org/es/>.

FRÍAS, T. y MONTILLA, L., 2016. *Evaluación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en el sector Puerto de Productores Río Itaya, Loreto - Perú 2014-2015*. S.l.: Universidad Científica del Perú.

GALLO, E., 2003. The importance of stream invertebrates to riverine ecosystem function. *Calidad del agua de las quebradas La Cristalina Y La Risaralda, San Luis, Antioquia*. S.l.: Ecology & Geomorphology of Streams,

GOYENOLA, G., 2007a. *Determinación de la Alcalinidad Total*. S.l.: Guía para la utilización de las Valijas Viajeras – Alcalinidad. RED MAPSA.

GOYENOLA, G., 2007b. *Guía para la utilización de las Valijas Viajeras (3-planificación)* [en línea]. S.l.: Red de Monitoreo Ambiental Participativo de Sistemas Acuáticos. RED MAPSA. Disponible en: <http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/>.

GREENBERG, A., CLESCERI, L. y EATON, A., 1992. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 18th ed. Texas: American Public Health Association.

HAMMOND, D., ROSALES, J. y OUBOTER, P., 2013. *Gestión del Impacto de la Explotación Minera a Cielo Abierto sobre el Agua Dulce en America latinos*. Washington D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo.

HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P., 2014. *Metodología de la investigación*. 6a. ed. México D.F.: McGraw-Hill. ISBN 9781456223960.

HOYOS, D., AGUINAGA, V., CARRANZA, V., RAMÍREZ, D., VALDIVIA, F. y ABANTO, C., 2020. *La Minería Peruana en modo COVID-19. Actualización estadística a marzo de 2020*. Edición N°. Lima: Dirección de Promoción Minera en coordinación con la Dirección de Gestión Minera del Ministerio de Energía y Minas.

HUAMAN, S., LUCEN-ESPINOZA, M., PAREDES-VITE, M. y CHANGANAQUI, D., 2020. Evaluación de la calidad del agua de la Laguna Marvilla en los Pantanos de Villa (Lima – Perú). *South Sustainability*, vol. 1, pp. e019. DOI 10.21142/ss-0102-2020-019.

LEY N° 28611, 2008. *Ley General del Ambiente_15 de octubre*. 2008. Perú: Lima.

LEY N° 29338, 2009. *Ley de Recursos Hídricos_31 de marzo*. 2009. Perú: Lima.

LÓPEZ-SÁNCHEZ, L., LÓPEZ-SÁNCHEZ, M. y MEDINA, G., 2017. La prevención y mitigación de los riesgos de los pasivos ambientales mineros (PAM) en Colombia: una propuesta metodológica. *Entramado*, vol. 13, no. 01, pp. 78-91. DOI <https://doi.org/10.18041/entramado.2017v13n1.25138>.

LOZANO, L., 2005. La bioindicación de la calidad del agua: importancia de los macroinvertebrados en la cuenca alta del río Juan Amarillo, cerros orientales de Bogota. *Umbral Científico*, vol. 7, pp. 5-11.

MINAGRI (MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO DEL PERÚ), 2010. *Estudio diagnóstico hidrológico de la cuenca Madre de Dios*. Lima: Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos Área de aguas superficiales.

MINAM (MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL PERÚ), 2008. *Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM*. 2008. Perú: El Peruana Diario Oficial. D.S. N° 002-2008-MINAM.

MINAM (MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL PERÚ), 2015. *Mapa nacional de cobertura vegetal: memoria descriptiva* [en línea]. Lima: MINAM. Disponible en: <https://www.gob.pe/minam>.

MINAM (MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL PERÚ), 2017. *Manual de buenas prácticas en minería aurífera aluvial para facilitar una adecuada recuperación de áreas*. Lima: Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) y Programa Contribución a las Metas Ambientales del Perú (ProAmbiente).

MINAYA, R., 2017. *Parámetros físicos, químicos, microbiológicos para determinar la calidad del agua en la laguna Moronacocha, época de transición creciente-vaciante. Iquitos. Perú. 2016* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Disponible en: http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/UNAP/4690%0Ahttp://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4690/Reynaldo_Tesis_Titulo_2017.pdf?sequence=1.

MORÁN, M. y SHAPIRO, N., 2005. *Fundamentos de Termodinámica Técnica*. 2da Edició. Barcelona: Editorial REVERTÉ S.A. ISBN 812652815X.

MORSY, K., MISHRA, A. y GALAL, M., 2020. Water Quality Assessment of the Nile Delta Lagoons. *Air, Soil and Water Research*, vol. 13. ISSN 11786221. DOI 10.1177/1178622120963072.

MOSQUERA, C., CHÁVEZ, M., PACHAS, V. y MOSCHELLA, P., 2009. *Estudio diagnostico de la actividad minera artesanal en Madre de dios*. Puerto Maldonado: CooperAcción, CARITAS y Conservación Internacional Perú.

MUÑOZ, C., RENDÓN, E., LÓPEZ, O., RUIZ, R., ARÉCHIGA, N., VILLANUEVA, C., RODAS, A., VALLE, C., TRILLANES, C. y ARELLANO, O., 2016. *Colecta y conservación de muestras de fauna silvestre en condiciones de campo*. 1a ed. Ciudad de México: Universidad Autónoma Metropolitana. ISBN 9786072807068.

OMS (ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD), 2017. *Riesgos para la salud relacionados con el trabajo y el medioambiente asociados a la extracción de oro artesanal o a pequeña escala [Environmental and occupational health hazards associated with artisanal and sma- ll-scale gold mining]* [en línea]. Ginebra: Organización Mundial de la Salud. ISBN 9789243510279. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/259452/9789243510279-spa.pdf;jsessionid=0AB738C7E5DFF6AA574032B5D357AE80?sequence=1>.

OMS (ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD), 2018. *Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera adenda [Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating first addendum]*. Cuarta Edi. Ginebra: Organización Mundial de la Salud. ISBN 978-92-4- 354995-8.

PACHAS, V., 2013. Conflictos sociales en Madre de Dios: El caso de la minería en pequeña escala de oro y la ilegalidad. . Lima:

PRAT, N., RIERADEVALL, M., MUNNE, A. y CHACON, G., 1996. La qualitat ecologica de les aigues del Besòs i Llobregat. Estudis de la qualitat ecològica dels rius. *Area de Medi Ambient. Diputació de Barcelona*, vol. 1, pp. 102.

QUISPE, R., 2015. *Evaluación de la contaminación por metales pesados en cuerpos de agua dejados por la minería aurífera, en la Comunidad Nativa de Tres Islas del departamento de Madre de Dios*. Puerto Maldonado: Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.

RAKOTONDRABE, F., NDAM, J., MFONKA, Z., RASOLOMANANA, E., NYANGONO, A. y AKO, A., 2018. Water quality assessment in the Bétaré-Oya gold mining area (East-Cameroon): Multivariate Statistical Analysis approach. *Science of the Total Environment* [en línea], vol. 610-611, pp. 831-844. ISSN 18791026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2017.08.080. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.080>.

ROJAS, L. y BASTO, N., 2017. *Evaluación de la calidad de agua por medio de parámetros fisicoquímicos y parámetros biológicos en la quebrada Padre de Jesús*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

ROLDÁN, G., 2003. *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: Propuesta para el uso del método BMWP/Col*. 1ra Ed. Colombia: Colección Ciencia y Tecnología, Editorial Universidad de Antioquia.

RUSSI, D. y MARTINEZ, J., 2002. Los Pasivos Ambientales. *Iconos. Revista*

de Ciencias Sociales [en línea], no. 15, pp. 3-5. Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/509/50901513/>.

SAMANEZ, I., RIMARACHIN, V., PALMA, C. y ORTEGA, H., 2014a. *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú*. Lima: Ministerio del Ambiente. ISBN 9786124174155.

SAMANEZ, I., RIMARACHIN, V., PALMA, C. y ORTEGA, H., 2014b. *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú* [en línea]. Lima: Ministerio del Ambiente. ISBN 9786124174155. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/wp-content/uploads/sites/21/2014/02/Métodos-de-Colecta-identificación-y-análisis-de-comunidades-biológicas.compressed.pdf>.

SÁNCHEZ, O. et al., 2007. *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México*. México: Instituto Nacional de Ecología.

SAWYER, C., 2000. *Química para Ingeniería Ambiental*. 4ta ed. S.I.: McGraw-Hill.

SENAMHI (SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ), 2010. *Clima / Mapa climático del Perú. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú* [en línea]. [Consulta: 1 noviembre 2021]. Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=madre-de-dios&p=mapa-climatico-del-peru>.

STUMM, W. y MORGAN, J., 1996. Aquatic Chemistry. Chemical Equilibria and Rates in Natural Waters. *Environmental Science and Technology*, pp. 1022.

VELÁSQUEZ, G., 2020. Problemas medioambientales de la minería aurífera ilegal en Madre de Dios (Perú). *Observatorio Medioambiental*, no. 23, pp.

229-241.

WWF (WORLD WILDLIFE FUND), 2015. 41 % of Amazon deforestation caused by gold mining between 2001 and 2013 took place in the Guianas. [en línea]. [Consulta: 12 enero 2022]. Disponible en: https://wwf.panda.org/wwf_news/?237054/41--of-Amazon-deforestation-caused-by-gold-mining-between-2001-and-2013-took-place-in-the-Guianas.

YÉPEZ, A., YÉPEZ, A., URDÁNIGO, J., MORALES, D., GUERRERO, N. y TAYHING, C., 2017. Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad hídrica en áreas de descargas residuales al río Quevedo, Ecuador. *Ciencia y Tecnología*, vol. 10, no. 1, pp. 27-34. ISSN 1390-4051. DOI 10.18779/cyt.v10i1.124.

ANEXOS

Panel fotográfico



Foto 1. Toma de muestra de agua en la poza Claudio.

Fuente: Toma propia, 2019.



Foto 2. Medición de la turbiedad del agua en campo.

Fuente: Toma propia, 2019.



Foto 3. Medición de la temperatura, pH, conductividad eléctrica y sólidos disueltos del agua de la poza Claudio.

Fuente: Toma propia, 2019.



Foto 4. Toma de muestra de agua para análisis microbiológico en la poza Claudio.

Fuente: Toma propia, 2019.



Foto 5. Medición del oxígeno disuelto del agua en la poza Claudio.

Fuente: Toma propia, 2019.



Foto 6. Muestreo de macroinvertebrados bentónicos de las pozas evaluadas.

Fuente: Toma propia, 2019.



Foto 7. Pescado “Paña” de la poza Claudio.

Fuente: Toma propia, 2019.



Foto 8. Medición de la temperatura, pH, conductividad eléctrica y sólidos disueltos del agua de poza Griselda.

Fuente: Toma propia, 2019.



Foto 9. Toma de muestra de agua para análisis microbiológico en la poza Griselda.

Fuente: Toma propia, 2019.



Foto 10. Medición del oxígeno disuelto del agua en la poza Griselda.

Fuente: Toma propia, 2019.



Foto 11. Muestreo de peces en la poza Griselda.

Fuente: Toma propia, 2019.



Foto 12. Pescado “Huasaco” de la poza Griselda.

Fuente: Toma propia, 2019.

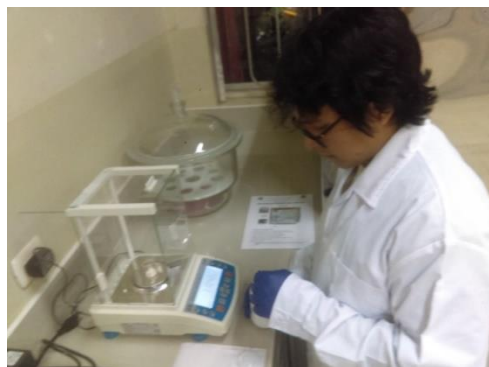


Foto 13. Pesado de reactivos para análisis químico del agua de las pozas.

Fuente: Toma propia, 2019.



Foto 14. Preparación y mezcla de reactivos para análisis químico del agua de las pozas.

Fuente: Toma propia, 2019.



Foto 15. Vertimiento de 100 mL de muestra de agua para análisis.

Fuente: Toma propia, 2019.



Foto 16. Determinación de dureza del agua de las pozas.

Fuente: Toma propia, 2019.



Foto 17. Determinación de cloruros del agua de las pozas.

Fuente: Toma propia, 2019.



Foto 18. Determinación de nitritos del agua de las pozas.

Fuente: Toma propia, 2019.

GOBIERNO REGIONAL DE MADRE DE DIOS
DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA DE AGUAS Y ALIMENTOS

INFORME DE ENSAYO FISICO-BACTERIOLOGICO N° 08- 2019

Solicitante : Adenka Muñoz Ushñahua
Tipo de muestra : Aguas superficiales destinadas para recreación.
Procedencia de la muestra : Sector Comunidad Nativa San Jacinto-Distrito Tambopata -Provincia de Tambopata - Madre de Dios
Fecha de ingreso al laboratorio : 03 de Octubre del 2019
Hora de ingreso al laboratorio : 7:20am
Fecha de análisis : 03 de Octubre del 2019

I. RESULTADOS

N°	Codigo de Muestra: LAA-DESA	Procedencia	Tº Ambiente (°C)	Fuente	Punto de Muestreo	Coordenadas UTM		Fecha / hora muestreo	Fecha de recepción / hora análisis Bacteriológico	PARAMETROS				Muestreador(a)	Analista	Observaciones
						E	N			Físicos		Bacteriológicos				
										Ph	Tº de conservación (°C)	Conductividad	Coliformes Termotolerantes NMP/100 ml			
1	M-43	Comunidad Nativa San Jacinto-Poza Griselda- Distrito Tambopata - Provincia de Tambopata - Madre de Dios	27°C	Agua superficial	Poza S-PG-1	451865	8604636	01/10/19 9:20am	03/10/19 7:20am	6.80	24.0	82.4	1.8 X 10 ³	Adenka Muñoz Ushñahua	Dr. Beto Roberto Carlos Gonzales Gonzales	Las muestras se tomaron en frascos de vidrio estéril de 250ml y transportadas en cadena de frío. Las muestras corresponden a la CATEGORIA 4. Conservación del ambiente acuático
2	M-44				Poza S-PG-2	451832	8604564	01/10/19 11:30am		6.80	24.1	66.2	2.4 X 10 ³			
3	M-45				Poza S-PG-3	451796	8604520	01/10/19 12:25pm		6.80	25.0	64.4	1.7 X 10 ³			
4	M-46	Comunidad Nativa San Jacinto-Poza Claudio- Distrito Tambopata - Provincia de Tambopata - Madre de Dios			Poza S-PC-1	454010	8606358	01/10/19 3:18pm		6.96	23.9	155.2	8.4 X 10 ²			
5	M-47				Poza S-PC-2	453974	8606359	01/10/19 4:17pm		7.10	24.5	148.0	1.1 X 10 ³			
6	M-48				Poza S-PC-3	453819	8606343	01/10/19 5:17pm		7.10	25.0	162.0	3.4 X 10 ²			

Fuente: LAA-ASAB-DESA, RGGG-2019

II. METODO

PH: Método electrónico Norma Técnica Peruana NTP 214-028 2000 Standard Methoda APHA AMWA-WEF Métodos 4520 H + A. Método Electrométrico (19ª Edición 1995).

COLIFORMES TERMO-TOOLERANTES y APHA AMWA WEF PAR 9221B E 21th ed 2005 Numeration Coliformes totales Coliformes fecales y E.coli Método Estándarizado de Tubos Múltiples.

TOTALES

ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA

parametro	unidad	CATEGORIA 4: Conservación del ambiente acuático
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	12.Selva 2000
PH	Unidad de ph	6.0 - 9.0
conductividad	µmhos/cm	1000
temperatura	°C	Δ 3

Fuente: Decreto Supremo N° 014 2017 MIDEA. Aprobados Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el Agua y establecen disposiciones, complementos y modificaciones.

*NMP/100: Número más Probable en 100ml

GOBIERNO REGIONAL DE MADRE DE DIOS
DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD
Borrea con la Escuela de Salud Ambiental
Dr. Roberto Carlos Gonzales Gonzales
Resp. del Laboratorio de Bacteriología de
Aguas y Alimentos
Unidad de Saneamiento Básico

NOTA:

El resultado para los valores de los parámetros analizados, se expresan en unidades de medida de acuerdo a la norma técnica peruana NTP 214-028 2000 Standard Methoda APHA AMWA-WEF Métodos 4520 H + A. Método Electrométrico (19ª Edición 1995).



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
 Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA
MUSEO DE HISTORIA NATURAL



CONSTANCIA DE ANALISIS

Se da constancia de que se realizó el análisis del plancton perteneciente a la EVALUACIÓN AMBIENTAL Y TEMPORAL DE LA CALIDAD DEL AGUA DE DOS POZAS FORMADAS POR LA ACTIVIDAD MINERA AURÍFERA EN LA COMUNIDAD NATIVA SAN JACINTO, REGIÓN DE MADRE DE DIOS 2019, en las instalaciones del Departamento de Limnología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos por la especialista del área.

Análisis cualitativo y cuantitativo de plancton (n°organismos/ml)

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	S-PC-1	S-PC-2	S-PC-3	S-PG-1	S-PG-2	S-PG-3
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Eunotiales	Eunotiaceae	<i>Eunotia sp.</i>		200				
		Naviculales	Naviculaceae	<i>Gyrosigma acuminatum</i>			50			
				<i>Navicula capitatoradiata</i>			50			
			Pinnulariaceae	<i>Pinnularia maior</i>	50		50			
		Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	<i>Rhopalodia gibba</i>	50					
		Surirellales	Surirellaceae	<i>Surirella robusta</i>	50	50	100			
				<i>Surirella tenera</i>			100			
	Thalassiosiphales	Catenulaceae	<i>Amphora sp.</i>			50				
Chlorophyta	Chlorophyceae	Chlamydomonadales	Volvocaceae	<i>Pandorina morum</i>	100	50				
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Nostocales	Aphanizomenonaceae	<i>Aphanizomenon sp.</i>	50			100		
		Synechococcales	Merismopediaceae	<i>Aphanocapsa sp.</i>	200	50				
				<i>Merismopedia glauca</i>			50			
Euglenozoa	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	<i>Euglena sp.</i>		50	50			
				<i>Trachelomonas armata</i> <i>var. armata f. involuta</i>				6100		
				<i>Trachelomonas bernardii</i>				1100	10	
				<i>Trachelomonas cf recticollis</i>				1100		
				<i>Trachelomonas hispida</i>				300		
				<i>Trachelomonas volvocina</i>		50		1400		
				<i>Lepocinclis sp1.</i>				100		
			Phacaceae	<i>Phacus longicauda var tortus</i>				100		
			Miozoa	Dinophyceae	Peridinales	Peridiniaceae	<i>Parvodinium cf umbonatum</i>	950	700	50
<i>Peridinium sp.</i>		50								
Suessiales	Lophodiniaceae	<i>Lophodinium polylophum</i>			1100	550				
Fitoplancton				23	2550	1750	550	10300	10	0
Arthropoda	Branchiopoda	Cladocera	Daphniidae	<i>Ceriodaphnia cornuta</i>					70	55
			Moinidae	<i>Moina sp.</i>			50			
	Copepoda	Cyclopoida	Cyclopidae	<i>Microcyclops sp.</i>	100	50			15	10
		Indeterminado	Indeterminado	<i>nauplio</i>	100	100				10
Lobosa	Testacealobosa	Arcellinida	Arcellidae	<i>Arcella discoides</i>					5	5
			Netzeiliidae	<i>Netzelia gramen</i>	50	50		100		
Nemata	Indeterminado	Indeterminado	Indeterminado	<i>nematodo</i>			50			
Rotifera	Digononta	Bdelloidea	Indeterminado	<i>bdelloideo</i>	50					
	Monogonta	Ploima	Asplanchnidae	<i>Asplanchna sp.</i>	100	100				
			Brachionidae	<i>Brachionus caudatus var personatus</i>	50					
				<i>Brachionus dojabratus</i>	50					
				<i>Brachionus falcatus</i>	200	50				
				<i>Brachionus mirus</i>	50					
				<i>Keratella cochlearis</i>	150	300	50			
			Filiniidae	<i>Filinia longiseta</i>	50	200				
			Synchaetidae	<i>Polyarthra sp.</i>	300	150	200			
Zooplancton				16	1250	1000	350	100	90	80
Plancton				39	3800	2750	900	10400	100	80



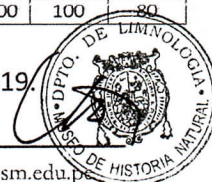
Diana Mabel López Paria
Bióloga
 CBP. 12103

Av. Arenales 1256, Jesús María
 Apdo. 14-0434, Lima 14, Perú

Telfs. (511)471-0117, 470-4471,
 470-7918, 619-7000 anexo 5703

Lima, 22 de octubre del 2019.

e-mail: museohn@unmsm.edu.pe
 http://museohn.unmsm.edu.pe





UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA
MUSEO DE HISTORIA NATURAL



CONSTANCIA DE ANALISIS

Se da constancia de que se realizó el análisis de 6 muestras de fitoplancton y zooplancton pertenecientes al proyecto "Sistemas de recuperación de áreas degradadas por la minería aurífera aluvial con especies vegetales locales y que tienen potencial económico y esosistémico", en las instalaciones del Departamento de Limnología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos por la especialista del área.

Análisis cualitativo y cuantitativo de fitoplancton (n° organismos/ml)

Phylum	Clase	Orden	Familia	Especie	H-PC-1	H-PC-2	H-PC-3	H-PG-1	H-PG-2	H-PG-3
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Pinnulariaceae	<i>Pinnularia sp.</i>			200			
		Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	<i>Rhopalodia gibba</i>	100					
Charophyta	Conjugatophyceae	Zygnematales	Zygnemataceae	<i>Mougeotia sp.</i>	100					
				<i>Eudorina elegans</i>	100	900	200		10	
Chlorophyta	Chlorophyceae	Chlamydomonadales	Volvocaceae	<i>Pandorina morum</i>	100	500				
		Sphaeropleales	Radiococcaceae	<i>Gloeocystis sp.</i>			100			
	Trebouxiophyceae	Chlorellales	Chlorellaceae	<i>Dictyosphaerium sp.</i>					10	
				<i>Dolichospermum sp.</i>		100	200			
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Nostocales	Aphanizomenonaceae	<i>Tolypothrix sp.</i>						10
			Tolypothrichaceae	<i>Coelosphaerium sp.</i>					10	
		Synechococcales	Coelosphaeriaceae	<i>Anathece sp.</i>			100			
			Synechococcaceae	<i>Euglena acus</i>	100	400				
				<i>Euglena limnophila</i>	100	100				
				<i>Strombomonas elegans</i>	100		100	200		
				<i>Strombomonas gibberosa</i>			100	100		
				<i>Strombomonas sp.</i>	100					
				<i>Trachelomonas cf lefevrei</i>	100	300	100			
				<i>Trachelomonas hispida</i>	200			100		
				<i>Trachelomonas sp1.</i>		100				
				<i>Trachelomonas sp2.</i>			100			
				<i>Trachelomonas sp3.</i>				900	10	10
				<i>Trachelomonas sp4.</i>				900		
				<i>Trachelomonas volvocina</i>				300		
				<i>Lepocinclis fusca</i>	100					
				<i>Lepocinclis sp1.</i>	100	100		100		
				<i>Lepocinclis sp2.</i>		100				
				<i>Lepocinclis sp3.</i>		100	100			
				<i>Phacus curvicauda</i>	100	100				
Miozoa	Dinophyceae	Peridiniales	Peridiniaceae	<i>Parvodinium sp.</i>		100	900			
Ochrophyta	Chrysophyceae	Chromulinales	Dinobryaceae	<i>Dinobryon sertularia</i>			100			
Fitoplancton					30	1400	2900	2300	2600	40 20



Diana Mabel López Paria
Bióloga
CBP. 12103



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA
MUSEO DE HISTORIA NATURAL



Análisis cualitativo y cuantitativo de zooplancton (nº organismos/ml)

Análisis cuantitativo y cuantitativo de zooplankton (n°organismos/ml)										
Phylum	Clase	Orden	Familia	Especie	H-PC-1	H-PC-2	H-PC-3	H-PG-1	H-PG-2	H-PG-3
Arthropoda	Branchiopoda	Cladocera	Moinidae	<i>Moina micrura</i>		100				
	Copepoda	Calanoida	Diaptomidae	nauplio	50		50			
		Cyclopoida	Cyclopidae	copepodito	50			5		
				<i>Metacyclops sp.</i>			5			
Lobosa	Testacealobosa	Arcellinida	Arcellidae	<i>Arcella discoides</i>			50			
			<i>Arcella vulgaris</i>			50				
			Netzelidae	<i>Netzelia gramen</i>	50		50			
				<i>Netzelia sp.</i>			50			
Rotifera	Monogonta	Flosculariaceae	Filiniidae	<i>Filinia longiseta</i>	50	50	100			
				<i>Filinia opoliensis brevispina</i>				5		5
			Hexarthridae	<i>Hexarthra sp.</i>		50				
			Asplanchnidae	<i>Asplanchna sp.</i>		50				
		Ploima	Brachionidae	<i>Anuraeopsis fissa</i>	50					
				<i>Brachionus angularis</i>	50					
				<i>Brachionus falcatus</i>		50	50			
				<i>Keratella cochlearis</i>	100	200	50			
				<i>Keratella tropica</i>	150	50	50			
			Euchlanidae	<i>Dipleuchlanis propatula</i>			50			
			Gastropodidae	<i>Ascomorpha sp.</i>	150	100				
			Lepadellidae	<i>Colurella adriatica</i>			50			
				<i>Lepadella patella</i>				5		
			Synchaetidae	<i>Polyarthra sp.</i>	300	250	150			
			Trichocercidae	<i>Trichocerca sp.</i>			50			
Zooplancton				23	1000	900	800	20	0	5

Se expide el presente a solicitud del interesado, para los fines que estime pertinente.

Lima, 27 de enero del 2020.

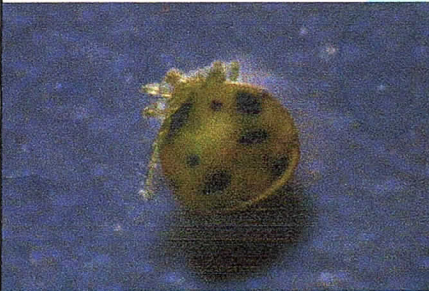
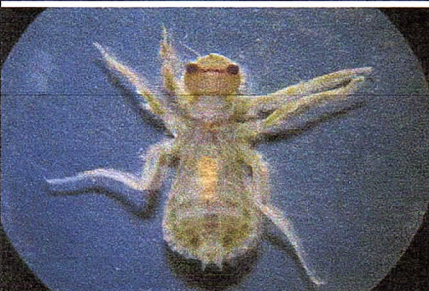


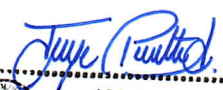
Diana Mabel López Paria
Bióloga
CBP. 12103

Solicitante:	Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP), Madre de Dios
Procedencia:	Madre de Dios
N° muestras	Seis (06)
Fecha reporte:	Martes, 12 de noviembre de 2019

Jorge Peralta
JORGE LUIS PERALTA ARGOMEDA
CBR 10183

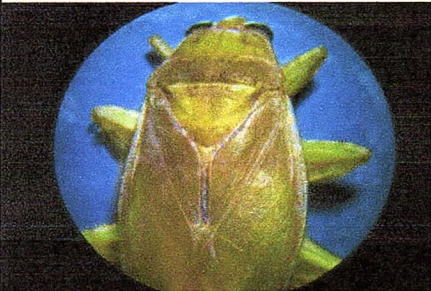
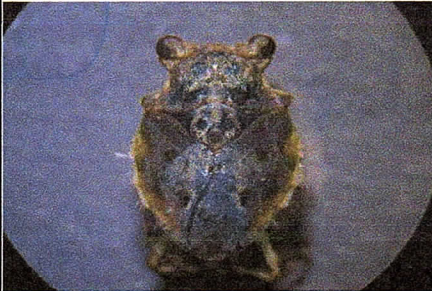
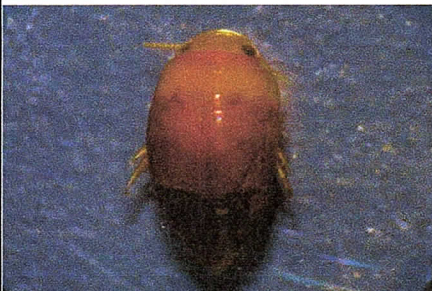
20191112 - INFORME DE ANÁLISIS DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS (BENTOS)

Orden: Trombidiformes Familia: Arrenuridae Especie: Arrenuridae nd.1 	Orden: Ephemeroptera Familia: Polymitarcyidae Especie: Campsurus sp.1 
Orden: Odonata Familia: Gomphidae Especie: Agriogomphus sp.1 	Orden: Odonata Familia: Gomphidae Especie: Aphylla sp.1 
Orden: Odonata Familia: Libellulidae Especie: Orthemis sp.1 	Orden: Odonata Familia: Libellulidae Especie: Oligoclada sp.1 
Orden: Odonata Familia: Libellulidae Especie: Tramea sp.1 	Orden: Hemiptera Familia: Veliidae Especie: Microvelia sp.1 



JORGE LUIS
PERALTA ARGOMEDA
CBR. 10183

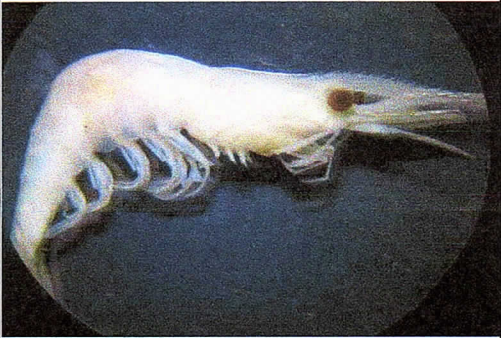
20191112 - INFORME DE ANÁLISIS DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS (BENTOS)

Orden: Hemiptera Familia: Belostomatidae Especie: <i>Belostoma</i> sp.1 	Orden: Hemiptera Familia: Gelastocoridae Especie: <i>Gelastocoris</i> sp.1 
Orden: Hemiptera Familia: Notonectidae Especie: <i>Buenoa</i> sp.1 	Orden: Coleoptera Familia: Noteridae Especie: <i>Hydrocanthus</i> sp.1 
Orden: Diptera Familia: Ceratopogonidae Especie: <i>Bezzia</i> sp.1 	Orden: Diptera Familia: Chaoboridae Especie: <i>Chaoborus</i> sp.1 
Orden: Diptera Familia: Chironomidae Especie: <i>Chironomus</i> sp.1 	Orden: Diptera Familia: Chironomidae Especie: <i>Parachironomus</i> sp.1 



JORGE LUIS
PERALTA ARGOMEDA
CBR. 10183

20191112 - INFORME DE ANÁLISIS DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS (BENTOS)

Orden: Diptera Familia: Tabanidae Especie: Tabanidae nd.1	Orden: Decapoda Familia: Palaemonidae Especie: Palaemonidae nd.1
	
Orden: Unionoida Familia: Mycetopodidae Especie: Anodontites trapesialis	
	



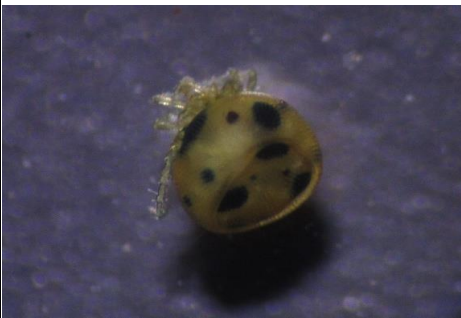
JORGE LUIS
PERALTA ARGOMEDA
CBP. 10183

20200124 - INFORME DE ANÁLISIS DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS (BENTOS)

Solicitante: Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP). Madre de Dios
Procedencia: Madre de Dios
N° muestras: Seis (06)
Fecha reporte: Viernes, 24 de enero de 2020

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	C.N. San Jacinto Poza Claudio	C.N. San Jacinto Poza Claudio	C.N. San Jacinto Poza Claudio	C.N. San Jacinto Poza Griselda	C.N. San Jacinto Poza Griselda	C.N. San Jacinto Poza Griselda
Arthropoda	Arachnida	Trombidiformes	Arenuridae	Arenuridae nd.1	0	11	1	0	0	0
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	Callibaetis sp.1	3	25	5	3	0	0
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Caenidae	Brasiloecenis sp.1	1	0	14	0	0	0
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Caenidae	Caenis sp.1	3	4	11	0	0	0
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Polymitarcyidae	Asthenopus sp.1	4	2	2	0	0	0
Arthropoda	Insecta	Odonata	Coenagrionidae	Acanthagrion sp.1	6	19	4	0	0	0
Arthropoda	Insecta	Odonata	Coenagrionidae	Coenagrionidae nd.1	0	1	0	0	0	0
Arthropoda	Insecta	Odonata	Gomphidae	Aphylla sp.1	1	0	2	0	0	0
Arthropoda	Insecta	Odonata	Libellulidae	Elasmotheremis sp.1	0	0	0	3	0	0
Arthropoda	Insecta	Odonata	Libellulidae	Microthyria sp.1	0	11	3	0	3	0
Arthropoda	Insecta	Odonata	Libellulidae	Oligoclada sp.1	14	3	4	1	4	7
Arthropoda	Insecta	Odonata	Libellulidae	Tramea sp.1	0	0	0	1	0	0
Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Belostomatidae	Belostoma sp.1	1	1	0	6	4	8
Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Nepidae	Ranatra sp.1	0	0	0	2	0	0
Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Notonectidae	Buenoa sp.1	0	0	0	3	4	2
Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Notonectidae	Notonectidae nd.1	0	0	0	1	0	0
Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Pleidae	Neoplea sp.1	0	0	0	1	0	0
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Polycentropodidae	Cynellus sp.1	1	0	1	0	0	0
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Dytiscidae	Laccophilus sp.1	0	0	0	2	0	0
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Gyrinidae	Gyretes sp.1	0	0	1	0	0	0
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Noteridae	Hydrocanthus sp.1	5	1	0	0	0	0
Arthropoda	Insecta	Diptera	Chaoboridae	Chaoborus sp.1	0	0	0	0	1	2
Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	Ablabesmyia sp.1	5	0	2	1	0	0
Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	Pentaneura sp.1	1	0	0	0	0	0
Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	Parachironomus sp.1	4	6	4	1	0	0
Arthropoda	Insecta	Diptera	Culicidae	Culex sp.1	1	2	0	0	0	0
Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	Trichodactylidae	Trichodactylidae nd.1	0	0	0	4	1	0
Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	Palaemonidae	Palaemonetes sp.1	19	2	1	18	16	6
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Planorbidae	Planorbidae nd.1	2	1	0	0	0	0
				Riqueza de especies (S)	16	14	14	14	7	5
				Abundancia (N)	71	89	55	47	33	25

20200124 - INFORME DE ANÁLISIS DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS (BENTOS)

Orden: Trombidiformes Familia: Arrenuridae Especie: Arrenuridae nd.1 	Orden: Ephemeroptera Familia: Baetidae Especie: Callibaetis sp.1 
Orden: Ephemeroptera Familia: Caenidae Especie: Brasilocaenis sp.1 	Orden: Ephemeroptera Familia: Caenidae Especie: Caenis sp.1 
Orden: Ephemeroptera Familia: Polymitarcyidae Especie: Asthenopus sp.1 	Orden: Odonata Familia: Coenagrionidae Especie: Acanthagrion sp.1 
Orden: Odonata Familia: Coenagrionidae Especie: Coenagrionidae nd.1 	Orden: Odonata Familia: Gomphidae Especie: Aphylla sp.1 

20200124 - INFORME DE ANÁLISIS DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS (BENTOS)

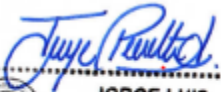
Orden: Odonata Familia: Libellulidae Especie: <i>Elasmothermis</i> sp.1 	Orden: Odonata Familia: Libellulidae Especie: <i>Micrathyria</i> sp.1 
Orden: Odonata Familia: Libellulidae Especie: <i>Oligoclada</i> sp.1 	Orden: Odonata Familia: Libellulidae Especie: <i>Tramea</i> sp.1 
Orden: Hemiptera Familia: Belostomatidae Especie: <i>Belostoma</i> sp.1 	Orden: Hemiptera Familia: Nepidae Especie: <i>Ranatra</i> sp.1 
Orden: Hemiptera Familia: Notonectidae Especie: <i>Buenoa</i> sp.1 	Orden: Trichoptera Familia: Polycentropodidae Especie: <i>Cyrnellus</i> sp.1 

20200124 - INFORME DE ANÁLISIS DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS (BENTOS)

Orden: Coleoptera Familia: Dytiscidae Especie: <i>Laccophilus</i> sp.1 	Orden: Coleoptera Familia: Gyrinidae Especie: <i>Gyretes</i> sp.1 
Orden: Coleoptera Familia: Noteridae Especie: <i>Hydrocanthus</i> sp.1 	Orden: Diptera Familia: Chaoboridae Especie: <i>Chaoborus</i> sp.1 
Orden: Diptera Familia: Chironomidae Especie: <i>Ablabesmyia</i> sp.1 	Orden: Diptera Familia: Chironomidae Especie: <i>Pentaneura</i> sp.1 
Orden: Diptera Familia: Chironomidae Especie: <i>Parachironomus</i> sp.1 	Orden: Diptera Familia: Culicidae Especie: <i>Culex</i> sp.1 

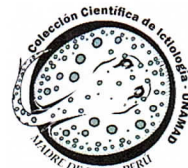
20200124 - INFORME DE ANÁLISIS DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS (BENTOS)

Orden: Decapoda	Orden: Decapoda
Familia: Trichodactylidae	Familia: Palaemonidae
Especie: Trichodactylidae nd.1	Especie: <i>Palaemonetes</i> sp.1
	


JORGE LUIS
PERALTA ARGOMEDA
C.B.P. 10183



UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS
COLECCIÓN CIENTÍFICA DE ICTIOLOGÍA
CCI-UNAMAD



CONSTANCIA DE DEPÓSITO CCI - UNAMAD N° 001-2022

EL DIRECTOR Y JEFE CIENTÍFICO DE LA COLECCIÓN CIENTÍFICA DE ICTIOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS

Deja constancia,

Que la **Bach. Adenka Estela Ushñahua Muñoz** y el **Bach. Bozz Palomino Leon**, hacen la entrega a la **Colección Científica de Ictiología** de la **Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios**, los ejemplares de peces reunidos en **47 lotes** que fueron colectados durante la temporada de transición seca - húmeda en pozas abandonadas por la minería aurífera en la Comunidad Nativa San Jacinto, ubicado en el distrito de Tambopata, provincia de Tambopata, región de Madre de Dios, correspondiente al proyecto de Tesis denominado **“CALIDAD AMBIENTAL DE DOS POZAS FORMADAS POR LA MINERÍA AURÍFERA ALUVIAL, EN DOS ÉPOCAS, EN LA COMUNIDAD NATIVA SAN JACINTO, REGIÓN DE MADRE DE DIOS - 2019”** realizado el 01 de octubre y el 22 de diciembre de 2019, procedente de dos (2) puntos de muestreo, que fueron registrados con códigos consecutivos **UNAMAD 530 a 576** en la base de datos y catálogo de la Colección Científica de Ictiología de la UNAMAD.

Se expide el presente documento a solicitud de los interesados, y para los fines que consideren pertinentes.

Puerto Maldonado, 28 de junio de 2022.

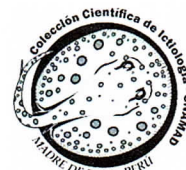

UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE
MADRE DE DIOS
.....
Blgo. Julio M. Araújo Flores
DIRECTOR DE LA COLECCIÓN CIENTÍFICA Y
JEFE CIENTÍFICO



Blgo. Julio Araújo Flores PhD
Colección Científica de Ictiología



UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS
COLECCIÓN CIENTÍFICA DE ICTIOLOGÍA
CCI-UNAMAD



CONSTANCIA DE IDENTIFICACIÓN CCI - UNAMAD N° 001-2022

EL DIRECTOR Y JEFE CIENTÍFICO DE LA COLECCIÓN CIENTÍFICA DE ICTIOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS

Deja constancia que,

Se realizó el análisis de Necton (identificación taxonómica y cuantificación), correspondiente al proyecto de Tesis denominado **“CALIDAD AMBIENTAL DE DOS POZAS FORMADAS POR LA MINERÍA AURÍFERA ALUVIAL, EN DOS ÉPOCAS, EN LA COMUNIDAD NATIVA SAN JACINTO, REGIÓN DE MADRE DE DIOS - 2019”** investigación desarrollada por la Bach. Adenka Estela Ushñahua Muñoz y el Bach. Bozz Palomino Leon. Este análisis se ejecuto en las instalaciones de la **Colección Científica de Ictiología** de la **Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios**.

Clase	Orden	Familia	Especie	Poza Claudio		Poza Griselda	
				01/10/19	22/12/19	01/10/19	22/12/19
Actinopteri	Clupeiformes	Engraulidae	<i>Lycengraulis batesii</i>	4	52		
	Characiformes	Curimatidae	<i>Steindachnerina aff. dobula</i>	11	1		
			<i>Steindachnerina sp.</i>	20	2		
			<i>Steindachnerina aff. leucisca</i>		1		
		Prochilodontidae	<i>Prochilodus nigricans</i>	1			
		Anostomidae	<i>Schizodon fasciatus</i>	2			
		Characidae	<i>Aphyocharax avaray</i>	19			
			<i>Astyanax bimaculatus *</i>	16	4	1	7
			<i>Ctenobrycon hauxwellianus</i>		1		
			<i>Ctenobrycon spilurus *</i>	125	20	4	28
			<i>Brachycharacinus copei</i>	1			
			<i>Bryconamericus sp.</i>			14	8
			<i>Knodus sp. (san jacinto)</i>	21		208	94
			<i>Odontostilbe sp.</i>				44
			<i>Moenkhausia dichroua</i>	237	147		
			<i>Moenkhausia aff. intermedia</i>	45			
			<i>Roeboides descalvadensis</i>	59	48		
			<i>Serrapinnus aff. notomelas</i>		239		

Av. Dos de Mayo # 996 – Sede administrativa – Edificio CEPRE – 1er piso
Puerto Maldonado – Madre de Dios
Teléfonos de contactos. +51 944205386, +51 986018515, +51 934906936
email: ccictiologia@unamad.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS
COLECCIÓN CIENTÍFICA DE ICTIOLOGÍA
CCI-UNAMAD



		<i>Serrapinnus sp.</i>	41			29
	Triporthidae	<i>Triporthus angulatus</i>	3	10		
	Erythrinidae	<i>Hoplias malabaricus</i>	1		49	2
	Serrasalminidae	<i>Serrasalmus maculatus</i>	9	2		
		<i>Serrasalmus aff. eigenmanni</i>	2			
		<i>Serrasalmus sp.</i>		1		
Gymnotiformes	Hypopomidae	<i>Brachyhypopomus sp.</i>				1
Siluriformes	Loricariidae	<i>Loricariichthys sp.</i>	5			
Cichliformes	Cichlidae	<i>Cichlasoma boliviense</i>	7			
		<i>Crenicichla semicincta</i>		1		
		Riqueza de especies	20	14	5	8
		Abundancia	629	529	276	213

Se expide el presente documento a solicitud de los interesados, y para los fines que consideren pertinentes.

Puerto Maldonado, 28 de junio de 2022.

UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE
MADRE DE DIOS
Blgo. Julio M. Araújo Flores
DIRECTOR DE LA COLECCIÓN CIENTÍFICA Y
JEFE CIENTÍFICO



Blgo. Julio Araújo Flores PhD
Colección Científica de Ictiología

**SAG**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-047



Registro N° LE - 047

INFORME DE ENSAYO N° 137039 - 2019 CON VALOR OFICIAL

RAZÓN SOCIAL : INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE LA AMAZONÍA PERUANA
DOMICILIO LEGAL : AV. JOSÉ ABELARDO QUIÑONES KM. 2.5 - SAN JUAN BAPTISTA - LORETO - MAYNAS
SOLICITADO POR : ADENKA MUÑOZ USHÑAHUA
REFERENCIA : RESERVADO POR EL CLIENTE
PROCEDENCIA : COMUNIDAD NATIVA SAN JACINTO, REGIÓN DE MADRE DE DIOS
FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRA : 2019-10-09
FECHA(S) DE ANÁLISIS : 2019-10-17 AL 2019-10-22
FECHA(S) DE MUESTREO : 2019-10-01
MUESTREO POR : EL CLIENTE
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS SE APLICAN A LA MUESTRA(S) TAL COMO SE RECIBIÓ.

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método	Unidades
Metales (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Boro, Berilio, Cadmio, Calcio, Cerio, Cromo, Cobalto, Cobre, Hierro, Plomo, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Fósforo, Potasio, Selenio, Plata, Sodio, Estroncio, Talio, Estaño, titanio, Vanadio, Zinc).	Method 200.7 Rev. 4.4 EMMC Version (1994). Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry	mg/kg

César Antonio Poma Pando
GERENTE GENERAL-SAG S.A.C.

EXPERTS
WORKING
FOR YOU

* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

EPA: Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Página 1 de 3

**SAG**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-047



Registro N° LE - 047

INFORME DE ENSAYO N° 137039 - 2019 CON VALOR OFICIAL

II. RESULTADOS:

Producto declarado			Sedimento	Sedimento	Sedimento
Matriz analizada			Sedimento	Sedimento	Sedimento
Fecha de muestreo			2019-10-01	2019-10-01	2019-10-01
Hora de inicio de muestreo (h)			15:18	16:17	17:17
Condiciones de la muestra			Conservada	Conservada	Conservada
Código del Cliente			S-PC-1	S-PC-2	S-PC-3
Código del Laboratorio			19100651	19100652	19100653
Ensayo	L.D.M.	Unidad	Resultados		
Metales					
Plata (Ag)	0.07	mg/kg	0.09	0.08	<0.07
Aluminio (Al)	1.4	mg/kg	15472.8	15485.6	6980.8
Arsénico (As)	0.1	mg/kg	14.6	15.6	4.9
Boro (B)	0.2	mg/kg	5.5	5.9	7.1
Bario (Ba)	0.2	mg/kg	205.9	215.9	53.5
Berilio (Be)	0.03	mg/kg	1.46	1.63	0.69
Calcio (Ca)	4.7	mg/kg	2151.3	2125.0	947.6
Cadmio (Cd)	0.04	mg/kg	0.19	0.17	0.05
Cerio (Ce)	0.2	mg/kg	50.6	51.3	21.6
Cobalto (Co)	0.05	mg/kg	19.62	19.13	10.42
Cromo (Cr)	0.04	mg/kg	28.96	28.49	17.34
Cobre (Cu)	0.1	mg/kg	47.1	47.7	18.9
Hierro (Fe)	0.2	mg/kg	>20000	>20000	>20000
Mercurio (Hg)	0.1	mg/kg	0.1	0.1	<0.1
Potasio (K)	4.3	mg/kg	1096.0	1126.5	595.1
Litio (Li)	0.3	mg/kg	42.4	39.5	27.1
Magnesio (Mg)	4.4	mg/kg	4809.1	4373.0	2947.7
Manganeso (Mn)	0.05	mg/kg	769.27	702.32	244.55
Molibdeno (Mo)	0.2	mg/kg	1.8	1.7	0.5
Sodio (Na)	2.3	mg/kg	82.9	85.5	41.4
Níquel (Ni)	0.06	mg/kg	32.07	31.89	18.97
Fósforo (P)	0.3	mg/kg	695.3	697.2	303.3
Plomo (Pb)	0.06	mg/kg	24.43	25.35	7.13
Antimonio (Sb)	0.2	mg/kg	0.4	0.3	0.2
Selenio(Se)	0.3	mg/kg	<0.3	<0.3	<0.3
Estaño (Sn)	0.1	mg/kg	1.4	1.4	1.0
Estroncio (Sr)	0.1	mg/kg	24.1	25.0	9.2
Titanio (Ti)	0.03	mg/kg	124.32	109.61	238.08
Talio(Tl)	0.3	mg/kg	<0.3	<0.3	<0.3
Vanadio (V)	0.04	mg/kg	45.02	45.07	26.55
Zinc (Zn)	0.2	mg/kg	82.0	79.2	47.2
L.D.M.: límite de detección del método.					
Resultados de Sedimento:					

L.D.M.: límite de detección del método.

Resultados de Sedimento reportado en base seca.

César Antonio Poma Pando
GERENTE GENERAL-SAG S.A.C.
C.Q.P. N°719

* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

EPA: Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

EXPERTS
WORKING
FOR YOU

**SAG**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-047



Registro N° LE - 047

INFORME DE ENSAYO N° 137039 - 2019 CON VALOR OFICIAL

II. RESULTADOS:

Producto declarado			Sedimento	Sedimento	Sedimento
Matriz analizada			Sedimento	Sedimento	Sedimento
Fecha de muestreo			2019-10-01	2019-10-01	2019-10-01
Hora de inicio de muestreo (h)			09:20	11:30	12:48
Condiciones de la muestra			Conservada	Conservada	Conservada
Código del Cliente			S-PG-1	S-PG-2	S-PG-3
Código del Laboratorio			19100654	19100655	19100656
Ensayo	L.D.M.	Unidad	Resultados		
Metales					
Plata (Ag)	0.07	mg/kg	<0.07	<0.07	<0.07
Aluminio (Al)	1.4	mg/kg	11982.4	15490.3	16187.7
Arsénico (As)	0.1	mg/kg	8.4	10.8	10.6
Boro (B)	0.2	mg/kg	5.9	5.0	4.6
Bario (Ba)	0.2	mg/kg	141.7	244.2	228.0
Berilio (Be)	0.03	mg/kg	1.42	1.65	1.72
Calcio (Ca)	4.7	mg/kg	1177.2	2025.0	1876.2
Cadmio (Cd)	0.04	mg/kg	0.11	0.14	0.12
Cerio (Ce)	0.2	mg/kg	43.7	65.3	66.1
Cobalto (Co)	0.05	mg/kg	13.72	11.46	12.46
Cromo (Cr)	0.04	mg/kg	25.75	27.86	28.20
Cobre (Cu)	0.1	mg/kg	28.9	31.9	32.8
Hierro (Fe)	0.2	mg/kg	>20000	>20000	>20000
Mercurio (Hg)	0.1	mg/kg	<0.1	<0.1	<0.1
Potasio (K)	4.3	mg/kg	796.5	1025.2	965.0
Litio (Li)	0.3	mg/kg	35.7	26.5	28.3
Magnesio (Mg)	4.4	mg/kg	3962.1	3478.6	3654.1
Manganeso (Mn)	0.05	mg/kg	383.97	330.87	359.97
Molibdeno (Mo)	0.2	mg/kg	0.9	1.2	1.2
Sodio (Na)	2.3	mg/kg	43.5	65.0	63.2
Níquel (Ni)	0.06	mg/kg	25.93	27.79	29.89
Fósforo (P)	0.3	mg/kg	406.7	579.2	552.9
Plomo (Pb)	0.06	mg/kg	14.20	20.67	20.43
Antimonio (Sb)	0.2	mg/kg	<0.2	0.2	0.2
Selenio(Se)	0.3	mg/kg	<0.3	<0.3	<0.3
Estaño (Sn)	0.1	mg/kg	1.3	1.5	1.4
Estroncio (Sr)	0.1	mg/kg	17.6	29.3	27.6
Titanio (Ti)	0.03	mg/kg	168.46	128.77	129.99
Talio(Tl)	0.3	mg/kg	<0.3	<0.3	<0.3
Vanadio (V)	0.04	mg/kg	42.49	48.42	48.91
Zinc (Zn)	0.2	mg/kg	71.8	75.2	76.0

L.D.M.: límite de detección del método.

Resultados de Sedimento reportado en base seca.

Lima, 24 de Octubre del 2019.

César Antonio Poma Pando
GERENTE GENERAL-SAG S.A.C.

C.C.P.N°719

EXPERTS
WORKING
FOR YOU

* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

EPA: Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.
OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas.
• Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Rios Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Página 3 de 3

OS- 178308

CADENA DE CUSTODIA SOLICITUD DE SERVICIOS ANALÍTICOS

Cliente: Instituto de investigación de la Amazonia Peruana Contacto: Adenka Muñoz

Telf: E-mail:

Solicitado por: Lugar/Empresa/Planta/Proyecto:

Número de Solicitud:	2019-10VG-4-1		Análisis in situ		Análisis solicitado		Nº Informe	137039-2019	
Estación de muestreo/Código del Cliente	Tipo de Muestra	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Tipo de envase	Condición de muestra y preservación			Código de Laboratorio	Observaciones y detalles adicionales
S-PC-1	Sedimento	01/10/2019	15:18	B		Metals		19100651	
S-PC-2	Sedimento	01/10/19	16:17	B				19100652	
S-PC-3	Sedimento	01/10/19	17:17	B				19100653	
S-PG-1	Sedimento	01/10/19	09:20	B				19100654	
S-PG-2	Sedimento	01/10/19	11:30	B				19100655	
S-PG-3	Sedimento	01/10/19	12:48	B				19100656	

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERAL

RECIBIDO

09 OCT 2019

RECEPCION DE MUESTRAS SAG

Obs. de laboratorio:

Tipo de Envase:	P	Envase de Plástico	W	Winkler
	V	Envase de Vidrio		
	FA	Frasco Ambar		
	FE	Frasco Esteril		

Condición de la Muestra y preservación	R	Refrigerada
	SR	Sin refrigeración
	I	Muestra sin preservar
	II	Muestra en envase esteril

III	Muestra preservada con HNO ₃ , pH<2
IV	Muestra preservada con H ₂ SO ₄ , pH<2
V	Muestra preservada con NaOH pH> 9
VI	otros

Nombre y firma del responsable del muestreo:

Obs. Del Muestreador:

Entregado por:

Representante de:

Firma:

Recibido en laboratorio por: NM

Día/Hora 15:30

Servicios Analíticos Generales S.A.C. Tlf.: 4256885 - 4257227 Rpc 994976442 Nextel: 109*1133

www.sagperu.com E-mails: sagperu@sagperu.com; ventas@sagperu.com; atencionalcliente@sagperu.com

**SAG**

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-047**



Registro N° LE - 047

**INFORME DE ENSAYO N° 140100 - 2020
CON VALOR OFICIAL**

II. RESULTADOS:

Producto declarado	Sedimentos	Sedimentos	Sedimentos
Matriz analizada	Sedimentos	Sedimentos	Sedimentos
Fecha de muestreo	2019-12-22	2019-12-22	2019-12-22
Hora de inicio de muestreo (h)	10:17	11:40	12:58
Condiciones de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada
Código del Cliente	H-PC-1	H-PC-2	H-PC-3
Código del Laboratorio	20010374	20010375	20010376
Ensayo	L.D.M.	unidades	Resultados
Metales			
Plata (Ag)	0.08	mg/kg	<0.08
Aluminio (Al)	1.2	mg/kg	16094.1
Arsénico (As)	0.1	mg/kg	9.6
Boro (B)	0.2	mg/kg	<0.2
Bario (Ba)	0.2	mg/kg	156.0
Berilio (Be)	0.03	mg/kg	1.07
Calcio (Ca)	3.1	mg/kg	1852.7
Cadmio (Cd)	0.05	mg/kg	5.19
Cerio (Ce)	0.2	mg/kg	3.8
Cobalto (Co)	0.04	mg/kg	14.64
Cromo (Cr)	0.05	mg/kg	22.38
Cobre (Cu)	0.1	mg/kg	39.0
Hierro (Fe)	0.2	mg/kg	>20000
Mercurio (Hg)	0.1	mg/kg	<0.1
Potasio (K)	3.8	mg/kg	955.7
Litio (Li)	0.3	mg/kg	31.8
Magnesio (Mg)	4.1	mg/kg	4150.9
Manganeso (Mn)	0.05	mg/kg	984.78
Molibdeno (Mo)	0.2	mg/kg	0.9
Sodio (Na)	2.2	mg/kg	76.4
Níquel (Ni)	0.07	mg/kg	23.86
Fósforo (P)	0.3	mg/kg	897.8
Plomo (Pb)	0.05	mg/kg	16.63
Antimonio (Sb)	0.2	mg/kg	0.7
Selenio (Se)	0.3	mg/kg	<0.3
Estaño (Sn)	0.1	mg/kg	0.7
Estroncio (Sr)	0.1	mg/kg	16.2
Titanio (Ti)	0.03	mg/kg	76.42
Talio (Tl)	0.3	mg/kg	<0.3
Vanadio (V)	0.06	mg/kg	39.52
Zinc (Zn)	0.3	mg/kg	68.2

L.D.M.: límite de detección del método.

Resultados de Sedimento reportados en base seca.

**Resultados de campo proporcionados por el cliente				
Parámetro	Unidades	H-PC-1 20010374	H-PC-2 20010375	H-PC-3 20010376
**pH	unid. pH	7.26	9.90	8.80
**Temperatura	°C	28.9	28.2	29.8
**Conductividad	uS/cm	250	151	103
**Oxígeno Disuelto	mg/L	4.9	5.2	5.4
**SDT	mg/L	126	80	50

****Resultados proporcionados por el cliente, no forman parte del alcance de la acreditación.**

Quim. Belbeth Y. Fajardo León
C.Q.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

**EXPERTS
WORKING
FOR YOU**

* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

EPA: Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas.

• Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima

• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Página 2 de 3

**SAG**

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-047**



Registro N° LE - 047

**INFORME DE ENSAYO N° 140100 - 2020
CON VALOR OFICIAL**

II. RESULTADOS:

Producto declarado	Sedimentos	Sedimentos	Sedimentos
Matriz analizada	Sedimentos	Sedimentos	Sedimentos
Fecha de muestreo	2019-12-22	2019-12-22	2019-12-22
Hora de inicio de muestreo (h)	17:02	18:03	18:15
Condiciones de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada
Código del Cliente	H-PG-1	H-PG-2	H-PG-3
Código del Laboratorio	20010377	20010378	20010379
Ensayo	L.D.M.	unidades	Resultados
Metales			
Plata (Ag)	0.08	mg/kg	<0.08
Aluminio (Al)	1.2	mg/kg	18034.2
Arsénico (As)	0.1	mg/kg	5.8
Boro (B)	0.2	mg/kg	<0.2
Bario (Ba)	0.2	mg/kg	173.3
Berilio (Be)	0.03	mg/kg	1.29
Calcio (Ca)	3.1	mg/kg	2221.9
Cadmio (Cd)	0.05	mg/kg	4.87
Cerio (Ce)	0.2	mg/kg	52.7
Cobalto (Co)	0.04	mg/kg	9.76
Cromo (Cr)	0.05	mg/kg	23.44
Cobre (Cu)	0.1	mg/kg	38.1
Hierro (Fe)	0.2	mg/kg	>20000
Mercurio (Hg)	0.1	mg/kg	<0.1
Potasio (K)	3.8	mg/kg	1050.3
Litio (Li)	0.3	mg/kg	22.4
Magnesio (Mg)	4.1	mg/kg	3384.6
Manganeso (Mn)	0.05	mg/kg	288.06
Molibdeno (Mo)	0.2	mg/kg	<0.2
Sodio (Na)	2.2	mg/kg	32.3
Níquel (Ni)	0.07	mg/kg	22.96
Fósforo (P)	0.3	mg/kg	678.9
Plomo (Pb)	0.05	mg/kg	14.05
Antimonio (Sb)	0.2	mg/kg	1.4
Selenio (Se)	0.3	mg/kg	<0.3
Estaño (Sn)	0.1	mg/kg	1.0
Estroncio (Sr)	0.1	mg/kg	26.9
Titanio (Ti)	0.03	mg/kg	44.51
Talio (Tl)	0.3	mg/kg	<0.3
Vanadio (V)	0.06	mg/kg	40.93
Zinc (Zn)	0.3	mg/kg	71.0

L.D.M.: límite de detección del método.

Resultados de Sedimento reportados en base seca.

**Resultados de campo proporcionados por el cliente				
Parámetro	Unidades	H-PG-1 20010377	H-PG-2 20010378	H-PG-3 20010379
**pH	unid. pH	8.70	9.25	8.50
**Temperatura	°C	28.5	28.1	28.0
**Conductividad	uS/cm	41	31	29
**Oxígeno Disuelto	mg/L	5.0	4.8	6.0
**SDT	mg/L	9	18	10

****Resultados proporcionados por el cliente, no forman parte del alcance de la acreditación.**

Lima, 22 de Enero del 2020.

Quim. Belbeth Y. Fajardo León
C.O.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

**EXPERTS
WORKING
FOR YOU**

* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

EPA: Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima

• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Página 3 de 3



CADENA DE CUSTODIA DE MONITOREO - DE AGUAS Y SUELOS

OS. 17-1370

adquisiciones@iiap.gob.pe

Cliente: Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana - IIAP **Contacto:** Adenka Estela Muñoz Ushnabug **E-mail:** adenka.munoz@gmail.com **Teléfono:** 986929421
Lugar: Madre de Dios **Empresa:** — **Planta:** — **Proyecto:** Recuperación de Áreas Degradadas

Carta/Cotización: Cotización N° 2019-11VG-60-2 **MUESTREO POR SAG** **MUESTREO POR CLIENTE** ☒

MUESTREO			PARAMETROS IN SITU			ANÁLISIS DE LABORATORIO			CÓDIGO DE LABORATORIO	DATOS ADICIONALES
PUNTO DE MUESTREO o CÓDIGO DEL CLIENTE	FECHA	HORA	TIPO DE MATRIZ	pH	CE	SDT	Metales			
H-PC-1	22/12/19	10:17	Sedimentos	28.9	26.250	4.9	126		20010374	
H-PC-2	22/12/19	11:40	"	28.2	9.9	151	52.80		20010375	
H-PC-3	22/12/19	12:58	"	28.8	8.8	103	54.50		20010376	
H-PG-1	22/12/19	17:02	"	28.5	8.7	41	50.9		20010377	
H-PG-2	22/12/19	18:03	"	28.1	9.25	31	48.18		20010378	
H-PG-3	22/12/19	18:15	"	28	8.5	29	60.10		20010379	

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES
RECIBIDO
07 ENE 2020
RECEPCIÓN DE MUESTRAS
SAG

Observaciones de Muestreo: El lugar de muestreo son pozas formadas por la actividad aurífera aluvial.

Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable del muestreo: Bozz Palomino Leon
Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable o Supervisor en campo: Adenka Estela Muñoz Ushnabug

Firma(s):
Firma(s):

Recibido en laboratorio: CA
Día/Hora: 11:40