

**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE  
DE DIOS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE**



**“EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LA CALIDAD DEL  
AGUA DE TRES POZAS FORMADAS POR TRABAJOS  
DE EXTRACCIÓN DE LA MINERÍA NO METÁLICA EN  
EL CENTRO POBLADO EL TRIUNFO DE LA REGIÓN  
DE MADRE DE DIOS – 2016”**

**Tesis presentada por:**

Bachiller: LUQUE QUINO, Elmo

**Para optar al Título Profesional de  
Ingeniero Forestal y Medio  
Ambiente**

**Asesora:** M.Sc: RODRÍGUEZ  
ACHATA, Liset.

Puerto Maldonado, 2018

**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE  
DE DIOS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE**



**“EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LA CALIDAD DEL  
AGUA DE TRES POZAS FORMADAS POR TRABAJOS  
DE EXTRACCIÓN DE LA MINERÍA NO METÁLICA EN  
EL CENTRO POBLADO EL TRIUNFO DE LA REGIÓN  
DE MADRE DE DIOS – 2016”**

**Tesis presentada por:**

Bachiller: LUQUE QUINO, Elmo

**Para optar al Título Profesional de  
Ingeniero Forestal y Medio  
Ambiente**

**Asesora:** M.Sc: RODRÍGUEZ  
ACHATA, Liset.

**Puerto Maldonado, 2018**

## **DEDICATORIA**

Esta investigación la dedico a mis padres por mi existencia, Luis A. y en especial a mi madre Alicia por su confianza y apoyo moral, y a mis hermanos, Liz, Carla, Vero y José. Por ser parte de mi vida hasta este momento, con todo mi cariño y consideración a todas las demás personas que me apoyaron incondicionalmente, para Ibeth.

## AGRADECIMIENTOS

Primero a los docentes de todas las especialidades de la UNAMAD en quienes aprendí, en especial a los docentes de mi carrera ingeniería forestal.

Esta investigación se concretó debido al apoyo de personas e instituciones a quienes menciono en reconocimiento e infinito agradecimiento.

A mi asesora de tesis: MSc. Liset Rodriguez Achata. Quien hizo una labor incansable en contribución a mi investigación.

Al PhD. Julio Araujo Flores, por su apoyo en mi investigación y motivarme personalmente en cumplir mis objetivos.

A mi amigo de siempre el Ing. Jorge Martin Pillaca Ortiz, por apoyarme incondicionalmente en diferentes etapas de mi investigación

Al Vice Rectorado de la UNAMAD, que a través de fondos concursables de apoyo a la investigación subsidiaron parte de los gastos de mi investigación.

Al personal del Laboratorio Regional Ambiental de la Universidad Amazónica de Madre de Dios por el espacio y por facilitar los equipos para el desarrollo de mi investigación y culminación de la tesis.

A mis amigos y colaboradores, Bozz, Adenka, Marcelino, Carlos, Javier y aquellas personas que considero importes en vida por su apoyo en el presente trabajo.

## PRESENTACIÓN

El presente trabajo de investigación está elaborado bajo las normas del esquema de presentación de informe de tesis establecido por la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios para obtener el título profesional de Ingeniero Forestal y Medio Ambiente. El estudio realizado proporciona información sobre el estado de los cuerpos de agua artificiales formados por la minería no metálica del centro poblado el Triunfo, distrito Las Piedras, provincia de Tambopata de la Región de Madre de Dios, se ejecutaron las evaluaciones de los indicadores fisicoquímicos, microbiológicos, macroinvertebrados bentónicos y riqueza en ictiofauna del agua, así como la concentración de metales en sedimentos de las pozas analizadas.

En este sentido se comparte un conocimiento a toda la comunidad interesada en el tema, que ayudará entender la problemática que la minería metálica y no metálica al formar estas pozas como parte de la explotación que realiza, está afectando al recurso hídrico en la Región de Madre de Dios.

Así mismo, el estudio promoverá la implementación de políticas regionales y nacionales sobre cuerpos de agua formadas artificialmente por minería; los cuales en muchos casos presentan mala calidad o están se encuentran contaminadas.

## RESUMEN

La investigación se desarrolló en el centro poblado el Triunfo de la Región de Madre de Dios, donde se evaluaron tres pozas artificiales encontradas en un predio agrícola, las que se formaron por extracción de minería no metálica. Se caracterizó como zona de terrazas bajas, suelos del tipo fluvisol – gleysol, clima cálido con lluvia abundante en todas las estaciones del año. Se determinaron parámetros fisicoquímicos, bacteriológicos y bioindicadores bentónicos, en la evaluación de coliformes totales solo la poza Topa (3500 NMP/100 ml) sobrepasa los estándares de calidad ambientales ECAs para ríos de selva categoría 4 (3000 NMP/100 ml). Los parámetros fisicoquímicos y los niveles de concentración de metales en sedimentos de los cuerpos de agua no sobrepasan los estándares de calidad ECAs para agua de ríos de selva categoría 4 y ECAs para suelo agrícola, respectivamente. El estudio de macroinvertebrados bentónicos mostró que la poza denominada Topa presenta un valor de BMWP de agua muy contaminada, seguida de las pozas Lagarto y Pato en la escala de fuertemente contaminadas. La evaluación de riqueza en icitiofauna de las tres pozas de estudio dio como resultado la predominancia de las órdenes de Chariciformes con (17 especies), también se encontraron peces de las órdenes Siluriformes (9 especies) y Percyiformes (4 especies). Las especies más comunes fueron *Triportheus angulatus* (10 capturas), *Cichlasoma boliviense kullander* (4 capturas), *Hypostomus sp* (1 captura), esta información contribuye a conocer las especies existentes en pozas formadas artificialmente por minería no metálica.

**Palabras Claves:** Parámetros fisicoquímicos, bentos, icitiofauna, metales pesados, coliformes fecales.

## ABSTRACT

The research was carried out in the Triunfo center of the Madre de Dios Region, where three artificial pools found in an agricultural land were evaluated, which were formed by extraction of non-metallic mining. It was characterized as a zone of low terraces, soils of the fluvisol - gleysol type, warm climate with abundant rain in all the seasons of the year. Physicochemical, bacteriological and benthic bioindicator parameters were determined, in the evaluation of total coliforms only the Topa well (3500 NMP / 100 ml) exceeds the environmental quality standards ECAs for category 4 rain rivers (3000 NMP / 100 ml). The physicochemical parameters and the concentration levels of metals in sediments of the bodies of water do not exceed the quality standards ECAs for water from rivers of forest category 4 and ECAs for agricultural land, respectively. The study of benthic macroinvertebrates showed that the well known as Topa has a highly polluted water BMWP value, followed by the Lagarto and Pato wells on the highly contaminated scale. The richness assessment in icitiofauna of the three study pockets resulted in the predominance of orders of Chariciformes with (17 species), fish of the Siluriformes orders (9 species) and Percyformes (4 species) were also found. The most common species were *Triporthus angulatus* (10 captures), *Cichlasoma boliviense* kullander (4 captures), *Hypostomus* sp (1 capture), this information helps to know the existing species in pools artificially formed by non-metallic mining.

**Key Words:** Physicochemical parameters, benthos, fish, heavy metals, fecal coliforms.

## INTRODUCCIÓN

El conocimiento de los cuerpos de agua de la región Neotropical se revela como una necesidad a nivel global que la sociedad debe afrontar. La principal cuenca del Neotropical, constituyen el principal reservorio de diversidad de agua continental del mundo, señalada como una región de alta prioridad para la conservación. No obstante, aun presenta muchas lagunas de conocimiento con el agravante de estar registrando un importante deterioro en las últimas décadas, producto de la expansión urbana, agrícola y la extracción descontrolada de los recursos naturales.

En el centro poblado el Triunfo de la Región de Madre de Dios debido a la construcción de la carretera interoceánica en el tramo Puerto Maldonado – Ñapari, se realizó extracción de minería no metálica, formándose pozas que en la actualidad se encuentran cerca de la periferia y en algunos casos los pobladores vienen realizando pesca artesanal en estos cuerpos de agua. Es por eso que surge la necesidad de realizar la evaluación ambiental de la calidad de agua de estas pozas y tener esta información como referente para poder correlacionar con pozas formadas por la actividad minero aurífero. Se hace preciso también la realización de estudios que apoyen la toma de decisiones e implementar políticas de manejo y que además permitan garantizar la continuidad de los recursos, cubriendo las necesidades proyectadas, con el fin de establecer bases para planeación dentro del marco de pozas periurbanas.



## ÍNDICE

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>i</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>ii</b>
<b>PRESENTACIÓN .....</b>	<b>iii</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT ....</b>	<b>v</b>
<b>INTRODUCCIÓN ....</b>	<b>vi</b>
<b>CAPÍTULO 1: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Descripción del problema .....	1
1.2 Formulación del Problema.....	2
1.2.1 Problema General.....	2
1.2.2 Problemas Específicos .....	2
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 Objetivo general.....	2
1.3.2. Objetivos específicos.....	2
1.4 Variable .....	3
1.4.1 Variable Independiente.....	3
1.5 Operacionalización de variables.....	4
1.6 Hipótesis.....	8
1.6.1 Hipótesis general.....	8
1.6.2 Hipótesis alterna.....	8
1.6.3 Hipótesis nula .....	8
<b>1.7 Justificación.....</b>	<b>8</b>
1.8 Consideraciones éticas.....	9

<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>12</b>
2.1 Antecedentes de estudio .....	12
2.2 Marco Teórico.....	17
2.2.1 El Agua .....	17
2.2.2 Estándares de calidad Ambiental (ECA).....	17
2.2.3 Límite Máximo Permisible (LMP) .....	18
2.2.4 Canteras .....	19
2.2.5 Parámetros Fisicoquímicos del agua .....	19
Fuente: Greenberg, Clesceri y Eaton (1992). .....	27
2.2.6 Indicadores bacteriológicos del agua .....	28
2.2.7 Plancton.....	29
2.2.8 Zooplancton.....	29
2.2.9 Fitoplancton .....	30
2.2.10 Indicadores biológicos del agua .....	30
Fuente: Ortega et al. (2012). .....	35
2.3 Definición de términos .....	35
2.3.1 Especie.....	35
2.3.2 Cadena de custodia.....	35
2.3.3 Índices bióticos .....	35
2.3.4 Índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) .....	35
2.3.5 Índice BMWP-CR (Biological Monitoring Working Party modificado para Costa Rica).....	36
2.3.6 Índices de diversidad .....	36
2.3.7 Shannon-Wiener (log2).....	36
2.3.8 Equitabilidad de Pielou's (J') .....	36
2.3.9 Red Surber .....	36

2.3.10 Riqueza de especies .....	37
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>38</b>
3.1 Tipo de estudio .....	38
3.1.1. Localización Geográfica .....	38
3.1.2. Caracterización del medio .....	39
3.2 Diseño del estudio .....	46
3.3 Población y muestra .....	47
3.3.1. Población .....	47
3.3.2. Muestra.....	47
3.4 Métodos y técnicas .....	48
3.4.1 Metodología de Muestreo .....	48
3.4.2 Metodología del análisis fisicoquímico del agua .....	53
3.4.2.1 Temperatura del agua .....	53
3.4.2.6 Dureza total del agua .....	56
3.4.3 Metodología de análisis de metales pesados .....	61
3.4.4 Metodología de análisis de bioindicadores .....	61
3.5 Tratamiento de los datos .....	62
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>63</b>
<b>4.1. Resultados de parámetros fisicoquímicos de agua, metales pesados en agua y sedimento y bioindicadores .....</b>	<b>63</b>
<b>4.1.1 Parámetros Físico-químicos de agua .....</b>	<b>63</b>
<b>4.1.2 Metales en sedimento .....</b>	<b>71</b>
<b>4.2.3. Parámetros bacteriológicos.....</b>	<b>77</b>
<b>4.2.3. Indicadores de calidad de agua.....</b>	<b>80</b>
<b>4.2.3.1. Macroinvertebrados bentónicos .....</b>	<b>80</b>
<b>4.2.3.2. Plancton .....</b>	<b>84</b>

<b>4.2.3. Riqueza en ictiofauna</b> .....	<b>90</b>
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>93</b>
<b>SUGERENCIAS</b> .....	<b>96</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>97</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>102</b>
Anexo 1: Matriz consistencia .....	102
Problemas Específicos .....	102
Anexo 2: Instrumento.....	104
Anexo 3: Solicitud de autorización para realización de estudio .....	119
Anexo 4: Ficha de validación .....	121
Anexo 5: Fotografías de la secuencia de estudio .....	134

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de las tres pozas de estudio. ....	39
Figura 2. Mapa hidrográfico del área de estudio. ....	40
Figura 3. Mapa de curvas de nivel del área de estudio. ....	41
Figura 4. Mapa del tipo de suelo del área de estudio. ....	42
Figura 5. Mapa fisiográfico del área de estudio. ....	43
Figura 6. Mapa del tipo de clima del área de estudio. ....	44
Figura 7. Mapa del tipo de vegetación del área de estudio. ....	45
<i>Figura 8.</i> Valores promedios de pH de las tres pozas de estudio comparando con el Estándar de Calidad Ambiental para agua superficial de ríos de selva. ....	65
<i>Figura 9.</i> Valores promedios de Sólidos totales disueltos de las tres pozas de estudio comparando con el Estándar de Calidad Ambiental para agua superficial de ríos de selva. ....	65
<i>Figura 10.</i> Valores promedios de conductividad de las tres pozas de estudio comparando con el Límite máximo permisible. ....	66
<i>Figura 11.</i> Valores promedios de oxígeno disuelto de las tres pozas de estudio comparando con el Estándar de Calidad Ambiental para agua superficial de ríos de selva. ....	67
<i>Figura 12.</i> Valores promedios de Alcalinidad de las tres pozas de estudio. ....	67
<i>Figura 13.</i> Valores promedios de dureza de las tres pozas de estudio comparando con el Límite máximo permisible. ....	68
<i>Figura 14.</i> Valores promedios de cloruro de las tres pozas de estudio comparando con el Límite máximo permisible. ....	68
<i>Figura 15.</i> Valores promedios de turbiedad de las tres pozas de estudio comparando con el Límite máximo permisible. ....	69

<i>Figura 16.</i> Valores promedios de aceites y grasas de las tres pozas de estudio comparando con el Estándar de Calidad Ambiental para agua superficial de ríos de selva.....	70
<i>Figura 17.</i> Valores promedios de nitratos de las tres pozas de estudio comparando con el Estándar de Calidad Ambiental para agua superficial de ríos de selva.....	70
<i>Figura 18.</i> Valores promedios de concentración de Arsénico en las tres pozas de estudio comparando con los Estándares de Calidad Ambiental para suelo agrícola. ....	73
<i>Figura 19.</i> <i>Valores promedios de concentración de Bario en las tres pozas de estudio comparando con los Estándares de Calidad Ambiental para suelo agrícola.</i> .....	74
<i>Figura 20.</i> Valores promedios de concentración de Cadmio en las tres pozas de estudio comparando con los Estándares de Calidad Ambiental para suelo agrícola. ....	74
<i>Figura 21.</i> Valores promedios de concentración de Cromo en las tres pozas de estudio. ....	75
<i>Figura 22.</i> Valores promedios de concentración de Mercurio en las tres pozas de estudio comparando con los Estándares de Calidad Ambiental para suelo agrícola. ....	75
<i>Figura 23.</i> Valores promedios de concentración de Plomo en las tres pozas de estudio comparando con los Estándares de Calidad Ambiental para suelo agrícola. ....	76
<i>Figura 24.</i> Valores promedios de Coliformes Termotolerantes de las tres pozas de estudio comparando el Estándar de Calidad Ambiental para agua superficial de ríos de selva. ....	79
<i>Figura 25.</i> Valores promedios de Coliformes Totales de las tres pozas de estudio comparando el Estándar de Calidad Ambiental para agua superficial de ríos de selva.....	80

<i>Figura 26.</i> Índice de riqueza de bentos (macroinvertebrados) en las pozas de estudio. ....	81
<i>Figura 27.</i> Índice de abundancia de bentos (macroinvertebrados) en las pozas de estudio. ....	82
<i>Figura 28.</i> Índices de abundancia y riqueza de fitoplancton en las pozas de estudio. ....	85
<i>Figura 29.</i> Índices de abundancia y riqueza de fitoplancton en las pozas de estudio. ....	86
<i>Figura 30.</i> Índice total especímenes de fitoplancton en las pozas de estudio. ....	88
<i>Figura 31.</i> Índice total especímenes de zooplancton en las pozas de estudio. ....	89
<i>Figura 32.</i> Índices de abundancia y riqueza de ictiofauna en las pozas de estudio. ....	90
<i>Figura 33.</i> Índices biológicos de diversidad y equidad de ictiofauna en las tres pozas de estudio. ....	91
<i>Figura 34.</i> Distribución taxonómica de las especies de peces agrupada por órdenes. ....	92
<i>Figura 35.</i> Solicitud de servicios analíticos a EMAPAT. ....	105
<i>Figura 36.</i> Preservación, consideración y traslado de las muestras para el análisis. ....	106
<i>Figura 37.</i> Guía de Bioindicadores para la evaluar la calidad de agua en Madre de Dios-Perú-A. ....	107
<i>Figura 38.</i> Guía de Bioindicadores para la evaluar la calidad de agua en Madre de Dios-Perú-B. ....	108
<i>Figura 39.</i> Guía de Bioindicadores para la evaluar la calidad de agua en Madre de Dios-Perú-C. ....	109
<i>Figura 40.</i> Guía de Bioindicadores para la evaluar la calidad de agua en Madre de Dios-Perú-D. ....	110

Figura 41. Guía de Bioindicadores para la evaluar la calidad de agua en Madre de Dios-Perú-E. ....	111
Figura 42. Guía de Bioindicadores para la evaluar la calidad de agua en Madre de Dios-Perú-F.....	112
Figura 43. Guía de Identificación de peces-A. ....	113
Figura 44. Guía de Identificación de peces-B. ....	114
Figura 45. Guía de Identificación de peces-C.....	115
Figura 46. Guía de Identificación de peces-D.....	116
Figura 47. Guía de Identificación de peces-E. ....	117
Figura 48. Guía de Identificación de peces-F. ....	118
Figura 49. Resolución que aprueba el proyecto de tesis. ....	119
Figura 50. Resolución que aprueba el proyecto de tesis. ....	120
Figura 51. Estándares de calidad ambiental para agua.....	121
Figura 52. Estándares de calidad ambiental para agua.....	121
Figura 53. Estándares de calidad ambiental para suelo. ....	122
Figura 54. Análisis bacteriológico de la poza Topa.....	123
Figura 55. Análisis bacteriológico de la poza Lagarto.....	124
Figura 56. Análisis bacteriológico de la poza Pato.....	125
Figura 57. Análisis cualitativo y cuantitativo de Plancton de las tres pozas de estudio. ....	126
Figura 58. Análisis físico químico y metales pesados de las tres pozas de estudio .....	127
Figura 59. Análisis físico químico y metales pesados de las tres pozas de estudio. ....	128
Figura 60. Informe de identificación de peces de las tres pozas de estudio. ....	129
Figura 61. Constancia de identificación de Material Biológico. ....	130



Figura 62. Identificación de Macroinvertebrados acuáticos (Bentos) de la poza Topa.....	131
Figura 63. Identificación de Macroinvertebrados acuáticos (Bentos) de la poza Lagarto.....	132
Figura 64. Identificación de Macroinvertebrados acuáticos (Bentos) de la poza Pato. ....	133

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Operacionalización de la variable de estudio .....	4
<b>Tabla 2.</b> Índices de dureza del agua.....	27
<b>Tabla 3.</b> Resumen por órdenes con número de familias, géneros y especies de peces nativos de aguas .....	34
<b>Tabla 4.</b> Coordenadas UTM del centro de las pozas a evaluar .....	38
<b>Tabla 5.</b> Número de muestras para parámetros fisicoquímicos.....	47
<b>Tabla 6.</b> Estaciones de muestreo para agua, sedimentos, macroinvertebrados (bentos), plancton, peces, coliformes totales y termotolerantes .....	48
<b>Tabla 7.</b> <i>Resultados de los parámetros fisicoquímicos del agua</i> .....	63
<b>Tabla 8.</b> <i>Resultados de análisis de metales en sedimento</i> .....	71
<b>Tabla 9.</b> <i>Aplicación estadística en la concentración promedio de metales en muestras de sedimento de las pozas estudiadas</i> . .....	77
<b>Tabla 10.</b> <i>Parámetros bacteriológicos</i> .....	77
<b>Tabla 11.</b> <i>Resultados de bentos en las pozas de estudio</i> .....	80
<b>Tabla 12.</b> <i>Índices biológicos de abundancia, riqueza, diversidad y equidad de bentos en las tres pozas de estudio</i> .....	81
<b>Tabla 13.</b> <i>Índice biótico Modificado para Colombia (índices BMWP)</i> .....	83
<b>Tabla 14.</b> <i>Resultado de la calidad del agua por medio bioindicadores (bentos) en las pozas de estudio</i> .....	83
<b>Tabla 15.</b> <i>Valores de % de taxas indicadoras de ambiente acuático saludable EPT</i> .....	84
<b>Tabla 16.</b> <i>Índices de diversidad de fitoplancton en las pozas de estudio</i> ....	84
<b>Tabla 17.</b> <i>Índices de diversidad de zooplancton en las pozas de estudio</i> ...	85
<b>Tabla 18.</b> <i>Especies de fitoplancton en las pozas de estudio</i> .....	86
<b>Tabla 19.</b> <i>Especies de zooplancton en las pozas de estudio</i> .....	88

<b>Tabla 20.</b> <i>Índices biológicos de abundancia, riqueza, diversidad y equidad de ictiofauna en las tres pozas de estudio</i> .....	90
<b>Tabla 21.</b> Cadena de custodia para determinar muestras al momento de monitoreo .....	104

## **CAPÍTULO 1: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1 Descripción del problema**

“El conocimiento de los cuerpos de agua de la región Neotropical se revela como una necesidad a nivel global que la sociedad debe afrontar. La principal cuenca del Neotropical, constituyen el principal reservorio de diversidad de agua continental del mundo, señalada como una región de alta prioridad para la conservación. No obstante, aun presenta muchas lagunas de conocimiento con el agravante de estar registrando un importante deterioro en las últimas décadas, producto de la expansión urbana, agrícola y la extracción descontrolada de los recursos naturales” (Araújo Flores, 2015, p. 7).

En el centro poblado el Triunfo de la Región de Madre de Dios debido a la construcción de la carretera interoceánica en el tramo Puerto Maldonado – Iñapari, se realizó extracción de minería no metálica, formándose pozas que en la actualidad se encuentran cerca de la periferia y en algunos casos los pobladores vienen realizando pesca artesanal en estos cuerpos de agua. Es por eso que surge la necesidad de realizar la evaluación ambiental de la calidad de agua de estas pozas y tener esta información como referente para poder correlacionar con pozas formadas por la actividad minero aurífero. Se hace preciso también la realización de estudios que apoyen la toma de decisiones e implementar políticas de manejo y que además permitan garantizar la continuidad de los recursos, cubriendo las necesidades proyectadas, con el fin de establecer bases para planeación dentro del marco de pozas periurbanas. Según lo mencionado se propone la siguiente pregunta:

## **1.2 Formulación del Problema**

### **1.2.1 Problema General**

¿Cuál es la calidad ambiental del agua de las pozas formadas por trabajos de extracción de la minería no metálica en el centro poblado el Triunfo de la Región de Madre de Dios?

### **1.2.2 Problemas Específicos**

P-1: ¿Cuáles serán los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de tres pozas de agua formadas por trabajos de extracción de la minería no metálica?

P-2: ¿Cuáles serán los niveles de concentración de metales en sedimentos de tres pozas de agua formadas por trabajos de extracción de la minería no metálica?

P-3: ¿Cuál será el rango de los bioindicadores de la calidad del agua y la cantidad de riqueza en icitiofauna de tres pozas formadas por trabajos de extracción de la minería no metálica?

P-4: ¿Cuál será el nivel de contaminación de los parámetros Físico-químicos de agua y metales pesados en sedimentos de tres pozas formadas por minería no metálica?

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general**

Realizar la evaluación ambiental de la calidad del agua de tres pozas formadas por trabajos de extracción de la minería no metálica en el centro poblado el Triunfo de la Región Madre de Dios entre la época de transición seca a lluviosa.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Evaluar los parámetros Físico-químicos y bacteriológicos de tres pozas de agua formadas por trabajos de extracción de la minería no metálica.

- Evaluar los niveles de concentración de metales en sedimentos de tres pozas de agua formadas por trabajos de extracción de la minería no metálica.
- Evaluar los Bioindicadores de la calidad del agua y riqueza en icitiofauna de tres pozas formadas por trabajos de extracción de la minería no metálica.
- Determinar si el nivel de contaminación de los parámetros Físico-químicos de agua y metales pesados en sedimentos de tres pozas formadas por minería no metálica están por encima de los ECAs para zonas de selva.

## **1.4 Variable**

### **1.4.1 Variable Independiente**

Calidad de agua: Se refiere a las características químicas, físicas, biológicas del agua. Es una medida del estado del agua en relación con los requisitos de una o más especies bióticas o a cualquier necesidad humana o propósito.

## 1.5 Operacionalización de variables

**Tabla 1.** Operacionalización de la variable de estudio

Variable	Definición concepto	Definición operacional	Dimensiones		Definición de concepto	Indicadores	Unidad de medida	Escala	Valor final	
Calidad de agua	Calidad del agua se refiere a las características químicas, físicas, biológicas y radiológicas del agua. Es una medida de la condición del agua en relación con los requisitos de una o más especies bióticas o a cualquier necesidad humana o propósito.	Cuerpos de agua dejado por la actividad minera no metálica	Físico	Químico	Agua	Sustancia líquida que abunda en la Tierra y es la única que se encuentra en la atmósfera en estado líquido, sólido y gaseoso	Cd	ppm	Intervalo numérico	0,004 mg/L
							Cr			0,05 mg/L
Ni	0,025 mg/L									
As	0,05 mg/L									
Cu	0,02 mg/L									
Pb	0,001 mg/L									
Hg	0,0001 mg/L									
						Conductividad eléctrica	dS/m		≤25-100mg/L	
						pH				
						Materia Orgánica	ppm			
						Turbiedad	UNT			
						Temperatura	°C			
						Sólidos Totales	ppm			

				Sólidos Totales en suspensión.	ppm				
				Sólidos Totales disueltos.			500 mg/L		
			Sedimento	Conjunto de partículas sólidas que queda depositado en el fondo del recipiente que contiene un líquido,	Cd Cr Ni As Cu Pb Hg	Intervalo numérico   ppm	0,004 mg/L 0,05 mg/L 0,025 mg/L 0,05 mg/L 0,02 mg/L 0,001 mg/L 0,0001 mg/L		
			Micro biológico	Plancton (Fitoplancton)	Conjunto de los organismos acuáticos autótrofos del plancton, que tienen capacidad fotosintética y que viven dispersos en el agua se encuentra en la base de la cadena alimentaria de los ecosistemas acuáticos, ya que sirve de alimento a organismos mayores;	Número de Especies	Nº de capturas	Intervalo numérico	%
						Abundancia Shannon-Wiener (H')	Nº de cel./ml Decits/individuo		% 2,4-2,5 = crítico 4,5 = estándar
					Equidad de Pielou J'				
					BMWP/Col				



			es decir realiza la parte principal de la producción primaria en los ambientes acuáticos,	Número de Especies			
	Plancton (Zooplancton)	Conjunto de organismos exclusivamente animales que forman parte del plancton. "en el zooplancton se pueden distinguir protozoos, pequeños crustáceos, medusas, gusanos y moluscos, así como huevos y larvas de muchas especies animales".	Abundancia	N° de capturas	%		
			Shannon-Wiener (H')	N° de cel./ml	%		
			Equidad de Pielou J'	Decits/individuo	2,4-2,5 = crítico		
			BMWP/Col		4,5 = estándar		
				Shan/ind.	0 - 1		
	Biológico Ictiofauna	Conjunto de especies de peces que existen en una determinada región biogeográfica.		N° de especies	Intervalo numérico		
			Riqueza de Especies	N° de capturas		2,4-2,5 = crítico	=
			Abundancia	Decits/individuo		4,5 estándar	=

				Bentos	Comunidad formada por los organismos que habitan el fondo de los ecosistemas acuáticos que están fijos, hundidos o desplazándose por la superficie que forman las comunidades bentónicas	Riqueza de Especies	N° de especies	Intervalo numérico	
						Abundancia	N° de capturas		
						Shannon-Wiener (H')	Decits/individuo		2,4-2,5 = crítico
						Equidad de Pielou J'			4,5 = estándar
						BMWP/Col	Shan/ind.		0 – 1

Fuente: Elaboración propia.

## **1.6 Hipótesis**

### **1.6.1 Hipótesis general**

Existen parámetros de calidad de agua y presencia de metales pesados que evidencian la contaminación de las pozas formadas por trabajos de extracción de la minería no metálica en el centro poblado el Triunfo de la Región Madre de Dios entre la época de transición seca a lluviosa.

### **1.6.2 Hipótesis alterna**

Hi: Los niveles de los parámetros de calidad de agua y presencia de metales pesados en sedimentos de las pozas formadas por trabajos de extracción de la minería no metálica en el centro poblado el Triunfo, no sobrepasan los valores establecidos en los estándares de calidad ambiental (ECAs), categoría 4 para ríos de selva.

### **1.6.3 Hipótesis nula**

H<sub>0</sub>: Los niveles de los parámetros de calidad de agua y presencia de metales pesados en sedimentos de las pozas formadas por trabajos de extracción de la minería no metálica en el centro poblado el Triunfo, sobrepasan los valores establecidos en los estándares de calidad ambiental (ECAs), categoría 4 para ríos de selva.

## **1.7 Justificación**

En el centro poblado el Triunfo de la Región de Madre de Dios debido a la construcción de la carretera interoceánica en el tramo Puerto Maldonado – Ñapari, se realizó extracción de minería no metálica, formándose pozas que en la actualidad se encuentran cerca de la periferia y en algunos casos los pobladores vienen realizando pesca artesanal en estos cuerpos de agua. Es por eso que surge la necesidad de realizar la evaluación ambiental de la calidad de agua de estas pozas y tener esta información como referente para poder correlacionar con pozas formadas por la actividad minero aurífero. Se hace preciso también la realización de estudios que apoyen la toma de decisiones e implementar políticas de manejo y que además permitan garantizar la continuidad de los recursos, cubriendo las necesidades

proyectadas, con el fin de establecer bases para planeación dentro del marco de pozas periurbanas.

Ante esta situación, el compromiso académico será considerado relevante, ya que partirá de los efectos observados y se comprobará con el estudio de las causas del estado actual de la calidad del agua de las pozas, determinándose en qué grado de contaminación. Esta valoración nos proporcionará elementos reales, para la verificación de los riesgos ambientales, lo que nos permitirá la toma de decisiones de concienciación de todos los usuarios de este recurso hídrico, teniendo como meta que se minimice los impactos ambientales.

### **1.8 Consideraciones éticas**

En la investigación fue importante contar con el permiso de colecta otorgado por el dueño del predio agrícola. Fue necesario revisar previamente la normatividad ambiental para las actividades que se llevaron a cabo en el estudio, con el fin de conocer la reglamentación a seguir para la realización de las recolectas. “Los permisos de colecta son de carácter obligatorio y están destinados para personas, investigadores y recolectores científicos que realizan actividades de investigación y recolecta científica, vinculadas a instituciones de investigación y aquellos con trayectoria en la aportación de información para el conocimiento de la biodiversidad nacional. Es importante también contar con información sobre el estado de conservación de una determinada especie y de sus hábitats. Es necesario que previo a la recolecta y en su caso, experimentación con animales, los investigadores o usuarios de animales, necesitan conocer las bases éticas que involucran la experimentación y el manejo de los mismos” (De la Rosa et al., 2013, p. 47). Navarro, Ramírez y Villagrán (2012), este conocimiento permite cumplir con los objetivos de la investigación.

“La colecta se define como una actividad que consiste en la captura o extracción temporal o definitiva de material biológico del medio silvestre, con propósitos no comerciales, para la obtención de información científica básica, integración de inventarios o para incrementar los acervos de las colecciones

científicas” (De la Rosa et al., 2013, p. 48). En la práctica científica, es un procedimiento muy común y de gran beneficio para la generación de conocimiento científico. “Esta actividad debe estar apegada a las normas éticas; es importante que los docentes formen a sus estudiantes con una cultura ética hacia los animales. Así, las recolectas que se realicen deberán ser justificadas con propósitos científicos y de enseñanza, con una perspectiva razonable” (Lorenzo et al., 2006).

En el estudio se consideraron también los siguientes puntos:

1. “Realizar la recolecta siguiendo fielmente el protocolo establecido. En ocasiones, no se siguen los procedimientos establecidos en el protocolo, debido a la poca experiencia, al poco tiempo, al mal clima, la geografía del lugar o a la poca información de ciertas especies. En la medida de lo posible, hay que tratar de apegarse a los métodos establecidos, sin improvisación, con el fin de asegurar una recolecta efectiva. La recolecta de ejemplares no debe impactar a las poblaciones de los organismos y se deben atender las particularidades de cada especie. En varios casos, si se detecta a una hembra gestante, no debe recolectarse porque esto incide negativamente en la población” (De la Rosa et al., 2013, p. 48).

2. “Respetar los objetivos planteados. Las recolectas deben realizarse con criterios, responsabilidad y claridad. De preferencia, deben ser debidamente avaladas por una institución académica o de investigación con registro oficial (Ej. Organización no gubernamental). Es importante no exceder el número de recolectas previstas, ni aumentar el esfuerzo de muestreo, evitar en lo posible disturbios en el área de estudio y perturbar lo menos posible las poblaciones naturales. Para esto es necesario el entrenamiento adecuado del personal que desarrollen la recolecta y de esta forma usar el tiempo de manera efectiva” (Hudson 2005, Lorenzo et al. 2006, Falconi et al. 2010).

3. “Ser específico en la recolecta. No deben recolectarse especies que no hayan sido contempladas originalmente en los objetivos del proyecto, (aun cuando los ejemplares sean muy atractivos) no sólo por el derecho a la vida

que tienen los organismos, sino también porque la ausencia de ellos podría causar un desequilibrio ecológico. En ocasiones, hay especies vinculadas y es necesario respetar la recolecta íntegra de la de mayor interés, por lo que se requiere contar con la ayuda de especialistas que puedan distinguir entre ejemplares similares de un mismo grupo. En una recolecta se debe obtener el mayor conocimiento posible de una cantidad mínima de ejemplares, por lo que no se deberán capturar más individuos de los necesarios (de acuerdo a lo que determine el investigador o docente y siempre y cuando las metas del estudio se puedan cumplir) y se deberán utilizar métodos de recolecta específicos para cada especie” (De la Rosa et al., 2013, p. 48).

4. “Establecer protocolos de manipulación claros y entendibles para el manejo de la especie para su traslado del campo al laboratorio. Es necesario apoyarse en guías de información actualizada y material didáctico necesario para la manipulación de los individuos. Los métodos de captura deben promover, en la medida de lo posible, la conservación de las especies y sus hábitats. Deben considerarse el manejo y monitoreo de animales y los cuidados que deben tomarse en cuenta para su transporte” (De la Rosa et al., 2013, p. 48).

“En el caso de organismos recolectados que deban sacrificar inmediatamente, deben considerarse el uso de reactivos, condiciones de preservación, traslado de contenedores, etc. También deben establecerse los métodos de sacrificio mediante procedimientos no dolorosos” (De la Rosa et al., 2013, p. 48).

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Antecedentes de estudio**

Araújo Flores (2015, p. 7), caracterizó la biodiversidad acuática en la cuenca andino-amazónica de Madre de Dios – Perú, donde recopiló toda la información referente a los cuerpos de agua y recursos hidrobiológicos generados en el área de estudio en primer término y en un segundo lugar se propuso caracterizar los cuerpos de agua de la región. Para ello se recorrió la geografía de la región de Madre de Dios, cubriendo las principales cuencas y hábitats más significativos desde el año 2009 hasta la actualidad [el autor escribe en 2015].

Así mismo, Araújo Flores (2015), realizó una descripción de la diversidad de los cuerpos de agua, diagnosticando su estado de conservación, explicado a través de las variables ambientales registradas y su ensamblaje con las comunidades de peces. Puntualmente se presentaron estudios más detallados en lugares menos extensos donde se aumentó el esfuerzo de muestreo incorporando además un mayor número de parámetros abióticos (metales pesados) y otras comunidades acuáticas (macroinvertebrados, plancton y perifiton). Por un lado se presenta el estudio de los cuerpos de agua del entorno de la capital del departamento, que concentra la mayor parte de la población, Puerto Maldonado y por otro lado se propone un plan de monitoreo participativo dentro de un área natural protegida (ANP) gestionada por el estado, la Reserva Comunal Amarakaeri y administrada parcialmente por la etnia nativa que considera esta área de conservación parte de su territorio ancestral. Este trabajo concluyó con una elevada diversidad de especies de peces, describiendo las peculiaridades de las diferentes comunidades, relacionadas con los ecosistemas y su distribución a lo largo de los gradientes altitudinal, horizontal (ríos, tributarios y lagos), y tipos de masas de agua (clara, negra y blanca). El estudio detectó lugares con diferentes niveles de impacto ambiental e identificó las características observadas en las comunidades acuáticas que caracterizan ese impacto” (p.8).

Araújo Flores (2015), “el estudio describió especies clave que pueden ayudar a diagnosticar el estado de conservación de los cuerpos de agua. Se propuso un grupo de especies siguiendo criterios de dispersión geográfica, otras tolerantes a la degradación del medio y por último especies sensibles que se relacionan con cuerpos de agua bien conservados. De las 528 especies que se reportaron en el estudio, se estima que 22 especies fueron nuevos reportes para Perú y varias especies potencialmente nuevas para la ciencia principalmente en el piedemonte y en el bosque inundable. Las comunidades en el piedemonte resultaron menos diversas pero completamente diferentes que en la llanura. En humedales de difícil acceso en el interior del bosque de llanura en selva baja (aguajales y charcos temporales), también se constató un vacío de información y déficit en el conocimiento de la taxonomía de las especies al igual que en el piedemonte” (p. 163).

Quispe Aquino (2015), “realizó la 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, en 6 pozas, al final de la época de estiaje, se analizaron in situ algunos parámetros fisicoquímicos, y las determinaciones de metales en agua, sedimentos así como los bioindicadores del índice de calidad del agua se analizaron en laboratorios. Encontró que la mayor contaminación en estos cuerpos de agua fue por plomo (Pb) con 0,01 ppm sobrepasando los estándares de calidad del agua ECAs para aguas de nivel 4 (aguas de río de selva), y en sedimentos los metales que evaluaron: arsénico As con 5,90 ppm, Cd con 4,09 ppm, cobre Cu con 29,26 ppm, mercurio 7,65 ppm, plomo 13,51 ppm, excediendo los niveles metales pesados tóxicos en sedimentos de carácter tóxico según los estándares de la agencia para la protección ambiental de los Estados Unidos (USEPA)” (p.7).

“En el estudio de los macro invertebrados contabilizó 1157 especímenes de 47 especies colectadas en época de lluvia en las pozas de estudio en el sector de 28 de Julio de la comunidad nativa de Tres Islas, distribuidas en; 4 phylum (Annelida, Arthropoda, Mollusca y Platyhelminthes), 6 Clases, 11 Órdenes y 35 familias. Se observa mayor índice de especies en las pozas uno, dos y tres



con especies: Haplotaxidae, Brasilocaenis, Tenagobia, Chaoborus, Denopelopia. Las especies encontradas permiten la colonización y permanencia del bentos. Los principales factores que controlan la distribución y la colonización de la biota acuática en aguas detenidas o loticas, la profundidad o altura del agua, régimen lumínico y de temperatura, pH, conductividad eléctrica y sobre todo estabilidad del sustrato” (Quispe Aquino, 2015, p. 72).

“Se contabilizo para fitoplancton 61600 especímenes de los 38 especies distribuidas en: 6 Phylum (Bacillariophyta, Charophyta, Chlorophyta, Cyanophycota, Euglenophycota y Dinophyta), 6 clases, 11 órdenes y 14 familias. Para zooplancton se contabilizó 8600 especímenes de las 22 especies encontradas en las pozas dejadas por la minería aurífera en la comunidad nativa de Tres Islas, distribuidas en: 4 Phylum (Arthropoda, Lobosa, Rotifera y Ciliophora), 6 clases, 7 órdenes y 15 familias. En Fitoplancton, encontró con mayor proporción de especies en: Trachelomonas sp., Lepocinclis sp., Euglena acus. Los índices obtenidos para fitoplancton relacionó con el tiempo de residencia del agua de tal forma que la biomasa de plancton está directamente relacionada con la edad de la poza y viendo los niveles de inundación por factores de lluvia, cuatro pozas presentaron mayor proporción en abundancia y riqueza de especies y dos pozas las más antiguas sufrieron eutrofización por la naturaleza de la zona (inundable)” (Quispe Aquino, 2015, p. 75).

“Para zooplancton, hallo con mayor proporción de especímenes en dos pozas de estudio. Las especies más representativas fueron: Trichocerca sp., Microcyclops sp., Thermocyclops minutus. Así mismo se observó un aumento en los niveles de abundancia en tres pozas las menos antiguas menor proporción de abundancia y riqueza de especies. Los protozoarios (Cyclopoida, Colanoida y Ploima) fueron dominantes en todas las pozas exceptuando dos pozas. La presencia de mayor proporción de especies en todas las pozas de estudio relacionó con la disponibilidad de materia orgánica en el medio acuático” (Quispe Aquino, 2015, p. 77).

Barra Polanco (2015), evaluó “la calidad del agua en nueve quebradas Infierno V, Infierno , La Joya, La Colina, Santa Rosario, East Santa Rosa, Central Santa Rosa, West Santa Rosa y mazuko en el tramo carretero Puerto Maldonado-Mazuko, departamento de Madre De Dios, mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos, mediante el método "Paquete de Hojas". El objetivo del estudio fue evaluar la calidad del agua en nueve quebradas en el tramo carretero Puerto Maldonado-Mazuko en relación a los diferentes usos de suelos de las áreas circundantes a las quebradas. Asimismo, se identificaron un total de 10053 individuos, pertenecientes a 51 familias, 13 órdenes y 7 clases. El índice de diversidad de Shannon-Wiener mas alto lo presentaron las quebradas West Santa Rosa y Santo Rosario (SRO) con una valor de 2,248 y 2,218 respectivamente, el mayor índice de dominancia fue para la quebrada Mazuko con 0,427, siendo la clase Oligochaeta más abundante. Los índices bióticos EPT y BMWP'-CR mostraron que las quebradas La Joya, Central Santa Rosa, Mazuko, Infierno V e Infierno 111 presentan una mala calidad de agua, esto se ve afectado por los diversos usos de suelos de las áreas circundantes a las mismas, como urbanización y agricultura. Para las quebradas Santo Rosario e East Santa Rosa de acuerdo a ambos índices presentan excelente calidad de agua, debido a que no se observan agentes antrópicos que estén alterando el medio acuático” (p. 4).

Araujo et al. (2014), “estudiaron la biodiversidad de masas de agua sometidas a diferente presión antrópica en el entorno de un área urbana de la amazonia peruana (Puerto Maldonado, Madre de Dios). Evaluaron también el efecto de los impactos humanos sobre estos ecosistemas y su biodiversidad los que han sido poco abordados en la literatura científica. En este trabajo se analizaron las características limnológicas básicas de ocho cuerpos de agua (quebradas, aguajales, un lago y ríos) sometidos a diferente presión humana (tres localidades expuestas a vertidos urbanos directos y cinco libres de este impacto, algunas incluso prístinas), en la cuenca del río Madre de Dios, en la Amazonia peruana. Se estudiaron siete parámetros físico-químicos del agua y la estructura de sus principales comunidades acuáticas: fitoplancton, zooplancton, macroinvertebrados y peces, con el objetivo general de verificar

en qué medida cada uno de estos factores es sensible a los impactos humanos. Los muestreos se realizaron en dos épocas del año (lluviosa: diciembre 2011 y transición a época seca: mayo 2012). Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que solo las coliformes totales, así como la riqueza específica y diversidad de Shannon (H') para la comunidad de peces fueron sensibles al impacto derivado del vertido de aguas residuales urbanas. En el primer caso se produjo un aumento de los coliformes en las localidades urbanas en periodo de lluvias, mientras que S y H' sufrieron una reducción significativa en estas localidades, con una menor importancia relativa del periodo del año” (p.17).

Según la DIGESA<sup>1</sup> (como se citó en Patilla, 2015, p. 19), “encontró que en el río Tambopata a la altura de la playa Hawái, donde los pobladores de Puerto Maldonado realizan actividades recreativas, la presencia de coliformes fecales fue de aproximadamente 1400 NMP (número de partículas en 100 ml), muy superior, 7 veces más que los estándares nacionales de calidad ambiental para el agua, que señalan que el Límite Máximo Permitido es de 200 NMP”.

Según el INRENA<sup>2</sup>-IANP<sup>3</sup> (como se citó en Patilla, 2015, p. 19), “se encontraron sólidos de suspensión en un rango de 5 – 3342 mg/L, Sólidos Disueltos 5 – 11,6 ppm, pH 6,9 – 7,8 y Oxígeno Disuelto 6,6 – 7,3 mg/L en el río Malinowsky un afluente principal del río Tambopata”. Asimismo, según la DIGESA (como se citó en Patilla, 2015, p. 19), “encontraron en el río Tambopata y Malinowsky una concentración promedio de mercurio 0,0001 µg/Kg en ambos ríos.

Según la ANA (como se citó en Patilla, 2015, p. 19), un “informe técnico de la calidad de agua realizado en la cuenca minera, reporto varios incidentes que superaron los niveles máximos permitidos de los metales pesados Mercurio, Níquel y Cobre. Es muy inusual detectar un metal pesado en suspensión en agua-siendo más habitual en sedimentos aluviales debido a que su elevado

---

<sup>1</sup> DIGESA: Dirección General de Salud Ambiental.

<sup>2</sup> INRENA: Instituto Nacional de Recursos Naturales.

<sup>3</sup> IANP: Intendencia de Áreas Naturales Protegidas.

peso específico lo hace precipitar rápidamente. Estos incidentes se achacan a la proximidad del foco de emisión, presumiblemente la actividad minera”.

Según Dourojeanni (como se citó en Patilla, 2015, p. 19), “la actividad de los buscadores de oro en los ríos trae consigo consecuencias ambientales impactantes, como son: la contaminación de los ríos por sedimento, mercurio y aceite; la destrucción de las cuencas y tierras agrícolas; la deforestación; la caza y la pesca y la invasión de territorios indígenas”.

“Entre los pocos trabajos realizados en la zona se encuentran los trabajos de impacto ambiental (EISA) que vienen estudiando desde el 2006 la carretera interoceánica sur Tramo III (junio-2006, octubre-2009 y abril-2010) que viene considerando la playa Botafogo y pueblo Viejo en Tambopata y el río Madre de Dios en la orilla del asentamiento El Triunfo” (Patilla Pineda, 2015, p. 19).

## **2.2 Marco Teórico**

### **2.2.1 El 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). Asimismo, el agua es importante para el desarrollo sostenible; es decir, es necesario para constituir ecosistemas saludables para las generaciones futuras. Reduce las enfermedades, brinda bienestar y da productividad a las poblaciones a través de su adecuada gestión. Es esencial para la producción y para la conservación de bienes y servicios que proporciona al ambiente que nos rodea. También es necesaria para la adaptación hacia el camino del cambio climático (eje fundamental ante los cambios drásticos que afectan a la tierra); además, de ser el enlace entre la adaptación, los seres humanos y el ambiente (ONU-Agua, 2014, p. 7).

### **2.2.2 Estándares de calidad Ambiental (ECA)**

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

#### 2.2.2.1 Estándares de calidad ambiental para agua

“Los parámetros de los ECA para Agua que se aplican como referente obligatorio en el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, se determinan considerando las siguientes variables, según corresponda: a) Los parámetros asociados a los contaminantes que caracterizan al efluente del proyecto o la actividad productiva, extractiva o de servicios, b) Las condiciones naturales que caracterizan el estado de la calidad ambiental de las aguas superficiales que no han sido alteradas por causas antrópicas, c) Los niveles de fondo de los cuerpos naturales de agua; que proporcionan información acerca de las concentraciones de sustancias o agentes físicos, químicos o biológicos presentes en el agua y que puedan ser de origen natural o antrópico, d) El efecto de otras descargas en la zona, tomando en consideración los impactos ambientales acumulativos y sinérgicos que se presenten aguas arriba y aguas abajo de la descarga del efluente, y que influyan en el estado actual de la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua donde se realiza la actividad, e) Otras características particulares de la actividad o el entorno que pueden influir en la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua” (Decreto Supremo N°004-2017-MINAM, 2017).

#### 2.2.3 Límite Máximo Permisible (LMP)

“Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al

bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente” (Ley N° 28611, 2008).

#### **2.2.4 Canteras**

“Se define como cantera al lugar donde se extraen rocas o minerales procedentes de un macizo rocoso. Los materiales pétreos extraídos son generalmente para la industria de la construcción u obras civiles” (Valle Flores et al., 2012, p. 2).

#### **2.2.5 Parámetros Fisicoquímicos del agua**

En el medio natural la composición química del agua no es pura; es decir, no se encuentra en la forma  $H_2O$ , que es la fórmula que nos enseñan en teoría. Esta es muy variable debido a diferentes factores que van a influir en el medio en que se encuentre, que pueden propios del medio o factores externos (antropogénicas) (SUNASS, 1993).

“Se puede encontrar varios elementos en el agua entre ellos: a) Metales: sodio, calcio, magnesio, potasio, hierro, manganeso, cobre, plomo, estroncio, litio, vanadio, zinc, y aluminio, b) No metales: cloro, azufre, carbonatos, silicatos, nitratos, nitritos y amoníaco, c) Sales y óxidos incrustantes: carbonato de calcio, cloruro de calcio, carbonato de magnesio, sulfato de magnesio, cloruro de magnesio, óxido de hierro y óxido de zinc, d) Sales no incrustantes: cloruro de sodio, carbonato de sodio, sulfato de bario y nitrato de potasio, e) Gases disueltos: dióxido de carbono, oxígeno, nitrógeno, y metano” (SUNASS, 1993).

Es por eso la importancia de la determinación de los parámetros fisicoquímicos cuyos indicadores son: Temperatura, Potencial de Hidrógeno (pH), Conductividad, Oxígeno Disuelto, Solidos Totales Disueltos, Cloruros, Dureza, Turbiedad que dan características importantes a los tipos de aguas; directamente relacionada a la naturaleza de la fuente.

### 2.2.5.1 Temperatura

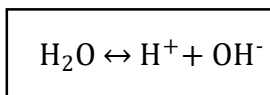
“La temperatura está determinada, por lo tanto, por la cantidad de energía calórica (ondas del infrarrojo) que sea adsorbida por un cuerpo de agua y es la que juega un papel fundamental en todos los procesos biológicos” (Roldán Pérez y Ramírez Restrepo, 2008).

Por consiguiente, es importante tomar en consideración datos de temperatura en toda investigación que tenga que ver con el estudio del recurso hídrico. La toma de datos de temperatura de un cuerpo de agua es un detalle que no debe pasar desapercibido, porque nos permitirá determinar qué organismos están presentes y qué procesos se están llevando en el agua. Entonces, cuando se genera un cambio en la temperatura del agua, este puede ocasionar efectos adversos a los organismos que se encuentran en el agua, como proliferación de bacterias u otro organismo indeseado (Roldán Pérez y Ramírez Restrepo, 2008).

### 2.2.5.2 pH

“Las letras pH son las abreviaturas para representar potencial de hidrogeniones ( $H^+$ ) e indican la concentración de estos iones en el agua. El agua es un electrólito débil, por lo tanto, se espera que solo una fracción muy pequeña de ella se disocie en los iones que componen su molécula” (Roldán Pérez y Ramírez Restrepo, 2008).

Estos iones son  $H^+$  y  $OH^-$  y se disocian según lo siguiente ecuación:



Fuente: Roldán Pérez y Ramírez Restrepo (2008).

La constante de ionización del agua pura se expresa como:

$$K_w = \frac{(H^+)(OH^-)}{H_2O}$$

Fuente: Roldán Pérez y Ramírez Restrepo (2008).

El agua completamente pura, la relación del número de hidrogeniones e hidroxilos es de 1,0 siendo, por lo tanto, la reacción en general de carácter neutro, o sea, a una concentración de  $10^{-7}$  expresada como moles por litro. En una solución neutra, el número de  $H^+$  es igual al de  $OH^-$ ; pero las masas diferirán. El punto de partida de pH es  $10^{-7}$ , o sea que cuando aumenta un ion el otro disminuye y viceversa. En cambio, los valores de pH en aguas naturales varían entre 6,0 y 9,0 se presentan valores registrados en algunos ecosistemas neotropicales y sus respectivos rangos. Como el río Amazonas y algunos de sus tributarios en las parte bajas registran valores hasta de 4,5; estos se presentan en cauces muy lentos y con abundante materia orgánica en descomposición (Roldán Pérez y Ramírez Restrepo, 2008).

En la medición del pH u otro parámetro del agua en la actualidad, se hace uso de aparatos tecnológicos, el empleo de estos aparatos permite conseguir datos más precisos; sin embargo, todo depende del mantenimiento del aparato. En definitiva, los aparatos tecnológicos fueron creados para disminuir el rango de error de una medición, y así estar más cerca de lo exacto; aunque, dependerá de la capacitación de la persona que lo emplea (Roldán Pérez y Ramírez Restrepo, 2008).

### 2.2.5.3 Alcalinidad

“La alcalinidad del agua es una medida de su capacidad para neutralizar ácidos, o en otras palabras, es la forma de expresar la cantidad de iones bicarbonato y carbonato presentes en el agua. También existen otras formas de alcalinidad como el hidroxilo, pero por presentarse a pH demasiado elevados, tiene poca importancia desde el punto de vista biológico, si el agua que contiene ácido carbónico (un ácido débil) y una de sus sales (bicarbonato o carbonato) actúa como una solución buffer” (Roldán Pérez y Ramírez Restrepo, 2008).

Generalmente los cursos de agua natural, específicamente las que presentan gran concentración de alcalinidad, pueden soportar variaciones del pH. “Cuando se agrega una base fuerte esta reacciona con el ácido carbónico para formar sales de bicarbonato o carbonato. De la misma manera, cuando



se agrega al agua un ácido fuerte, este reacciona con los bicarbonatos y carbonatos para formar ácido carbónico y eventualmente dióxido de carbono". En consecuencia, es posible comprender por qué el agua en el proceso de fotosíntesis es alcalina y ácida en el proceso de la respiración. Cuando ingresa  $\text{CO}_2$  en un curso de agua con bajas concentraciones de alcalinidad, este suceso puede ocasionar una gran variación en el pH, en comparación con otro que presenta altas concentraciones de alcalinidad. Por ese motivo, es necesario saber cuánto es la alcalinidad presente en el agua para precisar su disposición para llevar a cabo procesos y su producción. Aquellas aguas que presentan concentraciones medias o altas de alcalinidad cumplen con las características de poder realizar en ellas crianza de especies acuáticas. En América del Sur ciertos cursos de agua, como el río Cauca, Magdalena y Amazonas cuentan con gran riqueza de ictiofauna, debido a los distintos materiales que trae de los lugares por donde corre el río. No obstante, en las zonas de la costa los cuerpos de agua incrementan su producción primaria, a causa de las altas concentraciones de alcalinidad y dureza presentes. Por el contrario, cuerpos de aguas en zonas de alta montaña o donde se ha cerrado su flujo parcialmente o completamente tienden a ser poco productivas (Roldán Pérez y Ramírez Restrepo, 2008).

"Las especies básicas responsables de la alcalinidad son generalmente, los iones bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) y ácido carbónico ( $\text{CO}_2$ ), entre otros de menor concentración. A un  $\text{pH} < 6$ ,  $\text{CO}_2$  es la especie predominante. A valores de pH entre 7 y 9,  $\text{HCO}_3^-$  predomina, mientras que  $\text{CO}_3^{2-}$  comienza a aumentar su concentración significativamente a valores de  $\text{pH} > 9$ . La alcalinidad se determina mediante el método volumétrico, es decir la alcalinidad se mide por titulación de una alícuota de muestra con ácido ( $\text{HCl}$  o  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) de concentración conocida utilizando indicadores visuales como fenolftaleína (cuando la muestra tiene un  $\text{pH} > 8,3$ ) o naranja de metilo, en caso contrario  $\text{pH} < 6$ " (Roldán Pérez y Ramírez Restrepo, 2008).

#### 2.2.5.4 Oxígeno disuelto

“El oxígeno disuelto es uno de los gases más importantes en la dinámica y caracterización de los sistemas acuáticos, el oxígeno llega al agua por difusión de la atmosfera o por fotosíntesis” (Roldán Pérez y Ramírez Restrepo, 2008, p. 32).

Como producto del proceso de la fotosíntesis es el oxígeno, que se encuentra también en el agua, que juega un papel importante en aquellos cuerpos de agua de escaso flujo. Asimismo, la fotosíntesis igualmente se realiza en cuerpos de agua profundos, hasta la zona eufótica; en esta zona todavía llega la luz solar. En otro caso, la concentración de oxígeno disuelto de en un curso de agua va a depender de la salinidad, la presión de gases atmosféricos y temperatura presentes en este. Además, la concentración optima de oxígeno disuelto en el agua para cada temperatura y altura es de 100%, si está debajo de este valor se considera al agua saturada y arriba de este valor se considera una concentración de oxígeno sobresaturada. Sin embargo, la cantidad de oxígeno disuelto en el agua es muy variable y poca, esto se debe a los materiales que se encuentra en esta. Las concentraciones de oxígeno son muy bajas y descienden por la temperatura (Roldán Pérez y Ramírez Restrepo, 2008, p. 32).

“El oxígeno libre en solución, especialmente cuando está acompañado de dióxido de carbono es un agente de corrosión del hierro y del acero. El método más utilizado es de la modificación del nitrato al método de Winkler, o modificación de Alsterberg, el cual es el más indicado para eliminar la interferencia producida por nitritos presentes en la muestra” (Roldán Pérez y Ramírez Restrepo, 2008, p. 32).

#### 2.2.5.5 La turbiedad

“La turbiedad por su parte, se define como el grado de opacidad producido en el agua por la materia particularmente suspendida. La turbiedad originada en el agua por aporte de materiales externo se denomina alóctono y la producida dentro del mismo cuerpo de agua se designa como autóctono. Normalmente,

el ecosistema acuático tropical, especialmente ríos y embalses de bajas alturas sobre el nivel del mar, son muy turbios debido al arrastre de materiales, propiciado por la alta lixiviación que se da en estas regiones” (Roldán Pérez y Ramírez Restrepo, 2008).

“El papel más importante que juega la turbiedad en el agua se relaciona con la transmisión de la luz, ya que incide directamente en la productividad y el flujo de energía dentro del ecosistema. La medida de la turbiedad de preferencia se debe realizar en el campo, si no es posible medirlo, se debe tomar una muestra y analizarla de 24 horas. De este modo, se evita alguna alteración de las partículas suspendidas y disueltas. El instrumento actual comúnmente utilizado es el nefelómetro. Este método nefelométrico se basa en la comparación entre la intensidad de la luz dispersada por la muestra bajo condiciones definidas y la intensidad de luz dispersada por una suspensión de referencia bajo las mismas condiciones. La suspensión de referencia es un polímero de formazina que es fácil de preparar y su propiedad de dispersión de la luz es más reproducible que otros, como arcilla o agua turbia natural. El resultado de la medición mediante este método se expresa en unidades nefelométricas de turbiedad (UNT) y el rango de determinación es entre 0-40 UNT” (Roldán Pérez y Ramírez Restrepo, 2008).

#### 2.2.5.6 Sólidos totales disueltos y conductividad eléctrica

“La concentración total de sustancias o minerales disueltos en las aguas naturales es un parámetro útil para conocer las relaciones edáficas y la productividad en un cuerpo de agua. Los sólidos totales disueltos (STD) se pueden determinar filtrando y evaporando a bajas temperaturas ( $\pm 105\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) una determinada cantidad de agua” (Roldán Pérez y Ramírez Restrepo, 2008).

“El residuo seco contiene se conoce como sólidos totales disueltos (STD). La combustión siguiente de estos residuos a una temperatura de  $\pm 500^{\circ}\text{C}$  elimina las sustancias orgánicas y descomponen los bicarbonatos con pérdida de  $\text{CO}_2$ . El residuo resultante contiene los sólidos inorgánicos totales y representa la concentración de sales totales del agua.

“La salinidad del agua se define como la concentración total de los componentes iónicos. La cantidad de residuo en cada operación más la perdida por la combustión (a 500°C) se expresa como la proporción de la muestra de agua original en partes por millón (ppm) o miligramos por litro ( $\text{mg.l}^{-1}$ ). La cantidad de STD en partes por millón (ppm) varia grandemente. Aguas muy oligotróficas como es el caso de la mayoría de las aguas de la región amazónica y andina, pueden contener valore  $> 10 \text{ ppm}$  o  $\text{mg.l}^{-1}$ ” (Roldán Pérez y Ramírez Restrepo, 2008).

“La mayoría de los lagos y ríos neo tropicales presentan rangos entre 10 y 200 ppm. Ciertas lagunas costeras influenciadas por aguas marinas o lagos interiores por aguas saladas subterráneas pueden presentar valores  $>2000$  ppm. Una manera rápida y simplificada de medir los STD de una muestra de agua es a través de la conductividad eléctrica. El hecho se basa en la capacidad que tiene una solución de conducir una corriente eléctrica en función de la concentración de iones en ella presentes. Por lo tanto, se espera que las soluciones con mayor concentración iónica presenten mayores conductividades y por consiguiente menor resistencia. Aguas muy oligotróficas o pobres en iones, presentaran bajas conductividades y alta resistencia. La conductividad eléctrica mide la cantidad de iones, por lo tanto, se correlaciona con la salinidad” (Roldán Pérez y Ramírez Restrepo, 2008).

#### 2.2.5.7 Conductividad eléctrica

En las zonas tropicales la conductividad esta correlacionada con la composición química de los suelos, y su magnitud va a depender de las dos épocas marcadas en los trópicos que son la de lluvia y sequía; además, del crecimiento de materia orgánica y estado de nutrientes presentes en el agua (Roldán Pérez y Ramírez Restrepo, 2008).

Los “lagos oligotróficos de altas montañas tropicales presentan valores con rangos entre los 20 y 50  $\mu\text{mhos cm}^{-1}$ . En cuanto a los embalses, estos están localizados por lo regular en zonas más bajas e intervenidas por el hombre, por lo que las conductividades promedio son un poco mayores a la de los lagos ( $>60\mu\text{mhos cm}^{-1}$ ). Lagos y ciénagas de zonas cálidas tropicales presentan conductividades aún mayores, pues en ellas se recoge una mayor

escorrentía, además de los aportes de los ríos ( $> 100\mu\text{mhos cm}^{-1}$ )” (Roldán Pérez y Ramírez Restrepo, 2008).

“Una manera rápida y simplificada de medir los STD de una muestra de agua es a través de la conductividad eléctrica. El hecho se basa en la capacidad que tiene una solución de conducir una corriente eléctrica en función de la concentración de iones en ella presentes. Por lo tanto, se espera que soluciones con mayor concentración iónica presente mayores conductividades y por consiguiente menor resistencia. Aguas muy oligotróficas o pobres de iones, presentaran bajas conductividades y alta resistencia” (Roldán Pérez y Ramírez Restrepo, 2008).

“La conductividad eléctrica mide la cantidad total de iones, por lo tanto, se correlaciona con la salinidad. Por definición, la conductividad es el recíproco de la resistencia medida entre dos electrodos de 1,0 cm. Los valores de la conductividad eléctrica se expresan en microsiemens por cm ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) o micromhos  $\text{cm}^{-1}$ . Debido a la estrecha relación existente entre la salinidad, los sólidos disueltos y la conductividad, se pueden construir tablas donde se encuentra el equivalente de cada uno de ellos. Sin embargo, en medios hipersalinos, esta relación no funciona muy bien debido a una mayor diversidad de iones presentes. Puesto que la conductividad es el recíproco de la resistencia, también se coloca una columna de valores expresados en  $\text{ohm cm}^{-1}$ ” (Roldán Pérez y Ramírez Restrepo, 2008).

#### 2.2.5.8 Dureza del agua

“La dureza está definida como el contenido de calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) y magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), expresada como carbonato de calcio, presentes en el agua y que normalmente se asocia a la formación de incrustaciones calcáreas” (Greenberg, Clesceri y Eaton, 1992).

Determinando la dureza del agua se puede decidir cuán saludable es para el consumo humano o los procesos necesarios para su uso para distintas actividades económicas (Greenberg, Clesceri y Eaton, 1992).

Greenberg, Clesceri y Eaton (1992), “la determinación se realiza por el método volumétrico que consiste en titular la muestra de agua con una solución de EDTA (ácido etilendiaminotetracético, sal disódica), a pH=10, con negro de eriocromo T como indicador. De acuerdo al contenido de la concentración de carbonatos en el agua, ésta puede clasificarse en diferentes niveles de dureza como la siguiente tabla lo indica”:

**Tabla 2. Índices de dureza del agua**

Dureza mg/L CaCO <sub>3</sub>	Significado
0-75	Agua blanda
75-150	Agua poca dura
150-300	Agua dura
mayor a 300	Agua muy dura

Fuente: Greenberg, Clesceri y Eaton (1992).

#### 2.2.5.9 Cloruros

Son sales que se encuentran en gran proporción en todos los centros suministros de agua. Proporciona un sabor salado al agua que es muy variante y que va a depender de los componentes químicos presentes en el agua. Cuando en el agua está presente el cloruro de sodio, esta tiene un sabor salado que percibe una concentración de 250 mL/litro de NaCl. En cambio, cuando en el agua está presente la sal de calcio, el sabor común salado que caracteriza a los cloruros puede no detectarse aunque presente concentraciones de 1000 mL/litro (Greenberg, Clesceri y Eaton, 1992).

“El cloruro es esencial en la dieta y pasa a través del sistema digestivo, inalterado. Un alto contenido de cloruros en el agua para uso industrial, puede causar corrosión en las tuberías metálicas y en las estructuras. La máxima concentración permisible de cloruros en el agua potable es de 250 ppm, este valor se estableció más por razones de sabor, que por razones sanitarias. En

otros casos, para analizar los cloruros, la muestra, a un pH neutro o ligeramente alcalino, se titula con nitrato de plata ( $\text{AgNO}_3$ ), usando como indicador cromato de potasio ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ). El cloruro de plata  $\text{AgCl}$ , precipita cuantitativamente primero, al terminarse los cloruros, el  $\text{AgNO}_3$  reacciona con el  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  formando un precipitado rojo ladrillo de  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ ” (Greenberg, Clesceri y Eaton, 1992).

### 2.2.6 Indicadores bacteriológicos del agua

#### a) Coliformes totales

Es un “grupo de organismos bacterianos que es utilizado como indicador de contaminación del agua y alimentos” (Unidad de Calidad de Agua de la División de Agua, 2011, p. 8).

Díaz Delgado (2003), “la presencia de coliformes totales debe interpretarse de acuerdo con el tipo de aguas: deben estar ausentes en 85% de las muestras de aguas potables tratadas. En caso de estar presentes, su número no puede ser superior a 2-3 coliformes.” (p. 226).

#### a) Coliformes termotolerantes

“Es un subgrupo de los coliformes totales, y su presencia se relaciona con la contaminación fecal aunque algunos de sus miembros podrían ser aislados de muestras ambientales sin evidencia de tal contaminación” (Unidad de Calidad de Agua de la División de Agua, 2011, p. 8).

En este subgrupo se encuentra la bacteria fecal *Escherichia coli* (*E. coli*) que se encuentre en el agua por el vertimiento residuos fecales (desagües) y suelos donde se ha realizado la deposición de excremento, que puede ser proveniente de las personas, por la crianza de animales o animales silvestres. Esta bacteria indica contaminación

fecal en los cursos de agua, además, de la presencia de microorganismos que ocasionan enfermedades infecciosas (Unidad de Calidad de Agua de la División de Agua, 2011, p. 8).

### **2.2.7 Plancton**

“El plancton es una comunidad acuática constituida por organismos vegetales fotosintéticos (fitoplancton), representados principalmente por microalgas, las cuales forman parte de varios grupos (algas verdes, rojas, diatomeas, fito flagelados, cianobacterias)” (Samanez et al., 2014, p. 3).

Generalmente las microalgas viven sin movimiento, se encuentran en la zona donde aún penetra la luz del sol (única zona iluminada de los cuerpos de agua conocida como zona fótica), suspendidas y que están expuestas al movimiento del agua (Samanez et al., 2014, p. 3).

“El otro constituyente de esta comunidad es el zooplancton, representado por organismos animales invertebrados, cuya característica distintiva es su tamaño, mayormente microscópico, con movilidad limitada y dependientes de los movimientos verticales y horizontales del agua” (Samanez et al., 2014, p. 3).

El fitoplancton y zooplancton pertenecen a esta comunidad, ambos son muy representativos en cuerpos de agua lenticas; su presencia está también en corriente de aguas rápidas, como quebradas , ríos, etc. (Samanez et al., 2014, p. 3).

### **2.2.8 Zooplancton**

“Es el componente animal del plancton y está conformado por organismos generalmente microscopicos y con movilidad limitada (protozoarios tecados, ciliados y flagelados, rotíferos, cladoceros y copepodos). Por lo general el zooplancton se encuentra asociado al fitoplancton pues la mayoría de estos organismos son filtradores” (Samanez et al., 2014, p. 18).



### **2.2.9 Fitoplancton**

Son “algas microscópicas que viven suspendidas en la columna de agua” (Samanez et al., 2014, p. 74).

El fitoplancton es fundamental para la cadena alimenticia en el agua, pues es el alimento de muchas especies; además de constituir el primer eslabón de la producción de alimentos en ecosistemas acuáticos. Asimismo, es el encargado inédito de la fotosíntesis en ecosistemas acuáticos, permitiendo de esta manera la presencia de oxígeno (O<sub>2</sub>) en el agua para todos organismos en este medio (Vásquez Silva et al., 2006).

El fitoplancton puede ocasionar problemas ambientales, como la pérdida o el cierre definitivo de cuerpos de agua, debido a la proliferación de este organismo por diferentes factores que en su mayoría son causados por el ser humano; ante este proceso el agua se vuelve de color verde, “pero rápidamente (1-2 días, dependiendo de la temperatura) se vuelve amarillada, cuando el plancton agota los nutrientes y comienza a morir”. En consecuencia, la muerte de las algas su grado de descomposición ocasiona la pérdida de oxígeno que se encuentra disuelto en el agua, y titne como resultado la muerte de todo organismo vivo presente en el agua (Samanez et al., 2014, p. 74).

### **2.2.10 Indicadores biológicos del agua**

Samanez et al. (2014). “un indicador de biodiversidad puede ser una variable cuantitativa o cualitativa que puede ser descripta o medida, la cual, cuando se observa periódicamente, muestra tendencias en las características de la biodiversidad a lo largo del tiempo” (p. 73).

#### **2.2.10.1 Bentos (macroinvertebrados)**

“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, p. 73).

Los macroinvertebrados son considerados especies invertebradas animales invertebrados que superan los 500  $\mu$  de tamaño. Debido a su mayoría son muy representativos en los ríos, también pueden estar en ecosistemas marítimos, lagos, lagunas, quebradas, etc (Samanez et al., 2014, p. 37).

“Los macroinvertebrados que habitan en los ecosistemas fluviales están ampliamente representados por diferentes familias de moluscos y larvas de insectos, aunque dependiendo del tipo de río también pueden ser comunes los crustáceos, oligoquetos, anélidos, nematodos e hirudíneos” (Samanez et al., 2014, p. 37).

#### 2.2.10.1.1 Principales características ecológicas de los grupos de macroinvertebrados

##### **a) Ephemeroptera**

“Estos insectos son conocidos comúnmente como moscas de mayo. Solamente las formas inmaduras o ninfas son acuáticas, de tamaño variable y generalmente de color pardo, se reconocen por presentar la forma del cuerpo alargado y a veces aplanado, con branquias a los lados del abdomen y con frecuencia con largos cercos filamentosos caudales” (De la Lanza et al., 2004, p. 164).

##### **b) Plecóptera**

“Estos insectos son conocidos comúnmente como moscas de las piedras. Solamente las formas inmaduras o ninfas son acuáticas, de tamaño variable y de color pardo, se reconocen por presentar la forma del cuerpo alargado y aplanado con antenas y dos cercos largos, las branquias en forma de manojo y en diferente posición del cuerpo” (De la Lanza et al., 2004, p. 166).

##### **c) Trichoptera**

“Estos insectos son conocidos comúnmente como "polillas de agua". Solamente las formas inmaduras o larvas son acuáticas, de tamaño y color variable, se reconocen por presentar la forma del cuerpo alargado y cilíndrico, frecuentemente con branquias ramificadas sobre el cuerpo. También se reconocen porque la mayoría de estos organismos construyen refugios en forma de sacos donde viven las larvas” (De la Lanza et al., 2004, p. 167).

**d) Anélida**

“Los anélidos son invertebrados de cuerpo blando y de forma cilíndrica o ligeramente aplanada, con segmentación en anillos y simetría bilateral. Pueden presentar quetas en el cuerpo, la región oral está bien desarrollada y tienen un sistema digestivo completo. Habitan en todo tipo de ambientes desde terrestres hasta acuáticos y marinos” (Peralta Argomeda et al., 2015, p. 18).

**e) Lepidóptera**

“Estos insectos son conocidos comúnmente como "mariposas". Solamente las formas inmaduras o larvas son acuáticas, generalmente de tamaño mediano a pequeño y de color oscuro, se reconocen por presentar la forma del cuerpo alargado, con numerosas branquias ramificadas sobre los lados del cuerpo, asimismo por fabricar un capullo o celdilla sobre las piedras donde habita la larva” (De la Lanza et al., 2004, p. 165).

**f) Odonata**

“Estos insectos son conocidos comúnmente como "libélulas o caballitos del diablo". Solamente las formas inmaduras o ninfas son acuáticas, de tamaño variable y color pardo, se reconocen por presentar la forma del cuerpo alargado, con el labium modificado en un órgano prensil en forma de pinza y con branquias rectales o caudales” (De la Lanza et al., 2004, p. 166).

**g) Díptera**

“Estos insectos son conocidos comúnmente como "moscos, moscas o zancudos". Solamente las formas inmaduras o larvas son acuáticas, de tamaño y color variable, se reconocen por presentar la forma del cuerpo alargado, cilíndrico y sin patas, con la cabeza bien desarrollada y pueden o no tener estructuras respiratorias” (De la Lanza et al., 2004, p. 163).

#### **h) Coleóptera**

“Estos insectos son conocidos comúnmente como "escarabajos o mayates". Son acuáticos en forma adulta como inmadura, son de color y tamaño variable, en forma adulta se reconocen fácilmente por presentar sus alas anteriores modificadas en forma de estuche y endurecidas, por otro lado, las larvas son de forma alargada, con la cabeza bien desarrollada y sus partes bucales del tipo masticador” (De la Lanza et al., 2004, p. 162).

#### **2.2.10.2 Peces**

“La gran diversidad de especies válidas llega a 1064, de acuerdo a nuestra más reciente lista oficial” (Ortega et al., 2012, p. 25).

Los peces, comprenden “formas adultas desde 15 mm de longitud estándar (*Tytocharax tambopataensis*) hasta poco más de dos metros de longitud total (*Electrophorus electricus*) o más de 100 kg como ocurre con Arapaima” (Samanez et al., 2014, p. 44).

La riqueza ictiofauna es muy representativa en todo el país, sobresaliendo de las tres regiones la Amazonía. También, se ha descubierto hábitats de peces que no necesariamente tienen gran cantidad de agua, sino que pueden estar en la combinación de arena, hojarasca y agua de pequeñas quebradas (*Brachyhyppomus*, *Scoloplax*, *Rivulus*, *Pariolius*). Las investigaciones realizadas en el país sobre ictiofauna, la clasifican sistemáticamente desde diferentes puntos de vista; hechos que son evidenciados mediante las publicaciones (Samanez et al., 2014, p. 44).

La etapa de recolección de muestras de peces se puede realizar por varios procedimientos, que va a variar en cuanto de la finalidad de la investigación; como ejemplo, registro de la riqueza de ictiofauna en una determinada cuenca, diagnóstico del estado de los recursos hídricos o realizar un muestrario para determinar en laboratorios calificados su morfología, genética, estructura química o metales pesados que posiblemente se encuentren en un cuerpo de agua (Samanez et al., 2014, p. 44).

### 2.2.9.2.1 Clasificación de Peces

“En cuanto a la composición taxonómica, del total de especies nativas válidas (1064) son dominantes los peces Characiformes (peces escamados) y los peces Siluriformes (bagres, peces de cuero); cada uno con el 37%, y unido a los Gymnotiformes (peces eléctricos), reúnen el 82% del total, que en conjunto conforman la notable riqueza del Super Orden Ostariophysii. Seguidamente con una moderada riqueza se registran 91 especies (8,7%) de Perciformes, anotándose el incremento en el género *Apistogramma* y 57 especies (5,4%) para el orden Cyprinodontiformes. Finalmente, otros órdenes que son formas de origen marino, como Clupeiformes (11 especies), Myliobatiformes (12), Pleuronectiformes (5), Beloniformes (5), y ocho órdenes más (12 especies en total) conforman juntos un 4% de la ictiofauna continental peruana” (Ortega et al., 2012, p. 24).

**Tabla 3.** *Resumen por órdenes con número de familias, géneros y especies de peces nativos de aguas*

	<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Géneros</b>	<b>Especies</b>
1	Characiformes	14	137	395
2	Siluriformes	13	145	393
3	Perciformes	8	36	91
4	Gymnotiformes	5	26	83
5	Cyprinodontiformes	1	4	56
6	Clupeiformes	2	7	11
7	Myliobatiformes	1	4	12
8	Pleuronectiformes	1	4	6
9	Beloniformes	1	3	5
10	Atheriniformes	1	1	2
11	Osteoglossiformes	2	2	2

12	Synbranchiformes	1	1	2
13	Mugiliformes	1	1	2
14	Batrachoidiformes	1	1	1
15	Carcharhiniformes	1	1	1
16	Lepidosireniformes	1	1	1
17	Tetraodontiformes	1	1	1
<b>17</b>		<b>55</b>	<b>375</b>	<b>1064</b>

Fuente: Ortega et al. (2012).

## 2.3 Definición de términos

### 2.3.1 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. El conjunto de individuos de la misma especie constituye la Población” (Samanez et al., 2014, p. 73).

### 2.3.2 Cadena de custodia

“Es un documento fundamental en el monitoreo de la calidad del agua, suelos y aire, que permite garantizar las condiciones de identidad, registro, seguimiento y control de los resultados del análisis de laboratorio” (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), 2014, p. 30).

### 2.3.3 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).

### 2.3.4 Índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera)

“Estima la riqueza relativa de los órdenes de baja tolerancia a la contaminación Ephemeroptera, Plecoptera, y Trichoptera” (Ortega et al., 2007).

### **2.3.5 Índice BMWP-CR (Biological Monitoring Working Party modificado para Costa Rica)**

“Es un índice modificado para Costa Rica que se calcula sumando las puntuaciones asignadas a las distintas familias de macroinvertebrados encontradas, según su grado de sensibilidad a la contaminación. El puntaje se asigna una sola vez por familia, independientemente de la cantidad de individuos o géneros encontrados. La suma de los puntajes de todas las familias encontradas en el sitio de estudio brinda el valor final del índice” (Acevedo Méndez et al., 2013, p. 9)

### **2.3.6 Índices de diversidad**

“La diversidad de la comunidad biológica es función del número de taxones y de la abundancia proporcional de las especies. La diversidad suele disminuir en ambientes alterados como resultado de la disminución del número de taxones y la diferente distribución de la abundancia” (Alba et al., 2005, p. 10).

### **2.3.7 Shannon-Wiener ( $\log_2$ )**

“Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección. Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos” (Moreno, 2001, p. 43).

### **2.3.8 Equitabilidad de Pielou's ( $J'$ )**

“Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 0.1, de forma que 0.1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes” (Moreno, 2001, p. 44).

### **2.3.9 Red Surber**

“Equipo para muestrear macroinvertebrados en ambientes loticos”(Samanez et al., 2014, p. 75).

### **2.3.10 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 estudio

Se realizó una investigación básica, con enfoque cuantitativo, alcance de la investigación es descriptivo de tipo observacional, el diseño de la investigación es no experimental y transversal.

#### 3.1.1. Localización Geográfica

Las pozas de estudio se encuentran dentro de un “Predio agrícola” de propiedad privada, se ubican en el margen izquierdo de la carretera que conduce al sector denominado Bajo Madre de Dios, provincia de Tambopata, distrito Las Piedras, sector el “Triunfo” en la región de Madre de Dios. Esta área se encuentra rodeadas de otros predios agrícolas.

#### Se ubica Políticamente en:

Departamento : Madre de Dios  
 Provincia : Tambopata  
 Distrito : Las Piedras  
 Sector : Triunfo

Se ubica geográficamente según las coordenadas que se describen en la Tabla 4:

**Tabla 4.** *Coordenadas UTM del centro de las pozas a evaluar*

Punto	Este	Norte
P1	485868	8607456
P2	485734	8607341
P3	486020	8607253

Fuente: Elaboración propia.

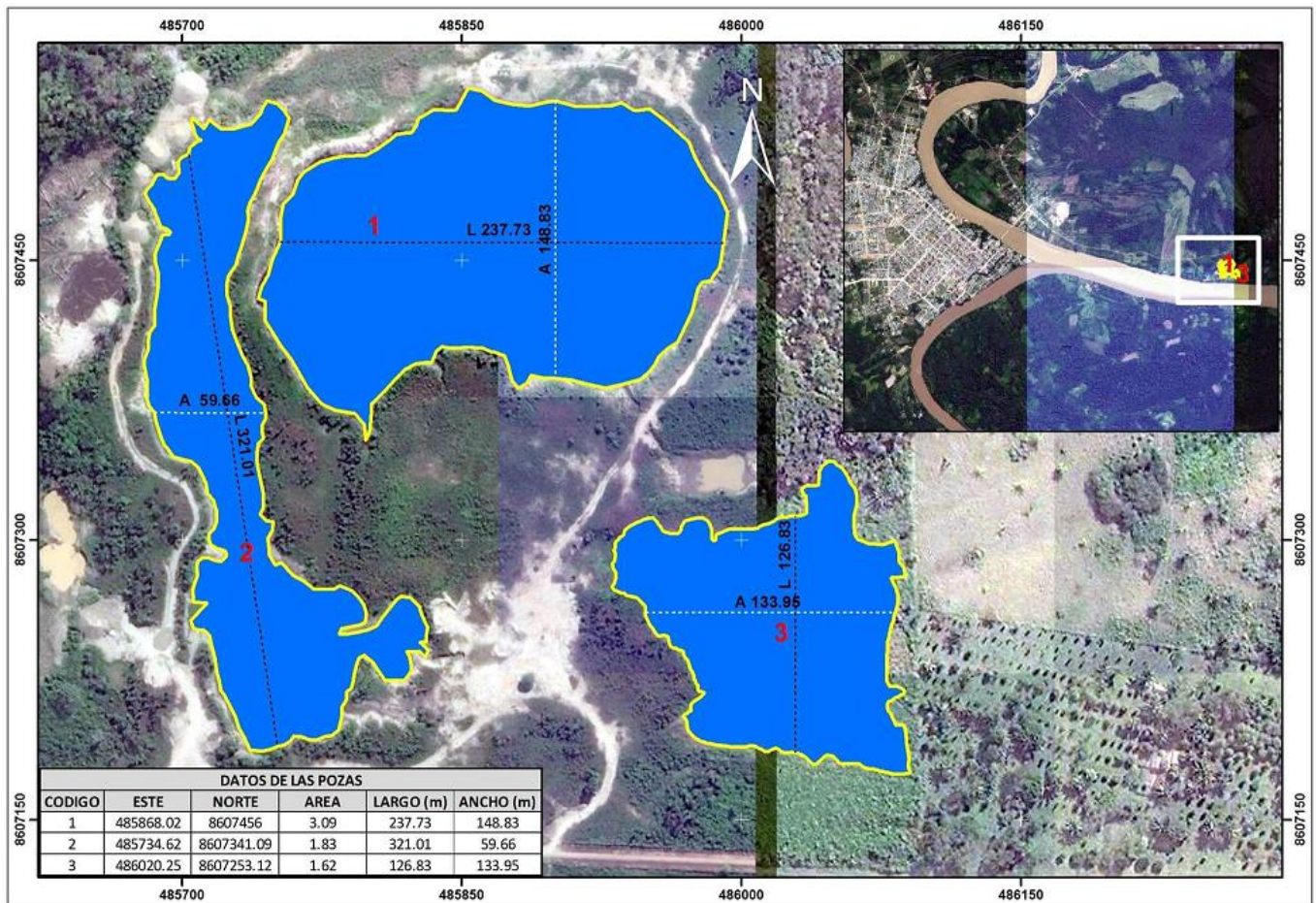


Figura 1. Mapa de ubicación de las tres pozas de estudio.

### 3.1.2. Caracterización del medio

#### 3.1.2.1 Hidrología

El flujo hidrológico que dieron origen a estas pozas es por filtración de aguas de la napa freática como se muestra en la figura 2, esto debido a la cercanía del río Madre de Dios y la profundidad de las Pozas, esto se deduce debido a que no existe alguna quebrada que alimente a ninguna de las tres pozas.

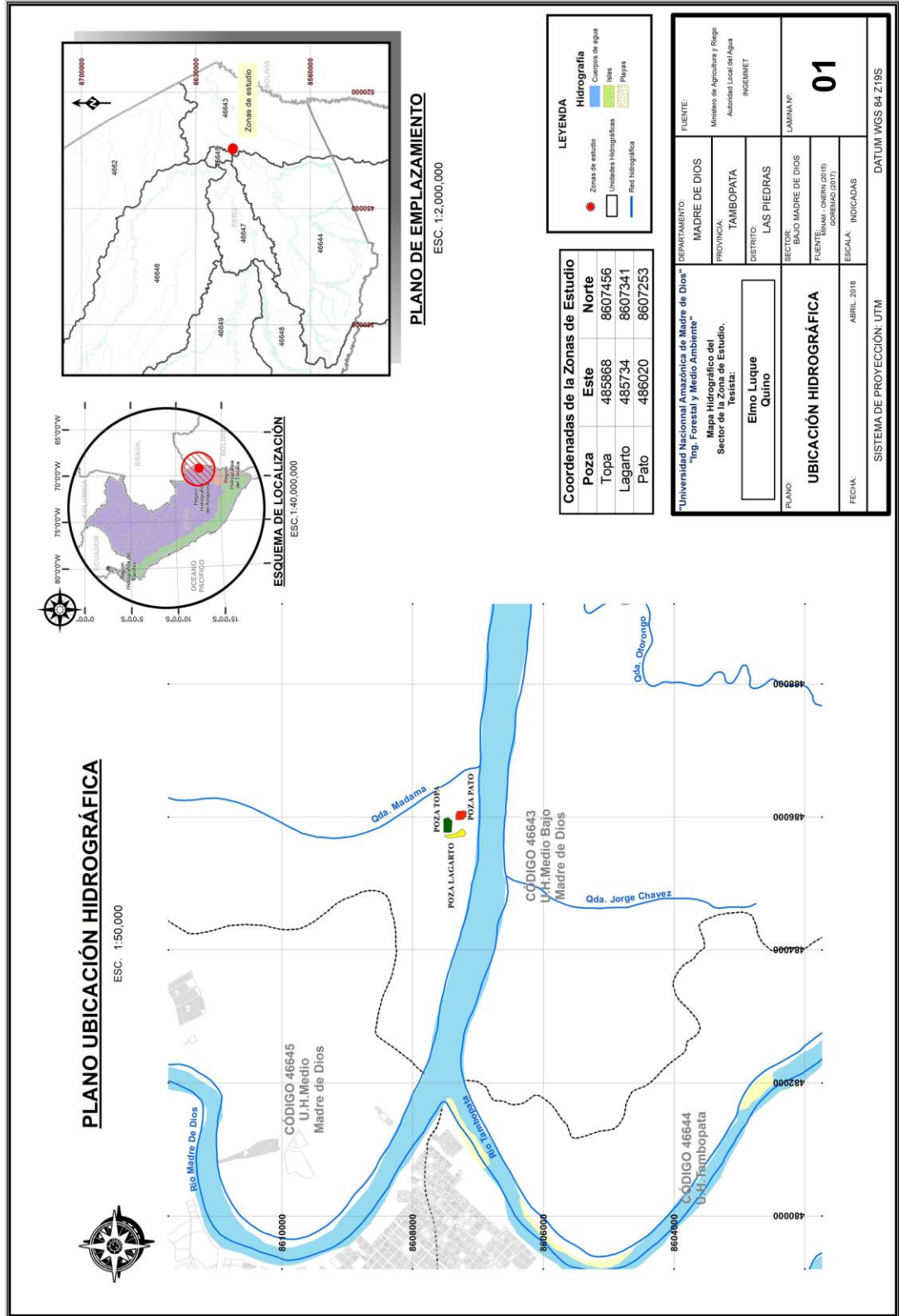


Figura 2. Mapa hidrográfico del área de estudio.

### 3.1.2.2 Curvas de nivel

En la Figura 3 se puede distinguir que el terreno del área de estudio presenta forma compuesta denominada hoya o depresión.

“Una hoya se distingue porque las curvas de nivel de mayor cota envuelven a las de cota menor. Una hoya captura un curso de agua recibe el nombre de sumidero. El agua acaba por introducirse en el interior terrestre pasando a circular de forma subterránea” (Artistasur, 2015).

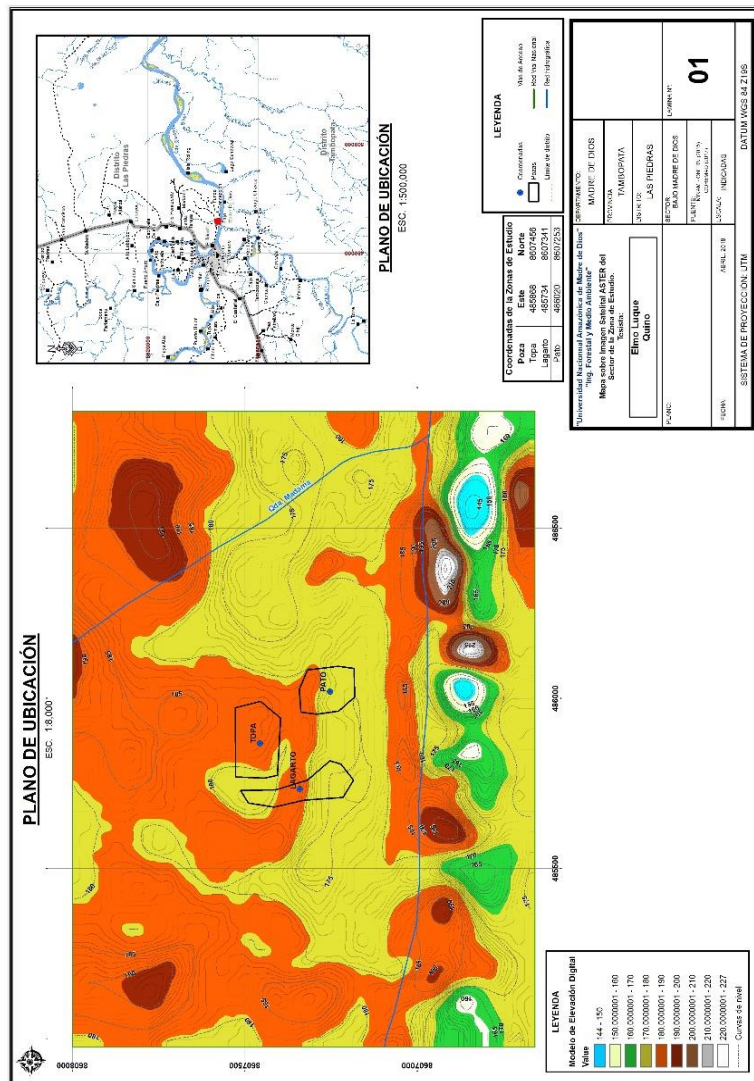


Figura 3. Mapa de curvas de nivel del área de estudio.



### 3.1.2.4 Fisiografía

Las áreas de estudio se han identificado en una sola geoforma, de la cual pertenecen a Terrazas bajas de drenaje bueno a moderado. Siendo tierras de superficie plana y que se desarrollan cercas de cuerpos de agua. Litológicamente se encuentran constituidas por sedimentos aluviales, tienden a inundaciones (Ver Figura 5).

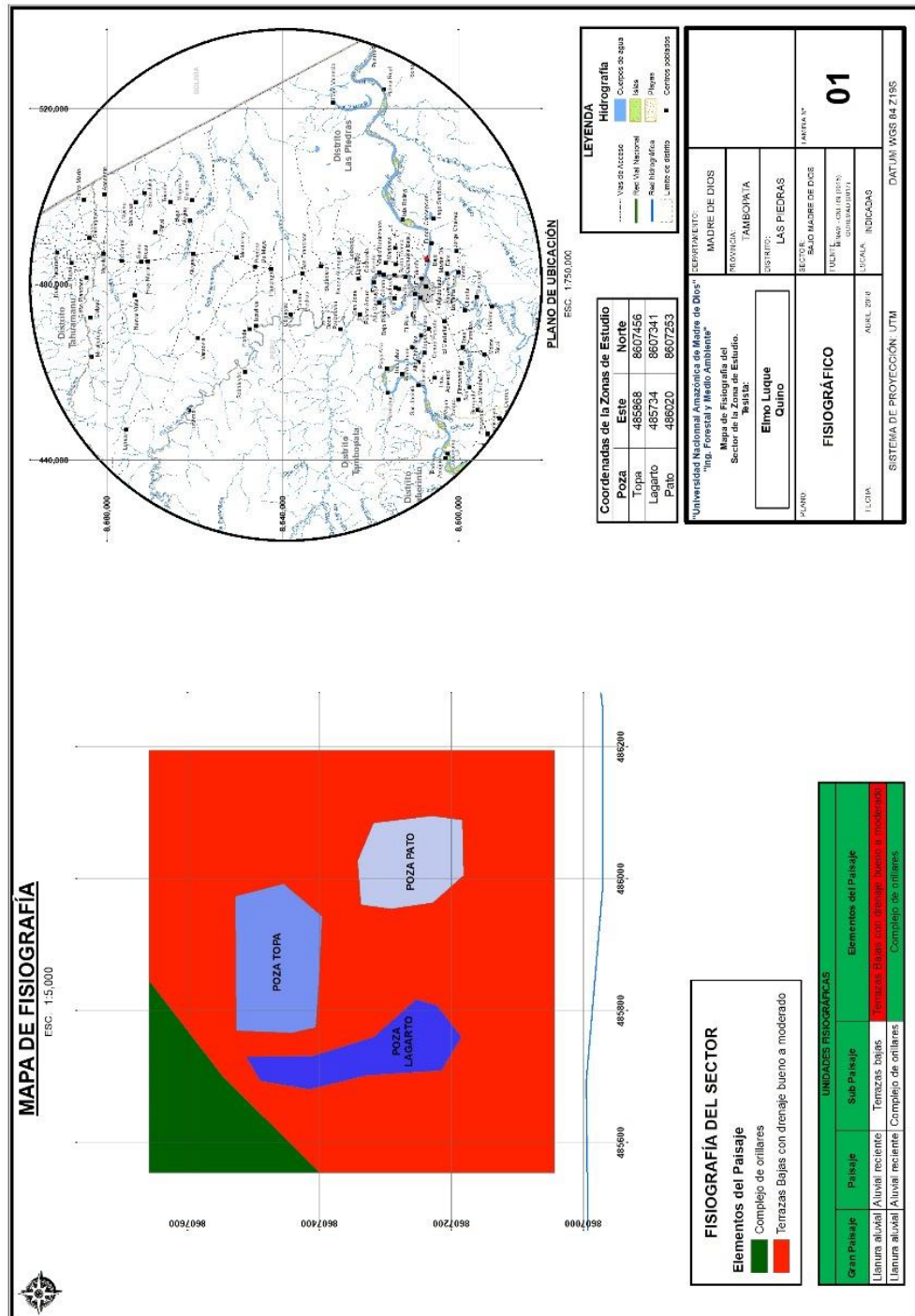


Figura 5. Mapa fisiográfico del área de estudio.

### 3.1.2.5 Clima

La Región de Madre de Dios cuenta con cuatro tipos de climas, de los cuales, las áreas de estudio se encuentra en el tipo de clima “B(r) A' H3” (ver Figura 6); que significa: Zona de clima cálido, lluvioso, con lluvia abundante en todas las estaciones del año, con humedad relativa calificada como húmeda.

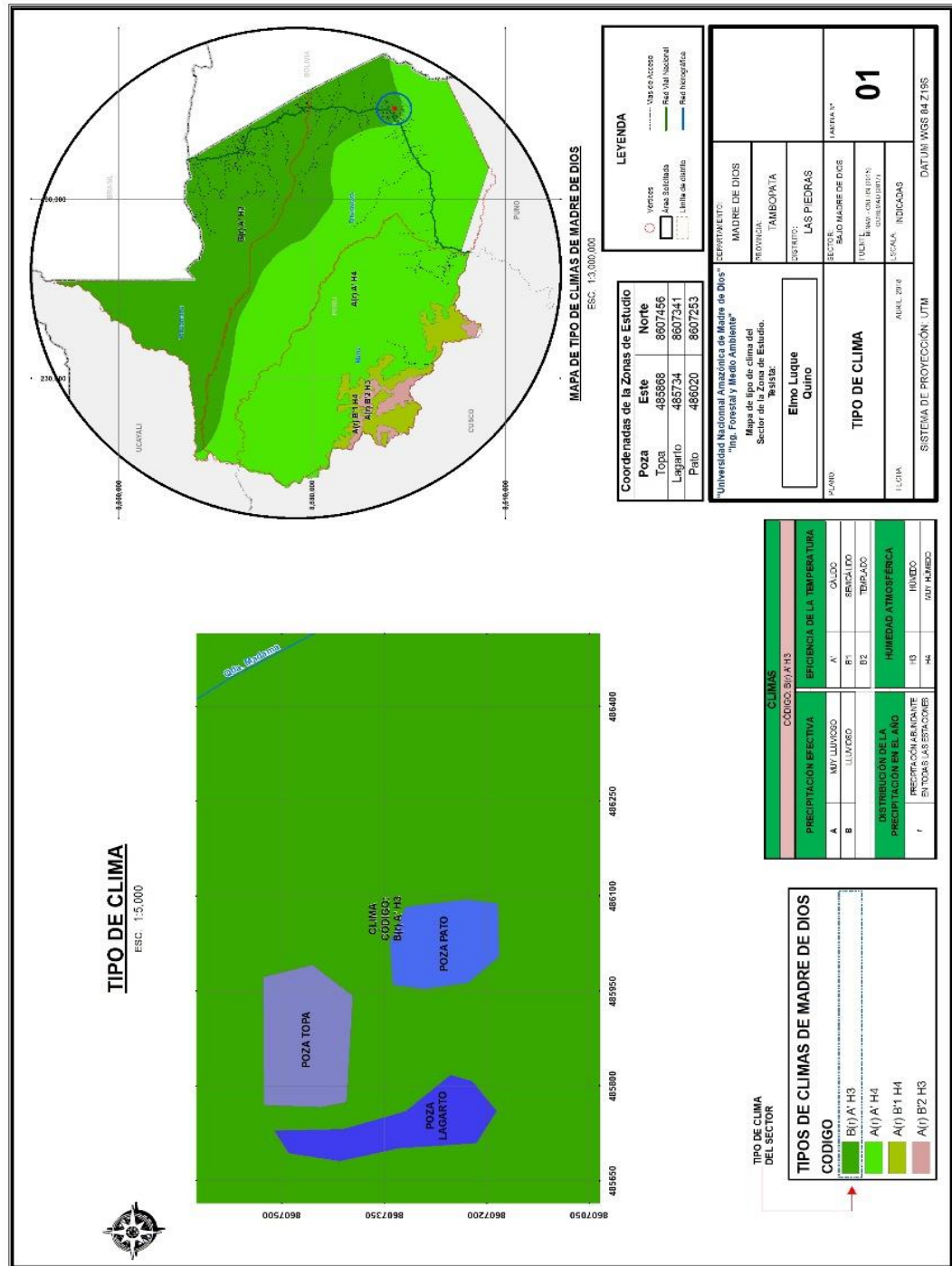


Figura 6. Mapa del tipo de clima del área de estudio.

### 3.1.2.6 Tipo de Vegetación

Las áreas de estudio corresponden a tipo de vegetación de Complejo de chacras y purmas. Está conformada por un mosaico de cultivos de frutales, pastos y cultivos en terrenos de reciente deforestación, sujetos al manejo de deshierbo y aplicación de herbicidas, y casi siempre a la quema. La cobertura herbácea primaria alcanza hasta unos 2 m de alto, mientras que la arbórea después de 5 a 10 años supera los 25 m de alto. (Ver Figura 7).

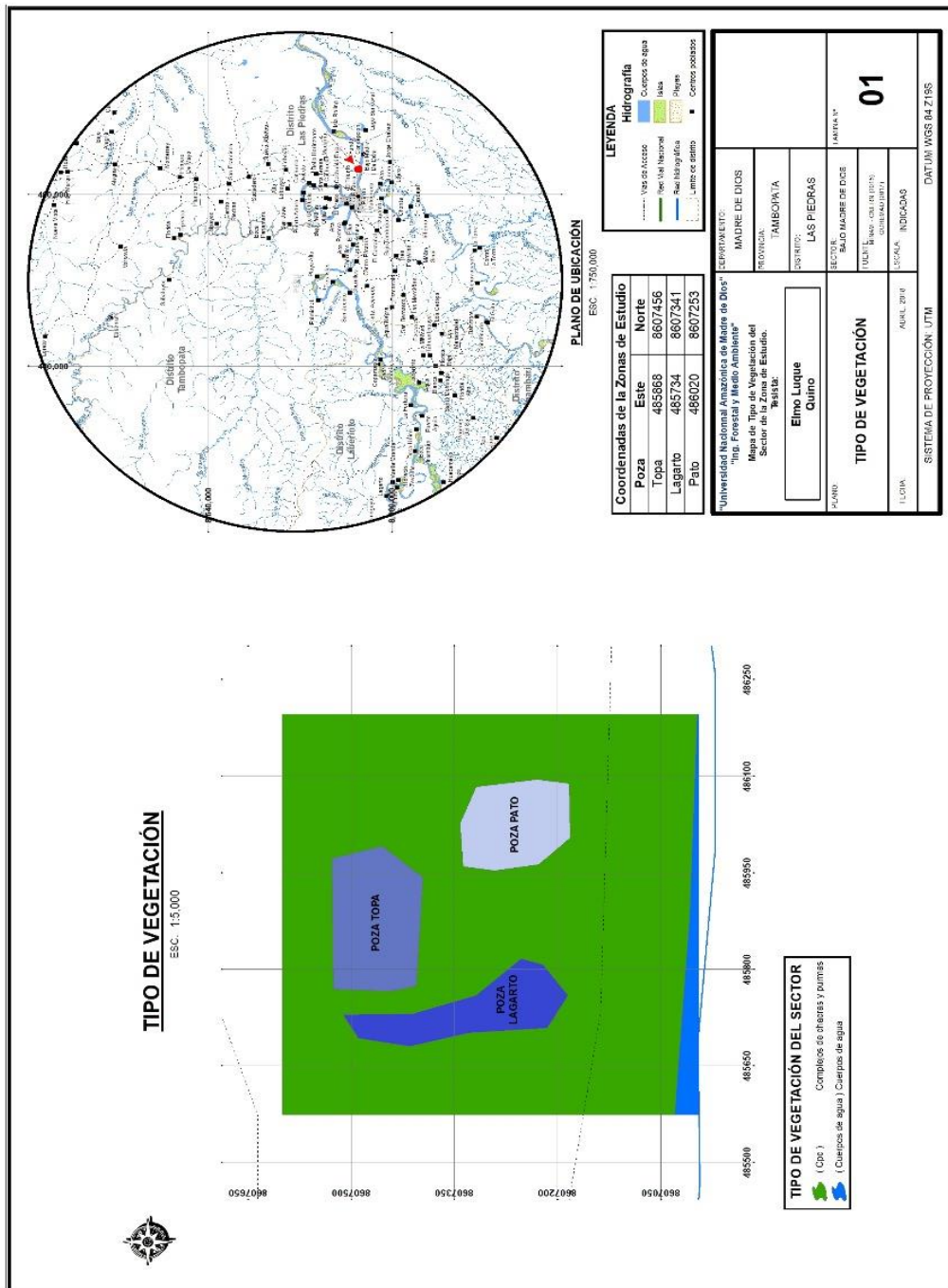


Figura 7. Mapa del tipo de vegetación del área de estudio.



### 3.2 Diseño del estudio

La investigación se desarrolló mediante un diseño no experimental, transversal, descriptivo y exploratorio. Se realizó la comparación de los cuerpos de agua de tres pozas formadas por trabajos de extracción de la minería no metálica en el centro poblado el Triunfo. Se anotaron las coordenadas (UTM), se analizaron datos limnológicos del agua: Temperatura, pH, Conductividad, Oxígeno Disuelto, Solidos Totales Disueltos (TDS), y Alcalinidad, se evaluaron también parámetros fisicoquímicos con la finalidad de determinar la contaminación en los cuerpos de agua: Cloruros, Dureza, aceites y grasas, Turbiedad y nitritos-nitratos), y en los sedimentos: contenido de metales, parámetros bacteriológicos: coliformes (Totales y Termotolerantes), riqueza en ictiofauna y plancton, finalmente se evaluaron los bioindicadores de calidad de agua: macroinvertebrados bentónicos, plancton, y riqueza en ictiofauna. La investigación se realizó bajo el Protocolo Nacional de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, y el Manual de Protocolos Armonizados y Evaluados para la toma de Muestra y el Análisis de Agua y Sedimentos para la Región de América Latina y el Caribe (Alberro et al., 2011), y el correspondiente protocolo de preservado y remisión de muestras al laboratorio acreditado SAG S.A.C., finalmente los datos obtenidos sirvieron para realizar la comparación con los ECAs nacionales para zonas de selva.

Los análisis de metales pesados en sedimentos se realizaron en el laboratorio acreditado SAG S.A.C., las muestras colectadas de Peces y Bioindicadores de Plancton en el departamento de Limnología Museo de historia Natural-UNMSM y las muestras de bentos se analizaron en el Laboratorio Ambiental de la UNAMAD.

### 3.3 Población y muestra

#### 3.3.1. Población

Son las tres pozas formadas por trabajos de extracción de la minería no metálica existentes en el centro poblado el triunfo de la región de Madre de Dios.

#### 3.3.2. Muestra

El muestreo se realizó de manera intencional y directa en muestras puntuales, representativas para la composición del cuerpo de agua, considerando el tiempo y circunstancia en la que fue recolectada la muestra.

Se tomaron 6 muestras de agua distribuidas en forma de cuadrilla para cada poza: Topa, Lagarto y Pato, repitiendo así 6 veces la determinación de los parámetros fisicoquímicos, considerando en el resultado final un promedio con su desviación estándar. En la Tabla 5: se muestra el número total de muestras analizadas.

**Tabla 5.** *Número de muestras para parámetros fisicoquímicos*

Número de pozas	Número de muestras por poza	Número total de muestras
3	6	18

Fuente: Elaboración de propia.

Para la determinación de parámetros bacteriológicos, evaluación de macroinvertebrados bentónicos, plancton, y riqueza en ictiofauna se tomó una muestra por cada poza de estudio.

Se tomó solo una muestra de sedimento de cada poza considerando factores logísticos y de presupuesto.

### 3.3.2.2 Ubicación de los Puntos de Muestreo

Para la obtención de muestras se han planteado 3 pozas por conveniencia, que son las más representativas de esa zona por su tamaño descritos a continuación en la Tabla 6:

**Tabla 6.** Estaciones de muestreo para agua, sedimentos, macroinvertebrados (bentos), plancton, peces, coliformes totales y termotolerantes

Estación	Denominación de poza	Coordenadas UTM
1	TOPA	8607456 N 485868 E
2	LAGARTO	8607341 N 485734 E
3	PATO	8607253 N 486020 E

Fuente: Elaboración Propia.

Los datos tomados durante el muestreo de agua y sedimento se obtuvieron considerando la cadena de custodia que se detalle en la Tabla 21 (*Ver anexos*).

El acceso a los puntos de muestreo es por vía terrestre, por la carretera Puerto Maldonado – Centro poblado el Triunfo, hasta el predio agrícola ubicado a 10 Km del centro poblado.

## 3.4 Métodos y técnicas

### 3.4.1 Metodología de Muestreo

#### 3.4.1.1 Registro de datos de campo

El registro de campo elaborado para la investigación tuvo la siguiente información:

- Código de los puntos de muestreo, origen de la fuente, descripción clara y definida de los puntos de muestreo, hora y fecha de muestreo, localidad, distrito, provincia y departamento, coordenadas de ubicación del punto de muestreo, datos personales de quien realizó la toma de muestra, las condiciones climáticas y otras observaciones pertinentes en el punto de muestreo.
- Se registraron todas las mediciones realizadas para la investigación.

#### 3.4.1.2 Etiquetado

Los recipientes deben ser identificados antes de la toma de muestra con una etiqueta, escrita con letra clara y legible la cual debe ser protegida con cinta adhesiva transparente conteniendo la siguiente información:

- Número de Muestra (referido al orden de toma de muestra).
- Código de identificación (punto y/o estación de muestreo).
- Origen de la fuente. Descripción del punto de muestreo.
- Fecha y hora de la toma de la muestra.
- Preservación realizada, tipo de preservante utilizado.
- Tipo de análisis requerido.
- Nombre del responsable del muestreo.

#### 3.4.1.3 Toma de muestras

Las técnicas para muestrear agua varían con la situación específica y según los objetivos previstos, algunas varían en función del tiempo y el espacio. En este estudio la toma de muestra fue instantánea y simple.

En este estudio para la caracterización del agua se realizó una recolecta de muestras sencillas y superficiales, porque se observó que las pozas no tienen vertimientos domésticos e industriales, lo cual hace que sea muy representativo para caracterizar los cuerpos de agua.

Para la evaluación de la calidad del agua de las pozas de estudio se consideraron características hidrográficas del recurso hídrico, las actividades antropogénicas, los usos del agua, la identificación de fuentes contaminantes.

Para las determinaciones fisicoquímicas se tomó muestra de puntual de agua directamente de la parte central de cada poza, utilizando el brazo telescópico a 20 cm de profundidad a partir de la superficie. Enjuagando los frascos con el agua a ser recolectada con la finalidad de eliminar posibles sustancias existentes en su interior, se agito y desecho el agua de lavado corriente abajo.

Para la colecta de organismos bentónicos se empleó una red Surber (30 x 30 cm) de 500  $\mu\text{m}$  de abertura de malla, la cual se coloca en el fondo de la quebrada o río removiéndose el fondo para que los organismos se depositen en la red (tres réplicas por estación). La recolección de muestra se realizó con rastra cuadrangular de malla de 1mm<sup>2</sup> de poro. Las muestras obtenidas fueron tamizadas con tamiz de 1mm<sup>2</sup> de poro.

El plancton se colectó por filtrado de 50 L de agua a través de una red cónica de 40 $\mu\text{m}$  de abertura de malla.

En la colecta de muestra para determinar coliformes totales y termotolerantes se utilizaron frascos de vidrio previamente esterilizados, llevados hasta el lugar de muestreo en las mejores condiciones de higiene.

Los frascos no se abrieron hasta el momento del muestreo, se cogió la muestra directamente sin enjuagar el frasco, se destapo el frasco el menor tiempo posible, evitando el ingreso de sustancias extrañas para no alterar los resultados.

Se Sumergió la botella boca abajo a una profundidad de 20 a 30 cm, de manera que la boca, apuntó hacia la corriente creando esta por arrastre de la botella en el interior del agua, evitándose el contacto con la orilla. Se dejó una porción del recipiente sin llenar (1/4 de frasco), de manera que el aire contenido en esa zona aseguró un adecuado suministro de oxígeno para los

microorganismos, hasta el momento del análisis. Se mantuvo refrigerado a 4°C hasta el traslado al laboratorio que fue en un intervalo de 6 a 24 horas.

#### 3.4.1.4 Preservación, consideración y traslado de las muestras al laboratorio de análisis

Las mediciones de temperatura, pH, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, oxígeno disuelto, se realizaron in situ por lo que para estos parámetros no aplicó los procedimientos de almacenamiento y preservación.

La toma de muestras de agua para analizar los parámetros fisicoquímicos en laboratorio se realizaron según el protocolo de la autoridad nacional del agua en frascos de plásticos de boca ancha, limpio y de primer uso, el volumen requerido dependió del parámetro a analizar, considerando las instrucciones generales de preservación, etiquetado, embalaje y transporte de las muestras, mostradas en el “Requisitos para toma de muestras de agua y preservación”.

Se tomó un litro de muestra de agua para cada poza en recipiente especial de polietileno con tapa rosca, se conservó en un cooler con refrigerante (ice pack) asegurando su traslado al laboratorio ambiental regional de la UNAMAD en condiciones de conservación donde realizaron las pruebas fisicoquímicas de alcalinidad, cloruros y dureza. Asimismo se para evitar roturas en el caso de frascos de vidrio, se utilizó bolsas de poliburbujas.

Para el análisis de turbiedad, aceites y grasas, nitratos y nitritos las muestras fueron preservadas y transportado sobre ice pack dentro de cajas de tecnopor hasta su posterior entrega y análisis en el laboratorio acreditado SAG S.A.C.

Para las determinaciones turbiedad se tomaron 250 mL de muestras en envases de polietileno que fueron refrigeradas a 4 °C con un máximo de 24 horas antes de su análisis.

Se tomaron 250 mL para el análisis de nitritos, que fueron preservados con  $H_2SO_4$  hasta  $pH < 2$ , y refrigerados a  $4\text{ }^\circ C$  por 48 horas antes de su análisis.

Las muestras de sedimento fueron colectadas en frascos politetrafluoroetileno (PTFE) o vidrio oscuro, y transportadas sobre gel pack dentro de cajas conservadoras portátiles (tecnopor) hasta su posterior análisis. Debido a la falta de datos batimétricos, las muestras de las pozas se colectaron de la parte central del cuerpo léntico (profundidad máxima aparente) donde se espera comportamiento anóxico.

Para la preservación de organismos bentónicos para cada muestra se fijó en alcohol al 70%, en frascos de 100 mL de volumen con tapa rosca y cuello ancho.

Las muestras de plancton fueron almacenadas en frascos de plástico, etiquetados y fijados con formol al 10% para su posterior separación e identificación. La limpieza, separación, identificación, distribución y catalogación del material biológico obtenido fue realizado en el Departamento de Ictiología – UNMSM y su depósito sistematizado en las colecciones correspondientes del Museo de Historia Natural (MUSM) de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Lima).

Para el análisis bacteriológico de coliformes termotolerantes y coliformes totales se tomaron 500 mL de muestra en los frascos y cooler proporcionados por el laboratorio de la empresa de agua y alcantarillado de Tambopata EMAPAT, y trasladados inmediatamente al laboratorio de dicha empresa para el análisis respectivo.

Para el ingreso de las muestras los diferentes laboratorios, estas fueron acompañados de la ficha de cadena de custodia, ficha de muestreo, oficio de la institución solicitante.

### 3.4.2 Metodología del análisis fisicoquímico del agua

Para obtener confiabilidad de los resultados, se tuvo en consideración:

- Equipos calibrados (multiparámetro, GPS, etc.), que se verificaron antes de iniciar el trabajo de campo.
- Antes de realizar la medición, se enjuagaron los electrodos con la muestra de agua, estando el equipo apagado, se agitó ligeramente el sensor antes de medir, registrando la lectura al estabilizarse esta.
- Las mediciones se realizaron directamente en el cuerpo de agua, se priorizó la medición de oxígeno disuelto O.D., pH, temperatura, sólidos totales disueltos, conductividad eléctrica.

#### 3.4.2.1 Temperatura del agua

Materiales e Instrumentos:

- Termómetro de precisión.
- Vaso de precipitado de 500 mL.

Procedimiento:

Utilizar para este fin un termómetro protegido que se lee al cabo de 2 minutos de agitación cara al viento. La lectura se hizo después de una inmersión de 10 minutos (Greenberg, Clesceri y Eaton 1992; SUNASS 1993; Oficio Circular N° 677-2000/SUNASS-INF).

#### 3.4.2.2 pH del agua

Materiales e Instrumentos:

- pH-metro Mi160 MARTINI-INSTRUMENTS.
- Vaso de precipitado de 500 mL



Procedimiento:

Se utiliza para este fin un pH-metro de precisión 0,01 previamente calibrado con Buffers de pH = 7,4 y 10. La lectura se hace después de una inmersión de 10 minutos (Greenberg, Clesceri y Eaton 1992; SUNASS 1993; Oficio Circular N° 677-2000/SUNASS-INF).

#### 3.4.2.3 Turbiedad

Materiales e Instrumentos:

- Turbidímetro 2100P HACH
- Celdas de medición
- Equipo de filtración
- Filtro de membrana de 0,1  $\mu\text{m}$

Procedimiento:

La calibración y/o estandarización del instrumento la especifica cada fabricante, para ello se debe remitir al manual de instrucción del equipo. Se asegura que las celdas se encuentren limpias, sin arañones, opacidad o rajaduras para evitar resultados poco confiables o de baja precisión. Se coloca la muestra de agua hasta la marca de la celda, se introdujo en el turbidímetro para dar lectura de la turbiedad (Greenberg, Clesceri y Eaton 1992; SUNASS 1993; Oficio Circular N° 677-2000/SUNASS-INF).

#### 3.4.2.4 Conductividad eléctrica del agua

Materiales e Instrumentos:

- Conductímetro DIST 3 HANNA
- Vaso de precipitado de 100 mL.
- Piceta con agua destilada.

## Procedimiento

Encender el conductímetro, para efectuar la medición de la muestra, sumergir el conductímetro dentro del vaso de precipitado que contenía la muestra de agua. Agitar el sensor en el fondo del vaso para estar seguro de que no hubiese burbujas de aire atrapadas cerca del electrodo, esperar hasta que se estabilice el equipo y aparezca la señal de lectura (Greenberg, Clesceri y Eaton 1992; SUNASS 1993; Oficio Circular N° 677-2000/SUNASS-INF).

### 3.4.2.5 Alcalinidad total del agua

#### Materiales e Instrumentos:

- Balanza Analítica (Sensibilidad 0,0001 gramos) FX-3000i
- Cucharilla de vidrio o espátula de punta fina
- Pizeta de Polietileno con agua destilada
- Frasco Erlenmeyer de 250 mL
- Bureta Graduada de 50 mL
- Probeta Graduada de 50 mL
- Pipeta Volumétrica de 10 mL
- Luna de Reloj.

#### Reactivos:

- Ácido sulfúrico  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,02 N
- Tiosulfato de sodio  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  0,1 N
- Indicador Anaranjado de metilo

#### Procedimiento:

Medir 100 mL de la muestra de agua, colocar en un matraz Erlen Meyer, añadir unas 3 gotas de tiosulfato de sodio  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  0,1 N y 3 gotas del indicador anaranjado de metilo, valorar con una solución de ácido sulfúrico  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,02 N hasta cambio de color de amarillo a anaranjado (Greenberg,

Clesceri y Eaton 1992; SUNASS 1993; Oficio Circular N° 677-2000/SUNASS-INF).

Los cálculos se realizan utilizando la expresión:

$$\text{Alcalinidad Total} = \frac{T \times N \times 50000}{\text{mL de muestra utilizada}}$$

Fuente: Greenberg, Clesceri y Eaton (1992); SUNASS (1993); Oficio Circular N° 677-2000/SUNASS-INF.

Donde:

T = volumen total de ácido sulfúrico H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> gastado en la titulación.

N = normalidad del H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Ejemplo:

El volumen de una muestra es de 50 mL, el volumen del ácido sulfúrico H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> gastado es 1,5 mL y la normalidad del ácido sulfúrico H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ese de 0,02N, entonces la alcalinidad total resulta 30 mg/L ó 30 ppm. Este proceso debe repetirse 3 veces.

$$\text{Alcalinidad Total} = \frac{1,5 \text{ mL} \times 0,02\text{N} \times 50000}{50 \text{ mL}}$$

$$\text{Alcalinidad Total} = 30\text{mg/L ó } 30 \text{ ppm}$$

#### 3.4.2.6 Dureza total del agua

Materiales e Instrumentos:

- Balanza Analítica (Sensibilidad 0,0001 gramos) FX-3000i
- Cucharilla de vidrio o espátula de punta fina.
- Pizeta de Polietileno con agua destilada
- Frasco Erlenmeyer de 250ml.
- Bureta Graduada de 50 mL
- Probeta Graduada de 50 mL
- Pipeta Volumétricas de 10 mL

- Luna de Reloj.

Reactivos:

- EDTA 0,01M (ácido etilendiaminotetraacético)
- Solución buffer de pH=10
- Indicador negro de eriocromo T

Procedimiento:

Medir 100 mL de la muestra de agua, colocar en un matraz Erlen Meyer, añadir 1ml de buffer pH=10 y aproximadamente 0,0005 gramos del indicador negro de eriocromo T, valorar con una solución de EDTA 0,01M hasta cambio de color de violeta a azul (Greenberg, Clesceri y Eaton 1992; SUNASS 1993; Oficio Circular N° 677-2000/SUNASS-INF).

Los cálculos se realizan utilizando las siguientes expresiones:

El Factor Volumétrico de la Solución EDTA 0,01 M

El factor Volumétrico de la solución EDTA se obtiene de la siguiente ecuación:

$$F = \frac{\text{Volumen solución CaCO}_3 \text{ titulada}}{\text{Volumen EDTA gastado en la titulación}}$$

Fuente: Greenberg, Clesceri y Eaton (1992); SUNASS (1993); Oficio Circular N° 677-2000/SUNASS-INF.

El Factor Volumétrico se expresa como: "mg de CaCO<sub>3</sub> equivalente a 1,0 mL de solución EDTA"

La dureza Total se obtiene de la siguiente ecuación:

$$\text{Dureza Total (mg CaCO}_3\text{/L)} = \frac{V_{g\text{ EDTA}} \times N_{\text{EDTA}} \times 10000}{\text{ml de Muestra utilizado}}$$

Fuente: Greenberg, Clesceri y Eaton (1992); SUNASS (1993); Oficio Circular N° 677-2000/SUNASS-INF.

Se expresa en mg CaCO<sub>3</sub> /L

Donde:

$V_{g\text{ EDTA}}$  = volumen de EDTA gastados en la titulación de la muestra en mL

$N_{\text{EDTA}}$  = normalidad de la solución de EDTA.

Ejemplo: el volumen de una muestra de agua es de 100 mL, el volumen del EDTA gastado ese 4,6 mL y la normalidad del EDTA es de 0,01N, entonces la dureza total resulta 4,6 mg/L ó 4,6 ppm. Este proceso se debe repetir 3 veces.

$$\text{Dureza Total (mg CaCO}_3\text{/L)} = \frac{4,6 \text{ mL} \times 0,01\text{N} \times 10000}{100 \text{ mL}}$$

$$\text{Dureza Total (mg CaCO}_3\text{/L)} = 4,6 \text{ mg/L} \text{ ó } 4,6 \text{ ppm}$$

#### 3.4.2.7 Cloruros del agua

Materiales e Instrumentos:

- Balanza Analítica (Sensibilidad 0,0001 gramos) FX-3000i
- Cucharilla de vidrio o espátula de punta fina.
- Pizeta de Polietileno con agua destilada
- Frasco Erlenmeyer de 250mL.
- Bureta Graduada de 50 mL
- Probeta Graduada de 100 mL.
- Pipeta Volumétrica de 10 mL
- Luna de Reloj.

Reactivos:

- Nitrato de plata 0,0141 N
- Indicador cromato de potasio  $K_2CrO_4$  (solución al 5%)

Procedimiento:

Medir 100 mL de la muestra de agua, colocar en un matraz Erlen Meyer, añadir 3 gotas de cromato de potasio, valorar con una solución de Nitrato de plata 0,0141 N hasta cambio de color de amarillo a rojo ladrillo (Greenberg, Clesceri y Eaton 1992; SUNASS 1993; Oficio Circular N° 677-2000/SUNASS-INF). Los cálculos se realizan utilizando las siguientes expresiones:

$$\text{ppm cloruros} = \frac{\text{mg de Cl}^- \text{ calculado}}{100 \text{ mL de la muestra de agua}} \times 100$$

Fuente: Greenberg, Clesceri y Eaton (1992); SUNASS (1993); Oficio Circular N° 677-2000/SUNASS-INF.

$$\text{mg Cl}^- = V_{AgNO_3} \times N_{AgNO_3} \times 35,5$$

Fuente: Greenberg, Clesceri y Eaton (1992); SUNASS (1993); Oficio Circular N° 677-2000/SUNASS-INF.

Donde:

$V_{AgNO_3}$  = volumen de nitrato de plata gastado.

$N_{AgNO_3}$  = normalidad de nitrato de plata utilizado.

35,5 = masa atómica

Ejemplo: El volumen de una muestra de agua es de 100 mL, el volumen del nitrato de plata  $AgNO_3$  gastado ese 1,6 mL y la normalidad del nitrato de plata  $AgNO_3$  es de 0,0141N, entonces la cantidad de cloruros resulta 0,8 mg/L u 0,8 ppm. Este proceso debe repetirse 3 veces.

$$\text{mg Cl}^- = 1,6 \text{ mL} \times 0,014\text{N} \times 35,5$$

$$\text{mg Cl}^- = 0,8 \text{ mg}$$

$$\text{ppm cloruros} = \frac{0,8 \text{ mg}}{100 \text{ mL de la muestra de agua}} \times 100.$$

$$\text{ppm cloruros} = 0,8 \text{ mg/L ó } 0,8 \text{ ppm}$$

### 3.4.2.8 Oxígeno disuelto del agua

Materiales e Instrumentos:

- Test Kit de Oxígeno disuelto
- Frasco de reactivo con tapa y cuello esmerilado de 100 mL.

Reactivos:

- Sulfato de manganeso.
- Solución álcali-ácida.
- Ácido Sulfúrico.
- Indicador Yodo.
- Titulante: Tiosulfato de sodio.

Procedimiento

Colocar la muestra de agua al frasco de vidrio con cuello y tapa esmerilado hasta que revalse, tapar con cuidado evitando formación de burbujas.

Retirar la tapa, añadir 5 gotas de sulfato de manganeso y 5 gotas de solución álcali-ácida, tapar y agitar. Observar la formación de floculos de color marrón, dejar reposar hasta observar que los floculos sedimenten.

Retirar la tapa por segunda vez, añadir 10 gotas de la solución de ácido sulfúrico, tapar con cuidado de no formar burbujas de aire, agitar hasta solubilizar los floculos y obtener una solución de color amarillo.

A la solución formada añadir el indicador yodo y titular con tiosulfato de sodio, contar las gotas hasta cambio de color de azul a incoloro (Greenberg, Clesceri y Eaton 1992; SUNASS 1993; Oficio Circular N° 677-2000/SUNASS-INF).

#### 3.4.2.9 Aceites y grasas

La determinación de Aceites y grasas se realizó en el laboratorio acreditado SAG S.A.C. donde utilizaron el método (HEM) EPA-821-R-10-001 – 1664, 2010.

#### 3.4.2.10 Nitritos y Nitratos

Los Nitratos (Nitratos + Nitritos) se realizó en el laboratorio acreditado SAG S.A.C. donde utilizaron el método de reducción de cadmio SM 4500-NO3 - E.

### 3.4.3 Metodología de análisis de metales pesados

Los análisis de metales pesados en sedimentos se realizaron en el laboratorio acreditado SAG S.A.C. donde utilizaron el método EPA 200.7, Rev.4.4. EMMC Versión: Determinación de metales y oligoelementos en agua y agua mediante plasma acoplado inductivamente - espectrometría de emisión atómica, 1994.

### 3.4.4 Metodología de análisis de bioindicadores

#### 3.4.4.1 Macroinvertebrados bentónicos

Las muestras para la determinación de IBMWP, se procesaron en el laboratorio según el siguiente procedimiento:

- “Se vació el contenido en un tamiz de 500 µm de diámetro, se aclaró con abundante agua para la eliminación de restos de conservantes (especialmente si se utilizó formaldehído). El trabajo se realizó con bastante ventilación y con el uso de lentes, mascarilla y guantes de protección. Se extrajeron los restos de vegetales y residuos con el cuidado de no tener macroinvertebrados adheridos.
- Se homogenizo la muestra en la bandeja.
- Se procedió a distribuir las muestras en diferentes placas de Petri.



- Cada macroinvertebrado bentónico encontrados fueron micrografados en el esteroscopio, para su posterior conservación en frascos de 25 mL y envió al Museo Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, donde fueron separados e identificados hasta familia, o grupo taxonómico incluido en el IBMWP, todos los taxones diferentes existentes en la muestra, los resultados de los recuentos constituyen una estima de la abundancia relativa de los macroinvertebrados en la muestra.
- Se calcularon las siguientes métricas:
  - IBMWP (Iberian Biological Monitoring Working Party), en la hoja de cálculo se indican los taxones (familias en su mayoría) presentes en la muestra, el valor del índice IBMWP se obtuvo de la suma de las puntuaciones asignadas a cada uno.
  - ASPT (Average Score per Taxon). Se obtuvo del cociente entre la puntuación del IBMWP y el número de taxones (usados para el cálculo del IBMWP).
  - Taxones dominantes. En las muestras de recuento se identifican los grupos taxonómicos y taxones dominantes” (Alba et al., 2005).

### **3.5 Tratamiento de los datos**

En el análisis estadístico se evaluó la prueba de análisis de varianza de un solo factor (ANOVA) relacionados con la normalidad y homogeneidad de la varianza, para lo cual se realizó la Prueba de Shapiro-Wilk a todos los parámetros de agua y sedimentos estudiados. El promedio de cada uno de los parámetros de calidad de agua de las tres pozas se comparó con los Estándares de Calidad Ambiental ECAs de agua para ríos de selva categoría 4 y de sedimentos se comparó con los Estándares de Calidad Ambiental ECAs de suelos agrícolas.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

### 4.1. Resultados de parámetros fisicoquímicos de agua, metales pesados en agua y sedimento y bioindicadores

#### 4.1.1 Parámetros Físico-químicos de agua

Los análisis de los parámetros fisicoquímicos de la Tabla 6 se realizaron insitu (temperatura, pH, sólidos totales disueltos, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto) y en el laboratorio ambiental regional de la UNAMAD (cloruros, dureza y alcalinidad), donde se muestra los promedios de las 6 repeticiones por cada ensayo. Los parámetros fisicoquímicos: turbiedad, aceites y grasas, nitratos que fueron analizados en el laboratorio acreditado Servicios Analíticos Generales S.A.C.

**Tabla 7.** Resultados de los parámetros fisicoquímicos del agua

Parámetros fisicoquímico	Poza Topa	Poza Lagarto	Poza Pato	ECA Categoría 4 Conservación del sistema acuático ríos de la selva
Temperatura (T°)	26,5 ± 0,13	27,8 ± 0,10	27,9 ± 0,08	0
Potencial de Hidrogeno (pH)	6,93 ± 0,02	7,43 ± 0,01	7,53 ± 0,01	6,5 -8,5
Sólidos Totales Disueltos (ppm)	98 ± 0,94	64 ± 0,95	70 ± 0,47	500
Conductividad (µs)	218 ± 0,69	137 ± 0,96	147 ± 0,96	1500 *

Oxígeno Disuelto (ppm)	9 ± 0,45	8 ± 0,37	9 ± 0,45	≥5
Alcalinidad (ppm)	20 ± 0,94	30 ± 0,96	31 ± 1,60	0
Dureza (ppm)	5 ± 0,38	4 ± 0,22	4 ± 0,37	500 *
Cloruros (ppm)	0.5 ± 0,07	0,7 ± 0,02	0,9 ± 0,01	250 *
Turbiedad <sup>4</sup> NTU	310,0 ±	33 ±	12 ±	5 *
Aceites y grasas (HEM) mg/L	<0,5 ±0,01	<0,5 ±0,01	<0.5 ±0,01	5
Nitratos (Nitratos + Nitritos) mg/L	0,0 ±	0,024 ±	0,027 ±	13

\* es la comparación con los LMP, valor dado por la SUNASS.

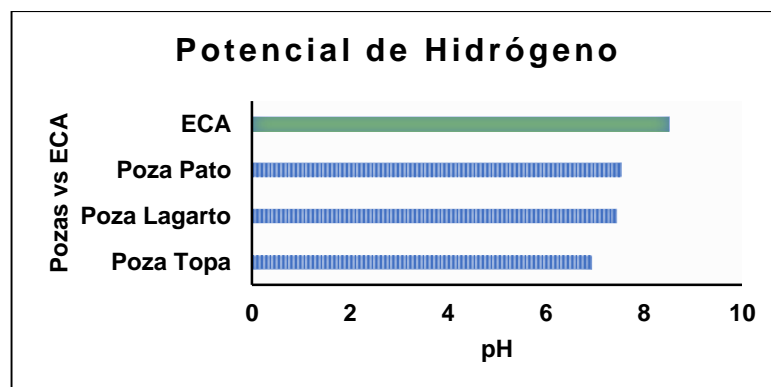
Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos en los parámetros fisicoquímicos no sobrepasan los estándares de calidad ambiental ECAs para la conservación del sistema acuático categoría 4 para ríos de selva, en las tres pozas de estudio. El parámetro de turbiedad presenta un valor alto en la poza denominada Topa. Asimismo, en el trabajo realizado por Quispe Aquino (2015) donde evaluó pozas dejadas por la minería aurífera en la zona de Tres Islas, también presenta resultados de pH, oxígeno disuelto y sólidos totales disueltos que no sobrepasan los ECAs para agua categoría 4 ríos de selva.

---

<sup>4</sup> La turbiedad se realizó con el método nefelométrico SM 2130 B, 2012, y la determinación de aceites y grasas con el método (HEM) EPA-821-R-10-001 – 1664, 2010 y Nitratos (Nitratos + Nitritos) con el método de reducción de cadmio SM 4500-NO3 - E.

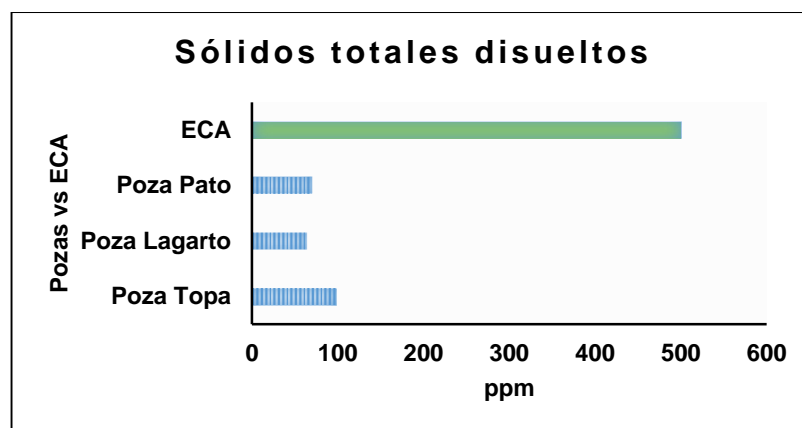
#### 4.1.1.1 Comparación Estadística con los Estándares de Calidad Ambiental y Límites permisibles nacionales.



*Figura 8.* Valores promedios de pH de las tres pozas de estudio comparando con el Estándar de Calidad Ambiental para agua superficial de ríos de selva.

Fuente: Elaboración propia.

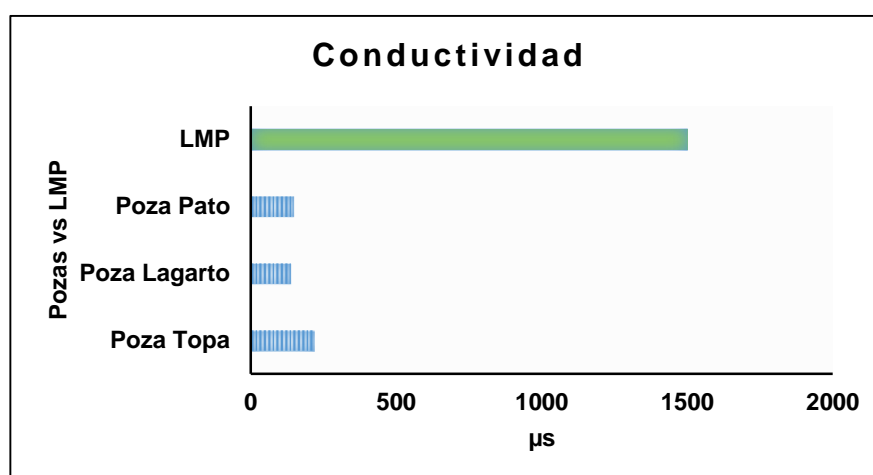
En la Figura 8 se observa que el valor máximo de pH presenta la poza Pato, seguida de la poza Lagarto, y finalmente la poza Topa; valores que no exceden los ECAs para agua categoría 4 ríos de selva.



*Figura 9.* Valores promedios de Sólidos totales disueltos de las tres pozas de estudio comparando con el Estándar de Calidad Ambiental para agua superficial de ríos de selva.

Fuente: Elaboración propia.

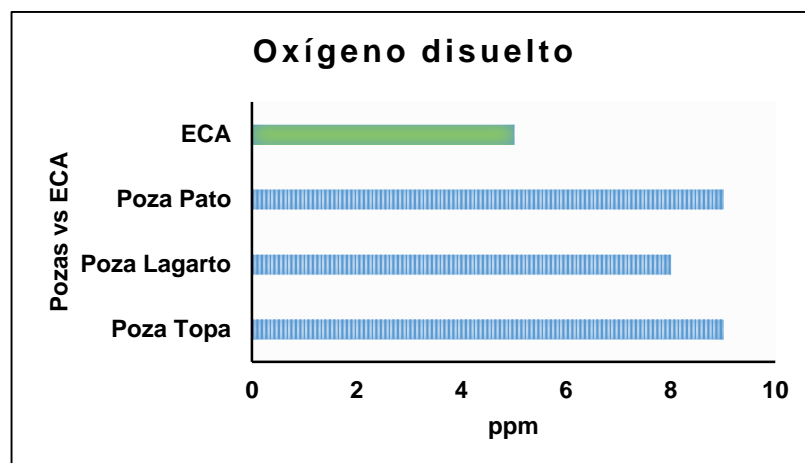
En la Figura 9 se observa que el más alto valor de sólidos totales disueltos presenta la poza Topa 98 ppm, seguido por la poza Pato 70 ppm, y el valor más bajo la poza Lagarto 64 ppm. Valores característicos de sistemas acuáticos de zonas neotropicales.



*Figura 10.* Valores promedios de conductividad de las tres pozas de estudio comparando con el Límite máximo permisible.

Fuente: Elaboración propia.

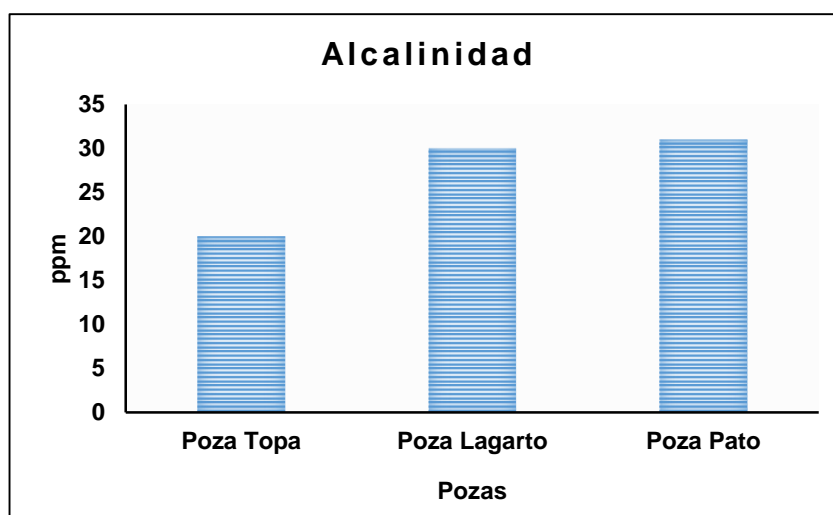
En la Figura 10 se observa que los valores de conductividad eléctrica en las tres pozas de estudio son bajas: poza Topa 218 µs, poza Pato 147 µs, y la poza Lagarto 137 µs, particular en aguas de ríos del neotrópico.



*Figura 11.* Valores promedios de oxígeno disuelto de las tres pozas de estudio comparando con el Estándar de Calidad Ambiental para agua superficial de ríos de selva.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 11 se observa que las pozas Topa y Pato presentan el mismo valor de oxígeno disuelto (9 ppm) y la poza Lagarto 8 ppm, valores que se encuentran dentro de los ECAs para agua categoría 4 ríos de selva.



*Figura 12.* Valores promedios de Alcalinidad de las tres pozas de estudio.

Fuente: Elaboración propia.

En las Figuras 12 y 13 se observan que los cuerpos de agua estudiados presentan bajos valores de alcalinidad, y dureza, típico en aguas neotropicales.

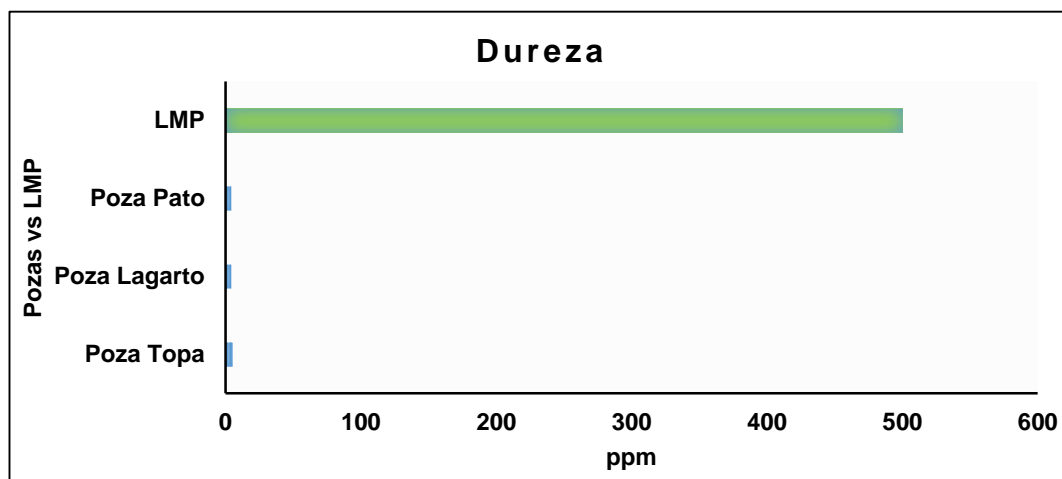


Figura 13. Valores promedio de dureza de las tres pozas de estudio comparando con el Límite máximo permisible.

Fuente: Elaboración propia.

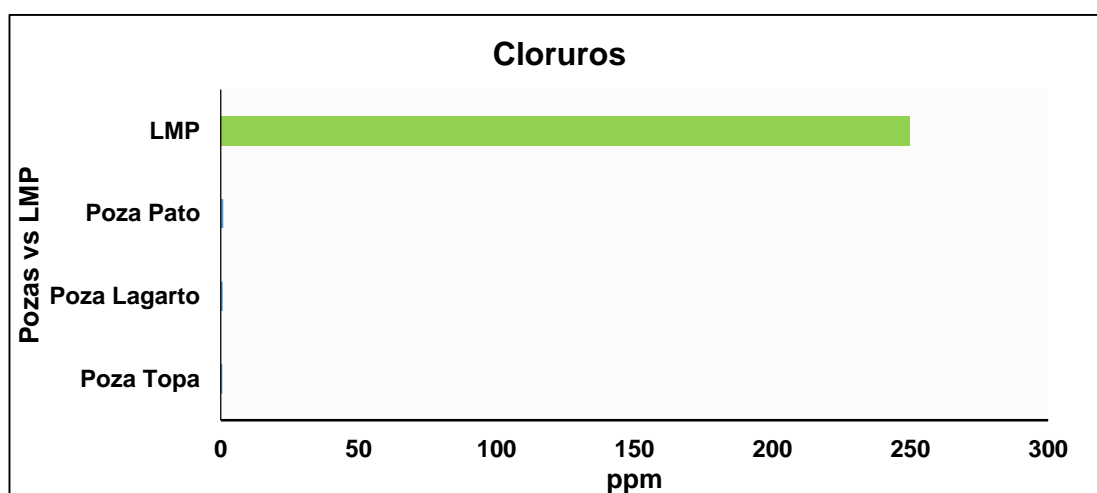
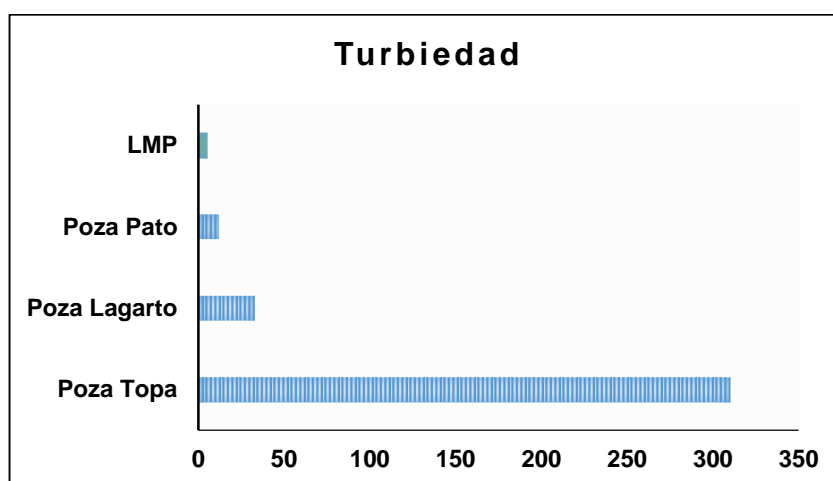


Figura 14. Valores promedio de cloruro de las tres pozas de estudio comparando con el Límite máximo permisible.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 14 se observa que los valores de cloruro presentes en las pozas Topa (0,5 ppm), Lagarto (0,7 ppm) y Pato (0,9 ppm), no superan los Límites máximo permisibles establecidos por la SUNASS, pero característicos de sistemas acuáticos de ríos de selva considerados como muy dulces.

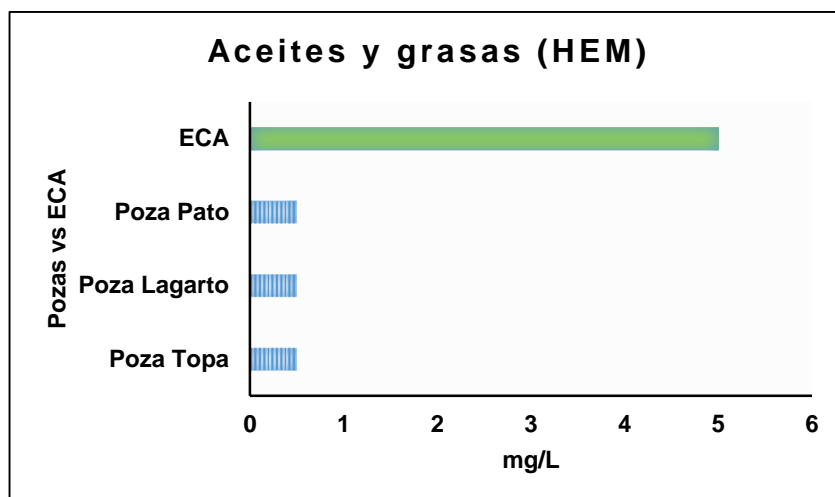


*Figura 15.* Valores promedios de turbiedad de las tres pozas de estudio comparando con el Límite máximo permisible.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 15 se observa que existe mayor turbiedad en la poza Topa con diferencia significativa respecto a la poza lagarto y pato, una de las causas se debe a la actividad antropogénica de los dueños del predio en la misma poza.

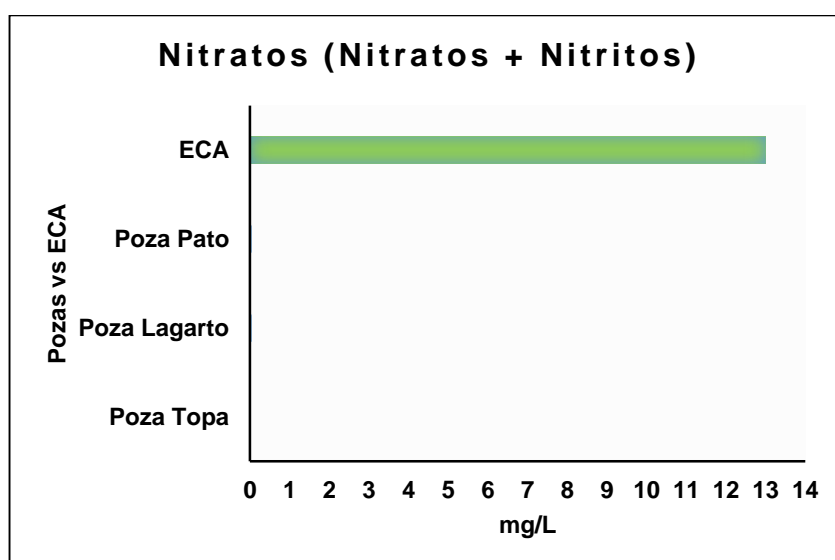




*Figura 16.* Valores promedios de aceites y grasas de las tres pozas de estudio comparando con el Estándar de Calidad Ambiental para agua superficial de ríos de selva.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 16 se observa que las pozas Topa, Lagarto y Pato presentan el mismo valor de aceites y grasas, los que se encuentran muy por debajo de los ECAs para agua categoría 4 ríos de selva.



*Figura 17.* Valores promedios de nitratos de las tres pozas de estudio comparando con el Estándar de Calidad Ambiental para agua superficial de ríos de selva.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 17 se observa que los valores de nitratos de las pozas de estudio Topa, Lagarto y Pato presentan valores no significativos; en consecuencia, no superan los Estándares de calidad de agua para ríos de selva.

#### 4.1.2 Metales en sedimento

Los análisis de metales en sedimentos (Tabla 9) fueron analizados en el laboratorio acreditado SAG S.A.C.

**Tabla 8.** Resultados de análisis de metales en sedimento.

Metales en sedimento						ECAs para suelo agrícola
Metales	LMD <sup>5</sup>	Unidad	Denominación poza			
			(medio)			
			1.- Topa	2.- Lagarto	3.- Pato	
Arsénico (As)	0,1	mg/kg	3,00	3,40	4,86	50,00
Bario (Ba)	0,2	mg/kg	55,20	74,10	120,00	750,00
Cadmio (Cd)	0,04	mg/kg	0,09	0,11	0,18	1,40
Cromo (Cr)	0,04	mg/kg	14,41	14,81	22,59	--
Mercurio (Hg)	0,1	mg/kg	<0,10	<0,10	0,34	6,60
Plomo (Pb)	0,06	mg/kg	7,86	9,39	13,69	70,00

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del análisis de metales en sedimento de las tres pozas de estudio muestran el nivel de concentración de metales en el área de estudio. En la Tabla 9 se observa que los metales presentes en las tres pozas de estudios no sobrepasan el límite establecido en los Estándares de Calidad

<sup>5</sup> L.D.M.: Límite de detección del método.

EPA Method 200.7, Rev.4.4. EMMC Version. Determination of Metals and trace Elements in Water and Wates by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry. 1994

Ambienta ECAs para suelo agrícola; estando incluso muy por debajo de los estándares. Sin embargo, se observa que los valores más altos de metales pesados como Arsénico As 4,86 mg/kg, Bario Ba 120,00 mg/kg, Cadmio Cd 0,18 mg/kg, Cromo Cr 22,59 mg/kg y Plomo Pb 13,69 mg/kg, se encuentran en la Poza Pato, con respecto a las demás pozas de estudios, observándose la presencia de niveles de concentración de Mercurio Hg 0,34 mg/kg en esta poza, probablemente por trabajos de minería aurífera desarrollados con anterioridad en esta zona.

En el estudio realizado por Quispe Aquino (2015), en pozas formadas por la minería aurífera artesanal se observa niveles de metales pesados con valores aproximados respecto a los resultados de las pozas, como Arsénico As 5,9 mg/kg, Cadmio 3,88 mg/kg, Cobre Cu 23,64 mg/kg, Plomo Pb 10,61 mg/kg y mercurio Hg 0,09 mg/kg. Estos valores son una forma de conocer el nivel de contaminación, siendo los sedimentos sumideros de contaminantes como la deposición de metales, y ambos casos con respecto a los ECAs establecidos para suelos agrícolas no se consideran como contaminante potenciales, pero son metales que tienen un ciclo geobioquímico y pueden ir bioacumulándose a través del tiempo.

#### 4.1.2.1 Comparación Estadística con los Estándares de Calidad Ambiental Nacional para suelos agrícolas.

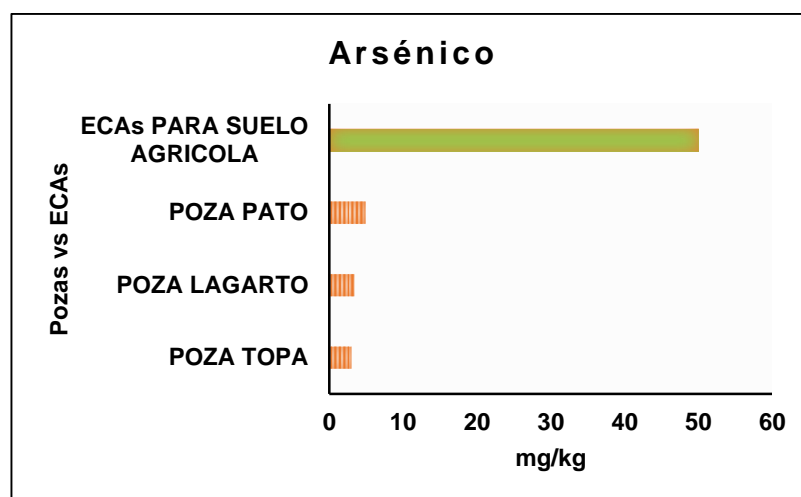


Figura 18. Valores promedio de concentración de Arsénico en las tres pozas de estudio comparando con los Estándares de Calidad Ambiental para suelo agrícola.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 18 se observa que la concentración más alta de Arsénico presenta la poza Pato, seguida por las pozas Lagarto y Topa, las que están por debajo de los Estándares de calidad para suelo agrícola.

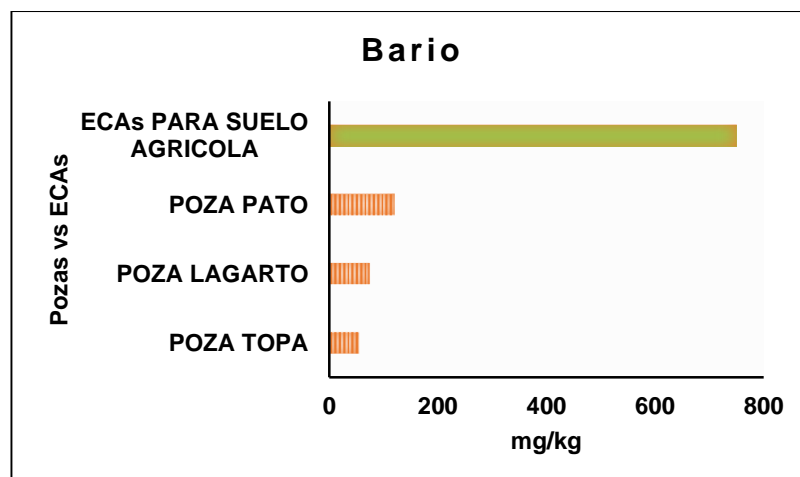


Figura 19. Valores promedios de concentración de Bario en las tres pozas de estudio comparando con los Estándares de Calidad Ambiental para suelo agrícola.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 19 se observa que la concentración más alta de Bario presenta la poza Pato, seguida por las pozas Lagarto y Topa, que no superan los Estándares de calidad para suelo agrícola.

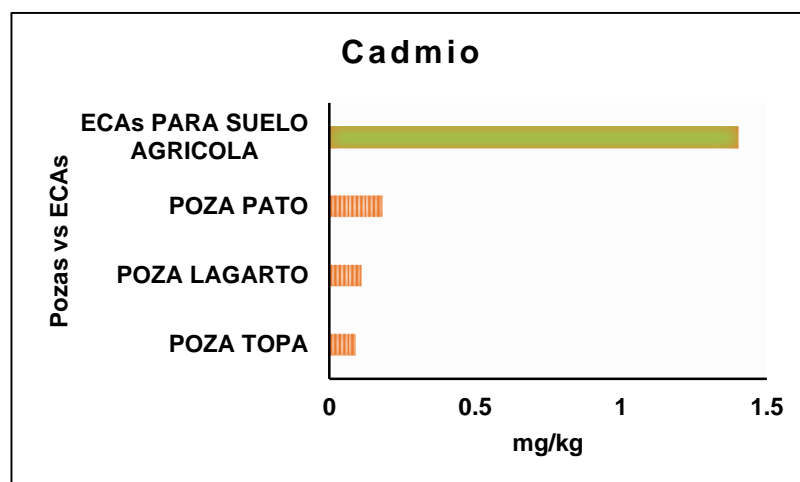


Figura 20. Valores promedios de concentración de Cadmio en las tres pozas de estudio comparando con los Estándares de Calidad Ambiental para suelo agrícola.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 20 se observa que la concentración más alta de Cadmio tiene la poza Pato, seguida por las pozas Lagarto y Topa. Finalmente, valores debajo de los Estándares de Calidad Ambiental para suelo agrícola.

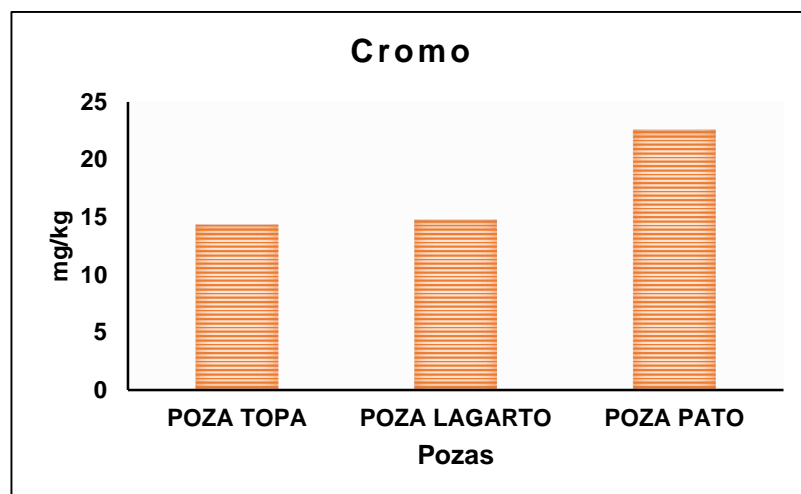


Figura 21. Valores promedios de concentración de Cromo en las tres pozas de estudio.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 21 se observa que la concentración más alta de Cromo tiene la poza Pato, seguida por las pozas Lagarto, y la concentración más baja presenta la Poza Topa.

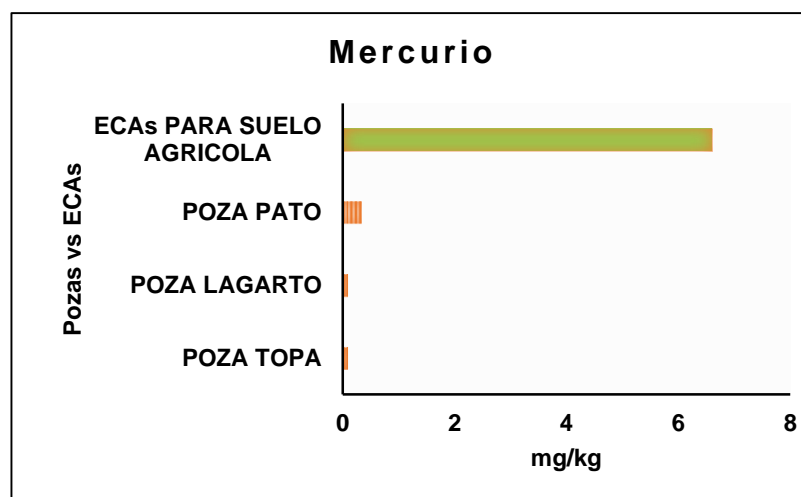
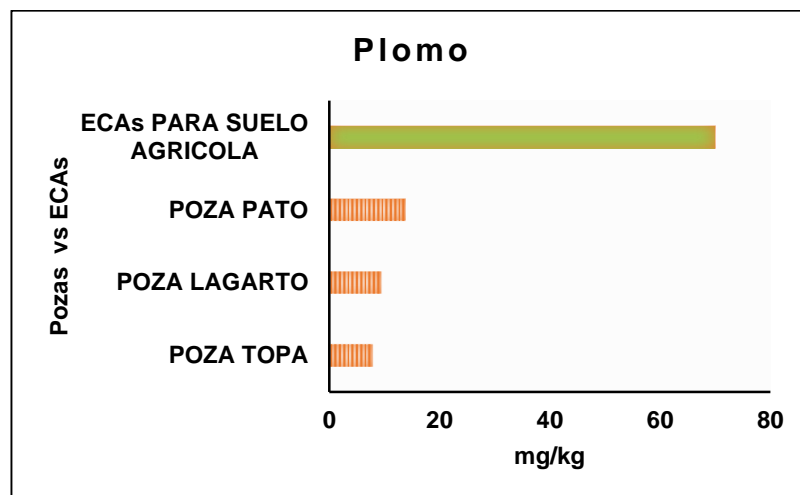


Figura 22. Valores promedios de concentración de Mercurio en las tres pozas de estudio comparando con los Estándares de Calidad Ambiental para suelo agrícola.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 22 se observa que la concentración más alta de Mercurio Hg presenta la poza Pato, seguida por las pozas Lagarto y Topa, las que no superan los Estándares de calidad para suelo agrícola.



*Figura 23.* Valores promedios de concentración de Plomo en las tres pozas de estudio comparando con los Estándares de Calidad Ambiental para suelo agrícola.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 23 se observa que la concentración más alta de Plomo está presente en la poza Pato, seguida por las pozas Lagarto y Topa, valores que no superan los Estándares de calidad para suelo agrícola.

#### 4.1.2.2 Análisis Estadístico de metales en sedimento

El análisis de varianza (ANOVA) para los metales en sedimento se describe en la Tabla 9.

**Tabla 9.** *Aplicación estadística en la concentración promedio de metales en muestras de sedimento de las pozas estudiadas.*

Variable	Pozas			ANOVA	
	Topa	Lagarto	Pato	P	Shapiro Wilk
Arsénico (As)	3,00	3,40	4,86	0,096	0,393
Bario (Ba)	55,20	74,10	120,00	0,014	0,549
Cadmio (Cd)	0,09	0,11	0,18	0,032	0,407
Cromo (Cr)	14,41	14,81	22,59	0,005	0,083
Mercurio (Hg)	0,10	0,10	0,34	0,035	0,000
Plomo (Pb)	7,86	9,39	13,69	0,011	0,489

Fuente: Elaboración propia.

Existen diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las medias de los metales de Bario Ba, Cadmio Cd, Cromo Cr, Mercurio Hg y Plomo Pb; por lo menos, una concentración de cada metal es diferente de las demás en cuanto a la concentración de cada poza de estudio.

Según la Prueba de Shapiro Wilk, no existe diferencias significativas entre la medias de concentración de Arsénico; de las pozas de estudio.

#### 4.2.3. Parámetros bacteriológicos

**Tabla 10.** *Parámetros bacteriológicos*

Parámetros microbiológicos	UNID	Poza Topa	Poza Lagarto	Poza Pato	ECA Categoría 4 conservación del sistema acuático ríos de la selva NMP/100 ml
Dilución		x 10-2	x 10-2	x 10-2	



<b>Coliformes Termotolerantes</b>	N°col/100 ml muestra	1000	1000	500	2000
<b>Coliformes Totales</b>	N°col/100 ml muestra	3500	2500	1500	3000

Fuente: Elaboración propia.

Los análisis de los parámetros bacteriológicos de las tres pozas de estudio muestran que el parámetro de coliformes termotolerantes no se superó el Estándar de Calidad Ambiental ECA para agua superficial de ríos de selva, en las tres pozas. Sin embargo, para coliformes totales, se observó que una poza (Poza Topa 3500 N°col/100 ml muestra) supera el Estándar de Calidad lo que corrobora el valor alto de turbiedad por el uso que los dueños del predio agrícola hacen de esta poza por encontrarse más cercano a su vivienda, las otras pozas se encuentran por debajo del estándar con valores considerables (Poza Lagarto 2500 N°col/100 ml, poza Pato 1500 N°col/100 ml).

Asimismo, en el estudio realizado por Araújo Flores (2015), en las cuatros estaciones de la quebrada Jayave, los valores del año 2014 se igualaron o se superaron los límites permitidos por el MINAM de coliformes totales, debido a la incidencia de personas en diferentes estaciones de la quebrada.

En cambio, el estudio realizado por Patilla Pineda (2015), los resultados del análisis de coliformes termotolerantes y totales no superaron el Estándar de Calidad Ambiental para agua superficial de ríos de selva; a pesar que, el estudio se realizó en el río Tambopata. Este resultado según Patilla se debe a que el muestreo no se realizó en puntos de emisión de los vertederos de aguas servidas.

#### 4.2.3.1. Comparación Estadística con límites permisibles nacionales

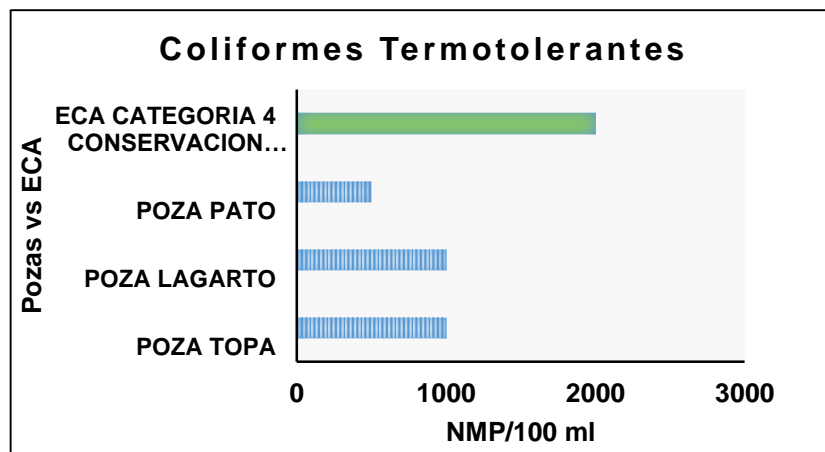
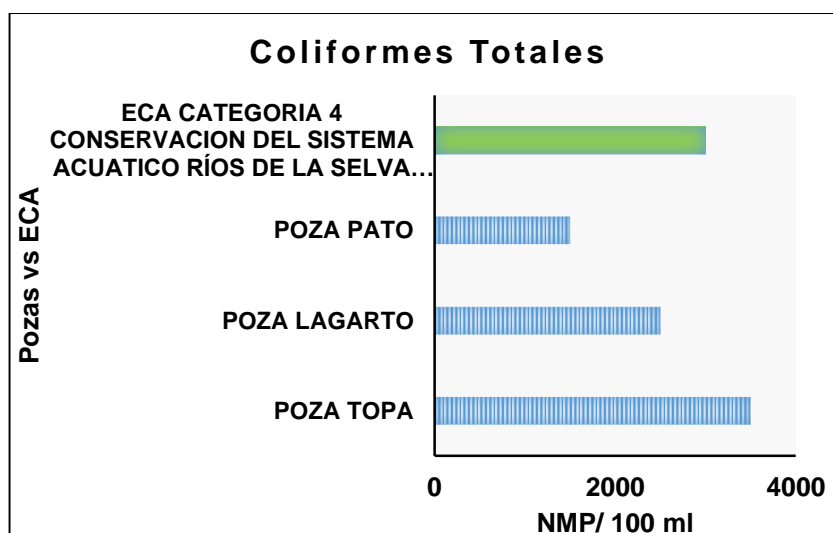


Figura 24. Valores promedios de Coliformes Termotolerantes de las tres pozas de estudio comparando el Estándar de Calidad Ambiental para agua superficial de ríos de selva.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores promedios de coliformes termotolerantes para las tres pozas de estudio, muestran que el valor más alto lo tienen la poza Topa y Lagarto, teniendo el mismo valor; sin embargo, no superan el Estándar de Calidad Ambiental para agua superficial de ríos de selva.



*Figura 25.* Valores promedios de Coliformes Totales de las tres pozas de estudio comparando el Estándar de Calidad Ambiental para agua superficial de ríos de selva.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores promedios de coliformes totales para las tres pozas de estudio, muestran que el valor más alto es de la poza Topa, superando el valor Estándar de Calidad Ambiental ECA para agua superficial de ríos de selva. Las pozas Lagarto y Pato no superan el Estándar de calidad.

### 4.2.3. Indicadores de calidad de agua

#### 4.2.3.1. Macroinvertebrados bentónicos

El estudio de macroinvertebrados bentónicos contabilizó 10 especímenes en las tres pozas de estudio, distribuidas en el phylum Artropoda, clase insecta, 8 órdenes y 8 familias.

Los *Odonatos* se encontraron en la poza lagarto y poza pato, esta orden se caracteriza por presentarse en aguas lénticas y poco profundas, según Arango y Roldán (1983), se puede explicar la gran adaptabilidad de estos organismos a diferentes hábitats y condiciones ambientales incluyendo sitios con ligera eutrofización, que corroboraría la condición muy crítica que presentan estas pozas.

**Tabla 12.** Resultados de bentos en las pozas de estudio

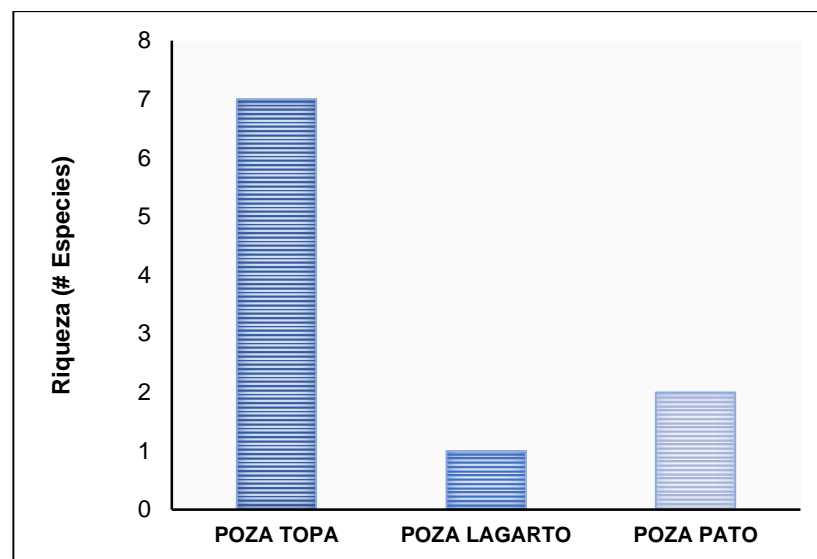
Orden	Familia	Poza Topa	Poza Lagarto	Poza Pato	Total
DIPTERA	Chironomidae	2	2	0	4
ODONATA	Libellulidae	6	6	6	18
HETEROPTERA	Corixidae	7	7	0	14
ODONATA	Gomphidae	0	10	0	10
DIPTERA	Culicidae	0	2	0	2
ODONATA	Coenagrionidae	0	0	7	7
ODONATA	Calopterygidae	0	0	7	7
DIPTERA	Ceratopogonidae	0	0	3	3

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 13.** Índices biológicos de abundancia, riqueza, diversidad y equidad de bentos en las tres pozas de estudio

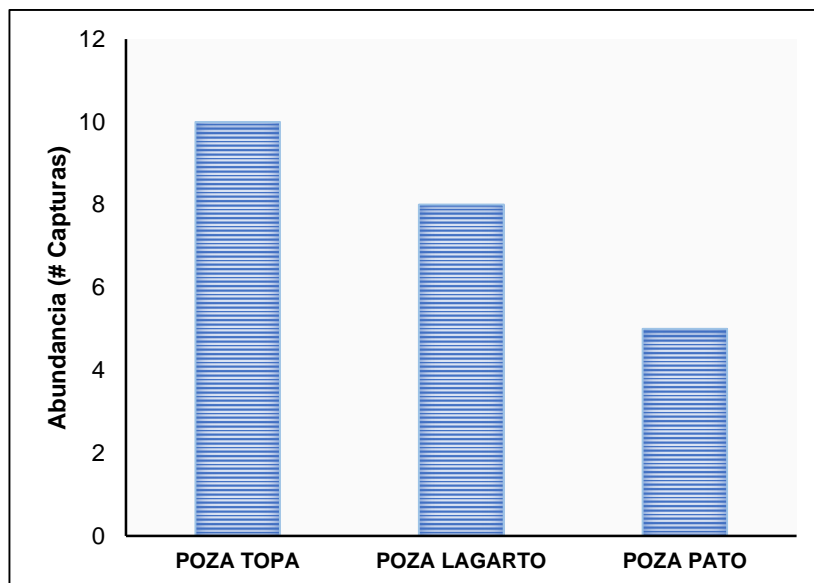
Índices biológicos	Poza Topa	Poza Lagarto	Poza Pato
Abundancia (N)	10	8	5
Riqueza de especies (S)	7	1	2
Shannon-Wiener (H')	1.75	0.53	0.68
Equidad de Pielou	0.62	0.53	0.68

Fuente: Elaboración propia.



*Figura 26.* Índice de riqueza de bentos (macroinvertebrados) en las pozas de estudio.

Fuente: Elaboración propia.



*Figura 27.* Índice de abundancia de bentos (macroinvertebrados) en las pozas de estudio.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 13 se tienen resultados, considerando la clasificación de la calidad de las aguas en función a estándares desarrollados para la amazonia colombiana (BMWP).

Según la figura 12, la poza denominada Topa es la que presenta mayores valores de riqueza en especies, sin embargo el valor obtenido de BMWP muestra que está en el rango de agua muy contaminada (Tabla 13), seguida de las pozas lagarto y pato que están en la escala de fuertemente contaminadas. Esta determinación es importante, evidencia que el estado de salud de estos cuerpos de agua es crítica, porque la zona es un predio agrícola con asentamientos humanos y actividad antropogénica, como el uso recreativo o extractivo que se le pueden estar dando a estos cuerpos de agua o por el incremento del caudal causado por las lluvias que impiden la colonización de estos organismos bentónicos. Según Araújo Flores (2012), no todos estos índices vienen explicados por la acción del hombre.

**Tabla 14.** Índice biótico Modificado para Colombia (índices BMWP)

Clase	Calidad	Valor/Colombia	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	Critica	16-35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy Critica	<15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 15.** Resultado de la calidad del agua por medio bioindicadores (bentos) en las pozas de estudio

	Poza Topa	Poza Lagarto	Poza Pato
BMWP/Col	18	6	2
Calidad	Crítica	Muy crítica	Muy crítica

Fuente: Elaboración propia.

Los valores de porcentaje de las taxas indicadoras de ambiente acuático saludable, los *Ephemeroptera*, *Plecoptera*, y *Trichoptera* (EPT), no fueron registradas en las pozas de estudio, por lo que el índice EPT (%) da como resultado que estos cuerpos de agua tienen mala calidad (Ver Tabla 15).

**Tabla 16.** Valores de % de tasas indicadoras de ambiente acuático saludable EPT

Índice EPT (%)	Calidad del Agua
75-100	Muy buena
50-74	Buena
25-49	Regular
0-24	Mala

Fuente: Carrera y Hierro (2011)

#### 4.2.3.2. Plancton

Los resultados de índices de diversidad de las pozas de estudios se presentan en la Tabla 16, como se detalla:

**Tabla 17.** Índices de diversidad de fitoplancton en las pozas de estudio

Índices diversidad Fitoplancton	Poza Topa	Poza Lagarto	Poza Pato
Número de especies	14	15	7
Riqueza de Margalef d'	1,16	1,36	0,60
Equidad de Pielou's J'	0,30	0,61	0,48
Diversidad de Shannon H'	1,15	2,38	1,34
Dominancia de Simpson 1-D	0,34	0,62	0,43

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 16 se observa que la poza Lagarto es la poza con mayor índice de biodiversidad: teniendo 15 especies, siendo el número más alto con respecto a las demás pozas; 1,36 de Riqueza de Margalef; 0,61 de Equidad

de Pielou's; 2,38 de Diversidad de Shannon H; y 0,62 de Dominancia de Simpson.

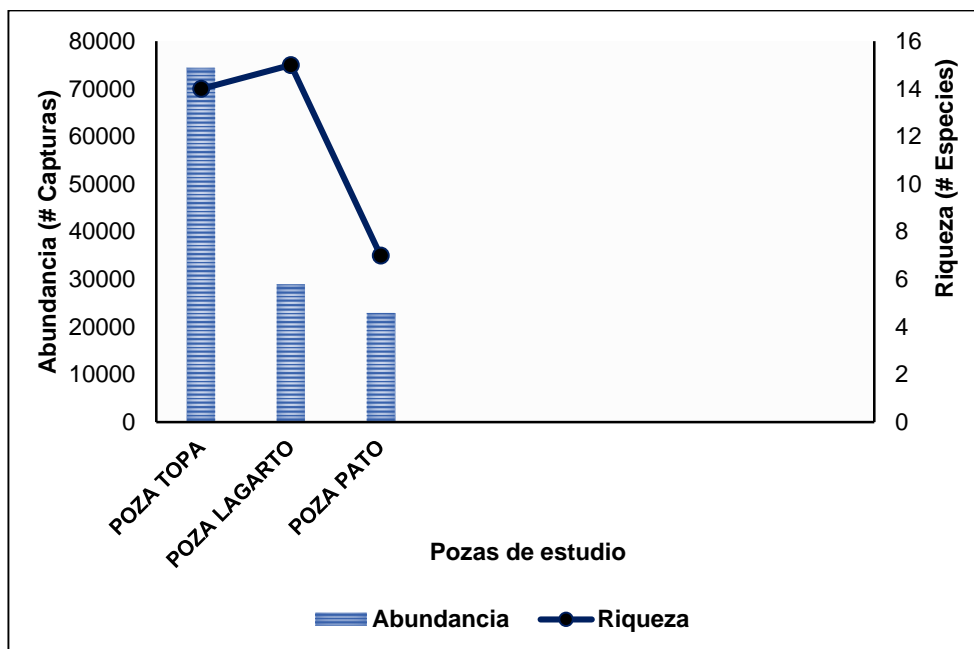


Figura 28. Índices de abundancia y riqueza de fitoplancton en las pozas de estudio.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 28 se observa que la poza con mayor abundancia es la poza Topa, seguida por la poza Lagarto y Pato, respectivamente; sin embargo, la poza con mayor riqueza es la poza Lagarto, seguida por las pozas Topa y Pato.

Tabla 18. Índices de diversidad de zooplancton en las pozas de estudio

Índices diversidad zooplancton	Poza Topa	Poza Lagarto	Poza Pato
Número de especies	3	9	3
Riqueza de Margalef d'	0,36	1,12	0,40
Equidad de Pielou's J'	0,86	0,88	1,00
Diversidad de Shannon H'	1,37	2,78	1,58
Dominancia de Simpson 1-D	0,56	0,83	0,67

Fuente: Elaboración propia.



En la Tabla 17 se observa que la poza Lagarto es la poza con mayor índice de biodiversidad en: Riqueza de Margalef, Diversidad de Shannon H y Dominancia de Simpson. Sin embargo, en el índice de Equidad de Pielou's la poza Pato presenta el valor mayor.

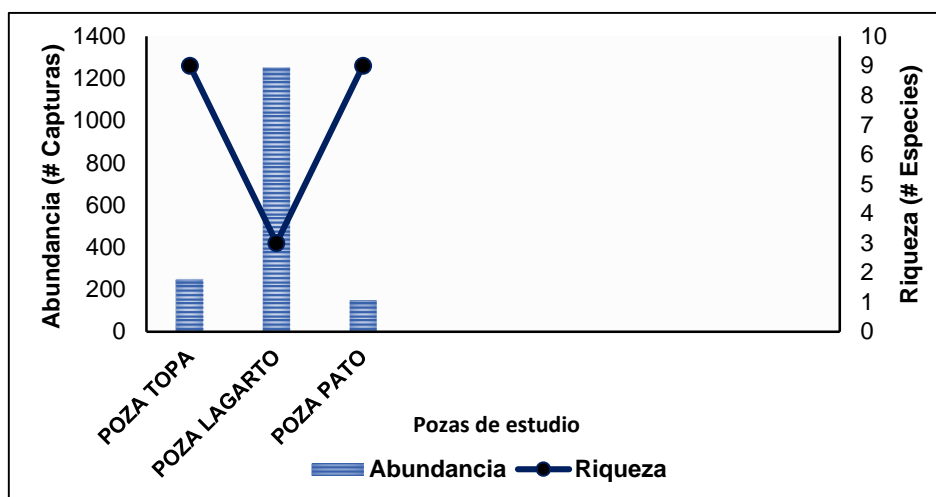


Figura 29. Índices de abundancia y riqueza de fitoplancton en las pozas de estudio.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 29 se observa que la poza con mayor abundancia es la poza Lagarto, seguida por la poza Topa y Pato, respectivamente; sin embargo, la poza Lagarto es la poza con menos índice de riqueza.

Tabla 19. Especies de fitoplancton en las pozas de estudio

Especie	Poza Topa	Poza Lagarto	Poza Pato
<i>Nitzschia acicularis</i>	60 000	0	500
<i>Gomphonema augur</i>	50	0	0
<i>Synedra goulardi</i>	0	1 000	0
<i>Navicula capitatoradiata</i>	50	0	0
<i>Navicula cf incomposita</i>	0	500	0
<i>Craticula cuspidata</i>	0	500	0
<i>Amphora sp.</i>	500	500	0
<i>Pandorina morum</i>	50	0	0
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	2 500	2 000	500
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	3 000	500	0
<i>Closteriopsis sp.</i>	500	17 500	0
<i>Dictyosphaerium sp.</i>	1 500	0	0

<i>Merismopedia glauca</i>	0	0	500
<i>Oscillatoria tenuis</i>	0	500	0
<i>Euglena sp.</i>	50	0	0
<i>Trachelomonas sp.</i>	0	2 000	0
<i>Lepocinclis acus</i>	50	500	500
<i>Lepocinclis ovum</i>	0	500	0
<i>Lepocinclis sp.</i>	0	1 000	500
<i>Phacus circumflexus</i>	50	1 000	0
<i>Phacus longicauda</i>	0	500	0
<i>Phacus pleuronectes</i>	50	500	0
<i>Gonyaulax sp.</i>	0	0	17 000
<i>Protoperidinium quinquecorne</i>	6 000	0	3 500

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 30 se observa que las pozas con mayor proporción de especímenes de fitoplancton son las pozas Topa y Lagarto. Las especies más representativas fueron: *Nitzschia acicularis*, *Closteriopsis sp.* y *Gonyaulax sp.* Evidenciando el deterioro de la calidad del agua de estas pozas, por presentar una correntada mínima.

En el estudio realizado por Qusipe Aquino (2015), las especies más representativas fueron: *Trachelomonas sp.*, *Lepocinclis sp.* y *Euglena acus*

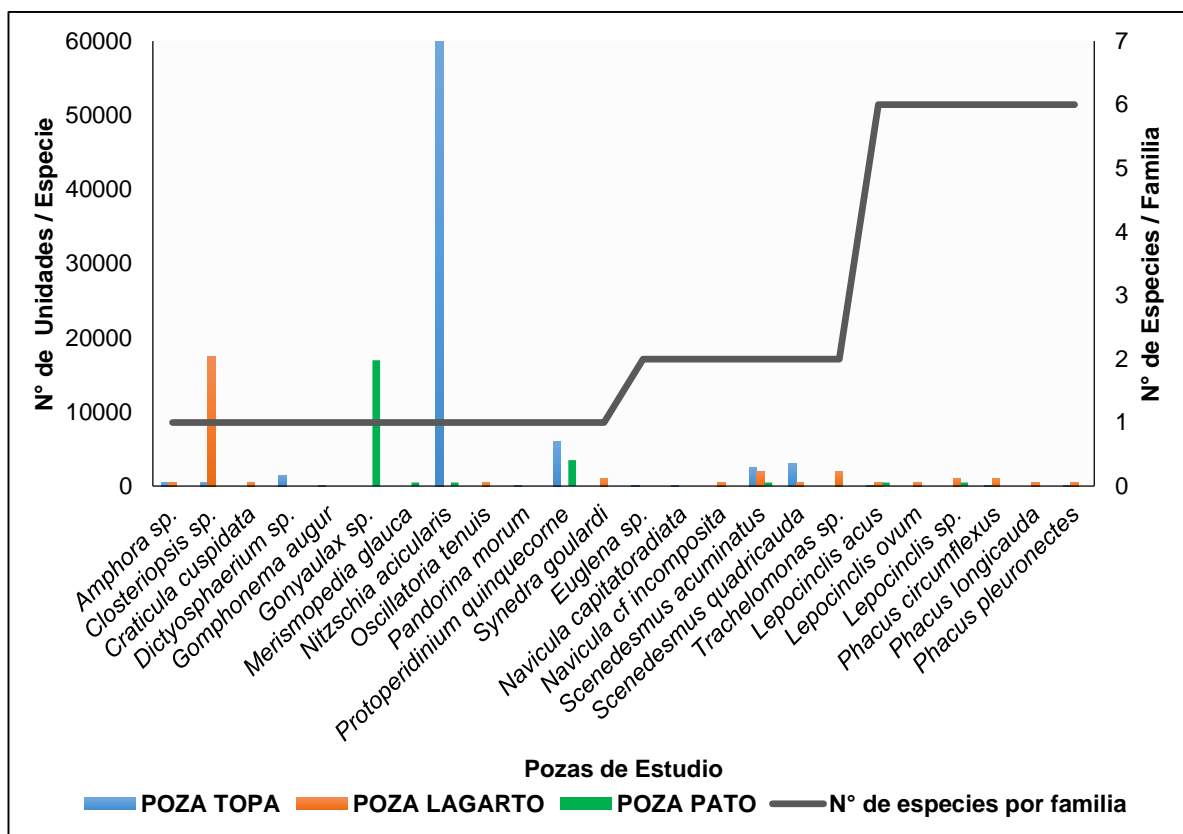


Figura 30. Índice total especímenes de fitoplancton en las pozas de estudio.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20. Especies de zooplancton en las pozas de estudio

Especie	Poza Topa	Poza Lagarto	Poza Pato
ciclopoideo	0	50	0
<i>Vorticella sp.</i>	150	50	0
nematodo	50	0	0
bdelloideo	0	300	50
<i>Asplanchna herrickii</i>	0	50	0
<i>Anuraeopsis fissa</i>	0	250	50
<i>Brachionus angularis</i>	0	100	0
<i>Keratella cochleraris</i>	50	300	0
<i>Euchlanis dilatata</i>	0	50	0
<i>Polyarthra sp.</i>	0	100	50

Fuente: Elaboración propia.

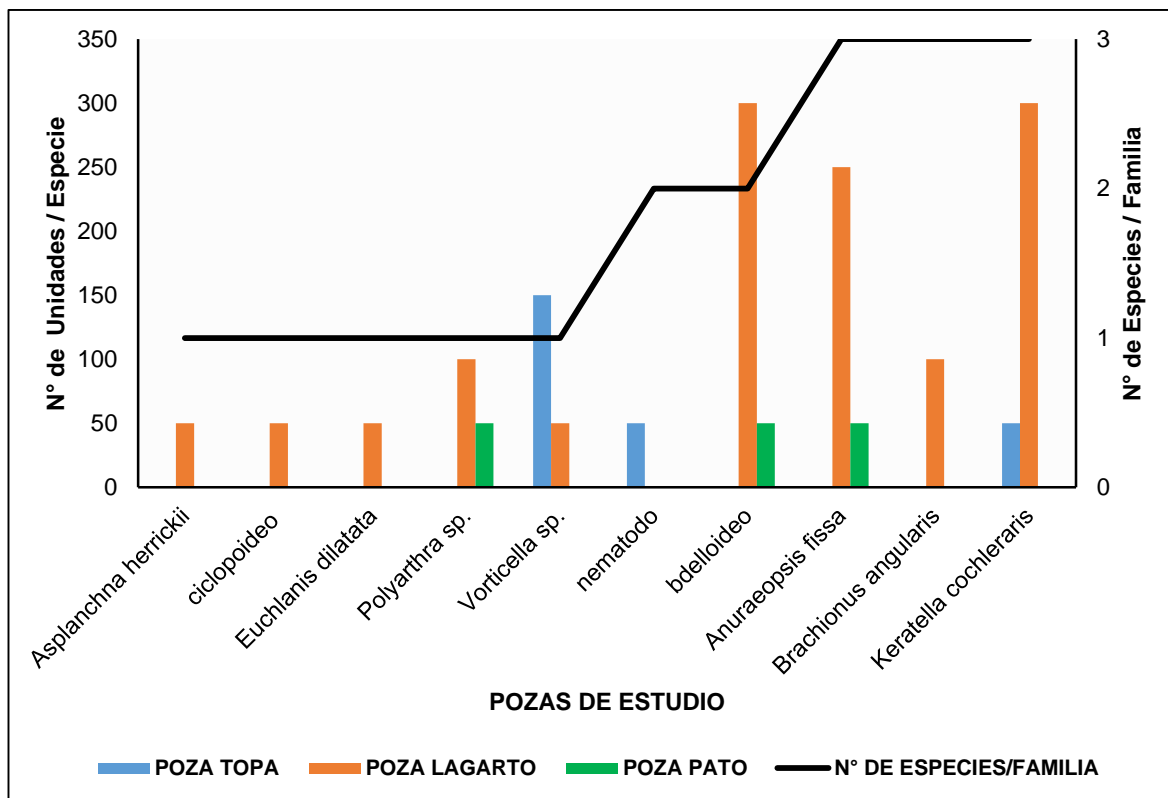


Figura 31. Índice total especímenes de zooplancton en las pozas de estudio.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 31 se observa que la poza con mayor proporción de especímenes de zooplancton es la poza Lagarto con respecto a las demás pozas de estudio. Las especies más representativas fueron: bdelloideo, *Keratella cochleraris* y *Anuraeopsis fissa*.

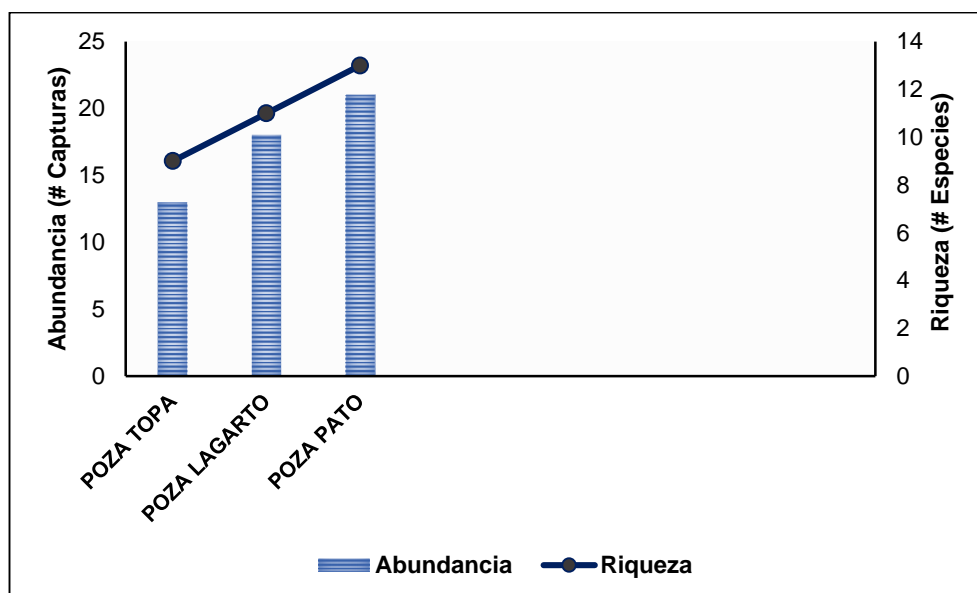
En el estudio realizado por Qusipe Aquino (2015), las especies más representativas fueron: *Trichocerca sp.*, *Microcyclops sp.* y *Thermocyclops minutus*.

### 4.2.3. Riqueza en ictiofauna

**Tabla 21.** Índices biológicos de abundancia, riqueza, diversidad y equidad de ictiofauna en las tres pozas de estudio

Índices biológicos	Poza Topa	Poza Lagarto	Poza Pato
Abundancia	13	18	21
Riqueza	9	11	13
Índice de Diversidad ( $H'(\log 2)$ )	2,93	3,31	3,59
Índice de riqueza (d)	3,12	3,46	3,94
Índice de equidad ( $J'$ )	0,92	0,96	0,97

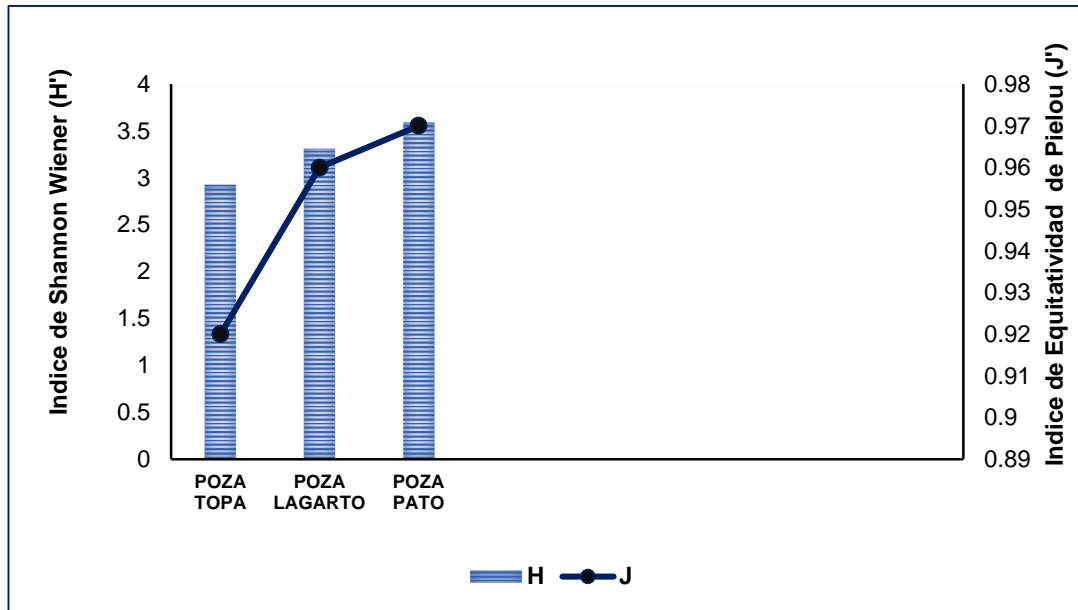
Fuente: Elaboración propia.



**Figura 32.** Índices de abundancia y riqueza de ictiofauna en las pozas de estudio.

Fuente: Elaboración propia.

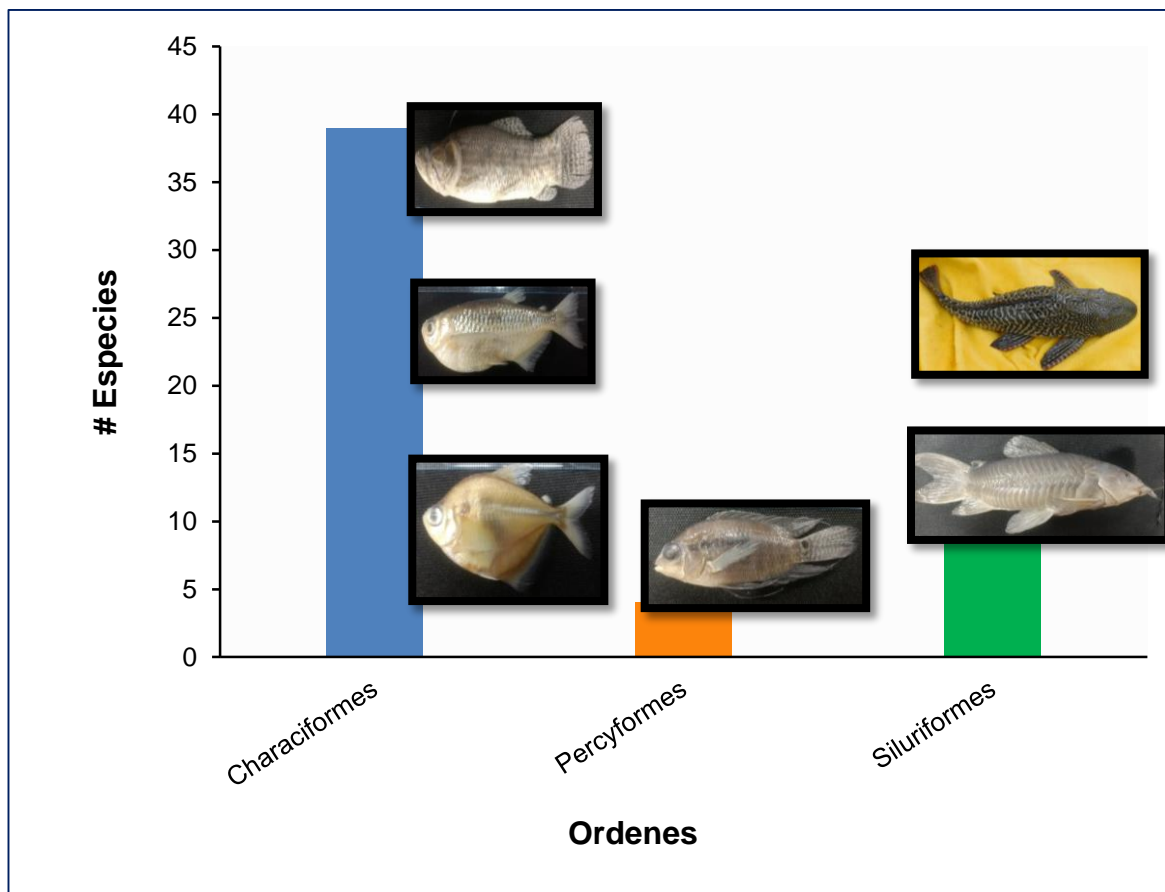
En la Figura 32 se observa que la poza Pato es la poza con mayor Abundancia y Riqueza, seguida por la poza Lagarto y Topa; respectivamente.



*Figura 33.* Índices biológicos de diversidad y equidad de ictiofauna en las tres pozas de estudio.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 33 se observa que la poza Pato es la poza con mayor Dominancia y Equidad, seguida por la poza Lagarto y Topa; respectivamente.



*Figura 34.* Distribución taxonómica de las especies de peces agrupada por órdenes.

Fuente: Elaboración propia.

Las muestras recolectadas en las tres pozas de estudio, fueron clasificadas en tres órdenes: Characiformes, Percyformes y Siluriformes. El orden Characiformes, es el orden sobresaliente y con más número de individuos en el área de estudio, seguido por el orden Siluriformes con un considerado número de individuos, y finalmente el orden Percyformes, que es el orden con menor número de individuos y manifestación en las pozas de estudio. Este resultado es similar a lo reportado en el estudio de Caracterización de la biodiversidad acuática en la cuenca andino-amazónica de Madre de Dios, donde el orden Characiformes reporta un 80%, Siluriformes 15% y Percyformes un aproximado de 2.2% con otros ordenes de las capturas registradas (Araújo Flores, 2015).

## CONCLUSIONES

Analizando los parámetros fisicoquímicos se puede concluir que los datos de pH difieren de poza a poza (poza topa=6,93, poza lagarto=7,43, poza pato=7,53), pero en los tres casos se encuentran dentro de los estándares de calidad de agua para ríos de selva categoría 4 (pH=6,5 – 8,5). Un factor determinante para este parámetro es la estacionalidad, la materia orgánica en suspensión que proviene de la descomposición vegetal, la fisiografía que rodea a las pozas que son de terrazas bajas con drenaje moderado y cercano a un complejo de orillares que hace que los valores de pH sean inestables con tendencia a la acidez. Las fuertes lluvias esporádicas hacen disminuir los valores de conductividad y neutralizar el pH. Los datos de oxígeno disuelto están en relación a la profundidad donde se tomaron las muestras, cuanto más profundo más oxigenadas como en las pozas denominadas topa y pato que presentan 9 ppm de oxígeno disuelto y una profundidad de 4 m y 5 m respectivamente. Según Barthem et al. (2003), existe una baja de oxígeno disuelto en época de estiaje por aumento de valores de temperatura en los ríos pero no en las pequeñas quebradas con cobertura vegetal. La evaluación de coliformes totales solo la poza topa (3500 NMP/100 ml), sobrepasa los estándares de calidad ambientales ECAs para ríos de selva categoría 4 (3000 NMP/100 ml) y según la categoría 1-B para aguas superficiales destinadas para recreación tanto coliformes totales para las pozas de estudio (poza topa=3500 NMP/100 ml, poza lagarto=2500 NMP/100 ml, poza pato=1500 NMP/100 ml) superan los permisibles para contacto primario (1000 NMP/100 ml), por lo que se concluye que estas pozas no son recomendables para recreación.

Las concentraciones de los metales: bario, cadmio, cromo, mercurio y plomo en los sedimentos de las pozas formadas artificialmente por la minería no metálica son bajos y diferentes para cada poza, a excepción del arsénico donde no existe diferencias significativas.



El estudio de macroinvertebrados bentónicos contabilizó 10 especímenes en las tres pozas de estudio, distribuidas en el phylum Artropoda, clase insecta, 8 órdenes y 8 familias. La poza denominada Topa es la que presenta mayores valores de riqueza en especies, sin embargo el valor obtenido de BMWP muestra que está en el rango de agua muy contaminada, seguida de las pozas lagarto y pato que están en la escala de fuertemente contaminadas. Esta determinación es importante, evidencia que el estado de salud de estos cuerpos de agua es crítica, porque la zona es un predio agrícola con asentamientos humanos y actividad antropogénica. Según Araujo et-al., 2012 no todos los índices vienen explicados por la acción del hombre ya que las fluctuaciones naturales del medio afectan a la comunidades bentónicas. Los valores de riqueza y abundancia para fitoplancton, muestran que la poza denominada Topa presenta mayor índice de abundancia y la poza lagarto mayor índice de riqueza en especies, habiendo una diferencia grande con la poza pato que presenta en referencia a las otras dos bajo índice de riqueza. Para el caso del zooplancton la poza lagarto presentó mayor índice de abundancia pero bajo índice de riqueza en especies, con respecto a las otras dos pozas lagarto y pato que presentan mayor número de especies. La evaluación de riqueza en icitiofauna de las tres pozas de estudio dio como resultado la predominancia de las órdenes de chariciformes con (17 especies), también se encontraron peces de las órdenes siluriformes (9 especies) y Percyformes (4 especies). Las especies más comunes fueron *Triportheus angulatus* (10 capturas), *Cichlasoma boliviense kullander* (4 capturas), *Hypostomus sp* (1 captura), esta información contribuye a conocer las especies existentes en pozas formadas artificialmente por minería no metálica.

Los valores fisicoquímicos obtenidos de sólidos totales disueltos, conductividad eléctrica, dureza, cloruros, aceites y grasas, nitrato y nitritos en muestras de las tres pozas de estudio, no sobrepasan los estándares de calidad ambientales ECAs para ríos de selva categoría 4. Al mismo tiempo los niveles de metales en sedimentos de los cuerpos de agua formados por extracción de minería no metálica no sobrepasan los estándares de calidad

ECAs para suelo agrícola, pero considerando que los resultados son de sedimentos de cuerpos de agua se debe tener presente el pH de estos que cuanto más ácidos sean tendrán mayor capacidad de disolver estos metales y contaminar la vida acuática que presenta.

## **SUGERENCIAS**

La finalidad de esta investigación es generar conocimiento acerca de la situación actual de los diferentes cuerpos de agua formados de manera artificial, un aporte importante para el manejo de recursos hídricos. Así como para generar una base de datos que sirva de comparación de estudios futuros en esta línea de investigación. Por lo que se sugiere realizar estudios en las dos estaciones y cambios de estación y poder monitorear este tipo de pozas que pueden ser formadas por extracción metálica y no metálica.

Este estudio nos permite ver que estas aguas están muy contaminadas y esto afecta a la fauna que vive en la zona, por lo que se sugiere mejorar las condiciones de las pozas con fitorremediación, y controlando la contaminación por actividad antropogénica, y de esta forma mejorar la riqueza en icitiofauna. Al mismo tiempo se propone hacer un monitoreo de niveles de concentración de metales por encontrarse cerca a la orilla del río Madre de Dios y evitar contaminar a este medio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGREGADOS Utilizados en Obras Civiles Extraídos de la Cantera San Luis por Paola Valle [et al.]. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1 (1): 1-6, 2012.

AQUATIC ecology of the Rio Madre de Dios, Scientific bases for Andes Amazon Headwaters por R. Barthem [et al.]. Lima: Gráfica Biblos S.A., 2003. 117 pp.

ARANGO, MC y ROLDÁN, G. Odonatos inmaduros del departamento de Antioquia a diferentes pisos latitudinales. Actualidades Biológicas, (12):91-105, 1983.

ARAÚJO, Julio. Desarrollo de capacidades en comunidades indígenas para entender, monitorear y proteger los servicios ecosistemáticos basados en la pesca en afluentes al río Madre de Dios. Puerto Maldonado: Museo de Historia Natural - UNMSM, 2012. 6 pp.

ARAÚJO, Julio. Estudio hidrobiológico en la concesión de conservación Villa Carmen – Pilcopata (ACCA) Cusco y Madre de Dios .- Perú. Puerto Maldonado: Asociación para la Conservación de la Cuenca Amazónica, 2012.

ARAÚJO Flores, Julio. Caracterización de la biodiversidad acuática en la cuenca andino-amazónica de Madre de Dios – Perú. Tesis (Doctor en Gestión y Salud ambiental). Huelva: Universidad de Huelva, 2015. 279 pp.

ARTISTASUR. Cómo se interpretan las curvas de nivel en un mapa topográfico, [en línea]. s.l.: 2015. Disponible en: <https://www.aristasur.com/contenido/como-se-interpretan-las-curvas-de-nivel-en-un-mapa-topografico>.

BARRA Polanco, Lizeyka. Evaluación de la calidad del agua en nueve quebradas en el tramo carretero Puerto Maldonado-Mazuko, departamento de Madre De Dios, mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos. Tesis (Ingeniero Forestal y Medio Ambiente). Puerto Maldonado: Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, 2015. 101 pp.

BIODIVERSIDAD de las masas de agua sometidas a diferente presión antrópica en el entorno de un área urbana de la amazonia peruana (Puerto Maldonado, Madre de Dios) por Julio Araújo [et al.] Puerto Maldonado: Biodiversidad Amazónica, 4:17-33, 2014.

ISBN: 2075-8081

BIOINDICADORES como herramientas para determinar la calidad del agua Gabriela Vásquez [et al.]. México: Editorial UAM-X, 2006.

CARRERA, C. y HIERRO, K. Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. Quito: EcoCiencia, 2011.

ISBN 9789968964333

CÓDIGO Ético para el Personal Académico del Instituto de Investigaciones Biomédicas por R. Hudson [et al.]. México: UNAM, 2005. 59 pp.

COLECCIONES de Mastozoología de México por C. Lorenzo [et al.]. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2006. 572 pp.

CONSIDERACIONES éticas en el manejo de animales en campo y en laboratorio por Shirley De La Rosa [et al.]. Oaxaca: Ciencia y Mar, 17 (49) 45-54, febrero 2013.

DECRETO SUPREMO N°004-2017-MINAM. Aprueban Estandares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen disposiciones complementarias. Diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 9 de junio de 2017.

DÍAZ, Carlos. Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas. México D.F.: Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración de Agua, 2003. 265 pp.

DIVERSIDAD y el estado de conservación de cuerpos de agua Amazónicos en el nororiente del Perú por Hernán Ortega [et al.]. Lima: Rev. Peru. Biol, 13: 189-193, 2007.

GUÍA de macroinvertebrados acuáticos de Madre de Dios-Perú por Jorge Peralta [et al.]. 1ª. ed. Lima: Proyecto HED, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios y Universidad de Florida, 2015. 66 pp.

GUÍA para la colecta, manejo y las observaciones de campo para bioindicadores de la calidad del agua por Guadalupe De La Lanza [et al.]. México D.F.: Comisión Nacional del Agua, 2004. 196 pp.

ISBN 968817694X

GREENBERG, Arnold, CLESCERI, Lenore y EATON, Andrew. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18th ed. Texas: American Public Health Association, 1992. 640 pp.

LEY N° 28611. Ley General del Ambiente. Diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 15 de octubre de 2005.

LEY N° 29338. Ley de Recursos Hídricos. Diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 31 de marzo de 2009.

LISTA anotada de los peces de aguas continentales del Perú por Hernán Ortega [et al.]. 2ª. ed. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2012. 56 pp.

ISBN 9786124605321

LOAYZA , Raúl y LA MATTA Romero, Fiorella. Guía de Bioindicadores para evaluar la calidad de agua en Madre de Dios-Perú. Lima: Universidad Peruana Cayetano Heredia, 2015. 6 pp.

MANUAL de Protocolos Armonizados y Evaluados para la Toma de Muestra y el Analisis de Agua y Sedimentos para la Región de America Latina y el Caribe por Nancy Alberro [et al.]. Lima: Patricia Bedregal Salas, 2011. 193 pp.

ISBN: 978-612-00-0617-7

MANUAL para el manejo de animales con fines de experimentación y enseñanza por E. Falconi [et al.]. México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, 2010. 14 pp.

ISBN: 0717-6643

METODOLOGÍA para el establecimiento el Estado Ecológico según la Directiva MARCO del Agua. Protocolos de muestreo y análisis para Invertebrados Bentonicos por Javier Alba [et al.]. Barcelona: Confederación

Hidrográfica del Ebro, 2005. 59 pp.

MORENO, Claudia. Métodos para medir la biodiversidad. M&T - Manuales y Tesis SEA. 1ª. ed. Zaragoza: GORFI S.A., 2001. 84 pp.

ISSN 19326203.

NAVARRO, J., RAMÍREZ, R. y VILLAGRÁN, C. Manual de procedimientos recomendables para la investigación con animales. México D.F.: SAMSARA, 2012. 159 pp.

ONU AGUA. Un Objetivo Global para el Agua Post--2015: Síntesis de las Principales Conclusiones y Recomendaciones de ONU-Agua [en línea]. S.I.: Un Water, 2011 [fecha de consulta: 20 de enero de 2018].

Disponible en: [http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/pdf/findings\\_and\\_recommendations\\_post2015\\_goal\\_water\\_spa.pdf](http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/pdf/findings_and_recommendations_post2015_goal_water_spa.pdf).

ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL (OEFA). Instrumentos Básicos para la Fiscalización Ambiental. Lima: Ministerio del Ambiente, 2014. 53 pp.

ORTIZ, Carlos, GUTIÉRREZ, Ma. del Carmen y GUTIÉRREZ, Edgar. Claves para la Taxonomía de Suelos. 12ª. ed. Estados Unidos: USDA-NRCS, 2014. 410 pp.

PATILLA Pineda, Briceyda. Calidad del agua y sedimentos del río Tambopata, departamento Madre De Dios -2014. Tesis (Ingeniero Forestal y Medio Ambiente). Puerto Maldonado: Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, 2015. 117 pp.

QUISPE Aquino, Raul. 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. Tesis (Ingeniero Forestal y Medio Ambiente). Puerto Maldonado: Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, 2015. 128 pp.

ROLDÁN PÉREZ, Gabriel y RAMÍREZ RESTREPO, John. Fundamentos de limnología neotropical. Ilustrada. Medellín: Actualidades Biologicas, 2008. ISBN 958714144X, 9789587141443

SAG, 2016. Laboratorio de ensayo acreditado por el Organismo Peruano de Acreditación INACAL-DA con Registro N° LE-047. Lima: INACAL.

SAMANEZ, Iris et al. MÉTODOS de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú por Iris Samanez [et al.]. Lima: Ministerio del Ambiente, 2014. 75 pp.

ISBN 9786124174155

SUNASS. Control de calidad del Agua. Lima: s.n., 1993.

UNIDAD DE CALIDAD DE AGUA DE LA DIVISIÓN DE AGUA. Informe de la Calidad de Agua de la Cuenca del Canal. Panamá: Canal de Panamá, 2011. 96 pp.

UTILIZACIÓN del índice BMWP-CR PARA análisis de la calidad del agua en quebrada Barro, Montecillos durante el año 2013 por Conny Acevedo [et al.]. Costa Rica: Colegio Gregorio José Ramírez Castro, 2013. 27 pp.



## ANEXOS

### Anexo 1: Matriz consistencia

“Evaluación ambiental de la calidad del agua de tres pozas formadas por trabajos de extracción de la minería no metálica en el Centro Poblado el Triunfo de la Región de Madre de Dios – 2016”

<b>Problema General :</b>	<b>Objetivos:</b>	<b>Marco Teórico Conceptual</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Variables e Indicadores</b>	<b>Metodología</b>
<p>¿Cuál es la calidad ambiental del agua de las pozas formadas por trabajos de extracción de la minería no metálica en el centro poblado el Triunfo de la Región de Madre de Dios?</p> <p><b>Problemas Específicos</b></p> <p>P-1: ¿Cuáles serán los parámetros físicoquímicos y bacteriológicos de tres pozas de agua formadas por trabajos de extracción de la minería no metálica?</p> <p>P-2: ¿Cuáles serán los niveles de concentración de metales en sedimentos de tres pozas de agua formadas por trabajos de extracción de la minería no metálica?</p> <p>P-3: ¿Cuál será el rango de los bioindicadores de la calidad del agua y la cantidad de riqueza en ictiofauna de tres pozas formadas por trabajos de extracción de la minería no metálica?</p> <p>P-4: ¿Cuál será el nivel de contaminación de los</p>	<p><b>Objetivo General</b> Realizar la evaluación ambiental de la calidad del agua de tres pozas formadas por trabajos de extracción de la minería no metálica en el centro poblado el Triunfo de la Región Madre de Dios entre la época de transición seca a lluviosa.</p> <p><b>Objetivos Específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Evaluar los parámetros Físico-químicos y bacteriológicos de tres pozas de agua formadas por trabajos de extracción de la minería no metálica.</li> <li>– Evaluar los niveles de concentración de metales en sedimentos de tres pozas de agua formadas por trabajos de extracción de la minería no metálica.</li> <li>– Evaluar los Bioindicadores de la calidad del agua y riqueza en ictiofauna de tres pozas formadas por trabajos de extracción</li> </ul>	<p>Antecedentes de la Investigación (Araujo Flores et al., 2014), estudiaron la biodiversidad de masas de agua sometidas a diferente presión antrópica en el entorno de un área urbana de la amazonia peruana (Puerto Maldonado, Madre de Dios). Evaluaron también el efecto de los impactos humanos sobre estos ecosistemas y su biodiversidad los que han sido poco abordados en la literatura científica. En este trabajo se analizaron las características limnológicas básicas de ocho cuerpos de agua (quebradas, aguajales, un lago y ríos) sometidos a diferente presión humana (tres localidades expuestas a vertidos urbanos directos y cinco libres de este impacto, algunas incluso prístinas), en la cuenca del río Madre de Dios, en la Amazonia peruana. Se estudiaron siete parámetros físico-</p>	<p>Existen parámetros de calidad de agua y presencia de metales pesados que evidencian la contaminación de las pozas formadas por trabajos de extracción de la minería no metálica en el centro poblado el Triunfo de la Región Madre de Dios entre la época de transición seca a lluviosa.</p>	<p>Para demostrar y comprobar la hipótesis anteriormente formulada, la operacionalizamos, determinando las variables e indicadores que a continuación se mencionan:</p> <p>Variable o Factor: Calidad de agua.</p> <p><b>Agua</b> Indicadores: Parámetros físicoquímicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura</li> <li>• pH</li> <li>• Conductividad</li> <li>• Turbidez</li> <li>• Sólidos Totales</li> <li>• Alcalinidad</li> <li>• Cloruros</li> <li>• Dureza</li> </ul> <p>Parámetros microbiológicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Plancton</li> <li>• Coliformes fecales</li> <li>• Coliformes termotolerantes</li> </ul> <p>Biológico:</p>	<p>La investigación se desarrollara mediante una técnica experimental, en donde tendrá un diseño transversal descriptivo, exploratorio y relacional. Se realizará la comparación de los cuerpos de agua de tres pozas formadas por trabajos de extracción de la minería no metálica en el centro poblado el Triunfo. Se anotaran las coordenadas (UTM), se analizaran datos limnológicos del agua: Temperatura, pH, Conductividad, Oxígeno Disuelto, Sólidos Totales Disueltos (TDS), Alcalinidad, se evaluaran también parámetros físicoquímicos con la finalidad de determinar la contaminación en los cuerpos de agua: Cloruros, Dureza, aceites y grasas, Turbiedad y nitritos-nitratos), y en los sedimentos: contenido de metales, parámetros bacteriológicos: coliformes (Totales y Termotolerantes), riqueza en ictiofauna y plancton, y finalmente se evaluaran los índices de calidad de agua con bioindicadores bentónicos. Es muy importante resaltar que dicha investigación se realizara bajo el</p>

<p>parámetros Físico-químicos de agua y metales pesados en sedimentos de tres pozas formadas por minería no metálica?</p>	<p>de la minería no metálica. Determinar si el nivel de contaminación de los parámetros Físico-químicos de agua y metales pesados en sedimentos de tres pozas formadas por minería no metálica están por encima de los ECAs para zonas de selva.</p>	<p>químicos del agua y la estructura de sus principales comunidades acuáticas: fitoplancton, zooplancton, macroinvertebrados y peces, con el objetivo general de verificar en qué medida cada uno de estos factores es sensible a los impactos humanos. Los muestreos se realizaron en dos épocas del año (lluviosa: diciembre 2011 y transición a época seca: mayo 2012 y). Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que solo las coliformes totales, así como la riqueza específica y diversidad de Shannon (H') para la comunidad de peces fueron sensibles al impacto derivado del vertido de aguas residuales urbanas. En el primer caso se produjo un aumento de los coliformes en las localidades urbanas en periodo de lluvias, mientras que S y H' sufrieron una reducción significativa en estas localidades, con una menor importancia relativa del periodo del año.</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ictiofauna</li> <li>• Bentos</li> </ul> <p><b>Sedimento</b> Metales:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Plomo</li> <li>• Cadmio</li> <li>• Arsénico</li> <li>• Mercurio</li> <li>• Cobre</li> <li>• Hierro</li> </ul>	<p>seguimiento del <b>Protocolo Nacional de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales</b>, y el <b>Manual de Protocolos Armonizados y Evaluados para la toma de Muestra y el Análisis de Agua y Sedimentos para la Región de América Latina y el Caribe</b> (Alberro et al., 2011), para permitir la eficacia del trabajo y control de las muestras tomadas, así como el correspondiente protocolo de preservado y remisión de muestras a un laboratorio acreditado, finalmente los datos obtenidos se podrán comparar con los ECAs nacionales para zonas de selva. Los peces se recolectaran con redes alevineras (chinchorro) de arrastre a la orilla, el bentos con red "SURBER", y el plancton con red estándar (40 micras). Los análisis de metales pesados tanto en agua como en sedimentos se realizarán en el laboratorio acreditado SAG S.A.C., las muestras colectadas de Peces y Bioindicadores de Plancton se realizaran en el departamento de Limnología Museo de historia Natural-UNMSM. Las muestras de bentos se analizaran en el Laboratorio Ambiental de la UNAMAD.</p>
---	--	---	--	--	---

**Anexo 2: Instrumento**

**Tabla 22.** Cadena de custodia para determinar muestras al momento de monitoreo

Cadena de Custodia de Monitoreo – Aguas, plancton, macroinvertebrado (bentos), peces, coliformes fecales y Sedimento																	
<b>Cliente:</b>							<b>Contacto:</b>				<b>Email:</b>						
<b>Lugar:</b> Ciudad Universitaria UNAMAD				<b>Proyecto:</b> Evaluación Físicoquímica y Biológica de la Calidad de Aguas de la Periferia de la Ciudad de Puerto Maldonado						<b>Fecha:</b>							
<b>Carta/Cotización</b>										<b>N° de Informe:</b>							
Punto de muestreo o Código Cliente	Localidad/Sector	Distrito	Provincia	Departamento	FECHA	HORA	COORDENADAS		TIPO MATRIZ	ANALISIS LABORATORIO						CODIGO DEL LABORATORIO	DATOS ADICIONALES
							ESTE	NORTE									
<b>Observaciones del Muestreo:</b>																	
<b>Nombre y apellido del responsable del muestreo:</b>										<b>Firma:</b>		<b>Recibido en laboratorio:</b>					
<b>Nombre y apellido del responsable o supervisor en campo:</b>										<b>Firma:</b>		<b>Día/Hora:</b>					

Fuente: SAG (2016)




ANEXO VII  
**CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DE MUESTRA DE AGUA EN FUNCIÓN  
 DEL PARÁMETRO EVALUADO**



PARÁMETRO	TIPO DE RECIPIENTE	CONDICIONES DE PRESERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO	TIEMPO MÁXIMO DE ALMACENAMIENTO
<b>Químico-Físicos</b>			
Oxígeno disuelto	Plástico o vidrio	Analizar preferentemente <i>in situ</i> .	Inmediatamente
	Botellas de vidrio Winkler	Fijar el oxígeno. Almacenar muestras a oscuras o usar botellas oscuras.	4 días
pH	Plástico o vidrio	Analizar preferentemente <i>in situ</i> .	24 horas
Temperatura	Plástico o vidrio	Analizar preferentemente <i>in situ</i> .	Inmediatamente
Conductividad eléctrica	Plástico o vidrio	Analizar preferentemente <i>in situ</i> .	24 horas
Turbiedad	Plástico o vidrio	Analizar preferentemente <i>in situ</i> . Almacenar muestras a oscuras o usar botellas oscuras.	24 horas
Bicarbonatos	Plástico o vidrio		14 días
Carbonatos	Plástico o vidrio		14 días
Cianuro libre	Plástico o vidrio	Agregar NaOH a pH>12. Almacenar a oscuras o usar botellas oscuras.	7 días (24 horas si está presente sulfuro)
Cianuro WAD			
Cianuro total	Plástico o vidrio	Agregar NaOH a pH>12. Almacenar a oscuras o usar botellas oscuras.	14 días (24 horas si está presente sulfuro)
Cloruros	Plástico o vidrio		1 mes
Color	Plástico o vidrio	Almacenar a oscuras o usar botellas oscuras.	5 días
Demanda bioquímica de oxígeno en cinco días	Plástico o vidrio	Llenar recipiente y sellar sin burbujas. Almacenar a oscuras o usar botellas oscuras.	24 horas
	Plástico	Congelar por debajo de -18° C. Almacenar a oscuras o usar botellas oscuras.	1 mes (6 meses si >50 mg/L)
Demanda química de oxígeno	Plástico o vidrio	Acidificar a pH 1 - 2 con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	6 meses
	Plástico	Congelar por debajo de -18°C.	6 meses
Dureza	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HCl o HNO <sub>3</sub> .	1 mes
Fluoruros	Plástico, pero sin PTFE		1 mes
Olor	Vidrio	Se puede realizar un análisis cualitativo <i>in situ</i> .	6 horas
Silicatos	Plástico		1 mes
Sólidos disueltos totales	Plástico o vidrio		7 días
Sólidos suspendidos totales	Plástico o vidrio		2 días
Sulfatos	Plástico o vidrio		1 mes
Sulfuros	Plástico	Fijar el sulfuro al agregar 2 ml de solución de acetato de zinc. Si el pH no está entre 8,5 y 9,0, agregar NaOH. Si se sospecha que el agua ha sido clorada, por cada 1000 ml de muestra agrega 80 mg de Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> · 5H <sub>2</sub> O al recipiente tras la recolección de la muestra (o tras el muestreo).	7 días
Sulfuro de hidrógeno			

Figura 36. Preservación, consideración y traslado de las muestras para el análisis.



## GUÍA DE BIOINDICADORES PARA EVALUAR LA CALIDAD DE AGUA EN MADRE DE DIOS - PERÚ

Esta guía tiene como finalidad utilizar la diversidad de larvas de macroinvertebrados bentónicos que habitan en lagunas, cochas, ríos y arroyos de Madre de Dios (Perú), y el índice *Biological Monitoring Working Party* de Colombia (BMWP/Col.) para evaluar su calidad. A continuación se describen los pasos a seguir:

1. Reconocer todos los diferentes tipos de ambientes: **sustratos** (arena, rocas, vegetación, hojarasca) y **agua** (lagunas, cochas, rápidos):
  - A. Aguas rápidas, con sustratos rocosos o de cantos rodados
  - B. Aguas de flujo lento con sustrato arenoso
  - C. Aguas de poca profundidad, con vegetación acuática y sustrato de cantos rodados
  - ❖ En cada lugar se recomienda elegir la zona de orilla porque es menos profunda, tiene menor corriente y un sustrato más estable.
  - ❖ El muestreo no debe hacerse en la zona central del río porque es más profunda, y la corriente remueve el sedimento y puede dañar la red.
  - ❖ A lo largo de la orilla, se selecciona (en lo posible) tres hábitats de aspecto diferente, separados 10 m entre sí.








Figura 37. Guía de Bioindicadores para la evaluar la calidad de agua en Madre de Dios-Perú-A.

Fuente: (Loayza Muro y La Matta Romero, 2015, p. 1).

2. En ambientes de poca profundidad, se lava la hojarasca y rocas, y se remueve el sedimento con las manos delante de la **red Surber** en un área de 1 m x 1 m. En ambientes más profundos, se remueve el sustrato con los pies delante de la **red de patada** a lo largo de un transecto de 30 m. En ambos casos, las redes se colocan contra la corriente para que los macroinvertebrados sean arrastrados a su interior. En caso hubiese, la vegetación acuática se agita dentro de la red. Todos estos procedimientos se realizan por 10 min.



Red Surber



Red de patada



Lavado de rocas

3. Armar el juego de tamices en orden creciente de tamaño de las rendijas (las más pequeñas abajo y las más grandes arriba). El contenido de la red se coloca en el tamiz superior y se lava varias veces usando un balde. Mientras una persona echa el agua, otra lava los tamices con las manos.



4. Revisar los primeros dos tamices y retirar las larvas de macroinvertebrados con las pinzas o chupones plásticos. Los últimos dos tamices se voltean sobre una bandeja de plástico blanca y se agrega un poco de agua.



5. Las larvas de la misma Familia, que se puedan identificar a simple vista se colocan en frascos plásticos pequeños con pinzas o chupones plásticos. El sedimento sobrante se guarda en frascos grandes, y se revisa en el laboratorio con una lupa o estereoscopio para identificar los macroinvertebrados con ayuda de claves taxonómicas.

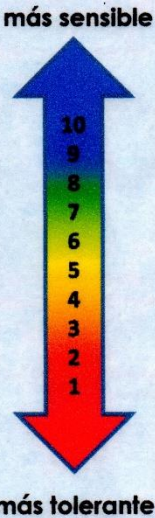


Figura 38. Guía de Bioindicadores para la evaluar la calidad de agua en Madre de Dios-Perú-B.

6. Se identifican los macroinvertebrados con ayuda de las fotos de esta guía. Cada Familia tiene un puntaje (del 1 al 10) que representa su sensibilidad a la contaminación. Cada vez que se encuentra una Familia se anota su número una sola vez, sin importar el número de individuos encontrado.

Por ejemplo, si se encuentran:

20 larvas de Chironomidae	→	2
35 larvas de Simuliidae	→	8
8 larvas de Baetidae	→	7
11 larvas de Tabanidae	→	5



7. Una vez identificadas todas las Familias, se suman los puntajes. En el ejemplo anterior,  $2 + 8 + 7 + 5 = 22$ . Este número se ubica en un rango de puntajes de calidad de agua del Índice BMWP/Col. Por ejemplo, el número **22** se ubica entre 16 y 35, que equivale a una **mala calidad** de agua (color anaranjado).

Rango de puntajes y color según el índice **Biological Monitoring Working Party** (BMWP/Col.) para la clasificación de calidad de agua (Roldán, 2003)

Calidad	Puntaje	Color
Excelente	100 - > 150	Azul
Buena	61-100	Verde
Regular	36-60	Amarillo
Mala	16-35	Anaranjado
Muy mala	< 15	Rojo

Roldán, G. 2003. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col. Editorial Universidad de Antioquia, Medellín.

3

Figura 39. Guía de Bioindicadores para la evaluar la calidad de agua en Madre de Dios-Perú-C.



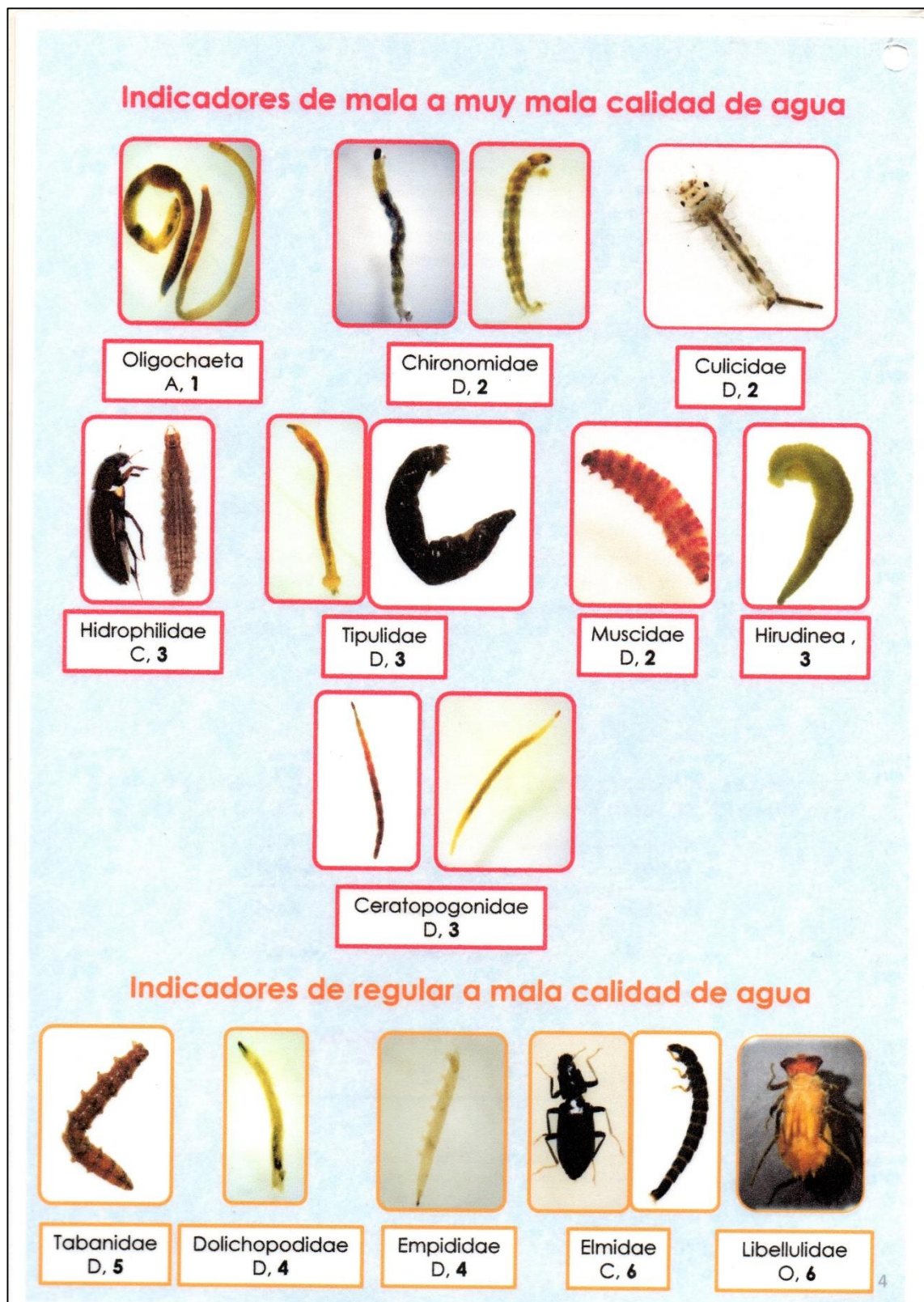


Figura 40. Guía de Bioindicadores para la evaluar la calidad de agua en Madre de Dios-Perú-D.

Fuente: (Loayza Muro y La Matta Romero, 2015, p. 4).

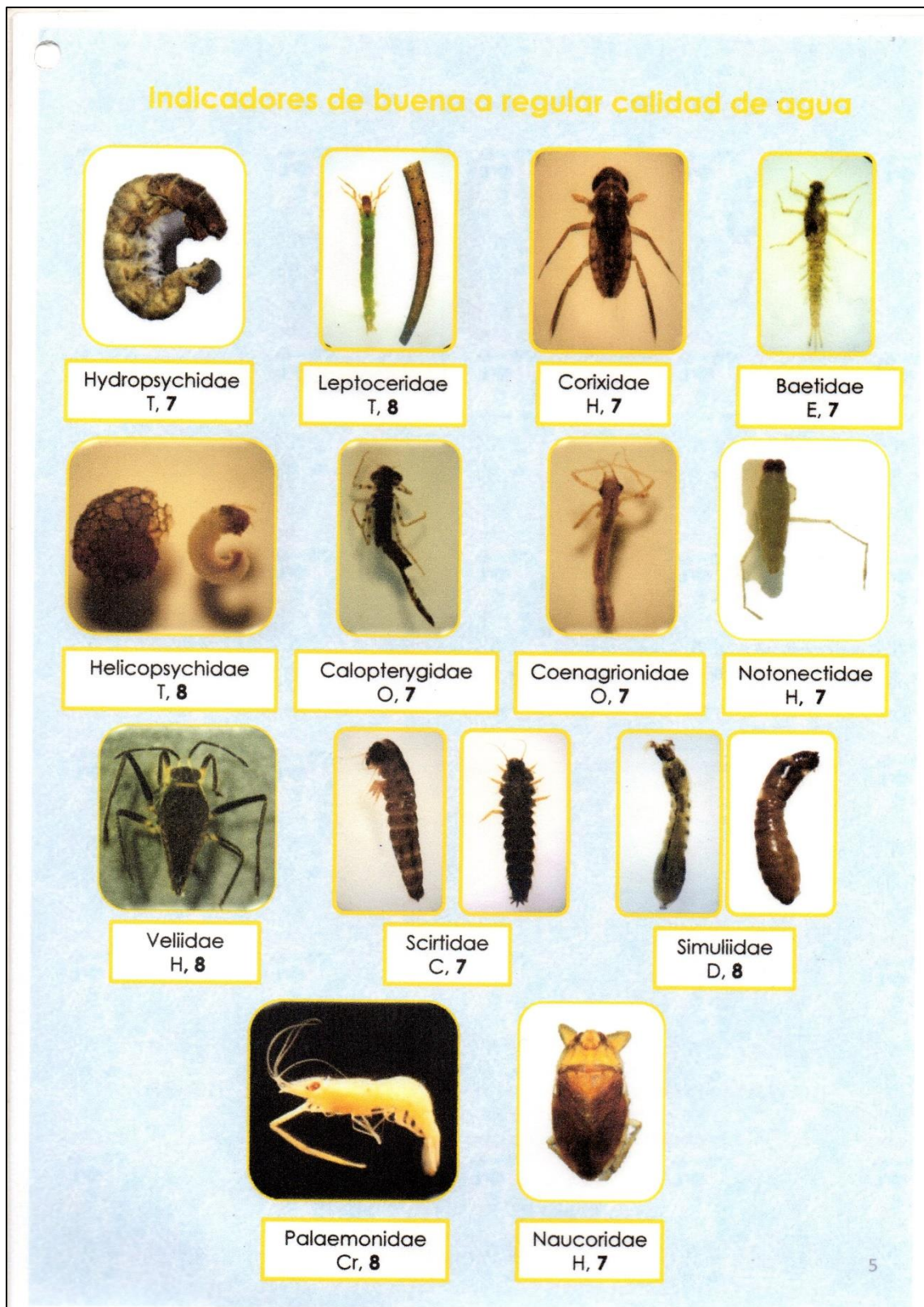
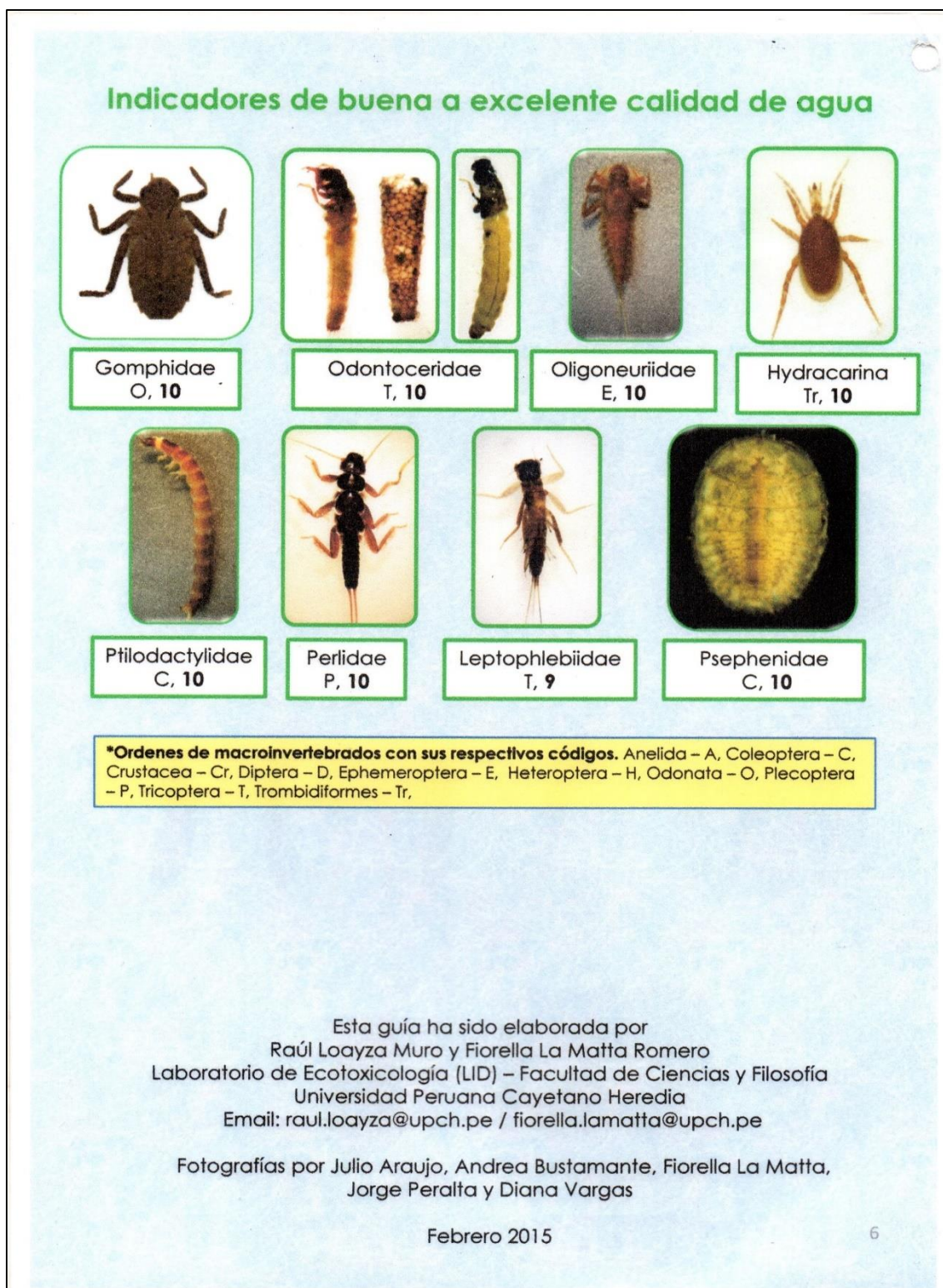


Figura 41. Guía de Bioindicadores para la evaluar la calidad de agua en Madre de Dios-Perú-E.

Fuente: (Loayza Muro y La Matta Romero, 2015, p. 5).



*Figura 42.* Guía de Bioindicadores para la evaluar la calidad de agua en Madre de Dios-Perú-F.

Fuente: (Loayza Muro y La Matta Romero, 2015, p. 6).

Desarrollo de capacidades en comunidades indígenas para entender, monitorear y proteger los servicios ecosistémicos basados en la pesca en afluentes al río Madre de Dios.  
 Fotografía: Julio Araújo Flores, Identificación: Jessica Espino, Hernán Ortega  
 Colaboración: Museo de Historia Natural – UNMSM ©Julio Araújo Flores julioafo@gmail.com - Guía Rápida a color #1 11/11/2015  
 - Especies Capturadas -



Nombre científico "Nombre común"  
 ORDEN Familia

1



1 Potamotrygon motoro "Raya"



2 Potamotrygon sp "Raya"



3 Bunocephalus sp "pez banjo"



4 Characidium sp



5 Parodon sp "Chupapiedras"



6 Parodon sp (juvenil)



7 Leporinus friderici "Lisa"



8 Prochilodus nigricans "Bocachico"



9 Engraulisoma taeniatum "anchoveta"



10 Astyanax abramis "sardina"



11 Astyanax bimaculatus "sardina"



12 Astyanax maximus "sardina"



13 Roeboides biserialis



14 Acestrocephalus boehlkei



15 Odontostilbe fugitiva



16 Prodontocharax melanotus



17 Creagrutus occidentaneus



18 Myleus rubripinnis (hembra) "Palometa"



19 Myleus rubripinnis (macho) "Palometa"



20 Brachychalcinus nummus

Figura 43. Guía de Identificación de peces-A.

Fuente: (Araújo Flores, 2015, p. 1).

Desarrollo de capacidades en comunidades indígenas para entender, monitorear y proteger los servicios ecosistémicos basados en la pesca en afluentes al río Madre de Dios.  
 Fotografía: Julio Araújo Flores, Identificación: Jessica Espino, Hernán Ortega  
 Colaboración: Museo de Historia Natural – UNMSM © Julio Araújo Flores julioaflo@gmail.com - Guía Rápida a color #1 11/11/2015

**Nombre científico “Nombre común”**  
ORDEN Familia

2












 <b>21</b> <i>Cetopsis pearsoni</i> “Canero”	 <b>22</b> <i>Cetopsis coecutiens</i> “Canero”	 <b>23</b> <i>Pimelodina flavipinnis</i>	 <b>24</b> <i>Pimelodella</i> sp
 <b>25</b> <i>Pimelodella cristata</i>	 <b>26</b> <i>Achiropsis nattereri</i> “lenguado”	 <b>27</b> <i>Corydoras</i> sp	 <b>28</b> <i>Corydoras</i> sp
 <b>29</b> <i>Pseudoplatystoma punctifer</i> “doncella”	 <b>30</b> <i>Apistoloricaria</i> sp “carachama”	 <b>31</b> <i>Faifowella smithi</i>	 <b>32</b> <i>Hemiodontichthys açipenserinus</i>
 <b>33</b> <i>Loricaria cataphracta</i> “carachama”	 <b>34</b> <i>Hypostomus niceforoi</i> “Carach.”	 <b>35</b> <i>Hypostomus</i> sp “Carachama”	 <b>36</b> <i>Aphanotorulus unicolor</i>
 <b>37</b> <i>Chaetostoma lineopunctatum</i>	 <b>38</b> <i>Sturisoma nigrirostrum</i>	 <b>39</b> <i>Rhineloricaria lanceolata</i>	 <b>40</b> <i>Squaliforma emarginata</i>

Figura 44. Guía de Identificación de peces-B.

Fuente: (Araújo Flores, 2015, p. 2).

Desarrollo de capacidades en comunidades indígenas para entender, monitorear y proteger los servicios ecosistémicos basados en la pesca en afluentes al río Madre de Dios.  
 Fotografía: Julio Araujo Flores, Identificación: Jessica Espino, Hernán Ortega  
 Colaboración: Museo de Historia Natural - UNMSM ©Julio Araujo Flores julioafo@gmail.com - Guía Rápida a color #1 11/11/2015  
 - Especies Capturadas -



**Nombre científico "Nombre común"**  
**ORDEN Familia**

**3**



41 *Sorubim lima* "Pico pato"



42 *Centromochlus perugiae*



43 *Auchenipterus ambyiacus*



44 *Bujurquina cordemadi*



45 *Crenicichla semicincta*



46 *Apistogramma* sp.



47 *Megalonema* sp.



48 *Imparfinis* sp.



49 *Gymnotus carapo*



50 *Sternopygus macrurus*



51 *Eigenmannia* sp.



52 *Stemachorhynchus* sp.



53 *Schizodon fasciatus* "lisa"



54 *Mbenkhausia oligolepis*



55 *Attonitus bounites*



56 *Aphyocharax pusillus*



57 *Steindachnerina guentheri*



58 *Steindachnerina dobula*



59 *Steindachnerina bimaculata*



60 *Steindachnerina hypostoma*

Figura 45. Guía de Identificación de peces-C.

Fuente: (Araújo Flores, 2015, p. 3).

Desarrollo de capacidades en comunidades indígenas para entender, monitorear y proteger los servicios ecosistémicos basados en la pesca en afluentes al río Madre de Dios.  
 Fotografía: Julio Araújo Flores. Identificación: Jessica Espino, Hernán Ortega  
 Colaboración: Museo de Historia Natural – UNMSM © Julio Araújo Flores julioafo@gmail.com - Guía Rápida a color #1 11/11/2015  
 - Especies Capturadas -



**Nombre científico "Nombre común"**  
**ORDEN Familia**

**4**



61 *Serrasalmus rhombus*



62 *Serrasalmus sp*



63 *Pimelodus ornatus* "bagre"



64 *Raphyodon vulpinus*



65 *Knodus savannensis*



66 *Knodus sp1*



67 *Knodus orteguasae*



68 *Knodus sp2*



69 *Bryconacidnus ellisi*



70 *Brycon cephalus* "sabalo"



71 *Salminus brasiliensis* "sabalo"



72 *Cynopotamus sp*



73 *Charax caudimaculatus*



74 *Hbplias malabaricus* "Huasaco"



75 *Thoracocharax stellatus*



76 *Imparfinis sp*



77 *Vandellia cirrhosa* "canero"



78 *Vandellia cirrhosa* (juvenil)



79 *Gephyrocharax sp*



80 *Pimelodus pictus* "bagre"

Figura 46. Guía de Identificación de peces-D

Fuente: (Araújo Flores, 2015, p. 4).

Desarrollo de capacidades en comunidades indígenas para entender, monitorear y proteger los servicios ecosistémicos basados en la pesca en afluentes al río Madre de Dios.  
 Fotografía: Julio Araujo Flores, Identificación: Jessica Espino, Hernán Ortega  
 Colaboración: Museo de Historia Natural - UNMSM @Julio Araujo Flores julioafo@gmail.com - Guía Rápida a color #1 11/11/2015  
 - Especies Esperables -



**Nombre científico "Nombre común"**  
**ORDEN Familia**

**5**



81 *Menanocharacidium* sp



82 *Serrapinus notomela*



83 *Monocheirodon* sp



84 *Piaraactus brachypomus*



85 *Ctenobrycon huaxwellianus*



86 *Brycon melanopterus*



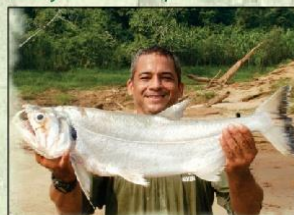
87 *Triportheus angulatus* "sapamama"



88 *Potamorhina altamazonica*



89 *Hoplerhynchus unitaeniatus* "Shuyo"



90 *Hydrolicus armatus* "Chambira"



91 *Salminus affinis*



92 *Acestrorhynchus falcatrus*



93 *Rivulus cf christinae*



94 *Brachyhypopomus* sp



95 *Synbranchus marmoratus* "Atinga"



96 *Synbranchus marmoratus*



97 *Electrophorus electricus* "Anguila"



98 *Plagioscion squamosissimus* "Corvina"



99 *Satanoperca jurupari*



100 *Callichthys Callichthys* "Shiruy"

Figura 47. Guía de Identificación de peces-E.

Fuente: (Araujo Flores, 2015, p. 5).



Desarrollo de capacidades en comunidades indígenas para entender, monitorear y proteger los servicios ecosistémicos basados en la pesca en afluentes al río Madre de Dios.  
 Fotografía: Julio Araújo Flores, Identificación: Jessica Espino, Hernán Ortega  
 Colaboración: Museo de Historia Natural - UNMSM ©Julio Araújo Flores julioafo@gmail.com - Guía Rápida a color #1 11/11/2015  
 - Especies Esperables -



**Nombre científico " Nombre común"**  
**ORDEN Familia**

**6**



101 *Trachelyopterus cf galeatus*



102 *Astroblepus mancoi*



103 *Trychomicterus sp*



104 *Ituglanis sp*



105 *Rhamdia quelen*



106 *Megalodoras irwini "piro"*



107 *Oxydoras niger "turushuqui"*



108 *Zungaro zungaro*



109 *Pimelodus blochii "bagre"*



110 *Callophysus macropterus "mota"*



111 *Aguarunichthys torosus*



112 *Platystomatichthys sturio "pico pato"*



113 *Pseudoplatystoma tigrinum "Puma zungaro"*



114 *Pseudotylorus angusticeps "Achacubo"*



115 *Hypostomus sp*




116 *Ancistrus sp*

Figura 48. Guía de Identificación de peces-F.

Fuente: (Araújo Flores, 2015, p. 6).

### Anexo 3: Solicitud de autorización para realización de estudio



**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS**  
 Decanatura de la Facultad de Ingeniería  
 "Año del Buen Servicio al Ciudadano"

---

**RESOLUCIÓN DE DECANATURA N° 111-2017-UNAMAD-DFI**

Puerto Maldonado, 21 de febrero de 2017

**VISTO**

*El memorando N° 195-2017-UNAMAD-R-VRA-DFI de fecha 10 de febrero de 2017, expediente N°523 de fecha 10 de febrero de 2017, Informe N°001-2017-UNAMAD/FI-GCN-GAA-MVD de fecha 09 de febrero de 2017, Estatuto de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, y;*

**CONSIDERANDO:**

*Que, mediante Ley N° 27297, de fecha 05 de julio del año 2000, se crea la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, autoriza en forma definitiva su funcionamiento, mediante Resolución N° 626-2009-CONAFU.*

*Que, el Artículo 8 la Ley Universitaria N° 30220 indica; "El estado reconoce la autonomía universitaria. La autonomía inherente a las universidades se ejerce de conformidad con lo establecido en la Constitución Política del Perú, la presente ley y demás normativa aplicable".*

*Que, mediante el Artículo 17 del Estatuto de la UNAMAD indica; "las Facultades de la UNAMAD son las unidades de formación académica, profesional y de gestión. Propician la investigación, la proyección social, extensión cultural y universitaria. Están integrada por Docentes y estudiantes. Gozan de autonomía académica y administrativa en los asuntos de su competencia dentro de la Ley y del Estatuto.*

*Que, mediante Resolución N° 292-2010-CU de fecha 11 de octubre del 2010, se aprueba el Reglamento Académico de la UNAMAD, señalando en el artículo 158° que una de las modalidades para obtener el Título Profesional en la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios es por Tesis Profesional.*



*Que, mediante Resolución de Consejo de la Comisión de Orden y Gestión N° 038 – 2012 – UNAMAD-CO y G, de fecha 27 de enero del 2012, se aprueba el Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. .*

*Que, el Artículo 26 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, establece que; dentro de la Modalidad "A" exige; Primero: La elaboración y aprobación de un proyecto de investigación, asimismo, el Artículo 29° establece que quien opte por esta modalidad debe presentar, a partir del último semestre de estudios de su carrera, un proyecto de investigación por cuadruplicado, según modelo aprobado por cada Facultad, el cual es flexible, con el visto bueno del asesor de tesis propuesto por el estudiante, solicitando al Decano de la Facultad la revisión del proyecto. El Decano designa una comisión Revisora Ad Hoc, integrado por tres docentes especialistas y le remite el proyecto de investigación para revisión.*

*Que, el Artículo 31 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, establece que; con el informe favorable de la Comisión Revisora Ad hoc el Decano emitirá la resolución aprobando el proyecto de investigación. En el libro de Proyectos de Investigación de la Facultad se registrara el título, el nombre del autor y del asesor, el número de la resolución.*

*Que, el Artículo 32, del mismo cuerpo normativo indica: Emitida la resolución de Decanatura, el estudiante procederá a desarrollar su proyecto de investigación de tesis en un tiempo mínimo de sesenta (60) días hábiles y máximo de un año.*

*Que, mediante Resolución N°074-2017-UNAMAD-DFI de fecha 01 de febrero de 2017, se CONFORMA, la Comisión Revisora Ad-Hoc para el Proyecto de Investigación de Tesis intitulado "EVALUACIÓN*

Pág.: 1 de 2

---

DECANATURA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA  
 Av. Jorge Chávez N° 1160 - Ciudad Universitaria - Puerto Maldonado  
 082-572652

Figura 49. Resolución que aprueba el proyecto de tesis.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS**  
**Decanatura de la Facultad de Ingeniería**  
 "Año del Buen Servicio al Ciudadano"

**RESOLUCIÓN DE DECANATURA N° 111-2017-UNAMAD-DFI**

Puerto Maldonado, 21 de febrero de 2017

**AMBIENTAL DE LA CALIDAD DEL AGUA DE TRES POZAS FORMADAS POR TRABAJOS DE EXTRACCIÓN DE LA MINERÍA NO METÁLICA EN EL CENTRO POBLADO EL TRIUNFO DE LA REGIÓN DE MADRE DE DIOS - 2016**", la cual esta integrada por los siguientes docentes: el Blgo. German Correa Nuñez (**Presidente**), el Dr. Gabriel Alarcón Aguirre (**Secretario**) y el Ing. Mauro Vela Da-Fonseca (**Vocal**).

Que, mediante Informe N°001-2017-UNAMAD/FI-GCN-GAA-MVD de fecha 09 de febrero de 2017, la Comisión Revisora Ad-Hoc, informa que el Proyecto de Tesis intitulada "EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LA CALIDAD DEL AGUA DE TRES POZAS FORMADAS POR TRABAJOS DE EXTRACCIÓN DE LA MINERÍA NO METÁLICA EN EL CENTRO POBLADO EL TRIUNFO DE LA REGIÓN DE MADRE DE DIOS - 2016", cumple con lo señalado en el reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería y lo encuentran suficiente por lo que recomienda su aprobación.

Que, mediante memorando N° 195-2017-UNAMAD-R-VRA-DFI de fecha 10 de febrero de 2017, el M.Sc. Wilberth Caviedes Contreras Decano (e) de la Facultad de Ingeniería, autoriza a la M.Sc. Ruth Frisancho Vargas Secretaria Académica (e), proyectar la resolución de aprobación del Proyecto Investigación de Perfil Tesis intitulado "EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LA CALIDAD DEL AGUA DE TRES POZAS FORMADAS POR TRABAJOS DE EXTRACCIÓN DE LA MINERÍA NO METÁLICA EN EL CENTRO POBLADO EL TRIUNFO DE LA REGIÓN DE MADRE DE DIOS - 2016", presentado por el bachiller Elmo Luque Quino.

Estando dentro de las atribuciones conferidas al Decano, por la Ley Universitaria N° 30220; el Estatuto de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios y en uso de las atribuciones conferidas mediante Resolución de Consejo de Facultad N° 014-2017-UNAMAD-CFI de fecha 19 de enero 2017.

**SE RESUELVE:**

**ARTICULO PRIMERO: APROBAR**, el Proyecto de Investigación de Tesis intitulado "EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LA CALIDAD DEL AGUA DE TRES POZAS FORMADAS POR TRABAJOS DE EXTRACCIÓN DE LA MINERÍA NO METÁLICA EN EL CENTRO POBLADO EL TRIUNFO DE LA REGIÓN DE MADRE DE DIOS - 2016", presentado por el bachiller Elmo Luque Quino.

**ARTICULO SEGUNDO: DISPONER**, se notifique con la presente resolución al Asesor la M.Sc. Liset Rodríguez Achata, para conocimiento y fines pertinentes.

**ARTICULO TERCERO: NOTIFICAR**, al bachiller Elmo Luque Quino, que su proyecto ha sido inscrito en los libros de proyectos de tesis teniendo un tiempo mínimo de sesenta (60) días y máximo de un año para su ejecución, computados a partir de la emisión de la presente resolución, tal como establece el artículo 32 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.

**REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE.**

C.c.  
Asesor  
Interesados  
W/C/Decano (e)  
RFV/SA (e)  
Archivo



Pág.: 2 de 2.

DECANATURA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA  
 Av. Jorge Chávez N° 1160 - Ciudad Universitaria - Puerto Maldonado  
 082-572652

Figura 50. Resolución que aprueba el proyecto de tesis.

## Anexo 4: Ficha de validación

18		NORMAS LEGALES					Miércoles 7 de junio de 2017 / El Peruano
Categoría 4: Conservación del ambiente acuático							
Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Rios		E3: Ecosistemas costeros y marinos		
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos	
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>							
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	
Cianuro Libre	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001	
Color (b)	Color verdadero Escala PUCo	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**	
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**	
Conductividad	( $\mu$ S/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	5	10	10	15	10	
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8	
Fósforo total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062	
Nitratos (NO <sub>3</sub> -) (c)	mg/L	13	13	13	200	200	
Amoníaco Total (NH <sub>3</sub> )	mg/L	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)	
Nitrogeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**	
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 4	
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5	
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	≤ 30	
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	
Temperatura	*C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2	
<b>INORGÁNICOS</b>							
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**	**	
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036	
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**	
Cadmio Disuelto	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088	
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05	
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05	
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082	
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081	
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071	
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**	
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081	
<b>ORGÁNICOS</b>							
<b>Compuestos Orgánicos Volátiles</b>							
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	
<b>BTEX</b>							
Benceno	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
<b>Hidrocarburos Aromáticos</b>							
Benzo(a)Pireno	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	
Antraceno	mg/L	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	
Fluoranteno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	
<b>Bifenilos Policlorados</b>							
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,000014	0,000014	0,000014	0,00003	0,00003	
<b>PLAGUICIDAS</b>							
<b>Organofosforados</b>							
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	
Paratión	mg/L	0,000013	0,000013	0,000013	**	**	
<b>Organoclorados</b>							
Aldrin	mg/L	0,000004	0,000004	0,000004	**	**	
Clordano	mg/L	0,0000043	0,0000043	0,0000043	0,000004	0,000004	
DDT (Suma de 4,4'-DDD y 4,4'-DDE)	mg/L	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	
Dieldrin	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000019	0,0000019	
Endosulfan	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000087	0,0000087	
Endrin	mg/L	0,000036	0,000036	0,000036	0,0000023	0,0000023	
Heptacloro	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036	

Figura 51. Estándares de calidad ambiental para agua.

El Peruano / Miércoles 7 de junio de 2017		NORMAS LEGALES					19
Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Rios		E3: Ecosistemas costeros y marinos		
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos	
Heptacloro Epóxido	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036	
Lindano	mg/L	0,00095	0,00095	0,00095	**	**	
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	
<b>Carbamato</b>							
Aldicarb	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,00015	0,00015	
<b>MICROBIOLÓGICO</b>							
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	2 000	1 000	2 000	

(a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).  
(b) Después de la filtración simple.  
(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N (NO<sub>3</sub>-N), multiplicar el resultado por el factor 4,43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO<sub>3</sub>-).  
Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

**Nota 5:**  
- El símbolo \*\* dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.  
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.  
(1) Aplicar la Tabla N° 1 sobre el estándar de calidad de agua de concentración de Amoníaco Total en función del pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH<sub>3</sub>) que se encuentra descrita en la Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales.

Figura 52. Estándares de calidad ambiental para agua.

ANEXO  
ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA SUELO

Parámetros en mg/kg PS <sup>(2)</sup>	Usos del Suelo <sup>(1)</sup>			Métodos de ensayo <sup>(7)</sup> y <sup>(8)</sup>
	Suelo Agrícola <sup>(3)</sup>	Suelo Residencial/Parques <sup>(4)</sup>	Suelo Comercial <sup>(5)</sup> / Industrial/ Extractivo <sup>(6)</sup>	
<b>ORGÁNICOS</b>				
<b>Hidrocarburos aromáticos volátiles</b>				
Benceno	0,03	0,03	0,03	EPA 8260 <sup>(8)</sup> EPA 8021
Tolueno	0,37	0,37	0,37	EPA 8260 EPA 8021
Etilbenceno	0,082	0,082	0,082	EPA 8260 EPA 8021
Xilenos <sup>(10)</sup>	11	11	11	EPA 8260 EPA 8021
<b>Hidrocarburos poliaromáticos</b>				
Naftaleno	0,1	0,6	22	EPA 8260 EPA 8021 EPA 8270
Benzo(a) pireno	0,1	0,7	0,7	EPA 8270
<b>Hidrocarburos de Petróleo</b>				
Fracción de hidrocarburos F1 <sup>(11)</sup> (C6-C10)	200	200	500	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F2 <sup>(12)</sup> (>C10-C28)	1200	1200	5000	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F3 <sup>(13)</sup> (>C28-C40)	3000	3000	6000	EPA 8015
<b>Compuestos Organoclorados</b>				
Bifenilos policlorados - PCB <sup>(14)</sup>	0,5	1,3	33	EPA 8082 EPA 8270
Tetracloroetileno	0,1	0,2	0,5	EPA 8260
Tricloroetileno	0,01	0,01	0,01	EPA 8260
<b>INORGÁNICOS</b>				
Arsénico	50	50	140	EPA 3050 EPA 3051
Bario total <sup>(15)</sup>	750	500	2 000	EPA 3050 EPA 3051
Cadmio	1,4	10	22	EPA 3050 EPA 3051
Cromo total	**	400	1 000	EPA 3050 EPA 3051
Cromo VI	0,4	0,4	1,4	EPA 3060/ EPA 7199 ó DIN EN 15192 <sup>(16)</sup>
Mercurio	6,6	6,6	24	EPA 7471 EPA 6020 ó 200.8
Plomo	70	140	800	EPA 3050 EPA 3051
Cianuro Libre	0,9	0,9	8	EPA 9013 SEMWW-AWWA-WEF 4500 CN F o ASTM D7237 y/o ISO 17690:2015

**Notas:**

[\*\*] Este símbolo dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para el uso de suelo agrícola.

(1) **Suelo:** Material no consolidado compuesto por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua, aire y organismos, que comprende desde la capa superior de la superficie terrestre hasta diferentes niveles de profundidad.

(2) **PS:** Peso seco.

(3) **Suelo agrícola:** Suelo dedicado a la producción de cultivos, forrajes y pastos cultivados. Es también aquel suelo con aptitud para el crecimiento de cultivos y el desarrollo de la ganadería. Esto incluye tierras clasificadas como agrícolas, que mantienen un hábitat para especies permanentes y transitorias, además de flora y fauna nativa, como es el caso de las áreas naturales protegidas.

(4) **Suelo residencial/parques:** Suelo ocupado por la población para construir sus viviendas, incluyendo áreas verdes y espacios destinados a actividades de recreación y de esparcimiento.

(5) **Suelo comercial:** Suelo en el cual la actividad principal que se desarrolla está relacionada con operaciones comerciales y de servicios.

(6) **Suelo industrial/extractivo:** Suelo en el cual la actividad principal que se desarrolla abarca la extracción y/o aprovechamiento de recursos naturales (actividades mineras, hidrocarburos, entre otros) y/o, la elaboración, transformación o construcción de bienes.

(7) Métodos de ensayo estandarizados vigentes o métodos validados y que cuenten con la acreditación nacional e internacional correspondiente, en el marco del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo de la *International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC)*. Los métodos de ensayo deben contar con límites de cuantificación que estén por debajo del ECA.

Figura 53. Estándares de calidad ambiental para suelo.



GERENCIA DE OPERACIONES  
LABORATORIO PLANTA DE TRATAMIENTO  
PUERTO MALDONADO - MADRE DE DIOS

### ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO ANÁLISIS N° 2016 - 080

N° Pago : **717340**  
 Fecha de pago : 06/12/2016  
 Procedencia : Carretera bajo Tambopata Km 8 Las Piedras  
 Muestra : Agua de Pozo n° 1-Tapa  
 Fecha de muestreo : 07/12/2016 Hora: 05:30  
 Fecha ingreso a laboratorio : 07/12/2016 Hora: 09:55  
 Fecha inicio análisis FísicoQ. : 07/12/2016 Hora: 11:45  
 Fecha inicio análisis Bacter. : 07/12/2016 Hora: 13:45  
 Muestreado por : Elmo Luque Quino  
 Solicitado por : ELMO LUQUE QUINO

#### RESULTADOS DE ANALISIS BACTERIOLÓGICO

Método Filtro de Membrana - Factor Dilución  $5 \times 10^2$

PARAMETRO	UND	RESULTADO
Coliformes termo tolerantes	N°col/100 ml muestra	1000
Coliformes totales	N°col/100 ml muestra	3500


#### OBSERVACIÓN.

Puerto Maldonado, Diciembre 12 del 2016



EPS EMAPAT S.A.  
 Planta De Tratamiento de Agua Potable  
 Puerto Maldonado  
 Ing. Elmo Luque Quino  
 EPS EMAPAT S.A.  
 Planta De Tratamiento de Agua Potable  
 Puerto Maldonado

Figura 54. Análisis bacteriológico de la poza Topa.



**EPS EMAPAT S.A.**  
PUERTO MALDONADO

GERENCIA DE OPERACIONES  
LABORATORIO PLANTA DE TRATAMIENTO  
PUERTO MALDONADO - MADRE DE DIOS

---

**ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO**  
**ANÁLISIS N° 2016 - 081**

N° Pago : **717341**

Fecha de pago : 06/12/2016

Procedencia : Carretera bajo Tambopata Km 8 Las Piedras

Muestra : Agua de Pozo n° 2-Lagarto

Fecha de muestreo : 07/12/2016 Hora: 05:30

Fecha Ingreso a laboratorio : 07/12/2016 Hora: 09:55

Fecha inicio análisis FísicoQ. : 07/12/2016 Hora: 11:45

Fecha inicio análisis Bacter. : 07/12/2016 Hora: 13:45

Muestreado por : Elmo Luque Quino

Solicitado por : ELMO LUQUE QUINO

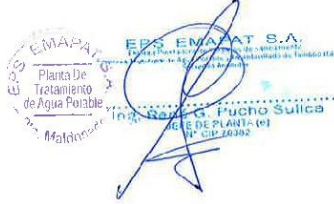
**RESULTADOS DE ANALISIS BACTERIOLÓGICO**

Método Filtro de Membrana - Factor Dilución  $5 \times 10^2$

PARAMETRO	UND	RESULTADO
Coliformes termo tolerantes	N°col/100 ml muestra	1000
Coliformes totales	N°col/100 ml muestra	2500

**OBSERVACIÓN.**

Puerto Maldonado, Diciembre 12 del 2016



---

Jr. Francisco Dolognest S/N. La Pastora. Puerto Maldonado - Madre de Dios

Figura 55. Análisis bacteriológico de la poza Lagarto.



GERENCIA DE OPERACIONES  
LABORATORIO PLANTA DE TRATAMIENTO  
PUERTO MALDONADO - MADRE DE DIOS

### ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO ANÁLISIS N° 2016 - 082

N° Pago : **717342**  
 Fecha de pago : 06/12/2016  
 Procedencia : Carretera bajo Tambopata Km 8 Las Piedras  
 Muestra : Agua de Pozo n° 3-Pato  
 Fecha de muestreo : 07/12/2016 Hora: 05:30  
 Fecha ingreso a laboratorio : 07/12/2016 Hora: 09:55  
 Fecha inicio análisis FísicoQ. : 07/12/2016 Hora: 11:45  
 Fecha inicio análisis Bacter. : 07/12/2016 Hora: 13:45  
 Muestreado por : Elmo Luque Quino  
 Solicitado por : ELMO LUQUE QUINO

#### RESULTADOS DE ANALISIS BACTERIOLÓGICO

Método Filtro de Membrana - Factor Dilución  $5 \times 10^2$

PARAMETRO	UND	RESULTADO
Coliformes termo tolerantes	N°col/100 ml muestra	500
Coliformes totales	N°col/100 ml muestra	1500

#### OBSERVACIÓN.

Puerto Maldonado, Diciembre 12 del 2016



EPS EMPAT S.A.  
 Planta De Tratamiento de Agua Potable  
 Puerto Maldonado  
 Ing. **Elmo G. Pucho Sulica**  
 JEFE DE PLANTA (G)  
 Tlf: 020 10 332

Figura 56. Análisis bacteriológico de la poza Pato.





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



ANÁLISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DE PLANCTON (Nº ORGANISMOS/ML)

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	POZO 1	POZO 2	POZO 3			
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia acicularis</i>	60000		500			
		Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema ougur</i>	50					
		Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Synedra goulardi</i>		1000				
		Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula capitatoradiata</i>	50					
				<i>Navicula cf incomposita</i>		500				
		Stauroneidaceae	<i>Cratichia cuspidata</i>			500				
Thalassiosiphysales	Catenulaceae	<i>Amphora sp.</i>	500	500						
Chlorophyta	Chlorophyceae	Chlamydomonadales	Volvocaceae	<i>Pandorina morum</i>	50					
		Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus acuminatus</i>	2500	2000	500			
	<i>Scenedesmus quadricauda</i>			3000	500					
	Trebouxiophyceae	Chlorellales	Chlorellaceae	<i>Closteriopsis sp.</i>	500	17500				
<i>Dictyosphaerium sp.</i>				1500						
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Chroococcales	Merismopediaceae	<i>Merismopedia glauca</i>			500			
		Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria tenuis</i>		500				
Euglenozoa	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	<i>Euglena sp.</i>	50					
				<i>Trachelomonas sp.</i>		2000				
			Phacaceae	<i>Lepocinclis acus</i>	50	500	500			
				<i>Lepocinclis ovum</i>		500				
				<i>Lepocinclis sp.</i>		1000	500			
				<i>Phacus circumflexus</i>	50	1000				
				<i>Phacus longicauda</i>		500				
				<i>Phacus pleuronectes</i>	50	500				
			Miozoa	Dinophyceae	Gonyaulacales	Gonyaulacaceae	<i>Gonyaulax sp.</i>			17000
					Peridinales	Protoperidiniaceae	<i>Protoperidinium quinquecorne</i>	6000		3500
FITOPLANCTON					24	74350	29000			
Arthropoda	Copepoda	Cyclopoida	Cyclopidae	ciclopoideo		50				
Ciliophora	Ciliata	Peritrichida	Vorticellidae	<i>Vorticella sp.</i>	150	50				
Nemata	Indeterminado	Indeterminado	Indeterminado	nematodo	50					
Rotifera	Digononta	Bdelloidea	Indeterminado	bdelloideo		300	50			
					Monogononta	Ploima	Asplanchnidae	<i>Asplanchna herrickii</i>		50
	<i>Anuraeopsis fissa</i>		250	50						
	Brachionidae	<i>Brachionus angularis</i>		100						
		<i>Keratella cochlearis</i>	50	300						
		<i>Euchlanis dilatata</i>		50						
	Synchaetidae	<i>Polyarthra sp.</i>		100	50					
ZOOPLANCTON					10	250	1250			
PLANCTON					34	74600	30250			
PLANCTON						23150				

  
  
 Diana Mabel López Paria  
 Bióloga  
 CBP. 12103

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

Tel's. (511)471-0117, 470-4471,  
470-7918, 619-7000 anexo 5703

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

Figura 57. Análisis cualitativo y cuantitativo de Plancton de las tres pozas de estudio.


**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° 11089-2017  
CON VALOR OFICIAL**

**RAZÓN SOCIAL** : LISET RODRIGUEZ ACHATA  
**DOMICILIO LEGAL** : PASA: E SINAMI LT 14 URB. ROMPE OLAS  
**SOLICITADO POR** : ROSSAN LOPEZ TARAONA  
**REFERENCIA** : EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LA CALIDAD DE AGUA DE MINERÍA NO METALICA  
**PROCEDENCIA** : CENTRO POBLADO EL TRIUNFO - MADRE DE DIOS  
**FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS** : 2017-01-06  
**FECHA DE INICIO DE ENSAYOS** : 2017-01-06  
**MUESTREADAS POR** : EL CLIENTE

**I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:**

Agua			
Ensayo	Método	L.C.	Unidades
Aceites y grasas (HEM)	EPA-821-R-10-001 Method 1664 Rev. B. N-Hexane Extractable Material (HEM), Oil and Grease) and Silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material (SGT-HEM), Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry. 2010	0.5 <sup>(a)</sup>	mg/L
Turbiedad	SM 2130 B. Turbidity. Nephelometric Method. 2012	0.70	NTU
Nitratos (Nitratos + Nitritos)	SM 4500-NO <sub>3</sub> E. Nitrogen (Nitrate). Cadmium Reduction Method.	0.030	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - N mg / L
Sedimento			
Ensayo	Método	L.C.	Unidades
Metales (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Boro, 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).	FPA Method 200.7, Rev.4.4. EMMC Vers on. Determination of Metals and trace Elements in Water and Wates by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry. 1994	---	mg/kg

L.C.: límite de cuantificación.

(a) Expresado como límite de detección del método.

**II. RESULTADOS:**

Producto declarado	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial	
Matriz analizada	Agua natural	Agua natural	Agua natural	
Fecha de muestreo	2017-01-05	2017-01-05	2017-01-05	
Hora de inicio de muestreo (h)	08:00	08:15	08:30	
Condiciones de la muestra	Refrigerada / preservada	Refrigerada / preservada	Refrigerada / preservada	
Código del Cliente	Poza 1 (Topa)	Poza 2 (lagarto)	Poza 3 (pato)	
Código del Laboratorio	1701265	1701265	1701267	
Ensayos	Unidades	Resultados		
Aceites y grasas (HEM)	mg/L	<0.5	<0.5	<0.5
Turbiedad	NTU	310	33	12
Nitratos (Nitratos + Nitritos)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - N mg / L	0.030	0.024	0.027

**Quim. Belbeth Y. Fajardo León**  
 Director Técnico  
 C. Q. P. N° 648

**SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.**
**SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.**

 Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 - Urb. Chacra Rios Norte - Lima 01 - Perú. Central Telefónica (511) 425-7227 - 425-6885 - 425-5564 - 425 - 6047 | MÓVIL 994 976 442  
 Website www.saggeru.com Contacto Electrónico saggeru@saggeru.com | laboratorio@saggeru.com

 EXPERTS  
WORKING  
FOR YOU

C:\d\FI 002\Verificación 06\FE\06/2015

\* El método indicado no fue sito acreditado por INACAL-DA

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMLWW)-APHA AZWA 1995, 2012, Edición 2012. EPA: U.S. Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana OBSERVACIONES: Este informe es a reproducción parcial o total de presente documentado y otros que sea bajo la autorización de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe. Las muestras serán conservadas de acuerdo al protocolo de preservación de la muestra analizada con un máximo de 30 días calendario de haber ingresado la muestra al laboratorio.

NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas o estándares o como certificado del sistema de gestión de la calidad que lo produce.

Página 1 de 2

Figura 58. Análisis físico químico y metales pesados de las tres pozas de estudio


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


Registro INACAL - 047

**INFORME DE ENSAYO N° 11089-2017  
CON VALOR OFICIAL**
**II. RESULTADOS:**

Producto declarado			Sedimento	Sedimento	Sedimento
Matriz analizada			Sedimento	Sedimento	Sedimento
Fecha de muestreo			2017-01-05	2017-01-05	2017-01-05
Hora de inicio de muestreo (h)			08:00	08:15	08:30
Condiciones de la muestra			Conservada	Conservada	Conservada
Código del Cliente			Poza 1 (Topa)	Poza 2 (lagarto)	Poza 3 (pato)
Código del laboratorio			1701268	1701269	1701270
Ensayo	L.D.M.	unidades	Resultados		
<b>Metales</b>					
Plata (Ag)	0,07	mg/kg	<0,07	<0,07	<0,07
Aluminio (Al)	1,4	mg/kg	6141,9	6782,1	9866,8
Arsénico (As)	0,1	mg/kg	3,0	3,4	4,86
Boro (B)	0,2	mg/kg	1,5	2,5	4,24
Bario (Ba)	0,2	mg/kg	55,2	74,1	120,0
Berilio (Be)	0,03	mg/kg	0,43	0,44	0,74
Calcio (Ca)	4,7	mg/kg	624,8	655,0	926,6
Cadmio (Cd)	0,04	mg/kg	0,09	0,11	0,18
Cerio (Ce)	0,2	mg/kg	12,4	15,5	26,6
Cobalto (Co)	0,05	mg/kg	11,91	13,29	21,31
Cromo (Cr)	0,04	mg/kg	14,41	14,81	22,59
Cobre (Cu)	0,1	mg/kg	17,4	19,9	30,0
Hierro (Fe)	0,2	mg/kg	17129	18584	>20000
Mercurio (Hg)	0,1	mg/kg	<0,1	<0,1	0,34
Potasio (K)	4,3	mg/kg	573,2	567,3	914,9
Litio (Li)	0,3	mg/kg	10,3	10,8	14,3
Magnesio (Mg)	4,4	mg/kg	2366	2592	3750,4
Manganeso (Mn)	0,05	mg/kg	275,48	416,40	677,39
Molibdeno (Mo)	0,2	mg/kg	0,3	0,4	0,6
Sodio (Na)	2,3	mg/kg	33,6	35,5	56,3
Níquel (Ni)	0,06	mg/kg	17,41	18,37	25,57
Fósforo (P)	0,3	mg/kg	267,5	286,0	551,6
Plomo (Pb)	0,06	mg/kg	7,86	9,39	13,69
Antimonio (Sb)	0,2	mg/kg	<0,2	<0,2	<0,2
Selenio (Se)	0,3	mg/kg	<0,3	<0,3	<0,3
Estañol (Sn)	0,1	mg/kg	0,2	0,2	0,6
Estroncio (Sr)	0,1	mg/kg	6,6	7,4	12,3
Titanio (Ti)	0,03	mg/kg	168,83	156,58	208,48
Talio (Tl)	0,3	mg/kg	<0,3	<0,3	<0,3
Vanadio (V)	0,04	mg/kg	24,21	23,78	39,75
Zinc (Zn)	0,2	mg/kg	43,1	47,0	63,2

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

Lima, 19 de Enero del 2017

  
**Quim. Beribeth Y. Fajardo León**  
 Director Técnico  
 C.Q.P. N° 648  
 Servicios Analíticos Generales S.A.C.

**EXPERTS  
WORKING  
FOR YOU**

Cod.: F102 Versión: 06/FE/09/2015

\* El método empleado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (S&amp;M2012-AP-A-WWA-WL) 22nd Edition 2012. EPA: U.S. Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana. OBSERVACIONES: Esta prohibición de reproducción parcial o total se prescribe documentalmente a modo de cumplimiento de la Ley N° 27107 Ley de Protección de Datos Personales de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Solo es válido para las muestras recibidas en el presente informe. Las muestras se dan a conocer al cliente en el momento de la entrega de los resultados y en un máximo de 30 días calendario de haber ingresado la muestra al laboratorio. NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados con un propósito de conformidad con normas de producto o con un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Página 2 de 2

**SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.**

 Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 - Urb. Chacra Rius Norte Lima 01 Perú. Central Telefónica (511) 425-7227 - 425-6885 - 425-5564 - 425 - 6047 | MÓVIL 984 976 442  
 Website www.sagperu.com Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com | laboratorio@sagperu.com

**Figura 59. Análisis físico químico y metales pesados de las tres pozas de estudio.**

**PROYECTO: "EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LA CALIDAD DEL AGUA DE TRES POZAS FORMADAS POR TRABAJOS DE EXTRACCIÓN DE LA MINERÍA NO METÁLICA EN EL CENTRO POBLADO EL TRIUNFO DE LA REGIÓN DE MADRE DE DIOS – 2016"**

COMPONENTE PECES. NOVIEMBRE, 2016

**Identificador: Ph.D. Julio M. Araujo Flores, coordinador de Campo y Laboratorio CENTRO DE INNOVACIÓN CIENTÍFICA AMAZÓNICA (CINCIA).**

1. Parámetros e índices de Diversidad, Riqueza y Equidad de peces, de tres pozas formadas por la extracción de la minería no metálica en el sector del Triunfo provincia de Tambopata departamento de Madre de Dios.

En el presente estudio se analizaron tres muestreos de peces colectadas en las tres pozas formadas por la extracción de la minería no metálica, del sector del triunfo provincia de Tambopata departamento de madre de dios Madre de Dios – Perú. Durante los periodos noviembre de 2016. La composición de peces estuvo representada por, 12 especies del orden de los CHARACIFORMES, 4 especies del orden de los SILURIFORMES y 01 especie del orden de los PERCYFORMES.

La mayor riqueza se registró en la "Poza Pato" con 13 especies, seguida de la "Poza Topa" con 11 especies; mientras que la menor riqueza se registró en la "Poza Lagarto", con solo 9 especies. La mayor abundancia se registró en la "Poza Pato" con 21 individuos por muestreo, seguida de "Poza Topa" con 18 individuos por muestreo; mientras que la menor abundancia se registró en "Poza Lagarto" con 13 individuos por muestreo una. (Tabla 1).

El mayor valor del Índice de Riqueza (d) se registró en la "Poza Pato" con un valor de (3.94) y seguida de la "Poza Topa" con un valor (3.46); mientras que el menor valor del Índice de Riqueza (d) con (3.12) se registró en la "Poza Lagarto".

El mayor valor del Índice de Equidad (J') se registró en la "Poza Pato" con un valor de (0.97) y seguida de la "Poza Topa" con un valor (0.96); mientras que el menor valor del Índice de Equidad (J') con (0.92) se registró en la "Poza Lagarto".

**(Tabla 1). Parámetros e índices de Diversidad, Riqueza y Equidad de peces por cada poza.**

Pesca 27 Nov 2016

Nº	ORDEN	FAMILIA	N Científico	Poza Lagarto-muestra	Poza Topa-muestra	Poza Pato-muestra
1	CHARACIFORMES	Curimatidae	Steindachnerina binotata	1		
2		Characidae	Astyanax bimaculatus (Linnaeus, 1758)	2	1	1
3		Characidae	Gymnocorymbus thayeri	1		2
4		Characidae	Bryconops melanurus (Bloch, 1794)			2
5		Characidae	Ctenobrycon hauxwellianus	1	2	2
6		Characidae	Gymnocorymbus sp		1	
7		Characidae	Knodus sp		3	
8		Characidae	Moenkhausia sp			1
9		Characidae	Odontostilbe sp		1	2
10		Characidae	Serrapinnus sp			1
11		Characidae	Tripottheus angulatus	4	3	3
12	SILURIFORMES	Erythrinidae	Hoplias malabaricus (Bloch, 1794)	1	2	2
13		Callichthyidae	Hoplosternum littorale		1	1
14		Callichthyidae	Hypostomus sp	1		
15		Callichthyidae	Loricariichthys sp	1	2	1
16		Callichthyidae	Pterygoplichthys sp		1	1
17	PERCYFORMES	Cichlidae	Cichlasoma boliviense Kullander, 1983	1	1	2
			Abundancia	13	18	21
			Riqueza	9	11	13
			Índice de Diversidad (H'(log2))	2.93	3.31	3.59
			Índice de Riqueza (d)	3.12	3.46	3.94
			Índice de Equidad (J')	0.92	0.96	0.97

*Dr. Julio M. Araujo Flores*  
HIDROBIÓLOGO

**Figura 60.** Informe de identificación de peces de las tres pozas de estudio.

### CONSTANCIA DE IDENTIFICACIÓN DE MATERIAL BIOLÓGICO

Por medio de la presente, quien suscribe, Blgo. Jorge Luis Peralta Argomeda (C.B.P. 10183), deja constancia de la identificación taxonómica de las muestras de macroinvertebrados acuáticos (Bentos) provenientes del proyecto **“EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LA CALIDAD DE AGUA DE TRES POZAS FORMADAS POR TRABAJOS DE EXTRACCIÓN DE LA MINERÍA NO METÁLICA EN EL CENTRO POBLADO EL TRIUNFO DE LA REGIÓN DE MADRE DE DIOS”** desarrollado por la Universidad de Madre de Dios.

Las muestras de macroinvertebrados acuáticos (Bentos) han sido depositadas adecuadamente en la Colección Científica del Departamento de Entomología del Museo de Historia Natural (MUSM) de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM).


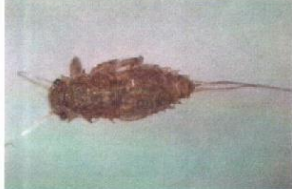



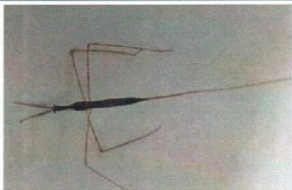




Se expide el presente documento a solicitud del interesado, para los fines que estime pertinente.

Lima, 06 de noviembre, 2017.

  
.....  
 JORGE LUIS  
PERALTA ARGOMEDA  
C.B.P. 10183

Figura 61. Constancia de identificación de Material Biológico.





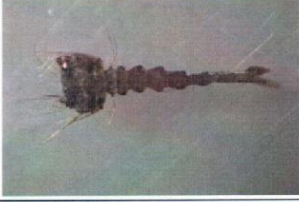



**"EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LA CALIDAD DE AGUA DE TRES POZAS FORMADAS POR TRABAJOS DE EXTRACCIÓN DE LA MINERÍA NO METÁLICA EN EL CENTRO POBLADO EL TRIUNFO DE LA REGIÓN DE MADRE DE DIOS"**

Poza 1: Poza Topa	
1. Familia: Polymitarcyidae 	2. Familia: Caenidae 
3. Familia: Chironomidae 	4. Familia: Libellulidae 
5. Familia: Tridactylidae 	6. Familia: Nepidae 
7. Familia: Corixidae 	8. Familia: Libellulidae 
9. Familia: Carabidae (terrestre) 	10. Familia: Stratiomyidae 

  
 JORGE LUIS  
 PERALTA ARGOMEDA  
 CBP. 10183

**Figura 62.** Identificación de Macroinvertebrados acuáticos (Bentos) de la poza Topa.

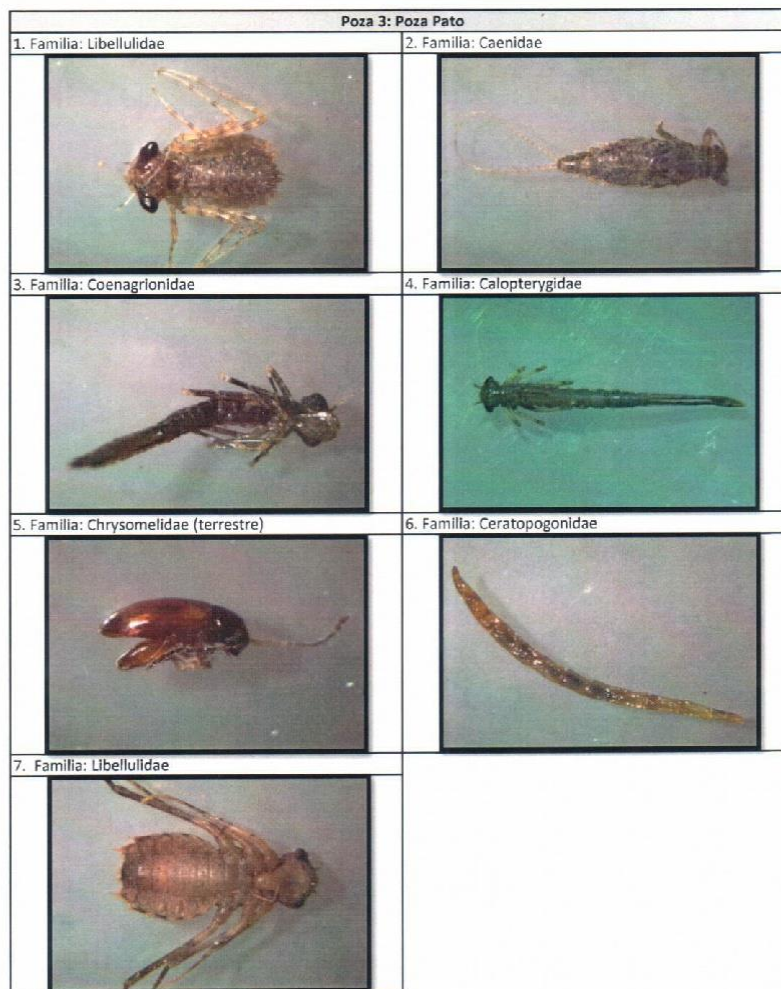
"EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LA CALIDAD DE AGUA DE TRES POZAS FORMADAS POR TRABAJOS DE EXTRACCIÓN DE LA MINERÍA NO METÁLICA EN EL CENTRO POBLADO EL TRIUNFO DE LA REGIÓN DE MADRE DE DIOS"

Poza 2: Poza Lagarto	
1. Familia: Chironomidae 	2. Familia: Libellulidae 
3. Familia: Gomphidae 	4. Familia: Caenidae 
5. Familia: Culicidae 	6. Familia: Tridactylidae 
7. Familia: Libellulidae 	8. Familia: Corixidae 

*Jorge Peralta*  
 JORGE LUIS  
 PERALTA ARGOMEDA  
 CBP. 10183

Figura 63. Identificación de Macroinvertebrados acuáticos (Bentos) de la poza Lagarto.

**"EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LA CALIDAD DE AGUA DE TRES POZAS FORMADAS POR TRABAJOS DE EXTRACCIÓN DE LA MINERÍA NO METÁLICA EN EL CENTRO POBLADO EL TRIUNFO DE LA REGIÓN DE MADRE DE DIOS"**



 JORGE LUIS  
 PERALTA ARGOMEDA  
 CBP. 10183

Figura 64. Identificación de Macroinvertebrados acuáticos (Bentos) de la poza Pato.



**Anexo 5: Fotografías de la secuencia de estudio**

Foto 01: Vista área de las tres pozas de estudio, sector Triunfo.



Foto 02: Poza de estudio denominada "Topa".



Foto 03: Poza de estudio denominada "Lagarto".



Foto 04: Poza de estudio denominada "Pato".



Foto 05: Medición de la profundidad de las pozas de estudio.



Foto 06: Toma de muestra de sedimento.



Foto 07: Toma de muestra de agua con el equipo muestreador tipo botella de Niskin, fabricado en hechizo metálico con modificaciones.



Foto 08: Toma de Bentos de las pozas de estudio.



Foto 09: Análisis físico químico de las tres pozas de estudio.



Foto 10: Medición del pH de las tres pozas de estudio.



Foto 11: Medición de multiparámetros de las tres pozas de estudio.



Foto 12: Prueba de oxígeno disuelto de las tres pozas de estudio.



Foto 13: Prueba de oxígeno disuelto de las tres pozas de estudio.



Foto 14: Medición de la conductividad del agua de las tres pozas de estudio.



Foto 15: Conservación de muestras para el análisis de riqueza de ictiofauna.



Foto 16: Toma de muestra de plancton.



Foto 17: Toma de muestra de bentos.



Foto 18: Muestreo usando malla de arrastre para peces.



Foto 19: Obtención de muestras para determinar la riqueza de ictiofauna en las tres pozas de estudio



Foto 20: Muestras de peces.



Foto 21: Medición de los peces.



Foto 23: Fauna que rodea a las pozas de estudio.

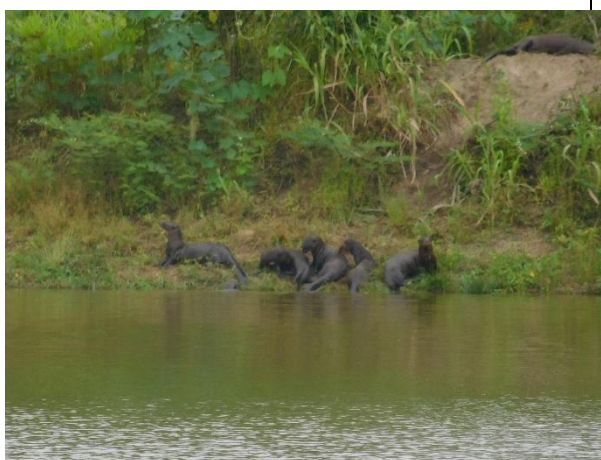


Foto 24: Fauna que rodea a las pozas de estudio.



Foto 25: Conservación de las muestras de ictiofauna.





Foto 26: Análisis de dureza en las muestras de agua.



Foto 27: Análisis de dureza en las muestras de agua.



Foto 28: Preparación de muestras de bentos para micrografiar.

