

Madre de Dios, capital de la Biodiversidad
UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS
FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE



TESIS

**“CALIDAD DE AGUA Y SEDIMENTOS EN EL RÍO MADRE DE DIOS,
DEPARTAMENTO MADRE DE DIOS, PERÚ, 2015”**

Presentado por : Bach. Williams Auccahuasi Almidón

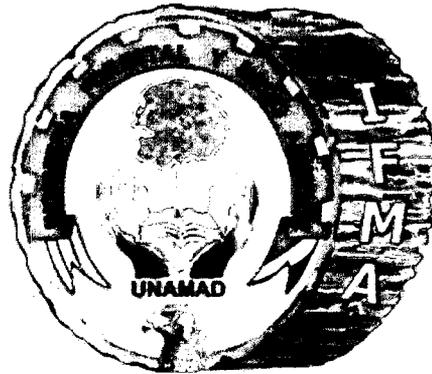
**PARA OPTAR AL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL Y
MEDIO AMBIENTE**

PUERTO MALDONADO-MADRE DE DIOS - Perú

2015

Madre de Dios, capital de la Biodiversidad
UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS
FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE



TESIS

**“CALIDAD DE AGUA Y SEDIMENTOS EN EL RIO MADRE DE DIOS,
DEPARTAMENTO MADRE DE DIOS, PERÚ, 2015”**

Presentado por : Bach. Williams Auccahuasi Almidón

**PARA OPTAR AL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL Y
MEDIO AMBIENTE**

PUERTO MALDONADO-MADRE DE DIOS - PERU

2015

DEDICATORIA

A Dios, que me guía y me permite ofrecer este trabajo.

A Celia Huamani Gutiérrez, mi esposa por su lealtad y apoyo en todo momento

A mis hijos Williams Manuel y Yummy Estrella

A mis Padres Moisés Javier Auccahuasi Pacheco y Susana Almidon Sánchez.

A mis hermanos Javier, Doris, por su confianza y apoyo incondicional

A mis maestros y asesores, por su disposición y ayuda brindadas a lo largo de este proyecto.

A mis amigos: Ing. Zenaida Chulla, Bach. Briseida Padilla, Bach. Roxana Casillas, Bach. Miguel Ranilla y Bach. Jorge Dueñas,

A los pobladores de Madre de Dios.

A todas las personas que brindaron apoyo a esta investigación.

AGRADECIMIENTOS

Declaro mis más sinceros agradecimientos:

En primer lugar a Dios todo poderoso por darme la oportunidad de tener momentos muy agradables durante mis estudio en la "UNAMAD", y en toda mi vida.

A la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios "UNAMAD", Facultad de Ingeniería, a todos los docentes de la Carrera Profesional de Ingeniería Forestal Y medio Ambiente, administrativos que fueron parte de mi formación profesional.

Al Ing. Joel Peña Valdeiglesias, quien me brindo incondicionalmente el asesoramiento de la presente investigación.

Al Dr. Francisco Román Dañoveytia, quien me brindo el asesoramiento como co asesor durante el desarrollo de la investigación.

A los miembros del jurado de la tesis: Ing. Gabriel Alarcón Aguirre, Ing. Mishari García Roca, Ing. Mauro Ve a Dafonceca; por la orientación oportuna durante la revisión, corrección del presente proyecto de investigación.

Al Consorcio Madre de Dios por apoyarme con el financiamiento de la presente tesis.

A la Autoridad Nacional del Agua (ANA) por facilitarme la logística necesarios para cumplir con los objetivos de la tesis.

Al Biólogo, Juan Flores por su asesoramiento durante la ejecución del presente proyecto de investigación.

A la Ing. Zenaida Chulla, Roxana casillas, quienes me apoyaron en la presentación del perfil de tesis hasta la finalización del presente proyecto.

Al Ing. Walter Obregon Orue, Prof. Jaime Colque Cuyo, Lic. Percy Torres Segovia, Prof. Marcos Leon Pacheco, Prof. Mariela Torres Segovia. Emf. Maruja Torres Segovia.

A mis compañeros Bach. Briseida Padilla, Miguel Ranilla por su apoyo durante el levantamiento de los datos y muestras en campo para cumplir con las metas del presente trabajo de investigación. A todos ellos mis agradecimientos más sinceros. Gracias!

INDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCION	3
JUSTIFICACION E IMPORTANCIA	5
OBJETIVOS:.....	6
Objetivo general.....	6
Objetivos específicos:	6
FORMULACION DE LA HIPOTESIS.	7
SISTEMA DE VARIABLES E INDICADORES	7
Variables estudiadas	7
Características fisicoquímicas del río Madre de Dios	7
CAPITULO I.....	9
MARCO TEORICO.....	9
1.1 Antecedentes	9
1.1.1 Antecedentes a nivel internacional.	9
1.1.2 Antecedentes a nivel nacional.	13
1.1.3 Antecedentes a nivel regional.....	14
1.2 Revisión bibliográfica.....	18
1.2.1 Los ríos en la amazonia.....	18
1.2.1.1 Ríos de aguas blancas.	18
1.2.1.2 Ríos de aguas negras.....	18
1.2.2 Origen y desembocadura del río Madre de Dios.	19
1.2.3 La cuenca del río Madre de Dios.....	19
1.2.5.1.2 Conductividad electrica.	22
1.2.5.1.3 Turbidez.....	22
1.2.6.2.2 Oxígeno Disuelto (OD).	23
1.2.6.2.3. Los Nitratos	24
1.2.6.2.4. Los Fosfatos.	24
1.2.6.2.5. Aceites y grasas.	25
1.2.7.3 Indicadores biológicos.	25
1.2.7.4 Indicadores microbiológicos en la columna de agua	26
1.2.7.4.1 Coliformes Termotolerantes en Agua	27

1.2.7.4.2 Coliformes Fecales en Agua	27
1.2.8 Índice de Calidad de Agua.	28
1.2.9 Contaminación de aguas superficiales por metales pesados.....	28
1.2.9.1 Importancia del análisis de los metales pesados en agua.....	29
1. 2.10 Contaminacion de sedimentos por metales pesados.....	30
1.2.10.1 Importancia del análisis de los metales pesados en sedimentos.....	30
1.2.11 Los Metales Pesados en los Sistemas Biológicos	31
1.2.11.1 Metales.....	31
1.2.11.2 Los metales pesados	31
1.2.11.2.1 Cromo (Cr).	32
1.2.11.2.2 Manganeso (Mn).	32
1.2.11.2.3 Hierro (Fe).....	33
1.2.11.2.4 Cobre (Cu).	33
1.2.11.2.5 Zinc (Zn).	33
1.2.11.2.6 Arsénico (As).	34
1.2.11.2.7 Cadmio (Cd).....	34
1.2.11.2.8 Mercurio (Hg).....	34
1.2.11.2.9 Plomo (Pb).	35
1.2.12 Ecosistemas Acuáticos	35
1.2.12.1 Vías de Ingreso de los Metales pesados a los Sistemas Acuáticos.	36
1.2.12.2 Efectos de los metales pesados en los sistemas biológicos.....	36
1.2.12.2.1 Efectos de los metales pesados en el bentos (Macroinvertebrados)....	37
1.2.12.2.2 Efectos de los metales pesados en el necton.	38
1.2.12.2.3 Efectos de los metales pesados en el plancton	38
1.2.13 Contaminación de Cuerpos de Agua.....	39
1.2.13.1 Eutrofización.	40
1.2.13.2 Minería aurífera aluvial.	41
1.2.16 Vigilancia y monitoreo de recursos hídricos en madre de dios	43
1.2.16.1 El rol de la ANA.	43
1.2.17 Normatividad sobre los recursos hídricos y calidad de agua.	43
1.2.18 Aprobación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.	44
CAPITULO II.....	45
2. MATERIALES Y METODOS.	45

2.1	Ámbito geográfico.	45
2.2	Descripción de las estaciones de estudio:	45
2.2.1	Estación 1 sector Puerto Pardo.....	45
2.2.2	Estación 2 Puerto Pastora (Puerto Maldonado).....	46
2.2.4	Estación 4 arriba de la localidad de Puerto Rosario de Laberinto	46
2.3	Ubicación Política y geográfica del lugar de estudio	47
2.5	Metodología.	51
2.5.1	Tipo de la investigación.	51
2.5.2	Diseño de la investigación.....	51
2.5.3	Diseño muestral.	51
2.5.3.1	Muestreo.	51
2.5.3.2	Tamaño muestral.....	51
2.6.	Métodos.	52
2.6.5	Numero de muestras de aguas superficiales.	53
2.6.7	Métodos para el análisis de los parámetros fisicoquímicos en agua.	57
2.6.8	Métodos para el análisis de los compuestos orgánicos e inorgánicos en aguas.	57
2.6.9	Métodos para el análisis de metales pesados en los sedimentos	58
	Fuete: Elaboración propia, (2015).....	58
2.6.10	Método para el análisis microbiológico en aguas.....	59
2.7	Cuadro de comparación para agua.....	59
2.8	Cuadro de comparación para sedimentos	59
	CAPITULO III.....	60
	V. RESULTADOS Y DISCUSION.....	60
5.1.	Análisis fisicoquímicos en agua.	60
5.1.1	Análisis físicos en agua	60
5.1.1.1	Temperatura.....	60
5.1.1.1.1	Valores promedio de la Temperatura en las estaciones de muestreo. ...	61
5.1.1.2	Conductividad eléctrica (us/cm).....	61
5.1.2	Análisis Químicos en agua.....	63
5.1.2.1	Potencial de hidrógeno (pH).....	63
5.1.2.1.1	Valores promedio del pH en las estaciones de muestreo.	64
5.1.2.2	Turbidez (NTU).....	65
	Fuente: Elaboración propia, (2015).....	65

5.1.2.2.1 Valores promedio de Turbiedad en las estaciones de muestreo.	66
5.1.2.3 Oxígeno Disuelto (OD)	66
5.1.2.4 Fosfatos	68
5.1.2.5 Aceites y grasas.	70
5.1.2.6 Nitratos	71
5.2 Análisis microbiológico en la columna de agua.	73
5.2.1 Coliformes termotolerantes en agua.....	73
5.4.2 Coliformes Fecales en agua	73
5.3 Análisis de metales pesados en la columna de agua.	76
5.3.1 Mercurio.....	76
5.4 Análisis de metales pesados en los sedimentos.	77
5.4.1 Manganeso (Mn).....	77
5.4.2 Hierro (Fe).....	78
5.4.3 Zinc (Zn).....	80
5.4.4 Arsénico (As).....	82
5.4.5 Plomo (Pb).....	83
5.4.6 Cromo (Cr).....	85
5.4.7 Cobre (Cu)	86
5.4.8.1 Cadmio (Cd).....	87
5.4.9 Mercurio (Hg).....	88
VI. CONCLUSIONES.....	90
7. RECOMENDACIONES:	92
8. BIBLIOGRAFIA.....	94
ANEXO	103

Lista de Tablas

Nº.	Pág.
1. Indicadores físicos en agua.....	8
2. Indicadores químicos en agua	8
3. Indicadores microbiológicos en agua	8
4. Indicadores químicos en los sedimentos	8
5. Referencias de las estaciones de muestreo.....	47
6. Ubicación Política del lugar de estudio	47
7. Número y cantidad total de muestras de agua por estación.....	54
8. Número y cantidad total de muestras de sedimentos.....	56
9. Compuestos inorgánicos y metales pesados en agua	58
10. Metales pesados evaluados en los sedimentos	58
11. Parámetros microbiológicos evaluados en agua	59
12. Estadísticos descriptivos para la variable Temperatura	60
13 Estadísticos descriptivos para la variable Conductividad Eléctrica.....	62
14. Estadísticos descriptivos para la variable pH	63
15. Estadísticos descriptivos para la variable Turbidez.....	65
16. Estadísticos descriptivos para la variable Oxígeno Disuelto	67
17. Estadísticos descriptivos para la variable Fosfatos	68
18. Estadísticos descriptivos para la variable Aceites y Grasas.....	70
19. Estadísticos descriptivos para la variable Nitratos	72
20. Estadísticos descriptivos para la variable Coliformes Termotolerantes	73
21. Estadísticos descriptivos para la variable Coliformes Fecales	74
22. Estadísticos descriptivos para la variable Mercurio en agua	76
23. Estadísticos descriptivos para la variable Manganeseo en sedimentos	78
24. Estadísticos descriptivos para la variable Hierro en sedimentos	79
25. Estadísticos descriptivos para la variable Zinc en sedimentos	81
26. Estadísticos descriptivos para la variable Arsénico en sedimentos	82

27. Estadísticos descriptivos para la variable Plomo en sedimentos.....	84
28. Estadísticos descriptivos para la variable Cromo en sedimentos	85
29. Estadísticos descriptivos para la variable Cobre en sedimentos	86
30. Estadísticos descriptivos para la variable Cadmio en sedimentos	87
31. Estadísticos descriptivos para la variable Mercurio en sedimentos.....	88

Lista de Figuras

Nº.	Pág.
1. Mapa de ubicación del área de estudio.....	48
2. Distribución de puntos de muestreo para agua	54
3. Procedimiento para la toma de muestras de agua	55
4. Distribución de puntos de muestreo para sedimentos.....	56
5. Valores promedio de la variable Temperatura	61
4. Valores promedio de la variable Conductividad Eléctrica.....	62
5. Valores promedio de la variable pH	64
6. Valores promedio de la variable Turbidez	66
7. Valores promedio de la variable Oxígeno Disuelto.....	67
8. Valores promedio de la variable Fosfatos	69
9. Valores promedio de la variable Aceites y Grasas	71
10. Valores promedio de la variable Nitratos	72
11. Valores promedio de la variable Coliformes Termotolerantes	74
12. Valores promedio de la variable Coliformes Fecale	75
13. Valores promedio de la variable Mercurio	77
14. Valores promedio de la variable Manganeso	79
15. Valores promedio de la variable Hierro	80
16. Valores promedio de la variable Zinc	81
17. Valores promedio de la variable Arsénico.....	83
18. Valores promedio de la variable Plomo.....	84
19. Valores promedio de la variable Cromo	86
20. Valores promedio de la variable Cobre	87
21. Valores promedio de la variable Cadmio	88
22. Valores promedio de la variable Mercurio.....	89

RESUMEN

La región Madre de Dios, Amazonía sudoriental del Perú, últimamente ha experimentado una intensa migración, ocupación desordenada del territorio y cambio de uso de la tierra, factores que podrían afectar la calidad de agua de los ríos. En tal sentido el presente estudio tuvo como objetivo caracterizar fisicoquímicamente y microbiológicamente un sector del río Madre de Dios así como determinar la concentración de metales pesados en agua y sedimentos, en cinco estaciones de muestreo: E1 (Puerto Pardo); E2 (Bocatoma de EMAPAT); E3 (aguas abajo de Laberinto); E4 (aguas arriba de Laberinto); y E5 (aguas arriba de la Boca del río Colorado), como una aproximación al conocimiento de la calidad de este recurso hídrico. La metodología usada para el muestreo fue según protocolo establecido por la Autoridad Nacional del Agua (ANA). El análisis fisicoquímico se realizó con el equipo multiparámetro HACH; los metales pesados se analizaron según métodos estandarizados (EPA y SMEWW-APHA-AWWA-WEF) en un laboratorio acreditado por INDECOPI. El ensayo microbiológico se realizó mediante el método de filtro de membrana. Hubo diferencias significativas en el pH para algunas estaciones lo que estaría asociado a los vertimientos de aguas residuales/domésticas, las diferencias significativas en la temperatura estarían asociadas a la alta transitabilidad de las embarcaciones y la consecuente turbulencia. La conductividad eléctrica disminuyó conforme la estación de muestreo se encontraba aguas abajo, al igual que la turbidez, en tanto que el oxígeno disuelto fue mayor, aguas abajo. En la columna de agua, no se detectó aceites y grasas; los fosfatos totales y los nitratos estuvieron por debajo del ECA correspondiente; el Hg superó el ECA, en las estaciones 1 y 2. A nivel de sedimentos, los valores de Cr, Zn, Cd y Pb no superaron los valores referenciales según la USEPA. Las concentraciones de Mn y Fe, para todas las estaciones, estuvieron muy por encima del valor referencial según la USEPA. La concentración de Cu estuvo inmediatamente debajo y encima del SQG correspondiendo a valores fronterizos. Las concentraciones de As y Hg estuvieron por debajo del valor ERL según la USEPA. Los coliformes totales estuvieron por debajo del ECA (NMP/100 ml), en tanto que los coliformes termotolerantes superaron ligeramente el ECA (NMP/100 ml). Los datos sugieren, que en términos generales, la calidad ambiental del río Madre de Dios estaría dentro de lo aceptable, atribuido principalmente a su caudal.

Palabras claves: Calidad de agua, metales pesados, (ECA) estándares de calidad de agua, (USEPA) Agencia de Protección Ambiental, (ERL) Bajo Rango de Efecto, río Madre de Dios

ABSTRACT

The Madre de Dios region, lately, has experienced an intense migration, disorderly occupation of the territory and land-use change, factors that might affect the quality of water in the rivers. In this regard, the present study was aimed at characterizing a physically, chemically and microbiologically a sector of the Madre de Dios river as well as determine the concentration of heavy metals in water and sediments, in five sampling stations: E1 (Puerto Pardo); E2 (Bocatoma of EMAPAT); E3 (downstream of Laberinto); E4 (upstream of Laberinto); and E5 (upstream from the mouth of the Colorado river), as an approximation to the knowledge of the quality of this water resource. The methodology used for the sampling was according to protocol established by the National Water Authority (ANA). The physicochemical analysis was performed with the HACH multiparameter equipment; heavy metals were analyzed according to standardized methods (EPA and SMEWW-APHA-AWWA-WEF) in a laboratory accredited by INDECOPI. The microbiological assay was carried out using the membrane filter method. There were significant differences in the pH for some stations what they would be associated with the dumping of sewage/home, the significant differences in the temperature would be associated with the high serviceability of the boats and the consequent turbulence. The electrical conductivity decreased in accordance with the sampling station was downstream, as well as turbidity, while dissolved oxygen was higher, downstream. In the water column, it found no oils and fats; the total phosphates and nitrates were below the corresponding ECA; the Hg exceeded the ECA, in stations 1 and 2. At the level of sediments, the values of Cr, Zn, Cd and Pb did not exceed the reference values according to the USEPA. The concentrations of Mn and Fe, for all the stations, were well above the reference value according to the USEPA. The concentration of Cu was immediately above and below the SQG values corresponding to borderline values. Concentrations of As and Hg were below the ERL value according to the USEPA. Total coliforms were below of the ECA (MPN/100 ml), while the thermotolerant coliforms slightly exceeded the ECA (MPN/100 ml). The data suggests that in general terms, the environmental quality of the Madre de Dios river would be within the acceptable range, attributed mainly to its flow.

Key words: Water quality, heavy metals, (ECA) water quality standards (EPA) Environmental Protection Agency (ERL) Low Range Effect, Madre de Dios Rive.

INTRODUCCION

La región Madre de Dios, como región bifronteriza de la Amazonía sudoriental del Perú, da origen a varios ríos y quebradas que desembocan ya sea en Brasil o Bolivia. El territorio de Madre de Dios se encuentra atravesado por diversas corrientes de agua que de un tiempo a esta parte han devenido en ser impactadas por diversas actividades económicas y no económicas lo que estaría cambiando no solamente las características fisicoquímicas sino, lo que es más importante, llevando eventualmente a eutrofización o contaminación de dichos cuerpos de agua y sedimentos. En atención a esta consideración se realizó el presente estudio con el propósito de caracterizar la magnitud de los parámetros fisicoquímicos y cualitativos, en cinco estaciones de muestreo ubicadas en el río Madre de Dios entre las localidades de Villa Colorado y la localidad fronteriza de Puerto Pardo, debido a la concentración de mineros en el tramo indicado con maquinarias pesadas las cuales están afectando los cuerpos de agua del río Madre de Dios, como también por las demás actividades antropogénicas que sin medir consecuencias se viene utilizando este recurso como fuente de descargas de aguas residuales producto de la pequeña minería o minería artesanal, agricultura, turismo etc.

En el contexto actual se observa una generalizada falta de información e interés por estudiar o conocer los recursos hidrobiológicos presentes en el medio en nuestro ámbito geográfico. Existe una generalizada falta de información e interés por estudiar o conocer el estado de los recursos hidrobiológicos. Todo lo expuesto anteriormente nos sugiere la necesidad de hacer un monitoreo más continuado que permita detectar posibles anomalías en este tipo de recursos hidrobiológicos y carencias en materia de calidad de aguas; ya sea para potabilizar, uso agrícola, ganadero y recreativo.

En tiempos actuales la contaminación de los cuerpos acuáticos es un problema digno de tomarse en cuenta debido a que el uso intensivo, la degradación creciente y los problemas de salud como el deterioro de los acuíferos, la disminución de fuentes de abastecimiento de fuentes de agua potable está en función de su utilización y está definida por un determinado número de parámetros cualitativos y cuantitativos. Ciertas prácticas de aprovechamiento de la naturaleza y sus riquezas, conllevan efectos que alteran la estabilidad de los ecosistemas, afectan la sustentabilidad de los recursos naturales y actúan sobre la salud de los seres vivos en forma negativa.

Por lo tanto, hablar de calidad del agua siempre conlleva a integrar el factor de su utilización para una correcta ponderación de dicha calidad, dado que sus características de composición pueden indicar que son aptas para algunos usos determinados y excluyentes para otros, de modo que se presta menos fácilmente a todas o algunas de las utilidades para las que podría servir en su estado natural.

En la determinación de la disponibilidad del agua en un país, no solamente es necesario saber la cantidad de agua que está a nuestro alcance en las diferentes fases del ciclo hidrológico, también es muy importante conocerse las características físico - químicas y bacteriológicas del agua para estar en condiciones de darle un uso en las diferentes actividades productivas y como agua potable en el abastecimiento de poblaciones.

En la región Madre de Dios, la inexistente gestión integral de residuos sólidos, aguas servidas, así como la informalidad e ilegalidad en diversas actividades económicas de larga data (como la minería aurífera aluvial), o recientemente incrementadas (como la agricultura para comercialización y ya no para el autoconsumo), han conllevado a que el río Madre de Dios se convierta en el principal cuerpo receptor de residuos sólidos, de relaves de la minería aurífera aluvial, de excretas y aguas domésticas, etc. por lo que es necesario caracterizar a la actualidad la calidad de agua del río Madre de Dios como una aproximación al conocimiento de su vulnerabilidad frente a los cambios ambientales y antropogénicos, motivo que conllevó a realizar el presente estudio a lo largo de cinco estaciones de muestreo.

JUSTIFICACION E IMPORTANCIA

Conscientes de la gran importancia que tiene el agua para la vida de todos los organismos del planeta y desde el punto de vista de los seres humanos, es necesario generar información sobre la calidad de agua y sedimentos del río Madre de Dios ya que es la fuente de agua potable para las poblaciones asentadas a las riberas de dicho río.

La cuenca del río Madre de Dios posee una importante riqueza pesquera que sostiene una actividad económica que abastece de pescado a la población urbana proporcionando además ingresos económicos a cerca de 500 pescadores en forma directa e indirectamente a muchas más personas, teniendo en cuenta que el pescado es la fuente principal de proteína animal de la población ribereña.

Por lo anterior, el presente estudio es relevante por acercarnos al conocimiento de una fuente económica de la cual depende un gran sector de la población por lo que cualquier factor biótico o abiótico que altere su calidad impactará negativamente en la economía de la población que se sirve de este recurso. El estudio es factible por cuanto se dispone del apoyo de la USAID/ICAA a través del consorcio Madre de Dios que ha considerado como una prioridad de intervención el conocer la calidad de agua y nivel de contaminación de determinados cursos de agua en la región Madre de Dios. El estudio es viable por cuanto la estación de estiaje nos permitirá ubicar los puntos geográficos identificables y asequibles lo que repercute en la objetividad del estudio. Así mismo la ciudad de Puerto Maldonado es uno de las ciudades con mayor población lo cual hace que haya mayor consumo de agua potable por lo tanto es imprescindible conocer la calidad de agua que recorre el río Madre de Dios ya que esta es la fuente importante de donde se capta el agua para el consumo diario de la población (EMAPAT).

OBJETIVOS:

Objetivo general.

- Evaluar la calidad del agua y sedimentos en cinco estaciones de muestreo en el río Madre de Dios en época de estiaje.

Objetivos específicos:

- Caracterizar fisicoquímicamente el río Madre de Dios en cinco estaciones de muestreo en época de estiaje.
- Caracterizar microbiológicamente el río Madre de Dios en cinco estaciones de muestreo en época de estiaje.
- Determinar la concentración de metales pesados en aguas superficiales en el río Madre de Dios en época de estiaje.
- Determinar la concentración de metales pesados en los sedimentos del río Madre de Dios en época de estiaje.

FORMULACION DE LA HIPOTESIS.

La calidad del agua del río Madre de Dios monitoreada a través de sus características fisicoquímicas, mercurio disuelto, metales pesados en sedimento, y características microbiológicas, muestra una tendencia a empeorar en estos indicadores aguas abajo.

Respecto a las características fisicoquímicas del río Madre de Dios

- Las características fisicoquímicas del río Madre de Dios son diferentes en las cinco estaciones de muestreo entre la estación aguas arriba de Villa Colorado y la estación de Puerto Pardo.

Respecto al mercurio disuelto en la columna de agua del río Madre de Dios

- La concentración de mercurio disuelto en la columna de agua del río Madre de Dios, tiende a disminuir aguas abajo entre la estación aguas arriba de Villa Colorado y la estación de Puerto Pardo.

Respecto a la concentración de los metales pesados en el sedimento del río Madre de Dios

- La concentración de metales pesados en el sedimento del río Madre de Dios supera los valores establecidos por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica (USEPA) en algunas de las cinco estaciones de muestreo.

Respecto a las características microbiológicas del río Madre de Dios

- Las características microbiológicas del río Madre de Dios varían en las estaciones de muestreo según las características fisicoquímicas de la columna de agua.

SISTEMA DE VARIABLES E INDICADORES

Por ser un estudio descriptivo no hay relación de dependencia entre las variables

Variables estudiadas

Características fisicoquímicas del río Madre de Dios

- **Tabla 1. Indicadores físicos en agua**

N°	Variables	Símbolo	Unidades
01	Temperatura	T	Celsius
02	Conductividad Eléctrica		

Fuente: Elaboración propia, (2015)

➤ **Tabla 2. Indicadores Químicos en agua**

N°	Variables	Símbolo	Unidades
01	Potencial de Hidrogeno	pH	mg/L
02	Oxígeno Disuelto	OD	mg/L
03	Turbiedad	NTU	mg/L
04	Aceites y grasas		mg/L
05	Nitratos	(N-NO ₃)	mg/L
06	Fosfatos		mg/L
07	Mercurio	Hg	mg/L

Fuente: Elaboración propia, (2015)

➤ **Tabla 3. Indicadores microbiológicas en agua**

N°	Variables	Símbolo	Unidades
01	Coliformes Termotolerantes	(NMP/100)	mg/L
02	Coliformes Totales	(NMP/100)	mg/L

Fuente: Elaboración propia, (2015)

➤ **Tabla 4. Indicadores Químicas en los sedimentos**

07	Cromo	Cr	mg/kg
08	Manganeso	Mg	mg/kg
09	Hierro	Fe	mg/kg
10	Cobre	Cu	mg/kg
11	Zinc	Zn	mg/kg
12	Arsénico	Ar	mg/kg
13	Cadmio	Cd	mg/kg
14	Mercurio	Hg	mg/kg
15	Plomo	Pb	mg/kg

Fuente: Elaboración propia, (2015)

CAPITULO I

MARCO TEORICO

1.1 Antecedentes

1.1.1 Antecedentes a nivel internacional.

En la investigación realizado por Mohd R, *et al* (2015), basados en el estudio sobre el Índice de Calidad de Agua (WQI) ha sido conducido entre 11 ríos en la isla de Penang, Malasia desde octubre del 2012 a enero del 2013. El status de calidad de agua de los ríos fue clasificado basado sobre el Estándar Nacional de Calidad de Agua Interim (INWQS) para Malasia. Los seis parámetros de calidad de agua usados para determinar el índice de calidad de agua fueron: oxígeno disuelto (DO), demanda biológica de oxígeno (BOD), demanda química de oxígeno (COD), solidos totales suspendidos (TSS), amonio y pH. Basados sobre la evaluación del WQI, entre los 11 ríos estudiados, nueve de los ríos fueron considerados como limpios. El tramo medio y superior del río Pinang en Balik Pulau (con WQI = 69 y 70 respectivamente), el tramo medio y superior del río Kongsi (con WQI = 67 y 72 respectivamente) y el tramo superior del río Betong (con WQI = 63) estuvo ligeramente contaminado, mientras el resto de los ríos tuvo un WQI inferior a 60, los cuales fueron categorizados como ríos contaminados. Entre las 30 estaciones de muestreo, 17 estaciones de muestreo fueron clasificados como Clase III (tratamiento extensivo del suministro requerido de agua, peces de valor económico común, tolerancia de especies, y agua para beber el ganado), y 13 estaciones fueron clasificadas como status hídrico Clase IV, el cual fue clasificado como para irrigación de acuerdo a INWQS. De este estudio, el WQI y sistema de clasificación de ríos fueron considerados como una herramienta para evaluar el status de salud de la calidad de agua del río.

En un estudio realizado por Mrunmayee *et al* (2015), concluyeron que el río Brahmani es reportado para ser contaminado por los efluentes descargados por las industrias cercanas, pueblos y aldeas situadas cerca de las orillas. La presencia de metales pesados y material radiactivo hace que sea mayormente no apta para uso humano. Los fertilizantes utilizados para fines agrícolas afectan el pH y el contenido de nitratos de las aguas. El Índice de Evaluación de la Calidad del Agua (WQI) es extremadamente importante en las estaciones de aforo situadas cerca de las industrias para preparar medidas correctivas. Para este fin, el presente estudio propone una metodología eficiente tal como el Sistema de Inferencia Difuso Neuroadaptativo (ANFIS) para la predicción de la calidad del agua en el río Brahmani.

Los parámetros de calidad de agua utilizados para evaluar están frecuentemente intercorrelacionados con cada otro y esto hace la evaluación irrazonable. Por ello los parámetros no están correlacionados mediante análisis de componentes principales.

Xiao *et al* (2015). Mencionan que, con el fin de estudiar la relación entre los nutrientes contaminantes y sedimentos suspendidos (SS) en el tramo superior del río Yangtze y dos tributarios, muestras de agua fueron colectadas desde el 01 de setiembre al 30 de setiembre 2011 en las secciones Zhutuo, Cuntang, Beibei, Wulong, Qingxichang, Wanxian y Fengjie. En el laboratorio, la concentración de SS y la concentración de SS cuyo tamaño de partículas fue menor a 0.02 mm fueron medidas. Las concentraciones de fósforo (P), nitrógeno (N), e índice de permanganato (COD) en la muestra de agua natural, la muestra de agua asentada, y dos tipos de muestra de agua filtrada obtenidas a través de filtros de membrana con tamaños de poro de 0.02 mm y 0.45mm fueron monitoreadas sincrónicamente. Los resultados muestran que hubo fuerte relación entre el P y COD Mn y la concentración de SS. El P existe principalmente en forma particulada, mientras que el N existe principalmente en forma disuelta.

En el trabajo realizado por Kumari, *et al* (2015), es conocer la calidad del agua del río Sai - un río sagrado de Uttarpradesh. El río Sai es un río importante de Uttar-Pradesh, que se originan en un estanque en el pueblo Bijganw cerca Pihani en el distrito y Hardoi viajar unos 600 km hasta formar límite del distrito entre Lucknow y Unnao. Después de pasar por Hardoi, Distrito Raebareli y Jaunpur finalmente unirse al río Gomati en Rajepur en el distrito de Jaunpur. El sai es adorado como río sagrado en la UP. Se recogieron un total de seis muestras de agua de cada uno distritos y 18 parámetros físico-químicos fueron analizado y utilizado para el cálculo del índice de calidad del agua de las muestras y de las categorías de agua en la calificación de 0 - 100 y el resultado muestra que la calidad del agua en los distritos, Hardoi es buena y el distrito Unnao y Lucknow están en calificación de excelente y los otros tres distritos Raebareli, Pratapgarh y Jaunpur fue en categorías contaminadas moderados del Índice máxima calidad del agua es 71.056 y un mínimo en los distritos Lucknow 43.34

En la investigación realizado Fujita (2014), evaluó la contaminación de sedimentos costeros en el islote Fongafale, Pacífico Central, un estudio de campo se llevó a cabo en zonas densamente pobladas, escasamente pobladas, tiraderos a cielo abierto y áreas naturales no disturbadas. Mediciones actuales en aguas poco profundas de la laguna indicaron que los contaminantes de la zona densamente poblada solamente serían transportados por una pequeña proporción de un ciclo mareal. Sulfuros volátiles ácidos se detectaron en la zona intermareal playa y zonas cercanas de la zona

densamente poblada, mientras que no hubo detección en las otras áreas. Esta observación refuerza el argumento de que el mecanismo de contaminación costera durante marea baja, son las fugas de aguas residuales domésticas de instalaciones sanitarias pobremente construidas que penetran en la costa. La concentración total de Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Cd y Pb fueron relativamente altas en todos los sectores, excepto en el área natural. Los índices de factor de contaminación, índice de carga de contaminación e índice de geoacumulación fueron indicativos de contaminación por metales pesados en las tres áreas. La zona densamente poblada tiene la contaminación más significativa; las aguas residuales domésticas llevaron a una considerable contaminación de sedimentos costeros con Cr, Zn, Cu, Pb y Cd. La zona de vertido es notable con respecto a Ni y Mn, los que pueden ser derivados de baterías desechadas.

En el trabajo realizado por Zahra (2014), evaluaron las concentraciones de metales pesados en los sedimentos del río Kurang: un afluente principal del reservorio del Lago Rawal fueron investigadas usando el factor de enriquecimiento (EF), índice de geoacumulación (Igeo) e índice de contaminación por metales (MPI) para determinar la acumulación de metales, su distribución y su status de contaminación. Las muestras de sedimentos fueron colectadas de veintiún sitios durante dos años de seguimiento en temporadas pre- y post-monzón (2007- 2008). El riesgo de toxicidad por metales pesados se evaluó utilizando los Lineamientos de Calidad de Sedimento (SQGs), valores de bajo rango de efecto/valores de mediano rango de efecto (ERL/MTC), y nivel de efecto umbral/nivel de efecto probable (TEL/PEL). Una mayor concentración media de Ni, Mn y Pb se registraron en la temporada post-monzón mientras que el patrón de la acumulación de metales en la temporada pre-monzón siguió el orden: Zn > Mn > Ni > Cr > Co > Cd > Pb > Cu > Li. Los valores del factor de enriquecimiento (EF) e índice de geoacumulación (Igeo) mostraron que los sedimentos fueron cargados con Cd, Zn, Ni y Mn. La comparación con valores de fondo no contaminado mostraron mayores concentraciones de Cd, Zn y Ni que los valores de esquisto promedio respectivos. Las concentraciones de Ni y Zn estuvieron por encima de los valores ERL; sin embargo, la concentración de Ni superó los valores ERM. La contaminación de los sedimentos se atribuyó a los procesos naturales y antropogénicos. Los resultados se pueden usar para una gestión eficaz de las corrientes montañosas de agua dulce de Pakistán.

En el trabajo realizado por Zhou (2014), evaluó los sedimentos superiores y del fondo fueron colectados de la parte inferior de 26 grandes ríos de China oriental; 353

muestras fueron obtenidas a partir de estos núcleos de sedimentos, y las concentraciones de 21 elementos traza y principales fueron medidos para cada muestra. La distribución vertical de los elementos exhibió los siguientes patrones: (1) enriquecimiento de la parte superior; (2) distribución compleja; (3) enriquecimiento de la capa profunda; y (4) distribución uniforme. Las concentraciones de metales pesados en la capa superior de la mayoría de los ríos son más altas que en la capa profunda. Las fuertes correlaciones positivas entre los metales pesados y los principales componentes químicos (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , y el carbono orgánico) indican que las concentraciones de metales pesados están determinadas en parte por las propiedades de los sedimentos. Las concentraciones de metales pesados y los valores de Me/Fe tanto en la parte superior y capa profunda de los sedimentos muestran patrones regionales. Las altas concentraciones de As, Cd, Hg, Mn, Mo, Pb y Zn en la mayoría de los ríos del indican la importancia de controlar los factores naturales del ambiente geológico y la mineralización. Considerable enriquecimiento de los metales pesados en la capa superior indican un impacto antropogénico, en particular, en algunos ríos del sur de China.

En el estudio realizado por Manrique y Peláez (2010), evaluó la calidad del agua de la quebrada La Perdiz (Florencia-Caquetá, Colombia), a través de la medición de características físicas, químicas y microbiológicas integradas en índices de calidad y de contaminación, durante el periodo Agosto a Noviembre de 2007,. Fueron seleccionadas cuatro estaciones, tres en la quebrada la Perdiz (Gas País, Raicero y Floresta) y la estación Malvinas, ubicada en su principal afluente en el área urbana (quebrada La Sardina). Los resultados indicaron que la Estación Gas País presentó perturbación evidenciada principalmente en el contenido de coliformes, convirtiéndose en un sitio no apto para uso recreativo (contacto primario y secundario). Las estaciones Raicero y Floresta presentaron un índice de calidad de agua bajo, catalogando el agua como no apta para uso agrícola, recreativo y consumo. La estación Malvinas, presenta ambiente polisaprobio con señales de eutrofización y poco oxígeno disuelto, lo que sugiere que este recurso hídrico presenta baja capacidad de autorecuperación.

Realizaron una investigación Abrahão *et al* (2007), en Paraíba, Brasil, donde evaluaron, la calidad del agua de un arroyo que recibe los efluentes industriales a través del análisis de dos índices. Datos (oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, pH, turbidez, color, temperatura y coliformes termotolerantes) se obtuvieron de cinco estaciones en el Mussuré Stream, ubicado en João Pessoa (Noreste de

Brasil), entre enero de 1992 y diciembre de 2004. Espacial y temporal se registraron los cambios. Los índices de calidad utilizados, Índice Objetivo de Calidad del Agua (WQIOBJ) y Bascarón Adaptado Índice de Calidad del Agua (WQIBA), presentan tendencias similares y se consideran adecuados para la evaluación de los impactos de efluentes industriales en los cuerpos de agua. La flexibilidad de estos índices relativos a los parámetros utilizados en los cálculos facilita la evaluación de la calidad del agua en los países en desarrollo, donde el alto costo y la falta de estructura necesaria para el análisis de otros parámetros son elementos de disuasión actuales a una evaluación adecuada calidad del agua

1.1.2 Antecedentes a nivel nacional.

Chota *et al.* (2014), evaluó la calidad ambiental de los ríos Curaray, Arabela y Napo (a la altura de la desembocadura del Curaray) a través de la determinación de sus parámetros físicos y químicos, la presencia de aceites y grasas, hidrocarburos totales de petróleo y metales totales en agua, sedimentos y músculo de peces, durante los períodos de creciente y vaciante. Los resultados del análisis de agua en siete estaciones de muestreo, en ambos períodos hidrológicos, mostraron que el agua de los ríos, a excepción de la Estación Curaray 1 (Arica), estuvieron libres de aceites y grasas, hidrocarburos totales de petróleo y de metales pesados como el mercurio, cadmio, plomo y arsénico. En el período de creciente, las concentraciones de mercurio, cadmio, cromo, plomo, níquel y zinc en los sedimentos estuvieron por debajo de los estándares internacionales tomados como referencia, a excepción del cobre en la Estación Napo 1 (Nuevo Defensor). En la vaciante, solo se registraron concentraciones de mercurio por encima de los niveles permisibles (0,27 a 0,30 mg/kg) en los sedimentos de la Estación Curaray 3 (Shapajal). Finalmente, las concentraciones de mercurio detectadas en los peces colectados (0,03 – 0,07 mg/kg) estuvieron por debajo de los niveles permisibles.

Según el trabajo realizado por el IIAP (1995), concluyeron que los principales contaminantes en los cuerpos de agua de las grandes ciudades amazónicas son las bacterias coliformes, las cuales suelen ir acompañadas de otros gérmenes patógenos que originan diversas enfermedades infectocontagiosas. Ello es debido a que las descargas de las aguas servidas se hacen directamente sobre dichos cuerpos de agua sin ningún tipo de tratamiento. Asimismo, en diversos puntos se encuentra contaminación por aceites y grasas originadas por las instalaciones portuarias y la navegación fluvial. El contaminante principal en las zonas de los lavaderos de oro es el

mercurio; en forma de vapor contamina a los trabajadores al respirarlo; cuando es depositado en las aguas, contamina a éstas e ingresa en la cadena trófica del ecosistema acuático, llegando al hombre a través del agua o de los pescados contaminados. Así mismo indica que la actividad petrolera produce contaminación de los cuerpos de agua por descarga de las aguas salinas que genera y por fugas o derrames accidentales de petróleo. El impacto de este tipo de contaminación depende de las características del cuerpo de agua receptor, causando un mayor impacto en las quebradas de poco caudal y en las cochas.

Según Romero *et al.* (2010), denominado “Estudio de la calidad de agua de la cuenca del río Santa”, se estudió el efecto contaminante del pasivo minero de Ticapampa, que constituye un relave polimetálico de flotación de minerales sulfurados de cobre, plomo y zinc, el cual se localiza en la cuenca media del río Santa, la cual ha sido negativamente impactada desde el año de 1900, por las labores mineras de Collaracra, el Triunfo y la Florida; en el año de 1908, por el funcionamiento de la planta concentradora y de la fundición de la empresa minera The Anglo French Ticapampa Silver Mining Co. y en el año de 1967, por la labor minera de la explotación de la plata, plomo y zinc y el funcionamiento de la planta concentradora, a cargo Compañía Minera Alianza S.A. Empresa Nacional; como consecuencia de la realización de labores mineras y las actividades de beneficio de minerales, se tiene pasivos ambientales, tales como: 4 canchas de relaves polimetálicos y filtraciones de agua de relavera, cuyos drenajes se vierten de manera directa al cuerpo de agua receptor de la cuenca del río Santa, cuya calidad de aguas se han convertido en un lugar sin indicio de vida acuática, siendo el consumo de esta agua nocivo para los seres vivos.

1.1.3 Antecedentes a nivel regional.

Araujo (2013) realizó un proyecto donde mencionan que los coliformes fecales sin reportar ningún incidente que supere los límites permitidos. La quebrada Arturo (CN Puerto Arturo) mostró los valores más altos (2500 UFC) seguido de Las Piedras (1500 UFC) mientras Madre de Dios 1 (arriba de boca Piedras) y el tributario de Manuani los más bajos (400 y 80 UFC respectivamente). Al momento del muestreo el tributario de Manuani casi está apto para el consumo directo sin potabilización (50 UFC). Los valores máximos para este tipo de agua es de 3000 UFC, siendo apta para uso recreativo y agrícola pero no se puede ingerir directamente necesitando un tratamiento de potabilización. Referente a los análisis de elementos químicos en las aguas se mostraron libres de mercurio (no detectado) sin embargo mostraron elevados índices de Aluminio, Hierro y Silicio. Las aguas de nuestra cuenca poseen de forma natural-

debido a la geología- grandes cantidades de estos elementos que son eliminados tras el proceso de potabilización, excepto el arsénico que no es eliminado totalmente en caso de entrar a la columna de agua. Por otro lado arsénico y mercurio estuvieron ausentes de la columna de agua al momento del muestreo. El río Malinowski –en la boca del Manuani- fue el que presentó la mayoría de metales detectables. Es probable que la actividad minera este generando esta situación; por adición directa de algunos metales y por la liberación de trazas geológicas removilizadas tras los trabajos de minería. El río Madre de Dios soporta mayor superficie dedicada a la minería que Malinowski, sin embargo el caudal de agua de este último es muy inferior acentuando esta situación.

ANA (2013), revelan que el río Madre de Dios, en el tramo aguas debajo de la confluencia del río Inambari (que aun alberga a los mineros informales de la zona de Huaypetue) hasta aguas debajo de la quebrada Laberinto, contiene plomo por encima del valor ECA de la categoría 4 (0,05mg/l) y a medida que se desciende en la cuenca, dicha concentración disminuye a valores menores al referido ECA para la 4 – conservación del ambiente acuático. Así mismo las posibles fuentes de ingreso de plomo, encontrados en la cuenca Malinoski y Madre de Dios, lo representan las baterías y pilas que se arrojan a los botaderos de residuos sólidos ubicados en las riberas de los ríos y quebradas, de combustibles de las embarcaciones y maquinarias que operan en la minería informal. Así mismo indican que el Hierro se encuentra en los 13 puntos de monitoreo entre ellos el río Madre de Dios, con 9,62 mg/L, localizado en la zona de Laberinto. Respecto a los coliformes termotolerantes concluyen que solo se encontró en el tributario río Tambopata superando el ECA para la categoría 4. Responsabilizando a los vertimientos de aguas residuales sin tratamiento alguno provenientes de la ciudad de Puerto Maldonado responsabilidad de la empresa EMAPAT.

En la investigación realizada por Cutipa y Araujo (2012), refieren que los coliformes fecales mostró a la quebrada Herrera superando los límites en ambas épocas. Además el río Tambopata en Pueblo Viejo (Espinosa) y Madre de Dios (Capitanía) superan ampliamente los límite de 3000 UFC en época lluviosa (37.000 y 122.000 respectivamente), volviendo a la normalidad en época seca. Referente a los análisis de elementos químicos y sustancias contaminantes, las aguas se mostraron libres de cianuro y aceites y grasas, mostraron cantidades detectables de detergente superando en 2 veces los límites para la estación Capitanía en época seca. Las aguas de nuestra cuenca poseen de forma natural (debido a la geología) grandes cantidades de

Aluminio (20 veces superior a los límites) y Hierro (10 veces), que son eliminados en el tratamiento de potabilización. También se reportaron valores altos de Arsénico en ambas épocas (no superiores a los valores permitidos), así mismo se reportan altos valores en los elementos Silicio, Bario, Potasio, Manganeso y Titanio que no se recogen en la normativa (MINAM 2008) que son eliminados con la potabilización y de Sodio y Estroncio que no poseen límites legales y no son eliminados con la potabilización.

Según MINAM – IIAP (2011), los estudios revelan que existe una alta tasa de contaminación con mercurio en zonas mineras en los sedimentos de los ríos, en peces y en otros animales, así como en humanos. El grupo de mayor riesgo está constituido por las comunidades nativas, debido al alto consumo de pescado, según demuestran estudios en otros países. Un indígena que consuma 2 kg semanales del pez mota (cantidad promedio de consumo de pescado en selva baja en comunidades nativas), estaría superando en 2,347.9% (más de 24 veces) la dosis máxima permitida por la OMS. Los efectos negativos de la minería aurífera no son sólo locales, sino que se extienden por otras zonas de la cuenca amazónica, dado que los contaminantes son arrastrados por el agua, y los peces y otros animales contaminados migran a lo largo de los cursos de los ríos. La minería también destruye el paisaje, la fauna y la flora, afectando la industria turística, que representa una importante fuente de ingresos para muchas regiones amazónicas, y en Madre de Dios es la primera actividad económica formal. Así mismo revela que la población de las zonas mineras de Madre de Dios ya muestra algunos indicios preocupantes de contaminación con mercurio. En la localidad de Huepetuhe el Ministerio de Salud, a través de su Establecimiento de Salud local, tomó y analizó muestras de orina de una muestra aleatoria de la población local. Aunque los resultados son muy variados, se encontró personas con valores tan altos como 508 µgHg/L (siendo los máximos recomendables <5 µgHg/L para personas no expuestas ocupacionalmente)

Según CENSOPAS (2010), mencionan que de los 231 personas evaluadas, no expuestas ocupacionalmente al mercurio, el 73.6% mostró valores de Hg por debajo del límite de referencia <5 µgHg/L de orina, el 26.4% mostró valores por encima de la referencia; entre ellos, 2 personas mostraron niveles extremos, por encima de 300 µgHg/L de orina, y una persona llegó a 467.2 µgHg/L. Los relativamente bajos niveles de contaminación con mercurio hallados en una zona de antigua e intensa exposición a este metal como es Huepetuhe se explica probablemente por la baja tasa de consumo de pescado en la zona, mayoritariamente de origen andino (el pescado y

otros recursos acuáticos son la principal fuente de ingreso del metilmercurio al organismo humano). Más preocupantes son los resultados del estudio en lo que respecta a la aparición de síntomas clínicos asociados con la exposición a mercurio: 31.2% de la población evaluada en Huepetuhe refirieron pérdida de memoria, 29.5% cambio de ánimo, 24.3% irritabilidad, 31.2% debilidad muscular, 12.7% temblores musculares, 37.7% dolor de cabeza, 22.3% alergias y 15.1% descamación de la piel. Los indicadores psicológicos y de salud emocional también comienzan a ser preocupantes: disminución de la atención entre los niños en edad escolar y bajo coeficiente intelectual (32% muestra nivel bajo); incremento de la violencia familiar, crecientes muestras de ansiedad y depresión, acompañados de cefaleas, disminución de la motivación y energía, llanto, desesperanza, irritabilidad, alteraciones del sueño y pérdida del apetito.

ANA. 2010, se observa que los ríos de la cuenca del Inambari y en el río Huepetuhe, los siguientes parámetros de calidad se encuentran por encima de los valores de la categoría 4, de los ECA para agua: mercurio, plomo, níquel, arsénico y cobre; asimismo el pH del río Huepetuhe tiene características ácidas (4,71) y el pH de los demás ríos mencionados se encuentra en el límite del rango bajo (6,5). Otros parámetros excedidos en casi todos los puntos fueron los coliformes termotolerantes que se encuentran ligeramente por encima del valor ECA, 2000 NMP/100 mL. Así mismo el diagnóstico refiere que las concentraciones de coliformes fecales en los ríos muestreados está se encuentran en el rango de 2000 a 8000 NMP/100 mL, ligeramente mayores al ECA para la categoría 4 (2000NMP/100 mL), siendo el río Maldonado, en la desembocadura, antes de su confluencia con el río Madre de Dios, con el aporte de los vertimientos sin tratar de la ciudad de Puerto Maldonado, el de mayor carga bacteriana (8000 NMP/100 mL). Otros ríos que presentan mayor cantidad de coliformes termotolerantes son: Inambari (6000 NMP/100 mL), Dos de Mayo (5500 NMP/100 mL) y Madre de Dios (4500 NMP/100 mL).

1.2 Revisión bibliográfica.

1.2.1 Los ríos en la amazonia.

1.2.1.1 Ríos de aguas blancas.

Los ríos que presentan este tipo de agua tienen origen en la Cordillera de los Andes. Generalmente, tienen un extenso recorrido a través de un amplio territorio de los Andes y del llano Amazónico. Presentan aguas lodosas, turbias, debidas al alto contenido de arena, arcilla y limo en suspensión, que proporcionan una coloración marrón claro a sus aguas. Asimismo, el alto contenido de material en suspensión (150 a 1900 mg/l de materia fresca) hace que los niveles de transparencia sean bajos (5 a 60 cm) con altos valores de turbidez, presentándose una pobre penetración lumínica que dificulta el desarrollo del fitoplancton. La turbidez se incrementa durante el periodo de creciente debido a las fuertes precipitaciones y a los procesos de erosión que caracteriza a este periodo. Contrariamente, durante el periodo de vaciante, la carga de material en suspensión disminuye gracias a la reducción de los niveles de precipitación y a los procesos de sedimentación, ocasionando que los niveles de transparencia sean mayores. Los ríos de agua blanca presentan alto valor de conductividad (106-384 mmhos/cm), producto del alto grado de mineralización de sus aguas, por lo que estos ambientes acuáticos reúnen mejores condiciones potenciales para la producción biológica (Arrigon, 1979). La alta conductividad de estos cuerpos de agua se debe a los sólidos en suspensión que acarrear, los cuales generan gran cantidad de iones que se disuelven en el agua. Los niveles de pH van de ligeramente ácidos a alcalinos (5 a 9.5), dependiendo del ciclo hidrológico del curso del agua. Entre los representantes de este tipo de agua se encuentran los ríos Amazonas, Ucayali, Marañón, Napo, Pastaza, Huallaga y Putumayo, entre otros (IIAP 2015).

1.2.1.2 Ríos de aguas negras

Están representados por tributarios que se originan dentro del bosque húmedo. Sus aguas son de color café oscuro, que al decir de Sioli (1968) la coloración de las aguas negras es debido a que se presentan alto contenido de sustancias húmicas y ácidos fúlvicos. Así mismo presentan poco material en suspensión, compuesto mayormente por material orgánico y detritus que permiten que estos cuerpos de agua presenten transparencia que oscilan entre 23 y 128 cm. Los niveles del pH varían entre ácido a ligeramente ácido (3.5 a 6.9), con moderados valores de conductividad. Estos cuerpos

de agua apenas superan los 100 mmhos/cm de conductividad eléctrica, lo cual indican que son pobres con relación al contenido de electrolitos y nutrientes (IIAP 2015).

1.2.2 Origen y desembocadura del río Madre de Dios.

El río Madre de Dios, cuyos tributarios nacen en zonas montañosas y colinosas del flanco oriental de la cordillera de los Andes del sur del Perú. Está formado por la unión de dos ríos que se originan en los andes del sur del Perú: el río Manu, se origina en el sector oeste del ámbito del Departamento y el río Alto Madre de Dios, que ingresa al Departamento por su sector sur. Entre sus principales afluentes tenemos a los ríos Blanco, Chillihue, Colorado, Inambari, Tambopata, Palma Real y Heath, por su margen derecha, y los ríos Los Amigos, de las Piedras y Tahuamanu (se une en territorio Boliviano), por su margen izquierda. El río Madre de Dios, También es conocido con el nombre de Amarumayo, tiene su origen en la Provincia de Paucartambo, en Cusco, este río vierte sus aguas en el Amazonas, en territorio Brasileño, donde se le conoce como río Madeira, Recibe varios afluentes que forman importantes valles de Selva Alta, como los Cosñipata. Tono, Piñipiñi y Pantiacolla. Luego de recibir las aguas del río Manu, incursiona en la Selva Baja, formando un valle poco habitado. Por su margen izquierda sus afluentes son el: Tacuatimanú o de las Piedras, que desagua frente a Puerto Maldonado, el principal puerto fluvial de Madre de Dios. Por su margen derecha: los ríos Inambari y Tambopata, que forman importantes valles de Selva Alta. En época de estiaje, la profundidad promedio de este río es aproximadamente 14m. El río Madre de Dios, tiene una longitud de 480 km aproximadamente (comprendidos, desde la unión entre el río Manu y Alto Madre de Dios hasta el límite fronterizo con Bolivia), un ancho que oscila entre 200 m y 800 m en promedio, con niveles de profundidad de 10.8 m. En época de estiaje en el sector de Laberinto, la velocidad de corriente media es de 1.21 m/s y de 1.252 m/s de velocidad máxima (ANA 2010).

1.2.3 La cuenca del río Madre de Dios

La cuenca de Madre de Dios se encuentra ubicada en la parte Sur Oriental del Perú, forma parte de las grandes cuencas del río Madeira que se une al Amazonas por la margen derecha debajo de la ciudad de Manaos. Tiene una extensión territorial de 111, 933 km² en territorio peruano, incluyendo la intercuenca Acre que pertenece del río Purús, convirtiéndola como la tercera cuenca de mayor extensión del País. La cuenca del río Madre de Dios, políticamente comprende 03 Gobiernos Regionales, para Madre de Dios el 96% se encuentra en el ámbito de la cuenca, para Puno el 32% y Cuzco el 12%. La cuenca del río Madre de Dios, administrativamente forma parte de

la XIII Autoridad Administrativa del Agua – Madre de Dios (AAA. La región Madre de Dios representa al 72% de la AAA, Puno el 20% y Cuzco el 8% (Ministerio de Agricultura, ANA 2010. *et al*).

1.2.4 Calidad de Agua

La calidad del agua superficial puede ser alterada por la turbidez, como resultado del arrastre de sedimentos o sólidos en suspensión por las precipitaciones pluviales hacia los cursos o fuentes naturales de agua. Estos procesos se pueden presentar en zonas donde se realicen actividades de movimientos de tierra y que estén cercanos a cuerpos de agua. Los movimientos de tierra que pueden generar estos procesos, se refieren a las actividades de corte, conformación de terraplenes o en los sectores donde se ejecuten estructuras de cruce de cursos de agua (puentes, pontones, alcantarillas, etc.). (ANA 2011).

Si bien en sus primeros orígenes el concepto de “Calidad de Aguas” estuvo asociado con la utilización del agua para el consumo humano, la expansión y el desarrollo de los asentamientos humanos ha diversificado y ampliado los usos y aplicaciones potenciales del agua hasta tal punto, que el significado de Calidad de Aguas ha debido ampliarse, para ajustarse a este nuevo espectro de posibilidades y significados. En la actualidad, es tan importante conocer la calidad del agua para el consumo humano, como lo puede ser para el riego de cultivos, para el uso industrial en calderas, para la fabricación de productos farmacéuticos, para la expedición de licencias ambientales, para diseñar y ejecutar programas de monitoreo en las evaluaciones ambientales, para adecuarla a las múltiples aplicaciones analíticas de los laboratorios y para regular y optimizar el funcionamiento de las plantas de tratamiento, entre muchos otros fines. En síntesis, una determinada fuente de aguas puede tener la calidad necesaria para satisfacer los requerimientos de un uso en particular y al mismo tiempo, no ser apta para otro. Puesto que no existe un tipo de agua que satisfaga los requerimientos de calidad para cualquier uso concebible ni tampoco “un criterio único de calidad para cualquier fin”, el concepto de Calidad de Aguas, se aplica siempre en relación con un uso o aplicación previamente establecida; Por lo tanto, la calidad del agua es un término variable en función del uso concreto que se vaya a hacer de ella. Para los usos más importantes y comunes del agua existen una serie de requisitos recogidos en normas específicas basados tradicionalmente en las concentraciones de diversos parámetros físico-químicos (SENAMHI, DRHRH, 2007).

Conocer la calidad microbiológica del agua es de gran importancia, dado que hay el riesgo de consumirla contaminada con bacterias patógenas, protozoarios y otros microorganismos provenientes de las heces fecales de humanos y animales desde el punto vista microbiológico, se evalúa por medio de bacterias indicadoras. Así, el grupo de bacterias coliformes se aplica como indicador general de monitoreo de calidad del agua (García, *et al*, 2014)

La calidad de diferentes tipos de agua se ha valorado a partir de variables físico-químicas y biológicas, evaluadas individualmente o en forma grupal. Los parámetros físico-químicos dan una información extensa de la naturaleza de las especies químicas del agua y sus propiedades físicas, sin aportar información de su influencia en la vida acuática; los métodos biológicos aportan esta información pero no señalan nada acerca del contaminante o los contaminantes responsables, por lo que muchos investigadores recomiendan la utilización de ambos en la evaluación del recurso hídrico (Orozco *et al.*, 2005).

1.2.5 Indicadores de Calidad de Agua

La manera de estimar la calidad del agua consiste en la definición de índices o ratios de las medidas de ciertos parámetros físicos, químicos o biológicos en la situación real y en otra situación que se considere admisible o deseable y que viene definida por ciertos estándares o criterios (García, *et al*, 2014).

1.2.5.1 Indicadores físicos.

1.2.5.1.1 Temperatura.

La temperatura óptima del agua para beber está entre los 10 y los 15°C (Echarri, 1998; Martínez-Rodríguez, 2002), es consistentemente fría y no tiene variaciones de temperatura de más de unos pocos grados. El aumento de temperatura disminuye la solubilidad de gases (como el oxígeno) y aumenta, en general, la de las sales. Aumenta la velocidad de las reacciones del metabolismo, acelerando la putrefacción (Echarri, 1998). La temperatura también afecta la percepción sensitiva de sabores y olores (Martínez Rodríguez, 2002).

La temperatura es una de las magnitudes físicas que tiene más importancia en el desarrollo de los diversos fenómenos que se realizan en el seno del agua. Determina la evolución o tendencia de sus propiedades, tanto físicas como químicas (Catalan Lafuente y Catalan Alonso, 1987)

La temperatura del agua regula en forma directa la concentración de oxígeno, la tasa metabólica de los organismos acuáticos y los procesos vitales asociados como el crecimiento, la maduración y la reproducción. El ciclo de temperatura influye marcadamente en el fitness de plantas y animales y, por extensión, determina el lugar donde se distribuyen las especies en el sistema y cómo varía la comunidad biótica del cuerpo de agua de estación en estación (Jill *et al.* 2003).

1.2.5.1.2 Conductividad eléctrica.

El agua pura tiene una conductividad eléctrica muy baja. El agua natural tiene iones en disolución y su conductividad es mayor y proporcional a la cantidad y características de esos electrolitos. Por esto se usan los valores de conductividad como índice aproximado de concentración de solutos. Como la temperatura modifica la conductividad las medidas se deben hacer a 20°C (Echarri, 1998).

La conductividad del agua es una expresión numérica de su habilidad para transportar una corriente eléctrica, depende de la concentración de sustancias disueltas ionizadas en el agua y la Temperatura a la cual se haga la determinación. Este factor está íntimamente relacionado con la suma de los cationes o aniones determinados químicamente y constituye un parámetro básico de la evaluación de aptitud de aguas superficiales (Medina Pineda, 2002)

1.2.5.1.3 Turbidez.

Es el “nublamiento” ocasionado por la presencia de material suspendido. Algunos materiales que dan al agua esta apariencia son: barro, arena, material orgánico finamente dividido, plancton y otros materiales inorgánicos (Martínez Rodríguez, 2002).

La turbidez es la expresión de la propiedad óptica de la muestra que causa que los rayos de luz sean dispersados y absorbidos en lugar de ser transmitidos en línea recta a través de la muestra. La turbidez en el agua puede ser causada por la presencia de partículas suspendidas y disueltas de gases, líquidos y sólidos tanto orgánicos como inorgánicos, con un ámbito de tamaños desde el coloidal hasta partículas macroscópicas, dependiendo del grado de turbulencia. En lagos la turbiedad es debida a dispersiones extremadamente finas y coloidales, en los ríos, es debido a dispersiones normales (APHA *et al.* 1999).

1.2.6.2 Indicadores Químicos.

1.2.6.2.1 Potencial de Hidrogeno (pH).

Es una expresión del carácter ácido o básico del agua u otra sustancia líquida, determinada por el número de iones hidrógeno presente. Su importancia radica dependiendo del valor de pH puede limitar la posibilidad de vida acuática y muchos usos del agua. Lo mejor es que el pH sea determinado in situ. El método de medición usado es el electrométrico debido a su facilidad y exactitud (Senamhi, 2007).

El pH es una medida utilizada para evaluar la acidez o la alcalinidad de una solución. Ácido es toda sustancia que en solución acuosa libera protones. Las sustancias alcalinas aportan el ion hidroxilo (OH⁻) al medio. Por tanto, el pH es una medida de la acidez de una solución que depende de la concentración de H⁺ (Basaez 2009).

1.2.6.2.2 Oxígeno Disuelto (OD).

Es el oxígeno que se encuentra disuelto en el agua, proveniente principalmente del oxígeno absorbido de la atmósfera por el movimiento constante del agua como los oleajes, saltos y rápidos. Otra fuente de oxígeno disuelto es la fotosíntesis del fitoplancton, las algas y las plantas acuáticas (eliminan dióxido de carbono y lo reemplazan con oxígeno). La importancia del oxígeno en el agua es vital para la vida acuática (peces, plantas, bacterias aerobias, etc.), por ello la falta del mismo es dañina para ella. Así mismo, la falta de oxígeno disuelto es un indicador de contaminación que puede estar en función de la presencia de plantas acuáticas, materia orgánica oxidable, de organismos y de gérmenes aerobios, existencias de grasas, de hidrocarburos, de detergentes, etc. (Senamhi, 2007).

El oxígeno disuelto es un parámetro crítico para caracterizar la salud de un sistema acuático. Esta es una medida del oxígeno disuelto en el agua el cual es aprovechable para los peces y otros organismos acuáticos. El contenido de OD resulta de las actividades fotosintéticas y respiratorias de la flora y fauna en el sistema, y la mezcla de oxígeno atmosférico con aguas a través del viento y la acción de la corriente del arroyo (Moun y Moulton 1991).

Este parámetro es esencial para el mantenimiento de lagos y ríos saludables, pues la presencia de oxígeno es una señal positiva, mientras que la ausencia indica una fuerte contaminación (Mitchell et al. 1991). Es muy importante para mantener la vida acuática en los cuerpos de agua (Malina, 1996). Disminuciones repentinas o graduales en el oxígeno disuelto pueden ocasionar cambios bruscos en el tipo de organismos

acuáticos, por ejemplo insectos acuáticos sensibles a un nivel bajo de oxígeno disuelto, pueden ser reducidas sus poblaciones (Mitchell *et al.* 1991).

1.2.6.2.3. Los Nitratos

El nitrato es un compuesto inorgánico formado por un átomo de nitrógeno (N) y tres átomos de oxígeno (O); el símbolo químico del nitrato es NO₃. La existencia de estos en aguas superficiales no contaminadas y sin aporte de aguas industriales y comunales, se debe a la descomposición de materia orgánica (tanto vegetal como animal) y al aporte de agua de lluvia (0,4 y 8 ppm). Los fertilizantes nitrogenados no absorbidos por las plantas, volatilizados, o arrastrados por la escorrentía superficial acaban en las aguas en forma de nitratos. Esto hace que el nitrógeno no esté disponible para las plantas, y puede también elevar la concentración en aguas por encima de los niveles admisibles de calidad del agua potable. El nitrógeno procedente del estiércol o de los abonos puede perderse de manera similar de los prados, corrales, o lugares de almacenamiento (LENNTECH 2009).

Los principales problemas medioambientales asociados a la contaminación por nitrógeno inorgánico en los ecosistemas acuáticos son:

12. Acidificación de ríos y lagos con baja o reducida alcalinidad.
 13. Eutrofización de las aguas dulces y marinas (con el problema adicional de las algas tóxicas).
 14. Toxicidad directa de los compuestos nitrogenados para los animales acuáticos.
- Además, la contaminación por nitrógeno inorgánico podría inducir efectos perjudiciales sobre la salud humana (Camargo y Alonso 2007)

1.2.6.2.4. Los Fosfatos.

Los fosfatos son las sales o los ésteres del ácido fosfórico. Tienen en común un átomo de fósforo rodeado por cuatro átomos de oxígeno en forma tetraédrica. Los fosfatos secundarios y terciarios son insolubles en agua, a excepción de los de sodio, potasio y amonio. Los fosfatos existen en forma disuelta, coloidal o sólida (Pütz 2009).

Los compuestos del fósforo son nutrientes de las plantas y conducen al crecimiento de algas en las aguas superficiales. Dependiendo de la concentración de fosfato existente en el agua, puede producirse la eutrofización. Tan sólo 1 g de fosfato-fósforo (PO₄-P) provoca el crecimiento de hasta 100 g de algas. Cuando estas algas mueren, los procesos de descomposición dan como resultado una demanda de oxígeno de alrededor de 150 g. Las concentraciones críticas para una eutrofización incipiente se

encuentran entre 0,1-0,2 mg/l PO₄-P en el agua corriente y entre 0,005-0,01 mg/ PO₄-P en aguas tranquilas (Pütz 2009).

1.2.6.2.5. Aceites y grasas.

El contenido de grasas y aceites en los residuos domésticos, en algunos residuos industriales y en los lodos se debe considerar para su manipulación y tratamiento hasta la disposición final. Al aceite y la grasa se les concede especial atención por su escasa solubilidad en el agua y su tendencia a separarse de la fase acuosa. A pesar de que estas características son una ventaja para facilitar la separación del aceite y la grasa mediante el uso de sistemas de flotación, su presencia complica el transporte de los residuos por las tuberías, su eliminación en unidades de tratamiento biológico y su disposición en las aguas receptoras (Barba Ho, L. E, 2002)

Los aceites y grasas son compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal, además de hidrocarburos de alta densidad suelen encontrarse flotando sobre ésta. Los valores registrados de Aceites y Grasas en los puntos evaluados fueron menores al límite de detección del método de laboratorio empleado (0,5 mg/L), los cuales sugieren el cumplimiento con las características establecidas en los ECA-Categoría 4: Ausencia de película visible. (Gasoducto sur peruano (Walsh, 2015)

1.2.7.3 Indicadores biológicos.

En general, todo organismo es indicador de las condiciones del medio en que se desarrolla, ya que de cualquier forma su existencia en un espacio y momentos determinados responden a su capacidad de adaptarse a los distintos factores ambientales. Sin embargo, en términos más estrictos, un indicador biológico acuático se ha considerado como aquella cuya presencia y abundancia señalan algún proceso o estado del sistema en el cual habita. Los indicadores biológicos se han asociado directamente con la calidad del agua más que con procesos ecológicos o con su distribución geográfica. Es pertinente aclarar que más que a un organismo, el indicador biológico se refiere a la población de individuos de la especie indicadora, y en el mejor de los casos al conjunto de especies que conforman una comunidad indicadora (Arce Omar, 2006)

El concepto de organismo indicador se refiere a especies seleccionadas por su sensibilidad o tolerancia (normalmente es la sensibilidad) a varios parámetros.

Usualmente los biólogos emplean bioindicadores de contaminación debido a su especificidad y fácil monitoreo (Washington, 1984).

Según Odum, 1972, define a los organismos indicadores como la presencia de una especie en particular, que demuestra la existencia de ciertas condiciones en el medio, mientras que su ausencia es la consecuencia de la alteración de tales condiciones.

Según De la Lanza *et al* 2000, La presencia de bacterias coliformes son un indicador de contaminación fecal por descarga reciente de desechos, a largo plazo son indicadores de la efectividad de programas de control. Las ventajas que presenta el uso de bacterias como indicadores de acuerdo con el muestreo de este grupo asimismo tiene una metodología bien desarrollada y da respuesta rápida a cambios ambientales tales como la contaminación, básicamente por descargas domésticas y municipales.

1.2.7.4 Indicadores microbiológicos en la columna de agua.

El agua, alimento esencial para los animales incluido el hombre, frecuentemente actúa como vehículo de transmisión de microorganismos entéricos. La materia fecal puede accidentalmente alcanzar una fuente de abastecimiento, siendo la forma más común el ingreso a través de los sistemas de pozo ciego a napas profundas, (Apella y Araujo, 2005)

El Código Alimentario Argentino (CAA), la Organización Mundial de la Salud (OMS) en sus Guías para la calidad del agua potable, la Directiva 98/83/CE1 y otras normas internacionales, establecen o recomiendan requisitos de calidad para el agua de consumo humano. En general, la normativa establece que el agua es apta bacteriológicamente para consumo si se encuentra exenta de microorganismos patógenos de origen entérico y parasitario intestinal. Ellos transmiten enfermedades tales como salmonelosis (*Salmonella*), shigelosis (*Shigella*), colera (*Vibrio Cholerae*), amebiasis (*Entamoeba histolytica*), alteraciones gastrointestinales (*Aeromonas mesófilas*, *Helicobacter pylori*, *Campylobacter*); giardiasis (*Giardia lamblia*), criptosporidiosis (*Cryptosporidium*), esquistosomiasis (*Schistosoma*), desórdenes hepáticos (virus de hepatitis) (Apella y Araujo, 2005).

Las bacterias son microorganismos unicelulares que se reproducen por fisión binaria, conocida también como bipartición. Su tamaño, por lo general es menor que el de una célula eucariota típica (por ej. *Escherichia coli* 0,5 × 2 µm). Sin embargo, existe un amplio rango de tamaños según las especies que puede variar desde 0,2 µm de

diámetro como en el caso de los micoplasmas hasta 40 µm como en la *Beggiatoa gigantea* (Apella y Araujo, 2005).

1.2.7.4.1 Coliformes Termotolerantes en Agua

Las bacterias coliformes fecales forman parte del total del grupo coliforme. Son definidas como bacilos gram-negativos, no esporulados que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas a 44.5 °C +/- 0.2 °C dentro de las 24 +/- 2 horas. La mayor especie en el grupo de coliforme fecal es el *Escherichia coli*. La presencia de coliformes en el suministro de agua es un indicio de que el suministro de agua puede estar contaminado con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición. Generalmente, las bacterias coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo (CEPIS, 1987).

Químicamente es un bacilo gramnegativo no esporulado, que puede desarrollarse en presencia de sales biliares u otros agentes tensoactivos con similares propiedades de inhibición de crecimiento, no tienen citocromo oxidasa y fermentan la lactosa con producción de ácido, gas y aldehído a temperaturas de 44 o 44,5 °C, en un periodo de 24 a 48 horas. También se les designa como Coliformes termo-resistentes o termotolerantes (MINAE 2003).

1.2.7.4.2 Coliformes Fecales en Agua.

Estos organismos se asocian al aparato digestivo de los animales superiores y su presencia en un medio natural, indica la actividad de un animal silvestre o en nuestro caso un vertido de agua negra excedente de la actividad doméstica. El consumo o uso recreativo de un cuerpo de agua contaminado puede generar enfermedades debido a la ingesta de agua sin potabilizar o accidental en el caso de los bañistas. Estos índices se encuentran reglados en el Perú (DECRETO SUPREMO N° 002-2008-MINAM). (Araujo Flores, 2013).

Indicador biológico de la descarga de materia orgánica. Su presencia es evidencia de contaminación fecal, los cuales tienen su origen en las excretas de animales de sangre caliente. La mayoría de estos organismos son anaeróbicos y facultativos, pero otros dependen del oxígeno disuelto para realizar procesos de metabolización. Aunque no es posible distinguir entre coliformes de origen humano o animal, existen ensayos para diferenciar entre coliformes totales, que incluyen los de animales y suelo y coliformes fecales, que incluyen únicamente los humanos (Bartrám y Ballance 1996).

Según Liebes (1992) los valores de CF están asociados con la gran cantidad de materia orgánica generada por el aporte constante de desechos domésticos, se conoce además que los aportes de agua dulce permiten que algunas poblaciones microbianas que soportan cambios drásticos de temperatura y salinidad se acumulen por más tiempo en el material sedimentario.

1.2.8 Índice de Calidad de Agua.

El índice de calidad de agua (ICA) es un método muy útil y eficiente para evaluar la idoneidad de la calidad del agua; así mismo es una herramienta muy útil para la comunicación de la información sobre la calidad general del agua a los ciudadanos y la política en cuestión (Kumari, Vineeta, *et al* 2015).

El índice de calidad de agua (ICA) ha surgido como una forma fundamental para transmitir información de la calidad del agua a los responsables políticos y el público en general y se utiliza regularmente en US EPA análisis de impacto normativo. Es un indicador compuesto que agrega información de varios parámetros de calidad del agua (Walsh, Patrick, *et al* 2012).

El uso de los índices de calidad de agua (ICA) simplifica la presentación de los resultados de una investigación relacionada con un cuerpo de agua, ya que se resume en un solo valor o concepto de una serie de parámetros analizados. De esta manera, los índices son muy útiles para transmitir información sobre la calidad del agua para el público en general, dando una buena idea de la tendencia evolución de la calidad del agua para evolucionar durante un período de tiempo, además de permitir la comparación entre diferentes cursos de agua o diferentes ubicaciones a lo largo del mismo curso (Abrahão, Raphael, *et al.* 2007).

1.2.9 Contaminación de aguas superficiales por metales pesados.

En la actualidad se estima en más de un millón de sustancias diferentes las que son introducidas en las aguas naturales a través de los vertidos antropógenicos (Forstner *et al*, 1993). Sin embargo muchas de ellas no son consideradas tóxicas, si bien pueden alterar las características organolépticas del agua, perturbar severamente el ecosistema y/o ser directamente nocivas para el hombre (Rosas Rodríguez, H. 2011).

Los problemas de contaminación de la aguas tienen su origen en la Revolución Industrial, hace aproximadamente unos 200 años y con un rápido aumento de la población mundial (Dekov *et al*, 1998).

Los cursos de agua han sido desde tiempos inmemoriales los receptores, directos o indirectos de los desechos líquidos que el hombre ha generado debido a su propia actividad. En un principio, eran capaces de soportar las cargas contaminantes que a los ríos se vertían merced a su carácter autodepurador. Posteriormente, al crearse grandes asentamientos urbanos, se incrementó notablemente la cuantía de los vertidos. En consecuencia, los cursos fluviales perdieron su capacidad autodepuradora y se produjeron graves alteraciones en la calidad de sus aguas, con los subsiguientes peligros para la salud de las poblaciones situadas aguas abajo. Este riesgo se debía principalmente a que la carga orgánica transportada podría servir de vehículo para la aparición de enfermedades infecciosas y por tanto, para la aparición de epidemias (Rosas Rodríguez, *et al.* 2011).

El impacto sufrido en un cuerpo de agua por los metales descargados, teóricamente puede medirse en el agua, así como en las partículas suspendidas y en los sedimentos. Sin embargo, en la práctica se observa, que el análisis del agua da un cuadro poco claro del grado de la contaminación del cuerpo de agua; factores como cambios del caudal, diferente ponderación de las zonas o emisiones locales, causan variaciones temporales muy fuertes en los valores de contaminación (Romero *et al.* 2010)

1.2.9.1 Importancia del análisis de los metales pesados en agua

Los estudios de calidad de las cuencas hidrográficas han adquirido gran interés en las últimas décadas, dado el incremento de población en sus riberas, el creciente grado de industrialización y los aportes del sector primario que se presentan. La importancia que tiene el estudio de metales pesados en aguas y sedimentos está dada por sus características: elevada toxicidad, alta persistencia y rápida acumulación por los organismos vivos (Rosas Rodríguez, *et al.* 2001).

La investigación de la presencia de metales pesados en determinadas zonas, permite conocer las rutas de contaminantes y su interacción con otras sustancias presentes (Griet Eeckhout, 2006).

El aporte de información contribuye al diagnóstico de cada cuenca y por consiguiente a facilitar la toma de decisiones en proyectos posteriores, sobre todo en decisiones de carácter gubernamental (Rosas Rodríguez, 2001).

1. 2.10 Contaminación de sedimentos por metales pesados.

Las actividades humanas producen diferentes tipos de vertidos que incrementan la concentración de metales pesados en los sedimentos fluviales. Según su forma de asociación, los metales son susceptibles o no de solubilizarse durante las modificaciones físico-químicas estacionales (estiaje, crecida, etc.). La desoxidación de las capas profundas durante el verano, ocasiona la reducción química de los óxidos asociados a la fase sólida, produciendo así, la disminución de la concentración de Fe y Mn en el sedimento. La reducción de estos dos metales pueden ocasionar la solubilización de ciertos metales adsorbidos en el sedimento como el Zn, Cr y Ni (El Falaki *et al*, 1994).

Los sedimentos pueden actuar como portadores y posibles fuentes de contaminación porque los metales pesados no se quedan permanentemente y pueden ser liberados a las columnas del agua por cambios en las condiciones ambientales tales como pH, potencial redox, oxígeno disuelto o la presencia de quelatos orgánicos (Forstner, *et al* 1989). Por otra parte, numerosos estudios han demostrado el poder quelante del EDTA, que disuelve metales de los sedimentos incorporándolos a las columnas del agua (Frimmel *et al*, 1989). Otra posibilidad es que la presencia de ciertos componentes de las formulaciones detergentes como son los tensoactivos, agentes blanqueadores, estabilizantes, entre otros, participen en la movilización de los metales pesados (Wieiner, 1984). Por tanto el análisis de metales pesados en sedimentos nos permite detectar la contaminación que puede escapar al análisis del agua y también proporciona información acerca de las zonas críticas del sistema acuático (Forstner, *et al*, 1980). En consecuencia, el estudio en la fracción biodisponible o móvil de metales ligados a sedimentos es más importante que la concentración total del metal en la corriente fluvial.

1.2.10.1 Importancia del análisis de los metales pesados en sedimentos

El análisis de metales pesados en sedimentos de río permite detectar la contaminación que puede escapar al análisis de las aguas y también proporciona información acerca de las zonas críticas del sistema acuático (Belkin y Sparck, 1993; Chen *et al.*, 1996).

El estudio de la fracción biodisponible o móvil de metales ligados a sedimentos es más importante que la concentración total del metal en las corrientes fluviales (Chen *et al.* 1996).

Se puede realizar dos tipos de determinaciones: 1) La concentración total de metales, que proporciona una evaluación del nivel de contaminación y, 2) La especiación o el estudio de las diferentes formas químicas en las que se encuentra el metal, ésta proporciona información respecto a la biodisponibilidad en determinadas condiciones medioambientales (Chen *et al.* 1996).

Es posible esperar que los metales en los sedimentos estén distribuidos siguiendo un patrón que es consistente con los procesos dinámicos locales (circulación, fuentes puntuales de entrada y áreas de sedimentación) (Ahumada y Contreras, 2002).

Para entender el comportamiento químico y biodisponibilidad de metales en los sedimentos y caracterizar su composición elemental, es decir, los sedimentos bajo cambios en las condiciones ambientales, es de gran utilidad determinar las diversas formas químicas en que se encuentran; así como el tipo de sustrato al que se hallan asociados los cationes metálicos en los sedimentos (Usero, *et al.* 1997).

1.2.11 Los Metales Pesados en los Sistemas Biológicos

1.2.11.1 Metales

Se consideran metales a un grupo de 70 elementos, que poseen características comunes como el estado sólido en que se encuentran a excepción del Mercurio; además de sus puntos de fusión y ebullición elevados, solubilidad en agua, aspecto brillante, capacidad para generar sonidos, son maleables, termo y electroconductores; además poseen la capacidad de generar óxidos de naturaleza básica. Los metales se han dividido según su densidad en metales ligeros, ultraligeros y metales pesados, a estos últimos pertenecen aquellos elementos cuya densidad es igual o superior a 5 g/cm³ (Tirado Amador L. R, Martínez González F. 2015).

1.2.11.2 Los metales pesados

A este grupo de metales pertenecen aquellos cuya densidad en forma elemental es igual o superior a 5 g/cm³ o que poseen un número atómico mayor a 20 (excluyendo a los metales alcalinos y alcalinotérreos). La presencia de estos elementos en la corteza terrestre no supera el 0,1%. Los metales pesados se han agrupado en Oligoelementos o Micronutrientes; también denominados en ocasiones elementos traza, los cuales son necesarios en pequeñas cantidades para el organismo, ya que intervienen en algunas funciones bioquímicas, estos incluyen Arsénico (As), Boro (B), Cobalto (Co), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Molibdeno (Mo), Manganeseo (Mn), Níquel (Ni), Selenio (Se) y Zinc (Zn). El otro grupo incluye elementos cuya función biológica es desconocida y son

altamente tóxicos, aunque algunos de estos pueden estar presentes en los seres vivos, a estos pertenecen el Bario (Ba), Cadmio (Cd), Mercurio (Hg), Plomo (Pb), Antimonio (Sb), Bismuto (Bi). (Tirado Amador L. R, Martínez González F. 2015).

Se definen como "metales pesados" aquellos elementos químicos que presentan una densidad igual o superior a 5 g cm⁻³ cuando están en forma elemental, o cuyo número atómico es superior a 20 (excluyendo a los metales alcalinos y alcalinotérreos) (Navarro A, *et al.* 2007).

Desde el comienzo de la era industrial, los metales han penetrado lentamente en el ambiente, ocasionando que se acumulen progresivamente en suelos, sedimentos y aguas superficiales. Constituyen el 75% de los elementos conocidos, están caracterizados por ser buenos conductores del calor y la electricidad, poseen alta densidad, y son sólidos en temperaturas normales (excepto el mercurio). Pueden formar aleaciones entre sí y son ampliamente utilizados, por ejemplo, en la fabricación de coches, computadoras, la construcción de autopistas, puentes, etc., así como en la producción de electrodomésticos, y material de laboratorio. Se encuentran en forma de elementos nativos (mineral, geológico) o son producto de actividades antropogénicas (fungicidas, minería y fundición, industrias plásticas, y deshechos) (Griet Eeckhout, 2006).

1.2.11.2.1 Cromo (Cr).

En condiciones naturales el cromo se presenta casi siempre en forma de trivalente y prácticamente todo el hexavalente que existe es generado por las actividades humanas. El cromo en medio ácido se encuentra como ion dicromato el cual posee una gran capacidad oxidante. No obstante, el ion dicromato solo es estable en medios ácidos, al pH al que se encuentran las aguas naturales, la especie predominante es el cromato, cuya capacidad oxidante es menor (Domenech, 1995)

1.2.11.2.2 Manganeso (Mn).

Las concentraciones elevadas de manganeso pueden acelerar el crecimiento biológico de ciertas bacterias del género *Sphaerotilus* y *Leptothrix* en los sistemas de distribución y contribuir a los problemas de sabor y olor en el agua, así mismo aumentan la demanda de cloro u otros oxidantes aplicados en la desinfección. La presencia de hierro también origina incrustaciones duras - más de 5 ppm pueden ser tóxicas para las plantas y más de 0.5 ppm son nocivas o molestas-(Custodio y Llamas 1996, Madigan 2004).

1.2.11.2.3 Hierro (Fe).

El 4.7% de la corteza terrestre está compuesta de hierro (Alonso et al. 2004). La concentración de hierro en mantos acuíferos puede variar de 1 µg/L a 2 mg/L y puede tener su origen en minerales ferrosos de rocas y suelos; en cambio el manganeso se encuentra abundantemente en rocas metamórficas, sedimentarias y en una cantidad muy pequeña de rocas ígneas (Valdivia, 1997).

Piña y Ramírez (2001) reportan que en México y en el mundo gran parte de las fuentes de abastecimiento de agua subterránea se ven afectadas por la presencia de hierro (Fe) y manganeso (Mn), los cuales se encuentran en forma soluble, que al oxidarse, ya sea al momento de la cloración o con el oxígeno del aire, se precipitan generando un color oscuro que provoca un rechazo de los consumidores, manchan la ropa, obstruyen tuberías, accesorios y bombas

1.2.11.2.4 Cobre (Cu).

El cobre fue uno de los primeros metales utilizados por los seres humanos, su uso se remonta aproximadamente hacia el 5000 aC en la región del Egeo, donde fue empleado para la creación de objetos de arte valiosos. La exposición de los seres humanos al cobre se debe principalmente al consumo de alimentos y agua potable, la ingesta de cobre en relación a los alimentos y agua dependerá de la ubicación geográfica; generalmente, cerca de 20-25% de la ingesta de cobre proviene de agua potable (Tirado Amador L. R, Martínez González F. 2015).

1.2.11.2.5 Zinc (Zn).

Este metal se aprecia como un elemento sólido de color gris a temperatura ambiente, es dúctil y maleable. Biológicamente el Zinc constituye un oligoelemento fundamental para la conformación y funcionamiento del Ácido Desoxirribonucleico (ADN), enzimas, coenzimas y hormonas. Algunos autores como Florea han reportado que el Zn se absorbe rápidamente y casi un 90% es almacenado, por lo tanto la cantidad de Zn disponible en sangre puede variar con respecto a la cantidad real que hay en el organismo. Los sitios de depósito suelen ser el músculo esquelético, encéfalo, pulmones y corazón. La concentración varía muy poco con respecto a la ingesta de Zn pero en el estudio de muestras biológicas como sangre o cabello, las concentraciones varían en función de la cantidad ingerida (Tirado Amador L. R, Martínez González F. 2015).

1.2.11.2.6 Arsénico (As).

El arsénico es un metal integrante de minerales metálicos y sulfuros de otros metales, como el Cu, Co, Pb y Zc, entre otros. Numerosos compuestos de arsénico son solubles en agua, especialmente en forma de As 3+ y As 5+ y complejos orgánicos (Adriano, 1986). Este elemento químico en mayor proporción proviene de la industria química, minería, agricultura (insecticidas arsenicales), productos farmacéuticos, de las fundiciones de metales no ferrosos y de la combustión de carbón mineral (Marín, 1996).

1.2.11.2.7 Cadmio (Cd).

Este metal se encuentra en la tierra en cantidad aproximada a 0.1 ppm y no se encuentra aislado de manera natural, ya que su disposición química como catión divalente genera que se encuentre asociado a otros compuestos [40]. Es utilizado ampliamente en la industria para la elaboración de pantallas de televisores, baterías, cigarrillos, soldaduras entre muchas otras funciones. El Cadmio puede estar en contacto con el ser humano por medio de una exposición directa o por ingesta de algunas comidas, consumo de agua contaminada o por inhalación (Tirado Amador L. R, Martínez González F. 2015).

1.2.11.2.8 Mercurio (Hg).

El Mercurio es un metal noble de color plateado que a temperatura ambiente se encuentra en estado líquido y soluble únicamente en soluciones oxidantes. Este metal puede formar soluciones llamadas amalgamas con otros elementos como, Oro, Plata, Platino, Uranio, Cobre, Plomo, Sodio y Potasio. Tanto el Mercurio como sus compuestos son muy tóxicos, por eso y pese a que se ha utilizado desde siglos atrás en aplicaciones de medicina y odontología, existe la conjetura de que ciertas enfermedades pueden ser ocasionadas por la exposición indiscriminada a ciertos contaminantes que provocan aumento de los niveles de Mercurio. Por lo que se ha propagado la inquietud e incertidumbre pública sobre los posibles efectos indeseables asociados a las altas dosis de Mercurio. Existe gran variedad de fuentes ambientales de Mercurio a las cuales se puede estar expuesto, incluidas los desechos de las minas, efluentes industriales, agua de drenaje agrícola, embalses y la deposición atmosférica de generación de energía eléctrica. Otra fuente de exposición es la dieta, tras consumir peces contaminados por Metil-Mercurio o exposición a Mercurio inorgánico (Hg elemental) en el medio bucal gracias a la presencia de restauraciones de uso odontológico (Tirado Amador L. R, Martínez González F. 2015).

1.2.11.2.9 Plomo (Pb).

El Plomo es un metal flexible, inelástico y altamente tóxico para el ser humano, su punto de fusión de 328 °C y un punto de ebullición 1.740 °C, es de importancia resaltar, que a partir de los 600 °C desprende abundantes vapores, entonces este metal puede ser inhalado en forma de vapores, polvo fino ambiental o de humo. La presencia de Pb en nuestro organismo se relaciona con contaminación ambiental, algunas de las fuentes de emisión y exposición a éste elemento son los combustibles, restos de pinturas que se raspan y que pueden contaminar el suelo convirtiendo esta situación en un peligro permanente, debido a que el Pb en el suelo no se degrada ni se puede retirar fácilmente; también cañerías de agua cuyas tuberías o tanques incluyen en su constitución plomo baterías, juguetes, artículos escolares, cerámicos, lacas, tintas, imprentas y diversas actividades industriales (Amador L. R, *et al.* 2015).

1.2.12 Ecosistemas Acuáticos

La Amazonía es la mayor reserva de agua dulce del mundo, en la cual, los numerosos cuerpos de agua que forman parte de ella, albergan una gran riqueza biológica, que sirve de fuente de recursos para la población. Las comunidades biológicas acuáticas cumplen diversas funciones en ecosistemas acuáticos (ríos, quebradas, lagunas, lagos, aguajales, pantanos y zonas inundables) como fijadores de energía, degradadores de materia orgánica, removedores de sedimento y controladores biológicos, entre otras; por esta razón, sus ciclos reproductivos, hábitos alimenticios, patrones de distribución y abundancia se encuentran estrechamente ligados a la dinámica natural y características del medio acuático. (MINEM, 2015).

La toxicidad de los metales pesados en los sistemas acuáticos están condicionadas de forma importante a su vez por el grado de bioacumulación y por los mecanismos de defensa que esgriman los organismos frente a los metales y la acción que la propia biota puede ejercer sobre su especiación química (Viarengo, 1985).

Sus efectos tóxicos de los metales pesados no se detectan fácilmente a corto plazo, aunque sí puede haber una incidencia muy importante a medio y largo plazo; los metales son difíciles de eliminar del medio, puesto que los propios organismos los incorporan a sus tejidos y de estos a sus depredadores, en los que se acaban manifestando; la toxicidad de estos metales pesados es proporcional a la facilidad de ser absorbidos por los seres vivos, un metal disuelto en forma iónica puede absorberse más fácilmente que estando en forma elemental, y se esta se halla reducida finalmente

aumentan las posibilidades de su oxidación y retención por los diversos organismos que lo habitan el sistema acuático (Rosas Rodríguez, H. 2011).

1.2.12.1 Vías de Ingreso de los Metales pesados a los Sistemas Acuáticos.

Los metales tienen tres vías principales de entrada en el medio acuático: La vía atmosférica, que se produce debido a la sedimentación de partículas emitidas a la atmósfera por procesos naturales o antropogénicos (principalmente combustión de combustibles fósiles y procesos de fundición de metales; La vía terrestre, producto de filtraciones de vertidos, de la escorrentía superficial de terrenos contaminados (minas, utilización de lodos como abono, lixiviación de residuos sólidos, precipitación atmosférica, etc.) y otras causas naturales; La vía directa, de entrada de metales es a consecuencia de los vertidos directos de aguas residuales industriales y urbanas a los cauces fluviales (Rosas Rodríguez, H. 2011).

En los sistemas acuáticos continentales (ríos, lagos, embalses, etc.) los metales pesados son introducidos como resultado de la acción de procesos naturales y antropogénicos (Forstner, 1981).

En el humano las tres principales vías de entrada al cuerpo son: la inhalatoria ya sea en forma de partículas (gas o vapor) en forma elemental o como combinaciones inorgánicas u orgánicas, la dérmica a través de la piel y la oral cuando se ingiere bebidas o alimentos contaminados. Por lo mencionado es necesario contar con información actualizada sobre los contaminantes metálicos en el medio ambiente y los mecanismos que ocurren en los sistemas biológicos y que factores pueden afectar la absorción y acumulación de estos metales en el suelo y plantas y por consiguiente en los alimentos los cuales son utilizados por el hombre y animales, siendo una fuente de exposición a estos contaminantes metálicos (Mejía Domínguez, Cecilia. 2011).

1.2.12.2 Efectos de los metales pesados en los sistemas biológicos.

En zonas donde existe dragado constante el crecimiento de los peces es seriamente afectado, porque la excesiva turbidez disminuye la disponibilidad de oxígeno y alimento, y también la resistencia a enfermedades, porque los peces reaccionan a la excesiva carga de sólidos en suspensión produciendo mucus, y éste atrae hongos y bacterias. La excesiva carga de sedimentos también puede dañar las branquias de los peces por abrasión (hiperplasia) y pueden morir por asfixia (Clark, 1995), citado por (MINAM, 211); Así mismo indican que en cursos de aguas rápidas como los de Madre de Dios, el dragado y la consiguiente sedimentación eliminan lugares de refugio y abrigo claves para los peces –como troncos sumergidos y pequeños huecos-, al

uniformizar el cauce del río. Todo esto impulsa a los peces a emigrar de la zona (MINAM, 2011).

A pesar de los esfuerzos y avances científicos la exposición de los humanos a metales tóxicos continúa; Estos constituyen un riesgo para la salud pública principalmente en países en vías de desarrollo. El plomo, cadmio y talio son metales que se encuentran en el aire y agua como contaminantes ambientales y se asocian con múltiples efectos adversos en la salud; siendo varios los órganos y sistemas que se ven afectados por los metales tales como: riñón, pulmón, hígado sistema gastrointestinal y hematopoyético, pero principalmente el sistema nervioso central y periférico. La severidad y el daño de estos metales dependen del tiempo, nivel de exposición, susceptibilidad de la persona y además de la ruta por la cual el metal sea absorbido. Una variedad de mecanismos han sido atribuidos a la toxicidad de los metales pesados, pero con frecuencia están relacionados con la generación de radicales libres y disminución en el funcionamiento de enzimas antioxidantes ocasionando un incremento en el estrés oxidativo celular (Nava Ruiz, C y Méndez Armeta, M. 2011).

1.2.12.2.1 Efectos de los metales pesados en el bentos (Macroinvertebrados)

Los macroinvertebrados bentónicos pueden estar directa y/o indirectamente afectados por metales pesados en el agua y el sustrato reduciéndose su diversidad y abundancia, alterando la red trófica y el ciclo de nutrientes e incluso alterando las condiciones físicas del hábitat (Gerhart 1995).

Los principales contaminantes son aguas ácidas, desechos sólidos, efluentes de ingenios de beneficio compuesto por partículas sólidas (enriquecido en metales pesados), fluidos con altos contenidos de metales pesados y compuestos orgánicos tóxicos (cianuros); todos estos residuos provienen de excavaciones subterráneas del cerro rico de Potosí que van a parar a las cuencas menores del río Pilcomayo como las de Mataka, Tumusla, Tarapaya y otros (Castro y Puch. 1998).

En términos generales se puede decir que los macroinvertebrados bentónicos cambian su estructura y funcionamiento al modificarse las condiciones ambientales de sus hábitats naturales, principalmente la calidad de agua, los cuales son afectados por la acción de factores antropogénicos como son los cambios en el uso de la tierra, la transformación del paisaje, la contaminación, la sobreexplotación de sus recursos, la ocupación de las planicies de inundación, los cambios de cursos, la derivación de canales para usos agropecuarios, entre otros. Cuya condición se ve reflejada en el

estado ecológico del cuerpo de agua y la diversidad de macroinvertebrados bentónicos (Llano Castillo, 2012).

La importancia de estudiar las concentraciones de los metales pesados en la comunidad bentónica, se debe a que estos son muy movilizados por el hombre y potencialmente tóxicos para los organismos acuáticos. Los organismos expuestos a estos contaminantes, pueden acumular los metales en sus tejidos a concentraciones más altas que las que normalmente se encuentran en el ambiente y alguno de estos son consumidos por el hombre dado su valor comercial (Páez, *et al.* 2001).

1.2.12.2.2 Efectos de los metales pesados en el necton.

El necton (organismos que son capaces de moverse en el agua por ellos mismos) limnético consta casi exclusivamente de peces. La mayoría de estos, son los mismos que se encuentran en la zona litoral. Dentro del Necton destacan los Peces, que son el último eslabón de las cadenas tróficas de ríos y lagos (CONAMA s.f.).

Una de las causas fundamentales en la contaminación de las aguas y que provocan efectos e impactos en las poblaciones de los peces, aun cuando pudieran ser considerados como posibles bioacumuladores naturales, es la presencia de metales pesados los cuales entran a los organismos desde el agua, a través de las branquias y son acumulados (Hopkins, 2003).

Algunos metales como el cobre son esenciales para la vida de los vertebrados incluyendo los peces, ya que interviene en la realización del metabolismo del tejido conectivo, desarrollo óseo y función nerviosa. Las concentraciones de cobre por encima de su valor umbral en las aguas que puedan ser bioasimiladas, afectan estructuras como la masa perivisceral, apareciendo mesoteliomas asociados a las cápsulas del mesentérico del bazo, así como atados a su propia grasa. Estos neoplasmas varían en tamaño y color pudiendo alcanzar de 4-6cm. de diámetro (Widianarko, 2000)

1.2.12.2.3 Efectos de los metales pesados en el plancton

A concentraciones bajas, muchos de los metales juegan un papel esencial en el metabolismo de las microalgas, tal es el caso de los metales Zn y Cu, sin embargo, cuando las concentraciones son altas, dan origen a condiciones de contaminación del medio que provocan desbalances metabólicos en el fitoplancton. Por ejemplo, cuando el fitoplancton es expuesto a concentraciones elevadas de metales pesados, se produce una inhibición del crecimiento, así como cambios morfológicos, generados

como una respuesta fisiológica a la exposición del metal que tienen como consecuencia una menor capacidad de respuesta de las poblaciones al ambiente (Rodríguez y Rivera 1995).

El plancton es el principal receptor de estas sustancias descargadas en los ambientes acuáticos por lo que se le considera un indicador de la calidad del agua, además debido a que el plancton ocupa los primeros niveles tróficos, en los procesos de transferencia de energía en las cadenas alimentarias representa una herramienta útil en el manejo efectivo de ecosistemas acuáticos para detectar cambios en la calidad del agua y tomar medidas antes de que el efecto se extienda a otras comunidades. (Havens, 1994).

1.2.13 Contaminación de Cuerpos de Agua

La contaminación del agua de los ríos es causada principalmente por el vertimiento de relaves mineros (parte alta y media de la cuenca), aguas servidas urbanas y desagües industriales a lo largo de todo su cauce (generalmente en la parte media y baja de la cuenca). Dicha contaminación es resultado de la presencia de elementos físicos, químicos y biológicos, que en altas concentraciones, son dañinos para la salud y el ecosistema. Cabe indicar, que la calidad del agua también se ve afectada por el uso de plaguicidas y pesticidas en la actividad agrícola. Todo ello, ocasiona un gasto adicional en el tratamiento del líquido elemento, es decir, cuanto más contaminada esté el agua, mayor es el costo del proceso de tratamiento para reducir el elemento contaminante, que se debe realizar para hacerla potable (INEI 2015).

“La contaminación del agua es la modificación, generalmente provocada por el hombre, de la calidad del agua haciéndola impropia o peligrosa para el consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca y las actividades recreativas, así como para los animales domésticos y la vida natural” (Carta del agua, Consejo de Europa, 1968). Citado por (SENAMHI, DGHRH 2007). Así mismo refieren que las fuentes de contaminación, denominadas también, efluentes contaminantes que utilizan como insumo el agua, y presentan elementos y sustancias con característica física, química y bacteriológica que afectan las condiciones del cuerpo receptor o componente ambiental donde son vertidos; como por ejemplo: Vertimiento de aguas negras o servidas a los ríos, lagos o mar, Vertimiento de basuras y desmontes en las orillas del mar, ríos y lagos. Actividades informales y clandestinas en las orillas de los ríos: curtiembre, fundición de baterías de autos recicladas. Los efluentes líquidos que provienen de las distintas actividades de los sectores productivos (labores de excavación, planta de tratamiento de aguas residuales, derrames de aceites,

productos químicos como fertilizantes agrícolas y plaguicidas (SENAMHI, DGHRH 2007).

1.2.13.1 Eutrofización.

La eutrofización es el enriquecimiento de nutrientes en un ecosistema acuático. Básicamente comienza cuando el agua recibe un vertido de nutrientes, como desechos agrícolas o forestales, lo cual hace que favorezca el crecimiento excesivo de materia orgánica, provocando un crecimiento acelerado de algas y otras plantas verdes que cubren la superficie del agua y evita que la luz solar llegue a las capas inferiores. Como consecuencia de esto, el agua se enturbia, y al disminuir la cantidad de luz, la vegetación muere al no poder realizar la fotosíntesis, generando que otros microorganismos, como bacterias, se alimenten de la materia muerta, consumiendo el oxígeno que necesitaban peces y moluscos, y a la vez generar algas tóxicas y microorganismos patógenos que podrían causar enfermedades. Las principales causas de la eutrofización son: la contaminación urbana mediante residuos orgánicos e inorgánicos como el fosfato, la contaminación atmosférica por óxidos de azufre y nitrógeno que reaccionan con el agua atmosférica para formar ion sulfato e ion nitrato, la contaminación agropecuaria como fertilizantes o excrementos y la contaminación forestal por abandono en los ríos de residuos forestales. (Ecología Verde, 2015).

Según la Organización para la Cooperación Económica y Desarrollo (OCDE, 1982), define a la eutrofización como "el enriquecimiento en nutrientes de las aguas, que provoca la estimulación de una serie de cambios sintomáticos, entre los que el incremento en la producción de algas y macrófitas, el deterioro de la calidad de agua y otros cambios sintomáticos resultan indeseables e interfieren con la utilización del agua (OGDE, 1982).

La abundante biomasa producida por los organismos fotosintéticos puede descomponerse desoxigenando el agua, generando malos olores y causando la muerte masiva de peces. Este tipo de fenómenos afecta profundamente la calidad del agua, llegando a impedir la utilización del recurso para algunos fines (recreación, potabilización, etc.) (Moss *et al.* 1996).

Uno de los inconvenientes más serios asociados a la eutrofización es la toxicidad de ciertos metabolitos secundarios de las cianobacterias (cianotoxinas), que representan un creciente peligro tanto para la salud humana como la ambiental (Jochimsen *et al.* 1998).

1.2.13.2 Minería aurífera aluvial.

La minería artesanal en el Perú es una actividad que toma gran impulso, con gran informalidad, en Madre de Dios, a partir de la década del 80, en un contexto de recesión económica, crisis del campo, violencia política generada por el terrorismo lo que determinó procesos migratorios, principalmente a zonas con filiación aurífera, dado los altos precios alcanzados por este metal; lo que explica que un elevado porcentaje de esta actividad está orientado a la explotación de yacimientos auríferos aluviales, al promulgarse a comienzos del año 2002, la Ley N° 27651- “Ley de formalización y promoción de la Pequeña Minería y Minería Artesanal” y, posteriormente, su respectivo reglamento -D.S. 013-2002-E.M- se creó el marco jurídico perfectible para el reconocimiento oficial de la minería artesanal/ informal e incluso hasta para definirla, dado que anteriormente se tenía que recurrir en “préstamo” a la definición que sobre esta actividad había adoptado el Banco Mundial (“Tipo más primario de minería, caracterizado por individuos o grupos de individuos que explotan depósitos en pequeña escala con métodos manuales o equipos muy simples”) y obviamente se han creado también las condiciones básicas para aspirar a la integración de la minería artesanal/ informal en el sector de la economía formal (MINAM 2011.)

1.2.14 estándares Nacionales de Calidad Ambiental

Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos por el MINAM, fijan los valores máximos permitidos de contaminantes en el ambiente. El propósito es garantizar la conservación de la calidad ambiental mediante el uso de instrumentos de gestión ambiental sofisticados y de evaluación detallada. Un Estándar de Calidad Ambiental (ECA) es la medida que establece el nivel de contracción o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos o biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa significativo para la salud de las personas ni al ambiente.

Un ECA es de observancia obligatoria para el diseño de normas legales, políticas públicas; y para el diseño y aplicación de instrumentos de gestión ambiental, así como para el otorgamiento de la certificación ambiental.

Los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua (Ver Anexo), aprobados según Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, en cuyo texto, señala que la norma aprobada tiene por objetivo establecer el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el

agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente. Los estándares aprobados son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural y son obligatorios en el diseño de las normas legales y las políticas públicas siendo un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.

Los parámetros indicados en el ECA se encuentran clasificados en cuatro categorías según el uso que se le dará al cuerpo de agua, así tenemos:

CATEGORIA 1: Para uso poblacional y recreacional

CATEGORIA 2: Para actividades Marino Costeras

CATEGORIA 3: Para riego de vegetales y bebida de animales

CATEGORIA 4: Para conservación del ambiente acuático

Es importante diferenciar que los ECAs definen la buena calidad de los cuerpos de agua para el hombre y para el medio ambiente. En cambio, los Límites Máximos Permisibles LMP definen al grado de peligrosidad de los efluentes que son vertidos a las aguas superficiales receptoras, es por esta razón, que los LMP obedecen a otra regulación (Mary Gamboa, 2010)

1.2.14.1 Categoría 4. Conservación del ambiente acuático Ríos de Selva

Está referida a aquellos cuerpos de agua superficiales, cuyas características requieren ser preservadas por formar parte de ecosistemas frágiles o áreas naturales protegidas y sus zonas de amortiguamiento.

a. Lagunas y lagos:

Comprenden todas las aguas que no presentan corriente continua; corresponde a aguas en estado léntico, incluidos los humedales.

b. Ríos:

Incluyen todas las aguas que se mueven continuamente en una misma dirección. Existe por consiguiente un movimiento definido y de avance irreversible; corresponde a aguas en estado lóxico.

- Ríos de la costa y sierra Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la vertiente hidrográfica del Pacífico y del Titicaca, y en la vertiente oriental de la cordillera de los Andes.

- Ríos de la selva Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la vertiente oriental de la cordillera de los Andes, en las zonas meándrico.

1.2.15 Límites Máximos Permisibles

Los Límites Máximos Permisibles (LMP) son definidos por la legislación ambiental peruana como “la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan a un efluente o a una emisión, que al ser excedido puede causar daños a la salud, bienestar humano y al ambiente”. La característica más importante de los LMP, es que su cumplimiento es exigible legalmente; es decir, el titular de la actividad productiva que no cumpla con los mismos puede ser pasible de sanción

El Límite Máximo Permisible (LMP) es la medida de la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Los criterios para la determinación de la supervisión y sanción son establecidos por dicho Ministerio.

1.2.16 Vigilancia y monitoreo de recursos hídricos en madre de dios

1.2.16.1 El rol de la ANA.

La Autoridad Nacional del Agua es el ente rector del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos, responsable de su funcionamiento; desarrolla, dirige, ejecuta y supervisa la Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos; dicta normas y establece procedimientos para la gestión integrada y multisectorial de recursos hídricos por cuencas hidrográficas y acuíferos; coordina acciones en materia de recursos hídricos con los integrantes de dicho sistema, quienes participan y asumen compromisos, en el marco de la Ley y el Reglamento (Artículo 11°, Ley N° 29338).

1.2.17 Normatividad sobre los recursos hídricos y calidad de agua.

Ley N° 29338 “Ley de recursos hídricos” del 31 de marzo de 2009, establece en el Artículo 76 la vigilancia del agua, encargándose a la Autoridad Nacional (ANA) en coordinación con el concejo de Cuenca, implementar actividades de vigilancia y monitoreo sobre todo en las cuencas donde existen actividades que pongan en riesgo la calidad del recurso.

1.2.18 Aprobación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.

Aprobar los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, contenidos en el anexo I del presente Decreto Supremo, con el objetivo de establecer el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no presenta riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente. Los Estándares aprobados son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural y son obligatorios en el diseño de las normas legales y las políticas públicas siendo un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.

Decreto Supremo Nro. 002-2008-MINAM. **Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad de Agua.**

Decreto Supremo Nro. 023-2009-MINAM del 19 de Diciembre de 2009, aprueban disposiciones para la implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua.

Decreto Supremo Nro. 001-2010-AG del 24 de marzo del 2010, aprueban el reglamento de la ley Nro. 29338, ley de Recursos Hídricos.

Resolución Jefatural Nro. 202-2010-ANA del 22 de marzo de 2010, aprueba la clasificación de cuerpos de agua superficiales y marino – costeras.

CAPITULO II

2. MATERIALES Y METODOS.

2.1 **Ámbito geográfico.**

La presente investigación se realizó en el río bajo Madre de Dios, medio Madre de Dios y alto Madre de Dios, en el primer tramo de estudio se ha ubicado una estación de muestreo que corresponde al sector de Puerto Pardo (Frontera, Perú – Bolivia), Provincia y Distrito de Tambopata y el segundo tramo que corresponde al río medio Madre de Dios, estación 2 la Pastora donde está instalado la balsa cautiva para el agua de consumo de la ciudad de Puerto Maldonado, estación 3 aguas abajo de la localidad de Puerto Rosario de Laberinto, estación 4 aguas arriba de la localidad de Puerto Rosario de Laberinto y en el río alto Madre de Dios ubicado la estación 5 aguas arriba de la localidad de Villa Colorado Distrito de Madre de Dios y Provincia del Manu, Región Madre de Dios ver (tabla 5 y figura 01), ubicada al sur este de la Amazonia Peruana. que comprende una distancia de 480 Km aproximadamente, un ancho que oscila entre 200 y 800 m en promedio con niveles de profundidad de 10.8 m, en Noviembre de 2007, en el sector de Laberinto, con una velocidad de corriente media de 1,21 m/s y de 1,252 m/s, de velocidad máxima, durante los meses de Abril y Mayo (media vaciante), con una velocidad de corriente promedio de 0,952 m/s pudiendo alcanzar velocidades máximas de 1,066 m/s (IIAP-CETAR Madre de Dios, 2000), citado por (ANA, 2010).

2.2 **Descripción de las estaciones de estudio:**

El río Madre de Dios es un caudaloso curso de agua blanca que tiene su origen en las cordilleras que conforme va ingresando hacia la selva el agua se va cargando de sedimentos posiblemente debido a la turbulencia de su caudal del río y al uso del cuerpo de agua en la extracción del oro, los cuales van modificando la calidad del agua. Se ha considerado 5 estaciones de muestreo estratégicamente a lo largo de este río para evaluar los posibles deterioros del ecosistema acuático los cuales se detallan a continuación.

2.2.1 **Estación 1 sector Puerto Pardo.**

Se ha considerado esta estación de muestreo debido a que el río Madre de Dios es receptor de aguas del río Tambopata, donde en uno de sus principales afluentes, el río Malinowski, se realiza actividad minera intensa, además debido a que el río Tambopata recibe aguas servidas de la ciudad de la ciudad de Puerto Maldonado por

su margen derecha, próximo a la ciudad, debido también a que en toda la margen del río desde Puerto Maldonado hasta Puerto Pardo existe poblaciones y una gran cantidad de hoteles turísticos de donde se vierten aguas residuales.

2.2.2 Estación 2 Puerto Pastora (Puerto Maldonado)

Se ha considerado esta estación de muestreo debido a que esta se encuentra a escasos metros de la ciudad de Puerto Maldonado, en donde se ubica la balsa cautiva para la captación de agua del río la misma que será tratada en la correspondiente planta de tratamiento de la Empresa Municipal de Agua Potable de Tambopata.

2.2.3 Estación 3 debajo de la localidad de Puerto Rosario de Laberinto

Se ha considerado esta estación de muestreo debido a que se encuentra aguas abajo de la localidad de Puerto Rosario de Laberinto, población que no cuenta con el saneamiento básico, como también no se cuenta con una planta de tratamiento de residuos sólidos, así mismo debido a que existe actividad minera intensa, extracción de madera, turismo etc.

2.2.4 Estación 4 arriba de la localidad de Puerto Rosario de Laberinto

Se ha considerado esta estación de muestreo debido a que esta se encuentra aguas arriba de la localidad de Puerto Rosario de Laberinto, donde existe pueblos en las márgenes del río los cuales no cuentan con el saneamiento básico, donde también como en el anterior caso se realiza actividad minera intensa, extracción de madera, turismo etc.

2.2.5 Estación 5 arriba de la localidad de Villa Colorado (Manu)

Se ha considerado esta estación de muestreo debido a que esta se encuentra aguas arriba de la población de Villa Colorado, donde aparentemente no existe actividad minera y otras que podrían modificar la calidad del agua.

Tabla 5. Referencias de las estaciones de muestreo.

Estación	Referencial	UTM	Altura (msnm)
E/1. Puerto Pardo	2 km antes de la Frontera Perú - Bolivia	19 L 537022 8618007	161
E/2. La Pastora	A orilla de la carretera hacia Cusco	19 L 476665 8608942	176
E/3. Debajo de Laberinto	A 2 km debajo de Laberinto	19 L 438740 8595075	184
E/4. Arriba de Laberinto	A 2 km arriba de Laberinto	19 L 425971 8593573	230
E/5. Arriba de Colorado	A 2 km de la Boca del río Colorado	19 L 348377 8607270	238

Fuente: Elaboración propia, (2015)

2.3 Ubicación Política y geográfica del lugar de estudio

El área de estudio comprende la cuenca del río Madre de Dios ubicado en las Provincias de Tambopata y Manu

Tabla 6. Ubicación política del lugar de estudio

UBICACIÓN POLITICA	
Departamento	Madre de Dios
Provincias	Tambopata y Manu
Distritos	Tambopata y Madre de Dios
Cuenca	Madre de Dios

Fuente: Elaboración propia, (2015)

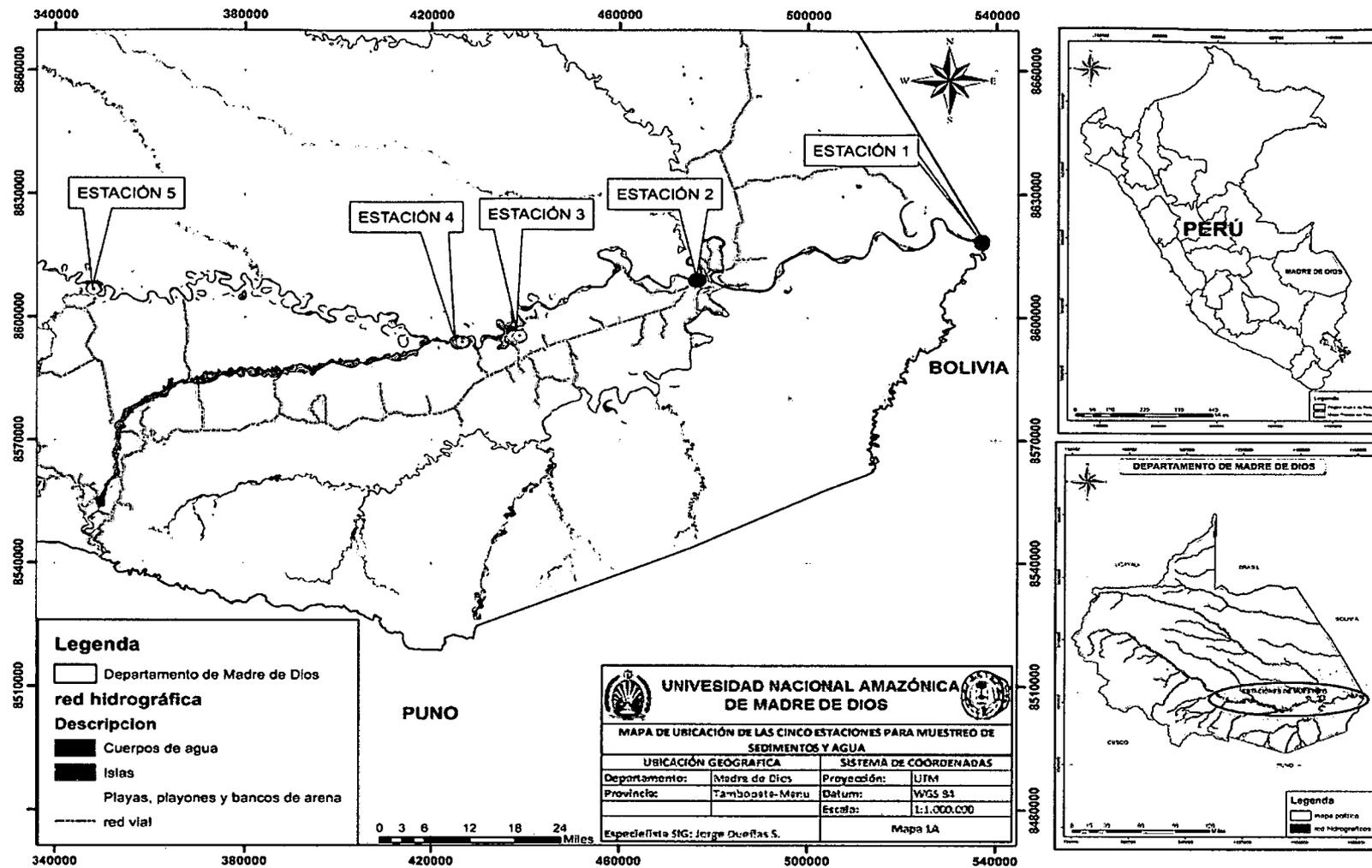


Figura 1. Ubicación del área de estudio (5 estaciones de muestreo a lo largo del río Madre de Dios)

Fuente: Elaboración propia, (2015)

2.4 Materiales, equipos, herramientas, insumos y programas

a. Materiales

- Mapa de ubicación de sitios de estudio: Sector Puerto Pardo, Boca toma EMAPAT, Localidad Laberinto río abajo, Localidad Laberinto río arriba y Localidad Villa Colorado río arriba.
- Ficha de registro de datos.
- Libreta de campo.
- Tablero.
- Plumones indelebles.
- Lapiceros.
- Cinta maskinten.
- Botiquín.
- Equipo personal (botas, impermeables, gorra, etc).
- Chaleco salvavidas.
- Baldes.
- Culer.
- Frascos de plástico.
- Frascos de vidrio.
- Papel bon.

b. Equipos.

- Bote
- Receptor GPS "GARMIN CSx 60".
- Cámara digital "Panasonic DMC – SZ1 16píxeles.
- Impresora. Canon, P1800.
- Equipo multiparámetro marca.
- Prototipo tubular s/m.

c. Herramientas.

- Machete.
- Wincha de 50 metros.
- Pala mediana.

d. Insumos

- Ácido nítrico (HNO₃).

- Agua destilada.

f. Programas.

- ArcGis version 10.1.
- Microsoft Office Word 2010.
- Microsoft Office Word 2010
- Microsoft Office Exel 2010.
- SPSS versión 21.0
- Exact Graphs and Data Analysis (SIGMAPLOT 12.5)

2.5 Metodología.

2.5.1 Tipo de la investigación.

El tipo de investigación es descriptiva porque utiliza métodos descriptivos como la observación, estudios correlacionales, de desarrollo, y busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice (La Torre, Del Rincón y Arnal, 2003).

2.5.2 Diseño de la investigación.

Según la cronología de las observaciones el estudio es prospectivo, y según el número de mediciones transversal (La Torre, Del Rincón y Arnal, 2003).

2.5.3 Diseño muestral.

2.5.3.1 Muestreo.

El muestreo fue no probabilístico por conveniencia, considerando factores logísticos y de accesibilidad.

2.5.3.2 Tamaño muestral.

Se han considerado cinco estaciones de muestreo en el ámbito de estudio y seis repeticiones por cada estación.

2.6. Métodos.

Con el propósito de abarcar una extensión significativa del río Madre de Dios en relación a las localidades y actividades económicas ubicadas en sus márgenes se establecieron cinco (05) estaciones de muestreo, las que se detallan en la Tabla N° 03. Se tomó como referencia el **Protocolo Nacional de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales**, aprobado mediante R.J. N° 182-2011-ANA y el **Manual de Protocolos Armonizados y Evaluados para la Toma de Muestras y el Análisis de Agua y Sedimentos para la Región de Latinoamérica y el Caribe**. Para permitir el aseguramiento y control de la calidad del monitoreo, tanto el análisis de metales disueltos en la columna de agua como el análisis de metales en sedimento, se llevó a cabo en el Laboratorio CERPER, acreditado por INDECOPI y siguiendo la correspondiente analítica. El análisis microbiológico fue realizado en el laboratorio de la Empresa Municipal de Agua Potable de Tambopata (EMAPAT S.A.). Los trabajos de recolección de muestras se realizaron entre 3 y 4 personas, además, en cada estación de muestreo se realizaron las siguientes acciones: Ubicación de cada estación de muestreo con coordenadas UTM, altitud, empleando un GPS Garmin e-trex (Sistema WGS).

2.6.1 Reconocimiento del área de estudio

Todo procedimiento para la toma de muestra de campo requiere realizar una serie de tareas o acciones antes, durante y después de la toma de muestra, es por esta razón que se hizo el reconocimiento de los sitios de estudio mediante el establecimiento de estaciones de muestreo donde implicaría los vertimientos de aguas residuales, accesibilidad al sitio de estudio, transporte, condiciones meteorológicas etc.; las cuales podrían afectar si no se hace un buen seguimiento (Mary Gamboa, 2010)

2.6.2 Parámetros de Medición en Campo

Se ha medido los siguientes parámetros: pH, Temperatura, Turbiedad, Oxígeno Disuelto y Conductividad Eléctrica. Según (Mary Gamboa, 2010) indica que los parámetros que se miden en el lugar de toma de muestra (in-situ), son aquellos que no se pueden preservar para su análisis posterior en laboratorio o que presentan alta inestabilidad fuera de su medio natural, también son los parámetros que no requieren de aparatos de alta sensibilidad para su medición en el laboratorio analítico (Mary Gamboa, 2010)

2.6.3 Muestreo de Aguas superficiales

La toma se hace de forma manual introduciendo la botella en el punto seleccionado del cuerpo de agua, a una profundidad no mayor de 30 cm y evitando la recolección de sólidos suspendidos, se deja llenar completamente la botella que siempre debe estar en posición contracorriente, se saca y se descarta un pequeño volumen de agua (aproximadamente medio centímetro). Es importante antes de recoger la muestra realizar por lo menos dos purgas (enjuagar con aproximadamente un 1/3 de capacidad de la botella) (DIGESA, 2011).

Para la toma de muestras de agua superficiales, se ha evitado las áreas de turbulencia excesiva, considerando la profundidad, velocidad de la corriente y la distancia de separación entre ambas orillas (Homogeneidad del punto de muestreo) (Alberro *et al.* 2011),

2.6.4 Muestreo de agua para Análisis Bacteriológico

Las botellas para este propósito, deben estar limpias, esterilizadas, deben estar protegidas hasta el momento en que se necesite llenarla. La tapa debe estar recubierta con una cubierta de tela, papel resistente o papel de aluminio para protegerla en el momento del muestreo. Inmediatamente antes del muestreo la cubierta de papel y la tapa, deben ser removidos de la botella, evitando contaminarlos (DIGESA, 2011).

2.6.5 Numero de muestras de aguas superficiales.

El número de muestras puede ser el balance realista y practicable entre un número ideal de muestras (estadístico), usualmente numeroso y un número elegido por juicio profesional (Alberro *et al.* 2011).

En cada estación se establecieron seis (06) puntos de colecta de muestras en forma transversal al río, separando equitativamente un punto del otro con la ayuda de un GPS, (ver Tabla N° 02 y Figura N° 02). Se tomaron; 06 muestras para análisis de Nitratos y Fosfatos; 06 muestras para el análisis de Mercurio; 06 muestras para el análisis Aceites y Grasas y 06 muestras para el análisis bacteriológico, haciendo un total de 24 muestras tomadas por estación (Alberro *et al.* 2011), adaptado al presente estudio.

Tabla 7. Número y cantidad total de muestras de agua por estación.

Nº de Estaciones	Nº de muestras de agua	Total	VARIABLES ESTUDIADAS
E/1	24	120	<ul style="list-style-type: none">• Aceites y Grasas• Nitratos y Fosfatos• Mercurio en agua• Coliformes Totales
E/2	24		
E/3	24		
E/4	24		
E/5	24		

Fuente: Elaboración propia, (2015)

2.6.5.1 Colecta de muestras de agua

Para llevar a cabo la colecta de muestras de agua es necesario (envases, reactivos de preservación, etiquetas) elementos para instrumentar la toma de muestras en una forma segura para el operador y para el éxito de su tarea (Ejemplo: llevar sogas, escaleras, aparejos, etc. cuando la toma de muestras no pueda efectuarse desde las orillas del curso y deba accederse al mismo desde puentes; en los que no siempre se puede maniobrar en forma simple para el manejo de los muestreadores sean estos simples (ej. baldes) o sofisticados (Van Dorn para agua / CORE o dragas para sedimentos). En campo se debe lavar el muestreador varias veces con el agua a muestrear (Alberro et al. 2011),

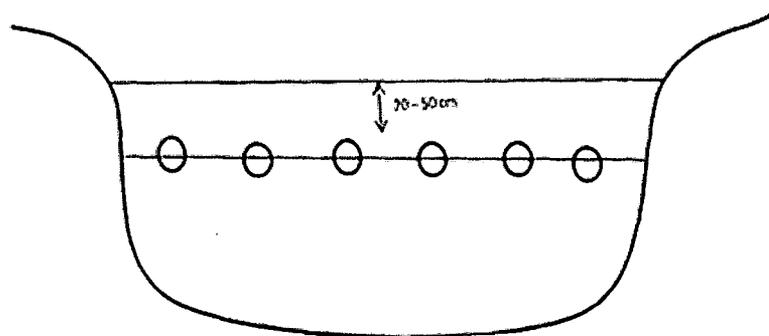


Figura 2. Distribución de puntos de muestreo para agua en forma transversal al río

Fuente. Elaboración Propia, (2015)

2.6.5.2 Profundidad de muestreo de aguas superficiales

Las muestras de agua fueron extraídas a una profundidad de 20 a 30 cm de la superficie del río (Alberro *et al.* 2011), cumpliendo las indicaciones del laboratorio CERPER.

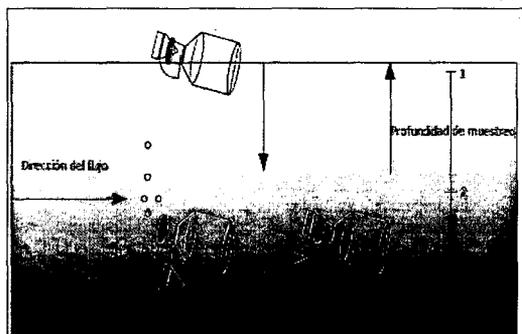


Figura 3. Procedimiento para la toma de muestras de aguas superficiales

Fuente. Elaboración propia, (2015)

2.6.5.3 Acondicionamiento de muestras de agua

En este caso se siguió las instrucciones generales de preservación, etiquetado, embalaje y transporte de las muestras, mostradas según los “Requisitos para toma de muestras de agua y preservación”. Para el rotulado de los frascos, se usó plumón de tinta indeleble y se cubrió la etiqueta con cinta adhesiva transparente. Las muestras de agua recolectadas, preservadas y rotuladas, se colocó en un cooler con refrigerante (ice pack), de tal manera que se asegure su llegada al laboratorio en condiciones de conservación. Asimismo, se evitó roturas en el caso de frascos de vidrio, utilizando bolsas de poliburbujas (ANA , 2011).

2.6.5.4 Cadena de custodia.

Es el proceso de control y vigilancia del muestro, incluyendo los métodos de toma de la muestra, preservación, codificación, transporte y su correspondiente análisis. Esta es esencial para asegurar la representatividad e integridad de la muestra desde su toma hasta el reporte de sus resultados. Con la cadena de custodia se asegura la confiabilidad de la muestra y permitir la trazabilidad de la misma (ANA, 2011)

2.6.6 Muestreo de Sedimentos

Las muestras de sedimentos superficiales fueron tomadas en las mismas estaciones de agua (Alberro, *et al.* 2011). Los sedimentos fueron tomadas del lecho del

cuerpo de agua superficial los cuales no requieren una frecuencia estacional de muestreo ya que registran cambios en periodos de años o décadas (Alberro *et al.* 2011).

2.6.6.1 Número y muestreo de sedimentos.

En cada estación se tomaron seis (06) muestras de sedimentos en forma horizontal al río, se han extraído 03 muestras en ambas orillas del río a un distanciamiento de 200 metros (Alberro *et al.* 2011), adaptado al presente estudio.

Tabla 8. Número y cantidad total de muestras de sedimentos.

Nº de Estaciones	Nº de muestras de sedimentos	Total
E/1	06	30
E/2	06	
E/3	06	
E/4	06	
E/5	06	

Fuente: Elaboración propia, (2015)

2.6.6.2 Colecta de muestras de sedimentos

Para muestreo de sedimentos los puntos de muestreo deben coincidir con los de muestreo de aguas (Alberro *et al.* 2011)

Las muestra fueron tomada manualmente, se procedió a tomar 6 muestras simples de sedimentos de aproximadamente 1/2 kg cada una distribuidas a lo largo de la orilla del río ver Fig. 3, de cada punto a una distancia de 200 metros.

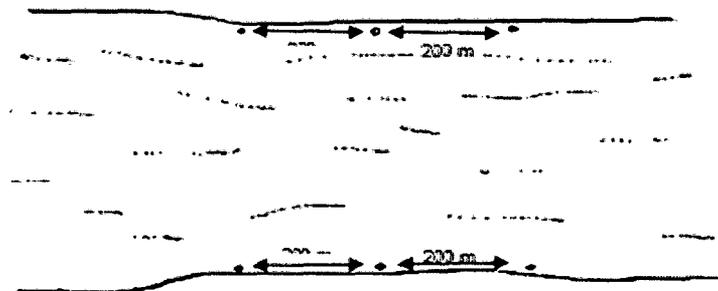


Figura 4. Distribución de puntos de muestreo para sedimentos en forma horizontal al río

Fuente: Elaboración propia, (2015)

2.6.6.3 Profundidad de muestreo de sedimentos

Con respecto a la profundidad del muestreo para la obtención de sedimento superficial se procuró que las muestras reflejen el estado actual de los sedimentos del río en estudio, a una profundidad máximo de 25 cm (Alberro, *et al.* 2011)

2.6.6.4 Acondicionamiento de las muestras de sedimentos

Las muestras requieren almacenamiento a temperatura de 4°C y/o preservación con químicos para mantener su integridad durante el transporte y antes del análisis en el laboratorio (Alberro, *et al.* 2011). Se recolectó el sedimento en una bolsa de boca ancha para su remisión al laboratorio, asegurándonos de que la muestra este bien amarrado para minimizar las pérdidas de humedad y las posibles manipulaciones durante el transporte al laboratorio.

2.6.7 Métodos para el análisis de los parámetros fisicoquímicos en agua.

Se utilizó un equipo multiparámetro portátil marca Hach proporcionada por la Autoridad Local del Agua (ALA) Puerto Maldonado, siguiendo las instrucciones del manual respectivo, para la determinación en campo de los siguientes parámetros: pH, temperatura, turbidez, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica.

Para la determinación de aceites y grasas se siguió el protocolo establecido por el Laboratorio CERPER, acreditado por INDECOPI, colectándose la muestra en botellas de vidrio de 1000 ml. Igualmente se siguió el protocolo correspondiente para la colecta de agua para la determinación de fosfatos en frascos de plástico de 500 ml. Para la determinación de nitratos se utilizó también frascos de plástico, por separado, de 500 ml, con preservante HNO₃ 1N (ácido nítrico). Una vez colectada la muestra se mantuvo en un cooler a temperatura de 4°C a 8°C hasta su procesamiento en el Laboratorio CERPER, acreditado por INDECOPI;

2.6.8 Métodos para el análisis de los compuestos orgánicos e inorgánicos en aguas.

Para la determinación de mercurio se utilizó frascos de plástico de 500 ml. los metales pesados en agua se analizaron según los siguientes métodos.

Aceites y grasas: EPA Methoh 1664, Revision B 2010 n-Hexane extractable Material (HEM; Oil and Grease) and silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polarMaterial) by Extraction and Gravimetry.

Fosfatos: SMEWW-APHA AWWA-WEF, Part 4500-P E. 22 nd Ed.2012Phosphorus. Ascorbic Acid Method.

Nitratos: SMEWW-APHA AWWA-WEF, Part 4500-NO3 E, 22 nd Ed.2012 Nitrogen (Nitrate). Cadmium Reduction Method.

Mercurio: SMEWW-APHA AWWA-WEF.PART 3112 B22 and Ed.2012.PART 3112 B. Metals by col-vapor atomic absorption spectrometry. En el laboratorio CERPER acreditado por INDECOPI;

Tabla 9. Compuestos inorgánicos y Metales pesados evaluados en agua

Parámetros		Material de embase	Volumen requerido
Químicos	Aceites y Grasas	Botella de vidrio	1 Lt.
	Fosfatos y Nitratos	Botella de plástico	½ Lt.
	Mercurio	Botella de plástico	½ Lt.

2.6.9 Métodos para el análisis de metales pesados en los sedimentos

Las muestras de sedimentos se recolectan manualmente, con la ayuda de una pala pequeña, se extrae aproximadamente 1/2 kg cada muestra y estas muestras fueron introducidas en una bolsa Ciploc de boca ancha proporcionado por el Laboratorio donde se especificaba todos los datos de las muestras. Una vez obtenidas las muestras se colocó en una caja cooler a una temperatura de 4° C - 8° C, las cuales se transportó en el menor tiempo posible para su remisión al Laboratorio con la respectiva custodia. El método utilizado para la determinación de los siguientes metales: Cromo, Manganeseo, Hierro, Cobre, Zinc, Arsénico, Cadmio, Mercurio y Plomo fue el EPA 6020A Inductively Coupled Plasma-Mass spectrometry.

Tabla 10. Metales pesados evaluados en los sedimentos

Parámetros		Material de embase	Volumen requerido
QUIMICOS	Zinc	bolsa	½ kg
	Plomo	bolsa	½ kg
	Cromo	bolsa	½ kg
	Cobre	bolsa	½ kg
	Cadmio	bolsa	½ kg
	Mercurio	bolsa	½ kg
	Arsénico	bolsa	½ kg
	Hierro	bolsa	½ kg
	Manganeseo	bolsa	½ kg

Fuente: Elaboración propia, (2015)

2.6.10 Método para el análisis microbiológico en aguas

Las muestras de agua superficial se colectó en frascos de vidrio Scott de 500 ml, transparentes y previamente esterilizados. Una vez colectada la muestra se mantuvo en un cooler a temperatura de 4°C a 8°C hasta su procesamiento en EMAPAT. El método utilizado para el análisis fue el de filtración en membrana – Dilución X10 para determinar el número más probable.

Tabla 11. Parámetros microbiológicos evaluados en agua.

Parámetros		Material de embase	Volumen requerido
Microbiológicos	Coliformes Termotolerantes	Botella de vidrio	1/2 Lt.
	Coliformes Fecales	Botella de plástico	1/2 Lt.

Fuente: Elaboración propia, (2015)

2.7 Cuadro de comparación para agua

Los resultados emitidos por el Laboratorio CERPER fueron comparados con los valores establecidos por los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (MINAM 2008) los cuales se presentan en el anexo 6. Los resultados en cuanto al análisis de agua se presentan en el anexo 13.

2.8 Cuadro de comparación para sedimentos

Los resultados emitidos por el Laboratorio CERPER fueron comparados con los valores establecidos por la Agencia de Protección del Ambiente USEPA los cuales se presenta en el anexo 7. Los resultados de análisis en cuanto a los sedimentos se presentan en el anexo 13.

CAPITULO III

V. RESULTADOS Y DISCUSION

5.1. Análisis fisicoquímicos en agua.

5.1.1 Análisis físicos en agua

5.1.1.1 Temperatura.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las cinco estaciones de muestreo en cuanto a la Temperatura, la estación 5 (arriba de la boca del río Colorado) fue la que presentó la Temperatura más bajo, mientras que la estación 2 (Boca toma EMAPAT) fue la que presento la Temperatura más alto ver (Tabla 12, Figura. 5), si bien se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones, todas se encontraron dentro de los parámetros habituales del río Madre de Dios.

Tabla 12. Estadísticos descriptivos (promedio y desviación estándar) para la variable Temperatura en las 5 estaciones de muestreo.

Estación	Media mg/l	Desviación típica	N
E/1 (Puerto Pardo)	26,7700	,07537	6
E/2 (La Pastora)	28,8317	,07574	6
E/3 (Debajo de Laberinto)	27,8367	,13018	6
E/4 (Arriba de Laberinto)	26,4783	,42626	6
E/5 (Arriba de la boca del río Colorado)	25,3767	,04761	6
Total	27,0587	1,21839	30

Fuente: Elaboración propia, (2015)

Según (Barthem *et al*, 2003), citado por Araujo (2013), Menciona que, es esperable también que aumenten los valores de temperatura en los ríos (no en las pequeñas quebradas con cobertura vegetal) en la época de estiaje, acarreado una bajada en los niveles de oxígeno disuelto. Mientras que (Moore, 1967), dice que anteriormente, el principal interés del estudio de la temperatura del agua se centraba en los efectos de la deforestación la urbanización, los vertidos hidroeléctricos e industriales sobre las aguas sumado a esto la construcción y el movimiento de embarcaciones. Sin embargo (Sinokrot y Stefan, 1993), refieren que la predicción exacta de la temperatura del agua ha adquirido de nuevo gran interés debido a la amenaza del cambio global, y un análisis más dinámico y determinístico de la transferencia de calor en los ríos que se

despegue en cierta medida del tradicional análisis de equilibrio de las fuentes de calor es necesario para poder predecir los efectos de las actividades del hombre en la cuenca de un río.

5.1.1.1.1 Valores promedio de la Temperatura en las estaciones de muestreo.

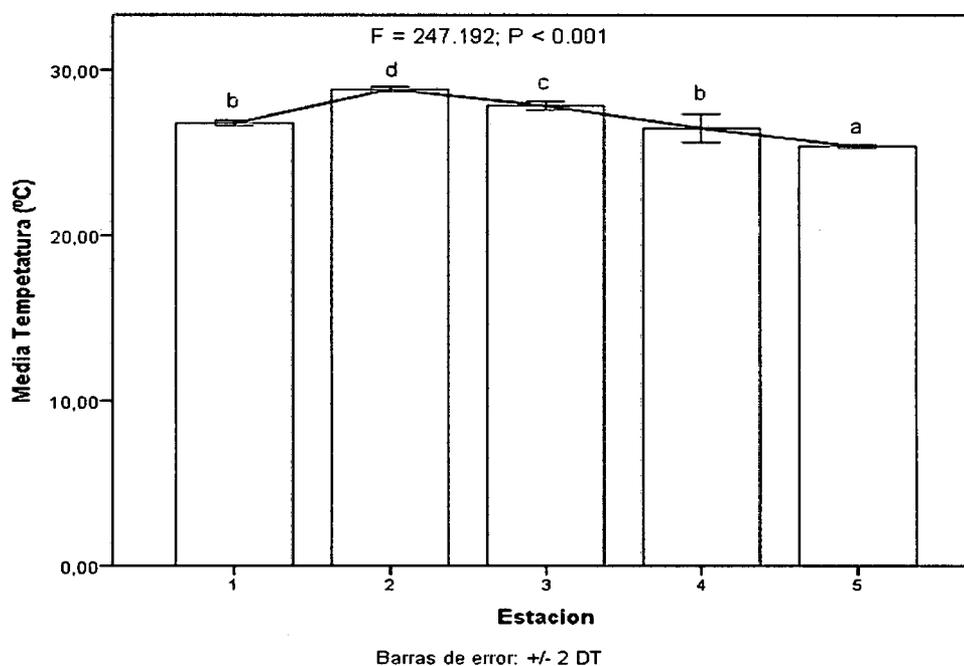


Figura 5. Distribución de la variable Temperatura en el río Madre de Dios

Fuente: Elaboración propia, (2015)

5.1.1.2 Conductividad eléctrica (us/cm)

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las cinco estaciones de muestreo en cuanto a la Conductividad eléctrica, la estación 1 (Puerto Pardo) fue la que presentó la conductividad eléctrica más bajo, mientras que la estación 5 (arriba de la boca del río Colorado) fue la que presentó la Conductividad más alto (Tabla 13, Figura 6), si bien se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones de muestreo, todas se encuentran dentro de los valores habituales para el río Madre de Dios. El agua pura tiene una conductividad eléctrica muy baja. El agua natural tiene iones en disolución y su conductividad es mayor y proporcional a la cantidad y características de esos electrolitos. Por esto se usan los valores de conductividad como índice aproximado de concentración de solutos. Como la temperatura modifica la conductividad las medidas se deben hacer a 20°C (Echarri, 1998).

Tabla 13. Estadísticos descriptivos (promedio y desviación estándar) para la variable la Conductividad eléctrica en las 5 estaciones de muestreo.

Estación	Media mg/l	Desviación típica	N
E/1 (Puerto Pardo)	74,1950	3,41951	6
E/2 (La Pastora)	74,9250	1,79411	6
E/3 (Debajo de Laberinto)	78,4150	2,86133	6
E/4 (Arriba de Laberinto)	94,9283	31,02747	6
E/5 (Arriba de la boca del río Colorado)	113,0000	15,48044	6
Total	87,0927	21,05902	30

Fuente: Elaboración propia, (2015)

5.1.5.1. Valores promedio de Conductividad Eléctrica en las estaciones de muestreo.

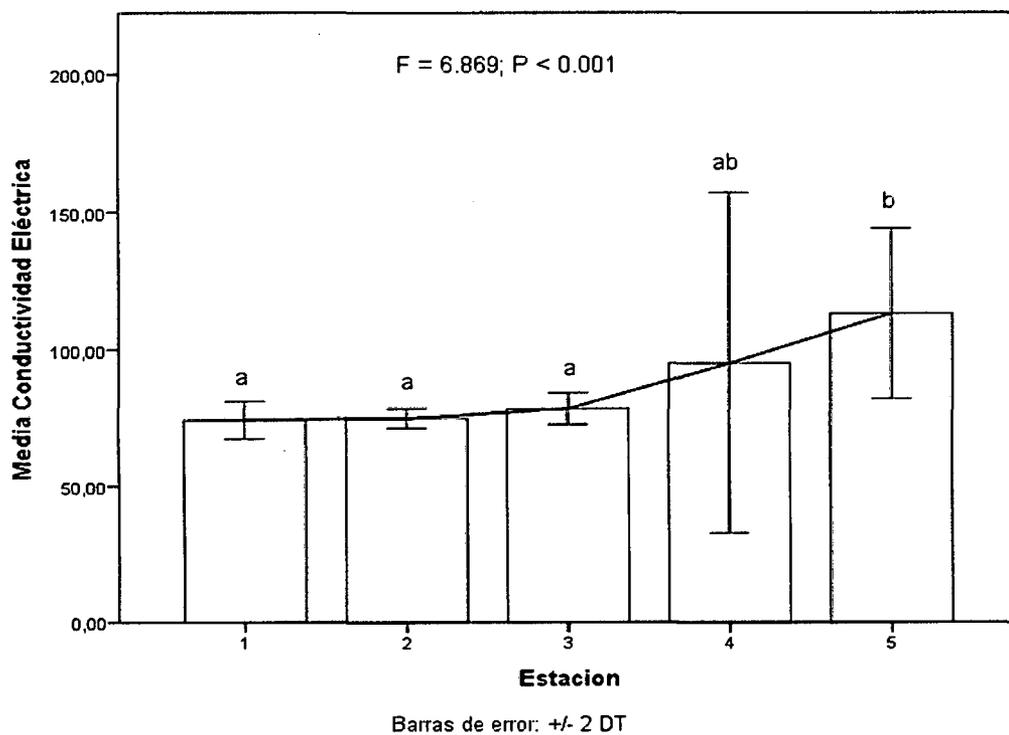


Figura 6. Distribución de la variable Conductividad Eléctrica en el río Madre de Dios

Fuente: Elaboración propia, (2015)

Los valores de pH y conductividad dependen de las sales y los iones disueltos del agua, que esta va adquiriendo a lo largo de su recorrido en las cabeceras de la cuenca. Conforme el curso de agua va internándose en la llanura amazónica, esta va

perdiendo su carga iónica y transfiriéndosela a la biomasa vegetal ripariana (Galvis *et al*, 2006), sin embargo, (Araujo, 2011), refiere que el rango de conductividad está dentro de los valores habituales dentro de la cuenca del río Madre de Dios. Así mismo, se correlaciona un aumento de la conductividad con un deterioro en las aguas con mayor cantidad de sólidos en suspensión, sin embargo la geología de la cuenca juega un papel importante y va a determinar gran parte de la carga iónica (Araujo, 2011).

5.1.2 Análisis Químicos en agua

De las seis variables estudiadas (pH, Turbidez, Oxígeno Disuelto, Fosfatos, Aceites y Grasas, Nitratos), Cuatro variables (pH, Turbidez, Oxígeno Disuelto y Fosfatos) presentaron diferencias estadísticamente significativas entre las cinco estaciones de muestreo, sin embargo se encuentran dentro de los ECA.

5.1.2.1 Potencial de hidrógeno (pH).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las cinco estaciones de muestreo en cuanto al pH, la estación 4 (aguas arriba de Laberinto) fue la que presentó el pH más bajo (6,91 mg/l), las cuales tienden a acidificarse ya que se acerca al rango inferior establecido por el ECA (6,5 mg/l), mientras que la estación 3 (aguas abajo de Laberinto) fue la que presentó el pH más alto (7,56 mg/l) rango que se pudiera atribuir a buena calidad del agua, ver (Tabla 14, Fig. 7), si bien se presentaron diferencias entre las estaciones de muestreo, todas se encuentran dentro del rango establecido por el ECA (6,5 – 8,5 mg/L) para cuerpos de agua de la Amazonía (categoría 4: Conservación del ambiente acuático).

Tabla 14. Estadísticos descriptivos (promedio y desviación estándar) para la variable pH en las 5 estaciones de muestreo.

Estación	Media mg/l	Desviación típica	N	ECA mg/l
E/1 (Puerto Pardo)	7,0800	,18155	6	6.5 – 8.5
E/2 (La Pastora)	7,4783	,08909	6	
E/3 (Debajo de Laberinto)	7,5633	,03830	6	
E/4 (Arriba de Laberinto)	6,9133	,09832	6	
E/5 (Arriba de la boca del río Colorado)	7,1483	,16117	6	
Total	7,2367	,27556	30	

Fuente: Elaboración propia, (2015)

5.1.2.1.1 Valores promedio del pH en las estaciones de muestreo.

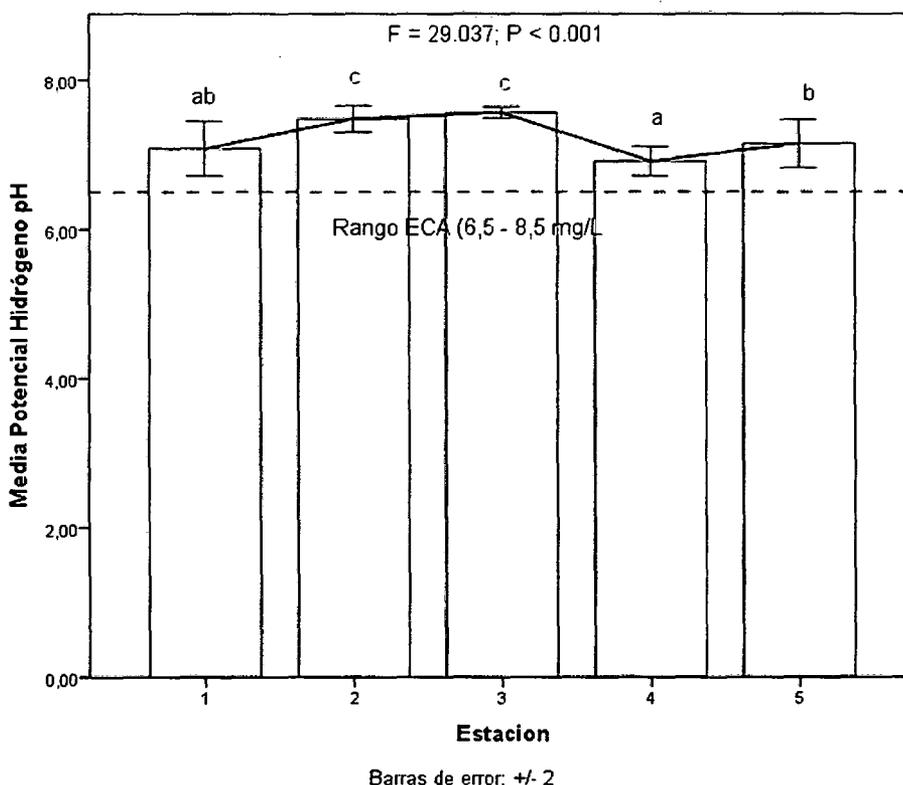


Figura 7. Distribución de pH en el río Madre de Dios

Fuente: Elaboración propia, (2015)

Según, DIGESA (2011), refiere que el pH se va modificando debido a las descargas de efluentes industriales y domésticos. Así mismo (ANA, 2010) reportaron los análisis de las muestras tomadas en la cuenca del río Inambari y en el río Huepetuhe, el pH presenta características ácidas (4,71 mg/l) por debajo del rango de los ECA para los valores establecidos en la categoría 4, valor que a la vez indica además el alto grado de afectación de sus aguas por causas antropogénicas, especialmente por las actividades de extracción exhaustiva del oro. Además se puede observar que el pH de la estación 5 fue diferente entre las estaciones 2, 3 y 4 esto debido a que en estas 3 estaciones existe una gran influencia de actividades antropogénicas como la minería, agricultura, turismo, pesca etc. Lo cual no es el caso para la estación 5, posiblemente debido a que las poblaciones se encuentran distantes a las estaciones de muestreo; en tanto que fue diferente estadísticamente entre las Estaciones 1 y 2, lo que podría estar asociado al ingreso de aguas residuales de las poblaciones asentadas tanto en el río Madre de Dios como en el río Tambopata.

5.1.2.2 Turbidez (NTU)

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones de muestreo en cuanto a la Turbidez, la estación 2 (boca toma EMAPAT) fue la que presentó la Turbidez más bajo, mientras que la estación 5 (arriba de la boca del río Colorado) fue la que presentó la Turbidez más alto (Tabla 15, Fig. 8), si bien se presentaron diferencias entre las estaciones de muestreo, todas se encuentran por encima de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental ECA (100 NTU) para cuerpos de agua (categoría 1: Poblacional y Recreacional), aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.

Tabla 15. Estadísticos descriptivos (promedio y desviación estándar) para la variable Turbidez en las 5 estaciones de muestreo.

Estación	Media mg/l	Desviación típica	N	ECA (NTU)
E/1 (Puerto Pardo)	591,5000	161,56825	6	100
E/2 (La Pastora)	524,0000	122,67518	6	
E/3 (Debajo de Laberinto)	876,6667	51,82535	6	
E/4 (Arriba de Laberinto)	773,5000	440,70568	6	
E/5 (Arriba de la boca del río Colorado)	947,1667	248,18011	6	
Total	742,5667	280,80128	30	

Fuente: Elaboración propia, (2015)

Según (Araujo, 2013), El río Manuani presenta una fuerte influencia de la actividad minera en términos de transparencia, la actividad minera reportada aguas arriba sumado al relativo bajo caudal genera una elevada turbidez. Este hecho afecta a la producción de oxígeno por parte de las algas y plantas acuáticas bajando las tasas de fotosíntesis. En cambio (Kirk, 1994), citado por, (Cutipa, *et al.* 2012), menciona que la turbidez y remoción de sustratos en los cauces de los ríos disminuye la capa fótica, es decir la capacidad de los rayos del sol de penetrar al agua impidiendo que la biomasa vegetal realice la fotosíntesis y disminuyendo el aporte de oxígeno. Considerando que en el presente estudio se ha encontrado la Turbidez por encima de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental, posiblemente a que la estación 5 se encuentra al lado de la cabecera del río donde hay mayor turbulencia de agua por el caudal natural del río, de donde discurre material en suspensión hacia el llano Amazónico lo que no sucede entre las estaciones 1, 2, 3, y 4, por cuanto estas estaciones contienen mayor cantidad de agua donde la turbidez va disminuyendo conforme el agua del río tenga menor movimiento.

5.1.2.2.1 Valores promedio de Turbiedad en las estaciones de muestreo.

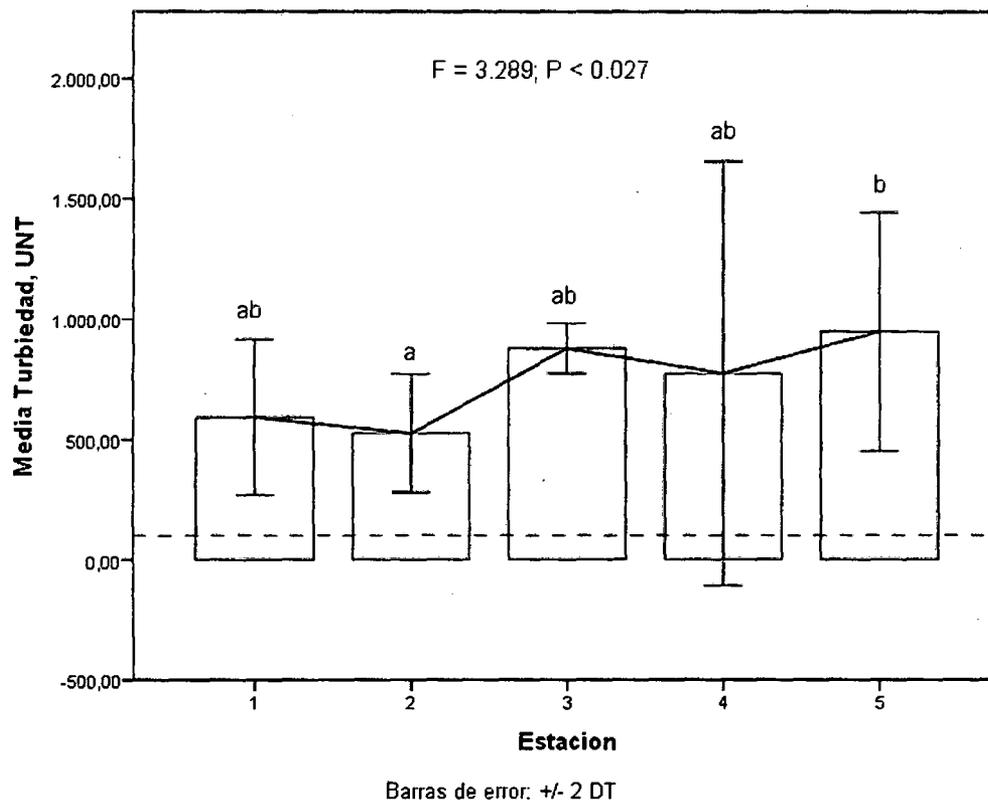


Figura 8. Distribución de la variable Turbiedad en el río Madre de Dios

Fuente: Elaboración propia, (2015)

5.1.2.3 Oxígeno Disuelto (OD)

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las cinco estaciones de muestreo en cuanto al Oxígeno Disuelto, la estación 5 (arriba de la boca del río Colorado) fue la que presentó el Oxígeno Disuelto más bajo, mientras que la estación 3 (debajo de Laberinto) fue la que presentó el Oxígeno más alto (Tabla 16, Fig. 9), si bien se presentaron diferencias entre las estaciones, todas se encontraron dentro del rango establecido por los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental ECA (≥ 5 mg/l) para cuerpos de agua de la Amazonía (categoría 4: Conservación del ambiente acuático). Según (Moun & Moulton 1991), Indica que, el oxígeno disuelto es un parámetro crítico para caracterizar la salud de un sistema acuático. Esta es una medida del oxígeno disuelto en el agua el cual es aprovechable para los peces y otros organismos acuáticos. El contenido de OD resulta de las actividades fotosintéticas y respiratorias de la flora y fauna en el sistema, y la mezcla de oxígeno atmosférico con aguas a través del viento y la acción de la corriente del arroyo.

Tabla 16. Estadísticos descriptivos (promedio y desviación estándar) para la variable para el Oxígeno Disuelto en las 5 estaciones de muestreo

Estación	Media mg/l	Desviación típica	N	ECA mg/l
E/1 (Puerto Pardo)	7,5100	,03521	6	≥ 5
E/2 (La Pastora)	7,4717	,18978	6	
E/3 (Debajo de Laberinto)	7,6117	,19529	6	
E/4 (Arriba de Laberinto)	7,3033	,79603	6	
E/5 (Arriba de la boca del río Colorado)	6,7083	,06676	6	
Total	7,3210	,47991	30	

Fuente: Elaboración propia, (2015)

5.1.2.3. 1 Valores promedio del Oxígeno Disuelto en las estaciones de muestreo.

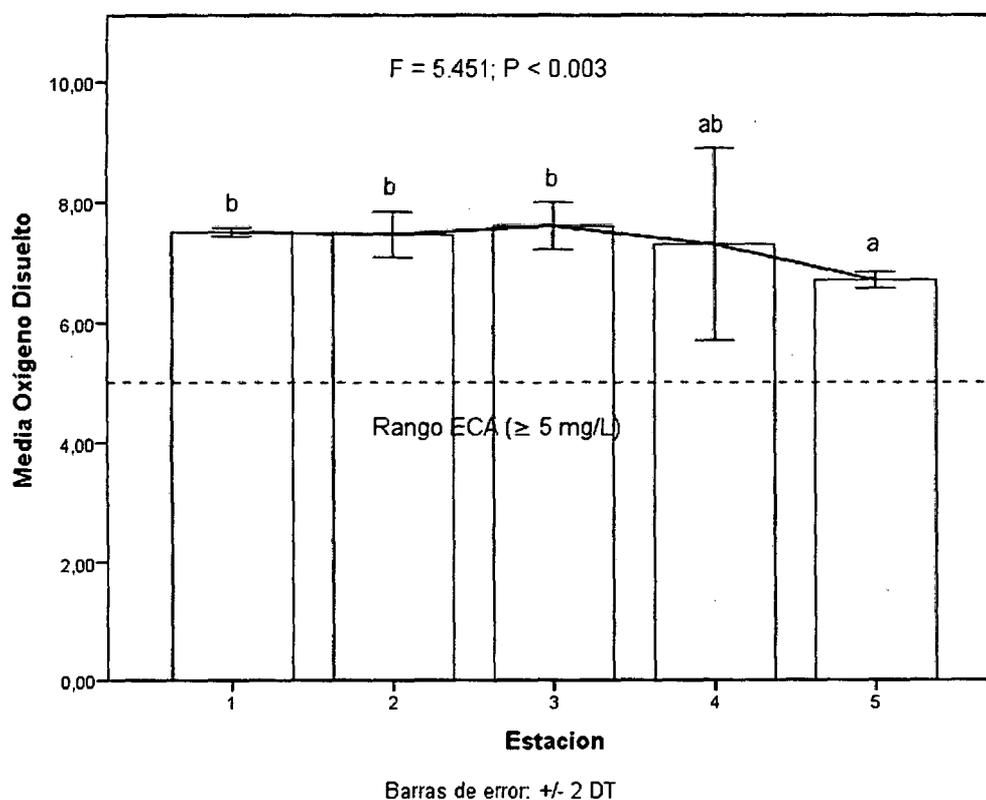


Figura 9. Distribución de la variable Oxígeno Disuelto en el río Madre de Dios

Fuente: Elaboración propia, (2015)

En cambio (Araujo 2013), reporta que un aumento en los niveles de oxígeno disuelto al disminuir la temperatura por ejemplo en las estaciones Pastora o lago Tupa Amaru. En cualquier caso todas las muestras se mantuvieron bajo los límite permisibles para oxígeno disuelto según los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua,

(DECRETO SUPREMO N° 002-2008-MINAM) es decir por debajo de 4 ppm en los cursos I al IV y superior a 5 ppm en los cursos V y VI). En cambio (McKinsey & Chapman, 1998). Indican que el oxígeno se encuentra inversamente relacionado a la temperatura de tal forma que un aumento en la temperatura del agua implica una bajada de oxígeno ya que lo acerca más a su punto de saturación favoreciendo su dilución y escape al aire. Considerando que en el presente estudio se observa que, el oxígeno disuelto en la estación 5 es significativamente diferente a las estaciones 1, 2, 3 posiblemente debido a que en la estación 5 habría mayor turbidez lo cual estaría disminuyendo la entrada de luz en los cuerpos de agua, lo que no sucedería entre las estaciones 1, 2 y 3 donde el agua tendría menor turbidez debido a la sedimentación de los sólidos disueltos lo que podría estar favoreciendo la entrada de luz en los cuerpos de agua del río y consecuentemente la fotosíntesis favoreciendo el aumento del oxígeno disuelto.

5.1.2.4 Fosfatos

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones de muestreo en cuanto a los Fosfatos, la estación 3 (Debajo de Laberinto) fue la que presentó los Fosfatos más bajos, mientras que la estación 5 (arriba de la boca del río Colorado) fue la que presentó los Fosfatos más alto ver (Tabla 17, Fig. 10), si bien se presentaron diferencias significativas entre las estaciones de muestreo, todas se encontraron dentro de los valores establecido por los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental ECA (0,5 mg/l) para cuerpos de agua de la Amazonía (categoría 4: Conservación del ambiente acuático).

Tabla 17. Estadísticos descriptivos (promedio y desviación estándar) para la variable de Fosfatos en las 5 estaciones de muestreo.

Estación	Media mg/l	Desviación típica	N	ECA mg/l
E/1 (Puerto Pardo)	0,14517	,203260	6	0,5
E/2 (La Pastora)	0,03700	,020406	6	
E/3 (Debajo de Laberinto)	0,00500	,000000	6	
E/4 (Arriba de Laberinto)	0,03117	,016315	6	
E/5 (Arriba de la boca del río Colorado)	0,24450	,143193	6	
Total	0,09257	,138310	30	

Fuente: Elaboración propia, (2015)

5.1.2.4. 1 Valores promedio de fosfatos en las estaciones de muestreo.

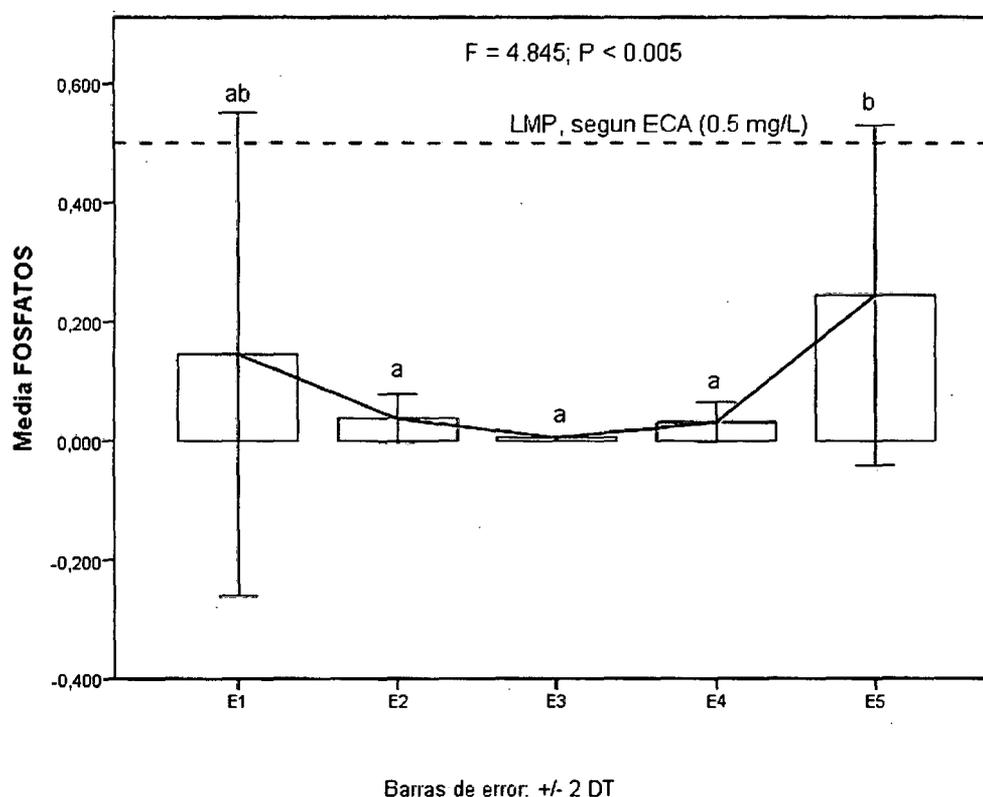


Figura 10. Distribución de la variable Fosfatos en el río Madre de Dios

Fuente: Elaboración propia, (2015)

Según Serrano *et al.* (2006), El enriquecimiento de los ecosistemas acuáticos en nutrientes originados por la actividad humana se conoce como eutrofización antrópica y puede producirse tanto por aportes en forma disuelta (generalmente fosfato y compuestos inorgánicos de nitrógeno derivados del uso excesivo de fertilizantes en suelos agrícolas) como a través de sustancias particuladas (materia orgánica y coloides provenientes de vertidos urbanos y agropecuarios). Por otra parte (Hunter, 2002) dice que la eutrofización constituye actualmente la forma de contaminación más grave para los ecosistemas acuáticos continentales de todo el mundo. Así mismo (Margalef, 1983), indica que, básicamente, este proceso comienza con el aumento de la cantidad de nutrientes que recibe un sistema acuático. Por tanto, la eutrofización acelera la producción del sistema, pero produce un desequilibrio en el reciclado de los nutrientes que desencadena diversos procesos de autoalimentación que hacen perdurar las condiciones de eutrofización, incluso después de reducirse la entrada de nutrientes (Margalef, 1983). Si bien no se han registrado Fosfatos en niveles que superen los ECA, en el río Madre de Dios, las diferencias significativas estarían

asociado al uso de fertilizantes (como NPK) en los predios agrícolas aledaños a la estación de muestreo que por la escorrentía acceden al río. En la estación 1 los valores son aproximadamente poco más de la mitad de lo reportado en la estación 5 lo que sugiere además otros aportes exógenos como aquellos provenientes del uso de detergentes.

5.1.2.5 Aceites y grasas.

No se registraron diferencias estadísticamente significativas entre las cinco estaciones de muestreo en cuanto a los Aceites y Grasas, ya que este indicador fue reportado por debajo de los límites detectables según el laboratorio CERPER ($< 0,50$ mg/l), sin embargo, según los valores establecido en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA), para poder considerar un cuerpo de agua contaminado este debería presentar película visible de aceites y grasas lo cual no sucedió en el presente estudio, lo que pudiera atribuirse que esta ausencia de aceites y grasas estaría relacionada más a la dilución por el alto volumen de agua que carga el río Madre de Dios que a la ausencia en sí misma ver (tabla 18, fig. 11)

Tabla 18. Estadísticos descriptivos (promedio y desviación estándar) para la variable Aceites y Grasas en las 5 estaciones de muestreo.

Estación	Media mg/l	N	ECA mg/l
E/1 (Puerto Pardo)	< 0,50	6	Ausencia de película visible
E/2 (La Pastora)	< 0,50	6	
E/3 (Debajo de Laberinto)	< 0,50	6	
E/4 (Arriba de Laberinto)	< 0,50	6	
E/5 (Arriba de la boca del río Colorado)	< 0,50	6	
Total		30	

Fuente: Elaboración propia, (2015)

Según los estudios realizados por (Chota Macuyama, *et al*, 2014), menciona que los resultados del análisis de agua en siete estaciones de muestreo, en ambos períodos hidrológicos, mostraron que el agua de los ríos, Curaray, Arabela y Napo a excepción de la Estación Curaray 1 (Arica), estuvieron libres de aceites y grasas. Asimismo, IIAP. Iquitos, Perú. (1995), reportaron, los diversos puntos de los ríos de la Amazonia se encuentra contaminados por aceites y grasas originadas por las instalaciones portuarias y la navegación fluvial.

5.1.2.5. 1 Valores promedio de Aceites y Grasas en las estaciones de muestreo.

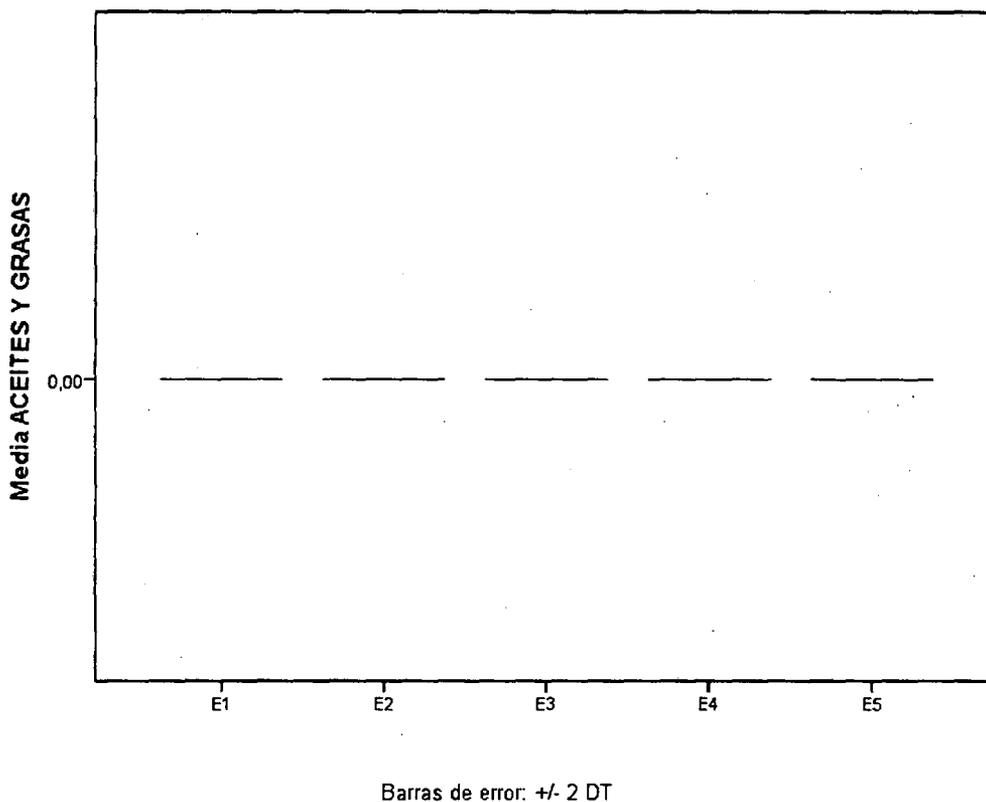


Figura 11. Distribución de la variable Aceites y Grasas en el río Madre de Dios

Fuente: Elaboración propia, (2015)

5.1.2.6 Nitratos

No se registraron diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones de muestreo en cuanto a los Nitratos, de la (Tabla 19 y figura 12) se tiene que los nitratos, para todas las estaciones, estuvieron por debajo del ECA establecido para este parámetro, según los resultados emitidos por el laboratorio, se puede observar que no hubo diferencias significativas para los nitratos entre todas las estaciones de muestreo lo que sugiere que el riesgo de eutrofización del río Madre de Dios es prácticamente nulo aunado al hecho de que el valor máximo es poco menos que la décima parte del correspondiente ECA.

Tabla 19. Estadísticos descriptivos (promedio y desviación estándar) para la variable Nitratos en las 5 estaciones de muestreo.

Estación	Media mg/l	Desviación típica	N	ECA mg/l
E/1 (Puerto Pardo)	,66067	,079731	6	10
E/2 (La Pastora)	,64967	,214630	6	
E/3 (Debajo de Laberinto)	,71783	,073505	6	
E/4 (Arriba de Laberinto)	,72283	,268150	6	
E/5 (Arriba de la boca del río Colorado)	,82133	,152293	6	
Total	,71447	,173820	30	

Fuente: Elaboración propia, (2015)

5.1.2.6.1 Valores promedio de los Nitratos en las estaciones de muestreo.

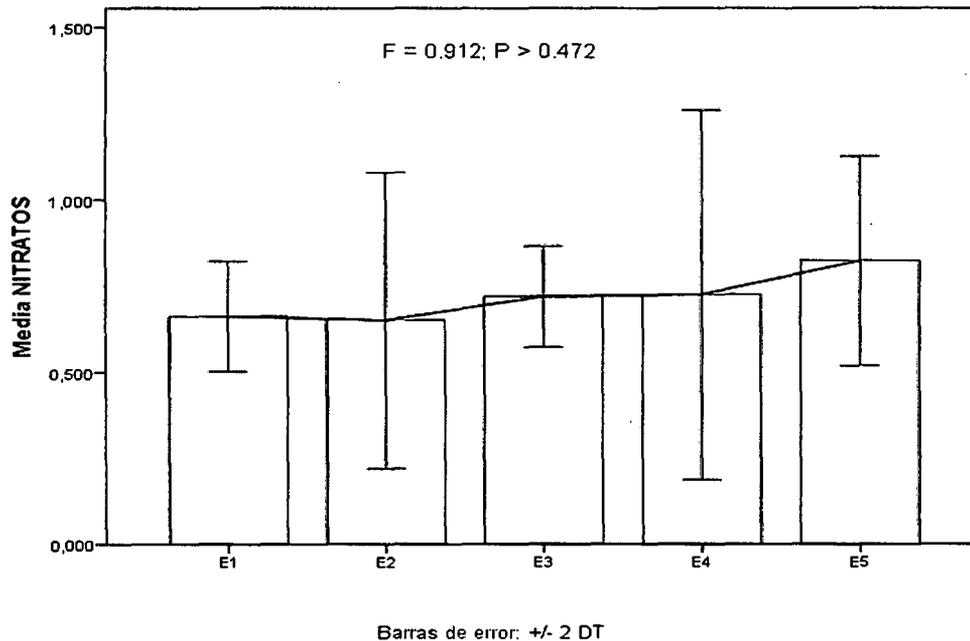


Figura 12. Distribución de la variable Nitratos en el río Madre de Dio

Fuente: Elaboración propia, (2015)

sin embargo la estación 2 (la Pastora) presentó los Nitratos más Bajo (0,64967 mg/l), mientras que la estación 5 (Arriba de la boca del río Colorado) presentó los Nitratos más alto (0,82133 mg/L), ver (Tabla 14, figura 11), sin embargo se encuentran de los ECA, desestimando el hecho de que no habría riesgo en el ecosistema acuático ni riesgo de eutrofización del río Madre de Dios es prácticamente nulo aunado al hecho de que el valor máximo es poco menos que la décima parte del correspondiente ECA,

sumado a esto se le podría atribuir a la dilución de los nitratos al alto volumen de agua que carga el río Madre de Dios.

5.2 Análisis microbiológico en la columna de agua.

5.2.1 Coliformes termotolerantes en agua

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones de muestreo en cuanto a los Coliformes Termotolerantes, la estación 4 (arriba de Laberinto) fue la que presentó los Coliformes Termotolerantes más bajo, mientras que la estación 5 (arriba de la boca del río Colorado) fue la que presentó los Coliformes Termotolerantes más alto (Tabla 20, Fig. 13), si bien se presentaron diferencias significativas entre las estaciones, todas las estaciones están por debajo del ECA (2000 NMP/100mL) para cuerpos de agua de la Amazonía (categoría 4: Conservación del ambiente acuático), e incluso para el valor más alto 1116.67 NMP/100ml, correspondiente a la estación 5 (arriba de la boca del río Colorado).

Tabla 20. Estadísticos descriptivos (promedio y desviación estándar) para la variable de Coliformes Termotolerantes en las 5 estaciones de muestreo.

Estación	Media	Desviación típica	N	ECA (NMP/100 mL)
E/1 (Puerto Pardo)	533,33	265,832	6	2000
E/2 (La Pastora)	266,67	121,106	6	
E/3 (Debajo de Laberinto)	683,33	204,124	6	
E/4 (Arriba de Laberinto)	50,00	54,772	6	
E/5 (Arriba de la boca del río Colorado)	1116,67	507,609	6	
Total	530,00	452,693	30	

Fuente: Elaboración propia, (2015)

5.4.2 Coliformes Fecales en agua

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones de muestreo en cuanto a los Coliformes Totales La estación 4 (arriba de Laberinto) fue la que presentó los Coliformes Tatales más bajo, mientras que la estación 5 (arriba de la boca del río Colorado) fue la que presentó los Coliformes Totales más alto (Tabla 21, Fig. 14), si bien se presentaron diferencias significativas entre las estaciones, todas las estaciones están por debajo del ECA (3000 NMP/100mL) para cuerpos de agua de la

Amazonía (categoría 4: Conservación del ambiente acuático), e incluso para el valor más alto 2150.00 NMP/100mL, correspondiente a la estación 5 (arriba de la boca del río Colorado).

Tabla 21. Estadísticos descriptivos (promedio y desviación estándar) para la variable de Coliformes Totales en las 5 estaciones de muestreo.

Estación	Media	Desviación típica	N	ECA (NMP/100 mL)
E/1 (Puerto Pardo)	1516,67	440,076	6	3000
E/2 (La Pastora)	883,33	263,944	6	
E/3 (Debajo de Laberinto)	950,00	327,109	6	
E/4 (Arriba de Laberinto)	500,00	551,362	6	
E/5 (Arriba de la boca del río Colorado)	2150,00	939,681	6	
Total	1200,00	781,687	30	

Fuente: Elaboración propia, (2015)

5.2.2.1 Valores promedio de Coliformes termotolerantes en las estaciones de muestreo.

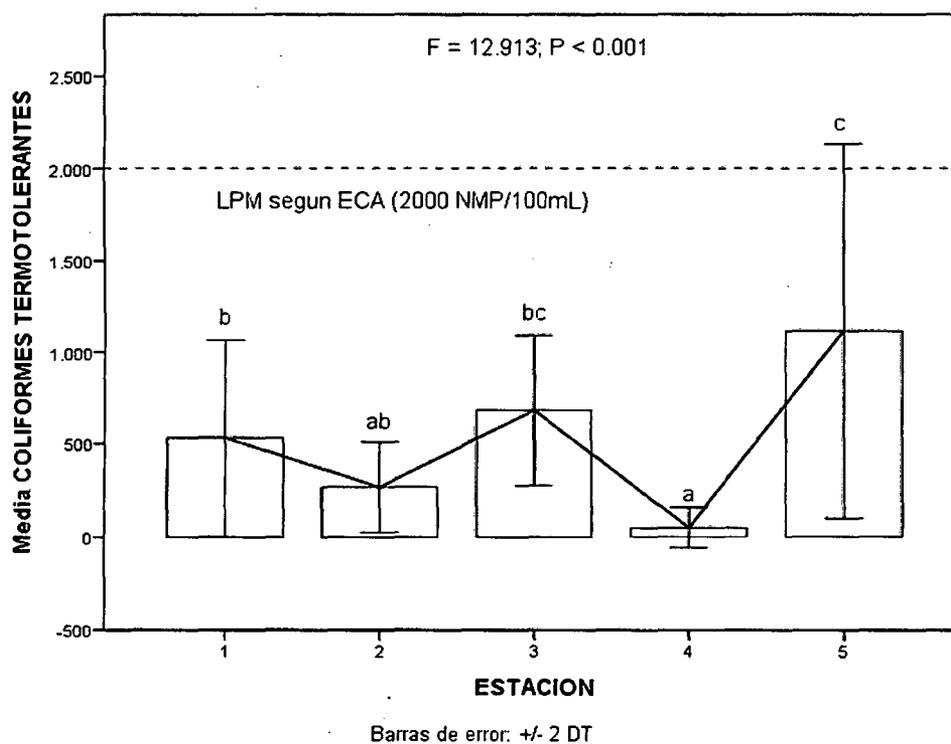


Figura 13. Valores promedio de Coliformes Termotolerantes en el río Madre de Dios

Fuente: Elaboración propia, (2015)

5.2.2.2 Valores promedio de Coliformes Fecales en las estaciones de muestreo.

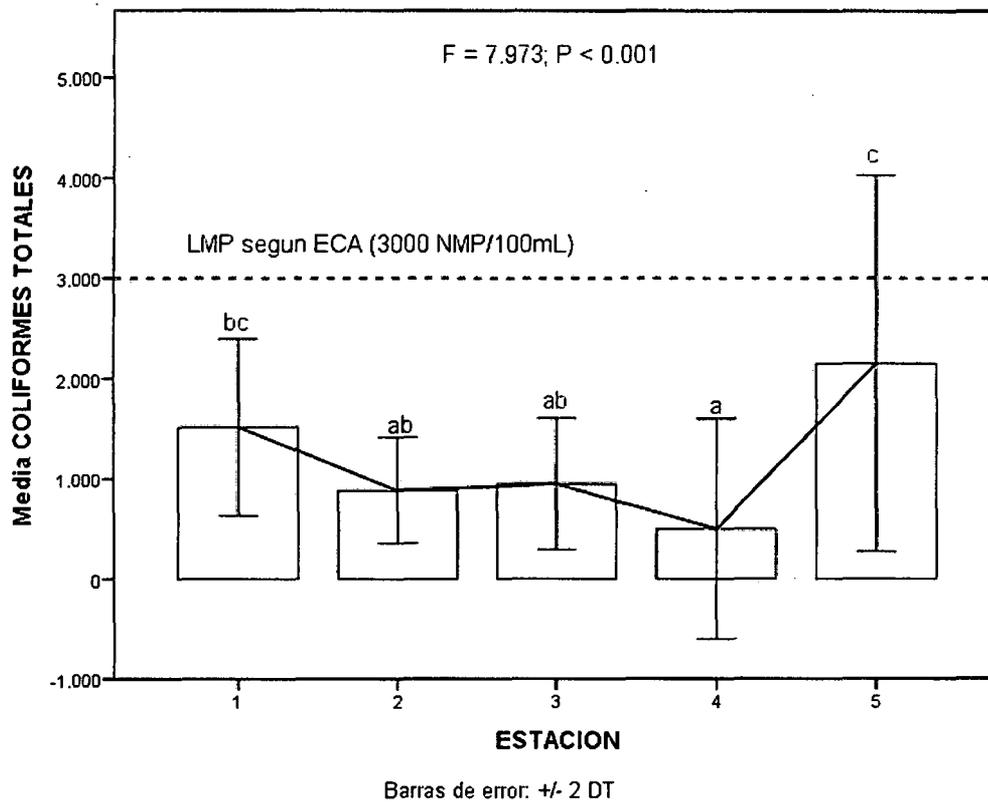


Figura 14. Valores promedio de Coliformes Totales en el río Madre de Dios

Fuente: Elaboración propia, (2015)

Generalmente, las bacterias coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo (CEPIS, 1987). Químicamente es un bacilo gramnegativo (MINAE 2003). Araujo (2013) realizó un proyecto donde mencionan que los coliformes fecales sin reportar ningún incidente que supere los límites permitidos. La quebrada Arturo (CN Puerto Arturo) mostró los valores más altos (2500 UFC) seguido de Las Piedras (1500 UFC) mientras Madre de Dios 1 (arriba de boca Piedras) y el tributario de Manuani los más bajos (400 y 80 UFC respectivamente). Al momento del muestreo el tributario de Manuani casi está apto para el consumo directo sin potabilización (50 UFC). Estos organismos se asocian al aparato digestivo de los animales superiores y su presencia en un medio natural, indica la actividad de un animal silvestre o en nuestro caso un vertido de agua negra excedente de la actividad doméstica. El consumo o uso recreativo de un cuerpo de agua contaminado puede generar enfermedades debido a la ingesta de agua sin potabilizar o accidental en el caso de los bañistas. Estos índices se encuentran reglados en el Perú (Araujo, 2013). Aunque no es posible distinguir entre coliformes de

origen humano o animal, existen ensayos para diferenciar entre coliformes totales, que incluyen los de animales y suelo y coliformes fecales, que incluyen únicamente los humanos (Bartrám y Ballance 1996).

5.3 Análisis de metales pesados en la columna de agua.

5.3.1 Mercurio

Se registraron diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones de muestreo en cuanto al Mercurio, la estación 3, 4 y 5 (Debajo de Laberinto, Arriba de Laberinto, Arriba de la boca del río Colorado), el mercurio fue reportado en niveles no detectables (ND) según el laboratorio CERPER, mientras que la estación 1 (Puerto Pardo) fue la que presentó el Mercurio más alto, seguido de la estación 2 (Puerto Pastora) ver (Tabla 22, Fig. 15), superando así los valores establecidos por el ECA (0,0001mg/l) para cuerpos de agua de la Amazonía (categoría 4: Conservación del ambiente acuático).

Tabla 22. Estadísticos descriptivos (promedio y desviación estándar) para la variable el Mercurio en las 5 estaciones de muestreo.

Estación	Media mg/L	Desviación típica	N	ECA mg/L
E/1 (Puerto Pardo)	,001167	,0006861	6	0.0001
E/2 (La Pastora)	,000150	,0000548	6	
E/3 (Debajo de Laberinto)	,000000	ND	6	
E/4 (Arriba de Laberinto)	,000000	ND	6	
E/5 (Arriba de la boca del río Colorado)	,000000	ND	6	
Total	,000263	,0005442	30	

ND = No detectable

Fuente: Elaboración propia, (2015)

Un informe técnico de calidad de aguas realizado en la cuenca minera por parte de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) en el año 2010 reportó varios incidentes que superaron los niveles máximos permitidos (MINAM 2008) de los metales pesados Mercurio, Níquel y Cobre. Es muy inusual detectar un metal pesado en suspensión en agua siendo más habitual en sedimentos aluvial es debido a que su elevado peso específico lo hace precipitar rápidamente. Estos incidentes se achacan a la proximidad del foco de emisión, presumiblemente la actividad minera (ANA, 2010). Así mismo (DIGESA, 2010) reportó los resultados de análisis de mercurio en dos etapas uno en el mes de Abril de 2010 donde reportando los siguientes resultados (0,00364 mg/l) los

cuales se encuentran por encima de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental y Agosto de 2010, ($< 0,00011 \text{ mg/l}$), por debajo del nivel de detección.

5.2.3.1. Valores promedio de mercurio en las estaciones de muestreo.

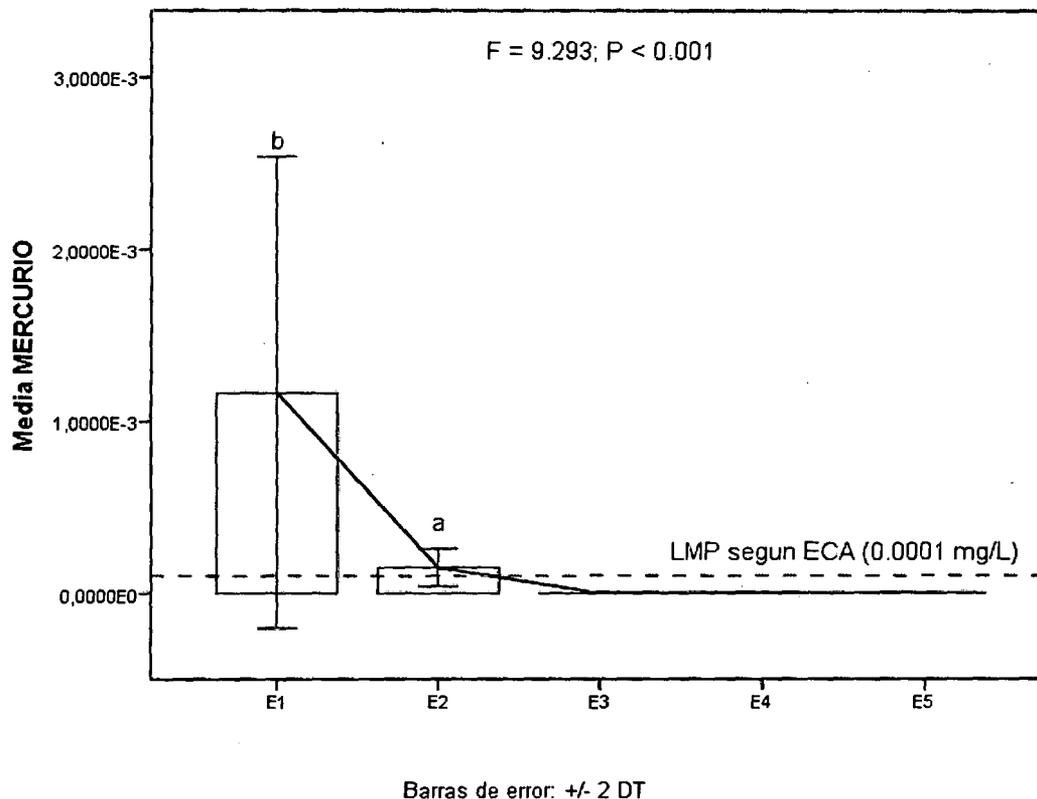


Figura 15. Distribución de la variable Mercurio en el río Madre de Dios

Fuente: Elaboración propia, (2015)

5.4 Análisis de metales pesados en los sedimentos.

De las Nueve variables estudiadas (Cromo, Manganeseo, Hierro, Cobre, Zinc, Arsénico, Cadmio, Mercurio, Plomo), cinco variables (Manganeseo, Hierro, Zinc, Arsénico y Plomo) presentaron diferencias estadísticamente significativas entre las cinco estaciones de muestreo, así mismo cuatro variables (Cromo, Cobre, Cadmio y Mercurio) no presentaron diferencias estadísticamente significativas los cuales además se encuentran por debajo de los valores establecidos por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos USEPA.

5.4.1 Manganeseo (Mn).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones de muestreo en cuanto al Manganeseo, la estación 4 (arriba de Laberinto) fue la que

presentó el Manganeseo más bajo, mientras que la estación 1 (Puerto Pardo) fue la que presentó el Manganeseo más alto (Tabla 23, Fig. 16), estos valores promedio registrados entre las estaciones de muestreo se encuentran muy por encima de los valores establecidos por la USEPA (30 mg/kg).

5.4.2 Hierro (Fe).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones de muestreo en cuanto al Hierro, la estación 1 (Puerto Pardo) fue la que presentó el Hierro más bajo, mientras que la estación 3 (debajo de Laberinto) fue la que presentó el Hierro más alto (Tabla 24, Fig. 17), estos valores promedio registrados entre las cinco estaciones de muestreo se encuentran muy por encima de los valores establecidos por la USEPA (30 mg/kg). Según (Martínez Rodríguez, 2002) El hierro está presente en una amplia variedad de aguas residuales industriales, incluyendo operaciones de minería (actividades que se realizan en el municipio de Ruiz), aguas residuales de la industria química, manufactura de tintas, procesamiento de metales, de fábricas textiles, refinación de petróleo y otros. El hierro existe en las formas férricas y ferrosas, dependiendo del pH y la concentración de oxígeno disuelto. Así mismo (Cutipa, y Araujo, 2012) indican que las aguas de nuestra cuenca poseen hierro de forma natural (debido a la geología) grandes cantidades de Aluminio (20 veces superior a los límites) y Hierro (10 veces), que son eliminados en el tratamiento de potabilización.

Tabla 23. Estadísticos descriptivos (promedio y desviación estándar) para la variable de Manganeseo en las 5 estaciones de muestreo.

Estación	Media mg/kg	Desviación típica	N	USEPA mg/kg
E/1 (Puerto Pardo)	358,717	68,0302	6	30
E/2 (La Pastora)	309,750	74,7262	6	
E/3 (Debajo de Laberinto)	273,167	51,4279	6	
E/4 (Arriba de Laberinto)	241,800	59,9045	6	
E/5 (Arriba de la boca del río Colorado)	262,483	35,4563	6	
Total	289,183	69,3189	30	

Fuente: Elaboración propia, (2015)

Tabla 24. Estadísticos descriptivos (promedio y desviación estándar) para la variable Hierro en las 5 estaciones de muestreo.

Estación	Media mg/kg	Desviación típica	N	USEPA mg/kg
E/1 (Puerto Pardo)	18193,50	2070,758	6	30
E/2 (La Pastora)	20696,83	3975,004	6	
E/3 (Debajo de Laberinto)	22460,50	1697,110	6	
E/4 (Arriba de Laberinto)	18787,33	731,222	6	
E/5 (Arriba de la boca del río Colorado)	18748,33	1032,555	6	
Total	19777,30	2615,621	30	

Fuente: Elaboración propia, (2015)

De las tablas precedentes 16 Y 17, se tiene que la concentración de Manganeseo y Hierro en los sedimentos se registraron muy por encima de los valores referenciales según la USEPA, en el primer caso el Manganeseo aumento de 8 a 10 veces su concentración.

5.4.2.1 Valores promedio de Manganeseo en las estaciones de muestreo.

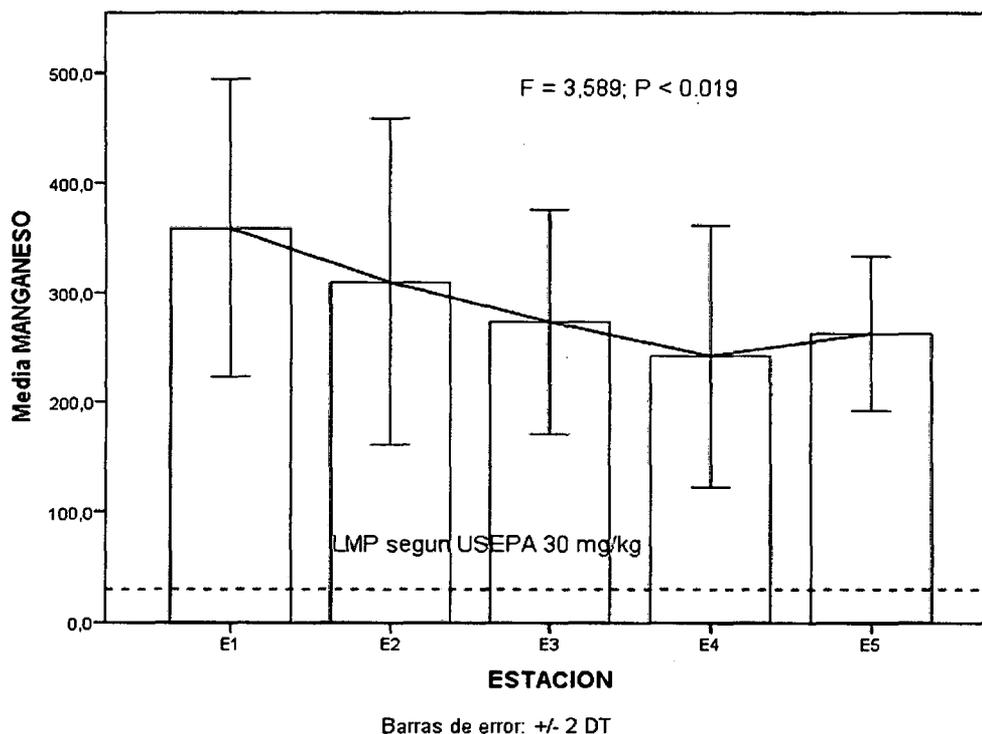


Figura 16. Distribución de la variable Manganeseo en el río Madre de Dios

Fuente: Elaboración propia, (2015)

5.4.2.2 Valores promedio de Hierro en las estaciones de muestreo.

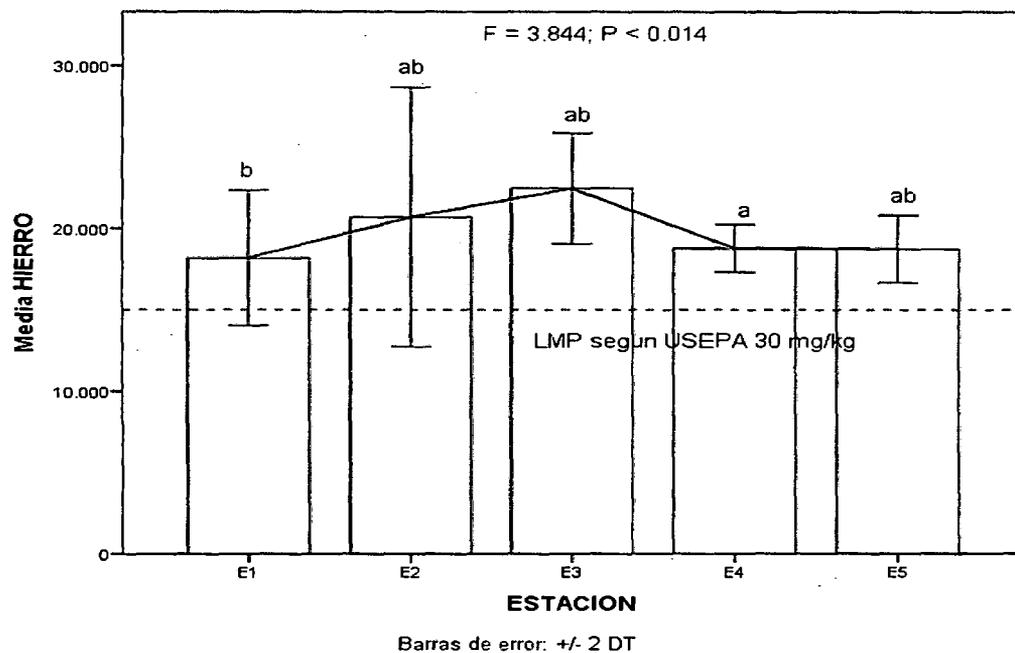


Figura 17. Distribución de la variable Hierro en el río Madre de Dios

Fuente: Elaboración propia, (2015)

Así mismo el Hierro supera en 600 veces o poco más sobre los valores establecidos por la USEPA, lo cual significaría un riesgo para la salud humana para todas aquellas personas que hacen uso directo e indirecto de este recurso hídrico, contaminación que podría deberse a la incorporación de residuos metálicos en el curso de agua como también a la escorrentía de sus lixiviados, así como por los aportes de la minería aurífera aluvial procedente del río Tambopata. Según (Fujita, 2014), Evaluó la contaminación de sedimentos en un área densamente pobladas y otra área escasamente pobladas, tiraderos a cielo abierto y áreas naturales no disturbadas, los resultados muestran que las zonas densamente pobladas tienen la contaminación significativas los cuales atribuye a las aguas residuales domésticas producto de las fugas de instalaciones pobremente instaladas que penetran a los ríos. En cambio (Zhou, 2014) evaluó los sedimentos superiores y de fondo de 26 ríos, los resultados muestran la concentración de metales pesados en la capa superior de la mayoría de los ríos son más altas que en la capa profunda.

5.4.3 Zinc (Zn).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las cinco estaciones de muestreo en cuanto al Zinc, la estación 4 (arriba de Laberinto) fue la que presentó

el Zinc más bajo, mientras que la estación 3 (debajo de Laberinto) fue la que presentó el Zinc más alto (Tabla 25, Fig. 18), si bien se presentaron diferencias entre las estaciones, todas se encontraron por debajo de los valores establecidos por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos USEPA (110 mg/kg).

Tabla 25. Estadísticos descriptivos (promedio y desviación estándar) para la variable de Zinc en las 5 estaciones de muestreo

Estación	Media mg/kg	Desviación típica	N	USEPA mg/kg
E/1 (Puerto Pardo)	42,5967	2,78192	6	110
E/2 (La Pastora)	41,7100	5,55685	6	
E/3 (Debajo de Laberinto)	54,3333	7,55339	6	
E/4 (Arriba de Laberinto)	37,3500	3,21856	6	
E/5 (Arriba de la boca del río Colorado)	46,7100	2,60668	6	
Total	44,5400	7,30783	30	

Fuente: Elaboración propia, (2015)

De la Tabla anterior se tiene que la concentración de Zn en sedimento, en todas las estaciones de muestreo, estuvo por debajo del valor referencial establecido por la USEPA.

5.4.3.1 Valores promedio de Zinc en las estaciones de muestreo.

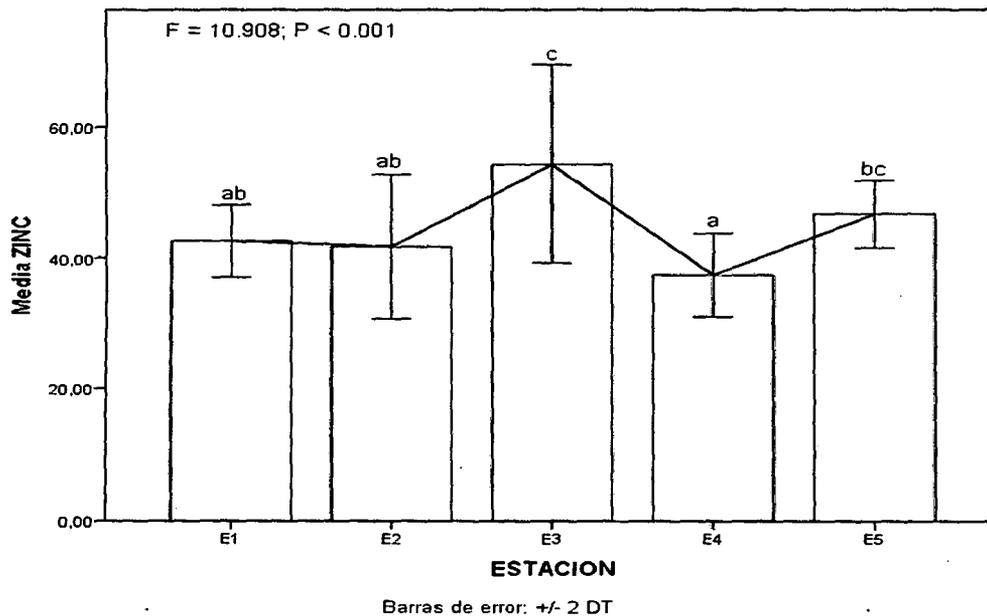


Figura 18. Distribución de la variable Hierro en el río Madre de Dios

Fuente: Elaboración propia, (2015)

Este metal se aprecia como un elemento sólido de color gris a temperatura ambiente, es dúctil y maleable (Romero *et al*, 2010). Otros autores como Florea han reportado que el Zn se absorbe rápidamente y casi un 90% es almacenados en los músculos de los peces, por lo tanto la cantidad de Zn disponible en sangre puede variar con respecto a la cantidad real que hay en el organismo. En cambio (Tirado y Martínez, 2015) realizaron un “Estudio de la calidad de agua de la cuenca del río Santa”, en la que se estudió el efecto contaminante del pasivo minero de Ticapampa, que constituye un relave polimetálico de flotación de minerales sulfurados de cobre, plomo y zinc, el cual se localiza en la cuenca media del río Santa, la cual ha sido negativamente impactada desde el año de 1900, por las labores mineras de Collaracra, el Triunfo y la Florida.

5.4.4 Arsénico (As).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones de muestreo en cuanto al Arsénico, las estaciones 1, 3,5 (Puerto Pardo, debajo de Laberinto, arriba de la boca del río Colorado) fueron las que presentaron el Arsénico más bajo, mientras que la estación 2 (boca toma EMAPAT) fue la que presentó el Arsénico más alto (Tabla 26, Fig. 19), si bien se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre las cinco estaciones se concluye que sólo la estación 2 (la Pastora) presento el arsénico muy cerca al límite de los valores establecidos por la USEPA (7,27 mg/kg), mientras que las demás estaciones se registraron por debajo de los valores de la USEPA.

Tabla 26. Estadísticos descriptivos (promedio y desviación estándar) para la variable de Arsénico en las 5 estaciones de muestreo.

Estación	Media mg/kg	Desviación típica	N	USEPA mg/kg
E/1 (Puerto Pardo)	,04900	,000000	6	8,2
E/2 (La Pastora)	7,27217	1,469699	6	
E/3 (Debajo de Laberinto)	,04900	,000000	6	
E/4 (Arriba de Laberinto)	2,68100	4,281531	6	
E/5 (Arriba de la boca del río Colorado)	,04900	,000000	6	
Total	2,02003	3,426659	30	

Fuente: Elaboración propia, (2015)

Este elemento químico en mayor proporción proviene de la industria química, minería, agricultura (insecticidas arsenicales), productos farmacéuticos, de las fundiciones de

metales no ferrosos y de la combustión de carbón mineral (Marín, 1996). Sin embargo (Zhou 2014), evaluó los sedimentos superiores y del fondo, los resultados muestran altas concentraciones de metales pesados en la capa superior de la mayoría de los ríos son más altas que en la capa profunda, estas altas concentraciones de As, Cd, Hg, Mn, Mo, Pb y Zn en la capa superior posiblemente es debido a impactos antropogénicos. La USEPA usa valores de ERL (bajo rango de efectos) y ERM (mediano rango de efectos) como un tipo de referencia para sedimentos. Ella define un valor referencial como una concentración que, cuando es superada, tiene el potencial para causar daño o riesgo significativo a humanos o animales en el ambiente. La USEPA también ha usado los valores de ERL y ERM para estudios de contaminación de sedimentos.

5.4.4.1 Valores promedio de Arsénico en las estaciones de muestreo.

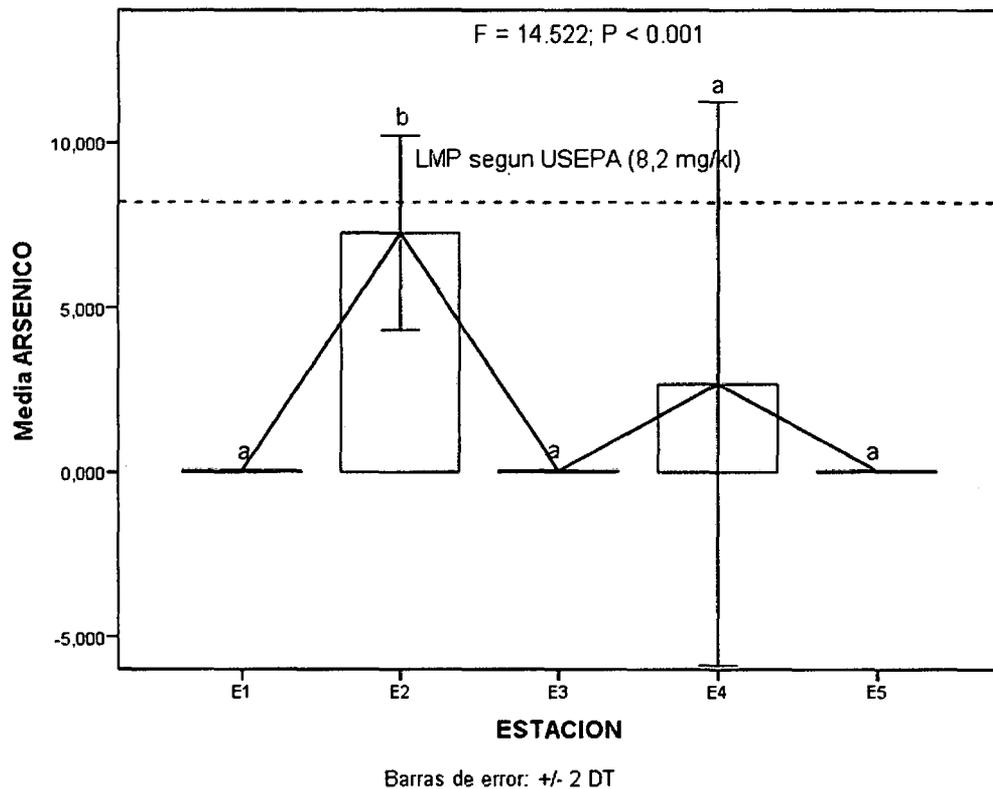


Figura 19. Distribución de la variable Arsénico en el río Madre de Dios

Fuente: Elaboración propia, (2015)

De la Tabla 20 y (anexos --), se tiene que únicamente en la estación 2 (la Pastora) el valor de Arsénico es fronterizo con el ERL lo que sugiere aportes de fuentes antropogénicas al lecho del río.

5.4.5 Plomo (Pb).

Se registraron diferencias estadísticamente significativas entre las cinco estaciones de muestreo en cuanto al Plomo, las estaciones 1, 2, 3 (Puerto Pardo, boca toma EMAPAT, debajo de Laberinto) fueron los que registraron el Plomo más bajo, mientras que la estación 5 (arriba de la boca del río Colorado), fue la que presentó el Plomo más alto seguido de la estación 4 (arriba de Laberinto) ver (Tabla 27, Fig. 20). La USEPA utiliza el SQG: Lineamientos de calidad de sedimentos para el análisis del Pb, si bien se presentaron diferencias significativas entre las cinco estaciones, todas se registraron por debajo de los valores establecidos por la USEPA (40,0 mg/kg)

Tabla 27. Estadísticos descriptivos (promedio y desviación estándar) para la variable de Plomo en las 5 estaciones de muestreo.

Estación	Media mg/kl	Desviación típica	N	USEPA mg/kg
E/1 (Puerto Pardo)	,01900	,000000	6	40,0
E/2 (La Pastora)	,01900	,000000	6	
E/3 (Debajo de Laberinto)	,01900	,000000	6	
E/4 (Arriba de Laberinto)	3,85250	2,211911	6	
E/5 (Arriba de la boca del río Colorado)	5,24217	1,785267	6	
Total	1,83033	2,585330	30	

Fuente: Elaboración propia, (2015).

5.4.5.1 Valores promedio de Plomo en las estaciones de muestreo.

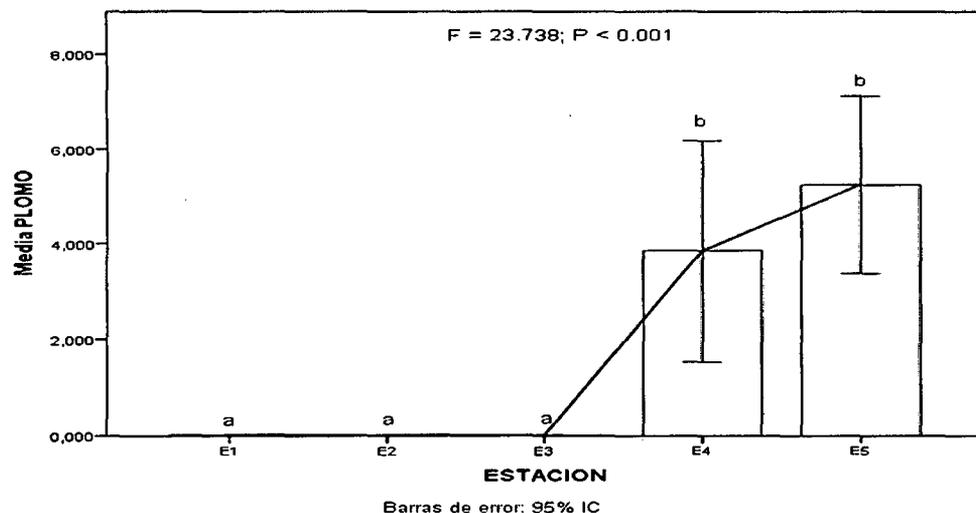


Figura 20. Distribución de la variable Plomo en el río Madre de Dios

Fuente: Elaboración propia, (2015)

Las altas concentraciones de plomo en la mayoría de los ríos indican la importancia de controlar los ambientes naturales del ambiente ecológico y la mineralización considerable enriquecimiento de los metales en la capa superior indican un impacto antropogénico (Zhou, 2014). En cambio (Zahra, 2014) dice que el riesgo de toxicidad por metales pesados como el plomo se atribuye a los procesos naturales y antropogénicos.

5.4.6 Cromo (Cr).

No se registraron diferencias estadísticamente significativas entre las cinco estaciones de muestreo en cuanto al Cromo, sin embargo se observa que las estaciones E1, E3, E4 y E5, fueron las que presentaron el Cromo más bajo, mientras que la estación E2 (boca toma EMAPAT) fue la que presentó el Cromo más alto ver (Tabla 28, Fig. 21), y los valores promedio se encuentran muy por debajo de los límites establecidos por la USEPA.

Tabla 28. Estadísticos descriptivos (promedio y desviación estándar) para la variable Cromo en las 5 estaciones de muestreo.

Estación	Media Mg/kg	Desviación típica	N	USEPA mg/kg
E/1 (Puerto Pardo)	,04900	,000000	6	25
E/2 (La Pastora)	1,67133	3,973889	6	
E/3 (Debajo de Laberinto)	,04900	,000000	6	
E/4 (Arriba de Laberinto)	,04900	,000000	6	
E/5 (Arriba de la boca del río Colorado)	,04900	,000000	6	
Total	,37347	1,777177	30	

Fuente: Elaboración propia, (2015)

De la tabla anterior se tiene que comparando los hallazgos obtenidos con los valores para Cr en sedimentos según la USEPA, estos no superaron los valores referenciales. Así mismo se puede observar que los valores de Cr fueron comparables para todas las estaciones aun cuando los valores para la estación 2 representaron poco más del triple de lo reportado para las otras estaciones, lo que estaría relacionado al vertimiento de residuos sólidos metálicos al río o sus lixiviados.

5.4.6.1 Valores promedio de Cromo en las estaciones de muestreo.

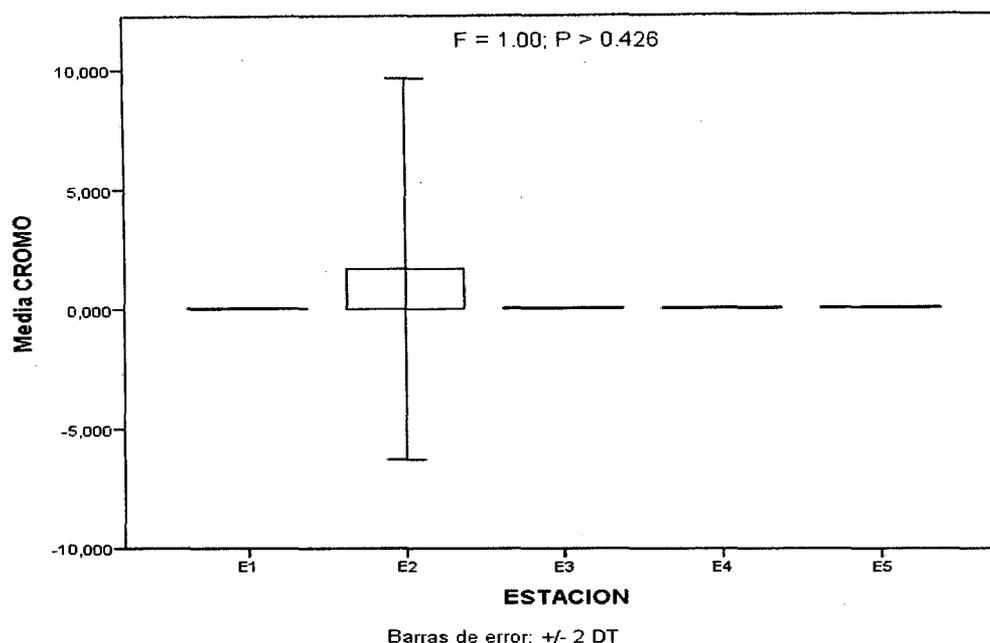


Figura 21. Distribución del Cromo en el río Madre de Dios

Fuente: Elaboración propia, (2015)

5.4.7 Cobre (Cu)

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones de muestreo en cuanto al Cobre, sin embargo se puede observar que la estación 4 (arriba de Laberinto) fue la que presentó el Cobre más bajo, mientras que la estación 1 (Puerto Pardo) fue la que presentó el Cobre más alto (Tabla 29, Fig. 22), así mismo los valores que se muestran en las estaciones E1 y E3 han superado ligeramente la USEPA, seguido de las estaciones E2 y E5 los cuales se encuentran en el borde inferior de la USEPA, que

Tabla 29. Estadísticos descriptivos (promedio y desviación estándar) para Cobre

Estación	Media	Desviación típica	N	USEPA mg/kg
E/1 (Puerto Pardo)	17,2250	1,78156	6	
E/2 (La Pastora)	15,8300	2,91727	6	
E/3 (Debajo de Laberinto)	17,1500	3,80695	6	16
E/4 (Arriba de Laberinto)	13,2633	1,00403	6	
E/5 (Arriba de la boca del río Colorado)	15,7300	1,02497	6	
Total	15,8397	2,64506	30	

Fuente: Elaboración propia, (2015)

5.4.7.1 Valores promedio de Cobre en las estaciones de muestreo.

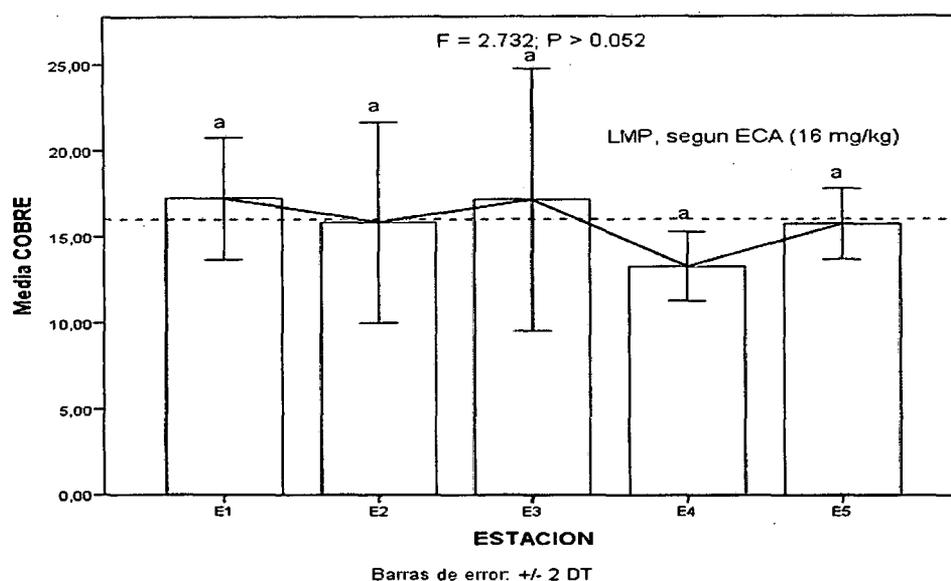


Figura 22. Distribución del Cromo en el río Madre de Dios

Fuente: Elaboración propia, (2015)

5.4.8.1 Cadmio (Cd).

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones de muestreo en cuanto al Cadmio, ver (Tabla 30, Fig. 23), así mismo los valores registrados para todas las estaciones se encuentran por debajo de la USEPA. (0,6 mg/kg).

Tabla 30. Estadísticos descriptivos (promedio y desviación estándar) para la variable de Cadmio en las 5 estaciones de muestreo.

Estación	Media	Desviación típica	N	USEPA mg/kg
E/1 (Puerto Pardo)	,297383	,3054407	6	0,6
E/2 (La Pastora)	,019000	0E-7	6	
E/3 (Debajo de Laberinto)	,106550	,2144528	6	
E/4 (Arriba de Laberinto)	,019000	0E-7	6	
E/5 (Arriba de la boca del río Colorado)	,106550	,2144528	6	
Total	,109697	,2064943	30	

Fuente: Elaboración propia, (2015)

5.3.1.1 Valores promedio de Cadmio en las estaciones de muestreo.

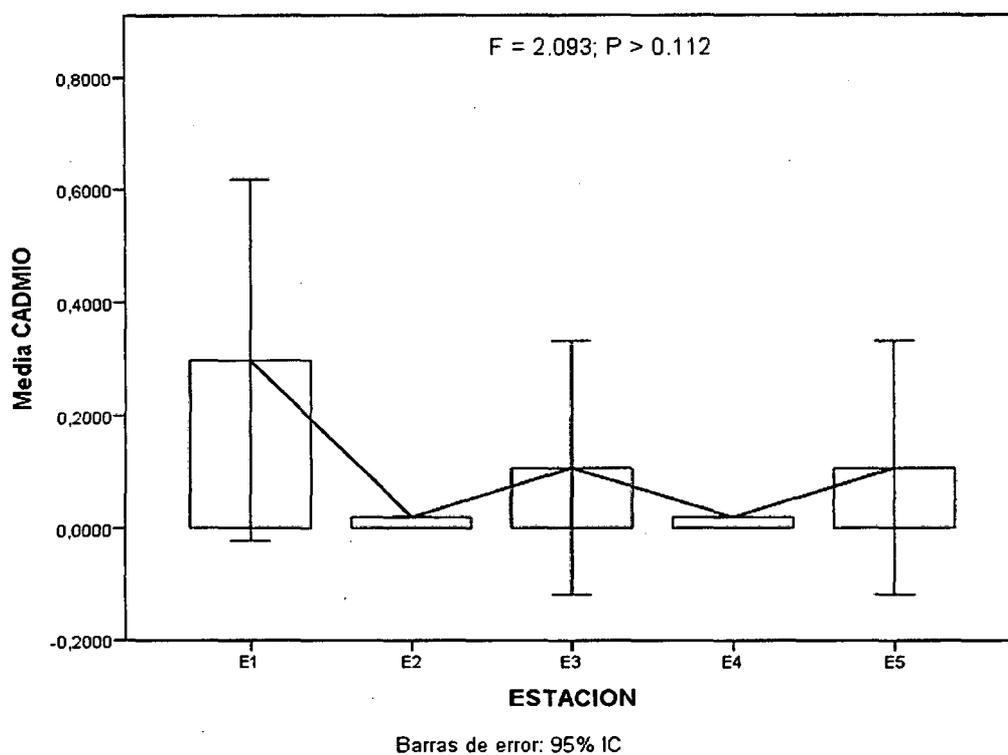


Figura 23. Distribución del Cadmio en el río Madre de Dios

Fuente: Elaboración propia, (2015)

5.4.9 Mercurio (Hg).

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones de muestreo en cuanto al Mercurio ver (tabla 31, fig. 24), así mismo los valores registrados se encuentran por debajo de la USEPA (0,15 mg/kg)

Tabla 31. Estadísticos descriptivos (promedio y desviación estándar) para la variable de Mercurio en las 5 estaciones de muestreo.

Estación	Media	Desviación típica	N	USEPA mg/kg
E/1 (Puerto Pardo)	,00900	,000000	6	0,15
E/2 (La Pastora)	,00900	,000000	6	
E/3 (Debajo de Laberinto)	,00900	,000000	6	
E/4 (Arriba de Laberinto)	,00900	,000000	6	
E/5 (Arriba de la boca del río Colorado)	,00900	,000000	6	
Total	,00900	,000000	30	

Fuente: Elaboración propia, (2015)

5.4.9.1 Valores promedio de Mercurio en las estaciones de muestreo.

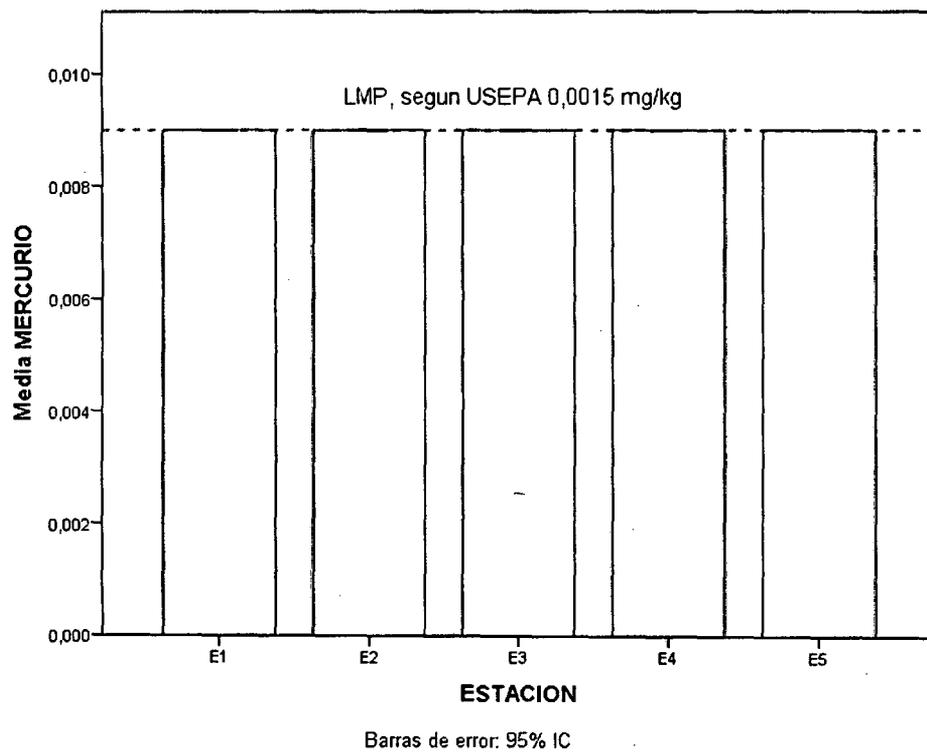


Figura 24. Distribución del Mercurio en el río Madre de Dios

Fuente: Elaboración propia, (2015)

VI. CONCLUSIONES.

1. Se logró estimar la calidad del río Madre de Dios (agua y sedimentos) en cinco estaciones de muestreo donde se colectó muestras en seis puntos colineales de muestreo por cada estación lo que permitió determinar la condición promedio para cada uno de los parámetros estudiados.
2. Referente a los parámetros fisicoquímicos la diferencia significativa en el pH para algunas estaciones podría estar asociada al vertimiento de aguas residuales de las poblaciones asentadas en las riveras, como a la minería aurífera aluvial en otros casos, además de la agricultura y otras actividades antropogénicas. La diferencia significativa en la temperatura, para algunas estaciones podría estar asociada a la alta transitabilidad de las embarcaciones que utilizan los cuerpos de agua como medios de transporte, como también por las descargas de aguas residuales y residuos sólidos de las poblaciones que habitan en las riveras del río. La diferencia significativa en la turbidez, para algunas estaciones podría estar asociada la turbulencia del curso de agua, mayor aguas arriba. La diferencia significativa en el oxígeno disuelto, para algunas estaciones, estaría asociada a la turbidez que dificulta el paso de luz y consecuentemente reduce la fotosíntesis en la vegetación sumergida, como a la menor turbulencia. En cambio, la conductividad eléctrica fue comparable en todas las estaciones por cuanto conforme el curso de agua va internándose en la llanura amazónica, este va perdiendo su carga iónica y transfiriéndola a la biomasa vegetal ripariana tal como sucede en el tramo del río en estudio
3. No se detectó presencia de aceites y grasas en el río Madre de Dios, lo que pudiera estar relacionado más a la dilución por el caudal del río que a la ausencia en sí misma. Los fosfatos, en todas las estaciones de muestreo, estuvieron por debajo del ECA establecido para este parámetro, y los valores altos hallados pudieran estar asociados al uso de fertilizantes (como NPK) en los predios agrícolas aledaños a la estación de muestreo que por la escorrentía acceden al río, como también a otros aportes exógenos como aquellos provenientes del uso de detergentes. La concentración de Hg superó el ECA establecido sólo en dos estaciones lo que sugiere que este incremento sería atribuido a la fuente exógena proveniente del río Tambopata. La concentración de nitratos, en todas las estaciones, estuvo por debajo del ECA establecido lo que sugiere que el riesgo de eutrofización del río Madre de Dios es prácticamente nulo. A nivel de sedimentos, los valores de Cr, Zn, Cd y Pb no superaron los valores referenciales según la

USEPA. Las concentraciones de Mn y Fe, para todas las estaciones, estuvieron muy por encima del valor referencial según la USEPA. La concentración de Cu estuvo inmediatamente debajo y encima del SQG correspondiendo a valores fronterizos. Las concentraciones de As y Hg estuvieron por debajo del valor ERL según la USEPA.

4. Dentro del monitoreo microbiológico los Coliformes Termotolerantes se encuentran dentro de los parámetros de los ECA en todas las estaciones de muestreo lo que estaría asociado a la disposición de excretas, residuos domésticos, o aguas de uso doméstico, como al efecto de dilución por el caudal del río. Asimismo los coliformes totales se encuentran dentro de los parámetros de los ECA, estando los valores bajos posiblemente asociados al vertimiento de mercurio, hidrocarburos y otros químicos que pudieran afectar negativamente a los coliformes totales.
5. Consecuentemente, considerando todos los parámetros evaluados (indicadores fisicoquímicos, mercurio disuelto, metales pesados en sedimento, e indicadores microbiológicos), se puede señalar que no se cumple la hipótesis de que haya una tendencia a empeorar en estos indicadores aguas abajo, muy por el contrario hay variaciones locales por cada estación de muestreo que no se acentúan aguas abajo lo que pudiera estar atribuido, entre otros factores, al caudal del cuerpo de agua y la consiguiente dilución.

7. RECOMENDACIONES:

La cuenca del río Madre de Dios es la más importante en el Departamento de Madre de Dios debido a su extensión territorial, escurrimiento superficial y uso al que se destina; de ahí que es importante y prioritario el control de la calidad del agua de este recurso hídrico, siendo necesario tomar medidas para revertir el deterioro de la misma, por lo que se recomienda:

- A efectos de poder comparar las variaciones que pudieran existir por el acarreo de material aluvial con la creciente del río, se sugiere que se efectúe el monitoreo periódico tanto en temporada de estiaje como en temporada de creciente, principalmente para el caso de las variaciones en la turbiedad.
- Establecer programas y acciones permanentes de monitoreo de factores fisicoquímicos, nutrientes, Bacterias, metales pesados, fitoplancton, zooplancton y otros con el fin de prevenir riesgos a la salud pública y protección al ecosistema.
- Se sugiere que en futuras evaluaciones se considere tanto las mismas estaciones reportadas en el presente estudio como también considerar el establecimiento de otras estaciones considerando actividades económicas clave así como también los aspectos demográficos de las localidades y la caracterización de vertimientos.
- Se sugiere evaluar otros metales en agua tales como cromo, hierro, mercurio, manganeso, cadmio, zinc, plomo, cobre, y arsénico a efectos de relacionar los valores hallados con los correspondientes a sedimento, y consecuentemente poder inferir acerca de su movilidad en la cadena trófica.
- Se sugiere considerar el monitoreo microbiológico del río Madre de Dios tomando muestras seriadas (por cada estación) en número de tres a efectos de poder identificar posibles variaciones por la temperatura del agua que pudieran influenciar en la dinámica poblaciones de los microorganismos.
- Se sugiere utilizar otros indicadores, específicamente bioindicadores, que permitan ser utilizados para determinar la calidad de agua del río Madre de Dios, tales como diatomeas, microcrustáceos, protozoarios, peces, larvas de artrópodos, etc.

- Por último se sugiere realizar el monitoreo fisicoquímico del río Madre de Dios, considerando la mayor cantidad de indicadores a efectos de no perder información sobre la calidad de agua de este recurso hídrico.

8. BIBLIOGRAFIA

- ❖ **Ahumada R., Contreras S. (2002).** Contenido de metales (Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sr, V y Zn) en los sedimentos marinos de la región patagónica, Chile. *Ciencia y Tecnología del Mar.* 25 (2): 77-86. Chile.
- ❖ **Alberro Macías N. Crubellati, R. Stegen Iglesias. (2009).** Manual de Protocolos Armonizados y Evaluados Para la Toma de Muestras y el Análisis de Agua y Sedimentos Para la Región de América Latina y el Caribe.
- ❖ **ANA. (2013).** Informe Técnico de Resultados de Identificación de Fuentes de Contaminación y Monitoreo de la Calidad de Agua en las Cuencas de Tambopata, Malinoski y Madre de Dios. Puerto Maldonado. Informe técnico. Dirección de gestión de la calidad de los recursos hídricos. Madre de Dios Perú.
- ❖ **ANA (2011).** Diagnóstico y plan de gestión de los recursos hídricos en la cuenca de Madre de Dios – Fase I. Informe. Director de Conservación y Planeamiento de los Recursos Hídricos
- ❖ **ANA. 2010.** Vigilancia de la calidad de agua en los ríos Tambopata, Malinoski e Inambari-Madre de Dios. Informe técnico. Dirección de gestión de la calidad de los recursos hídricos. Madre de Dios Perú.
- ❖ **ALONSO G. Manuel Gerardo, Ma. del R. ARNAUD V., R. ROJAS CH. (2004).** Tratamiento alternativo para la remoción de hierro en agua de abastecimiento municipal. *Hig. Sanid. Ambient.* 4:98-105.
- ❖ **Abrahão, Raphael. Monica Carvalho, Wamberto Raimundo da Silva Júnior, Taysa Tamara Viana Machado, Carmem Lúcia Moreira Gadelha, Malva Isabel Medina Hernandez. (2007).** Use of index analysis to evaluate the water quality of a stream receiving industrial effluents. Artículo Científico. Universidade Federal da Paraíba - Laboratório de Recursos Hídricos, Cidade Universitária. Brasil.
- ❖ **APHA; AWWA; WEF (American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, US). (1999).** Standard methods for the examination of water and waste water. Method 2130 A-B/1995.
- ❖ **Apella María C y Paula Z. Araujo. (2005).** Microbiología de agua conceptos básicos. Artículo. Centro de Referencia para Lactobacilos y Universidad Nacional de Tucumán. Chacabuco 145, San Miguel de Tucumán, Tucumán CP 4000 Argentina.

- ❖ **Araujo-Flores, J. (2011).** Proyecto Hidrobiológico Río Tahuamanu – Madre de Dios – PERÚ. USAID, Universidad de Florida, Proyecto especial Madre de Dios.
- ❖ **Araujo Flores, J. (2013).** Determinación del impacto de la actividad minera en la calidad de agua y recursos hidrobiológicos de la comunidad nativa de puerto Arturo y del sector manuaní. Informe de finalización de proyecto de tesis doctoral. Perú-Madre de Dios.
- ❖ **Arce Omar. (2006).** Indicadores Biológicos de Calidad de Agua. Universidad de San Simón Facultad de Ciencias y Tecnología Programa de Maestría Ambiental. Proyecto de tesis. Bolivia.
- ❖ **Bartram, J; Ballance, R. (1996).** Water quality monitoring. A practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes. UNEP/WHO. GB. 383 p.
- ❖ **Barthem, R.M. Goulding, B. Fosberg, C. Cañas & H, Ortega. (2003).** Aquatic Ecology of the Rio Madre de Dios, Scientific bases for Andes Amazon Headwaters. Asociación para la Conservación de la Cuenca Amazónica (ACCA) / Amazon Conservation Association (ACA). Gráfica Biblos S.A., Lima, Perú. 117 pp.
- ❖ **Basáez, L. (2009).** ¿Qué es el pH? Formas de medirlo. Ciencia...Ahora.12 (23):59-60.
- ❖ **Belkin, H.E., Sparck, H.M (1993).** Mercury, arsenic, antimony, and selenium contents of sediment from the Kuskokwim River, USA. Environmental Geology 22: 106-110. Estados Unidos.
- ❖ **Camargo JA.; Alonso, A. (2007).** Contaminación por nitrógeno inorgánico en los ecosistemas acuáticos: Problemas medioambientales, criterios de calidad del agua, e implicaciones del cambio climático. Ecosistemas. Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente. Asociación Española de Ecología Terrestre. España.
- ❖ **CASTRO, H. y E. PUCH. (1998).** Evaluación del Grado de Contaminación en Aguas y Suelos de las Principales Cuencas Menores del Departamento de Potosí, p 37-72. En Seminario-Taller: Situación Ambiental del Río Pilcomayo. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación. Prefectura de los departamentos de Potosí, Sucre y Tarija. Bolivia.
- ❖ **Catalan Lafuente, J. y J. M. Catalan Alonso. (1987).** Ríos, caracterización y calidad de sus aguas. Madrid: Bellisco. España
- ❖ **CEPIS. (1987).** Guía para la evaluación de laboratorios bacteriológicos de análisis de aguas. Serie de documentos técnicos, Nº 3. Edición revisada. Lima, Perú.

- ❖ **CONAMA. S.f. (2010).** Principales Ecosistemas Naturales de la VIII Región • Octava Región del Bío-Bío (en línea). Consultado 02 feb 2010. Disponible en http://www.conama.cl/educacionambiental/1142/articles-29100_recurso_3.pdf
- ❖ **Chota-Macuyama, W. Chu Koo, Fred. GARCÍA-DÁVILA, C. Castro-Ruiz, D. Ismiño, R. GARCÍA, A. SÁNCHEZ, H. ARÉVALO, L. TELLO, L. (2014).** Calidad Ambiental de los Ríos Curaray, Arabela y Napo (Loreto, Perú). Artículo científico. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - IIAP. Programa para el Uso y Conservación del Agua y sus Recursos- AQUAREC. Apartado 784. Iquitos. Perú.
- ❖ **Cutipa Chávez, L y Araujo Flores, J. (2012).** Calidad de aguas urbanas y periurbanas de Puerto Maldonado. Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. Proyecto de investigación. Madre de Dios-Perú.
- ❖ **CUSTODIO, E., M.R. LLAMAS, (1996).** Hidrología subterránea. 2ed., Tomo I, Ed. Omega. Barcelona, España.
- ❖ **Chen, W., Tan, S.K., Tay, J.H. (1996).** Distribution, fractional composition and release of sediment-bound heavy metals in tropical reservoirs. *Water, Air, and Soil Pollution* 92: 273-287. Kluwer Academic Publishers. Singapur.
- ❖ **Dekov, V.M, Araujo, F, Van Grieken, R, Subramanian, N. (1998).** Chemical composition of sediments suspended matter from the Cauvery and brahmapura rivers (India). *The Science of the Total Environment* 212, 89-105. India.
- ❖ **De la Lanza, E. G., Hernández, P. S. y Carbajal, P. J. L. (2000).** Organismos Indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (Bioindicadores). Plaza y Valdés. México.
- ❖ **Domenech, X. (1995).** Química de la Hidrosfera. Origen y destino de los contaminantes. Ed. Miraguano, pp 147, Madrid España.
- ❖ **El Falaki, K, Perrin, C, Belkesam, L, Peisajovich, A, Martin, G. (1994).** Impacto de los detergentes sobre los sedimentos. Movilización de metales. *Revista Tecnología del agua* 128, 25-31. España.
- ❖ **Ecología Verde. (2015).** Causas y efectos de la eutrofización. <http://triplenlace.com/2012/09/27/eutrofizacion-causas-y-efectos/>.
- ❖ **Echarri, L. (1998).** Libro electrónico: Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. TEMA11 Contaminación del agua. Ed. Teide. <http://www.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/11CAgu/100CoAcu.htm>
- ❖ **Forstner, U., Salomons, W (1980).** Trace metals analysis on polluted sediments. I. assessment of sources and intensities. *Environment Technology Letters* 1, 494-505.
- ❖ **Forstner, U., Wittmann, G.T.W. (1981).** Heavy metal pollution in the aquatic environment (2da Ed). Springer-Verlag. Berlin. Heidelberg New York, pp 486. EE UU.

- ❖ **Forstner, U. (1989).** Contaminated Sediments. In Lecture Notes in Earth Sciences, S. Bhattcharij et al (eds) Vol. 21, Spring-Verlag Berlin Heidelberg, Germany, pp. 1-157. Alemania.
- ❖ **Forstner, U., Wittmann, G.T.W. (1993).** Metal pollution in aquatic environment. Spring-Verlag. Heidelberg New York, pp 481. EE UU.
- ❖ **Frimmel, F,H. Grenz, R, Kordik, E. Dietz, F. (1989).** Nitrotriacetate (nta) and ethylenedinitrilotetraacetate (EDTA) in river of the Federal Republic of Germany. Alemania.
- ❖ **Fujita M, I. Y. (2014).** Heavy metal contamination of coastal lagoon sediments: Fongafale islet, Funafuti Atoll, tuvalu, Chemosphere, Volume 95, January 2014, Page 628 - 634. China.
- ❖ **Galvis, Mojica y Duque (2006).** Peces del medio Amazonas, Región de Leticia. Serie de Guías de Campo, Conservación Internacional Colombia.
- ❖ **García Leisy, Iannacone José. (2014).** Pseudomonas Aeruginosa an Additional Indicator of Drinking Water Quality: a Southamerican Bibliographic Analysis. Artículo publicado en The Biologist (Lima). Laboratorio Ecofisiología Animal. Universidad Nacional Federico Villareal (UNFV) - Facultad de Ciencias Biológicas. Perú.
- ❖ **GERHART, A. (1995).** Effects of metals on stream invertebrates. Tesis para optar en grado de Ph.D., Lund University, Suecia.
- ❖ **Griet Eeckhout, S. (2006).** Mercure: une solution qui nous empoisonne. Laboratorio Europeo de Radiación del Sincrotrón en Grenoble, Francia. <http://www.scienceinschool.Org/2007/issue7/mercury/Spanish>.
- ❖ **Harding, J. S., Benfield E. F., Bolstad P. V., Helfman G. S. and Jones III E. B. D. (1998).** Stream biodiversity: the ghost of land use past. Proceedings of the Natural Academy of Sciences. U.S.A. 95: 14843-14847. Estados Unidos.
- ❖ **HAVENS, K. E. (1994).** An experimental comparison of the effects of two chemical stressors on a freshwater zooplankton assemblage. Environ. Pollut. 84: 245-251.
- ❖ **Hopkins W, Tatara CP, Brant HA, Jagoe CH (2003).** Relationships between mercury body concentrations, standard metabolic rate and body mass in eastern mosquitofish (*Gambusia holbrooki*) from three experimental populations. Artículo Científico. University of Georgia, Savannah River Ecology Laboratory, Drawer E, Aiken, South Carolina. Estados Unidos
- ❖ **Hutchinson, GE. (1957).** A Treatise On Limnology, Vol. 1. Part. I. John Wiley & Sons. New York.
- ❖ **Hunter JR, M.L. (2002).** Fundamentals of Conservation Biology, Oxford, Blackwell Science Inc.

- ❖ **INEI (2015).** Estadísticas Ambientales. Resumen ejecutivo. Informe sobre la calidad ambiental del río Rímac. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Lima. Perú.
- ❖ **IIAP (1995).** Diagnóstico sobre la contaminación ambiental en la Amazonia peruana. Informe técnico 15. Gómez, García Rosario.
- ❖ **IIAP (2015).** Sistema de información del agua y las cuencas de la Amazonia Peruana. Boletín. Características de los recursos hídricos de la Amazonia Peruana.
- ❖ **Jill, S; Baron, N; LeRoy Poff, PL; Angermeier CN; Dahm, PH; Gleick, NG; Hairston, RB; Jackson, CA. Johnston, BD; Steinman, R; Steinman, AD. (2003).** Sustaining Healthy Freshwater Ecosystems. Issues in Ecology. Ecological Society of America. Washington DC. US. no 18:1-18
- ❖ **Jochimsen, E.M., W.W. Carmichael, J. An, D.M. Cardo, S.T. Cookson, C.E.M. Holmes, M.B. Antunes, D.A. de Melo Filho, T.M. Lyra, V.S.T. Barreto, S.M.F.O. Azevedo & W.R. Jarvis. (1998).** Liver failure and death after exposure to microcystins at hemodialysis center in Brasil.
- ❖ **Kirk J T. (1994).** Light and Photosynthesis in Aquatic Ecosystems. Artículo científico. Cambridge University Press 978-0-521-15175-7 - Light and Photosynthesis in Aquatic Ecosystems, Third Edition. New York. EE.UU
- ❖ **Kumari, Vieneeta, Girdhari Lal Chaurasia. (2015).** Study of Water Quality Status of Sai River in Uttar-Pradesh With Reference to Water Quality Index Assessment. Artículo Científico. Forest Ecology & Environment Division, FRI (Deemed) University, Dehradun, India Department of Chemistry, University of Allahabad, Allahabad, UP, India
- ❖ **La Torre A. Del Rincón D. y Arnal J. (2003).** Bases metodológicas de la Investigación Educativa. Barcelona. Edit. Experiencia.
- ❖ **Lenntech. (2009).** Agua residual & purificación del aire Holding B.V. TDS y conductividad eléctrica (en línea). Madrid, Sp. Consultado 02 dic.2009. Disponible en <http://www.lenntech.es>
- ❖ **Liebes, SM. (1992).** Marine Biogeochemistry. The fate of pollutants in the coastal oceanology. WILEY. US.
- ❖ **Llano Castillo. (2012).** Respuesta de los Macroinvertebrados Bentónicos a las Condiciones de Calidad de Agua en el Tramo Medio-Alto del río Felidia, Cuenca del río Cali, Valle del Cauca-Colombia. Tesis. Universidad Autónoma de Occidente Facultad de Ciencias Ambientales
- ❖ **Mari Gamboa, R. (2010).** Protocolo para el Monitoreo de la Calidad de Aguas Continentales Superficiales. Ministerio del Ambiente Dirección General de Calidad Ambiental Lima – Perú.
- ❖ **Manrique-Losada, L. Peláez-Rodríguez, L. (2010).** Evaluación de la calidad del agua de la quebrada La Perdiz en el área urbana de Florencia (Caquetá,

Colombia). Artículo científico. 1 Grupo de Investigación CAPREA. Universidad de la Amazonia. Florencia (Caquetá). Colombia.

- ❖ **Martínez Rodríguez, L.A. (2002).** Estudio de contaminación del río La Laja, Jalisco 1996-1998. Tesis de grado. Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Cs. Biológicas y Agropecuarias. Guadalajara, Jalisco. México.
- ❖ **Marín, R. (1996).** Química, Microbiología, Tratamiento y Control Analítico de Aguas Ed. Nanuk, S.L. pp 246.
- ❖ **Manuel Gerardo, Alonso G. Ma. del R. ARNAUD V., R. ROJAS CH. (2004).** Tratamiento alternativo para la remoción de hierro en agua de abastecimiento municipal. Hig. Sanid. Ambient. 4:98-105. México.
- ❖ **Malina, J.F. (1996).** Water quality. in. Mays, L. eds. Water resources Handbook. USA. McGraw-Hill. p. 8.3-8.49.
- ❖ **Margalef, R. (1983).** Limnología, Barcelona, Omega.
- ❖ **Margalef, R. (1986).** Ecología. Ed. Omega, Barcelona. España. 951 pp.
- ❖ **Margalef, R. (1991).** Teoría De Los Sistemas Ecológicos. Ed. Barcanova. Barcelona. 184 pp. España.
- ❖ **McKinsey, D. M. y L. J. Chapman., (1998).** Dissolved oxygen and fish distribution in a Florida spring. Environmental Biology of Fishes 53: 211–223.
- ❖ **Mejía Domínguez, Maura C. (2011).** Metales pesados en suelos y plantas contaminación y fitotoxicidad. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Departamento académico de bromatología y nutrición, Perú.
- ❖ **Medina Pineda, Nélida A. (2002).** Estudio Hidrobiológico de la Cuenca del Río Armería Para las Predicciones de un Desarrollo Sustentable. Tesis para Maestría. Universidad de Colima. México.
- ❖ **MINAM, (2011).** Minería aurífera en Madre de Dios y contaminación con mercurio una bomba de tiempo. Informe preparado por el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - IIAP y El Ministerio del Ambiente. 15p, 67p y 56.
- ❖ **MINAE (Ministerio de Ambiente y Energía, CR) (2003).** Propuesta de Reglamento para la evaluación y clasificación de la calidad de cuerpos de agua superficiales de Costa Rica. San José, CR. 22 p.
- ❖ **MINEM, (2015).** Modificación del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto “Mejoras a la Seguridad Energética del País y Desarrollo del Gasoducto Sur Peruano - Componentes Auxiliares”
<http://www.minem.gob.pe/estudios/EIA/hidrocarburos/EIA/MODI-%20EIA%202015/5.1.2.7%20Hidrobiologia.pdf>.

- ❖ **Mitchell, M; Stapp, W; Bixby, K. (1991).** Manual de campo de Proyecto del Río: una guía para monitorear la calidad del agua en el Río Bravo. Segunda edición. Proyecto del Río. New Mexico, USA. 200p.
- ❖ **Ministerio de Agricultura y Autoridad Nacional del Agua. (2010).** Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos Ley N° 29338.
- ❖ **Ministerio de Medioambiente (2000).** Guía Para La Elaboración De Estudios Del Medio Físico, Contenido Y Metodología. Ministerio del Medio Ambiente, Madrid, Centro de Publicaciones. España.
- ❖ **Mohd-Rosli Nurul-Ruhayu (2015).** Detection of River Pollution Using Water Quality Index: A Case Study of Tropical Rivers in Penang Island, Malaysia. artículo científico. Centre for Marine and Coastal Studies, Universiti Sains Malaysia, Penang, Malaysia. School of Biological Sciences, Universiti Sains Malaysia, Penang, Malaysia.
- ❖ **Moun, C; Moulton, P. (1991).** Monitoring Guidelines to Evaluate Effects of Forestry Activities on Streams in Pacific Northwest and Alaska. EPA (en línea). Consultado 10 dic. 2009. Disponible en <http://www.co.pierce.wa.us/.../Optimal%20Water%20Quality%20Standard%20for%20Aquatic%20Ecosyst...>
- ❖ **Moss, B., J. Madgwick & G. Phillips. (1996).** A guide to the restoration of nutrient-enriched shallow lakes. Environment Agency (CE), Norwich.
- ❖ **Mrunmayee.M.Sahooa, K.C.Patrab, K. K. Khatuac (2015).** Inference of Water Quality Index using ANFIA and PCA. Artículo científico. *Department of Civil Engineering, NIT, Rourkela, India.*
- ❖ **Navarro-Aviñó, J. P. I. Aguilar Alonso, J.R. López-Moya. (2007).** Aspectos bioquímicos y genéticos de la tolerancia y acumulación de metales pesados en plantas. Revista Científica. Ecosistemas. Departamento de Biología Vegetal. Escuela Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Valencia. España.
- ❖ **Nava-Ruiz, Concepcion y Méndez-Armenta, Maricela. (2011).** Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio). Artículo. Arch Neurocién (Mex) Vol. 16, No. 3: 140-147; 2011. Mexico.
- ❖ **Odum, E. P. (1972).** Ecología. Interamericana. Mexico. 639 p.
- ❖ **Organización Mundial de la Salud, OMS (2000).**
- ❖ **Orozco, C., Pérez, A., Gonzáles, M. N., Rodríguez, F., Alfayate, J. (2005).** Contaminación Ambiental. Una visión desde la Química..., Tercera edición, Thomson Editoriales Spain Paraninfo, S.A. España.
- ❖ **Páez, F y M. Frias. (2001).** Bioacumulación, distribución y efectos de los metales pesados en los peneidos. In: Camaronicultura y medio ambiente. Unidad Académica Mazatlán. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Autónoma Metropolitana. México.

- ❖ **PIÑA, S., Martín., Antonio RAMÍREZ G. (2001).** Remoción de hierro y Manganeseo en fuentes de agua subterránea para abastecimiento público. http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/pdfs/Capitulo_04.pdf
- ❖ **N. Pitman, Karina Salas, Loyola Azáldegui, G. Vigo y D. A. Lutz. (2009).** Historia e impacto de la literatura científica del Departamento de Madre de Dios, Perú. *Rev. peru. biol.* 15(2): 015- 022.
- ❖ **Pütz, P. (2009).** Informe práctico. Analítica de laboratorio y sistema de control de proceso. Nutrientes fosfato .Eliminación y Determinación de Fosfatos. HACH-LANGE. Vizcaya, España. 4 p.
- ❖ **Rodríguez, L. & D. Rivera. (1995).** Efecto del cobre y el cadmio en el crecimiento de *Tetraselmis suecica* (KYLIN) BUTCHER y *Dunaliella salina* TEODORESCO. *Estud. Oceanol.* 14: 61-74.
- ❖ **Romero Alfonso A. Flores Silvana L. Pacheco Werner W. (2010).** Estudio de la calidad de agua de la cuenca del río Santa. *Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG* Vol. 13, N° 25, 61-69 (2010) UNMSM ISSN: 1561-0888 (impreso) / 1628-8097 (electrónico). Junín.
- ❖ **Rosas Rodríguez, Hermógenes. (2001).** Estudio de la contaminación por metales pesados en la cuenca del Llobregat. Universitat Politècnica de Catalunya. Departament d'Enginyeria Minera i Recursos Naturals. Tesis doctoral. España.
- ❖ **Saunders, D. L., Meeuwig J. J. and. Vincent C. J. (2002).** Freshwater protected areas: strategies for conservation. *Conservation Biology* 16: 30-41.
- ❖ **Senamhi (2007).** Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología Dirección General de Hidrología y Recursos Hídricos. Monitoreo de la Calidad de Agua de los Ríos del Perú. Pag. 8.
- ❖ **Serrano, Laura Bravo, Miguel Ángel Jiménez, Antonia Prenda, José; Martín, Isabel; Pidre, Juan Ramón; Salas, Juan José. (2006).** La Contaminación por Eutrofización en Arroyos que Vierten a la Marisma de Doñana. Departamento de Biología Vegetal y Ecología. Universidad de Sevilla. España.
- ❖ **Sinokrot B. A. y H. Stefan. (1993).** Stream temperature dynamics: Measurements and modelling. *Water Resources Research*, 29 (7): 2299-2312.
- ❖ **Usero, J., Morillo, J., Gracia, I. (1997).** Contaminación por metales en sedimentos acuáticos. *Tecnología del agua* 166,44-50. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental.* España.
- ❖ **Tirado Amador Lesbia Rosa, Odon.1, Farith Damián González-Martínez, Odon.1, Leonardo José Martínez Hernández, Est.1, Luis Alberto Wilches Vergara, Est. José Nelson Celedón-Suárez, Est. (2015).** Niveles de Metales Pesados en muestras Biológicas y su importancia en la salud. Artículo. Universidad de Cartagena, Campus Ciencias de la Salud. Barrio Zaragocilla. Facultad de Odontología. Departamento de Investigaciones. Colombia.

- ❖ **VALDIVIA URREA, Jaime (1997).** Evaluación de procesos de tratamiento de hierro y manganeso solubles en aguas subterráneas. Tesis de la División de Estudios de Posgrado Facultad de Ingeniería Sección Ambiental UNAM.
- ❖ **Viarengo, A. (1985).** Biochemical effects of trace metals. Marine pollution bulletin 16, 153-159.
- ❖ **Washington, H. G. (1984).** Diversity, biotic and similarity indices. A review with special relevance to aquatic ecosystems. Water Research. 18(6):653-694. Artículo Científico. Australia.
- ❖ **Walsh Patrick and William Wheeler. (2012).** Water Quality Index Aggregation and Cost Benefit Analysis. Artículo científico. Agencia de Protección Ambiental de EE.UU.
- ❖ **Walsh. (2015).** Modificación del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto "Mejoras a la Seguridad Energética del País y Desarrollo del Gasoducto Sur Peruano - Componentes Auxiliares". Informe realizado por la empresa Gasoducto sur peruano. Perú-Cusco
- ❖ **Wetzel, RG. (1981).** Limnología. Editorial Omega. Barcelona. 334 pp.
- ❖ **Wierner, J.G. Jackson, G.A, May, T.W, Cole, B,P. (1984).** Contaminants in the upper Mississippi River, In: Wiener, J.C, Anderson, R.V, McConville, D.R. (eds) Butterworth pub. Stoneham, MA, 139-147.
- ❖ **Widianarko B, Van Gestel CA, Verweij RA, Van Straalen NM (2000).** Associations Between Trace Metals in Sediment, Water and Guppy, *Poecilia reticulata* (Peters), from Urban Streams of Semarang, Indonesia. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 46:101-107. Indonesia.
- ❖ **Xiao-qing Wang, Zhao-cun Liu, Ji-lun Miao, Ning Zuo. (2015).** Relationship between nutrient pollutants and suspended sediments in upper reaches of Yangtze River. Artículo científico. Southwest Research Institute of Water Transport Engineering, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400016, PR China
- ❖ **Zahra A, Z. H. (2014).** Enrichment and geo-accumulation of heavy metals and risk assessment of sediments of the Kurang Nallah - Feeding tributary of the Rawal Lake Reservoir, Pakistan, *Science of the total Environment*, Volumes 470 - 471, 1 February 2014, Pages 925 - 933. Pakistan.
- ❖ **Zonificación ecológica y económica del departamento de Madre de Dios. (2008).** Gobierno Regional de Madre de Dios e Instituto Nacional de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Madre de Dios-Perú.
- ❖ **Zhou G, S. B. (2014).** Vertical distribution of trace elements in the sediment cores from major rivers in east China and its implication on geochemical background and anthropogenic effects. China.

ANEXO

Anexo 1. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Valor final	Criterios	Escala de medición
Características físicas	Sensación de calor o frio en contacto con el agua	Calor o frio de los cuerpos de agua de las estaciones	Agua superficial	Temperatura	> 25 °C < 25 °C	Medición con equipo multiparámetro (in-situ)	Ordinal
	Falta de transparencia del agua	Partículas en suspensión en las estaciones de muestreo	Agua superficial	Turbiedad	Ausencia Presencia 5 – 100 UNT	Medición con equipo multiparámetro (in-situ)	Ordinal
	Capacidad de conducir la electricidad	Electrolitos en las estaciones de muestreo	Agua superficial	Conductividad	Ausencia Presencia 1500 uS/cm	Medición con equipo multiparámetro (in-situ)	Ordinal
Características químicas	Expresión de carácter acido o básico de una materia	pH acido o básico en las estaciones de muestreo	Agua superficial	Concentración de hidrogeniones pH	> 7 7 < 7	Medición con equipo multiparámetro (in-situ)	Ordinal
	Cantidad de OD disuelto en el agua	OD, disuelto en las estaciones de muestreo	Agua superficial	Oxígeno Disuelto	≥ 5mg/L	Medición con equipo multiparámetro (in-situ)	Ordinal

Metales pesados en aguas superficiales	Compuestos orgánicos altamente estables	Concentración de aceites y grasas en las estaciones de muestreo	Agua superficial	Aceites y Grasas	Presencia de película visible Ausencia de película visible	Extracción directa	Ordinal
	Sales o esteres del ácido fosfórico	Concentración de fosfatos en las estaciones de muestreo	Agua superficial	Fosfatos	> 0,5mg/L < 0,5mg/L	Extracción directa	Ordinal
	Líquido inodoro de fuentes naturales y antropogénicas	Concentración de Mercurio en las estaciones de muestreo	Agua superficial	Mercurio	> 0,0001mg/L < 0,0001mg/L	Extracción directa	Ordinal
	Compuestos químicos derivados del nitrógeno	Concentración de Nitratos en las estaciones de muestreo	Agua superficial	Nitratos	> 10mg/L < 10mg/L	Extracción directa	Ordinal
	Elemento químico que ocurre en la naturaleza	Concentración de Cromo en las estaciones de muestreo	Sedimentos	Cromo	> 0,05mg/kg < 0,05mg/kg	Extracción directa	Ordinal

Metales pesados en sedimentos	Elemento químico que ocurre en la naturaleza	Concentración de Manganeso en las estaciones de muestreo	Sedimentos	Manganeso	> 0,1mg/kg < 0,1mg/kg	Extracción directa	Ordinal
	Elemento más pesado que se produce exotérmicamente	Concentración de Hierro en las estaciones de muestreo	Sedimentos	Hierro	> 1mg/kg < 1mg/kg	Extracción directa	Ordinal
	Metal blando, maleable, dúctil y conductor del calor	Concentración de Cobre en las estaciones de muestreo	Sedimentos	Cobre	> 0,02mg/kg < 0,02mg/kg	Extracción directa	Ordinal
	Metal maleable dúctil de color gris	Concentración de Zinc en las estaciones de muestreo	Sedimentos	Zinc	> 0,3mg/kg < 0,3mg/kg	Extracción directa	Ordinal
	Metaloide de color gris plateado y brillante	Concentración de Zinc en las estaciones de muestreo	Sedimentos	Arsénico	> 0,05mg/kg < 0,05mg/kg	Extracción directa	Ordinal

	Metal blanco plateado dúctil y maleable	Concentración de Zinc en las estaciones de muestreo	Sedimentos	Cadmio	> 0,004mg/kg < 0,004mg/kg	Extracción directa	Ordinal
	Metal blanco plateado usado en la industria	Concentración de Mercurio en las estaciones de muestreo	Sedimentos	Mercurio	> 0,0001mg/kg > 0,0001mg/kg	Extracción directa	Ordinal
	Metal flexible inelástico, de fuente natural e industriales	Concentración de Plomo en las estaciones de muestreo	Sedimentos	Plomo	> 0,001mg/kg < 0,001mg/kg	Extracción directa	Ordinal
Características microbiológicas	Bacterias del tracto intestinal del hombre	Coliformes termotolerantes en las estaciones de muestreo	Agua superficial	Coliformes termotolerantes	>2000(NMP/100mL) <2000(NMP/100mL)	Extracción directa	Ordinal
	Bacterias gran negativas, forma bastoncillos	Coliformes totales en las estaciones de muestreo	Agua superficial	Coliformes totales	>3000(NMP/100mL) < 3000(NMP/100MI)	Extracción directa	Ordinal

Anexo 2. Datos de los parámetros Físicoquímicos de las 5 estaciones de muestreo del río Madre de Dios.

REGISTRO DE DATOS EN CAMPO: PARAMETROS FISICOS Y QUÍMICOS														
Estación de Monitoreo /muestra	Localidad/Sector	Distrito	Provincia	Departamento	Fecha	Hora	pH	T°C	Turbidez	OD ml/L	Conductividad	Altura (m)	Coordenadas	
													Este	Norte
E1/M1(AS)	Puerto Pardo	Tamb	Tamb	MDD	26/11/2014	6:55am	7.20	26.72	385	7.55	72.45	162	536841	8618060
E1/M2(AS)	Puerto Pardo	Tamb	Tamb	MDD	26/11/2014	9:00am	6.74	26.83	667	7.48	71.20	157	536835	8618215
E1/M3(AS)	Puerto Pardo	Tamb	Tamb	MDD	26/11/2014	8:05am	7.07	26.83	622	7.49	71.50	158	536864	8618362
E1/M4(AS)	Puerto Pardo	Tamb	Tamb	MDD	26/11/2014	7:55am	7.21	26.80	805	7.47	73.95	158	536897	8618520
E1/M5(AS)	Puerto Pardo	Tamb	Tamb	MDD	26/11/2014	7:42AM	7.21	26.80	656	7.55	75.84	157	536900	8618680
E1/M6(AS)	Puerto Pardo	Tamb	Tamb	MDD	26/11/2014	7:28am	7.05	26.64	414	7.52	80.23	160	536925	8618838
E2/M1(AS)	Puerto Pastora	Tamb	Tamb	MDD	15/10/2014	7:06am	7.30	28.8	408	7.14	78.01	171	476676	8608864
E2/M2(AS)	Puerto Pastora	Tamb	Tamb	MDD	15/10/2014	9:45am	7.52	28.95	465	7.70	73.52	176	476665	8608942
E2/M3(AS)	Puerto Pastora	Tamb	Tamb	MDD	15/10/2014	9:31am	7.53	28.88	573	7.42	73.53	175	476688	8609024
E2/M4(AS)	Puerto Pastora	Tamb	Tamb	MDD	15/10/2014	9:15am	7.52	28.83	572	7.58	74.08	176	476676	8609102
E2/M5(AS)	Puerto Pastora	Tamb	Tamb	MDD	15/10/2014	8:57AM	7.52	28.80	722	7.53	74.26	172	476671	8609155
E2/M6(AS)	Puerto Pastora	Tamb	Tamb	MDD	15/10/2014	8:06am	7.48	28.73	404	7.46	76.15	172	476667	8609261

E3/M1(AS)	Laberinto río Abajo	Laberinto	Tamb	MDD	29/10/2014	7:11am	7.63	27.94	856	7.27	73.95	184	438787	8595041
E3/M2(AS)	Laberinto río abajo	Laberinto	Tamb	MDD	29/10/2014	8:47am	7.54	27.67	924	7.81	77.11	184	438740	8595075
E3/M3(AS)	Laberinto río abajo	Laberinto	Tamb	MDD	29/10/2014	8:35am	7.54	27.67	816	7.64	77.57	186	438683	8595062
E3/M4(AS)	Laberinto río abajo	Laberinto	Tamb	MDD	29/10/2014	8:26am	7.54	27.93	822	7.79	79.02	186	438624	8595085
E3/M5(AS)	Laberinto río abajo	Laberinto	Tamb	MDD	29/10/2014	8:12AM	7.59	27.92	912	7.58	81.70	184	438576	8595130
E3/M6(AS)	Laberinto río abajo	Laberinto	Tamb	MDD	29/10/2014	7:44am	7.54	27.89	930	7.58	81.14	184	438514	8595135
E4/M1(AS)	Laberinto río Arriba	Laberinto	Tamb	MDD	19/11/2014	5:40am	6.88	27.24	180	8.65	42.30	230	425971	8593573
E4/M2(AS)	Laberinto río Arriba	Laberinto	Tamb	MDD	19/11/2014	7:20am	6.91	26.72	470	7.91	71.47	192	425973	8593702
E4/M3(AS)	Laberinto río Arriba	Laberinto	Tamb	MDD	19/14/2014	7:05am	6.74	26.34	680	6.93	108.1	194	425989	8593792
E4/M4(AS)	Laberinto río Arriba	Laberinto	Tamb	MDD	19/11/2014	6:48am	6.98	26.20	825	6.68	115.5	197	426057	8593941
E4/M5(AS)	Laberinto río Arriba	Laberinto	Tamb	MDD	19/11/2014	6:36AM	6.95	26.21	1436	6.80	115.7	199	425965	8594031
E4/M6(AS)	Laberinto río Arriba	Laberinto	Tamb	MDD	19/11/2014	6:15am	7.02	26.16	1050	6.85	116.5	204	425978	8594136
E5/M1(AS)	Arriba de la Boca del río Colorado	Madre de Dios	Manu	MDD	03/12/2014	7:23am	7.22	25.28	630	6.66	123.7	236	348117	8607069
E5/M2(AS)	Arriba de la Boca del río Colorado	Madre de Dios	Manu	MDD	03/12/2014	8:48am	7.26	25.40	1072	6.83	118.1	237	348215	8607064
E5/M3(AS)	Arriba de la Boca del río Colorado	Madre de Dios	Manu	MDD	03/12/2014	8:34am	7.01	25.40	1119	6.71	81.80	235	348233	8607023
E5/M4(AS)	Arriba de la Boca del río Colorado	Madre de Dios	Manu	MDD	03/12/2014	8:21am	7.13	25.39	990	6.66	116.4	235	348141	8607001
E5/M5(AS)	Arriba de la Boca del río Colorado	Madre de Dios	Manu	MDD	03/12/2014	8:13AM	7.35	25.40	1219	6.73	118.4	233	348279	8606922
E5/M6(AS)	Arriba de la Boca del río Colorado	Madre de Dios	Manu	MDD	03/12/2014	7:50am	6.92	25.39	653	6.66	119.6	230	348350	8606876

Fuente: Elaboración propia, 2015

Anexo 3. Resultados de análisis de metales pesados en la columna de agua del rio Madre

Estación	TIPO 1=agua	MUESTRA	Aceites y Grasas	Fosfatos mg/L	Mercurio mg/L	Nitratos mg/L
1	1	1	< 0,50	0,06	0,00009	0,585
1	1	2	< 0,50	0,065	0,00009	0,6
1	1	3	< 0,50	0,058	0,00009	0,647
1	1	4	< 0,50	0,06	0,0003	0,616
1	1	5	< 0,50	0,56	0,002	0,783
1	1	6	< 0,50	0,068	0,002	0,733
2	1	1	< 0,50	0,05	0,0002	0,624
2	1	2	< 0,50	0,055	0,0002	1,06
2	1	3	< 0,50	0,061	0,0002	0,654
2	1	4	< 0,50	0,017	0,0001	0,605
2	1	5	< 0,50	0,02	0,0001	0,478
2	1	6	< 0,50	0,019	0,0001	0,477
3	1	1	< 0,50	0,005	0,00009	0,71
3	1	2	< 0,50	0,005	0,00009	0,677
3	1	3	< 0,50	0,005	0,00009	0,594
3	1	4	< 0,50	0,005	0,00009	0,779
3	1	5	< 0,50	0,005	0,00009	0,771
3	1	6	< 0,50	0,005	0,00009	0,776
4	1	1	< 0,50	0,007	0,0009	0,296
4	1	2	< 0,50	0,019	0,00009	0,518
4	1	3	< 0,50	0,051	0,00009	0,803
4	1	4	< 0,50	0,04	0,00009	0,779
4	1	5	< 0,50	0,042	0,00009	0,931
4	1	6	< 0,50	0,028	0,00009	1,01
5	1	1	< 0,50	0,227	0,00009	0,684
5	1	2	< 0,50	0,312	0,00009	0,716
5	1	3	< 0,50	0,046	0,00009	1,09
5	1	4	< 0,50	0,125	0,00009	0,72
5	1	5	< 0,50	0,442	0,00009	0,84
5	1	6	< 0,50	0,315	0,0009	0,878

Fuente: Laboratorio CERPER, 2015.

Anexo 4. Resultados de análisis de metales pesados en los sedimentos del río Madre de Dios.

Estación	TIPO 2=sedimentos	MUESTRA	Mercurio	Cromo	Manganeso	Hierro	Cobre	Zinc	Arsénico	Cadmio	Plomo
1	2	1	0,009	0,049	446	20 496	18,75	44,99	0,049	0,5907	0,019
1	2	2	0,009	0,049	430,9	20 408	19,2	45,5	0,049	0,5923	0,019
1	2	3	0,009	0,049	271	16 459	14,68	40,69	0,049	0,019	0,019
1	2	4	0,009	0,049	310,3	17 058	16,47	41,58	0,049	0,019	0,019
1	2	5	0,009	0,049	347,8	15 699	15,99	38,49	0,049	0,019	0,019
1	2	6	0,009	0,049	346,3	19 040	18,26	44,33	0,049	0,5443	0,019
2	2	1	0,009	0,049	388,9	25 546	17,37	44,68	6,18	0,019	0,019
2	2	2	0,009	0,049	294,1	20 104	15,13	46,3	7,263	0,019	0,019
2	2	3	0,009	9,783	176,8	13 738	10,28	30,83	5,804	0,019	0,019
2	2	4	0,009	0,049	366,6	22 946	16,46	42,01	6,339	0,019	0,019
2	2	5	0,009	0,049	330,6	21 804	17,58	44,08	8,551	0,019	0,019
2	2	6	0,009	0,049	301,5	20 043	18,16	42,36	9,496	0,019	0,019
3	2	1	0,009	0,049	237,6	20 919	14,74	49,27	0,049	0,019	0,019
3	2	2	0,009	0,049	240,5	23 694	18,95	61,91	0,049	0,019	0,019
3	2	3	0,009	0,049	330,9	23 655	22,05	58,54	0,049	0,019	0,019
3	2	4	0,009	0,049	300,5	23 253	19,15	61,59	0,049	0,019	0,019
3	2	5	0,009	0,049	207	19 745	11,21	43,21	0,049	0,019	0,019
3	2	6	0,009	0,049	322,5	23 497	16,8	51,48	0,049	0,5443	0,019
4	2	1	0,009	0,049	180,4	17 854	11,65	32,57	10,01	0,019	3,569
4	2	2	0,009	0,049	201	18 883	14,55	37,02	5,88	0,019	4,086
4	2	3	0,009	0,049	207,7	19 687	12,9	41,71	0,049	0,019	4,963
4	2	4	0,009	0,049	231,1	18 188	13,1	35,87	0,049	0,019	6,748
4	2	5	0,009	0,049	300,7	19 546	14,05	40,07	0,049	0,019	0,019
4	2	6	0,009	0,049	329,9	18 566	13,33	36,86	0,049	0,019	3,73

5	2	1	0,009	0,049	250,5	17996	15,58	50	0,049	0,019	4,266
5	2	2	0,009	0,049	297,4	20681	16,82	49,52	0,049	0,019	8,683
5	2	3	0,009	0,049	233,6	18182	14,25	43,83	0,049	0,019	3,845
5	2	4	0,009	0,049	254,7	19020	15,42	44,48	0,049	0,019	4,165
5	2	5	0,009	0,049	313,7	18654	16,99	47,08	0,049	0,019	5,122
5	2	6	0,009	0,049	225	17957	15,32	45,35	0,049	0,5443	5,372

Fuente: Laboratorio CERPER, 2015

Anexo 5. Resultados de análisis bacteriológica del río Madre de Dios.

Estación	Muestra	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	Coliformes Fecales (NMP/100mL)
1	1	300	2000
1	2	800	1400
1	3	400	1200
1	4	700	1400
1	5	200	2100
1	6	800	1000
2	1	400	1100
2	2	400	1000
2	3	300	400
2	4	100	900
2	5	200	800
2	6	200	1100
3	1	800	1400
3	2	600	700
3	3	700	1200
3	4	400	700
3	5	1000	1100
3	6	600	600
4	1	100	1500
4	2	100	800
4	3	0	200
4	4	100	200
4	5	0	200
4	6	0	100
5	1	1800	3200
5	2	1200	1600
5	3	600	2200
5	4	1600	3100
5	5	600	700
5	6	900	2100

Fuente: Laboratorio EMAPAT SAC, 2015

Anexo 6. Límites Máximos Permisibles para Agua Según los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental.

CATEGORÍA 4: CONSERVACIÓN DEL AMBIENTE ACUÁTICO

PARÁMETROS	UNIDADES	LAGUNAS Y LAGOS	RIOS		ECOSISTEMAS MARINO-COSTEROS	
			COSTA Y SIERRA	SELVA	ESTUARIOS	MARINOS
FÍSICOS Y QUÍMICOS						
Aceites y grasas	mg/L	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible	1	1
Demanda bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	<5	< 10	< 10	15	10
Nitrógeno Amónico	mg/L	<0.02	0.05	0.05	0.05	0.08
Temperatura	Celsius					delta 3°C
Oxígeno Disuelto	mg/L	>= 5	>= 5	>= 5	>= 4	>= 4
pH	mg/L	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5		6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	500	500	500	500	
Sólidos Suspensivos Totales	mg/L	<= 25	<= 25 - 100	<= 25 - 400	<= 25 - 100	30
INORGÁNICOS						
Arsénico	mg/L	0.01	0.05	0.05	0.05	0.05
Bario	mg/L	0.7	0.7	1	1	---
Cadmio	mg/L	0.004	0.004	0.004	0.004	0.005
Cianuro Libre	mg/L	0.022	0.022	0.022	0.022	---
Clorofila A	mg/L	10	---	---	---	---
Cobre	mg/L	0.02	0.02	0.02	0.05	0.05
Cromo VI	mg/L	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Fenoles	mg/L	0.001	0.001	0.001	0.001	
Fosfatos Total	mg/L	0.4	0.5	0.5	0.5	0.031 - 0.093
Hidrocarburos de Petróleo Aromáticos Totales		Ausente			Ausente	Ausente
Mercurio	mg/L	0.0001	0.0001	0.0001	0.001	0.0001
Nitratos (N-NO3)	mg/L	5	10	10	30	0.07 - 0.26
Nitrógeno Total	mg/L	1.6	1.6		---	---
Níquel	mg/L	0.025	0.025	0.025	0.002	0.0062

Fuente: Decreto Supremo N° 002 – 2008 - MINAM

PARÁMETROS	UNIDADES	LAGUNAS Y LAGOS	RIOS		ECOSISTEMAS MARINO-COSTEROS	
			COSTA Y SIERRA	SELVA	ESTUARIOS	MARINOS
Plomo	mg/L	0.001	0.001	0.001	0.0081	0.0081
Silicatos	mg/L	---	---	---	---	0.14 - 0.7
Sulfuro de Hidrógeno (H2S indisoluble)	mg/L	0.002	0.002	0.002	0.002	0.06
Zinc	mg/L	0.03	0.03	0.03	0.03	0.051
MICROBIOLÓGICOS						
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	1 000	2 000		1 000	<= 30
Coliformes Totales	NMP/100ml	2 000	3 000		2 000	

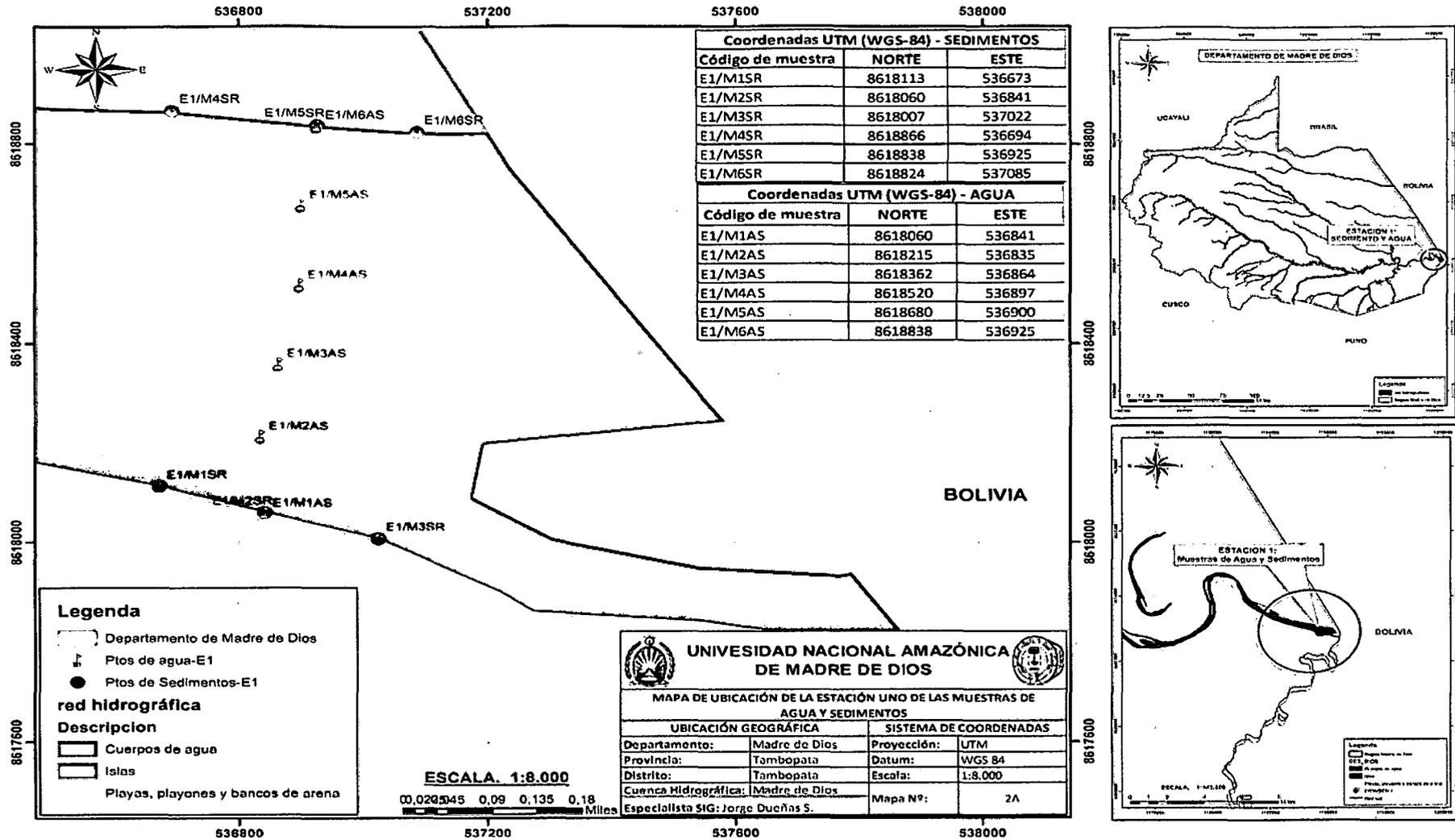
Fuente: Decreto Supremo N° 002 – 2008 – MINAM

Anexo. 7 Límites Máximos Permisibles para Sedimentos Según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.

Nº	Variables	Símbolo	Unidades	LMP, según USEPA
07	Cromo	Cr	mg/kg	25
08	Manganeso	Mg	mg/kg	30
09	Hierro	Fe	mg/kg	30
10	Cobre	Cu	mg/kg	16
11	Zinc	Zn	mg/kg	110
12	Arsénico	Ar	mg/kg	8,2
13	Cadmio	Cd	mg/kg	0,6
14	Mercurio	Hg	mg/kg	0,15
15	Plomo	Pb	mg/kg	40

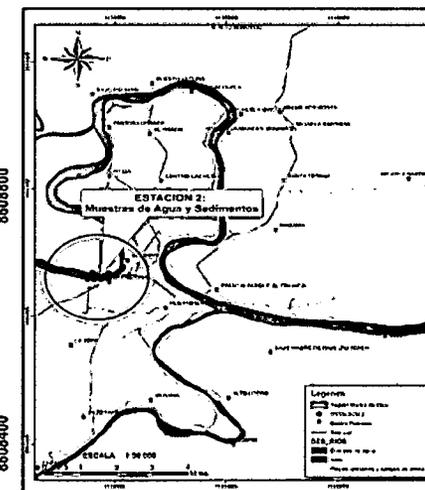
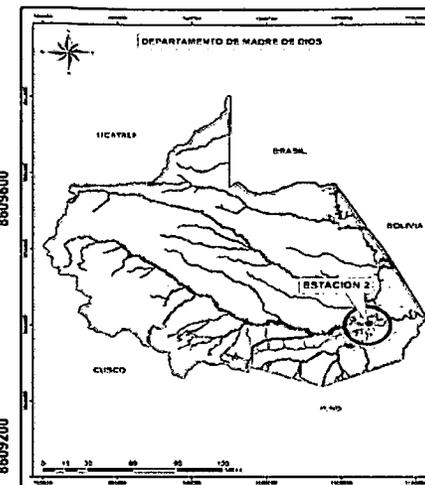
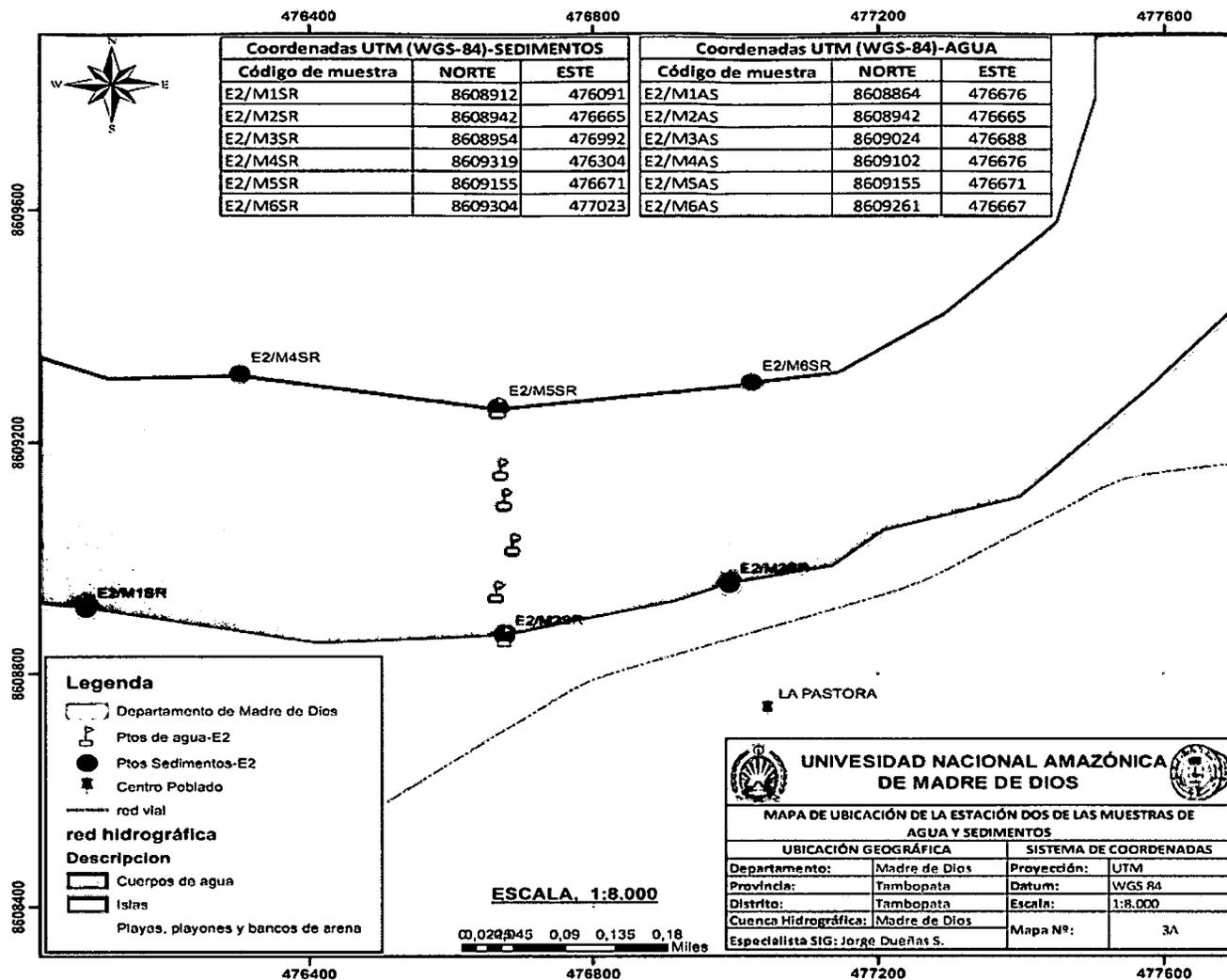
Fuente: Elaboración propia, (2015)

Anexo 8. Mapa de muestreo del sector de Puerto Pardo



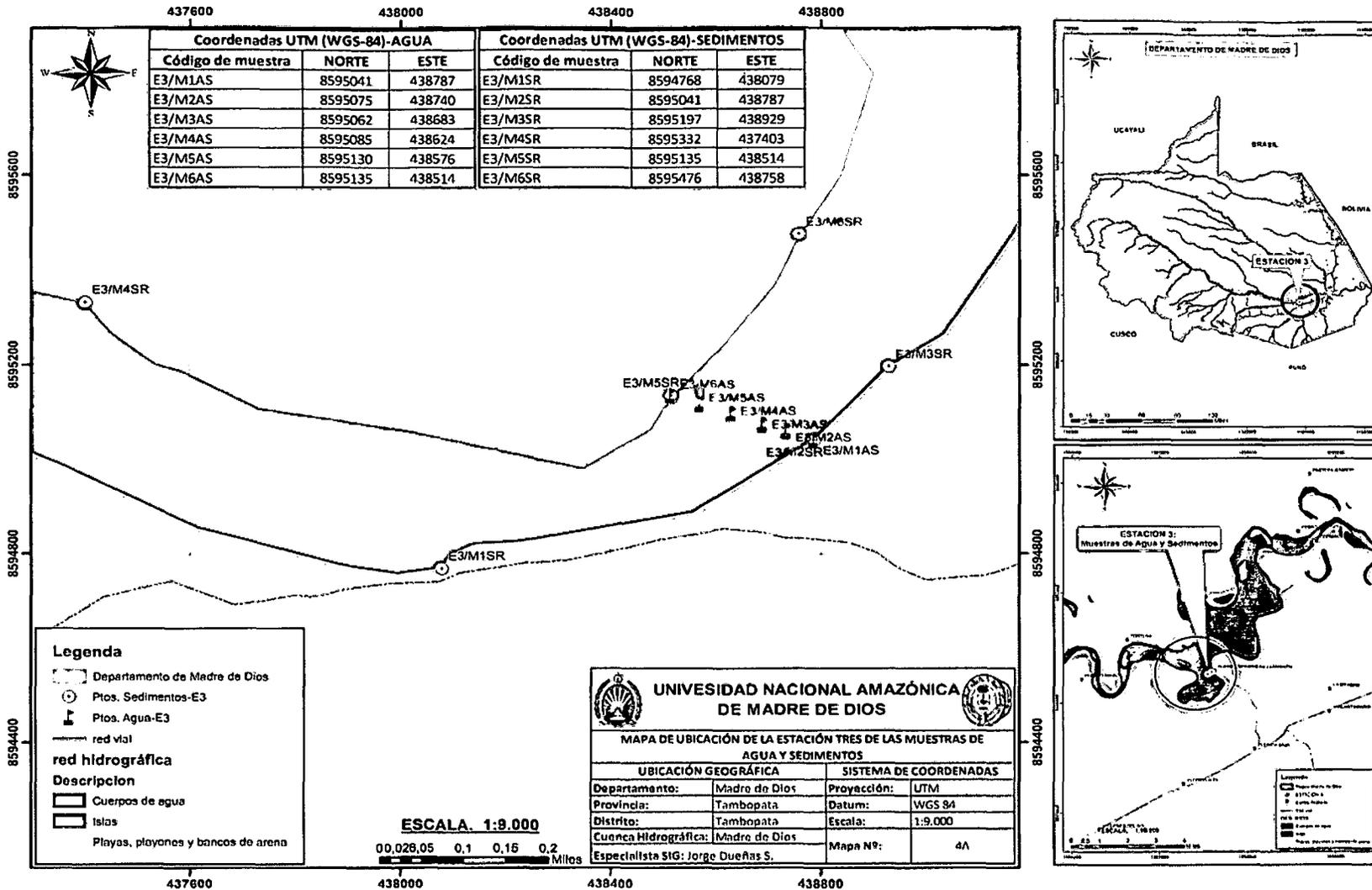
Fuente: Elaboración propia, (2015)

Anexo 9. Mapa de muestreo del sector de Boca toma EMAPAT (Puerto Maldonado)



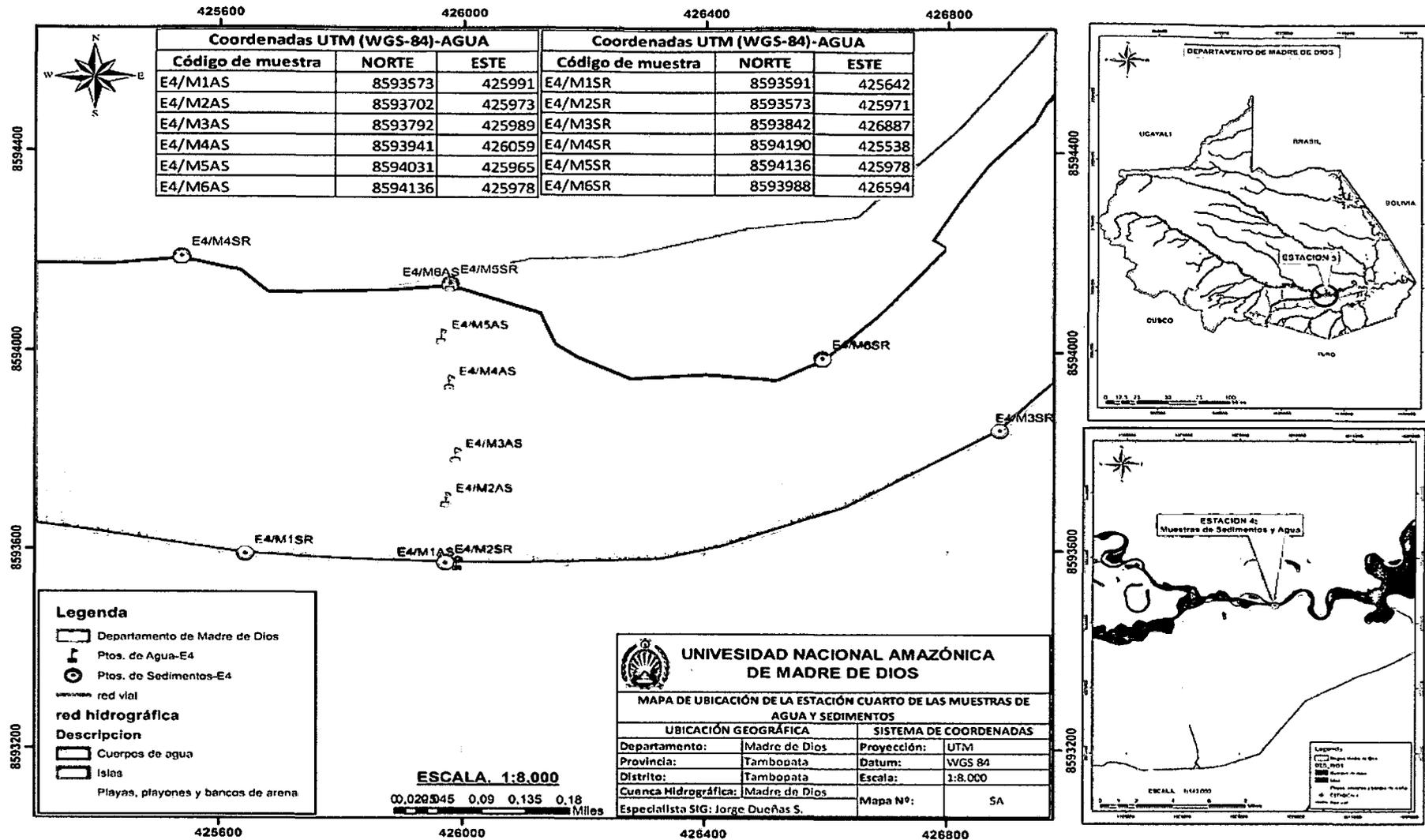
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 10. Mapa de muestreo del sector Laberinto río abajo.



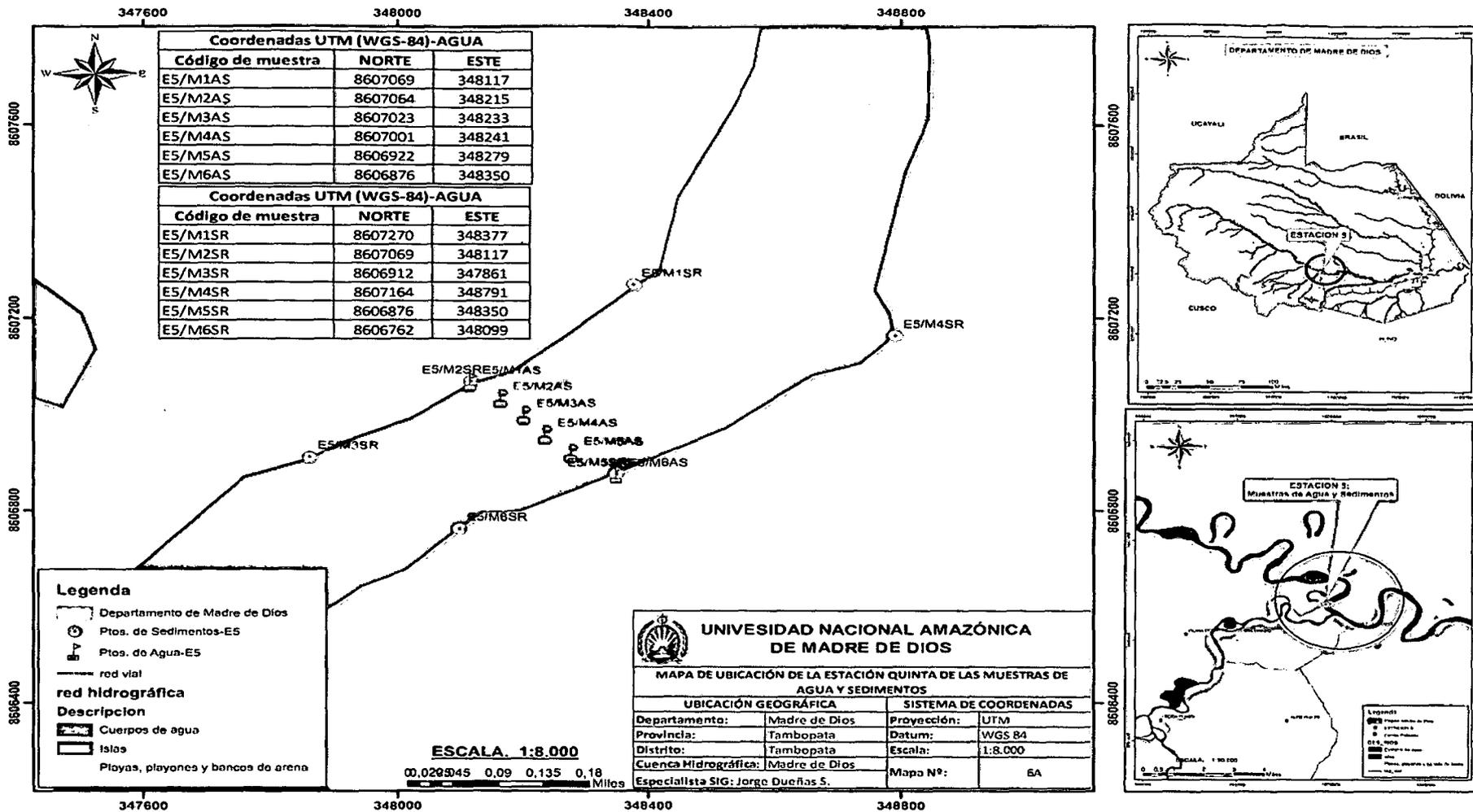
Fuente: Elaboración propia 2015.

Anexo 11. Mapa de muestreo sector Laberinto rio arriba



Fuente: Elaboración propia 2015.

Anexo 12. Mapa de muestreo del sector Villa Colorado río arriba.



Fuente: Elaboración propia 2015.

Anexo 14. Muestreo de agua y sedimentos en campo

Ubicación de la estación de muestreo



Acondicionamiento del material



Rotulado de frascos



Preparación del material a usar



Equipo multiparámetro marca HACH



Lectura de parámetros fisicoquímicos



INFORME DE ENSAYO N° 3-23198/14

Pág. 1/2

Solicitante : **AS CIV SIN FINES LUCRO SERV EDU HUARAYO**
 Domicilio Legal : Calle Francisco Bolognesi s/n Cas. Mazuco – Inambari – Tambopata – Madre de Dios
 Producto Declarado : **AGUA SUPERFICIAL**
 Cantidad recibida : 06 muestras x 12 L aprox.
Muestra proporcionada por el Solicitante
 Forma de Presentación : En frascos de plástico, cerrados, preservados
 Identificación de la muestra : Según se indica
 Fecha de Recepción : 2014 – 11 – 28
 Fecha de Inicio del ensayo : 2014 – 11 – 28
 Fecha de Término del ensayo : 2014 – 12 – 01
 Ensayo realizado en : Laboratorio Ambiental
 Identificado con : **H/S 14014611 (20060)**
 Validez del documento : Este documento es válido solo para la muestra descrita.

Datos proporcionados por el Cliente:

Puntos de muestreo	Coordenadas UTM	
	Este	Norte
E1 / M1 AS	8618060	0536841
E1 / M2 AS	8618215	0536835
E1 / M3 AS	8618362	0536864
E1 / M4 AS	8618520	0536897
E1 / M5 AS	8618680	0536900
E1 / M6 AS	8618838	0536925

Ensayos	Muestras / Resultados					
	E1 / M1 AS	E1 / M2 AS	E1 / M3 AS	E1 / M4 AS	E1 / M5 AS	E1 / M6 AS
Aceites y Grasas (mg/L) (LD: 0,50 mg/L)	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Fosfatos (mg/L) (LD: 0,006 mg/L)	0,060	0,065	0,058	0,060	0,056	0,068
Mercurio (mg/L) (LD: 0,0001 mg/L)	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,0003	0,0020	0,0020
Nitratos (mg/L) (LD: 0,044 mg/L)	0,585	0,600	0,647	0,616	0,783	0,733

LD: Límite de detección



INFORME DE ENSAYO N° 3-23198/14

Pág. 2/2

Métodos:

Aceites y grasas: EPA Method 1664, Revision B 2010 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.

Fosfatos: SMEWW-APHA AWWA-WEF, Part 4500-P E, 22 nd Ed.2012 Phosphorus. Ascorbic Acid Method.

Nitratos: SMEWW-APHA AWWA-WEF Part 4500-NO₃⁻ E, 22 nd Ed.2012 Nitrogen (Nitrate). Cadmium Reduction Method.

Mercurio: SMEWW-APHA AWWA-WEF.PART 3112 B, 22 nd Ed.2012.PART 3112 B. Metals by col-vapor atomic absorption spectrometry

OBSERVACIONES

Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestros laboratorios sobre muestras tomadas por el Organismo de Inspecciones de CERPER S.A.
Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 16 de Diciembre del 2014
KC

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.


.....
ING. ROSA PALOMINO LOO
C.I.P. N° 40302
JEFE DE COORDINACIÓN DE LABORATORIOS

INFORME DE ENSAYO N° 3-23010/14

Solicitante : **AS CIV SIN FINES LUCRO SERV EDU HUARAYO**
 Domicilio Legal : Calle Francisco Bolognesi s/n Cas. Mazuco – Inambari – Tambopata – Madre de Dios
 Producto declarado : **SEDIMENTO DE RIO**
 Cantidad de muestra para ensayo : 06 muestras x 700 g c/u
Muestra proporcionada por el Solicitante
 Forma de Presentación : En bolsas de polietileno, cerradas.
 Identificación de la muestra : según se indica
 Fecha de Recepción : 2014 – 11 – 28
 Fecha de Inicio del ensayo : 2014 – 11 – 29
 Fecha de Término del ensayo : 2014 – 12 – 03
 Ensayo realizado en : Laboratorio de Toxinas e Hidrobiología
 Identificado con : **H/S 14014611 (20019)**
 Validez del documento : Este documento es válido solo para la muestra descrita

Datos proporcionados por el Cliente:

Puntos de muestreo	Coordenadas UTM	
	Este	Norte
E1/M1 SR	0536673	8618113
E1/M2 SR	0536841	8618060
E1/M3 SR	0537022	8618007
E1/M4 SR	0536694	8618866
E1/M5 SR	0536925	8618838
E1/M6 SR	0537085	8618824

Ensayos	Resultados					
	E1/M1 SR	E1/M2 SR	E1/M3 SR	E1/M4 SR	E1/M5 SR	E1/M6 SR
Cromo (mg/kg) (LD: 0,050 mg/kg)	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050
Manganeso (mg/kg) (LD: 0,025 mg/kg)	446,0	430,9	271,0	310,3	347,8	346,3
Hierro (mg/kg) (LD: 1,00 mg/kg)	20 496	20 408	16 459	17 058	15 699	19 040
Cobre (mg/kg) (LD: 0,030 mg/kg)	18,75	19,20	14,68	16,47	15,99	18,26
Zinc (mg/kg) (LD: 0,050 mg/kg)	44,99	45,50	40,69	41,58	38,49	44,33
Arsénico (mg/kg) (LD: 0,050 mg/kg)	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050
Cadmio (mg/kg) (LD: 0,020 mg/kg)	0,5907	0,5923	< 0,020	< 0,020	< 0,020	0,5443
Mercurio (mg/kg) (LD: 0,010 mg/kg)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Plomo (mg/kg) (LD: 0,020 mg/kg)	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020

LD: Limite de detección

Método:

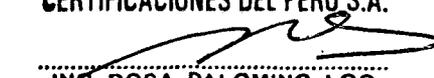
Cromo, Manganeso, Hierro, Cobre, Zinc, Arsénico, Cadmio, Mercurio, Plomo: EPA 6020A Inductively Coupled Plasma-Mass spectrometry.

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
 Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

Callao, 13 de Diciembre del 2014
JA


ING. ROSA PALOMINO LOO
 C.I.P. N° 40302
 JEFE DE COORDINACIÓN DE LABORATORIOS
 CHIMBOTE

CALLAO
 Oficina Principal
 Anta Rosa 601, La Perla - Callao
 T: 319 9000 F: (511) 420 4128
 cerper.com - www.cerper.com

Av. José Carlos Mariátegui s/n Centro Cívico
 Urb. Buenos Aires, Nuevo Chimbote
 T. (043) 311 048 F: (043) 314 620
 info@cerper.com - www.cerper.com

PIURA
 Urb. Angamos A - 2 - Piura
 T. (073) 322 908 / 9975 63161
 info@cerper.com - www.cerper.com

INFORME DE ENSAYO N° 3-20055/14

Pág. 1/1

Solicitante : **AS CIV SIN FINES LUCRO SERV EDU HUARAYO**
 Domicilio Legal : Calle Francisco Bolognesi s/n Cas. Mazuco – Inambari – Tambopata – Madre de Dios
 Producto Declarado : **AGUA SUPERFICIAL**
 Cantidad recibida : 06 muestras x 09 L aprox.
Muestra proporcionada por el Solicitante
 Forma de Presentación : En frascos de plástico, cerrados, preservados
 Identificación de la muestra : Según se indica
 Fecha de Recepción : 2014 – 10 – 18
 Fecha de Inicio del ensayo : 2014 – 10 – 18
 Fecha de Término del ensayo : 2014 – 10 – 22
 Ensayo realizado en : Laboratorio de Ambiental
 Identificado con : **H/S 14014611 (17286)**
 Validez del documento : Este documento es válido solo para la muestra descrita.

Puntos de muestreo	Coordenadas UTM	
	Este	Norte
E-2 M1 AS	8608864	476676
E-2 M2 AS	8608942	476665
E-2 M3 AS	8609024	476688
E-2 M4 AS	8609102	476676
E-2 M5 AS	8609155	476671
E-2 M6 AS	8609261	476667

Ensayos	Muestras / Resultados					
	E-2 M1 AS	E-2 M2 AS	E-2 M3 AS	E-2 M4 AS	E-2 M5 AS	E-2 M6 AS
Aceites y Grasas (mg/L) (LD: 0,50 mg/L)	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Fosfatos (mg/L) (LD: 0,006 mg/L)	0,050	0,055	0,061	0,017	0,020	0,019
Mercurio (mg/L) (LD: 0,0001 mg/L)	0,0002	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001
Nitratos (mg/L) (LD: 0,044 mg/L)	0,624	1,06	0,654	0,605	0,478	0,477

LD: Límite de detección

Métodos:

Aceites y grasas: EPA Method 1664, Revision B 2010 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.

Fosfatos: SMEWW-APHA AWWA-WEF, Part 4500-P E, 22 nd Ed. 2012 Phosphorus. Ascorbic Acid Method.

Nitratos: SMEWW-APHA AWWA-WEF Part 4500-NO3⁻ E, 22 nd Ed. 2012 Nitrogen (Nitrate). Cadmium Reduction Method.

Mercurio: SMEWW-APHA AWWA-WEF PART 3112 B, 22 nd Ed. 2012 PART 3112 B. Metals by col-vapor atomic absorption spectrometry

OBSERVACIONES

Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestros laboratorios sobre muestras tomadas por el Organismo de Inspecciones de CERPER S.A. Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.

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

Callao, 30 de Octubre del 2014
RT

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

ING. ROSA PALOMINO LOO
C.I.P. N° 40302
JEFE DE COORDINACIÓN DE LABORATORIOS

CALLAO
Oficina Principal
anta Rosa 601, La Perla - Callao
1) 319 9000 F: (511) 420 4128

CHIMBOTE
Av. José Carlos Mariátegui s/n Centro Civico
Urb. Buenos Aires, Nuevo Chimbote
T. (043) 311 048 F: (043) 314 620

PIURA
Urb. Angamos A - 2 - Piura
T. (073) 322 908 / 9975 63161

INFORME DE ENSAYO N° 3-20056/14

Solicitante : **AS CIV SIN FINES LUCRO SERV EDU HUARAYO**
 Domicilio Legal : Calle Francisco Bolognesi s/n Cas. Mazuco – Inambari – Tambopata – Madre de Dios
 Producto declarado : **SEDIMENTO DE RIO**
 Cantidad de muestra para ensayo : 06 muestras x 0,09 m² c/u
Muestra proporcionada por el Solicitante
 Forma de Presentación : En frascos de plástico cerrados y preservados.
 Identificación de la muestra : según se indica
 Fecha de Recepción : 2014 – 10 – 21
 Fecha de Inicio del ensayo : 2014 – 10 – 21
 Fecha de Término del ensayo : 2014 – 10 – 29
 Ensayo realizado en : Laboratorio de Toxinas e Hidrobiología
 Identificado con : **H/S 14014611 (17286)**
 Validez del documento : Este documento es válido solo para la muestra descrita

Puntos de muestreo	Coordenadas UTM	
	Este	Norte
E-2 M1 SR	8608912	476091
E-2 M2 SR	8608942	476665
E-2 M3 SR	8608954	476992
E-2 M4 SR	8609319	476304
E-2 M5 SR	8609155	476671
E-2 M6 SR	8609304	477023

Ensayos	Resultados					
	E2 / M1 SR	E2 / M2 SR	E2 / M3 SR	E2 / M4 SR	E2 / M5 SR	E2 / M6 SR
Cromo (mg/kg) (LD: 0,050 mg/kg)	< 0,050	< 0,050	9,783	< 0,050	< 0,050	< 0,050
Manganeso (mg/kg) (LD: 0,025 mg/kg)	388,9	294,1	176,8	366,6	330,6	301,5
Hierro (mg/kg) (LD: 1,00 mg/kg)	25 546	20 104	13 738	22 946	21 804	20 043
Cobre (mg/kg) (LD: 0,030 mg/kg)	17,37	15,13	10,28	16,46	17,58	18,16
Zinc (mg/kg) (LD: 0,050 mg/kg)	44,68	46,30	30,84	42,01	44,08	42,36
Arsénico (mg/kg) (LD: 0,050 mg/kg)	6,180	7,263	5,804	6,339	8,551	9,496
Cadmio (mg/kg) (LD: 0,020 mg/kg)	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020
Mercurio (mg/kg) (LD: 0,010 mg/kg)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Plomo (mg/kg) (LD: 0,020 mg/kg)	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020

LD: Límite de detección

Método:

Cromo, Manganeso, Hierro, Cobre, Zinc, Arsénico, Cadmio, Mercurio, Plomo: EPA 6020A Inductively Coupled Plasma-Mass spectrometry.

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.

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

Callao, 30 de Octubre del 2014
RT

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

ING. ROSA PALOMINO LOO
C.I.P. N° 40302
JEFE DE COORDINACION DE LABORATORIOS

CALLAO
Oficina Principal
Santa Rosa 601, La Perla - Callao
t(11) 319 9000 F: (511) 420 4128
@cerper.com - www.cerper.com

CHIMBOTE
Av. José Carlos Mariátegui s/n Centro Cívico
Urb. Buenos Aires, Nuevo Chimbote
T. (043) 311 048 F: (043) 314 620
info@cerper.com - www.cerper.com

PIURA
Urb. Angamos A - 2 - Piura
T. (073) 322 908 / 9975 63161
info@cerper.com - www.cerper.com

INFORME DE ENSAYO N° 3-20831/14

Pág. 1/1

Solicitante : **AS CIV SIN FINES LUCRO SERV EDU HUARAYO**
 Domicilio Legal : Calle Francisco Bolognesi s/n Cas. Mazuco – Inambari – Tambopata – Madre de Dios
 Producto Declarado : **AGUA SUPERFICIAL**
 Cantidad recibida : 06 muestras x 12 L aprox.
Muestra proporcionada por el Solicitante
 Forma de Presentación : En frascos de plástico, cerrados. preservados
 Identificación de la muestra : Según se indica
 Fecha de Recepción : 2014 – 10 – 31
 Fecha de Inicio del ensayo : 2014 – 11 – 03
 Fecha de Término del ensayo : 2014 – 11 – 03
 Ensayo realizado en : Laboratorio Ambiental
 Identificado con : **H/S 14014611 (18227)**
 Validez del documento : Éste documento es válido solo para la muestra descrita.

Puntos de muestreo	Coordenadas UTM	
	Norte	Este
E3 / M1 - AS	438787	8595041
E3 / M2 - AS	438740	8595075
E3 / M3 - AS	438683	8595062
E3 / M4 - AS	438624	8595085
E3 / M5 - AS	438576	8595130
E3 / M6 - AS	438514	8595135

Ensayos	Muestras / Resultados					
	E3 / M1 - AS	E3 / M2 - AS	E3 / M3 - AS	E3 / M4 - AS	E3 / M5 - AS	E3 / M6 - AS
Aceites y Grasas (mg/L) (LD: 0,50 mg/L)	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Fosfatos (mg/L) (LD: 0,006 mg/L)	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006
Mercurio (mg/L) (LD: 0,0001 mg/L)	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Nitratos (mg/L) (LD: 0,044 mg/L)	0,710	0,677	0,594	0,779	0,771	0,776

LD: Limite de detección

Métodos:

Aceites y grasas: EPA Method 1664, Revision B 2010 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.

Fosfatos: SMEWW-APHA AWWA-WEF, Part 4500-P E, 22 nd Ed.2012Phosphorus. Ascorbic Acid Method.

Nitratos: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NO3⁻ E, 22 nd Ed.2012Nitrogen (Nitrate). Cadmium Reduction Method.

Mercurio: SMEWW-APHA AWWA-WEF.PART 3112 B,22 nd Ed.2012.PART 3112 B. Metals by col-vapor atomic absorption spectrometry

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.

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

Callao, 11 de Noviembre del 2014
DV

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A

ING. ROSA PALOMINO LOO
C.I.P. N° 40302
JEFE DE COORDINACIÓN DE LABORATORIOS

CALLAO
Oficina Principal
anta Rosa 601, La Perla - Callao
1) 319 9000 F: (511) 420 4128
cerper.com - www.cerper.com

CHIMBOTE
Av. José Carlos Mariátegui s/n Centro Cívico
Urb. Buenos Aires, Nuevo Chimbote
T. (043) 311 048 F: (043) 314 620
info@cerper.com - www.cerper.com

PIURA
Urb. Angamos A - 2 - Piura
T. (073) 322 908 / 9975 63161
info@cerper.com - www.cerper.com

INFORME DE ENSAYO N° 3-20832/14

Solicitante : **AS CIV SIN FINES LUCRO SERV EDU HUARAYO**
 Domicilio Legal : Calle Francisco Bolognesi s/n Cas. Mazuco – Inambari – Tambopata – Madre de Dios
 Producto declarado : **SEDIMENTO DE RIO**
 Cantidad de muestra para ensayo : 06 muestras x 600 g. c/u
Muestra proporcionada por el Solicitante
 Forma de Presentación : En frascos de plástico cerrados y preservados.
 Identificación de la muestra : según se indica
 Fecha de Recepción : 2014 – 10 – 31
 Fecha de Inicio del ensayo : 2014 – 11 – 03
 Fecha de Término del ensayo : 2014 – 11 – 05
 Ensayo realizado en : Laboratorio Ambiental
 Identificado con : **H/S 14014611 (18227)**
 Validez del documento : Este documento es válido solo para la muestra descrita

Puntos de muestreo	Coordenadas UTM	
	Norte	Este
E3 / M1 – SR	438787	8595041
E3 / M2 – SR	438740	8595075
E3 / M3 – SR	438683	8595062
E3 / M4 – SR	438624	8595085
E3 / M5 – SR	438576	8595130
E3 / M6 - SR	438514	8595135

Ensayos	Muestras / Resultados					
	E3 / M1 - SR	E3 / M2 - SR	E3 / M3 - SR	E3 / M4 - SR	E3 / M5 - SR	E3 / M6 - SR
Cromo (mg/kg) (LD: 0,050 mg/kg)	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050
Manganeso (mg/kg) (LD: 0,025 mg/kg)	237,6	240,5	330,9	300,5	207,0	322,5
Hierro (mg/kg) (LD: 1,00 mg/kg)	20 919	23 694	23 655	23 253	19 745	23 497
Cobre (mg/kg) (LD: 0,030 mg/kg)	14,74	18,95	22,05	19,15	11,21	16,80
Zinc (mg/kg) (LD: 0,050 mg/kg)	49,27	61,91	58,54	61,59	43,21	51,48
Arsénico (mg/kg) (LD: 0,050 mg/kg)	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050
Cadmio (mg/kg) (LD: 0,020 mg/kg)	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020
Mercurio (mg/kg) (LD: 0,010 mg/kg)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Plomo (mg/kg) (LD: 0,020 mg/kg)	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020

LD: Limite de detección

Método:

Cromo, Manganeso, Hierro, Cobre, Zinc, Arsénico, Cadmio, Mercurio, Plomo: EPA 6020A Inductively Coupled Plasma-Mass spectrometry.

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.

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

Callao, 11 de Noviembre del 2014
DV

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

ING. ROSA PALOMINO LOO
C.I.P. N° 40302
JEFE DE COORDINACION DE LABORATORIOS

CALLAO
Oficina Principal
Calle Rosa 601, La Perla - Callao
T: 319 9000 F: (511) 420 4128
cerper.com - www.cerper.com

CHIMBOTE
Av. José Carlos Mariátegui s/n Centro Cívico
Urb. Buenos Aires, Nuevo Chimbote
T. (043) 311 048 F: (043) 314 620
info@cerper.com - www.cerper.com

PIURA
Urb. Angamos A - 2 - Piura
T. (073) 322 908 / 9975 63161
info@cerper.com - www.cerper.com

INFORME DE ENSAYO N° 3-22472/14

Pág. 1/2

Solicitante : **AS CIV SIN FINES LUCRO SERV EDU HUARAYO**
 Domicilio Legal : Calle Francisco Bolognesi s/n Cas. Mazuco – Inambari – Tambopata – Madre de Dios
 Producto Declarado : **AGUA SUPERFICIAL**
 Cantidad recibida : 06 muestras x 12 L aprox.
Muestra proporcionada por el Solicitante
 Forma de Presentación : En frascos de plástico, cerrados, preservados
 Identificación de la muestra : Según se indica
 Fecha de Recepción : 2014 – 11 – 21
 Fecha de Inicio del ensayo : 2014 – 11 – 21
 Fecha de Término del ensayo : 2014 – 11 – 25
 Ensayo realizado en : Laboratorio Ambiental
 Identificación con : **H/S 14014611 (19529)**
 Validez del documento : Este documento es válido solo para la muestra descrita.

Datos proporcionados por el Cliente:

Puntos de muestreo	Coordenadas UTM	
	Este	Norte
E4 / M1 AS	8593573	425991
E4 / M2 AS	8593702	425973
E4 / M3 AS	8593792	425989
E4 / M4 AS	8593941	426057
E4 / M5 AS	8594031	425965
E4 / M6 AS	8594136	425978

Ensayos	Muestras / Resultados					
	E4 / M1 AS	E4 / M2 AS	E4 / M3 AS	E4 / M4 AS	E4 / M5 AS	E4 / M6 AS
Aceites y Grasas (mg/L) (LD: 0,50 mg/L)	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Fosfatos (mg/L) (LD: 0,006 mg/L)	0,007	0,019	0,051	0,040	0,042	0,028
Mercurio (mg/L) (LD: 0,0001 mg/L)	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Nitratos (mg/L) (LD: 0,044 mg/L)	0,296	0,518	0,803	0,779	0,931	1,01

LD: Límite de detección



INFORME DE ENSAYO N° 3-22472/14

Pág. 2/2

Métodos:

Aceites y grasas: EPA Method 1664, Revision B 2010 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.

Fosfatos: SMEWW-APHA AWWA-WEF, Part 4500-P E, 22 nd Ed.2012Phosphorus. Ascorbic Acid Method.

Nitratos: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NO3⁻ E, 22 nd Ed.2012Nitrogen (Nitrate). Cadmium Reduction Method.

Mercurio: SMEWW-APHA AWWA-WEF.PART 3112 B,22 nd Ed.2012.PART 3112 B . Metals by col-vapor atomic absorption spectrometry

OBSERVACIONES

Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestros laboratorios sobre muestras tomadas por el Organismo de Inspecciones de CERPER S.A. Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 06 de Diciembre del 2014
DV

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

ING. ROSA PALOMINO LOO
C.I.P. N° 40302
JEFE DE COORDINACIÓN DE LABORATORIOS

INFORME DE ENSAYO N° 3-22471/14

Solicitante : **AS CIV SIN FINES LUCRO SERV EDU HUARAYO**
 Domicilio Legal : Calle Francisco Bolognesi s/n Cas. Mazuco – Inambari – Tambopata – Madre de Dios
 Producto declarado : **SEDIMENTO DE RIO**
 Cantidad de muestra para ensayo : 06 muestras x 600 g c/u
Muestra proporcionada por el Solicitante
 Forma de Presentación : En bolsas de polietileno, cerradas.
 Identificación de la muestra : según se indica
 Fecha de Recepción : 2014 – 11 – 21
 Fecha de Inicio del ensayo : 2014 – 11 – 21
 Fecha de Término del ensayo : 2014 – 11 – 24
 Ensayo realizado en : Laboratorio de Toxinas e Hidrobiología
 Identificado con : **H/S 14014611 (19529)**
 Validez del documento : Este documento es válido solo para la muestra descrita

Datos proporcionados por el Cliente:

Puntos de muestreo	Coordenadas UTM	
	Este	Norte
E4 / M1 SR	8593591	425642
E4 / M2 SR	8593573	425971
E4 / M3 SR	8593842	426887
E4 / M4 SR	8594190	425538
E4 / M5 SR	8594136	425978
E4 / M6 SR	8593988	426594

Ensayos	Resultados					
	E4 / M1 SR	E4 / M2 SR	E4 / M3 SR	E4 / M4 SR	E4 / M5 SR	E4 / M6 SR
Cromo (mg/kg) (LD: 0,050 mg/kg)	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050
Manganeso (mg/kg) (LD: 0,025 mg/kg)	180,4	201,0	207,7	231,1	300,7	329,9
Hierro (mg/kg) (LD: 1,00 mg/kg)	17 854	18 883	19 687	18 188	19 546	18 566
Cobre (mg/kg) (LD: 0,030 mg/kg)	11,65	14,55	12,90	13,10	14,05	13,33
Zinc (mg/kg) (LD: 0,050 mg/kg)	32,57	37,02	41,71	35,87	40,07	36,86
Arsénico (mg/kg) (LD: 0,050 mg/kg)	10,01	5,880	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050
Cadmio (mg/kg) (LD: 0,020 mg/kg)	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020
Mercurio (mg/kg) (LD: 0,010 mg/kg)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Plomo (mg/kg) (LD: 0,020 mg/kg)	3,569	4,086	4,963	6,748	< 0,020	3,730

LD: Límite de detección

Método:

Cromo, Manganeso, Hierro, Cobre, Zinc, Arsénico, Cadmio, Mercurio, Plomo: EPA 6020A Inductively Coupled Plasma-Mass spectrometry.

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.

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

Callao, 06 de Diciembre del 2014
DV

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

ING. ROSA PALOMINO LOO
C.I.P. N° 40302
JEFE DE COORDINACIÓN DE LABORATORIOS

CHIMBOTE

Av. José Carlos Mariátegui s/n Centro Cívico
Urb. Buenos Aires, Nuevo Chimbote
T. (043) 311 048 F: (043) 314 620
info@cerper.com - www.cerper.com

PIURA

Urb. Angamos A - 2 - Piura
T. (073) 322 908 / 9975 63161
info@cerper.com - www.cerper.com

CALLAO
Oficina Principal
a Rosa 601, La Perla - Callao
319 9000 F: (511) 420 4128
rper.com - www.cerper.com

INFORME DE ENSAYO N° 3-24702/14

Pág. 1/2

Solicitante : **AS CIV SIN FINES LUCRO SERV EDU HUARAYO**
 Domicilio Legal : Calle Francisco Bolognesi s/n Cas. Mazuco – Inambari – Tambopata – Madre de Dios
 Producto Declarado : **AGUA SUPERFICIAL**
 Cantidad recibida : 06 muestras x 12 L aprox.
Muestra proporcionada por el Solicitante
 Forma de Presentación : En frascos de plástico, cerrados, preservados
 Identificación de la muestra : Según se indica
 Fecha de Recepción : 2014 – 12 – 30
 Fecha de Inicio del ensayo : 2014 – 12 – 30
 Fecha de Término del ensayo : 2014 – 12 – 05
 Ensayo realizado en : Laboratorio Ambiental
 Identificado con : **H/S 14014611 (21781)**
 Validez del documento : Este documento es válido solo para la muestra descrita.

Datos proporcionados por el Cliente:

Puntos de muestreo	Coordenadas UTM	
	Este	Norte
E5 / M1 AS	0348117	8607069
E5 / M2 AS	0348215	8607064
E5 / M3 AS	0348233	8607023
E5 / M4 AS	0348241	8607001
E5 / M5 AS	0348279	8606922
E5 / M6 AS	0348350	8606876

Ensayos	Muestras / Resultados					
	E5 / M1 AS	E5 / M2 AS	E5 / M3 AS	E5 / M4 AS	E5 / M5 AS	E5 / M6 AS
Aceites y Grasas (mg/L) (LD: 0,50 mg/L)	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Fosfatos (mg/L) (LD: 0,006 mg/L)	0,227	0,312	0,046	0,125	0,442	0,315
Mercurio (mg/L) (LD: 0,0001 mg/L)	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Nitratos (mg/L) (LD: 0,044 mg/L)	0,684	0,716	1,09	0,720	0,840	0,878

LD: Límite de detección



INFORME DE ENSAYO N° 3-24702/14

Pág. 2/2

Métodos:

Aceites y grasas: EPA Method 1664, Revision B 2010 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.

Fosfatos: SMEWW-APHA AWWA-WEF, Part 4500-P E, 22 nd Ed. 2012 Phosphorus. Ascorbic Acid Method.

Nitratos: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NO₃⁻ E, 22 nd Ed. 2012 Nitrogen (Nitrate). Cadmium Reduction Method.

Mercurio: SMEWW-APHA AWWA-WEF. PART 3112 B, 22 nd Ed. 2012. PART 3112 B. Metals by col-vapor atomic absorption spectrometry

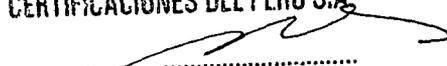
OBSERVACIONES

Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestros laboratorios sobre muestras tomadas por el Organismo de Inspecciones de CERPER S.A.
Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.

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

Callao, 13 de Enero del 2015
KC

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.


.....
ING. ROSA PALOMINO LOO
C.I.P. N° 40302
JEFE DE COORDINACIÓN DE LABORATORIOS

INFORME DE ENSAYO N° 3-24708/14

Pág. 1/2

Solicitante : **AS CIV SIN FINES LUCRO SERV EDU HUARAYO**
 Domicilio Legal : Calle Francisco Bolognesi s/n Cas. Mazuco – Inambari – Tambopata – Madre de Dios
 Producto declarado : **SEDIMENTO DE RIO**
 Cantidad de muestra para ensayo : 06 muestras x 700 g c/u
Muestra proporcionada por el Solicitante
 Forma de Presentación : En bolsas de polietileno, cerradas.
 Identificación de la muestra : según se indica
 Fecha de Recepción : 2014 – 12 – 30
 Fecha de Inicio del ensayo : 2014 – 12 – 31
 Fecha de Término del ensayo : 2015 – 01 – 06
 Ensayo realizado en : Laboratorio de Ambiental
 Identificado con : **H/S 14014611 (21783)**
 Validez del documento : Este documento es válido solo para la muestra descrita

Datos proporcionados por el Cliente:

Puntos de muestreo	Coordenadas UTM	
	Norte	Este
E5/M1 SR	0348377	8607270
E5/M2 SR	0348117	8607069
E5/M3 SR	0347861	8606912
E5/M4 SR	0348791	8607164
E5/M5 SR	0348350	8606876
E5/M6 SR	0348099	8606762

Metales Totales:

Ensayos	Resultados					
	E5/M1 SR	E5/M2 SR	E5/M3 SR	E5/M4 SR	E5/M5 SR	E5/M6 SR
Cromo (mg/kg) (LD: 0,050 mg/kg)	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050
Manganeso (mg/kg) (LD: 0,025 mg/kg)	250,5	297,4	233,6	254,7	313,7	225,0
Hierro (mg/kg) (LD: 1,00 mg/kg)	17996	20681	18182	19020	18654	17957
Cobre (mg/kg) (LD: 0,030 mg/kg)	15,58	16,82	14,25	15,42	16,99	15,32
Zinc (mg/kg) (LD: 0,050 mg/kg)	50,00	49,52	43,83	44,48	47,08	45,35
Arsénico (mg/kg) (LD: 0,050 mg/kg)	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050
Cadmio (mg/kg) (LD: 0,020 mg/kg)	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020
Mercurio (mg/kg) (LD: 0,010 mg/kg)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Plomo (mg/kg) (LD: 0,020 mg/kg)	4,266	8,683	3,845	4,165	5,122	5,372

LD: Limite de detección



INFORME DE ENSAYO N° 3-24708/14

Pág. 2/2

Método:

Metales Totales: Cromo, Manganese, Hierro, Cobre, Zinc, Arsénico, Cadmio, Mercurio, Plomo: EPA 6020A Inductively Coupled Plasma-Mass spectrometry.

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.

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

Callao, 14 de Enero del 2015
KC

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

ING ROSA PALOMINO LOO
C.I.P. N° 40302
JEFE DE COORDINACIÓN DE LABORATORIOS

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

CALLAO

Oficina Principal
Calle Rosa 601, La Perla - Callao
T: (51) 1 9000 F: (51) 420 4128
www.cerper.com - www.cerper.com

CHIMBOTE

Av. José Carlos Mariátegui s/n Centro Cívico
Urb. Buenos Aires, Nuevo Chimbote
T: (043) 311 048 F: (043) 314 620
info@cerper.com - www.cerper.com

PIURA

Urb. Angamos A - 2 - Piura
T: (073) 322 908 / 9975 63161
info@cerper.com - www.cerper.com



RESOLUCIÓN DE DECANATURA N° 199 - 2015-UNAMAD-DFI

Puerto Maldonado, 16 de noviembre de 2015

VISTO:

El Expediente N° 2260 de fecha 16 de noviembre de 2015, Informe N° 002-2015-UNAMAD-DI-CPIFMA/GAA-MGR-MVD de fecha 16 de noviembre de 2015, Estatuto de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Reglamento Académico de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, y;

CONSIDERANDO:

Que, la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, fue creada mediante Ley N° 27297, de fecha 05 de julio del año 2000 y mediante Resolución N° 626-2009-CONAFU, de fecha 27 de Noviembre de 2009, se otorga la Autorización Definitiva para su funcionamiento.

Que, el inciso a. del Artículo 101° del Estatuto de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, establece los requisitos para la obtención de grados y títulos: "título profesional: Requiere del grado de Bachiller y la aprobación de una tesis o trabajo de suficiencia profesional. Las universidades acreditadas pueden establecer modalidades adicionales a estas últimas. El título Profesional solo se puede obtener en la universidad en la cual se haya obtenido el grado de bachiller".

Que, el Artículo 157 del Reglamento Académico de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios establece que: "Para optar Título Profesional se requiere que: a) Tener Grado Académico de Bachiller otorgado por la universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios o por otra universidad del Sistema Universitario; b) Sustentar y aprobar una de las modalidades de titulación vigentes en la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios; c) Recibo de pago por el Título Profesional y otros; d) tres (03) fotografías a color tamaño pasaporte (con terno; e) Constancia administrativa de no adeudar a ninguna dependencia académica de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios; f) Devolución del Carne de Biblioteca; g) En caso de Tesis Profesional y de informe técnico deberán entregar cuatro ejemplares de los mismos de acuerdo a las especificaciones contempladas en el reglamento de cada Carrera Profesional."; asimismo el inciso a) del artículo 158 del reglamento antes indicado, establece que una de las modalidades para obtener el título Profesional en la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios es Tesis Profesional.

Que, el Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, aprobado mediante Resolución N° 038 - 2012 - UNAMAD - COyG, de fecha 27 de enero del 2012, establece la finalidad, criterios y regula el procedimiento para conferir Grados Académicos y Títulos profesionales en la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.

Que mediante Resolución de Decanatura N°349-2014-UNAMAD-DFI, de fecha 27 de diciembre del 2014, se aprueba el proyecto de Investigación de Tesis Intitulado "CALIDAD DE AGUA Y SEDIMENTOS DEL RIO MADRE DE DIOS", presentado por el señor Williams Auccahuasi Almidón, Bachiller de la Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios; asimismo se designa como Asesor del proyecto de investigación de tesis en mención, al M.Sc. Joel Peña Valdeiglesias.

Que mediante Resolución de Decanatura N° 154-2015-UNAMAD-DFI, de fecha 30 de setiembre de 2015, se conforma el Jurado Calificador para la revisión y aprobación del Borrador de Tesis intitulado "CALIDAD DE AGUA Y SEDIMENTOS DEL RIO MADRE DE DIOS", presentado por el señor Williams Auccahuasi Almidón, Bachiller de la Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.





UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS
Decanatura de la Facultad de Ingeniería

"AÑO DE LA DIVERSIFICACION PRODUCTIVA Y DEL FORTALECIMIENTO DE LA EDUCACION"

RESOLUCIÓN DE DECANATURA N° 199 - 2015-UNAMAD-DFI

Puerto Maldonado, 16 de noviembre de 2015

Que, mediante Informe N° 002-2015-UNAMAD-DI-CPIFMA/GAA-MGR-MVD de fecha 16 de noviembre de 2015, los miembros del Jurador Calificador de la revisión y aprobación del Borrador de Tesis, informan al Decano de la Facultad de Ingeniería la **conformidad al Borrador de Tesis intitulado "CALIDAD DE AGUA Y SEDIMENTOS DEL RIO MADRE DE DIOS"**, presentado por el señor **Williams Auccahuasi Almidón**, Bachiller de la Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.

Estando dentro de las facultades conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería, por Ley Universitaria N° 30220, Estatuto de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios y en uso de las atribuciones conferidas mediante Resolución N° 069-2015-UNAMAD- CU. De fecha 25 de Junio de 2015.

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO: DESIGNAR como Miembros del Jurado para la sustentación del proyecto de tesis intitulado **"CALIDAD DE AGUA Y SEDIMENTOS DEL RIO MADRE DE DIOS"**, presentado por el señor **Williams Auccahuasi Almidón**, Bachiller de la Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, a los siguientes docentes:

- **M.Sc. Gabriel Alarcón Aguirre** **Presidente**
- **Ing. Mishari García Roca** **Secretario**
- **Ing. Mauro Vela Da-Fonseca** **Vocal**
- **M.Sc. Hilda Margarita Soto Benavente** **Accesitario**

ARTICULO SEGUNDO: DESIGNAR, como **CO-ASESOR** del Proyecto de Investigación de Tesis en mención, al **Dr. Francisco Román Dañoveytia**.

ARTÍCULO TERCERO: ESTABLECER como fecha y hora, para el "Acto de Sustentación" de la Tesis mencionada en el artículo primero de la parte resolutive, el **viernes 20 de Noviembre de 2015 a las 15:00 horas**.

ARTICULO CUARTO: NOTIFICAR, la presente resolución a las Miembros del Jurado para la sustentación de Tesis, tesista (**Williams Auccahuasi Almidón**), Asesor y Co Asesor de tesis, en cumplimiento, conformidad y viabilidad al Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.

Regístrese, comuníquese y archívese.



Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios
Facultad de Ingeniería


M.Sc. ELISIO PUMA CALLANQUI SALCEDO
DI CANO 161



UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS
FACULTAD DE INGENIERÍA


M.Sc. A. Miranda Castillo
SECRETARIO ACADEMICO (a)

C.c.
Jurado
Asesor
Tesista
Archivo
EPS/Decano
RMC/SA

ACTA DE SUSTENTACION PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE

En el anfiteatro del N° 01 de la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, siendo las 3:30 horas del día 20 de Noviembre del 2015, dando cumplimiento a la Resolución N° 199 – 2015-UNAMAD-DFI, de fecha 16 de Noviembre del 2015, se reunieron los Miembros del Jurado para la sustentación del trabajo de tesis intitulado “**CALIDAD DE AGUA Y SEDIMENTOS EN EL RIO MADRE DE DIOS**”, presentado por el Bachiller: Williams Auccahuasi Almidon, integrado por los siguientes docentes:

M.Sc. Gabriel Alarcón Aguirre Presidente.

M.Sc. Hilda Margarita Soto Benavente Secretaria.

Ing. Mauro Vela Dafonceca Vocal.

Con la finalidad de evaluar el trabajo de tesis intitulado antes mencionado. Acto seguido se procedió con la exposición del trabajo de tesis por parte del sustentante, el jurado procede con la fase de preguntas respectivas y luego el sustento del tesista. Acto seguido el jurado procede a deliberar de forma reservada y libremente, declarando el trabajo expuesto con el calificativo de **..MUY... BUENO.....**, y una nota de **.....17.....**, previo a esto el graduado deberá de realizar el levantamiento a las observaciones entregados por el jurado calificador.

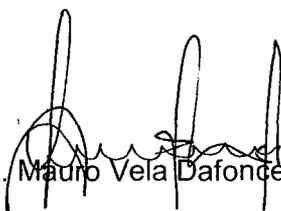
En fe de lo cual firmamos al presente acta, siendo las 17:30 horas del día 20 de Noviembre del 2015, se dio por culminado el presente acto de sustentación.



M.Sc. Gabriel Alarcón Aguirre
Presidente



M. Sc. Hilda Margarita Soto Benavente
Secretaria



Ing. Mauro Vela Dafonceca
Vocal



UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZONICA DE MADRE DE DIOS
FACULTAD DE INGENIERIA

INFORME DE CONFORMIDAD DE LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES

Puerto Maldonado, 09 de Marzo del 2016

Mediante el presente, los Docentes

- | | |
|---|------------|
| - M. Sc. Ing. Gabriel Alarcón Aguirre | Presidente |
| - M. Sc. Hilda Margarita Soto Benavente | Secretaria |
| - Ing. Mauro Vela Dafonseca | Vocal |

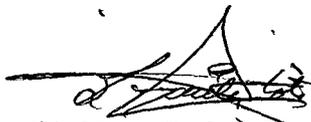
Miembros del Jurado Calificador de la Tesis intitulado

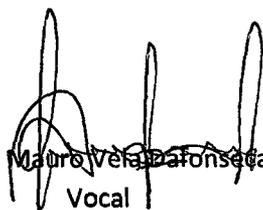
“CALIDAD DE AGUA Y SEDIMENTOS EN EL RIO MADRE DE DIOS, DEPARTAMENTO DE MADRE DE DIOS, PERU 2015”, sustentado por el Bachiller: Williams Auccahuasi Almidón, el día 20 de Noviembre del 2015, en la Ciudad Universitaria de la UNAMAD, emitimos el presente **INFORME DE CONFORMIDAD DE LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES**, con lo cual el Señor Tesista ha cumplido con realizar las modificaciones a las observaciones realizadas durante la sustentación de la Tesis.

Es todo cuanto informamos a Usted Señor Decano, para los fines correspondientes.

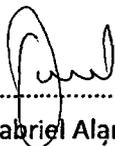
Atentamente


M. Sc. Ing. Gabriel Alarcón Aguirre
Presidente


M. Sc. Hilda Margarita Soto Benavente
Secretaria


Ing. Mauro Vela Dafonseca
Vocal

Esta Tesis ha sido sustentada y aceptada por el Jurado Calificador de Grado, nominado por la facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, como requisito para optar el título de Ingeniero Forestal y Medio Ambiente.



.....
M. Sc. Ing. Gabriel Alarcón Aguirre
PRESIDENTE

.....
M. Sc. Hilda Margarita Soto Benavente
SECRETARIA

.....
Ing. Mauro Vela Dafonseca
VOCAL

ASESORES

.....
M. Sc. Joel Peña Valdeiglesias
ASESOR - UNAMAD

.....
Dr. Francisco Román Dañoveytia
COASESOR

**PUERTO MALDONADO – PERU
2016**