

**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE
DIOS**

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE



**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA EN UN TRAMO DE SEIS
FUENTES HIDROLÓGICAS UBICADOS EN LA PERIFERIA DE LA
CIUDAD DE PUERTO MALDONADO – REGIÓN MADRE DE DIOS”**

Tesis presentada por:

Bachiller: IBANA LÓPEZ, Karla

Bachiller: SIHUAY PERALES, Mayra L.

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

ASESOR: M.Sc: DA FONSECA VELA,
MAURO

COASESOR (A): M.Sc: RODRÍGUEZ
ACHATA, Liset.

PUERTO MALDONADO, 2018

DEDICATORIA

Mi tesis la dedico con todo mi amor y cariño especialmente a mis padres Raúl Imano y Mirian López, a quienes les doy gracias por haber guiado mi camino, por la confianza que depositaron en mí, para convertirme en una profesional.

A mi esposo y a mi pequeña hija Sofía, que ahora son los pilares y soporte de mi vida; a mis profesores que me apoyaron en este largo camino de formación profesional.

Karla Ibanez Lopez

Mi tesis la dedico a toda mi familia y amigos, principalmente a mis padres Manuel Sihuay Lindo y Nilda Perales Pizango que han sido un pilar fundamental en mi formación personal y profesional, por brindarme la confianza, consejos, oportunidad y recursos para lograrlo, y por último a esos verdaderos amigos; compañeros y profesores de mi casa de estudios con los que compartimos todos estos años juntos.

Mayra Lizeth Sihuay Perales

AGRADECIMIENTO

Queremos dar gracias en primer lugar a Dios por permitirnos culminar una meta más en nuestras vidas.

El esfuerzo que realizamos para culminar esta investigación fue motivado por las personas e instituciones que a continuación mencionamos y a quienes agradecemos infinitamente su apoyo.

A nuestros Padres que estuvieron ahí siempre motivándonos para terminar la investigación, por el amor, apoyo, guía y paciencia que nos dieron.

A nuestro asesor de tesis: Ing. MSc. Mauro Vela D. y Coasesora Qmca. MSc. Liset Rodriguez Achata; a los profesionales especialistas en materia ambiental Blgo.PhD. Julio Araujo Flores por aportar a la realización del presente estudio.

Al Consorcio Madre de Dios de la UNAMAD, por el interés y compromiso por la región de Madre de Dios con apoyo de la Universidad de Florida y USAID por el financiamiento otorgado para el desarrollo de la tesis.

Al laboratorio Regional Ambiental de la Universidad Amazónica de Madre de Dios por brindar la información necesaria, por facilitar los equipos para poder llevar a cabo la culminación de la tesis.

Al Club de Pesca y Recreación “HUASACO CITY” por el apoyo incondicional en la etapa de campo.

PRESENTACIÓN

El presente trabajo de investigación titulado: “Evaluación de la calidad de agua en un tramo de seis fuentes hidrológicas ubicados en la periferia de la ciudad de Puerto Maldonado – región Madre de Dios”, tiene como objetivo principal contribuir a la información académica asentando una línea base sobre la calidad de aguas en seis fuentes hidrológicas representativas de la ciudad de Puerto Maldonado; teniendo como justificación de estudio la contaminación por actividades antropogénicas que se ejecutan en el departamento de Madre de Dios, tales como la minería, agricultura, ganadería y plantas de aserrío, siendo los impactos negativos de medios a altos en el marco ambiental, principalmente en los cuerpos de agua; ríos, quebradas, lagos y otros.

Asimismo, la investigación tiene una relevancia científica ya que esta considera tres parámetros para su evaluación y estas de carácter relevante en la comunidad científica, como son: parámetros fisicoquímicos, biológicos y microbiológicos.

Por consiguiente la investigación fortalecerá el conocimiento a toda la comunidad interesada a conocer el impacto que tiene las actividades antropogénicas que se realiza en Puerto Maldonado y consecuentemente en la Región Madre de Dios sobre las fuentes hidrológicas de estudio, determinando así una línea base de niveles de contaminación, potencial del recurso hídrico, estado de conservación en ríos , quebradas y lago, por otro lado permitirá conocer el comportamiento de las comunidades aledañas a los puntos de muestreo en cuestión de salud e higiene, en relación a la calidad bacteriológica de los efluentes.

INTRODUCCIÓN

En la región de Madre de Dios, “uno de los principales factores que afectan al recurso hídrico, es la actividad antropogénica como: la agricultura, minería, actividades de la población y concesiones ecoturísticas” (Araujo Flores et al. 2014), que ponen en riesgo el ecosistema acuático alterando las características físico-químicos, biológica y microbiológicos del agua, “razón por lo cual la cuenca del Tambopata y Madre de Dios en los últimos años han sido afectado en la alteración de sus componentes físico-químicos, biológicos y microbiológicos, contaminando parte del ecosistema del río” (Mosquera et al. 2009); donde estos pueden contaminarse en su trayecto desde el nacimiento hasta su desembocadura, y transportar y acumular contaminantes (López 2006).

Los ecosistemas acuáticos “se encuentran actualmente entre los más amenazados del planeta debido a la actividad humana” (Sauder 2002). Estos ecosistemas están sufriendo una enorme pérdida de biodiversidad (Harding 1998). En este contexto, “los peces continentales, el grupo más diverso de vertebrados, es también el que presenta la mayor proporción de especies amenazadas” (Duncan 2001).

El uso de sus aguas superficiales en varios ríos afluentes del río Madre de Dios y Tambopata, “se trata de uso informal, en el que aprovechan de estos afluentes, el oro aluvial presentes en los sedimentos fluviales de estos afluentes” (Panduro 2010). La información obtenida del monitoreo “permite prevenir, controlar la calidad del agua y adoptar medidas correctivas ante incumplimiento de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA)”, aprobados mediante Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Asimismo, brinda información al Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos, para que sirva de base en el diseño y desarrollo de los Planes de Gestión de Recursos Hídricos en las Cuencas Hidrográficas.

La presente investigación evaluó los parámetros físicos-químicos, biológicos y microbiológicos del agua, para determinar la calidad de agua en ocho puntos de

muestreo, ubicados en los siguientes tramos: Tramo en el río Madre de Dios (P6-Pastora y P1-Puerto Capitanía), Tramo en el río Tambopata (P4 -Playa Botafogo y P2-Aserradero Espinoza), tramo quebrada Herrera (P3-Puente Herrera), tramo quebrada Loboyoc (P8-Quebrada Loboyoc), tramo quebrada chonta (P5-Quebrada Chonta) y tramo lado izquierdo de lago Túpac Amaru (P7 Lago), debido al crecimiento poblacional que se viene dando en los tramos mencionados. Algunas zonas evaluadas “se encuentran sometidas a fuertes procesos de transformación como la expansión de la frontera agrícola, el aprovechamiento forestal, la minería y la eliminación de los residuos sólidos, líquidos y vertederos clandestinos”. Es muy importante indicar que las actividades antropogénicas que viene realizando la población en la Región de Madre de Dios en los afluentes de los ríos Tambopata y Madre de Dios, viene afectando en gran medida las fuentes de agua; estos dos ríos son unas de las 14 cuencas afectadas por distintos tipos de contaminación, es así como las autoridades del Agua (ALA) se han interesado en monitorear la calidad de agua de estas dos cuencas. Sin embargo, solo se han estudiado los parámetros convencionales del agua (físicoquímicos) y microbiológicos por OEFA, en este estudio se toma en cuenta los parámetros biológicos (macroinvertebrados, plancton e ictiofauna) donde determina mejor los niveles de contaminación en las fuentes hidrológicas; ya que a su vez se compara con los Límites Máximos Permisibles (LMP) de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA).

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	1
ABSTRACT	¡Error! Marcador no definido.
CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
1.1 Descripción del problema	3
1.2 Formulación del problema	4
1.3 Justificación e importancia	4
1.4 Objetivos	5
1.4.1 Objetivo general	5
1.4.2 Objetivos específicos	6
1.5 Hipótesis	6
1.5.1 Hipótesis central	6
1.5.2 Hipótesis alterna	6
1.5.3 Hipótesis nula	6
1.6 Operacionalización de variables	7
1.7 Consideraciones éticas	9
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	10
2.1 Antecedentes de estudio	10
2.2 Marco conceptual	22
2.2.1 El agua	22
2.2.2 Calidad de agua	23
2.2.3 Actividad minera y agropecuaria en relación con la calidad del agua	24
2.2.4 Contaminación del agua	25
2.2.5 Normatividad ambiental peruana	26
2.2.6 Estándares de calidad Ambiental (ECA)	26

2.2.7 Límite Máximo Permissible (LMP).....	28
2.2.8 Indicadores del agua	28
2.2.9 Parámetros Físicoquímicos del agua	28
2.2.10 Parámetros biológicos del agua	31
Bentos (macroinvertebrados).....	32
Plancton.....	38
Peces	39
2.2.11 Indicadores microbiológicos del agua	46
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	50
3.1. Materiales y equipos.....	50
3.3 Diseño del estudio	50
3.4 Población y Muestra	52
3.5 Métodos y técnicas	53
3.5.1. Ubicación política y geográfica del lugar de estudio	53
3.6 Tratamiento de los Datos	60
3.6.1 Para el análisis físicoquímico:.....	60
3.6.2 Para el análisis biológico:.....	60
3.6.3 Para el análisis microbiológico:.....	62
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	63
4.1 Resultados de análisis de los parámetros físicoquímicos (Limnología)	63
4.1.1 El potencial de hidrogeno (pH).....	65
4.1.1.1 Comparación con límites permisibles nacionales	67
4.1.2 Temperatura.....	68
4.1.3 Oxígeno Disuelto (OD).....	71
4.1.3.1 Comparación con límites permisibles nacionales	73
4.1.4 Conductividad	74
4.1.4.1 Comparación con límites permisibles nacionales	76

4.1.5 Sólidos Totales Disueltos (STD)	77
4.2 Discusión de los parámetros fisicoquímicos	79
4.3 Resultados de análisis de los parámetros biológicos	81
4.3.1 Peces	81
4.3.2 Resultados de Estudio de Bentos (Macroinvertebrados)	85
4.3.3 Resultados de Estudio de Plancton.....	89
4.4 Discusión del análisis de los parámetros biológicos.....	96
4.5 Resultados análisis de parámetros Microbiológicos.	98
4.5.1 Comparación con límites permisibles nacionales.....	98
4.6 Discusión de los parámetros Microbiológicos.....	99
CONCLUSIONES.....	100
SUGERENCIAS	101
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	106

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables	7
Tabla 2. Tipos de Agua	22
Tabla 3. Resumen por órdenes con número de familias, géneros y especies de peces nativos de aguas.	41
Tabla 4. Materiales, reactivos, equipos y programas.	51
Tabla 5. Puntos de muestreo.	55
Tabla 6. Resultados de los indicadores limnológicos de los ocho puntos de muestreo.	63
Tabla 7. Resultados de la evaluación de los supuestos del ANOVA.	64
Tabla 8. Análisis de varianza para el pH.	65
Tabla 9. Todas las comparaciones por pares del test de post-prueba de Tukey.	65
Tabla 10. Análisis de varianza para temperatura	68
Tabla 11. Todas las comparaciones por pares del test de post prueba de Tukey.	68
Tabla 12. Análisis de varianza para temperatura	71
Tabla 13. Todas las comparaciones por pares del test de post prueba de Tukey.	71
Tabla 14. Análisis de varianza para conductividad.....	74
Tabla 15. Todas las comparaciones por pares del test de post prueba de Tukey, para la conductividad.	74
Tabla 16. Análisis de varianza para sólidos totales.....	77
Tabla 17. Todas las comparaciones por pares del test de post prueba de Tukey, para la conductividad.	77
Tabla 18. Comparación de Abundancia y Riqueza entre los ocho puntos de muestreo.	81
Tabla 19. Comparación de los Índices de diversidad entre los ocho puntos de muestreo.	83
Tabla 20. Distribución taxonómica de las especies de peces agrupada por órdenes de los ocho puntos de muestreo.	85
Tabla 21. Comparación de Abundancia y Riqueza entre los ocho puntos de muestreo.	86
Tabla 22. Índice biótico Modificado para Colombia (índices BMWP).	88

Tabla 23. Calidad de las Aguas para Bentos atendiendo a los índices BMWP en época lluvioso- seca.-----	88
Tabla 24. Comparación de los Índices de diversidad en la totalidad de Plancton entre los ocho puntos de muestreo.-----	89
Tabla 25. Comparación de Abundancia y Riqueza de Fitoplancton entre los ocho puntos de muestreo. -----	90
Tabla 26. Especies de fitoplancton en los ocho puntos de muestreo -----	92
Tabla 27. Biótica representativa de fitoplancton de los ochos puntos de muestreo y condición de bioindicación.-----	94
Tabla 28. Comparación de Abundancia y Riqueza de Zooplancton entre los ocho puntos de muestreo. -----	95
Tabla 29. Especies de zooplancton en los ocho puntos de muestreo.-----	96
Tabla 30. Aplicación de los límites permisibles nacionales (ECA) para los parámetros microbiológicos del agua.-----	98

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Gráfico de barras (media \pm desviación estándar) del pH en los 8 puntos de muestreo.....	66
Figura 2. Comparación del Potencial de Hidrogeno (PH) de los ocho puntos de muestreo.....	67
Figura 3. Gráfico de barras (media \pm desviación estándar) de la temperatura en los 8 puntos de muestreo	69
Figura 4. Evaluación de Temperatura (T°) entre los ocho puntos de muestreo	70
Figura 5. Gráfico de barras (media \pm desviación estándar) del oxígeno disuelto en los 8 sitios de estudio.....	72
Figura 6. Evaluación de Oxígeno Disuelto (O.D) de los ocho puntos de muestreo	73
Figura 7. Gráfico de barras (media \pm desviación estándar) de la Conductividad en los 8 sitios de estudio.....	75
Figura 8. Evaluación de la Conductividad de los ocho puntos de muestreo.....	76
Figura 9. Gráfico de barras (media \pm desviación estándar) de sólidos totales disueltos en los 8 sitios de muestreo	78
Figura 10. Evaluación de Sólidos Totales Disueltos (STD) entre los ocho puntos de muestreo.....	79
Figura 11. Índices de Abundancia (# de capturas) y Riqueza (# de especies) para las especies de peces en época lluvioso- seco.	82
Figura 12. Índices de diversidad biológica para las especies de peces en época lluvioso-seca.....	84
Figura 13. Distribución taxonómica de las especies de peces agrupada por órdenes..	85
Figura 14. Índice de Riqueza (# de especies) para las taxas de Bentos en época lluvioso-seco.....	86
Figura 15. Índices de diversidad biológica para las especies de peces en época lluvioso-seca.....	90
Figura 16. Índices de Abundancia (# de captura) y Riqueza (# de especies) para las taxas de Fitoplancton en época lluvioso-seco.....	91
Figura 17. Índices de Abundancia (# de captura) y Riqueza (# de especies) para las taxas de Zooplacton en época lluvioso-seco.....	95

Figura 18. Evaluación de Coliformes Termotolerantes en los ocho puntos de muestreo mediante la comparación de los límites máximos permisibles del ECA.....99

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Mapa Satelital del Entorno de Puerto Maldonado	114
Anexo 2: Mapa Ubicación Geográfica.....	115
Anexo 3: Ubicación de puntos de muestreo urbanas	116
Anexo 4: Matriz de Consistencia.....	117
Anexo 5: Distribución e Índices de Diversidad para las especies de Peces en transición lluvioso- seco.....	119
Anexo 6: Distribución e Índices de Diversidad para Bentos (macroinvertebrados) en transición lluvioso- seco.....	122
Anexo 7: Distribución e Índices de Diversidad para Plancton en transición lluvioso- seco.....	123
Anexo 8: Lista de especies, nombre común y clasificación de la ictiofauna según su potencialidad de uso.	125
Anexo 9: Puntaje de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col.	127
Anexo 10: Datos de Campo: Registros de Datos Ictiológicos.	128
Anexo 11: Datos de Campo: Bentos.	135
Anexo 12: Datos de Campo: Plancton.	143
Anexo 13: Cadena de Custodia para los análisis bacteriológicos	150
Anexo 14: Resultado de los análisis bacteriológicos.....	152
Anexo 15: Estándares de Conservación y Preservación de muestra para parámetros fisicoquímicos.	154
Anexo 16: Guía de Bioindicadores para la evaluar la calidad de agua en Madre de Dios-Perú	155
Anexo 17: Guía de Identificación de Peces.....	161
Anexo 18: Peces colectados en los ocho puntos de muestreo	167
Anexo 19: Bentos colectados en los ocho puntos de muestreo.	175
Anexo 20 : Fotos de campo en los ocho puntos de muestre	177
Anexo 21: Fotos en el laboratorio Ambiental Regional de la UNAMAD para la evaluación de los parámetros fisicoquímicos, bentos y peces.	180

RESUMEN

La presente investigación analiza las condiciones de vulnerabilidad de seis fuentes hidrológicas de la periferia de la ciudad de Puerto Maldonado frente al impacto de actividades antropogénicas tales como la agricultura, ganadería, minería, actividades de la población y concesiones ecoturísticas. Tiene como objetivo evaluar la calidad de agua mediante parámetros fisicoquímicos, biológicos y microbiológicos en ocho puntos de muestreo de las seis fuentes hidrológicas respectivamente. La metodología desarrollada para el estudio es descriptiva, por cuanto se obtuvo datos primarios y comparativos por cuanto los datos son generados a partir de la medición de parámetros y toma de muestras de agua. Se analizó los parámetros fisicoquímicos, biológicos y microbiológicos del agua. Las muestras de agua para indicadores fisicoquímicos, bentos y peces fueron analizadas en el Laboratorio Ambiental Regional de la UNAMAD, las muestras de plancton fueron enviadas al Laboratorio de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos para el análisis correspondiente, y las muestras microbiológicas fue analizado en EMAPAT. Los resultados de los parámetros evaluados, concluye que los ríos y afluentes de Tambopata y Madre de Dios registran los niveles más altos de contaminación, están sufriendo severamente un deterioro ambiental que afecta significativamente los ecosistemas acuáticos y que lo posicionan como los cuerpos de agua peor conservado de todos. Así mismo las quebradas Chonta y Loboyoc, presentan los índices de calidad moderadamente saludables para las comunidades bióticas, así mismo el lago Túpac Amaru presento el rango más alto en índices de riqueza y abundancia respecto a ictiofauna, más no favorable en las comunidades bentónicas ni plancton; por lo que se alude calidad de aguas moderada a crítica. Los resultados difieren respecto a cada parámetro y puntos de muestreo; por lo que esta evaluación solo asienta una línea base para futuras evaluaciones y monitoreos en calidad de aguas.

PALABRAS CLAVES: Agua, Peces, Bentos, Plancton, Coliformes

ABSTRACT

The present investigation analyzes the conditions of vulnerability of six hydrological sources of the periphery of the city of Puerto Maldonado against the impact of anthropogenic activities such as agriculture, livestock, mining, activities of the population and ecotourism concessions.

Its objective is to evaluate water quality through physicochemical, biological and microbiological parameters in eight sampling points of the six hydrological sources respectively. The methodology developed for the study is descriptive in that primary and comparative data were obtained as the data are generated from the measurement of parameters and taking of water samples. The physicochemical, biological and microbiological parameters of the water were analyzed. The water samples for physicochemical indicators, benthos and fish were analyzed in the Regional Environmental Laboratory of the UNAMAD, the samples of plankton were sent to the Laboratory of the National University of San Marcos for the corresponding analysis, and the microbiological samples were analyzed in EMAPAT. The results of the evaluated parameters, conclude that the rivers and tributaries of Tambopata and Madre de Dios have the highest levels of pollution, are suffering severely from an environmental deterioration that significantly affects the aquatic ecosystems and that position it as the worst preserved bodies of water of all. Likewise, the Chonta and Loboyoc streams present moderately healthy quality indexes for the biotic communities, likewise the Tupac Amaru lake presented the highest rank in richness and abundance indexes with respect to ichthyofauna, more unfavorable in benthic communities and plankton; for which moderate water quality is alluded to criticism. The results differ with respect to each parameter and sampling points; therefore, this evaluation only establishes a baseline for future evaluations and monitoring of water quality.

KEY WORDS: Water, Fish, Benthos, Plankton, Coliforms

CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Descripción del problema

Si bien es cierto, que la densidad de la población no resulta elevada en el departamento de Madre de Dios (107 mil habitantes en el departamento de Madre de Dios, 78 mil en el área de influencia de Puerto Maldonado) (GOREMAD-IIAP 2008); sin embargo, las actividades que se realizan están transformando rápidamente la cuenca del río Madre de Dios principal abastecedor de agua de la capital del departamento.

La zona considerada en esta propuesta se encuentra sometida a fuertes procesos de transformación como son la expansión de la frontera agrícola y urbana, el aprovechamiento forestal, la minería y la reciente construcción de la interoceánica sur que acelera todos los procesos anteriores. En la actividad agrícola, estos últimos años, viene experimentando una acelerada expansión del cultivo de papaya que utiliza altos insumos químicos que aunados a la pecuaria cuyos desechos escurren hacia las quebradas y estos a su vez llegan al río de Madre de Dios y Tambopata contaminando el agua; respecto a las poblaciones, las aguas residuales son arrojadas directamente a los ríos mencionados sin tratamiento alguno contaminando con desechos químicos, bacteriológicos entre otros, estas aguas. Agravan esta situación la actividad minera, que se realiza tanto en las Cuencas del río Madre de Dios como del Tambopata, que arrojan el

mercurio en cantidades alarmantes y aumentan la suspensión de sólidos en las aguas por el lavado de los suelos en el proceso de extracción del oro.

El deterioro en el medio ambiente circundante a los cuerpos de agua repercute en las comunidades acuáticas cuyos índices de diversidad funcionan como indicadores, sensibles a las anomalías generadas en el exterior y detectables mediante técnicas relativamente sencillas. Pese a la importancia del estudio de los ambientes acuáticos, estos habitualmente son obviados en los inventarios ambientales o no tenidos en cuenta en los planes de manejo y conservación.

De los documentos a los que se ha podido acceder para la elaboración de este proyecto, se desprende una generalizada falta de información e interés por estudiar o conocer el estado de los recursos hidrobiológicos. En la revisión de los estudios científicos generados en el departamento de Madre de Dios (Pitman et al. 2009) se indica que tan sólo el 2,8 % de los trabajos analizados se ocupan de temas hidrobiológicos. Todo lo expuesto anteriormente nos sugiere la necesidad de hacer un monitoreo más continuado que permita detectar las posibles carencias en materia de calidad de las aguas ya sea para potabilizar (agua de mesa) o para uso agrícola, ganadero y recreativo.

1.2 Formulación del problema

¿Cuál es el estado de conservación y/o calidad de aguas respecto a seis fuentes hidrológicas de la periferia de la ciudad de Puerto Maldonado?

1.3 Justificación e importancia

Desde el punto de vista de la pertinencia, el estudiar el estado de conservación de las fuentes de agua de la periferia de la ciudad de Puerto Maldonado es congruente con la carrera de Ingeniería Forestal y Medio ambiente que imparte la UNAMAD.

Concerniente a la relevancia: Es de conocimiento que los ríos de Madre de Dios y Tambopata así como las quebradas de Loboyoc, Chonta y Herrera ; y lago Túpac Amaru están contaminadas por las diferentes actividades antrópicas y que estas aguas vienen siendo utilizadas por la agricultura y uso humano como fuente de agua y servicios ambientales, con el consiguiente riesgo de salud de aproximadamente 75 000 personas que habitan en el área de influencia de estudio; sin embargo, no se sabe con exactitud en qué grado de contaminación se encuentran.

Conocer el estado de contaminación de estas fuentes, permitirá alertar a las autoridades y población de la ciudad de Puerto Maldonado sobre el uso de las playas, por bañistas, del río Tambopata y Madre de Dios así como de las quebradas en estudio, alertar a los consumidores de pescado obtenidos en los tramos de estudio; del mismo modo permitirá alertar a las autoridades y sensibilizar a los agricultores de la importancia de conservar las microcuencas de las quebradas de Chonta y Loboyoc como del área de influencia del lago Túpac Amaru.

Finalmente, los resultados ayudarían a sustentar ante las autoridades a las que compete el manejo de los recursos hídricos a implementar un sistema de tratamiento de aguas servidas a través de pozas de oxidación y así evitar el vertimiento anual de aproximadamente cinco millones de agua contaminada directamente al lecho de los ríos de Madre de Dios y Tambopata (EMAPAT 2015); que esto ocasiona tanto el daño ecológico acuático como los riesgos para la salud humana.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar la calidad de agua mediante la utilización de parámetros fisicoquímicos, biológicos y microbiológicos en un tramo de seis fuentes hidrológicas ubicadas en la periferia de la ciudad de Puerto Maldonado – región Madre de Dios.

1.4.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar el estado de conservación de agua en función a los Límites Máximos Permisibles (LMP) de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) categoría 4 para ríos de selva.
- Evaluar el potencial hidrobiológico mediante los índices de diversidad de peces, bentos y plancton, en relación a la calidad de agua.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis central

Existen parámetros a su vez bioindicadores de calidad de agua que evidencian los niveles de contaminación en los cuerpos de agua.

1.5.2 Hipótesis alterna

H_i: Los niveles de contaminación en función a los parámetros de calidad de agua, sobrepasan los LMP de los estándares de calidad ambiental (ECA), categoría 4 para ríos de selva.

1.5.3 Hipótesis nula

H₀: Los niveles de contaminación en función a los parámetros de calidad de agua, no sobrepasan los LMP de los estándares de calidad ambiental (ECA), categoría 4 para ríos de selva.

1.6 Operacionalización de variables

Se determinó como variables al agua, bioindicadores biológicos y microbiológico, a continuación, se detallan parámetros de las variables mencionadas con sus respectivos indicadores.

Tabla 1. Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTO	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	ESCALA	VALOR FINAL
AGUA	Sustancia líquida que abunda en la Tierra y es la única que se encuentra en la atmósfera en estado líquido, sólido y gaseoso.	Fuentes de agua que se encuentran influenciadas por actividades humanas.	FISICOQUÍMICO	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Temperatura ➤ Conductividad Eléctrica ➤ Potencial de Hidrógeno (pH) ➤ Oxígeno Disuelto ➤ Sólidos Totales Disueltos (TDS) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ °C ➤ S/cm ➤ Ppm 		<p>≤25-100mg/L</p> <p>500 mg/L</p>
	Composición comunitaria bajo condiciones normales, incluyendo el ciclo de vida de las especies, su estacionalidad		BENTOS	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Riqueza de Especies ➤ Abundancia ➤ Shannon-Wiener (H') ➤ Equidad de Pielou J' ➤ BMWP/Col 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ N° de especies ➤ N° de capturas ➤ Decits/individuo ➤ Shan/ind. 	Intervalo numérico	<p>2,4-2,5 = crítico</p> <p>4,5 = estándar</p> <p>0 - 1</p>
			PLANCTON (FITOPLANCTON)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Número de Especies ➤ Abundancia ➤ Shannon-Wiener (H') ➤ Equidad de Pielou J' ➤ BMWP/Col 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ N° de capturas ➤ N° de cel./ml ➤ Decits/individuo 	Intervalo numérico	<p>%</p> <p>2,4-2,5 = crítico</p> <p>4,5 = estándar</p>

BIOINDICADORES BIOLÓGICOS	sus variaciones naturales.	Indicadores de la calidad del agua.	PLANCTON (ZOOPLANCTON)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Número de Especies ➤ Abundancia ➤ Shannon-Wiener (H') ➤ Equidad de Pielou J' ➤ BMWP/Col 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ N° de capturas ➤ N° de cel./ml ➤ Decits/individuo ➤ Shan/ind. 	Intervalo numérico	% % 2,4-2,5 = crítico 4,5 = estándar 0 - 1
			ICTIOFAUNA	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Riqueza de Especies ➤ Riqueza de Especies 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ N° de especies ➤ N° de capturas ➤ Decits/individuo 	Intervalo numérico	2,4-2,5 = crítico 4,5 = estándar
MICROBIOLÓGICO	Estudia los seres vivos de tamaño microscópico.	Indicadores de la calidad de agua.	BACTERIAS	Coliformes Totales	UFC/100ml a 35 °C	Intervalo numérico	20 – 60 colonias de Coliformes fecales por membrana.
				Coliformes Termotolerantes	UFC/100ml a 44 °C		

Fuente: Elaboración propia.

1.7 Consideraciones éticas

Considerando la relevancia de los principios éticos en una investigación. La presente cumplió con los siguientes criterios:

Consentimiento informado: La participación de personal de apoyo, fase campo; fue de manera voluntaria por estudiantes de la UNAMAD y amigos colaboradores.

Confidencialidad: En relación a los datos recogidos en campo; confidencialidad por parte del personal de apoyo y otros colaboradores.

Trazabilidad: Los procesos para obtener los resultados de la presente investigación fueron ejecutados de manera transparente y respetando los protocolos establecidos para la colecta de muestras y análisis de ellas. (Fichas de campo, cadena de custodia y manuales de interpretación).

Credibilidad: La presente investigación cuenta con los medios de verificación avalados con la firma de Laboratorios de apoyo, (fichas de análisis); así mismo cuenta con el registro de fotos del trabajo de campo y gabinete, como también la identificación de los individuos de estudio.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de estudio

Nurul-Ruhayu y An y Khairun (2015) , realizaron un estudio sobre el índice de calidad del agua (WQI) entre 11 ríos en la isla de Penang, Malasia desde octubre de 2012 a enero de 2013. El estado de la calidad del agua de los ríos se clasificó según sobre el Estándar Interino de Calidad Nacional del Agua (INWQS) para Malasia. Los seis parámetros de calidad del agua utilizado para determinar el índice de calidad del agua son oxígeno disuelto (DO), oxígeno biológico demanda (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST), amoníaco y valor de pH. Con base en la evaluación WQI, entre los 11 ríos estudiados, ninguno de los ríos fue considerado como limpiar. La corriente ascendente y media del río Pinang en Balik Pulau (con WQI = 69 y 70 respectivamente), la corriente ascendente y media del río Kongsi (con WQI = 67 y 72 respectivamente) y aguas arriba del río Betong (con WQI = 63) estaban ligeramente contaminadas, mientras que el resto de los ríos tenían un WQI de menos de 60, que se clasificaron como ríos contaminados. Entre las 30 estaciones de muestreo, 17 estaciones se clasificaron como Clase III (se requiere un tratamiento extensivo del suministro de agua; peces con un valor económico común, tolerancia de especies y consumo de ganado), y 13 estaciones se clasificaron como estado de agua Clase IV, que se clasificó como riego de acuerdo con INWQS. A partir de este estudio, el WQI y el sistema de clasificación

de ríos fueron considerados como una herramienta para evaluar el estado de salud de la calidad del agua del río. Gestión eficiente y sostenible de los ríos en La isla de Penang debe enfatizarse para proteger su valor estético para las generaciones futuras.

Quispe (2015) en el estudio realizado en Madre de Dios (Distrito de Las Piedras), “hizo una descripción y análisis de la diversidad de la Ictiofauna y Macroinvertebrados como Bioindicadores de la Calidad Hídrica en dos tributarios del río Bajo Madre de Dios: Quebrada Gamitana y Quebrada Valencia”. Realizaron el trabajo de campo entre los meses de marzo, abril y mayo del 2014, “se hizo el levantamiento de datos hidrobiológicos y fisicoquímicos con el objetivo de determinar la diversidad, riqueza, abundancia, similaridad, análisis de la pesca y calidad del agua mediante bioindicadores; la metodología empleada para la captura de peces se realizó mediante el uso de aparejos y artes de pesca, se registró 489 individuos de peces ordenados en una lista sistemática de seis órdenes Characiformes, Siluriformes, Myliobatiformes, Cyprinodontiformes, Gymnotiformes y Perciformes, 22 familias, 62 géneros y 73 especies de peces y para la captura de Macroinvertebrados se hizo uso de la red surber y se registró 3 phylum Arthropoda, Annelida y Mollusca, 4 clases, 11 órdenes, 19 familias y 26 especies de Macroinvertebrados”. Los resultados mostraron que “los peces y Macroinvertebrados en la Quebrada Gamitana registraron una mayor diversidad, riqueza y abundancia tanto en peces y Macroinvertebrados, la similitud de la ictiofauna entre los dos ambientes estudiados fue de 44 % y de Macroinvertebrados fue de 50 % y con los índices bióticos (EPT) se determinó que la Quebrada Gamitana presenta calidad de agua Buena mientras que la Quebrada Valencia presentó calidad de agua Regular y con el índice BMWP dos ambientes evaluados presentan aguas ligeramente contaminadas”.

Patilla (2015), en su tesis: "Calidad del agua y sedimentos del Río Tambopata, Departamento Madre de Dios- 2014"; “analizó los parámetros físico-químicos de

agua, metales pesados, sedimento y parámetros microbiológicos; los resultados determinaron que en el río Tambopata concentra un nivel alto de contaminación en sedimentos en relación a los parámetros físico-químicos del agua, así mismo en los sedimentos con mayor concentración de metal es en hierro (Fe) (25,002 mg/kg), manganeso (Mn) (622,7 mg/kg) y zinc (Zn) (60,4 mg/kg); mientras para mercurio (Hg) se encontraron en cantidades no detectables, lo cual indica por encima de los límites permisibles por la agencia de para la protección ambiental de los Estados Unidos (USEPA)". Respecto a los parámetros microbiológicos como coliformes termotolerantes y totales, "cumplen en su mayoría con una óptima calidad de agua superficial, por cumplir con los valores establecidos por el ECA - Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático: Ríos de la Selva; a excepción en la estación 1 parte baja del río Tambopata, tanto en coliformes termotolerantes y coliformes Totales, indicaron mayor concentración que las E2 y E3". Dichos resultados se deben principalmente al nivel de turbiedad del río a causa de las actividades antrópicas, agrícolas y turísticos; "a lo largo del río Tambopata, se observó presencia de la actividad minera en la parte alta del río en la desembocadura del río Malinowsky y de asentamientos de poblaciones rurales cercanas a la ribera del río Tambopata, las cuales, debido al inadecuado manejo de sus efluentes residuales y domésticos, así como de sus residuos sólidos, generan la contaminación con mayor incidencia del recurso hídrico".

Auccahuasi (2015), en su tesis: "Calidad de agua y sedimentos en el río Madre de Dios, Departamento Madre de dios, Perú, 2015" ; caracterizó fisicoquímicamente y microbiológicamente un sector del río Madre de Dios donde determinó la concentración de metales pesados en agua y sedimentos, en cinco estaciones de muestreo: E1 (Puerto Pardo); E2 (Bocatoma de EMAPAT); E3 (aguas debajo 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. 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, esto debido a que 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 por uso de fertilizantes (como NPK) en los predios agrícolas. A nivel de sedimentos, los valores de Cr, Zn, Cd y Pb no superaron los valores referenciales según la USEPA.

Barra (2015), en su tesis: "Evaluación de la calidad del agua en nueve quebradas en el tramo carretero Puerto Maldonado-Mazuko, departamento de Madre de Dios, mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos" ; evaluaron nueve quebradas: "Infierno V, Infierno 111, La Joya, La Colina, Santa Rosario, East Santa Rosa, Central Santa Rosa, West Santa Rosa y Mazuko en el tramo carretero Puerto Maldonado-Mazuko, departamento de Madre De Dios, usando macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos, mediante el método Paquete de Hojas".

Mediante el índice de diversidad de Shannon-Weaver se encontró "que la mayor diversidad de macroinvertebrados corresponden a las quebradas West Santa Rosa (WSR) seguido de la quebrada Santo Rosario (SRO) $H'=2,248$ y $H'=2,218$ respectivamente; la cual ratifica a los resultados obtenidos con los índices EPT y BMWP'-CR; así mismo las quebradas de La Joya y Mazuko mostraron ser las más degradadas al registrar menores valores de Índice de Shannon-Weaver $H'=1,16$ y $H'=1,08$ respectivamente, de tal manera los índices bióticos EPT y BMWP'-CR mostraron que las quebradas La Joya, Central Santa Rosa, Mazuko, Infierno V e Infierno 111 presentan una mala calidad de agua, esto se ve afectado por los diversos usos de suelos de las áreas circundantes a las mismas, como urbanización y agricultura". Sin embargo, en las quebradas Santo Rosario y

Santa Rosa “de acuerdo a ambos índices presentan excelente calidad de agua, debido a que no se observan agentes antrópicos que estén alterando el medio acuático”.

Villamarín-Christian, Prat y Rieradevall (2014), realizaron un estudio para analizar “la variabilidad física, química e hidromorfológica de los ríos en la zona altoandina tropical (sobre los 2000 msnm) se muestrearon 123 ríos de ocho cuencas hidrográficas de Ecuador y Perú, seleccionados según criterios de distribución en latitud y altitud, así como el grado de alteración antrópica”. Realizaron “los muestreos entre octubre 2007 y octubre 2008, coincidiendo con la época seca en ambos países; en cada localidad se midieron tanto parámetros físicos y químicos (i.e., temperatura, oxígeno disuelto, conductividad, fosfatos, nitritos, nitratos, amonio, etc.) como hidromorfológicos (i.e., altitud, índice de calidad riparia (QBR), calidad y naturalidad de la cubierta vegetal de la ribera, naturalidad del canal fluvial, índice del hábitat fluvial (IHF), frecuencia de rápidos, composición del sustrato)”. Los resultados sugieren que “a nivel regional (entre cuencas) la mineralización, las características hidromorfológicas y la heterogeneidad del hábitat son los factores de mayor importancia para explicar la variabilidad encontrada”. Asimismo, “la temperatura, oxígeno disuelto y heterogeneidad del hábitat fueron los parámetros relevantes en el gradiente altitudinal, mientras que la mineralización lo fue en el gradiente latitudinal; la significación o importancia de un factor u otro parecen estar determinados en gran medida por el nivel espacial estudiado (localidad, cuenca, región), sin embargo, se determinó que a nivel regional la altitud y las variables que cambiaron con ella, como temperatura y oxígeno disuelto, son siempre significativas independientemente de la ubicación latitudinal de la cuenca”.

Araujo (2013) realizó un proyecto donde mencionan que los coliformes fecales sin reportar ningún incidente que supere los límites permitidos, cuantificado en Unidades Formadoras de Colonias (UFC). La quebrada Arturo (CN Puerto Arturo)

mostró los valores más altos (2500 UFC) seguido de Las Piedras (1500 UFC) mientras Madre de Dios (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 son de 3000 UFC, siendo apta para uso recreativo y agrícola pero no se puede ingerir directamente necesitando un tratamiento de potabilización.

Barba-Álvarez et al. (2013), sugiere que “dentro de los macroinvertebrados que habitan los ambientes dulceacuícolas, los insectos son el grupo biológico más idóneo para determinar la calidad del agua de los ecosistemas, ya sean lénticos o lóticos”. Considerando “la sensibilidad y la tolerancia intrínsecas de los insectos acuáticos, en este estudio se aplicó el índice biótico de Hilsenhoff (IBH, 1988) en las porciones alta, media y baja de 3 ríos perennes: Copalita, Zimatán y Coyula, Oaxaca; el IBH mostró en los 3 casos una calidad del agua de buena a muy buena”.

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 (0,05 mg/l) y a medida que se descende en la cuenca, dicha concentración disminuye a valores menores al referido ECA para la 4 conservación del ambiente acuático. 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 EMAPAT¹.

Cutipa y Araujo (2012), realizaron “una descripción de la diversidad y el estado de conservación en los cuerpos de agua próximos a la población de Puerto

¹ EMAPAT es la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Tambopata- Departamento de Madre de Dios.

Maldonado, en un radio de 20 km”. Entre los meses de “diciembre del 2011 y mayo del 2012 realizaron el levantamiento de datos hidrobiológicos colectando muestras considerando 8 estaciones para peces, bentos (macroinvertebrados) y plancton, así como para los parámetros físico químicos y bacteriológicos; para la evaluación de peces, se colectaron con redes alevineras (chinchorro) de arrastre a la orilla, para el caso de los macroinvertebrados se utilizó la red Surber, y el plancton con red estándar (40 micras)”. Considerando “los índices de calidad del agua para las taxas de macroinvertebrados (EPT y BMWP) son la quebrada Chonta, Loboyoc y Herrera (por este orden) los cuerpos de agua mejor situado, siendo el río Madre de Dios (Capitanía) y el Tambopata (Espinoza) los peor valorados”.

DIGESA (2012), demostraron que “en el río Tambopata a la altura de la playa Hawái, donde los pobladores de Puerto Maldonado realizan actividades recreativas, la presencia de coliformes fecales fue de aproximadamente 1400 NMP (número de partículas en 100 ml), muy superior, 7 veces más que los estándares nacionales de calidad ambiental para el agua, que señalan que el Límite Máximo Permitido es de 200 NMP”. Se encontraron “sólidos de suspensión en un rango de 5 – 3,34 mg/L, Sólidos Disueltos 5 – 11,6 ppm, pH 6,9 – 7,8 y Oxígeno Disuelto 6,6 – 7,3 mg/L en el río Malinowsky un afluente principal del río Tambopata”.

Beltrán-Diana, Palomino, Moreno, Peralta y Montesinos (2011), en su estudio de evaluación de la calidad acuática de la bahía interior de Puno, “utilizando 12 estaciones de muestreo aleatoriamente, evaluadas mensualmente entre diciembre del 2010 a abril del 2011; determinaron parámetros fisicoquímicos utilizando las metodologías validadas de EPA y APHA, los nutrientes se determinaron mediante espectrofotometría”. “La temperatura, oxígeno disuelto, pH, fosfatos, nitratos y nitritos del agua indican que el área próxima a la salida de la laguna de estabilización de la ciudad (isla Espinar) es una zona crítica de

contaminación en la bahía interior de Puno; Los valores de transparencia del agua fueron bajos, la conductividad eléctrica del agua registró valores elevados; los valores de alcalinidad fueron altos (75 – 150 mg/L) y muy altos (>150 mg/L), indicando un alto contenido de carbonatos y bicarbonatos”. La dureza total registrada “indica aguas duras (121 – 180 mg/L) y muy duras (>180 mg/L), las altas cantidades de coliformes fecales (*E. coli*) en aguas cercanas a la isla Espinar serian el resultado de las descargas de aguas residuales de la ciudad de Puno, sin un tratamiento adecuado”.

Manrique-Iosada y Peláez-rodríguez (2010), evaluaron “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”.

Calla y Cabrera (2010), en su tesis de investigación aborda “los efectos que ha presentado la calidad del agua del río Rímac frente al desarrollo de la actividad minera en el distrito de San Mateo de Huanchor ubicado en la provincia de Huarochirí del departamento de Lima”. El área de estudio “es una zona donde la actividad minera polimetálica se ha desarrollado desde muchas décadas atrás aproximadamente desde los años 30, época en la cual no se tenían las actuales exigencias de la normativa ambiental legal y por tal motivo tenemos actualmente

catalogados en la zona 21 pasivos ambientales mineros entre bocaminas, relaveras e infraestructuras asentados a orillas de las aguas del Rímac y de sus tributarios principales como son el río Blanco y el río Aruri, los cuales actualmente son fuentes aportantes de lixiviados a las aguas del río Rímac, debido a que no están siendo manejados ni por la empresa privada ni por el Estado". "La investigación en la calidad del agua ha sido desarrollada en un tiempo de diez años, tomando como patrones de análisis a los iones metálicos; los cuales han tenido un análisis comparativo con las normativas legales ambientales tanto nacionales como internacionales tales como los Estándares de la Organización Mundial de la Salud, los Estándares de Canadá para Agua de Irrigación, la Ley General de Aguas y los Estándares Nacionales de Calidad del Agua (ECAS) para la Categoría III aprobados mediante Decreto Supremo N.º 002-2008-MINAM, siendo estos últimos el referente legal ambiental decisivo para el análisis de la calidad del agua del año 2008, ya que constituyen los valores óptimos que aseguran la calidad de los recursos hídricos superficiales del país". Del análisis se comprobó que "el cadmio, plomo, manganeso, arsénico y fierro eran los elementos que tenían que recibir un tratamiento correctivo, ya que sus concentraciones en las aguas del Rímac eran mayores a lo establecido en los estándares de calidad de agua; con lo cual se tuvo como objetivo reducir las concentraciones de los elementos metálicos en las aguas del río Rímac del distrito de San Mateo y mejorar el actual sistema de tratamiento de efluentes mineros de Compañía Minera San Juan, poniendo en práctica una tecnología que ofrece los más altos estándares de calidad ambiental; beneficiando así el equilibrio ecológico y la calidad de las aguas del río Rímac".

Ortega, Chocano, Palma y Samanez (2010), en su trabajo de investigación "aplicaron índices biológicos de calidad ambiental y conservación, basados en el monitoreo biológico realizado entre año 2003 y 2009, en cinco localidades del río Bajo Urubamba; Fueron estudiadas las comunidades del plancton, bentos y peces. La diversidad del plancton comprendió 170 especies, basadas principalmente en Chlorophyta y Bacillariophyta". Los bentos "incluyeron 112

especies, principalmente larvas y adultos de Arthropoda (Insecta). La diversidad de peces, incluye 176 especies, representadas por 26 familias y seis órdenes; El Índice Ephemeroptera + Plecoptera + Trichoptera (% EPT), calificó el área de estudio entre normal a muy buena calidad; El índice de Integridad Biológica (IBI) que determina el estado de conservación de los ambientes acuáticos, dio los mayores valores en Miaría y Sepahua”. La elevada diversidad de las comunidades estudiadas “estaría relacionada a la heterogeneidad de hábitats y mayores recursos observados en la parte baja del área de estudio”.

Torres, Cruz y Patiño (2009), señalaron que “el deterioro de las fuentes de abastecimiento de agua incide directamente en el nivel de riesgo sanitario presente y en el tipo de tratamiento requerido para su reducción; la evaluación de la calidad del agua permite tomar acciones de control y mitigación del mismo, garantizando el suministro de agua segura”. Unas herramientas son “los índices de calidad de agua –ICA–; los de tipo multiplicativo son más sensibles a las variaciones en la calidad del agua que los de tipo aditivo; Aquellos que consideran las variaciones en el tiempo y en el espacio y además permiten una comparación con la normativa vigente en la zona de estudio, como en CCME – WQI y DWQI, son más adecuados para su aplicación en fuentes como el río Cauca que está expuesto a constantes variaciones de calidad”. Para el uso de estas fuentes para abastecimiento humano, “valores entre 90 y 100 de la generalidad de los ICA implican tratamientos menores como sólo desinfección, mientras que entre 50 y 90 requieren tratamiento convencional y en algunos casos tratamientos especiales que están asociados a mayores costos y complejidad”.

ACCER (2006), el Centro Amazónico de Educación Ambiental e Investigación en convenio “con Inkaterra realizó un muestreo en el 2006 tanto de comunidades acuáticas como de parámetros biológicos y químicos en varios cuerpos de agua dentro de la región, incluyendo el área urbana de Puerto Maldonado encontrando indicios de contaminación en la quebrada de La Joya, que también es analizada en este estudio como parte de la microcuenca quebrada Herrera que tributa al río

Tambopata; este estudio muestra cuerpos de agua con características muy cambiantes atribuidas principalmente a la estacionalidad”. Considerando “a la riqueza y abundancia de peces se observó un aumento desde el primer estudio (2006) hasta los últimos; Puede ser debido a un aumento en la intensidad de muestreo y/o al cambio de la orografía del río, ya que su colmatación permite pescar tomando todo el cauce aumentando así el rendimiento pesquero”.

Hernández-Sampieri, Fernández y Baptista (2006), menciona que “la evaluación biológica de los ríos se inició a principios del siglo XX con la introducción del concepto saprobiedad como una medida del grado de contaminación orgánica.; Posteriormente se dio la introducción de conceptos ecológicos modernos que impulso el uso de los índices de diversidad para medir los cambios en la calidad del agua, para el cual fueron rápidamente desplazados por los índices bióticos donde se retomó el concepto de saprobiedad”. Además, menciona que “durante 80 años la bioindicación se orientó hacia la comparación de las condiciones biológicas de sitios poco intervenidos con respecto a los sitios más impactados; Con el advenimiento de nuevos puntos de vista en la teoría ecológica, los estudios enfocan su atención en los cambios de los patrones de riqueza y abundancia de especies como una manera de evaluar el impacto de diferentes tipos de perturbaciones ambientales sobre las comunidades lólicas”.

Todos los ríos y cochas de Madre de Dios estudiados “muestran índices preocupantes de contaminación, de acuerdo a indicadores bentónicos adaptados a la Amazonia Peruana, que utilizan a la fauna de macroinvertebrados de bentos, de los que se conoce bien el nivel de tolerancia a la contaminación; cabe destacar que no existen tales estándares para el Perú; la totalidad de los ríos muestran niveles de contaminación de las aguas de moderada a fuertemente contaminadas” (Chávez y Araujo 2010).

Iannacone, Mansilla y Ventura (2003), realizaron un estudio para evaluar “la biodiversidad y similaridad de los macroinvertebrados de los bentos de las lagunas de Puerto Viejo del 15 de Julio al 15 de octubre del 2001”. Realizaron

“siete muestreos (M) temporales en ocho estaciones (E) espaciales en sus lagunas naturales y artificiales; calcularon la diversidad alfa usando el Índice de Diversidad de Shannon-Wiener (H'), el de Equidad de Pielou (J') y el Índice de Dominancia de Simpson (C) y para la determinación de la diversidad beta se empleó los Índices cuantitativos de Sørensen y Morisita-Horn”. Se registró “un total de 5 519 especímenes, seis órdenes, nueve familias y 10 especies fueron colectadas en el macrozoobentos durante todo este estudio”; las taxas más dominantes durante este estudio fueron: “*Melanoides tuberculata* (Müller) (Mesogastropoda: Thiaridae) con 3 276 individuos (59,36 %), *Chironomus* sp. (Diptera: Chironomidae) con 1 281 individuos (23,21 %) y *Heleobia cumingi* (Orbigny) (Mesogastropoda: Hydrobiidae) con 891 individuos (16,14 %); Estas tres especies presentaron una distribución espacial amontonada a lo largo de todos los muestreos realizados”. Los valores de diversidad alfa mediante los Índices de diversidad de Shannon-Wiener, de Equidad de Pielou y de Simpson no variaron significativamente entre los siete muestreos realizados y entre las ocho estaciones censadas.

Posada, Roldán y Ramírez (2000), De abril a diciembre de 1996 se llevó a cabo un estudio limnológico en 17 arroyos cerca de Medellín, con el fin de establecer su calidad de agua. El área se ubica en el Parque Piedras Blancas ($6^{\circ} 8' 20''$ N, $75^{\circ} 30' 20''$ O) SE de Medellín a 2 400 m de altitud. Se seleccionaron tres períodos de muestreo, que abarcan las estaciones húmedas y secas: abril-mayo, agosto-septiembre y octubre-diciembre. Para los métodos de recolección cualitativa, se utilizó la pantalla de mano D-net. Cada estación fue muestreada intensivamente para recolectar la mayoría de macroinvertebrados en todos los tipos de hábitat. El área muestreada en cada estación fue de 6 m². Las variables fisicoquímicas en general mostraron pequeñas fluctuaciones a lo largo del estudio; solo la conductividad y el total de sólidos disueltos exhibieron cambios significativos, todos relacionados con la alta precipitación en la estación húmeda. La comunidad de macroinvertebrados consistió en 113 géneros, 63 familias y siete phyla. Trichoptera fue el grupo más abundante. Los resultados indican que

estos ecosistemas de agua dulce en el área de estudio presentan una alta calidad de agua correspondiente a un sistema oligo-mesotrófico.

2.2 Marco conceptual

2.2.1 El agua

El agua “es la sustancia más abundante sobre la tierra, y constituye el medio ideal para la vida, es imprescindible para los seres vivos que habitan en él; los océanos, mares, lagos, ríos y demás lugares que contienen agua, cubren las dos terceras partes de la tierra, lo que constituye alrededor del setenta por ciento; sin embargo, de toda el agua existente en la naturaleza la mayor parte es salada, y tan solo el uno por ciento de agua es dulce (Cuadro 1); convirtiéndose cada vez en un recurso más escaso, mientras que las necesidades de la humanidad son cada vez mayores” (Carrera y Fierro 2001).

Tabla 2. Tipos de Agua (Coronel y Jiménez 2006)

TIPOS DE AGUA	%
Agua superficial	0,0171
Lagos de agua dulce	0,0090
Lagos de agua salada y mares interiores	0,0080
Agua de ríos y canales	0,0001
Agua subterránea	0,625
Aguas vadosas (incluye la humedad de suelo)	0,005
Agua subterránea almacenada hasta una profundidad de 1k m	0,330
agua subterránea más profunda (muy salada e im potable)	0,290
Otras aguas	99,315
Océanos	97,200
Glaciares y casquetas polares	2,150
Atmósfera	0,001

Cada océano, río y laguna “posee su propia flora y fauna adaptada a vivir allí; las aguas dulces poseen también gran diversidad de organismos; numerosas plantas que sirven de alimento a los peces herbívoros, y algunos animales que viven debajo de las piedras o troncos caídos, tales como: larvas de insectos, caracoles, pequeños crustáceos y anélidos que constituyen la principal comida de los peces carnívoros” (Coronel y Jiménez 2006).

Según ANA (2010), “el agua es un recurso natural renovable, vulnerable, indispensable para la vida, insumo fundamental para las actividades humanas, estratégica para el desarrollo sostenible del país, el mantenimiento de los sistemas y ciclos naturales que la sustentan y la seguridad de la nación, el agua es patrimonio y su dominio es inalienable e imprescriptible; No hay propiedad sobre el agua, solo se otorgan en uso a personas naturales o jurídicas, el uso del agua se otorga y ejerce en armonía con la protección ambiental”.

2.2.2 Calidad de agua

El término calidad del agua es relativo, “referido a la composición del agua en la medida en que esta es afectada por la concentración de sustancias producidas por procesos naturales y actividades humanas; como tal, es un término neutral que no puede ser clasificado como bueno o malo sin hacer referencia al uso para el cual el agua es destinada; de acuerdo con lo anterior, tanto los criterios como los estándares y objetivos de calidad de agua variarán dependiendo de si se trata de agua para consumo humano (agua potable), para uso agrícola o industrial, para recreación, para mantener la calidad ambiental, etc.” (Coronel y Jiménez 2006).

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).

La calidad de diferentes tipos de agua “se han valorado a partir de variables físicas 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).

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 2014).

2.2.3 Actividad minera y agropecuaria en relación con la calidad del agua

La minería se practica “en yacimientos aluviales, depósitos fluviales (llanura aluvial inundable) y el pie de monte; La explotación se realiza con diferentes equipos y métodos artesanales (carretilla, pala, tolva), luego continuar con equipos semi-mecanizadas como la chupadera (Pachas 2007); También usa tecnología mecanizada como cargadores frontales, todas estas tecnologías, según su grado de mecanización causan diferentes impactos ambientales” Mosquera et al. (2009).

Las perturbaciones de la actividad minera en el medio ambiente “son, entre otras, deforestación, erosión del suelo, contaminación con hidrocarburos y mercurio

(Pachas 2007); Además, ocasiona alteración en la morfología de los ríos, por la remoción del suelo, y la eliminación gradual de la vida acuática” (ANA 2010).

En Madre de Dios, en términos generales se tiene actividades tales como “la agricultura tiene poco desarrollo, los terrenos de los cultivos fluctúan entre una y cinco hectáreas y se trata de una agricultura tradicional, que depende casi exclusivamente del clima (ANA 2010); la crianza de animales menores como aves de corral, son actividades frecuentes en las zonas rurales en donde además se desarrolla la actividad; El ganado vacuno y ovino son el sustento de la ganadería, la que se centraliza en unos pocos productores” (Tello 2002).

Respecto a los impactos, “cuando se tala un bosque tropical para la implementación de la agricultura se experimentan cambios notables en el ecosistema entre los que podemos citar: una ruptura del ciclo de nutrientes, compactación del suelo, alta escorrentía superficial y baja tasa de infiltración provocando una alta erosión y una pérdida de nutrientes, además de efectos negativos en la calidad del agua” (Rene 1986).

2.2.4 Contaminación del agua

La contaminación del agua “es el resultado de la incorporación de materias extrañas como microorganismos, productos químicos, residuos industriales, agrícolas, ganaderos, aguas residuales o de otros tipos; Estas materias deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para los usos pretendidos” (Roldán 1999).

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” (SENAMHI 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 2007).

2.2.5 Normatividad ambiental peruana

Ley general del ambiente 28611 “aprueba normas, parámetros, guías o directrices, orientados a prevenir el deterioro ambiental, para proteger la salud o la conservación de los recursos naturales y la diversidad biológica y no altera la vigencia 23 de los ECA y LMP que sean aplicables según Art. 29°; el ECA es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no presenta riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente”.

2.2.6 Estándares de calidad Ambiental (ECA)

Se aprobó mediante el Decreto supremo N° 002-2008-MINAM, modificada con el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM y a la fecha la vigencia del Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM que tiene “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 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 gestión ambiental para la conservación del ambiente acuático”.

Los estándares de calidad ambiental “son los niveles permisibles de contaminantes en el aire, agua, suelo y otros recursos; los contaminantes son cualquier materia o energía cuya naturaleza, ubicación, o cantidad (concentración) en el aire, agua o suelo produce o puede producir efectos no deseados de la salud humana o a los límites de la utilidad del recurso para el uso presente o futuro”. Esta cuestión se refiere a todo producto químico inorgánico u orgánico “en forma gaseosa, líquida o sólida o incluso microorganismos vivos o virus; estos pueden estar presentes en la solución, en forma de suspensiones coloidales, adsorbidos en fase sólida, o como fases separadas; la energía incluye el ruido, las radiaciones electromagnéticas, y el calor; Los niveles se pueden especificar como un medio espacio-temporal o como un valor máximo, ya que una dosis absorbida durante períodos determinados o una exposición de una sola vez grande a veces tienen el mismo efecto” (Aranda 2013).

Los estándares de calidad ambiental para el agua “establecen 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” (MINAM 2008). Finalmente un Estándar de Calidad Ambiental, “es la medida de la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, en el aire, agua o suelo en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni del ambiente art. 4° (N°015-2006-EM)” (OEFA 2014).

2.2.7 Límite Máximo Permisible (LMP)

Es “la medida de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan al efluente o una emisión, que al ser excedido causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente”. Su cumplimiento “es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental (MINAM 2008)” (OEFA 2014).

2.2.8 Indicadores del 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 2014).

2.2.9 Parámetros Fisicoquímicos del agua

a) Temperatura

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” (La Fuente y 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 la aptitud 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).

b) 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 2002).

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

c) Sólidos Totales Disueltos (STD)

Es “el total de sales disueltas y se puede expresar en mg/l o ppm (mg/l) ”. “El hecho de que el agua tenga sales en disolución, hace que esta sea conductiva a la

electricidad; así un agua con muchas sales, es muy conductiva y la medida de la conductividad permite evaluar de una forma rápida la salinidad del agua; Las sales más frecuentes en el agua son las de calcio, magnesio y sodio; En agua no salobres, el 90% del contenido de sales en el agua, son por presencia de calcio y magnesio, además dicho calcio y magnesio son molestos en la utilización del agua. La salinidad del agua es contenido total de sales; así la cantidad de cloruro sódico es una parte de la salinidad y la dureza (sales de magnesio y calcio) es otra parte de la salinidad del agua” (Rodier, Legube y Merlet 2010).

d) Potencial de Hidrógeno (pH)

El pH indica la acidez o alcalinidad del agua u otra sustancia líquida, “las mediciones de pH se ejecutan en una escala de 0 a 14, con 7 considerado neutro. Las soluciones con un pH inferior a 7 se consideran ácidos”. Las soluciones con un pH por encima de 7 hasta 14 se consideran bases o alcalinos. La medida de pH es una de las más importantes y frecuentes pruebas usadas en el agua. Es una expresión del carácter ácido o básico del agua “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. Acido 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+ (Basáez 2009).

“Para obtener la máxima exactitud en la medición del pH del agua y de cualquiera otra sustancia, se utilizan actualmente aparatos electrónicos, pero su confiabilidad siempre dependerá de una permanente y cuidadosa calibración de estos aparatos. Como siempre, las máquinas proporcionan más exactitud, pero

su confiabilidad depende del grado de entrenamiento de la persona que la usa” (Roldán Pérez y Ramírez Restrepo 2008).

e) Oxígeno Disuelto

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, Stapp y Bixby 1991); Es muy importante para mantener la vida acuática en los cuerpos de agua” (Molina 1996).

2.2.10 Parámetros biológicos del agua

En estos parámetros se encuentran indicadores biológicos tales como Bentos (macroinvertebrados), Ictiofauna (peces) y Plancton (fitoplancton y zooplancton).

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 2006).

En términos más estrictos, “un indicador biológico acuático se ha considerado como aquel cuya presencia y abundancia señalan algún proceso o estado del sistema en el cual habita” (Gutiérrez, Riss y Ospina 2004; Medianero y Samaniego 2004; Oscoz, Campos y Escala 2006).

Esta evaluación de las aguas “se fundamenta en la capacidad natural que tiene la biota de responder a los efectos de perturbaciones eventuales o permanentes; Por lo cual es posible usar varias características o propiedades estructurales y funcionales de los diferentes niveles de organización biológica para evaluar en forma corporativa el estado de la biota acuática” (Segnini 2003).

Bentos (macroinvertebrados)

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

Los bentos se distinguen del plancton y del necton, “formados por organismos que habitan en la columna de agua”. El adjetivo que se hace derivar de «bentos» es «bentónico ». “Allí donde la luz alcanza el fondo, lo que depende de la

profundidad y de la transparencia del medio, la comunidad incluye productores primarios fotosintetizadores; En el medio afótico (sin luz) de los fondos más profundos, todos los organismos son consumidores, dependiendo el conjunto de los restos orgánicos y microorganismos que la gravedad arrastra desde niveles más superficiales” (Espino 2000).

Los macroinvertebrados “comprenden a los animales que en sus últimos estadios larvarios alcanzan un tamaño igual o mayor a 1 mm; Pertenecen a los siguientes taxa: Insecta, mollusca, oligochaeta, hirudinae y crustácea principalmente. Algunas desarrollan toda su vida en el medio acuático (oligochaeta y mollusca), otros, por el contrario, tienen una fase de su ciclo aéreo; puede vivir en hábitats o sustratos compuestos de grava, piedra, arena, fango, detritus, plantas vasculares, algas filamentosas, troncos, etc.” (Herbas, Rivero y Gonzáles 2006).

Por su sensibilidad y alta diversidad “responden a cualquier tipo de contaminación de manera efectiva (Carrera y Fierro 2001); Esta evaluación de las aguas se fundamenta en la capacidad natural que tiene la biota de responder a los efectos de perturbaciones eventuales o permanentes”.

Según Reece y Richardson (1999) “los macroinvertebrados bénticos cumplen con cinco características importantes: 1) Son relativamente sedentarios y por lo tanto representativos del área donde son colectados; 2) Tienen ciclos de vida relativamente cortos comparados con los peces y reflejan con mayor rapidez las alteraciones del medio ambiente mediante cambios en la estructura de sus poblaciones y comunidades; 3) Viven y se alimentan en o sobre los sedimentos donde tienden a acumularse las toxinas, las cuales se incorporan a la cadena trófica a través de ellos; 4) Su sensibilidad a los factores de perturbación y responden a las sustancias contaminantes presentes tanto en el agua como en los sedimentos; 5) Son fuente primaria como alimento de muchos peces y participan de manera importante en la degradación de la materia orgánica y el ciclo de nutrientes”.

Desde el punto de vista de la contaminación, los macroinvertebrados se agrupan en tres categorías generales:

Clase 1 “Son indicadores de agua limpias, son muy sensibles a los cambios dentro de ellos tenemos los Ordenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera”.

Clase 2 “Son indicadores de aguas medianamente contaminadas en general son tolerantes a la contaminación de tipo orgánica dentro de este grupo tenemos Odonata, Trichoptera, pero los taxones más representativos son algunos Díptera, como de la familia Chironomidae, el Phylum Molusca y la clase Hirudinea”.

Clase 3 “Se encuentra en medios contaminados por materia orgánica, se destaca a la Clase Annelida, y la familia Chironomidae”.

Principales características ecológicas de los grupos de macroinvertebrados

- a) **Ephemeroptera:** “grupo pequeño en cuanto al número de géneros y especies alrededor de 300 géneros y 400 especies descritas a nivel mundial; Éstos viven por lo regular en agua de corrientes limpias y bien oxigenadas, solo algunas especies parece resistir cierto grado de contaminación; Su ciclo de vida es corto pudiendo vivir en forma adulta de 3 a 5 días las ninfas, son prácticamente herbívoras y se alimentan de algas y tejidos de plantas acuáticas a su vez, las ninfas de los efemerópteros constituyen la base alimenticia de los peces” (Camargo 2004). Estos insectos son conocidos comúnmente como moscas de mayo. Solamente las formas inmaduras o ninfas son acuáticas, de tamaño variable y generalmente de color pardo, se reconocen por presentar la forma del cuerpo alargado y a veces aplanado, con branquias a los lados del abdomen y con frecuencia con largos cercos filamentosos caudales (De la Lanza et al. 2004).

- b) Plecóptera:** Pequeño orden de insectos acuáticos, “están considerados dentro de los grupos más primitivos, de aspecto ortopteroide, se distribuye en todos los continentes; Las ninfas de los plecópteros viven en aguas rápidas, bien oxigenadas, debajo de las piedras, troncos, ramas y hojas, Son indicadores de aguas muy limpias u oligotróficas” (Roldán 1999). Estos insectos son conocidos comúnmente como moscas de las piedras; Solamente las formas inmaduras o ninfas son acuáticas, de tamaño variable y de color pardo, se reconocen por presentar la forma del cuerpo alargado y aplanado con antenas y dos cercos largos, las branquias en forma de manojos y en diferente posición del cuerpo (De la Lanza et al. 2004).
- c) Trichoptera:** Son insectos que se caracterizan “por hacer casas o refugios que construyen en un estado larval, los cuales sirven a menudo para su identificación, se caracterizan por vivir en aguas corrientes, limpias y oxigenadas, son buenos indicadores de aguas oligotróficas; son insectos holometábolos cuyas larvas viven en todo tipo de hábitats acuáticos (lóticos y lénticos), siendo en los lóticos fríos donde parece presentarse la mayor diversidad” (Camargo 2004). Estos insectos son conocidos comúnmente como "polillas de agua". Solamente las formas inmaduras o larvas son acuáticas, de tamaño y color variable, se reconocen por presentar la forma del cuerpo alargado y cilíndrico, frecuentemente con branquias ramificadas sobre el cuerpo (De la Lanza et al. 2004).
- d) Anélida:** Viven en aguas eutróficas; “en los ríos contaminados con materia orgánica y aguas negras, constituyéndose estos en indicadores de contaminación acuática” (Roldán 1999). Los anélidos son invertebrados de cuerpo blando y de forma cilíndrica o ligeramente aplanada, con segmentación en anillos y simetría bilateral. Pueden presentar quetas en el cuerpo, la región oral está bien desarrollada y tienen un sistema digestivo completo. Habitan en todo tipo de ambientes desde terrestres hasta acuáticos y marinos (Peralta Argomeda et al. 2015).

- e) Lepidóptera:** Viven en aguas bien oxigenadas, “se los encuentra en rocas y se alimentan de algas y particularmente de diatomeas se los considera indicadores de aguas limpias” (Roldán 1999). Estos insectos son conocidos comúnmente como "mariposas". Solamente las formas inmaduras o larvas son acuáticas, generalmente de tamaño mediano a pequeño y de color oscuro, se reconocen por presentar la forma del cuerpo alargado, con numerosas branquias ramificadas sobre los lados del cuerpo, asimismo por fabricar un capullo o celdilla sobre las piedras donde habita la larva (De la Lanza et al. 2004).
- f) Odonata:** Estos viven “en pozos, pantanos, márgenes de lagos y corrientes lentas y poco profundas, por lo regular rodeadas de abundante vegetación acuática sumergida o emergente”. “Viven en aguas limpias o ligeramente eutróficas, se reconocen dentro de este grupo los denominados caballitos del diablo” (Camargo 2004). Solamente las formas inmaduras o ninfas son acuáticas, de tamaño variable y color pardo, se reconocen por presentar la forma del cuerpo alargado, con el labium modificado en un órgano prensil en forma de pinza y con branquias rectales o caudales (De la Lanza et al. 2004).
- g) Díptera:** El hábitat muy variado “porque se encuentra en ríos, arroyos, quebradas, lagos, vertientes a todas las profundidades, depósito de aguas en brácteas de muchas plantas y orificios de troncos; existen representantes de aguas muy limpias como la familia simuliidae, poco contaminada los tipulidos”. En cambio los chiromidos “viven en agua de mala calidad pero en general el resto familias son indicadores de la alteración del ecosistema” (Camargo 2004). Estos insectos son conocidos comúnmente como "moscos, moscas o zancudos". Solamente las formas inmaduras o larvas son acuáticas, de tamaño y color variable, se reconocen por presentar la forma del cuerpo alargado, cilíndrico y sin patas, con la cabeza bien desarrollada y pueden o no tener estructuras respiratorias (De la Lanza et al. 2004).

h) Coleóptera: La mayoría de coleópteras acuáticas “viven en aguas continentales lólicas y lénticas; En las zonas lólicas los sustratos más representativos son troncos y hojas en descomposición, grava, piedras, arena y la vegetación sumergida y emergente; Las zonas más ricas son las aguas someras en donde la velocidad de la corriente no es fuerte, aguas limpias, con concentraciones de oxígeno alto y temperaturas medias” (Roldán 1999). Estos insectos son conocidos comúnmente como "escarabajos o mayates". Son acuáticos en forma adulta como inmadura, son de color y tamaño variable, en forma adulta se reconocen fácilmente por presentar sus alas anteriores modificadas en forma de estuche y endurecidas, por otro lado, las larvas son de forma alargada, con la cabeza bien desarrollada y sus partes bucales del tipo masticador” (De la Lanza et al. 2004).

Índices bióticos

Estos pueden dividirse en: “índices de contaminación, que examinan la disminución de las poblaciones resultante de la progresiva degradación del medio; e índices relacionados con la estructura de la comunidad como tráficos, taxonómicos de diversidad y comparativos” (Leiva 2003).

Dentro de los índices más aplicados se pueden mencionar los siguientes:

- a) Índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera),** “considera únicamente a los órdenes de insectos Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera como indicadores de buena calidad de agua, basados en la abundancia relativa de estos grupos en una muestra determinada” (Calles 2007).
- b) Índice BMWP-CR (Biological Monitoring Working Party modificado para Costa Rica),** “basado en la observación de las poblaciones de familias de

macroinvertebrados acuáticos, los cuales tienen diferentes grados de tolerancia a la contaminación” (Mafla 2005).

- c) Red Surber**, “equipo para muestrear macroinvertebrados en ambientes loticos”(Samanez et al. 2014)

Plancton

Se denomina plancton (del griego πλαγκτός [*plagktós*], ‘errantes’) “al conjunto de organismos, principalmente microscópicos, que flotan en aguas saladas o dulces, más abundantes hasta los 200 metros de profundidad, aproximadamente; se distingue del necton, palabra que denomina a todos los nadadores activos y del neuston, los que viven en la interfase o límite con el aire, es decir, en la superficie” (Ortega et al. 2007). Plancton (organismos que viven en suspensión en el agua), bentos (del fondo de ecosistemas acuáticos) y edafón (de la comunidad que habita los suelos). Se clasifica en Zooplancton y Fitoplacton.

- a) Zooplancton:** Se denomina zooplancton a “la fracción del plancton constituida por seres que se alimentan, por ingestión, de materia orgánica ya elaborada; Está constituido por protozoos, es decir, protistas diversos, fagótrofos que engloban el alimento fagocitándolo; También por larvas de animales más grandes, como esponja, gusanos, equinodermos, moluscos o crustáceos, y de otros artrópodos acuáticos, así como formas adultas de pequeño tamaño de crustáceos como copépodos o cladóceros, rotíferos, y fases juveniles de peces (alevines)” (Tapia y Naranjo 2009).
- b) Fitoplancton:** En biología fósil y limnología se llama fitoplancton al “conjunto de los organismos acuáticos autótrofos del plancton, que tienen capacidad fotosintética y que viven dispersos en el agua; el fitoplancton se encuentra en la base de la cadena alimentaria de los ecosistemas acuáticos, ya que sirve de alimento a organismos mayores; es decir realiza la parte principal de la producción primaria en los ambientes acuáticos, sobre todos los animales marinos”. Pero además de eso, el fitoplancton “es el responsable original de la presencia de oxígeno (O₂) en la atmósfera; La fotosíntesis oxigénica apareció

evolutivamente con las cianobacterias, antepasadas además de los plastos de las algas eucarióticas; durante casi 2000 millones de años, hasta el desarrollo de las plantas terrestres, la fotosíntesis estuvo prácticamente restringida a los mares y la mayor parte de la producción primaria fotosintética de los mares, entonces como ahora, es atribuible al fitoplancton” (Vásquez et al. 2006).

Peces

Los peces “son animales vertebrados acuáticos, típicamente ectotérmicos, recubiertos por escamas y dotados de dos conjuntos de aletas emparejadas y de varias aletas individuales; la especialidad de la zoología que se ocupa específicamente de los peces se llama Ictiología” (Mancini 2002).

según Ortega et al. (2012), a gran diversidad de especies válidas llega a 1064. Comprendiendo “formas adultas desde 15 mm de longitud estándar (*Tyttocharax tambopataensis*) hasta poco más de dos metros de longitud total (*Electrophorus electricus*) o más de 100 kg como ocurre con Arapaima; los peces están representados en las tres regiones del país, desatacándose la riqueza que existe en aguas amazónicas y las formas endémicas de las cuencas alto andinas y costa norte, además, existen peces que viven entre la mezcla de agua, arena y hojarasca en playas de quebradas y arroyos de bosque (*Brachyhyppomus*, *Scoloplax*, *Rivulus*, *Pariolius*); los estudios sobre peces en nuestro país abarcan aspectos taxonómicos, sistemáticos y ecológicos; evidenciados en diferentes publicaciones” (Samanez et al. 2014).

Este grupo “es el único que es monitoreado fácilmente por el público o grupos interesados como los pescadores; al ser el ápice de la cadena alimentaria, los peces reflejan efectos de contaminación directa e indirecta, esta última por alimentarse de otros peces contaminados; sin embargo, los peces tienen una gran movilidad dentro del ambiente acuático y pueden escapar de la contaminación y volver cuando las condiciones hayan mejorado” (Herbas, Rivero y Gonzáles 2006).

En general, los peces “son considerados buenos indicadores de la calidad del medio, por lo que una gran diversidad y abundancia de peces en ríos, lagos y mares indican que es un ambiente sano para todas las demás formas de vida; Por el contrario una elevada mortandad o un porcentaje alto de peces enfermos podrían ser causados directa o indirectamente por niveles considerables de contaminantes” (Vásquez et al. 2006).

La colecta de peces se puede realizar a través de varios métodos y empleando diversos aparejos, los cuales “varían de acuerdo al objetivo del estudio: inventarios biológicos intensivos o rápidos, evaluaciones hidrobiológicas para estudios de impacto ambiental, muestreos de ecología trófica u obtener muestras para realizar análisis en laboratorios especializados (metales pesados en tejidos u órganos, componentes sanguíneos, composición bioquímica, información genética, mediante cromosomas o fracciones de ADN, etc.” (Samanez et al. 2014).

Clasificación de los peces

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

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

Orden	Familia	Géneros	Especies
1	Characiformes	14	395
2	Siluriformes	13	393
3	Perciformes	8	91
4	Gymnotiformes	5	83
5	Cyprinodontiformes	1	56
6	Clupeiformes	2	11
7	Myliobatiformes	1	12
8	Pleuronectiformes	1	6
9	Beloniformes	1	5
10	Atheriniformes	1	2
11	Osteoglossiformes	2	2
12	Synbranchiformes	1	2
13	Mugiliformes	1	2
14	Batrachoidiformes	1	1
15	Carcharhiniformes	1	1
16	Lepidosireniformes	1	1
17	Tetraodontiformes	1	1
Total	55	375	1 064

Fuente: Ortega et al. (2012).

Descripción de las especies de peces más importantes

- Especies como el *Hoplias malabaricus* "Huasaco" "son predadores y se ubican en la cima de la cadena trófica". "Habitan en aguas abiertas, pero están asociados a cursos de agua somera en las planicies inundables y en las quebradas del interior del bosque". De hábitos nocturnos, "suelen ocultarse en el cieno y la vegetación durante el día: De alguna manera, los huasacos constituyen reminiscencias de los peces caminantes". Aunque en realidad, los "huasacos", más que caminar con la ayuda de sus aletas pectorales, "atravesan galerías acuáticas, de pocos centímetros de profundidad, formadas principalmente bajo la hojarasca en las terrazas altas; Para dispersarse, los huasacos se desplazan a través de la capa de hojas, siempre y cuando cuenten con suficiente humedad como para evitar los efectos de la desecación; Estos peces se desplazan del interior del bosque a pozas o estanques, formadas luego de las lluvias e inundaciones" (Matute et al. 2009).

- *Prochilodus nigricans* comúnmente llamados Bocachicos “se encuentran entre los peces para consumo humano más importantes de América del Sur; Carecen de dientes y se alimentan de detritus que obtienen al remover la vegetación sumergida”. Los "bocachicos" son “famosos por realizar masivas migraciones estacionales aguas arriba; Estas suelen empezar en la época de estiaje y continúan hasta principios de la estación de creciente, época en que migran desde las quebradas hacia los ríos principales a desovar” (Matute et al. 2009).

- Los grandes bagres de la familia Pimelodidae como el *Brachyplatystoma rousseauxii* "Dorado", *Calophysus macropterus* "Mota", y "Zungaro" “tienen largos apéndices o barbas, conocidos como bigotes; algunas especies han desarrollado también largos filamentos en las aletas caudales o dorsales, los mismos que actúan como bigotes adicionales; estos filamentos son en realidad sensores táctiles y olfatorios que les permiten seguir a sus presas en el oscuro fondo de los ríos; La mayoría de las especies poseen hábitos nocturnos, pero existen excepciones importantes cuando las presas son abundantes durante el día”. Estos bagres grandes ("Dorado", "Mota" y "Zungaro") pueden llegar a superar el metro de longitud. “La mayor parte de las especies de gran tamaño se alimentan de otros peces. Todas tienen bocas grandes que les permiten capturar y tragar presas de mediano tamaño que constituyen su alimento; Realizan extensas migraciones, quizás hasta las primeras estribaciones andinas y el desove, se efectúa entre diciembre y abril” (Matute et al. 2009).

- Algunas especies de "Bagres" *Pimelodus sp.* “son especies omnívoras y también consumen frutas carnosas durante el periodo de creciente; todos los bagres de tamaño mediano se encuentran en los canales de los ríos en época de estiaje y, probablemente, al principio de la estación de creciente, cuando se dispersan” (Matute et al. 2009).

- La "Carachama" pez de la familia Loricariidae detritívoro y residente. “Sus bocas funcionan como un órgano de succión, tanto para alimentarse como para adherirse fuertemente a los trozos de madera sumergida u otros substratos del

fondo, incluso en causas de aguas rápidas; las carachamas poseen una variada dentición que, dependiendo de la especie, es empleada para raspar algas y otros alimentos de los diferentes sustratos del fondo; esta gran variedad de tipos de dientes ha evolucionado probablemente como consecuencia de la necesidad de extraer material alimenticio de la madera, las piedras, el detritus y otros tipos de sustrato” (Matute et al. 2009).

- La "Sardina", pez de la familia Characidae presenta hábitos omnívoros por excelencia y de poca migración. “En general se puede decir que la mayoría de los caracidos está adaptada para alimentarse de invertebrados terrestres y acuáticos; la mayor parte de los caracidos pequeños viven en cardúmenes, al menos durante el periodo de estiaje, cuando los cuerpos de agua se reducen y se /hacen más vulnerables a sus depredadores” (Matute et al. 2009).

- *Plagioscion squamosissimus* "corvina" puede llegar a medir 60 centímetros y “es muy apreciada por los habitantes locales. Se les puede encontrar en los canales de los ríos y los lagos del bosque inundable; Se alimentan de peces y crustáceos” (Matute et al. 2009).

- *Leporinus trifasciatus* "lisa" en toda la cuenca amazónica. Pez de tamaño mediano, con cuerpo comprimido y robusto. “Su cabeza es grande, presentando los dientes dispuestos en forma escalonada, formando una serie única; Es de color gris oscuro, con tres bandas transversales oscuras a los lados del cuerpo”. Los adultos “presentan una mancha negra en la base del caudal. En los ejemplares juveniles estas bandas van acompañadas de otras delgadas y estrechas; La parte inferior de la cabeza es rojiza; Se alimenta básicamente de frutos y semillas; Tiene muy buena aceptación como pez de consumo por su excelente carne. Alcanza una longitud de 30 centímetros” (Matute et al. 2009).

- *Rhaphiodon vulpinus* "Chambira" pez que “presenta una mandíbula prominente y estrecha; su maxilar inferior tienen un par de caninos que encajan en el palato, pudiendo aparecer en la superficie externa del maxilar inferior cuando la boca se

encuentra cerrada, sus escamas son diminutas; es de color plateado, con el dorso más oscuro; se alimenta básicamente de peces, es utilizado como pez de consumo y también como ornamental en la etapa juvenil y alcanza una longitud de 70 centímetros” (Matute et al. 2009).

- *Serrasalmus nattereri* "Paña roja" en la cuenca del Amazonas y Orinoco. Presentan “un cuerpo alto, comprimido, casi discoidal; El hocico es corto y obtuso. Su mandíbula i maxila, robustos y afilados; El color es gris azulado, con reflejos plateados sobre el dorso, más claro en los flancos y con pequeñas 20 manchas negras; El vientre es más o menos rojizo, su aleta anal es de color rojo, pero de un color más intenso que las pectorales y ventrales, es un pez gregario y agresivo, se alimenta de peces exclusivamente vivos y de camada que encuentra a su paso; Se encuentra ampliamente distribuido en caños, lagunas y ríos en capas subsuperficiales de la columna de agua y puede alcanzar los 30 centímetros y 500 gramos de peso” (Matute et al. 2009).

- *Eigenmannia virescens* "macana" distribuido en América del Sur, desde Argentina hasta Venezuela. “Pez alargado que carece de aleta caudal; Es de color marrón claro, con dos líneas de color verde o violeta iridiscente a los costados; El color de su cabeza varía del marrón oscuro al amarillento rosáceo o violáceo; Se alimenta de pequeños peces, crustáceos, lombrices, insectos y larvas de mosquito; Es de hábitos nocturnos, difícilmente se le aprecia durante el día. Alcanza una longitud de 45 centímetros” (Matute et al. 2009).

- *Cetopsis coecutiens* "canero azul" especie distribuida por América del Sur, en las cuencas de los ríos Amazonas y Orinoco. “Tiene un cuerpo robusto y de forma cilíndrica; Presenta un par de barbas maxilares y dos pares mentales; Sus ojos son muy pequeños; Presenta la aleta caudal ahorquillada y las aletas dorsales y pectorales con el primer radio prolongado en filamento; La parte dorsal del cuerpo es de color plomizo oscuro, aclarándose ventralmente; No tiene importancia como pez de consumo, Se comercializa como pez ornamental en etapa juvenil. Alcanza una longitud de 20 centímetros” (Matute et al. 2009).

- *Potamotrygon motoro*. "raya" especie ampliamente distribuida en toda América del Sur. "Es muy común en ríos de agua negra; Es de color marrón oscuro, con numerosos ocelos grandes de color amarillo anaranjado; Habita en el fondo arenoso de los ríos, donde se alimenta de pequeños peces y crustáceos; Las hembras alcanzan un diámetro discal de 30 a 35 centímetros, siendo su longitud total de 60 centímetros; El número de crías por camada varía de 3 a 21, resultando bastante común un parto de 15 crías; Los ejemplares jóvenes son comercializados como peces ornamentales, ocasionalmente se comercializa a los ejemplares adultos como peces de consumo".

Índices de diversidad

La diversidad de la comunidad biológica "es función del número de taxones y de la abundancia proporcional de las especies; La diversidad suele disminuir en ambientes alterados como resultado de la disminución del número de taxones y la diferente distribución de la abundancia" (Alba et al. 2005). "La premisa ecológica que soporta el uso de la diversidad para cuantificar el grado de deterioro de los ríos establece que la estabilidad de una comunidad incrementa con su complejidad; Así con la entrada de los años 60 se inicia una nueva etapa en la historia de los macroinvertebrados como bioindicadores; Durante ésta década se solidifica el uso de los índices de diversidad, como medida de las perturbaciones ambientales" (Washington 1984).

Shannon-Wiener (\log^2)

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

“Este es un método ampliamente usado para calcular la diversidad biótica en los ecosistemas acuáticos y terrestres, y es expresado como”:

$$H = - \sum_i^s (p_i)(\log_2 p_i)$$

Dónde: H= índice de diversidad de especies, s= número de especies, pi= Proporción del total de la muestra perteneciente a su especie.

Un valor alto de H' “indica una diversidad alta, influenciado por una gran cantidad de especies o una distribución más equitativa de estas; El valor del índice es cero en los casos en que todos los individuos recogidos pertenecen a una sola especie” (es decir, mayor dificultad de pronóstico).

Equitabilidad de Pielou's (J')

También conocida como uniformidad, “es la repartición o distribución igualitaria de los individuos entre las especies presentes; En la ecuación de equitatividad o uniformidad, el valor de J se sitúa entre 0 y 1,0 donde 1,0 representa una situación en la que todas las especies son igualmente abundantes” (Moreno 2001).

La fórmula es:

$$J' = H' / \log_2 S$$

Donde H' = índice de Shannon-Wiener, S = es el número máximo de especies en la muestra.

2.2.11 Indicadores microbiológicos del 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).

“Determinar el tipo de microorganismos presentes en el agua y su concentración proporciona herramientas indispensables para conocer la calidad de la misma y para la toma de decisiones en relación al control de vertidos, tratamiento de aguas y conservación de ecosistemas, evitando así el riesgo de contaminación de las personas y el ambiente; No obstante, existe una gran dificultad para determinar la presencia de todos los microorganismos patógenos implicados en los procesos de contaminación ambiental”. Dicha determinación implica costos elevados, tiempo, y laboratorios especializados. Frente a estas dificultades y a la necesidad de hacer “una evaluación rápida y fiable de la presencia de patógenos en el agua, se ha planteado la necesidad de trabajar con determinados grupos indicadores” (Campos 1999).

Las bacterias que se encuentran más frecuentemente en el agua “son las bacterias entéricas que colonizan el tracto gastrointestinal del hombre y son eliminadas a través de la materia fecal”. Cuando estos microorganismos se introducen en el agua, “las condiciones ambientales son muy diferentes y por lo tanto su capacidad de reproducirse y de sobrevivir son limitadas; Debido a que su detección y recuento a nivel de laboratorio son lentos y laboriosos, se ha usado el grupo de las bacterias coliformes como indicadores, ya que su detección es más” (Olivieri 1982; Craun, Berger y Calderon 1997).

Los microorganismos que conforman el grupo de los coliformes totales; *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Serratia*, *Edwardsiella* y *Citrobacter*, “viven como saprofitos independientes o como bacterias intestinales; los coliformes fecales (*Escherichia*) son de origen intestinal” (Canosa 1995). Todos pertenecen a la familia *Enterobacteriaceae*, “son bacilos Gram negativos, anaerobios facultativos, no esporulantes, fermentadores de lactosa con producción de gas; constituyen aproximadamente el 10 % de los microorganismos intestinales de los

seres humanos y otros animales” (Prescott, Harley 2002). Su velocidad de mortalidad depende de la temperatura del agua, los efectos de la luz solar, “las poblaciones de otras bacterias presentes, y la composición química del agua. La presencia de coliformes en el agua indica la contaminación bacteriana reciente y constituye un indicador de degradación de los cuerpos de agua” (Fernández, Álvarez y Espigares 2001).

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*), calera (*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).

a) Coliformes totales: La presencia de coliformes totales “debe interpretarse de acuerdo con el tipo de aguas: deben estar ausentes en 85% de las muestras de aguas potables tratadas; En caso de estar presentes, su número no puede ser superior a 2-3 coliformes; Esta contaminación a pesar de ser baja, no puede ocurrir en tres muestras recolectadas en días consecutivos; En aguas tratadas, los coliformes totales funcionan como un alerta de que ocurrió contaminación, sin identificar el origen. Indican que hubo fallas en el tratamiento, en la distribución o en las propias fuentes domiciliarias; Su presencia acciona los mecanismos de control de calidad y de procesamiento dentro de la

planta de tratamiento de agua, e intensifica la vigilancia en la red de distribución” (Harwood et al. 2005).

b) Coliformes termotolerantes: Los coliformes fecales “se denominan termotolerantes por su capacidad de soportar temperaturas más elevadas; Esta denominación esta ganando más adeptos actualmente, pues sería una forma más apropiada de definir este subgrupo que se diferencia de los coliformes totales por la característica de crecer a una temperatura superior; La capacidad de reproducción de los coliformes fecales fuera del intestino de los animales homeotérmicos es favorecida por la existencia de condiciones adecuadas de materia orgánica, pH, humedad, entre otros” (Prescott y Harley 2002).

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1. Materiales y equipos

Representa todos los materiales, reactivos, equipos y programas que se utilizaron en la presente investigación (tabla 4).

3.2. Tipo de estudio

El estudio se realizó en seis fuentes de agua evaluándose en ocho puntos de muestreo ubicadas alrededor de la ciudad de Puerto Maldonado, se desarrolló mediante un estudio descriptivo, con enfoque cuantitativo, por cuanto se obtiene información de manera independiente y conjunta sobre los conceptos o las variables definidas, de diseño no experimental, estadísticamente comparativa.

3.3 Diseño del estudio

El estudio es de campo por cuanto se obtuvieron datos de ubicación de los puntos de muestreo en coordenadas UTM, así mismo los datos a partir de las muestras de agua respecto a la medición de los parámetros Físicoquímicos: Temperatura, PH, Oxígeno Disuelto, Alcalinidad y Cloruro; Biológicos: Plancton, Ictiofauna (peces), Macroinvertebrados (bentos) y Microbiológicos: Coliformes totales y Coliformes Termotolerantes. Durante el estudio “se prosiguió hacer muestreos en campo y análisis estadísticos de los resultados obtenidos en comparación con los límites permisibles establecidos en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua” (DS N°004-2017-MINAM), con la finalidad de determinar la calidad del agua en seis fuentes hidrológicas; ocho puntos de muestreo, 2 en

el río Tambopata (Botafogo y Espinoza), 2 en el río Madre de Dios (Pastora y Capitania), quebradas Chonta, Loboyoc y Herrera y el Lago Túpac Amaru. Estas fueron muestreadas en la transición de época lluviosa a seca (mayo- agosto 2015).

Tabla 4. Materiales, reactivos, equipos y programas.

MATERIALES (de colecta y laboratorio)	Libreta de campo
	Fichas de campo (plancton, bentos y peces)
	Etiquetas para la identificación de frascos
	Cadena de custodia (ficha de seguimiento de los puntos de muestreo)
	Lápices y marcadores de tinta indeleble
	Balde plástico transparente
	Bolsas ziploc con sello hermético de 15 x 15 cm (1 paquete)
	Cinta adhesiva
	Cinta aislante
	Cinta teflón
	Guantes descartables
	Caja de tecnopor
	Jeringa grande (10 ml)
	Red cónica de 40 µm
	Muestreador de Surber de 1,000 µm
	Frascos de vidrio transparente de 50, 100 y 200 ml
	Agua destilada 1 L
	Envase hermético de 1 L
	Envase hermético de ½ L
	Red alevineras
	Láminas y laminillas de 22 x 40 y 22 x 22
	Gotos
	Pipetas
Estiletes y pinzas	
Guías y claves de identificación para peces y bentos	
REACTIVOS	Formol
	Alcohol 900
	Ácido Nítrico (HNO ₃)
	Tiosulfato de sodio
	Nitrato de plata (AgNO ₃)
	Cromato de potasio (K ₂ CrO ₄)
EQUIPOS	Microscopio compuesto equipado con oculares de 10 o 12,5 y objetivos de 10 x, 40 x y 100 x.
	Estereoscopio trinocular con cámara
	Cámara fotográfica
	Sonda multiparámetro para agua
	Laptop
	Kit colorimétrico LaMotte para oxígeno disuelto
PROGRAMA Y SOFTWARE	ArcGis 10.1
	MapSource
	Microsoft office 2010 (Word y Excel)

3.4 Población y Muestra

La determinación para la población y muestra del estudio, fue por muestreo no probabilístico, de acuerdo a las referencias técnicas y financieras.

La población de estudio constituye 1 lago, 2 tramos de ríos y 3 quebradas indicadas, en su selección se tomó los siguientes criterios:

- Cuerpos de aguas representativos del entorno periurbano de Puerto Maldonado.
- Cercanía a los vertederos de aguas servidas y escorrentía de aguas de lluvias de la ciudad de Puerto Maldonado
- Fuentes de Agua próximos a la ciudad de Puerto Maldonado en un radio de 20 km.
- Fuentes de Agua de consumo para las poblaciones de Puerto Maldonado.
- Fuentes de Agua por su importancia ecológica considerándose y que son afluentes de los Ríos Madre de Dios y Tambopata.

La muestra del estudio representa los ocho puntos de muestreo, detallados a continuación:

- Tramo en el rio Madre de Dios (puntos P6-Pastora y P1-Puerto Capitania)
- Tramo en río Tambopata (puntos P4-Playa Botafógo y P2 -Aserradero Espinoza)
- Tramo quebrada Herrera (punto P3-Puente Herrera)
- Tramo quebrada Loboyoc (punto P8-Puente Loboyoc)
- Tramo quebrada chonta (punto P5-Chonta)
- Tramo lado Izquierdo de lago Túpac Amaru (punto P7-Lago).

3.5 Métodos y técnicas

3.5.1. Ubicación política y geográfica del lugar de estudio

Políticamente el área de estudio se encuentra ubicado en los distritos Las Piedras (quebrada Loboyoc) y Tambopata (ríos Madre de Dios y Tambopata, quebradas Chonta y Herrera y Lago Túpac Amaru) de la provincia de Tambopata del departamento de Madre de Dios.

La situación geográfica del eje fluvial Madre de Dios-Beni-Madeira (el mayor tributario del Amazonas) presenta una serie de singularidades. Por un lado, su cercanía a los Andes y por otro las caídas de agua en el Madeira, le confieren cierto grado de aislamiento y lo hacen propicio a la presencia de especies de peces endémicas.

El área de estudio se encuentra ubicada en la confluencia de los ríos Madre de Dios y su tributario Tambopata, abarcando en su área de influencia tanto lagos como quebradas, aguajales y el propio canal de los ríos anteriores y dentro del área de influencia de la Reserva Nacional Tambopata. Su territorio no posee un elevado gradiente altitudinal (169 y 189 m aproximadamente) ubicándose en la llanura amazónica. A continuación, se describen los 8 puntos de muestreos que se consideran en este estudio.

El río Madre de Dios, es un caudaloso curso de agua blanca con elevada carga de sedimentos de un ancho variable (500-800 m), a lo largo de su cauce se encuentran poblados que vierten sus aguas servidas sin tratamiento alguno, así mismo se encuentran la mayor cantidad de actividades agrícolas y mineras. El tramo de estudio comprende desde el puerto Pastora, que está por encima de la captación para agua potable y de los vertederos de aguas servidas y escorrentía de las aguas de lluvia de la ciudad, hasta el puerto Capitanía que esta después de los vertederos indicados, en este tramo se están considerando 2 puntos de muestreos (P2- Puerto Pastora y P3-Puerto Capitanía).

El río Tambopata, a diferencia de la anterior en menos afectada por las actividades indicadas, es de menor ancho (100 m), el tramo considerado es desde la playa Botafógo que está por debajo de la desembocadura de la quebrada Chonta pero por encima de la desembocadura de la quebrada Herrera de los vertederos de aguas servidas y escorrentía de las aguas de lluvia de la ciudad de Puerto Maldonado, en este se han considerado también 2 puntos de muestreo (P4-Playa Botafógo y P2-Aserradero Espinoza).

Se consideró también la quebrada Chonta, que discurre paralela a la carretera interoceánica a los largo de unos 50 kilómetros aproximadamente para terminar desembocando en el río Tambopata, en su microcuenca se desarrollan actividades pecuarias y agrícolas en esta se consideró el punto P5-Chonta; del mismo modo se ha considerado la quebrada Loboyoc, que está a 19 km de Puerto Maldonado Carretera Interoceánica-Iñapari, nace en un sistema de aguajales y desemboca en el río Madre de Dios que posee una intersección con la carretera interoceánica a 19 km de la ciudad, dirección norte(Brasil); asimismo se ha considerado en el estudio la quebrada Herrera que se encuentra entre la ciudad de Puerto Maldonado y la quebrada Chonta, recoge el agua de varios barrios de la ciudad (La Joya y Circunvalación) donde nace para desembocar en el río Tambopata. Finalmente el punto P7 Lago Túpac Amaru, se sitúa a 10 km de la ciudad al margen derecho y escasos 200 m del río arriba de Madre de Dios, y está conectado por carretera. Tiene una longitud de 1,5 km con una anchura variable de aproximadamente 150 m, en su área de influencia se desarrolla generalmente actividad agrícola y pecuaria, donde la escorrentía de aguas de lluvia que arrastran los restos químicos y desechos de la actividad agrícola y pecuaria respectivamente.

En la tabla 5 se muestran las coordenadas de los puntos de muestreo.

Tabla 5. Puntos de muestreo.

Puntos	Nombre	Referencial	UTM		Altura (msn m)
			X	Y	
P1	Capitania (Madre de Dios)	Parte baja de Pueblo Viejo	481382	8607694	169
P2	Espinoza (Tambopata)	Parte baja de Pueblo Viejo	481439	8607426	170
P3	Quebrada Herrera	A 2 km por pista al sur de la ciudad	478820	8605480	178
P4	Playa Botafogo (Tambopata)	A 7 km por pista al sur de la ciudad	482803	8600495	172
P5	Quebrada Chonta	Km 17 carretera a Infierno	475201	8594813	183
P6	Pastora (Madre de Dios)	A orilla de la carretera de Cusco	473176	8609926	173
P7	Lago Túpac Amaru	A 13 km por pista al oeste de la ciudad	464347	8608051	179
P8	Quebrada Loboyoc	Km 19 interoceánica a Brasil	485997	8623564	189

Fuente: Elaboración propia.

3.5.2. Fases de la Metodología

A). Fase Campo

- Georreferenciación de las estaciones de monitoreo, con el apoyo de un GPS, mediante el sistema de coordenadas UTM WGS 84, zona 19 L.
- Recolección, preservación y almacenamiento de las muestras de agua
- Llenado de la cadena de custodia.

- Envío de las muestras de agua al laboratorio acreditado por el INDECOP para sus análisis respectivos.

Después de conocer el área en base a la investigación bibliográfica y cartográfica se realizó un recorrido de las seis fuentes de agua donde se encuentran los ocho puntos de muestreo, validando una sola época de transición lluviosa a seca (mayo- agosto, 2015). Se colectaron muestras para el análisis fisicoquímicos del agua, muestras de bentos, plancton (fitoplancton y zooplancton), ictiofauna (peces) y análisis microbiológico (coliformes totales y coliformes termotolerantes); en cada una de las estaciones de muestreo.

Toma de muestras: La colecta de muestras ha sido cuando el flujo de agua sea mínimo, el muestreo ha sido tomado de corriente abajo para evitar que la muestra no se contamine con sedimentos provenientes desde una zona distinta a la que se desea muestrear (Salomons 1985). Se tomaron muestras de agua para cada parámetro a evaluar en los 8 puntos seleccionados:

- Tramo en el río Madre de Dios (puntos P6- Puerto Pastora y punto P1- Puerto Capitania).
- Tramo en río Tambopata (punto P4-Playa Botafógo y punto P2-Aserradero Espinoza).
- Tramo quebrada Herrera (punto P3-Quebrada Herrera).
- Tramo quebrada Loboyoc (punto P8-Quebrada Loboyoc).
- Tramo quebrada chonta (punto P5-Quebrada Chonta) y Tramo lado Izquierdo de Lago Túpac Amaru (punto P7).

Para la evaluación de los parámetros fisicoquímicos se tomó seis muestras por cada estación con un total de 48 muestras para un grado de mayor precisión en promedios, utilizando el brazo telescópico a un metro de profundidad a partir de la superficie. Consecuentemente ocho muestras en total para el análisis de los parámetros microbiológicos. “Se preparó los frascos a utilizar, de acuerdo con la lista de parámetros a evaluar. Las muestras de agua han sido recolectadas y

preservadas teniendo en cuenta cada uno de los parámetros considerados; 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”.

Técnicas de Colecta: Las técnicas de colecta para los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos fueron en base a la consideraciones técnicas del informe de: *“Calidad de aguas urbanas y periurbanas de Puerto Maldonado Madre de Dios – Perú”* (Chávez y Araujo 2010) y respecto a los parámetros biológicos fueron basadas en los: *“Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú”* (UNMSM 2014).

- **Parámetros Fisicoquímicos:** Las muestras se obtuvo de un metro de profundidad del cuerpo de agua cerrando el frasco, donde posteriormente fue analizado el mismo día en el Laboratorio Ambiental Regional de la UNAMAD.
- **Parámetros Biológicos:**
 - Plancton: Se colectó por filtrado de 50 litros de agua a través de una red cónica de 40 μm de abertura de malla. Las muestras fueron almacenadas en frascos de plástico, etiquetados y fijados con formol al 4% para su posterior separación e identificación de los organismos.
 - Bentos: Para la colecta de organismos bentónicos se utilizó una red Surber de 1 000 μm de abertura de malla, en un área de 1 m x 1 m la cual se colocó contra la corriente para que los macroinvertebrados sean arrastrados a su interior (tres réplicas por estación). Todo este

proceso tuvo una duración de 10 minutos aproximadamente por repetición. La recolección de muestra se realizó con rastra cuadrangular de malla de 1mm² de poro. Las muestras obtenidas fueron tamizadas con tamiz de 1mm² de poro.

- Peces: Los trabajos de pesca se realizaron entre 3- 5 personas donde se empleó una red de arrastre a orilla de 10 m x 1,5 m de malla 10 mm, red atarraya de 2 brazas, redes de espera de 20 m x 2 m y redes de mano tipo calcal y anzuelos. Se realizó 3 arrastres por punto de muestreo, pesca de arrastre hacia las orillas y al centro del cuerpo de agua considerando la corriente y el ancho del río, así mismo la remoción manual del fondo. Los peces fueron registrados y fijados en formol al 10 % (inyectados si su longitud superaba los 15 cm) durante 48 horas y posteriormente fueron llevados al Laboratorio de la UNAMAD para el respectivo análisis.

- **Parámetros Microbiológicos:** Se realizó a una profundidad de 20 a 30 cm. Los frascos de vidrios previamente esterilizados, llevados hasta el lugar de muestreo en las mejores condiciones de higiene.

Se sumergió la botella boca abajo, de manera que la boca apuntó hacia la corriente creando esta por arrastre de la botella en el interior del agua, evitándose el contacto con la orilla. Se dejó una porción del recipiente sin llenar (1/4 de frasco), de manera que el aire contenido en esa zona aseguró un adecuado suministro de oxígeno para los microorganismos, hasta el momento del análisis. Se mantuvo refrigerado a 4 °C hasta el traslado al laboratorio que fue en un intervalo de 6 a 24 horas.

Preservación, consideración y traslado de las muestras: La toma de muestras de agua para analizar los parámetros fisicoquímicos en laboratorio se realizaron según el protocolo de la autoridad nacional del agua en frascos de plásticos de boca ancha, limpio y de primer uso, el volumen requerido dependió

del parámetro a analizar, considerando las instrucciones generales de preservación, etiquetado, embalaje y transporte de las muestras, mostradas en el “Requisitos para toma de muestras de agua y preservación”.

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

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

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

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

B). Fase Gabinete

- Ubicación de las coordenadas de las estaciones de monitoreo en un mapa a escala conveniente, utilizando el software ArcGis versión 10.3.
- Análisis e interpretación de resultados, tomando en cuenta las categorías de los Estándares Nacionales de Calidad ambiental para Agua (MINAM 2017).

- Presentación de resultados mediante gráficos estadísticos de los parámetros fisicoquímicos, biológicos y microbiológicos.

3.6 Tratamiento de los Datos

3.6.1 Para el análisis fisicoquímico:

Las muestras de agua colectadas para el análisis de los parámetros fisicoquímicos fueron dadas al Laboratorio Ambiental Regional de la UNAMAD (Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios) para el análisis respecto a temperatura, conductividad, pH, oxígeno disuelto y alcalinidad; donde se utilizó el multiparámetro “HANNA” y kit colorimétrico La Motte de oxígeno disuelto. En el análisis estadístico se evaluó el cumplimiento de los supuestos del Análisis de Varianza (ANOVA), la normalidad y la homogeneidad de varianzas, para lo cual se utilizó la prueba de Levene y el test de Shapiro-Wilk, respectivamente. Una vez confirmados dichos mediante la prueba de ANOVA se evaluó la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre las ocho estaciones estudiadas, según cada uno de los parámetros fisicoquímicos del agua. En los casos se estudiaron diferencias estadísticas significativas, se realizó el procedimiento de comparaciones múltiples mediante la Prueba Post-Hoc de Tukey.

Finalmente, el promedio de las ocho estaciones de cada uno de los parámetros de calidad de agua ha sido comparado con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para aguas (MINAM 2015).

3.6.2 Para el análisis biológico:

- Plancton: Las muestras colectadas para la identificación de taxas de Plancton (fitoplancton y zooplancton) fueron enviadas al departamento de Limnología Museo de historia Natural-UNMSM (Universidad Nacional

Mayor de San Marcos), donde realizaron la identificación de las taxas presentes en la muestras, así mismo el conteo de todos los organismos de la muestra. Se realizó observaciones en microscopio con lamina-laminilla para cada grupo. Así mismo revisiones completas de cada lámina con un mínimo de 3 a 5 repeticiones por muestra. Posteriormente teniendo el registro de las taxas de las comunidades de fitoplancton y zooplancton se procedió con el análisis estadístico mediante los métodos Shannon-Wiener (\log_2) y Equitabilidad de Pielou's (J') para la determinación de diversidad y abundancia de las comunidades biológicas de este grupo.

- Bentos: Las muestras colectadas para la identificación de taxas de Bentos se realizaron en el Laboratorio Ambiental Regional de la UNAMAD (Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios), donde se realizó la identificación taxonómica de la siguiente manera:
 - Se vació el contenido en un tamiz de 500 μm de diámetro, se aclaró con abundante agua para la eliminación de restos de conservantes (especialmente si se utilizó formaldehído). El trabajo se realizó con bastante ventilación y con el uso de lentes, mascarilla y guantes de protección. Se extrajeron los restos de vegetales y residuos con el cuidado de no tener macroinvertebrados adheridos.
 - Se homogenizo la muestra en la bandeja.
 - Se procedió a distribuir las muestras en diferentes placas de Petri.
 - Cada macroinvertebrado bentónico encontrados fueron micrografiados en el esteroscopio, para su posterior conservación en frascos de 25 ml, donde fueron separados e identificados hasta familia, o grupo taxonómico incluido en el BMWP, todos los taxones diferentes existentes en la muestra, los resultados de los recuentos constituyen una estima de la abundancia relativa de los macroinvertebrados en la muestra.

Posteriormente teniendo el registro de las taxas de las comunidades de Bentos se procedió una clasificación de la calidad de las aguas atendiendo a estándares desarrollados para la Amazonía colombiana (BMWP). Atendiendo a la calidad de las taxas evaluadas, las estaciones muestreadas reciben un puntaje, clasificando la calidad de los cuerpos de agua en bueno, aceptable, dudoso, crítico y muy crítico.

- Peces: Las muestras colectadas para la identificación de taxas de Peces se realizaron en el Laboratorio Ambiental Regional de la UNAMAD (Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios), donde se realizó la identificación taxonómica hasta nivel de Especie, así mismo el conteo de todos los organismos de la muestra, teniendo en cuenta el área total de la colecta. Posteriormente teniendo el registro de las taxas de las comunidades de fitoplancton y zooplancton se procedió con el análisis estadístico mediante los métodos Shannon-Wiener (\log_2) y Equitabilidad de Pielou's (J') para la determinación de diversidad y abundancia de las comunidades biológicas de este grupo.

3.6.3 Para el análisis microbiológico:

Las muestras de agua colectadas para el análisis de los parámetros fisicoquímicos fueron dadas al laboratorio de EMAPAT para el análisis respecto a los niveles de concentración de Coliformes Totales y Coliformes Termotolerantes. Posteriormente se realizó la comparación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para aguas (MINAM 2017).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados de análisis de los parámetros fisicoquímicos (Limnología)

En la Tabla 6 se muestran los resultados de los indicadores limnológicos en los ocho puntos de muestreo.

Tabla 6. Resultados de los indicadores limnológicos de los ocho puntos de muestreo en comparación con los límites máximos permisibles estipulados en el ECA (D°S 004-2017-MINAM).

PARAMETROS FISICOQUIMICO	pH	T°	STD (ppm)	Conductividad (µs)	Oxígeno Disuelto (ppm)
Capitania - Madre de Dios	7,23±0,01	29,7±0,13	59±2,92	115±1,29	5,0±0,06
Espinoza - Tambopata	7,1±0,01	29,0±0,13	28±1,70	56±1,37	4,7±0,05
Quebrada Herrera	6,65±0,01	28,3±0,09	48±1,98	81±1,07	4,7±0,01
Playa Botafógo-Tambopata	6,87±0,01	28,2±0,10	26±1,34	48±1,50	6,0±0,12
Quebrada Chonta	6,88±0,01	28,4±0,09	14±1,37	28±1,29	6,5±0,09
Pastora - Madre de Dios	7,17±0,01	28,6±0,07	48±1,70	80±0,96	7,1±0,13
Lago Túpac Amaru	7,65±0,01	27,1±0,11	80±1,70	137±1,57	5,8±0,08
Quebrada Loboyoc	6,7±0,01	26,8±0,11	15±1,07	32±0,96	7,3±0,06
ECA (DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM)	6,5 - 9,0	Δ 3 ²	--	1000	≥5

Fuente: Elaboración propia.

² Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada (D°S 004-2017-MINAM).

Considerando que todos los parámetros fisicoquímicos para los 8 puntos evaluados cumplen con los supuestos de Normalidad y Homogeneidad de Varianzas (Tabla 7), se utilizó el Análisis de Varianza (ANOVA) para la comparación de los promedios de estos parámetros entre los 8 puntos de muestreo.

Tabla 7. Resultados de la evaluación de los supuestos del ANOVA.

		Capitani a	Espinoz a	Qda. Herrera	Botafógo	Chonta	Pastora	Lago Túpac Amaru	Qda. Loboyoc
pH	Shapiro-Wilk W	0,92	0,92	0,96	0,92	0,86	0,96	0,95	0,93
	p-valor	0,473	0,473	0,804	0,473	0,178	0,804	0,700	0,554
	Prueba de Levene	p-valor	0,744						
Temperatura	Shapiro-Wilk W	0,68	0,87	0,70	0,92	0,86	0,98	0,91	0,81
	p-valor	0,091	0,212	0,064	0,473	0,191	0,96	0,421	0,080
	Prueba de Levene	p-valor	0,10						
Sólidos Totales Disueltos	Shapiro-Wilk W	0,95	0,95	0,94	0,96	0,87	0,95	0,95	0,91
	p(normal)	0,77	0,73	0,65	0,80	0,212	0,73	0,73	0,42
	Prueba de Levene	p-valor	0,48						
Alcalinidad	Shapiro-Wilk W	0,91	0,87	0,82	0,96	0,68	0,95	0,70	0,96
	p(normal)	0,421	0,21	0,091	0,820	0,004	0,75	0,006	0,820
	Prueba de Levene	p-valor	0,53						
Conductividad	Shapiro-Wilk W	0,92	0,98	0,92	0,86	0,87	0,93	0,92	0,98
	p(normal)	0,473	0,96	0,514	0,178	0,212	0,55	0,480	0,933
	Prueba de Levene	p-valor	0,98						
OD	Shapiro-Wilk W	0,83	0,83	0,88	0,83	0,98	0,92	0,86	0,91
	p(normal)	0,101	0,10	0,252	0,101	0,960	0,51	0,178	0,415
	Prueba de Levene	p-valor	0,46						

Fuente: Elaboración propia.

4.1.1 El potencial de hidrogeno (pH)

En el ANOVA se encontró diferencias significativas en el promedio de pH entre los sitios de muestreo (p-valor < 0,001) (Tabla 8). Por consiguiente se realizó la post-prueba de Tukey donde se encontró diferencias significativas en el pH entre los 8 sitios de muestreo (p-valor < 0,001) (Tabla 9 y Figura 1); con excepción de los sitios de muestreo quebrada Chonta y playa Botafógo, entre los cuales no se encontró diferencias significativas en el pH (p-valor = 0,97) (Tabla 9 y Figura 1).

Tabla 8. Análisis de varianza para el pH.

Fuente de Variación	DF	SS	MS	F	P
Entre Grupos	7	4,456	0,637	3264,56	<0,001
Residual	40	0,0078	0,0002		
Total	47	4,464			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9. Todas las comparaciones por pares del test de post-prueba de Tukey.

Comparación	Diferencia de medias	q	P	P<0.050
Túpac vs. Herrera	1,0	174,8	<0,001	SI
Túpac vs. Loboyoc	0,9	165,2	<0,001	SI
Túpac vs. Botafógo	0,8	136,5	<0,001	SI
Túpac vs. Chonta	0,8	135,1	<0,001	SI
Túpac vs. Espinoza	0,5	95,0	<0,001	SI
Túpac vs. Pastora	0,5	84,8	<0,001	SI
Túpac vs. Capitania	0,4	73,4	<0,001	SI
Capitania vs. Herrera	0,6	101,5	<0,001	SI
Capitania vs. Loboyoc	0,5	91,8	<0,001	SI
Capitania vs. Botafógo	0,4	63,2	<0,001	SI
Capitania vs. Chonta	0,4	61,7	<0,001	SI
Capitania vs. Espinoza	0,1	21,6	<0,001	SI
Capitania vs. Pastora	0,1	11,4	<0,001	SI
Pastora vs. Herrera	0,5	90,1	<0,001	SI
Pastora vs. Loboyoc	0,5	80,4	<0,001	SI
Pastora vs. Botafógo	0,3	51,8	<0,001	SI
Pastora vs. Chonta	0,3	50,3	<0,001	SI
Pastora vs. Espinoza	0,1	10,2	<0,001	SI
Espinoza vs. Herrera	0,5	79,8	<0,001	SI
Espinoza vs. Loboyoc	0,4	70,2	<0,001	SI
Espinoza vs. Botafógo	0,2	41,5	<0,001	SI
Espinoza vs. Chonta	0,2	40,1	<0,001	SI
Chonta vs. Herrera	0,2	39,8	<0,001	SI
Chonta vs. Loboyoc	0,2	30,1	<0,001	SI
Chonta vs. Botafógo	0,0	1,5	0,966	NO

Botafógo vs. Herrera	0,2	38,3	<0,001	SI
Botafógo vs. Quebrada	0,2	28,7	<0,001	SI
Loboyoc vs. Herrera	0,1	9,7	<0,001	SI

Fuente: Elaboración propia.

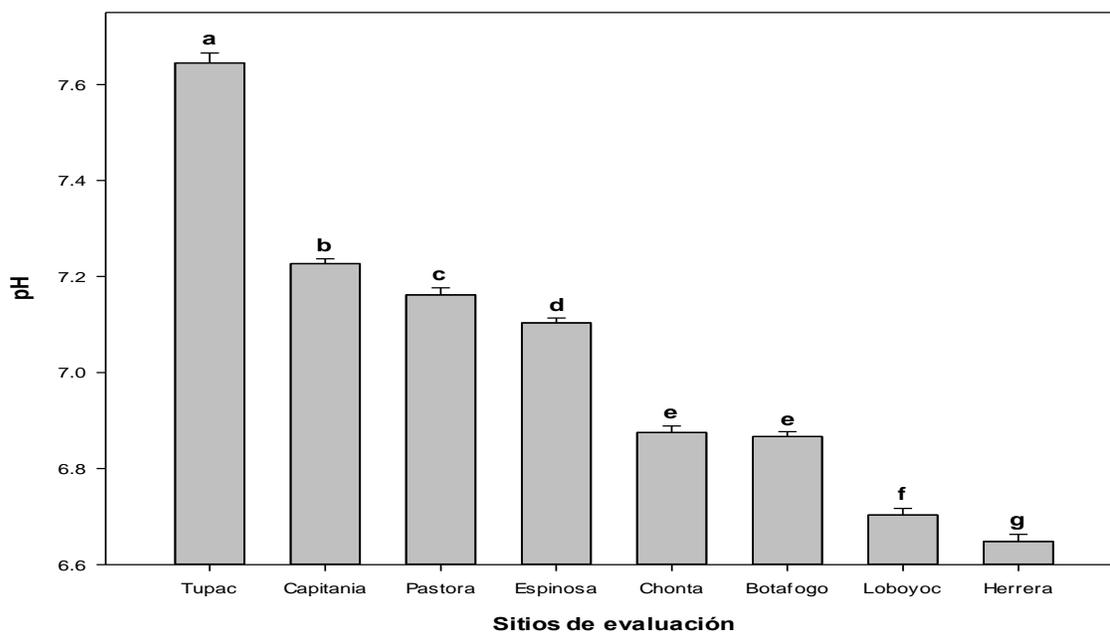


Figura 1. Gráfico de barras (media \pm desviación estándar) del pH en los 8 sitios de estudio. Letras diferentes indican una diferencia significativa para el promedio de pH entre los sitios evaluados (Test de post-prueba Tukey).

En la Figura 1 se observa la comparación de los promedios de pH entre los 8 puntos de muestreo, donde señala estadísticamente que la quebrada Chonta y playa Botafógo presentan una similitud de promedios de pH, y esto podría atribuirse por el tipo de biota acuático y productos que derivan de la actividad metabólica que presentan ambos puntos, así mismo la relación que guardan con la temperatura del ambiente y fuentes de contaminación del entorno como drenajes de ácidos por actividades urbanas.

4.1.1.1 Comparación con límites permisibles nacionales

El pH osciló entre 6,65 - 7,65 por lo que se pueden considerar aguas ligeramente ácidas o aguas muy poco mineralizadas, estos valores se encuentran dentro de los límites permisibles de los ECAs para ríos de selva (MINAM 2017).

Así mismo se tiene como resultado que tanto la quebrada Loboyoc y quebrada Herrera presentaron pH ácidos menores de todas las estaciones de muestreo esto propio de su condición de aguas negras, cargada de materia orgánica procedentes de vegetación ripariana que acidifica el medio. A si mismo por la cercanía que estos tienen a la ciudad se enfrentan a las actividades urbanas tales como las actividades turísticas, ganaderas y agrícolas. Por otro el Lago Túpac Amaru presento el rango más alto en pH. Conviene recordar las grandes variaciones que estos valores sufren como consecuencia de fuertes lluvias esporádicas que tienden a disminuir los valores de conductividad y neutralizar el pH, que es lo que ocurrió el año 2015 en la época de transición de lluvias a seca donde el valor de pH llego a 6,7.

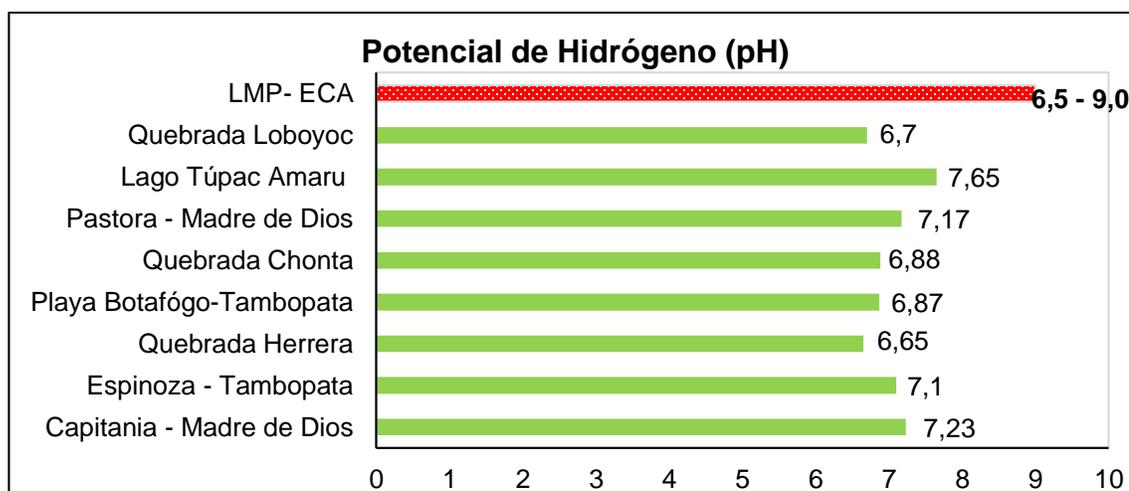


Figura 2. Comparación del Potencial de Hidrogeno (PH) de los ocho puntos de muestreo en comparación con los LMP- ECAs categoría 4 conservación del sistema acuático ríos de la selva.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2 Temperatura

En el ANOVA se encontró diferencias significativas en el promedio de temperatura entre los sitios de evaluación (p -valor $< 0,001$) (Tabla 10). Mediante la post-prueba de Tukey se observó diferencias significativas en el promedio de temperatura entre los 8 puntos de evaluación (p -valor $< 0,001$) (Tabla 11 y Figura 3); salvo entre los puntos puerto Pastora y quebrada Chonta (p -valor $> 0,05$) y entre los sitios de evaluación Chonta, Herrera y Botafógo (p -valor $> 0,05$), entre los cuales no encontramos diferencias significativas para el promedio de temperatura (p -valor = 0,7) (Tabla 11 y Figura 3).

Tabla 10. Análisis de varianza para temperatura

Fuente de Variación	DF	SS	MS	F	P
Entre Grupos	7	37,77	5,396	334,616	$<0,001$
Residual	40	0,645	0,0161		
Total	47	38,415			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11. Todas las comparaciones por pares del test de post prueba de Tukey.

Comparación	Diferencia de medias	q	P	P<0.050
Capitania vs. Loboyoc	2,9	55,94	$<0,001$	SI
Capitania vs. Túpac	2,533	48,867	$<0,001$	SI
Capitania vs. Botafógo	1,483	28,613	$<0,001$	SI
Capitania vs. Herrera	1,4	27,006	$<0,001$	SI
Capitania vs. Chonta	1,3	25,077	$<0,001$	SI
Capitania vs. Pastora	1,1	21,219	$<0,001$	SI
Capitania vs. Espinoza	0,567	10,931	$<0,001$	SI
Espinoza vs. Loboyoc	2,333	45,009	$<0,001$	SI
Espinoza vs. Túpac	1,967	37,936	$<0,001$	SI
Espinoza vs. Botafógo	0,917	17,682	$<0,001$	SI
Espinoza vs. Herrera	0,833	16,075	$<0,001$	SI
Espinoza vs. Chonta	0,733	14,146	$<0,001$	SI
Espinoza vs. Pastora	0,533	10,288	$<0,001$	SI
Pastora vs. Loboyoc	1,8	34,721	$<0,001$	SI
Pastora vs. Túpac	1,433	27,649	$<0,001$	SI
Pastora vs. Botafógo	0,383	7,394	$<0,001$	SI
Pastora vs. Herrera	0,3	5,787	0,005	SI
Pastora vs. Chonta	0,2	3,858	0,144	NO
Chonta vs. Loboyoc	1,6	30,864	$<0,001$	SI
Chonta vs. Túpac	1,233	23,791	$<0,001$	SI
Chonta vs. Botafógo	0,183	3,536	0,225	NO
Chonta vs. Herrera	0,1	1,929	0,868	NO

Herrera vs. Loboyoc	1,5	28,935	<0,001	SI
Herrera vs. Túpac	1,133	21,862	<0,001	SI
Herrera vs. Botafógo	0,0833	1,607	0,945	NO
Botafógo vs. Loboyoc	1,417	27,327	<0,001	SI
Botafógo vs. Túpac	1,05	20,254	<0,001	SI
Túpac vs. Loboyoc	0,367	7,073	<0,001	SI

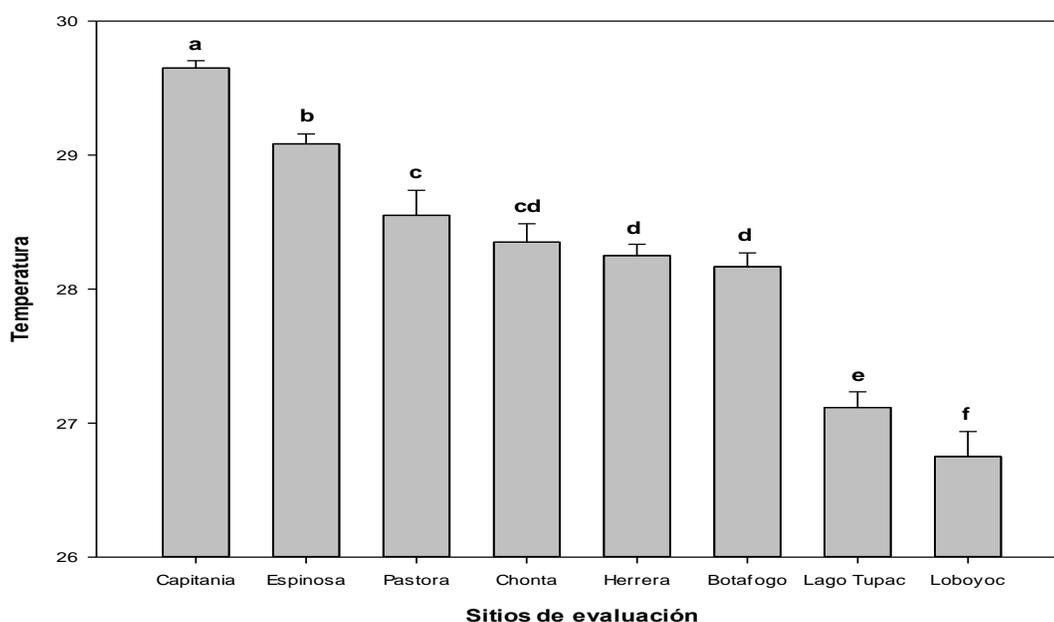


Figura 3. Gráfico de barras (media \pm desviación estándar) de la temperatura en los 8 puntos de estudio. Letras diferentes indican una diferencia significativa para el promedio de temperatura entre los puntos evaluados (Test de post-prueba Tukey).

En la Figura 3 se observa la comparación de los promedios de Temperatura (T°) entre los 8 puntos de muestreo, donde señala estadísticamente que la quebrada Chonta, Herrera, puerto Pastora y playa Botafógo presentan una similitud de promedios de temperatura que oscila entre 26,8 – 28,6 ; y esto podría atribuirse al tipo de especies de vida acuática en aguas superficiales, especies que se desarrollan entre límites amplios de temperatura (euritérmicas), que soportan una oscilación térmica promedio de 30°C . Así mismo la relación que guarda directamente los cuerpos de agua con la exposición solar.

La temperatura (T°) se encuentra dentro de los estándares de calidad ambiental (ECA), expresado de la siguiente manera $\Delta 3$ donde significa la variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada ($D^{\circ}\text{S}$

004-2017-MINAM), sin embargo a la evaluación no aplica ya que la toma de muestra se realizó en una determinada fecha, no habiendo monitoreo por meses o por año para observar alguna variación en la temperatura; sin embargo cabe mencionar que el resultado de la evaluación se comportó en un rango de 26,8 – 29,0 °C; poniéndolas entre las categorías de contaminación muy baja, pues esta se considera si su valor es superior a 50°C (APHA, AWWA y WPCF 1992).

En la Figura 4 se puede observar que para cada sistema de agua evaluado la temperatura tendió a ser similar en quebradas y ríos difiere aproximadamente en un grado en el lago Túpac Amaru y quebrada Loboyoc, estos datos dependerían “de las características morfométricas de cada zona, de la velocidad y de la turbulencia; Además, es importante destacar que el viento y las corrientes inciden sustancialmente sobre el comportamiento y estructura térmica de estos cuerpos de agua, debido a los intensos procesos de mezcla” (APHA et al. 1992).

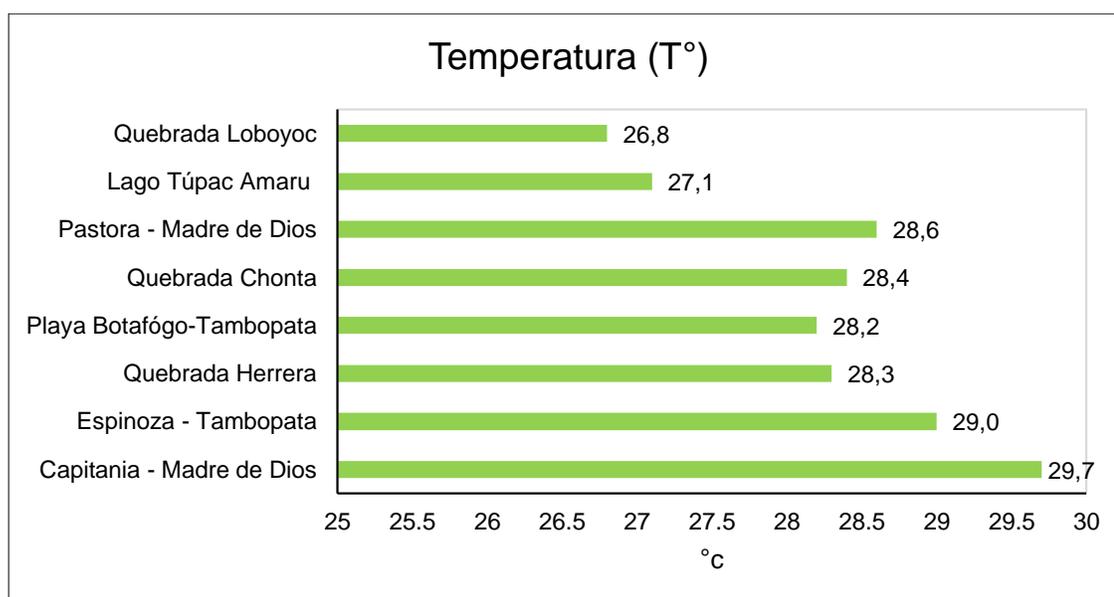


Figura 4. Evaluación de Temperatura (T°) entre los ocho puntos de muestreo

Fuente: Elaboración propia.

4.1.3 Oxígeno Disuelto (OD)

En el ANOVA se encontró diferencias significativas en el promedio de Oxígeno disuelto entre los sitios de evaluación (p -valor $< 0,001$) (Tabla 12). Mediante la post-prueba de Tukey no se observó diferencias significativas en el promedio de O.D entre quebrada Loboyoc y puerto Pastora (p -valor $> 0,05$) (Tabla 13 y Figura 5), asimismo, no se encontró diferencias significativas en el promedio de O.D entre puerto Pastora y quebrada Chonta. Por otro lado tampoco se encontró diferencias significativas entre Chonta, Botafógo y Túpac Amaru (p -valor $> 0,05$); y entre Capitania, Herrera y Espinoza (p -valor $> 0,05$) (Tabla 13 y Figura 5).

Tabla 12. Análisis de varianza para temperatura

Fuente de Variación	DF	SS	MS	F	P
Entre Grupos	7	45,21	6,459	53,859	$<0,001$
Residual	40	4,797	0,12		
Total	47	50,007			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13. Todas las comparaciones por pares del test de post prueba de Tukey.

Comparación	Diferencia de medias	q	P	P $<0,050$
Loboyoc vs. Espinoza	2,6	18,6	$<0,001$	SI
Loboyoc vs. Herrera	2,6	18,6	$<0,001$	SI
Loboyoc vs. Capitania	2,3	16,5	$<0,001$	SI
Loboyoc vs. Túpac	1,6	11,2	$<0,001$	SI
Loboyoc vs. Botafógo	1,3	9,4	$<0,001$	SI
Loboyoc vs. Chonta	0,8	5,9	0,004	SI
Loboyoc vs. Pastora	0,3	1,8	0,911	NO
Pastora vs. Espinoza	2,4	16,9	$<0,001$	SI
Pastora vs. Herrera	2,4	16,9	$<0,001$	SI
Pastora vs. Capitania	2,1	14,7	$<0,001$	SI
Pastora vs. Túpac	1,3	9,4	$<0,001$	SI
Pastora vs. Botafógo	1,1	7,7	$<0,001$	SI
Pastora vs. Chonta	0,6	4,1	0,096	NO
Chonta vs. Espinoza	1,8	12,7	$<0,001$	SI
Chonta vs. Herrera	1,8	12,7	$<0,001$	SI
Chonta vs. Capitania	1,5	10,6	$<0,001$	SI
Chonta vs. Túpac	0,8	5,3	0,012	SI
Chonta vs. Botafógo	0,5	3,5	0,225	NO
Botafógo vs. Espinoza	1,3	9,2	$<0,001$	SI
Botafógo vs. Herrera	1,3	9,2	$<0,001$	SI
Botafógo vs. Capitania	1,0	7,1	$<0,001$	SI

Botafógo vs. Túpac	0,3	1,8	0,911	NO
Túpac vs. Espinoza	1,1	7,4	<0,001	SI
Túpac vs. Herrera	1,1	7,4	<0,001	SI
Túpac vs. Capitania	0,8	5,3	0,012	SI
Capitania vs. Espinoza	0,3	2,1	0,803	NO
Capitania vs. Herrera	0,3	2,1	0,803	NO
Herrera vs. Espinoza	0,0	0,0	1	NO

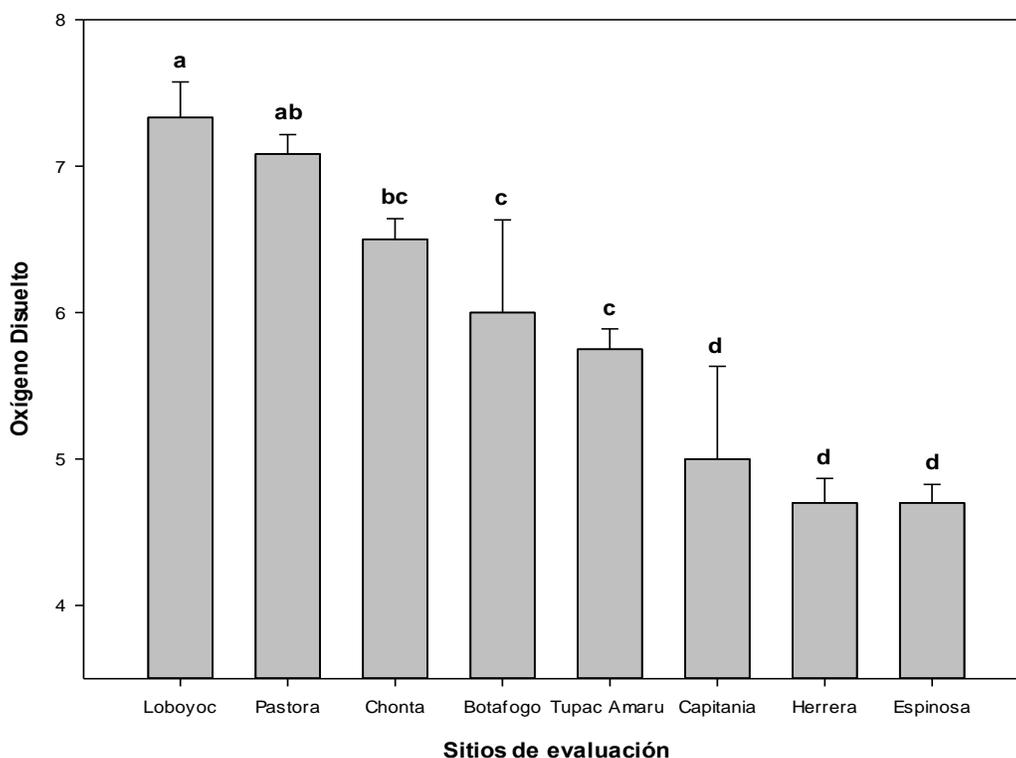


Figura 5. Gráfico de barras (media \pm desviación estándar) del oxígeno disuelto en los 8 sitios de estudio. Letras diferentes indican una diferencia significativa para el promedio de temperatura entre los sitios evaluados (Test de post-prueba Tukey).

En la Figura 5 se observa la comparación de los promedios de Oxígeno Disuelto (O.D) entre los 8 puntos de muestreo, donde señala estadísticamente que puerto Espinoza, quebrada Herrera y puerto Capitania presentan una similitud en el nivel de O.D, así mismo playa Botafógo, quebrada Chonta y Lago Túpac Amaru; también guarda una relación quebrada Loboyoc, puerto Pastora y quebrada Chonta; esto podría referirse que “en los lagos el nivel de O.D varía fundamentalmente con la profundidad, mientras en los ríos y quebradas los cambios suelen estar más vinculados a la dimensión horizontal”.

4.1.3.1 Comparación con límites permisibles nacionales

Respecto al oxígeno disuelto presentó una de las menores concentraciones en Espinoza (rio Tambopata) y quebrada Herrera ambos con 4,7 ppm, los demás puntos de muestreo presentan valores mayores o iguales a 5 por lo que se encuentran dentro de los límites permisibles para oxígeno disuelto según los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, (DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM), así mismo se podrían tener una mayor tasa fotosintética así como un intercambio gaseoso más intenso a través de la superficie del agua. Es importante mencionar que la temperatura influye significativamente en la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, de manera que la concentración de este gas es inversamente proporcional a la temperatura del agua, y procesos de fotosíntesis; por consiguiente las aguas más cálidas son capaces de disolver menores cantidades de oxígeno; de tal manera que una descarga de agua caliente puede significar la disminución del O.D a niveles por debajo del límite necesario para algunas formas de vida, lo que se corrobora con las zonas de puerto capitania, Espinoza (rio Tambopata) y quebrada Herrera. Al igual que (Araujo et al. 2014) se observó incremento de los niveles de oxígeno disuelto al disminuir la temperatura por ejemplo en las estaciones Pastora y quebrada Loboyoc.

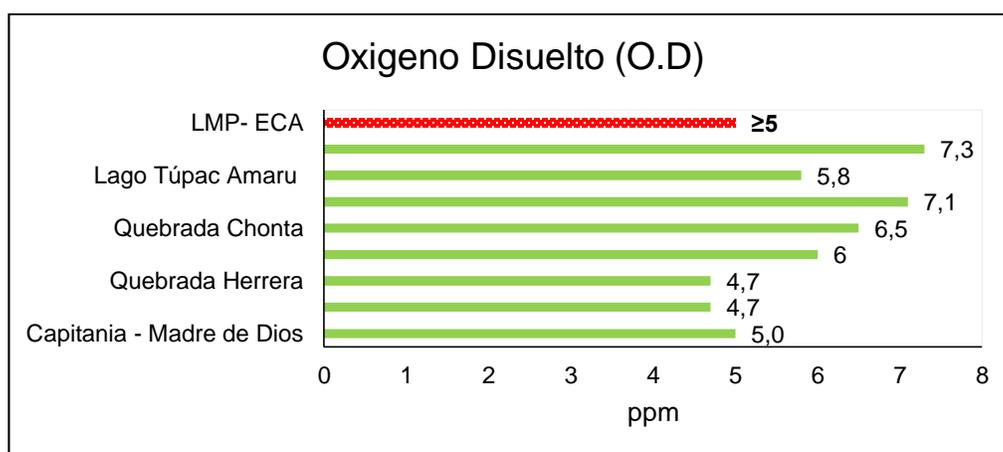


Figura 6. Evaluación de Oxígeno Disuelto (O.D) de los ocho puntos de muestreo en comparación con los LMP- ECAs categoría 4 conservación del sistema acuático ríos de la selva.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.4 Conductividad

Mediante el ANOVA encontramos diferencias significativas en el promedio de conductividad entre los sitios de evaluación (p-valor < 0,001) (Tabla 14). Mediante la post-prueba de Tukey encontramos diferencias significativas en el promedio de temperatura entre los 8 sitios de evaluación (p-valor < 0,001) (Tabla 15 y Figura 3); salvo entre los sitios de evaluación La Pastora y Herrera (p-valor > 0,05) (Tabla 15 y Figura 3).

Tabla 14. Análisis de varianza para conductividad

Fuente de Variación	DF	SS	MS	F	P
Entre Grupos	7	64291,583	9184,512	4190,652	<0,001
Residual	40	87,667	2,192		
Total	47	64379,25			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15. Todas las comparaciones por pares del test de post prueba de Tukey.

Comparación	Diferencia de medias	Q	P	P<0,050
Túpac vs. Chonta	109,7	181,5	<0,001	SI
Túpac vs. Loboyoc	105,3	174,3	<0,001	SI
Túpac vs. Botafógo	89,8	148,6	<0,001	SI
Túpac vs. Espinoza	81,3	134,6	<0,001	SI
Túpac vs. Pastora	57,0	94,3	<0,001	SI
Túpac vs. Herrera	56,5	93,5	<0,001	SI
Túpac vs. Capitania	22,0	36,4	<0,001	SI
Capitania vs. Chonta	87,7	145,1	<0,001	SI
Capitania vs. Loboyoc	83,3	137,9	<0,001	SI
Capitania vs. Botafógo	67,8	112,2	<0,001	SI
Capitania vs. Espinoza	59,3	98,2	<0,001	SI
Capitania vs. Pastora	35,0	57,9	<0,001	SI
Capitania vs. Herrera	34,5	57,1	<0,001	SI
Herrera vs. Chonta	53,2	88,0	<0,001	SI
Herrera vs. Loboyoc	48,8	80,8	<0,001	SI
Herrera vs. Botafógo	33,3	55,2	<0,001	SI
Herrera vs. Espinoza	24,8	41,1	<0,001	SI
Herrera vs. Pastora	0,5	0,8	0,999	NO
Pastora vs. Chonta	52,7	87,1	<0,001	SI
Pastora vs. Loboyoc	48,3	80,0	<0,001	SI
Pastora vs. Botafógo	32,8	54,3	<0,001	SI
Pastora vs. Espinoza	24,3	40,3	<0,001	SI
Espinoza vs. Chonta	28,3	46,9	<0,001	SI
Espinoza vs. Loboyoc	24,0	39,7	<0,001	SI

Espinoza vs. Botafógo	8,5	14,1	<0,001	SI
Botafógo vs. Chonta	19,8	32,8	<0,001	SI
Botafógo vs. Loboyoc	15,5	25,6	<0,001	SI
Loboyoc vs. Chonta	4,3	7,2	<0,001	SI

Fuente: Elaboración propia.

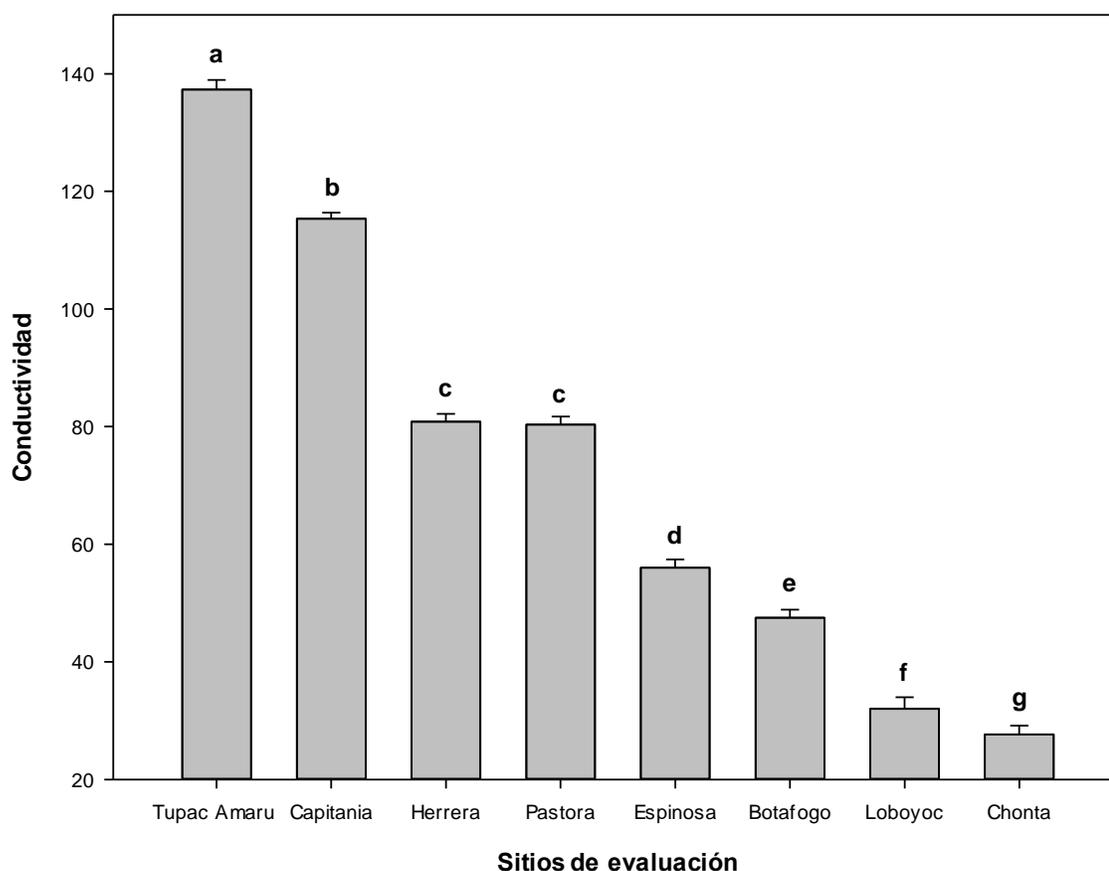


Figura 7. Gráfico de barras (media \pm desviación estándar) de la Conductividad en los 8 sitios de estudio. Letras diferentes indican una diferencia significativa para el promedio de temperatura entre los sitios evaluados (Test de post-prueba Tukey).

En la Figura 7 se observa la comparación de los promedios de Conductividad entre los 8 puntos de muestreo, donde señala estadísticamente que la quebrada Herrera y puerto Pastora presentan una similitud de promedios de conductividad que oscila entre 28 – 137 ppm ; y esto podría atribuirse a que ambos puntos se

encuentran en medio de masivos núcleos urbanos, por ende la contaminación e asemeja por aguas residuales, vertidos de químicos (detergentes, aceites, lubricantes y gasolina); consecuentemente se refleja en la conductividad de sus aguas.

4.1.4.1 Comparación con límites permisibles nacionales

Los valores de 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 a la biomasa vegetal ripariana. Así mismo cabe mencionar que el agua pura no lleva una carga eléctrica considerable, pero el agua menos pura si lo hará. Los puntos de estudio así como el periodo de muestreo resulta insuficiente para llegar a alguna conclusión, además conviene recordar que “las grandes variaciones que estos valores sufren como consecuencia de fuertes lluvias esporádicas, que tienden a disminuir los valores de conductividad” (Araujo et al. 2012), el rango de conductividad está dentro de lo usual en los ocho puntos de muestreo con respecto al trabajo realizado el año 2012 por Araujo.

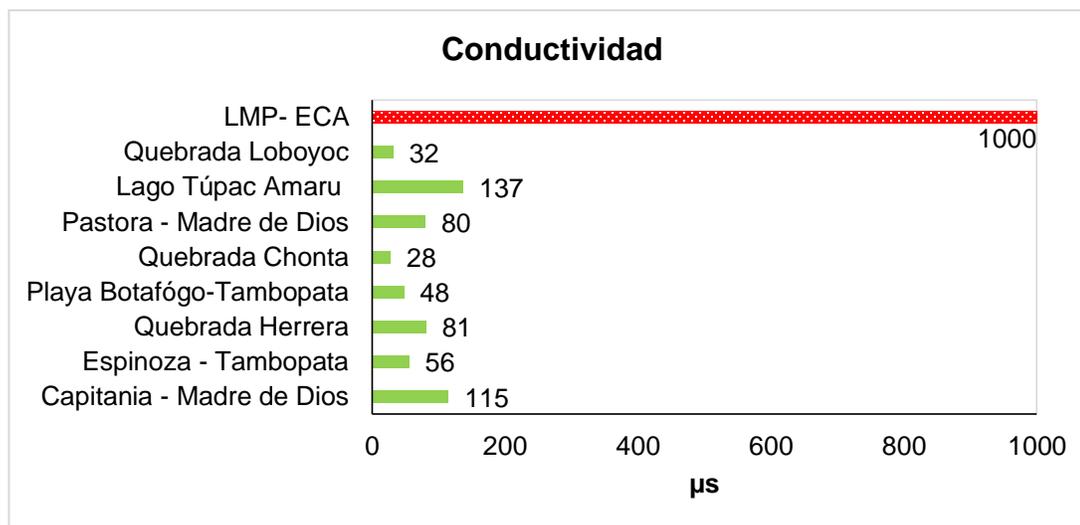


Figura 8. Evaluación de la Conductividad de los ocho puntos de muestreo en comparación con los LMP- ECAs categoría 4 conservación del sistema acuático ríos de la selva.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.5 Sólidos Totales Disueltos (STD)

Mediante el ANOVA se encontró diferencias significativas en el promedio de sólidos totales entre los sitios de evaluación (p -valor $< 0,001$) (Tabla 16). Mediante la post-prueba de Tukey se encontró diferencias significativas en el promedio de sólidos totales entre el Lago Túpac y los 8 sitios evaluados (p -valor $< 0,05$) y entre Capitania y los 8 sitios evaluados. Por otro lado, no se halló diferencias significativas en el promedio de sólidos totales entre puerto Pastora y quebrada Herrera (p -valor $> 0,05$), entre Espinoza y Botafógo (p -valor $> 0,05$) y entre Loboyoc y Chonta (p -valor $> 0,05$); ver Figura 9 y Tabla 17.

Tabla 16. Análisis de varianza para sólidos totales

Fuente de Variación	DF	SS	MS	F	P
Entre Grupos	7	22109,479	3158,497	810,737	$<0,001$
Residual	40	155,833	3,896		
Total	47	22265,313			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17. Todas las comparaciones por pares del test de post prueba de Tukey.

Comparación	Diferencia de medias	q	P	P $<0,050$
Túpac vs. Chonta	65,333	8	81,079	$<0,001$
Túpac vs. Loboyoc	64,500	8	80,045	$<0,001$
Túpac vs. Botafógo	53,833	8	66,808	$<0,001$
Túpac vs. Espinoza	51,333	8	63,705	$<0,001$
Túpac vs. Herrera	32,167	8	39,919	$<0,001$
Túpac vs. Pastora	31,333	8	38,885	$<0,001$
Túpac vs. Capitania	20,333	8	25,234	$<0,001$
Capitania vs. Chonta	45,000	8	55,845	$<0,001$
Capitania vs. Loboyoc	44,167	8	54,811	$<0,001$
Capitania vs. Botafógo	33,500	8	41,574	$<0,001$
Capitania vs. Espinoza	31,000	8	38,471	$<0,001$
Capitania vs. Herrera	11,833	8	14,685	$<0,001$
Capitania vs. Pastora	11,000	8	13,651	$<0,001$
Pastora vs. Chonta	34,000	8	42,194	$<0,001$
Pastora vs. Loboyoc	33,167	8	41,160	$<0,001$
Pastora vs. Botafógo	22,500	8	27,923	$<0,001$
Pastora vs. Espinoza	20,000	8	24,820	$<0,001$
Pastora vs. Herrera	0,833	8	1,034	0,995
Herrera vs. Chonta	33,167	8	41,160	$<0,001$
Herrera vs. Loboyoc	32,333	8	40,126	$<0,001$
Herrera vs. Botafógo	21,667	8	26,889	$<0,001$
Herrera vs. Espinoza	19,167	8	23,786	$<0,001$

Espinoza vs. Chonta	14,000	8	17,374	<0,001
Espinoza vs. Loboyoc	13,167	8	16,340	<0,001
Espinosa vs. Botafógo	2,500	8	3,103	0,377
Botafógo vs. Chonta	11,500	8	14,272	<0,001
Botafógo vs. Loboyoc	10,667	8	13,237	<0,001
Loboyoc vs. Chonta	0,833	8	1,034	0,995

Fuente: Elaboración propia.

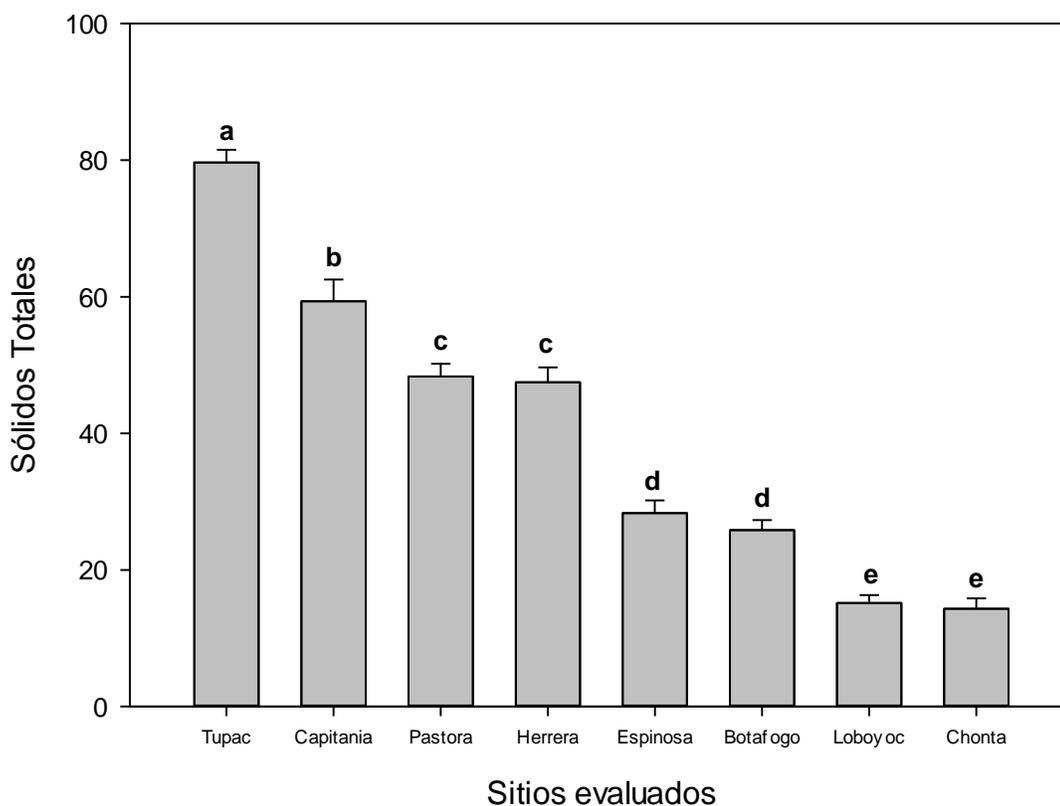


Figura 9. Gráfico de barras (media \pm desviación estándar) de sólidos totales disueltos en los 8 sitios de estudio. Letras diferentes indican una diferencia significativa para el promedio de STD entre los sitios evaluados (Test de post-prueba de Tukey), los bigotes representan la desviación estándar

Según la Figura 9 se observa la comparación de los promedios de Sólidos totales disueltos entre los 8 puntos de muestreo, donde señala estadísticamente que puerto Pastora y quebrada Herrera presentan igual de promedios, así mismo

Espinoza y Botafógo presentan similitud de promedios, al igual que Loboyoc y Chonta.

Según la Figura 10 nos indica que el Lago Túpac Amaru es el que presenta el mayor promedio en sólidos totales disueltos, y esto pudiera atribuirse por el cuerpo de agua y el ambiente que corresponde. En el caso de los lagos, “los valores de sólidos disueltos presentan una gran variación en términos de status nutricional y salinidad; de acuerdo con Rawson (1951) y Hooper (1951) las concentraciones de sólidos disueltos totales guardan una correlación positiva con la productividad en lagos”. A diferencia del promedio de “sólidos disueltos totales para los ríos de todo el mundo ha sido estimado en alrededor de 120 ppm” (Livingston 1963). En este indicador se observa que la quebrada Chonta es la que presento el menor promedio seguida con la quebrada Loboyoc.

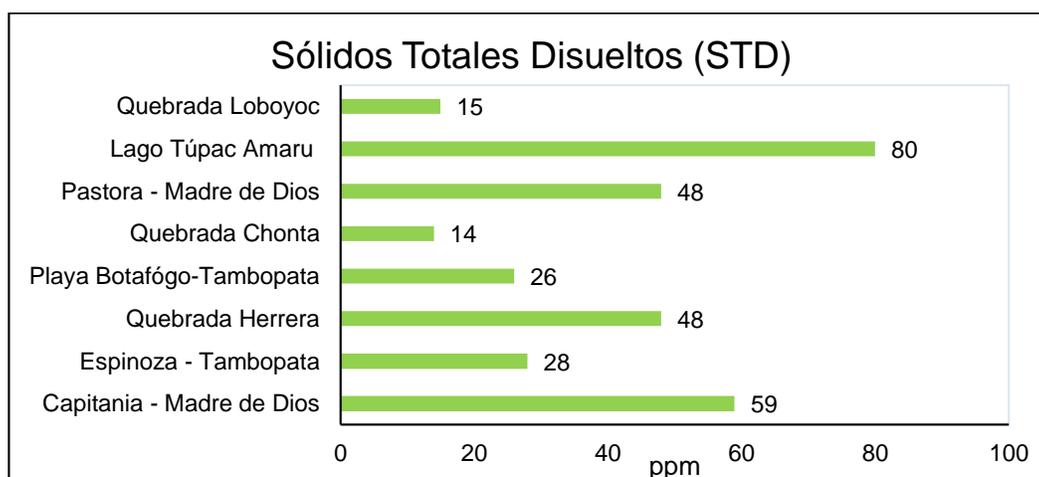


Figura 10. Evaluación de Sólidos Totales Disueltos (STD) entre los ocho puntos de muestreo.

Fuente: Elaboración propia.

4.2 Discusión de los parámetros fisicoquímicos

De los resultados obtenidos se tiene que el pH no sobrepasa los LMP del ECA categoría 4 conservación del sistema acuático ríos de la selva en los ocho puntos

de muestreo, si no que se encuentra dentro de lo permisible en un rango de 6,65 -7,65 unidades. Así mismo el Lago Túpac Amaru presentó el rango más alto en pH teniendo como valor promedio 7,65 unidades poniéndolo como pH neutro. Así mismo se encuentra el indicador de conductividad, donde tampoco sobrepasa los LMP del ECA, los valores promedios osciló entre 28 -135 μs , a este análisis se hace referente que a mayor sea el valor de conductividad menor será la calidad de agua, por consiguiente aunque no sobrepasa el LMP categoriza al lago Túpac Amaru de regular a mala calidad de agua, donde le sigue además Capitania (río Madre de Dios) con 115 μs . También se encuentra el indicador oxígeno disuelto, y el más importante por ser el que da existencia y desarrollo a las comunidades bióticas, a este respecto la quebrada Loboyoc es el que presentó el valor más alto con 7,3 ppm, indicando así de regular a buena en su calidad de agua, sobre todo en valor ecosistémico; por otro lado quebrada Herrera, Espinoza (río Tambopata) y Capitania (río Madre de Dios); presentaron niveles por debajo de LMP, situándolos en categoría de mala calidad de agua. A esto se suma la temperatura donde la óptima para el desarrollo de las actividades bióticas no sobrepasen los 50 °C por lo que en los ocho puntos se encuentran dentro de ese rango. Cabe señalar por último que el indicador de sólidos totales disueltos indica el grado de la contaminación por sólidos suspendidos y mineralización, por consiguiente a esto sitúa al lago Túpac Amaru con el valor más alto, seguido de Pastora y Herrera. El estudio de calidad de aguas urbanas y periurbanas de Puerto Maldonado – Madre de Dios (Cutipa y Araujo 2012); indica en pH que Loboyoc presenta más acidez en sus aguas y en temperatura sitúa a Túpac Amaru con el valor más alto en oxígeno disuelto categoriza a lago Túpac Amaru como aguas moderadamente contaminadas y conductividad sitúa al lago Túpac Amaru y Capitania como ligeramente contaminados; estos datos indican que los niveles de contaminación siguen incrementándose y variando con el pasar del tiempo; así mismo puede referirse a los cambios climáticos en la última década.

4.3 Resultados de análisis de los parámetros biológicos

4.3.1 Peces

El resultado del estudio ictiológico muestra las capturas por especie en cada punto de muestreo. Atendiendo a las especies más comunes como son: *Aphyocharax pusillus*. (74 capturas). *Steindachmerina sp.* (50 capturas) y *Gasteropelecus sp.* (35 capturas) fueron las más abundantes. Tan solo *A. pussillus* supuso 16,12 % del total de capturas. Otras especies importantes en cuanto a volúmenes de capturas fueron *Astyanax abramis*. *Odontostilbe sp.*. *Astyanax bimaculatus*. *Ctenobrycon hauxwellianus* y *Moenkhausia dichroua*. (Ver. Anexo 5).

Tabla 18. Comparación de Abundancia y Riqueza entre los ocho puntos de muestreo.

Puntos de Muestreo	ABUNDANCIA	RIQUEZA
Chonta	38	8
Loboyoc	41	7
Herrera	7	5
Botafogo	98	15
Pastora	84	7
Espinoza	47	13
Capitania	12	7
Túpac Amaru	132	20

Fuente: Elaboración propia

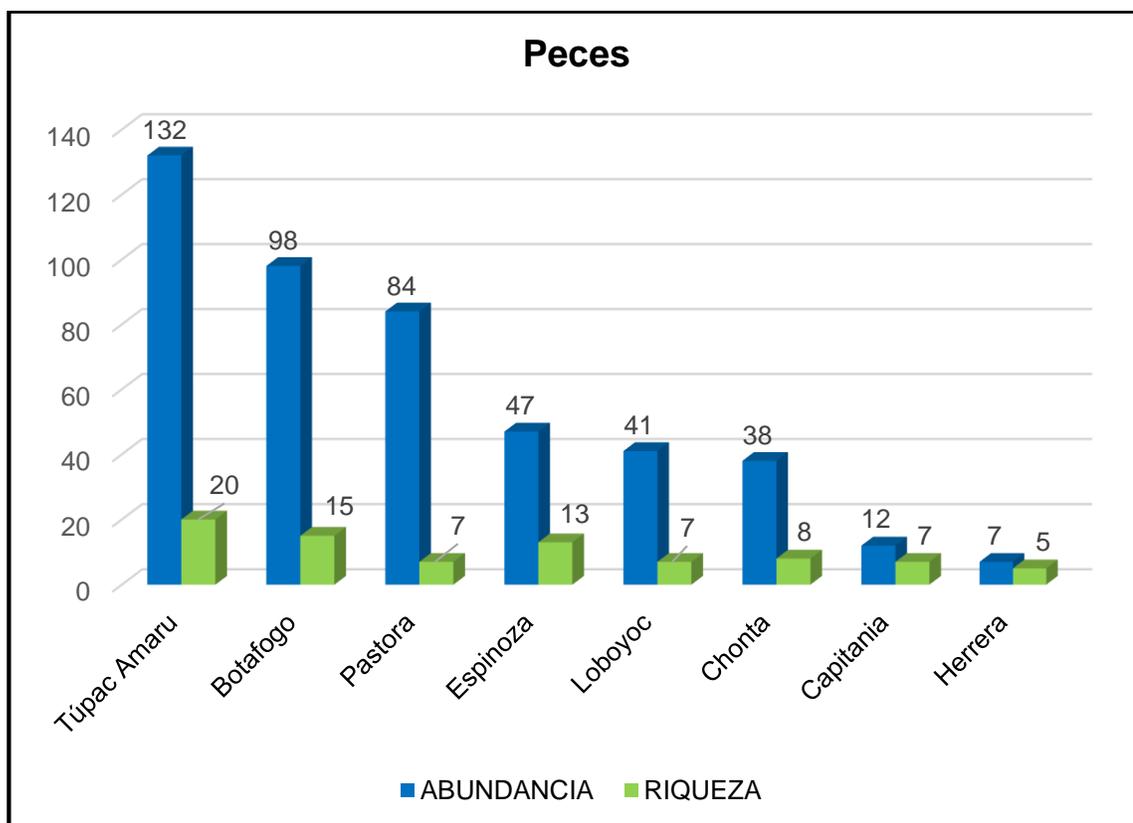


Figura 11. Índices de Abundancia (# de capturas) y Riqueza (# de especies) para las especies de peces en época lluvioso- seco.

Fuente: Elaboración Propia

La Figura 11 nos muestra la variación de la abundancia (número de capturas) y la riqueza (número de especies) estimados en cada punto de muestreo de la época transición lluviosa a seca. Se observa una elevada abundancia y riqueza en el lago Túpac Amaru ($A=132$, $S=20$), con especies representativas como *Astyanax abramis*, *Ctenobrycon hauxwellianus* y *Thoracocharax stellatus* del orden Characiformes, cabe recordar que estos presentan hábitos omnívoros por excelencia y de poca migración. En general los de este orden se puede decir que están adaptados para alimentarse de invertebrados terrestres y acuáticos (Matute et al. 2009).

Por otro lado en el canal del río Tambopata fueron los que mostraron mayor número de especies diferentes (riqueza) tales como los afluentes de Botafogo y Espinoza con 15 y 78 respectivamente con las especies del orden Characiformes

y Siluriformes, son los que presentaron una mayor variedad específica en época lluviosa a seca. Así mismo Botafogo y Pastora presentaron un índice elevado de abundancia seguido del lago Túpac Amaru que indica el número de capturas por especie en el orden Characiformes. En el caso de Herrera, el río Tambopata ejerce una gran influencia que represa las aguas y se interna en tierra firme aportando una caída en la diversidad y abundancia específica que recoge este estudio.

Cabe mencionar que se considera que un medio acuático presenta una buena calidad biológica cuando tiene unas características naturales que permiten que en su seno se desarrollen las comunidades de organismos que les son propias (Tercedor 1996). Por consiguiente del resultado de estudio se tiene que el orden Characiformes posee la mayor riqueza de especies entre los ocho puntos de muestreo. En los cuerpos de agua como lago Túpac Amaru, Botafogo (río Tambopata), Pastora (río Madre de Dios) constituyen el grupo más abundante y conjuntamente con los Siluriformes son el grupo con la más amplia distribución en riqueza y abundancia.

Tabla 19. Comparación de los Índices de diversidad entre los ocho puntos de muestreo.

Puntos de Muestreo	Índice de Shannon Wiener (H')	Índice de Equitatividad de Pielou (J')
Chonta	2,77	0,92
Loboyoc	2,36	0,84
Herrera	2,24	0,96
Botafogo	3,20	0,82
Pastora	1,77	0,63
Espinoza	3,32	0,90
Capitania	2,45	0,87
Túpac Amaru	2,99	0,69

Fuente: Elaboración Propia

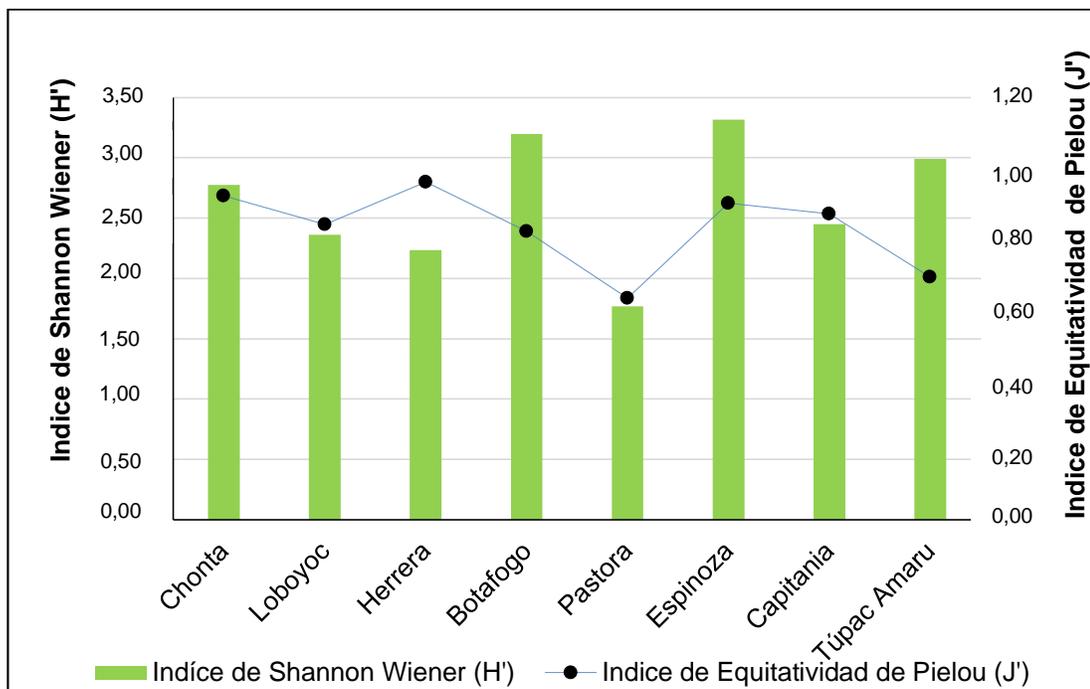


Figura 12. Índices de diversidad biológica para las especies de peces en época lluvioso-seca.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 12 muestra el perfil que describe que en los cuerpos de agua como Chonta, Loboyoc, Pastora y Capitania guardan una relación respecto a sus índices de equidad J' (abundancia) y diversidad H' (riqueza) sin embargo en los cuerpos de agua como Herrera, Botafógo, Espinoza y Túpac Amaru sufren una determinada variación en la relación a su índice de equidad J'. Por consiguiente la quebrada Loboyoc y Chonta son las que presentan mayor estabilidad en relación a los índices de equidad J' y diversidad H'.

Resultados de Estudio Taxonómico de peces

En total durante el trabajo de monitoreo se capturaron 459 individuos distribuidos en 3 órdenes, 17 familias y 49 especies. De entre las capturas todas las capturas predominaron los órdenes Characiformes con 34 especies y 415 individuos (peces de escamas chicas sin espinas en las aletas). Siluriformes con 13 especies y 33 individuos (bagres, peces de cuero). Gymnotiformes (macanas) 2 especies y 11 individuos (Ver Anexo 5).

Tabla 20. Distribución taxonómica de las especies de peces agrupada por órdenes de los ocho puntos de muestreo.

Órdenes	# Especies
Characiformes	34
Gymnotiformes	2
Siluriformes	13

Fuente: Elaboración Propia.

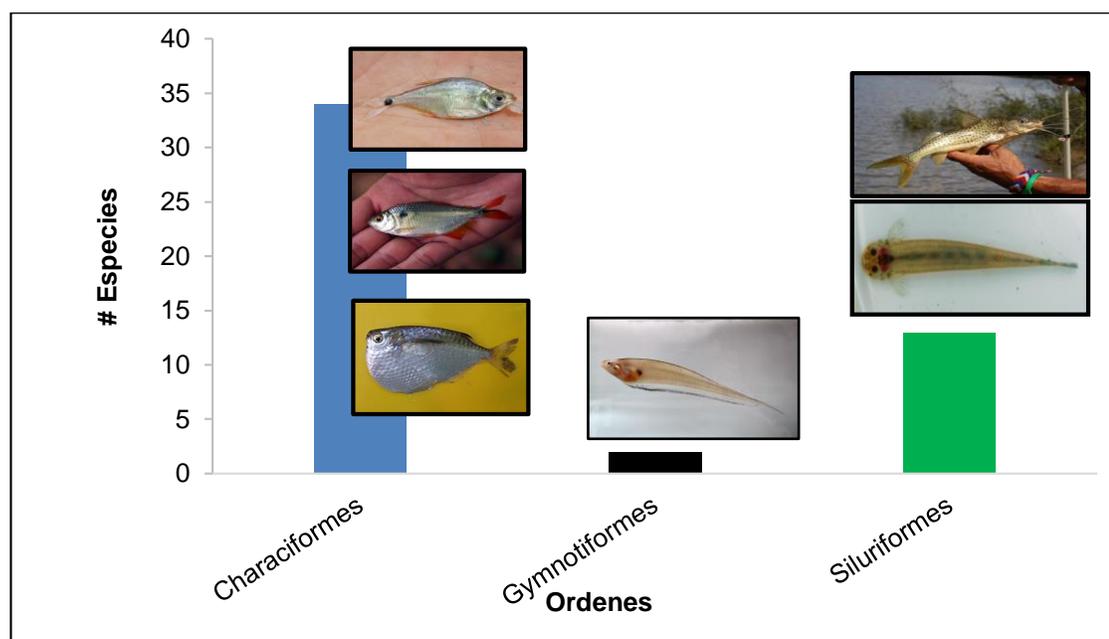


Figura 13. Distribución taxonómica de las especies de peces agrupada por órdenes.

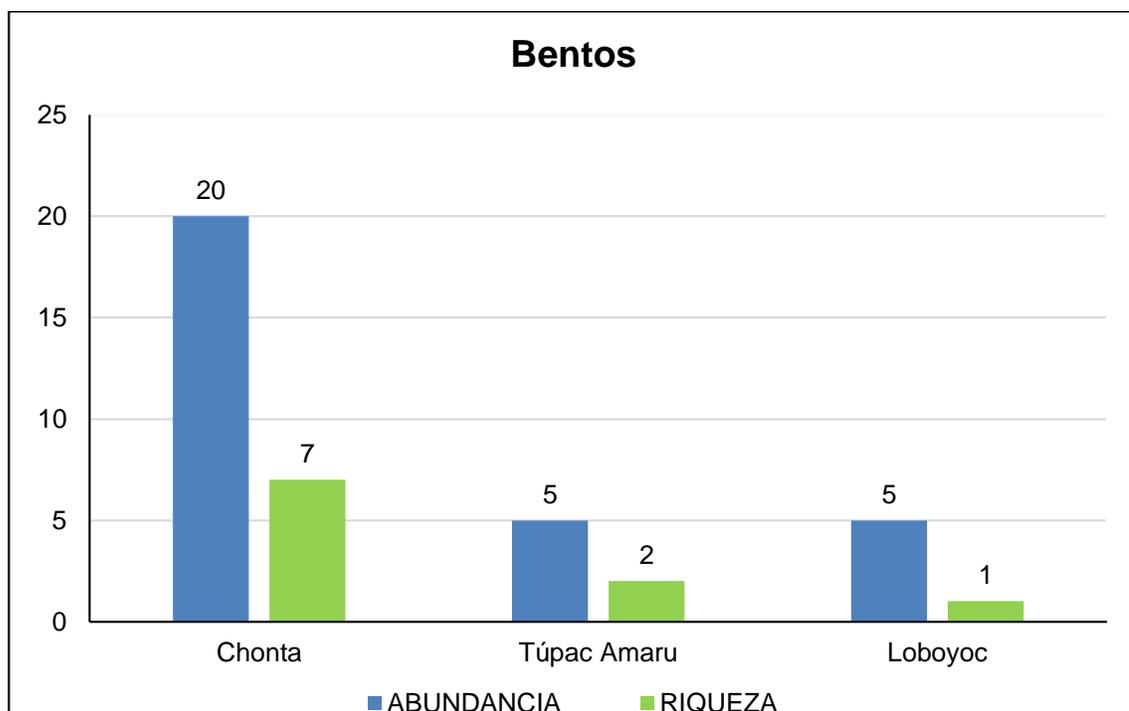
En la Figura 13 se observa la dominancia de los órdenes Characiformes con 34 especies, Siluriformes con 13 especies y Gymnotiformes con 2 especies.

4.3.2 Resultados de Estudio de Bentos (Macroinvertebrados)

El estudio de los macroinvertebrados se identificó solo hasta Familia donde se contabilizó 30 individuos pertenecientes en el phylum Arthropoda, clase Insecta y distribuidas en 5 Órdenes y 8 Familias (Ver Anexo 6).

Tabla 21. Comparación de Abundancia y Riqueza entre los ocho puntos de muestreo.

Puntos de Muestreos	Chonta	Loboyoc	Túpac Amaru
ABUNDANCIA	20	5	5
RIQUEZA	7	1	2

**Figura 14.** Índice de Riqueza (# de especies) para las tasas de Bentos en época lluvioso-seco.

En la Figura 14 muestra el resultado de Bentos solo en tres puntos de muestreo como son Chonta, Loboyoc y Túpac Amaru, habiéndose realizado en los ocho puntos de muestreo, y esto pudiera atribuirse al grado de contaminación que se encuentran los demás puntos donde no se hallaron bentos (Capitania, Pastora, Herrera, Botafógo y Espinoza). Atendiendo al resultado de los tres puntos de muestreo se observa la representatividad de las especies de bentos del Phylum Arthropoda donde en total se encontró 8 especies y 30 individuos.

En general se observa mayor riqueza de especies en cuerpos con baja correntada que permite la colonización y permanencia del bentos, si el sustrato

no es inestable (fondo blando), esto impide la colonización y permanencia de este importante grupo en las redes tróficas. Los principales factores que controlan la distribución y la colonización de la biota acuática son la velocidad de la corriente, profundidad o altura del agua, régimen lumínico y de temperatura, pH, conductividad eléctrica y sobre todo estabilidad del sustrato (Araujo et al. 2012). Así la quebrada Chonta presenta los mayores valores de riqueza y abundancia en la Clase Insecta para la época lluvioso-seca.

Respecto al Orden se destaca los *Ephemeroptera*, estos se caracterizan por poseer especies con baja tolerancia a la contaminación tales como *Baetidae* y *Leptophlebiidae* muy abundantes en Chonta y Loboyoc, en general viven en sitios con buena oxigenación en sustratos de piedras y arena (Roldán 2003), características de los sitios donde se colectaron dichas familias. Por consiguiente respecto a abundancia y riqueza el macroinvertebrado de la familia *Leptophlebiidae*, del orden *Ephemeroptera*, es un indicador de buena a regular calidad de aguas, que ocuparía la quebrada Chonta en primer lugar, en segundo y tercer lugar lago Túpac Amaru y quebrada Loboyoc de moderada a crítica respecto a los niveles de abundancia y riqueza de dicho orden.

A continuación se presentan los resultados de la clasificación de las aguas, recolectados en tres repeticiones en cada uno de los puntos de muestreo, a través de los estándares desarrollados para la Amazonía colombiana (BMWP)(Tercedor 1996), donde el valor de 1 comprende a familias que tienen sus hábitats en aguas muy contaminadas y el valor de 10 a familias que no toleran la contaminación. La suma de los valores obtenidos para cada familia en un punto otorga el grado de contaminación del punto estudiado. Por consiguiente los puntos de muestreo reciben un puntaje, clasificando la calidad de los cuerpos de agua en bueno, aceptable, dudoso, crítico y muy crítico.

Tabla 22. Índice biótico Modificado para Colombia (índices BMWP).

CLASE	CALIDAD	VALOR/Colombia	SIGNIFICADO	COLOR
I	Buena	> 150, 101-120	Aguas muy limpias a limpias	Azul
II	Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Critica	16-35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy Critica	<15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Tabla 23. Calidad de las Aguas para Bentos atendiendo a los índices BMWP en época lluvioso-seca.

PUNTO DE MUESTREO	Q. Chonta	L. Túpac Amaru	Q. Loboyoc
FECHA	08/06/2015	07/06/2015	01/08/2015
TOLERANCIA			
9	1		
7	1		
6	1		
7	1		
10		1	
9	1	1	1
6	1		
7	1		
BMWP/Col	51	19	9
Calidad	Dudosa	Critica	Muy critica

Fuente: Elaboración Propia

Según los valores de **BMWP** (Tabla 23), muestran la calidad de agua quebrada Chonta, lago Túpac Amaru y quebrada Loboyoc en ese orden consecuentemente, donde presentaron niveles de dudosa a muy crítica; de manera que si es de notable consideración el impacto negativo que están recibiendo estos cuerpos de agua; y esto pudiera aludirse por el incremento de asentamientos humanos alrededor de estos, uso recreativo o extractivo que se le da a sus aguas o quizás por las bruscas fluctuaciones en el caudal de estos,

que impiden la colonización de los organismos macroinvertebrados. No todos estos índices vienen explicados por la acción del hombre, influye mucho los aspectos fisiológicos o bioquímicos de los organismos a un determinado ambiente.

4.3.3 Resultados de Estudio de Plancton

Para la transición de época lluviosa a seca se identificaron en total 30 especies de plancton distribuidas entre Fitoplancton con 20 especies en las siguientes Divisiones: Charophyta (1 spp). Cyanobacteria (5 spp). Ochrophyta (9 spp) y Zooplancton con 10 especies en los siguientes Phylla: Arthropoda (1 spp). Lobosa (5 spp) y Rotifera (4 spp). (Ver. Anexo 7).

Tabla 24. Comparación de los Índices de diversidad en la totalidad de Plancton entre los ocho puntos de muestreo.

Puntos de Muestreo	Índice de Shannon Wiener (H')	Índice de Equitatividad de Pielou (J')
Chonta	2,00	1,00
Loboyoc	0,92	0,92
Herrera	1,37	0,86
Botafogo	1,50	0,95
Pastora	0,00	0,00
Espinoza	0,00	0,00
Capitania	0,00	0,00
Túpac Amaru	3,25	0,83

Fuente: Elaboración Propia

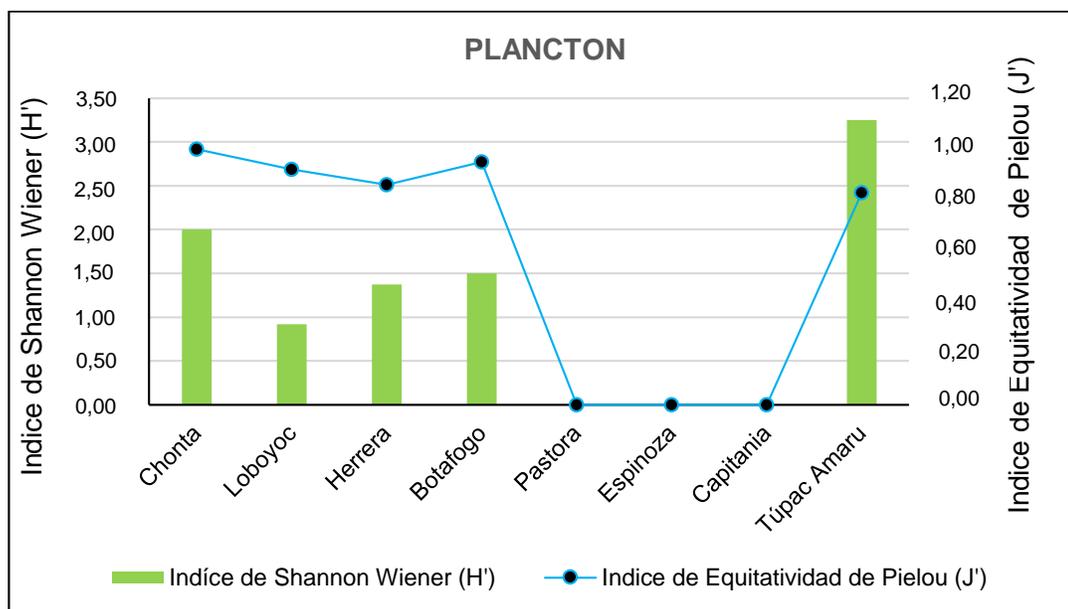


Figura 15. Índices de diversidad biológica para las especies de peces en época lluvioso-seca.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 15 se aprecia los rangos en los índices de equidad J' (abundancia) y diversidad H' (riqueza) para Plancton en su totalidad (Fitoplancton y Zooplancton), por lo que observa que el lago Túpac presenta el valor más alto, así mismo los puntos de Pastora, Espinoza y Capitania no registra un rango lo que indica que en estos puntos presentan valores bajos de 0 a 1, lo que determina una alta variación en estos puntos en la relación a su índice de equidad J' y diversidad H'. Por consiguiente es necesario analizar por División a lo que corresponde Fitoplancton y Zooplancton como se observa en la Tabla 28 y Tabla 30 respectivamente.

Tabla 25. Comparación de Abundancia y Riqueza de Fitoplancton entre los ocho puntos de muestreo.

FITOPLANCTON		
Puntos de Muestreo	Riqueza	Abundancia
Chonta	3	30
Loboyoc	2	60
Herrera	2	40
Botafogo	2	30
Pastora	1	10
Espinoza	1	10
Capitania	1	10
Túpac Amaru	8	270

Fuente: Elaboración Propia.

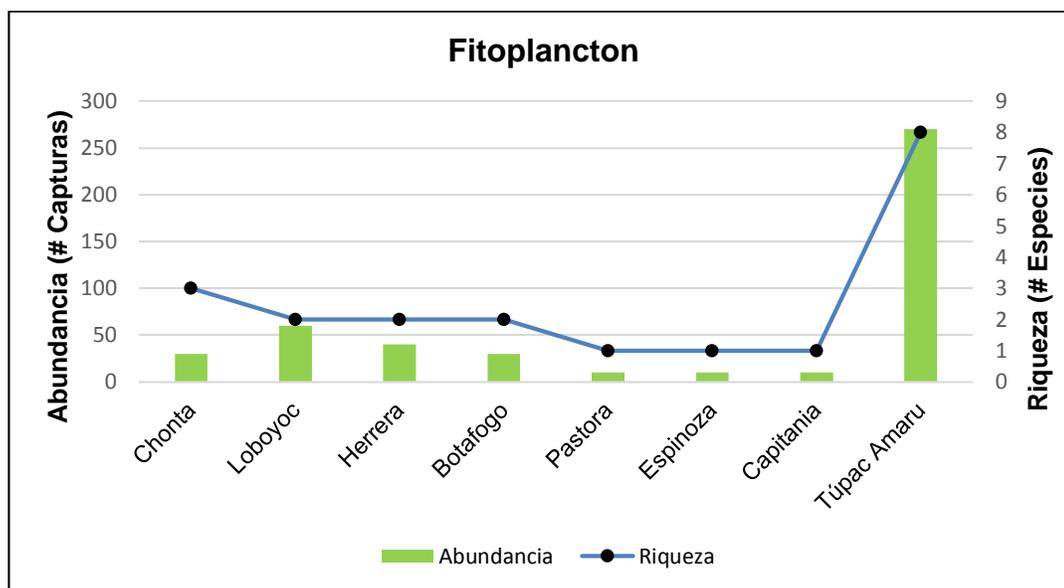


Figura 16. Índices de Abundancia (# de captura) y Riqueza (# de especies) para las taxas de Fitoplancton en época lluvioso-seco.

Fuente: Elaboración Propia.

Para **Fitoplancton** el lago Túpac Amaru presentó los mayores índices de abundancia y riqueza guardando relación respectivamente al momento del muestreo. Los índices obtenidos para fitoplancton se relacionan con el tiempo de residencia del agua de tal forma que la biomasa de plancton está directamente relacionada a la edad de esa misma agua y atendiendo a los niveles de correntada sería el lago Túpac Amaru quien presenta la menor correntada (agua más antigua) y por lo tanto la más cercana a eutrofizarse (Eddy 1931). Así mismo le sigue la quebrada Loboyoc con mayor relación en sus índices de abundancia y riqueza.

Tabla 26. Especies de fitoplancton en los ocho puntos de muestreo

ESPECIE	CAPITANIA	ESPINOZA	TÚPAC AMARU	PASTORA	BOTAFÓGO	CHONTA	HERRERA	LOBOYOC	Total
<i>Mougeotia sp.</i>			10						10
<i>Anabaena sp.</i>			90						90
<i>Calothrix sp.</i>						10		40	50
<i>Lyngbya sp.</i>			10						10
<i>Heteroleibleinia sp.</i>							30		30
<i>Leptolyngbya sp.</i>		10		10				20	40
<i>Amphipleura sp.</i>	10								10
<i>Navicula sp.</i>						10	10		20
<i>Pinnularia sp.</i>						10			10
<i>Gyrosigma acuminatum</i>			10						10
<i>Craticula sp.</i>			10						10
<i>Surirella biseriata var constricta</i>					20				20
<i>Surirella robusta</i>			10						10
<i>Aulacoseira sp.</i>			90						90
<i>Ulnaria ulna</i>			40		10				50

Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla 26 se observa que las especies más representativas fueron: *Anabaena sp.* *Aulacoseira sp* y *Ulnaria ulna* en el lago Túpac Amaru; que después le sigue quebrada Loboyoc con las especies *Calothrix sp.* *Leptolyngbya sp.*

Dentro de la división más representativa de acuerdo al resultado de la evaluación se encuentra el Phylum Cyanobacteria, que son cianobacterias que para asegurar su sobrevivencia han desarrollado gran variedad en mecanismos adaptativos en términos bioquímicos, físicos y bióticos, que les permite dominar bajo condiciones de elevado estrés ambiental (Paerl 1994), estos

microorganismos, también se caracterizan por presentar un buen balance energético, por lo que requieren de poca energía para el funcionamiento de sus células, lo cual les confiere cierta ventaja, en especial en aquellos cuerpos de agua con alto grado de turbidez, ya sea por crecimiento de otros organismos planctónicos, o por el aporte continuo de sedimentos (Fay 1992). Así mismo el fenómeno de eutrofización favorece la formación de cianobacterias con una serie de efectos negativos en el cuerpo de agua, razón por la cual son frecuentemente utilizados como bioindicadores de calidad (De León 2002). También el desarrollo de cianobacterias genera alteraciones en el pH del agua debido al consumo de carbono, el cual puede volverse limitante para el desarrollo de otros organismos fitoplanctónicos (Pizzolon 1996). Además algunos géneros de esta familia producen toxinas o cianotoxinas, que se han considerado como los compuestos más tóxicos y preocupantes en las masas de agua tanto por su elevada distribución como por su alta toxicidad (Forjan et al. 2008).

Así mismo se encuentra la división Ochrophyta (Diatomeas) con la especie *Amphipleura sp.* en las quebradas Chonta y Herrera; *Amphipleura sp. en Pastora* y *Surirella biseriata var constricta* en Botafogo. Cabe señalar que las diatomeas se distinguen por encontrarse en cualquier tipo de ambiente ya sea marino, dulceacuícola, terrestre o también sobre superficies húmedas. Otras se encuentran en ambientes donde existen condiciones extremas de temperatura o salinidad y de igual forma las encontramos interactuando con otros organismos como es el caso con las cianofíceas filamentosas donde existe un epifitismo por parte de las diatomeas (Round et al. 1990). En la Tabla 29 se visualiza un resumen de las especies más representativas de los ocho puntos de muestreo además de su condición de Bioindicación según Escobar, Terneus y Yañez (2016).

Tabla 27. Biótica representativa de fitoplancton de los ocho puntos de muestreo y condición de bioindicación.

FITOPLANCTON							
PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	Distribución	Condición de Bioindicación (Escobar 2016)	Ubicación
CYANOBACTERIA	CYANOPHYCEAE	NOSTOCALES	NOSTOCACEAE	<i>Anabaena sp.</i>	Agua dulces y saladas, y hábitats terrestres.	Bioindicador de toxicidad por metales pesados. (Escobar et al. 2016)	Túpac Amaru
CYANOBACTERIA	CYANOPHYCEAE	OSCILLATORIALES	OSCILLATORIACEAE	<i>Lyngbya sp.</i>	Cosmopolita	Habita en aguas no tan contaminadas	Túpac Amaru
CYANOBACTERIA	CYANOPHYCEAE	OSCILLATORIALES	PSEUDANABAENACEAE	<i>Leptolyngbya sp.</i>	Cosmopolita	Habita en aguas moderadamente contaminadas	Espinoza, Pastora y Loboyoc
OCHROPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	NAVICULALES	NAVICULACEAE	<i>Navicula sp.</i>	Cosmopolita	Habita en aguas limpias pero también en aguas ligeramente contaminadas	Chonta y Herrera
OCHROPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	NAVICULALES	AMPHIPLEURACEAE	<i>Amphipleura sp.</i>	Cosmopolita	Habita en aguas moderadamente contaminadas	Pastora
OCHROPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	NAVICULALES	PINNULARIACEAE	<i>Pinnularia sp.</i>	Cosmopolita	Habita en aguas poco contaminados.	Chonta
OCHROPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	SURIRELLALES	SURIRELLACEAE	<i>Surirella biseriata var constricta</i>	Cosmopolita en aguas dulces	Habita en ambientes moderadamente ricos en materia orgánica	Botafogo

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 28. Comparación de Abundancia y Riqueza de Zooplancton entre los ocho puntos de muestreo.

ZOOPLACTON		
Puntos de Muestreo	Riqueza	Abundancia
Chonta	1	10
Loboyoc	0	0
Herrera	1	10
Botafógo	1	10
Pastora	0	0
Espinoza	0	0
Capitania	0	0
Túpac Amaru	7	90

Fuente: Elaboración Propia.

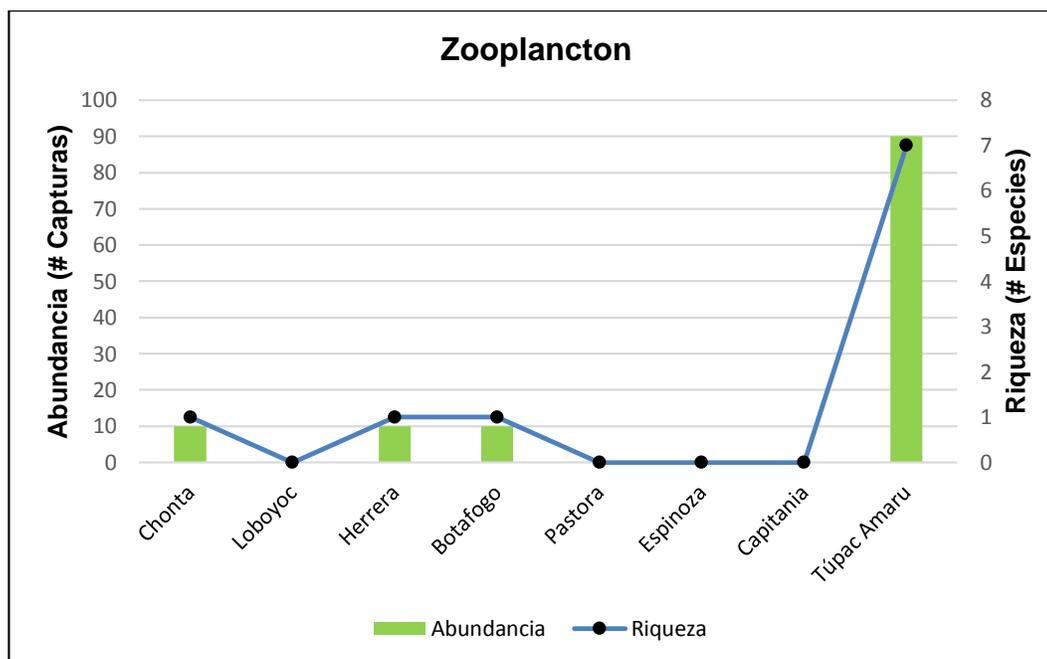


Figura 17. Índices de Abundancia (# de captura) y Riqueza (# de especies) para las taxas de Zooplancton en época lluvioso-seco.

Fuente: Elaboración Propia.

Para **Zooplancton** el lago Túpac Amaru presentó los mayores índices de abundancia y riqueza al momento del muestreo.

Seguido del lago Túpac Amaru se encuentran las quebradas Herrera, Chonta y Playa Botafógo que registran el mismo índice en riqueza y abundancia.

Tabla 29. Especies de zooplancton en los ocho puntos de muestreo.

ESPECIE	CAPITANIA	ESPINOZ A	TÚPAC AMARU	PAST ORA	BOTAFÓG O	CHONT A	HERRER A	LOBOYO C	Tota I
<i>Arcella vulgaris</i>							10		10
<i>Centropyxis aculeata</i>					10				10
<i>Diffugia lobostoma</i>			10						10
<i>Diffugia venusta</i>			10						10
<i>Cyclopyxis kahli</i>						10			10
<i>Keratella cochlearis</i>			10						10
<i>Keratella quadrata</i>			20						20
<i>Euchlanis dilatata</i>			10						10
<i>Polyarthra sp.</i>			10						10

Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla 32 se observa que las especies más representativas fue: *Keratella quadrata* en el lago Túpac Amaru; y según la condición de Bioindicación de Escobar et al. 2016, señala que esta especie es sensible a la toxicidad, por lo que indica aguas ligeramente contaminadas. A si mismo quebrada Botafógo con la especie *Centropyxis aculeata*, Chonta con *Cyclopyxis kahli* y Herrera con *Arcella vulgaris*. La presencia de estos microorganismos se relaciona comúnmente con la disponibilidad de materia orgánica en el medio y aguas de riego, producto de actividades agrícolas y ganaderas propio de estos tres puntos de evaluación.

4.4 Discusión del análisis de los parámetros biológicos.

De los parámetros biológicos en la colecta de peces se capturaron 459 especímenes distribuidos en 3 órdenes. 17 familias y 49 especies. De entre todas las capturas predominaron los órdenes Characiformes con 34 especies y 536 especímenes (peces de escamas chicas sin espinas en las aletas) y Siluriformes con 13 especies y 565 especímenes (bagres. peces de cuero), observando así una elevada abundancia y riqueza en el lago Túpac Amaru que a su vez es la más diversa. Así mismo Botafógo presentó un índice elevado de abundancia que

indica el número de capturas por especie. A todo ello cuanto más diversidad (riqueza) de comunidad de peces mejor calidad de agua, esto debido a sus condiciones ambientales para situar diferentes especies de peces. Los valores de riqueza y abundancia para Plancton se tiene que tanto para fitoplancton y zooplancton hubo, el lago Túpac Amaru presentó los mayores índices de abundancia y riqueza, siendo las cianobacterias con mayor abundancia, cabe señalar que estas traen ciertos efectos negativos en el cuerpo de agua como es la producción de toxinas o citotóxicas, por consiguiente pone al lago Túpac Amaru en calidad moderada a severa de contaminación de sus aguas, atendiendo a la representatividad de las especies de Bentos por órdenes, son los Arthropoda los que presentaron mayor número de especies con 30. Cabe señalar que se encontró bentos solo en tres puntos de muestreo quebrada Chonta, quebrada Loboyoc y lago Túpac Amaru habiéndose realizado en los ocho puntos de muestreo, esto pudiera referirse a la estación cuando se realizó la colecta. Según el índice de BMWP muestran que en las quebrada Loboyoc, lago Túpac Amaru y quebrada Chonta en ese orden mostraron su situación alarmante de dudosa a muy crítica situándolos en calidad de aguas de moderadas a severamente contaminadas. Cabe señalar que según el último trabajo (Cutipa y Araujo 2012) en los ochos puntos de evaluación mediante el análisis de este parámetro, también se observa la predominancia de peces del orden Characiformes y Siluriformes con mayor abundancia y riqueza en el lago Túpac Amaru; seguido de Botafogo, mostrando semejanza el presente estudio. También se tiene la evaluación de Ictiofauna y Macroinvertebrados (Quispe 2015), en la Región Madre de Dios Provincia de Tambopata Distrito de Las Piedras donde se hizo una descripción y análisis de la diversidad de la Ictiofauna y Macroinvertebrados como Bioindicadores de la calidad hídrica de las quebradas Gamitana y Valencia, donde predominaron los órdenes Characiformes y Siluriformes, en función que a la mayor diversidad y riqueza mejor será la calidad de agua.

4.5 Resultados análisis de parámetros Microbiológicos.

4.5.1 Comparación con límites permisibles nacionales

Es el resultado del análisis de Coliformes Totales y Termotolerantes (fecales) en los laboratorios de EMAPAT 2015 para los 8 puntos de muestreo en época lluvioso –seco; es importante señalar que los LMP de los estándares de calidad ambiental para aguas superficiales de ríos de la selva (ECA) del decreto supremo N° 004-2017-MINAM, para este parámetro, solo aplica a Coliformes Termotolerantes. En ese entender se determinó el análisis estadístico solo de coliformes termotolerantes en las ocho estaciones de muestreo.

Tabla 30. Aplicación de los límites permisibles nacionales (ECA) para los parámetros microbiológicos del agua.

Parámetros Microbiológicos	Dilución	Coliformes Totales	Coliformes Termotolerantes
UNID		N°col/100 ml muestra	N°col/100 ml muestra
Capitanía - Madre de Dios	x 10-4	200,000	140,000
Espinoza - Tambopata	x 10-2	5,800	3,900
Quebrada Herrera	x 10-2	3,000	700
Playa Botafogo-Tambopata	x 10-2	1,200	100
Quebrada Chonta	x 10-2	1,300	200
Pastora - Madre de Dios	x 10-2	1,100	400
Lago Túpac Amaru	x 10-2	0	0
Quebrada Loboyoc	x 10-2	700	0
ECA categoría 4 conservación del sistema acuático ríos de la selva NMP/100 ml		--	2,000

Fuente: EMAPAT 2015

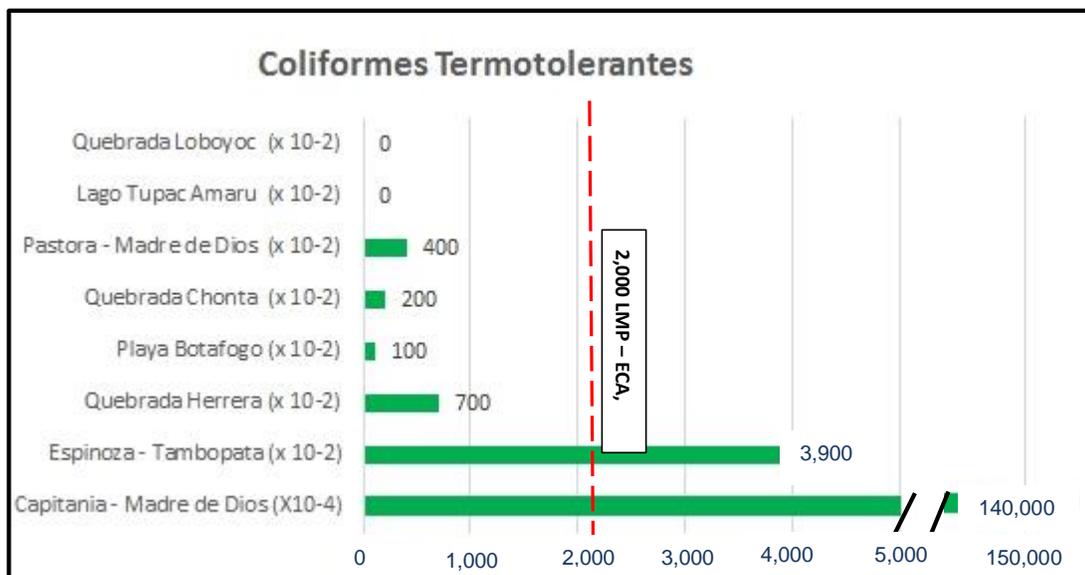


Figura 18. Evaluación de Coliformes Termotolerantes en los ocho puntos de muestreo mediante la comparación de los límites máximos permisibles del ECA.

De los resultados y Figura se tiene que el punto Capitania presenta los índices más altos que sobrepasan los límites máximos permisibles del ECA, de una manera significativa, a continuación, le sigue Espinoza con 3,900 y Herrera con 700 UFC.

4.6 Discusión de los parámetros Microbiológicos.

La presencia del grupo coliformes constituye indicio de polución, de esta manera Capitania y Espinoza constituyen sitios altamente contaminados por la presencia bacteriana (coliformes). Así mismo el último estudio referido (Cutipa y Araujo 2012); también señala valores similares superando los LMP de una manera significativa los puntos de muestreo Capitania (río Madre de Dios) y Espinoza (río Tambopata). Se puede observar que el impacto de aguas servidas por las masas urbanas de estos sitios son altas; debido al cercamiento a la ciudad. A diferencia de otros cuerpos de agua alejados de la ciudad como el tributario del río Madre de Dios, Manuani (arriba de Boca Piedras); donde el agua es casi apto para el consumo directo sin potabilización (Araujo 2013).

CONCLUSIONES

- Se concluye que los ríos y afluentes del Tambopata (Botafogo y Tambopata) y Madre de Dios(Pastora y Capitanía) registran los niveles más altos de contaminación respecto a la calidad de aguas, lo que indica que están sufriendo un deterioro ambiental por la intervención antrópica en sus riberas así mismo reciben la mayor parte de residuos y vertidos de la ciudad que afecta significativamente los ecosistemas acuáticos y que lo posicionan como los cuerpos de agua peor conservado de todos; con elevados contenidos de materia orgánica y coliformes sobrepasando los LMP (Capitanía y Espinoza), que imposibilitan su uso para consumo humano, recreación, agrícola y pecuario.
- Las quebradas Chonta y Loboyoc, presentaron los índices de calidad moderadamente saludables de todo el estudio, esto pudiera referirse al impacto reducido de los pobladores aledaños, sin embargo, son puntos de vulnerabilidad debido a que son sitios de recreación, y esto es un factor determinante al deterioro de la calidad de agua.
- Cabe señalar que el lago Túpac Amaru, fue el que presentó mejores condiciones en calidad de agua por riqueza y abundancia en comunidades ictiológicas a excepción de las comunidades bentónicas donde surge una preocupación tras el resultado del índice BMWP que la señala como fuertemente contaminada; esto pudiera referirse al incremento de las masas urbanas y el impacto directo que están tienen sobre el lago (minería, agricultura y ganadería).

SUGERENCIAS

- Concientizar a las instituciones involucradas en la parte ambiental como es OEFA y manejo de cuencas y agua como es el ALA, EMAPAT e instituciones no gubernamentales en ejecutar acciones de vigilancia y fiscalización de la calidad de los recursos hídricos; para prevenir, mitigar y controlar los impactos negativos.
- Implementar políticas públicas siguiendo un sistema de monitoreo sencillo y eficaz como presenta esta investigación para evaluar la calidad de aguas de los recursos hídricos representativos de la ciudad para manejo apropiado de los recursos y el seguimiento de los cambios antropogénicos.
- Establecer programas y acciones permanentes de monitoreo con el fin de prevenir riesgos a la salud pública y protección al ecosistema. Como se ha observado en esta evaluación, el impacto que ejercen las actividades poblacionales y productivas sobre la calidad de aguas, se hace necesario seguir recopilando información (toma de muestras) y monitoreos constantes de las principales fuentes hidrológicas de la ciudad de Puerto Maldonado, para conocer mejor la variación de la calidad del agua durante el transcurso de cada año y ver como los factores del tiempo y clima afectan a las comunidades acuáticas.
- Establecer métodos de concientización a los pobladores en general mediante programas de educación ambiental para que estén informados de la importancia que tienen las fuentes de agua y así evitar el deterioro de estas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACCER, 2006. *Estudio de comunidades acuáticas mediante parámetros biológicos y químicos en diferentes puntos de muestreo de Puerto Maldonado*. 2006. Puerto Maldonado (Perú): Centro Amazónico de Educación Ambiental e Investigación.
- ALBA, J., PARDO, I., PRAT, N. y PUJANTE, A., 2005. *Metodología para el establecimiento el Estado Ecológico según la Directiva Marco del Agua. Protocolos de muestreo y análisis para Invertebrados bentónicos*. Barcelona: Confederación Hidrográfica del Ebro.
- ANA, 2010. Informe Técnico N° 173 – 2010-ANA-DGCRH. . Puerto Maldonado (Perú):
- ANA, 2011. Diagnóstico y plan de gestión de los recursos hídricos en la cuenca de Madre de Dios - Fase I. . S.I.:
- 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. . Puerto Maldonado (Perú):
- APELLA, M. y ARAUJO, P., 2005. *Microbiología de agua conceptos básicos*. S.I.: Universidad Nacional de Tucumán.
- APHA, AWWA y WPCF, 1992. *Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales*. S.I.: Diaz De Santos. ISBN 13: 9788479780319.
- ARAUJO FLORES, J.M., CUTIPA CHAVEZ, L., MESA VARGAS, V., PERALTA ARGOMEDA, JORGE LUIS LÓPEZ PARIÁ, D.M., ASUNCIÓN HUAMANTICO, A. y JOSÉ, O.H.P., 2014. Biodiversidad de las masas de agua sometidas a diferente presión antrópica en el entorno de un área urbana de la amazonia peruana (Puerto Maldonado, Madre de Dios).

Biodiversidad Amazónica, vol. 4, pp. 17-33.

ARAUJO, J., 2010. *Informe Hidrobiológico Reserva Nacional Tambopata y Parque Nacional Bahuaja Sonene* [en línea]. S.l.: Asociación para la Investigación y el Desarrollo Integral (AIDER). Disponible en: <http://www.tambopata-bahuaja.info/assets/monithidro.pdf>.

ARAUJO, 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 manuani*. S.l.: s.n.

ARAUJO, J., CUTIPA, L., MESA, V., PERALTA, J., LÓPEZ, D., ASUNCIÓN, A., HERNAN, O. y JOSÉ, P., 2014. Biodiversidad de las masas de agua sometidas a diferente presión antrópica en el entorno de un área urbana de la amazonia peruana (Puerto Maldonado, Madre de Dios). *Biodiversidad Amazónica*, vol. 4, pp. 17-33.

ARCE, O., 2006. *Indicadores Biológicos de Calidad de Agua*. S.l.: Universidad de San Simón.

AUCCAHUASI, W., 2015. *Calidad de Agua y sedimento en el rio Madre de Dios departamento Madre de Dios, Perú 2015* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. Disponible en: <http://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/UNAMAD/116/004-2-3-039.pdf>.

BARBA-ÁLVAREZ, R., DE LA LANZA-ESPINO, G., CONTRERAS-RAMOS, A. y GONZÁLEZ-MORA, I., 2013. Insectos acuáticos indicadores de calidad del agua en México: Casos de estudio, ríos Copalita, Zimatán y Coyula, Oaxaca. *Revista Mexicana de Biodiversidad* [en línea], vol. 84, no. 1, pp. 381-383. ISSN 18703453. DOI 10.7550/rmb.31037. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.7550/rmb.31037>.

BARRA, L., 2015. *Evaluación de la calidad del agua en nueve quebradas en el*

tramo carretero Puerto Maldonado Mazuko, departamento de Madre de Dios, mediante el uso de macroinvertebrados acuático como indicadores biológicos [en línea]. S.l.: Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. Disponible en: <http://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/UNAMAD/115/004-2-3-038.pdf>.

BASÁEZ, L., 2009. ¿Qué es el pH? Formas de medirlo. *Ciencia...Ahora*, vol. 12, no. 23, pp. 59-60.

BELTRAN, DIANA., PALOMINO, R., MORENO, E., PERALTA, CESAR., MONTESINOS D., 2011. Calidad de agua de la bahía interior de Puno, lago Titicaca durante el verano del 2011.

CALLA, H. y CABRERA, C., 2010. Calidad del agua en la cuenca del río Rímac, Sector de San Mateo, afectado por las actividades mineras.

CAMARGO, A., 2004. *Evaluación ambiental de la quebrada la Honda del municipio del Socorro mediante los índices BMWP y QBR*. Bucaramanga: s.n.

CAMPOS, C., 1999. *Indicadores de contaminación fecal en la reutilización de aguas residuales para riego agrícola*. S.l.: Universitat de Barcelona.

CARRERA, C. y FIERRO, K., 2001. *Manual de monitoreo: Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad de agua*. Quito: EcoCiencia.

CORONEL, B. y JIMÉNEZ, P., 2006. *Estudio de la calidad del agua del Río Jatunyacu sector Cascada de Peguche, utilizando macro invertebrados y diseño de un plan de monitoreo comunitario* [en línea]. S.l.: Universidad Técnica del Norte Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/153>.

- CRAUN, G.F., BERGER, P.S. y CALDERON, R.L., 1997. Coliform bacteria and waterborne disease outbreaks. *Journal American Water Works Association*, vol. 89, no. 3, pp. 96-104. ISSN 0003-150X. DOI 10.1002/j.1551-8833.1997.tb08197.x.
- CUTIPA, L. y ARAUJO, J., 2012. Calidad de aguas urbanas y periurbanas de Puerto Maldonada, Madre de Dios-Perú. . Puerto Maldonado (Perú)
- DE LA LANZA, G., MORENO, J., GODINES, J., HUDOBRO, L., HERNÁNDEZ, J., PÉREZ, R., SANDOVAL, J., MORENO, D. y HERNANDEZ, S., 2004. *Guía para la colecta, manejo y las observaciones de campo para bioindicadores de la calidad del agua*. México D.F.: Comisión Nacional del Agua. ISBN 968817694X.
- DIGESA, 2012. Plan de Trabajo de Vigilancia y Control de Riesgos por Exposición Ocupacional a Metales Pesados. . S.l.:
- DUNCAN, J., 2001. Extinction in a field of bullets: a search for causes in the decline of the world's freshwater fishes. *Biological Conservation*,
- ESCOBAR, M., TERNEUS, E. y YAÑEZ, P., 2016. *El plancton como bioindicador de la calidad del agua en zonas andinas: Análisis de caso*. Quito: Universidad Internacional del Ecuador.
- ESPINO, G., 2000. *Organismos Indicadores de la Calidad del Agua y de la Contaminación*. Mexico: Plaza y Valdes: s.n.
- FAY, P., 1992. Oxygen relation of nitrogen fixation in cyanobacteria. *Microbiological Review*, vol. 56, no. 2, pp. 45-58.
- FERNÁNDEZ, M., ÁLVAREZ, A. y ESPIGARES, M., 2001. Transmisión fecohídrica y virus de la hepatitis A. *Higiene y Sanidad Ambiental* [en línea], vol1, pp. 8-18. Disponible en: http://www.saludpublica.es/secciones/revista/revistaspdf/bc510150f6e3b7c_Hig.Sanid.Ambi

ent.1.8-18(2001).pdf.

FORJAN, E., DOMINGUEZ, M., VILCHEZ, C., MIGUEL, R., COSTA, C. y REIS, M., 2008. Cianobacteria: estrategia para predecir el desarrollo de cianobacterias tóxicas en embalses. *Ecosistemas*, vol. 17, no. 1, pp. 35-47.

GARCÍA, I., 2014. Pseudomonas Aeruginosa as an Additional Indicator of Drinking Water Quality: a Southamerican Bibliographic Analysis. *The Biologist*,

GOREMAD-IIAP, 2008. *Macro Zonificación Ecológica Económica del Departamento de Madre de Dios*. Puerto Maldonado (Perú): (Gobierno Regional de Madre de Dios e Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana.

GUTIÉRREZ, J., RISS, W. y OSPINA., R., 2004. Bioindicación de la calidad del agua con macroinvertebrados acuáticos en la sabana de Bogotá, utilizando redes neuronales artificiales. *Caldasía*, vol. 26, pp. 151-160.

HARDING, J., 1998. Stream biodiversity: the ghost of land use past. *Proceedings of the Natural Academy of Sciences*, vol. 95, pp. 14843-14847.

HARWOOD, V.J., LEVINE, A.D., SCOTT, T.M., CHIVUKULA, V., LUKASIK, J., FARRAH, S.R. y ROSE, J.B., 2005. Validity of the indicator organism paradigm for pathogen reduction in reclaimed water and public health protection. *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 71, no. 6, pp. 3163-3170. ISSN 00992240. DOI 10.1128/AEM.71.6.3163-3170.2005.

HERBAS, R., RIVERO, F. y GONZÁLES, A., 2006. *Indicadores biológicos de la calidad del agua*. S.l.: Universidad Mayor de San Simón: Bolivia.

HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P., 2006. *Metodología De La Investigación_4Ta Edición_Sampieri 2006.Pdf* [en línea]. 2006. S.l.: s.n. ISBN 9701057538. Disponible en: http://www.univo.edu.sv:8081/tesis/020090/020090_Cap1.pdf.

- IANNACONE, J., MANSILLA, J. y VENTURA, K., 2003. Macroinvertebrados en las lagunas de Puerto Viejo, Lima-Perú.
- JILL, S., BARON, N., LEROYPOFF, P., CN, A., DAHM, P., GLEICK, N., HAIRSTON, R., JACKSON, C., JOHNSTON, B. y STEINMAN, R.S.A., 2003. Sustaining Healthy Freshwater Ecosystems. *Issues in Ecology*, vol. 18, pp. 1-18.
- LAFUENTE, C. y ALONSO, C., 1987. *Ríos, caracterización y calidad de sus aguas*. Madrid, España: Bellisco.
- LEIVA, M., 2003. *Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad de agua en la cuenca del estero Peu Peu comuna de Lautaro IX Región de la Araucanía*. S.l.: Universidad Católica de Temuco.
- MAFLA, M., 2005. *Guía para Evaluaciones Ecológicas Rápidas con Indicadores Biológicos en Ríos de tamaño Mediano Talamanca-Costa Rica*. S.l.: CATIE.
- MANCINI, M.A., 2002. Introducción a la biología de los peces. *Producción animal*. S.l.: s.n., pp. 1-19. ISBN 978-84-7903-523-5.
- MANRIQUE-LOSADA, L. y PELÁEZ-RODRÍGUEZ, M., 2010. Evaluación de la calidad del agua de la quebrada La Perdiz en el área urbana de Florencia (Caquetá, Colombia). *Momentos de Ciencia*, vol. 7, no. 2, pp. 118-126. ISSN 1692-5491.
- MATUTE, J., AGUILA, R., PANDURO, A., MASS, W. y MARTIN, M., 2009. *Amazonia guía ilustrada de flora y fauna. Programa de Cooperación Hispano Peruano - Proyecto Araucaria XXI Nauta*. S.l.: MINAM-AECID. ISBN 978-612-45650-0-7.
- MEDIANERO, E. y SAMANIEGO, M., 2004. Comunidad de insectos acuáticos asociados a condiciones de contaminación en el Río Curundú, Panamá. *Folia Entomologica Mexicana*, vol. 43, no. 3, pp. 279-294.

- MINAM, 2008. Estandares Nacionales de Calidad Ambiental para el Agua (D.S. N° 002-2018-MINAM). *El Peruano* [en línea], pp. 377222-377227. Disponible en: <http://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/37571>.
- MITCHELL, M., STAPP, W. y BIXBY, K., 1991. *Manual de campo de Proyecto del Río: unaguía para monitorear la calidad del agua en el Río Bravo*. Segunda. New México, USA: s.n.
- MORENO, C.E., 2001. Métodos para medir la biodiversidad. *M&T - Manuales y Tesis SEA*, vol. 1, pp. 84. ISSN 19326203. DOI 10.1371/journal.pone.0103709.
- MOSQUERA, C., CHAVEZ, M., PACHAS, V. y MOSCHELLA, P., 2009. *Estudio diagnóstico de la actividad minera artesanal en Madre de Dios*. Primera ed. Lima Perú: Fundación Conservación Internacional, CooperAcción, CARITAS-Madre de Dios.
- MOUN, C. y MOULTON, P., 1991. *Monitoring Guidelines to Evaluate Effects of Forestry Activities on Streams in Pacific Northwest and Alaska* [en línea]. S.I.: EPA. Disponible en: <http://www.co.pierce.wa.us/.../Optimai Water Quality Standard for Aquatic Ecosyst>.
- NURUL-RUHAYU, M.-R., AN, Y.J. y KHAIRUN, Y., 2015. Detection of River Pollution Using Water Quality Index: A Case Study of Tropical Rivers in Penang Island, Malaysia. *OALib* [en línea], vol. 02, no. 03, pp. 1-8. ISSN 2333-9721. DOI 10.4236/oalib.1101209. Disponible en: <http://www.oalib.com/paper/pdf/3131611>.
- OEFA, 2014. *Fiscalización Ambiental en Agua Residuales*. Primera Ed. Lima Perú: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental.
- OLIVIERI, V., 1982. Bacterial indicators of pollution. En: W. PIPES (ed.), *Bacterial Indicators of Pollution*. Boca Raton, Florida. S.I.: CRP. Press, pp. 21-41.

- OROZCO, C., PÉREZ, A., GONZÁLES, M., RODRÍGUEZ, F. y ALFAYATE, J., 2005. *Contaminación Ambiental. Una visión desde la Química*. Tercera ed. Paraninfo S.A. España.: Thomson Editoriales Spain.
- ORTEGA, H., HIDALGO, M., TREVEJO, G., CORREA, E., CORTIJO, A.M., MEZA, V. y ESPINO, J., 2012. *Lista anotada de los peces de aguas continentales del Perú*. Segunda ed. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. ISBN 9786124605321.
- ORTEGA, H., CHOCANO, L., PALMA, C. y SAMANEZ, I., 2010. Biota acuática en la Amazonia Peruana: diversidad y usos como indicadores ambientales en el Bajo Urubamba (Cusco – Ucayali).
- ORTEGA, H., RENGIFO, B., SAMANEZ, L. y PALMA, C., 2007. *Diversidad y el Estado de Conservación de Cuerpos de Agua Amazonicos en el Nororiente del Perú*. S.I.: s.n.
- OSCOZ, J., CAMPOS, F. y ESCALA, M.C., 2006. Variación de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en relación con la calidad de las aguas. *Limnetica*, vol. 25, no. 3, pp. 683-692. ISSN 02138409.
- PAERL, H., 1994. *Ecology of freshwater Bloom- forming blue-green algae*. S.I.: s.n.
- PANDURO, A., 2010. *Estudio Diagnostico Hidrologico de la Cuenca Madre de Dios*. Lima, Peru: s.n.
- PATILLA, P., 2015. *Calidad del agua y sedimentos del río Tambopata, Departamento Madre de Dios- 2014* [en línea]. S.I.: Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. Disponible en: <http://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/UNAMAD/114/004-2-3-037.pdf>.
- PERALTA ARGOMEDA, J., ARAUJO FLORES, J., RODRÍGUEZ ACHATA, L.,

- PRENDA MARÍN, J., LOAYZA MURO, R. y HUAMANTINCO ARAÚJO, A., 2015. *Guía de macroinvertebrados acuáticos de Madre de Dios-Perú*. 1a ed. Lima: Proyecto HED, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios y Universidad de Florida.
- PITMAN, N.C.A., SALAS, K., LOYOLA AZÁLDEGUI, M. del C., VIGO, G. y LUTZ, D.A., 2009. Historia e impacto de la literatura científica del Departamento de Madre de Dios , Perú. *Revista Peruana de Biología*, vol. 15, no. 2, pp. 15-22.
- POSADA, J., RODAN, G. y RAMÍREZ, J., 2000. Caracterización físicoquímica y biológica de la calidad de aguas de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas, Antioquia, Colombia.
- PRESCOTT, HARLEY, K., 2002. Microbiología. *Microbiología*. S.l.: s.n., pp. 192. ISBN 9788578110796.
- QUISPE, R., 2015. Diversidad de la Ictiofauna y macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad hídrica en dos tributarios del río bajo Madre de Dios.
- REECE, P.F. y RICHARDSON, J.S., 1999. Biomonitoring with the Reference Condition Approach for the Detection of Aquatic Ecosystems at Risk. *Proceedings of a Conference on the Biology Management of species and Habitats at Risk*, no. Schindler 1987, pp. 549-552.
- RODIER, J., LEGUBE, B. y MERLET, N., 2010. *Análisis del agua*. Barcelona: Omega. ISBN 978-84- 282-1530-5.
- ROJAS, R., 1996. *Acuíquímica*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- ROLDÁN, G., 2003. *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/ Col*. Colombia: Universidad de Antioquia.
- ROLDÁN, G.P., 1999. *Los Macroinvertebrados Y Su Valor Como Indicadores De*

La Calidad Del Agua. 1999. S.l.: s.n.

ROLDÁN PÉREZ, G. y RAMÍREZ RESTREPO, J., 2008. *Fundamentos de limnología neotropical*. Ilustrada. Medellín: s.n. ISBN 958714144X, 9789587141443.

SALOMONS, W., 1985. Sediments and water quality. *Sci. Technol. Lett.*

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

SAUDER, D., 2002. Freshwater protected areas: Strategies for conservation. *Conservation Biology*, vol. 16, pp. 30-41.

SEGNINI, S., 2003. El uso de macroinvertebrados béntonicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. *Ecotropicos*, vol. 16, no. 2, pp. 45-63. ISSN 1470160X. DOI 0370-3908.

SENAMHI, 2007. Monitoreo de la Calidad de Agua de los Ríos del Perú. . S.l.:

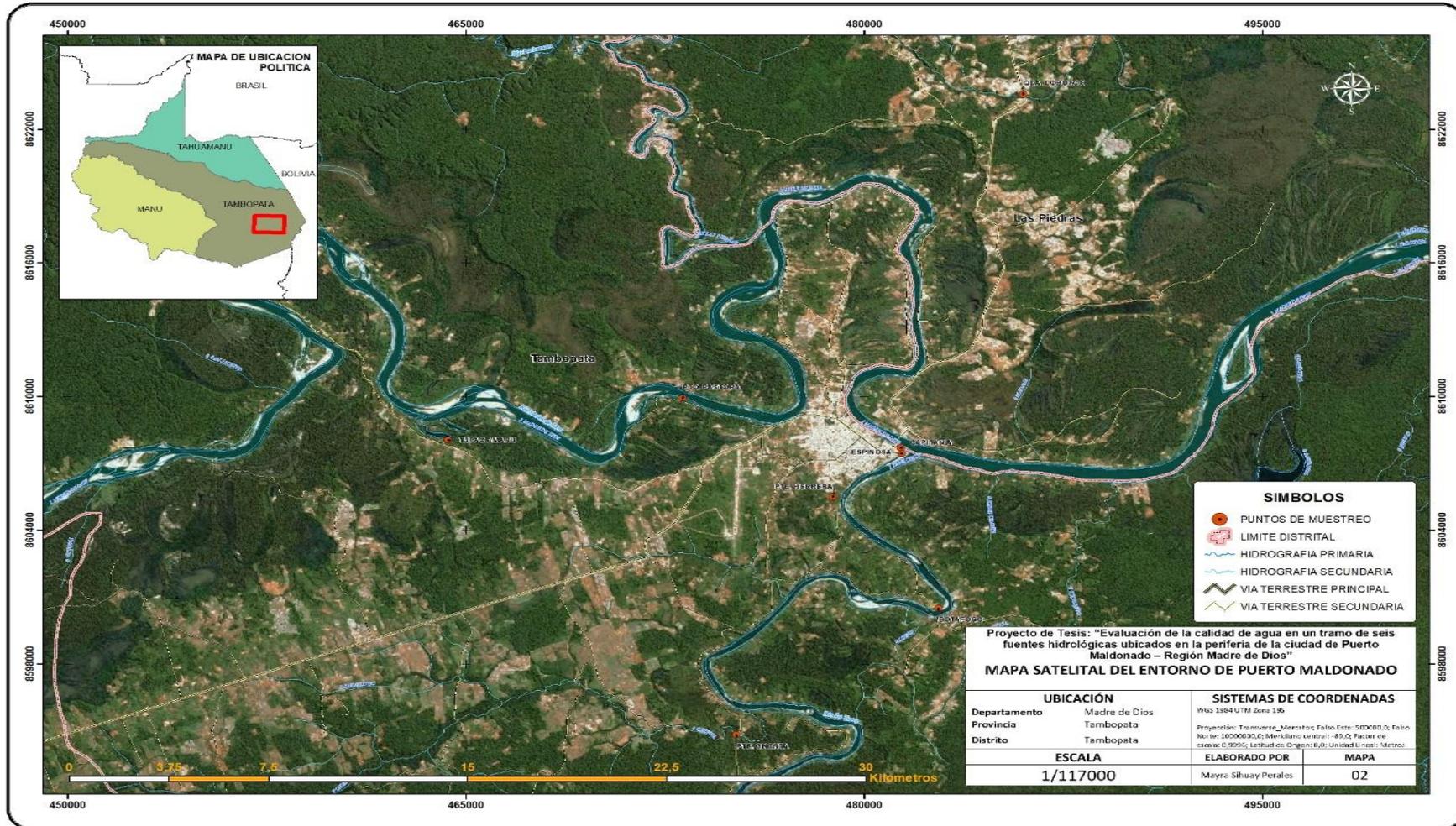
TAPIA, M.E. y NARANJO, C., 2009. Estudio de las comunidades de fitoplancton y zooplancton en Monteverde, Península de Santa Elena, Ecuador durante Noviembre del 2006. *Acta Oceanográfica del Pacífico* [en línea], vol. 15, no. 11, pp. 24. Disponible en: [http://www.oceandocs.org/bitstream/handle/1834/3348/Estudio de las comunidades del fitoplancton y zooplancton en Monteverde....pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.oceandocs.org/bitstream/handle/1834/3348/Estudio_de_las_comunidades_del_fitoplancton_y_zooplancton_en_Monteverde....pdf?sequence=1&isAllowed=y).

TELLO, S., 2002. Situación actual de la pesca y la acuicultura en Madre de Dios. . S.l.:

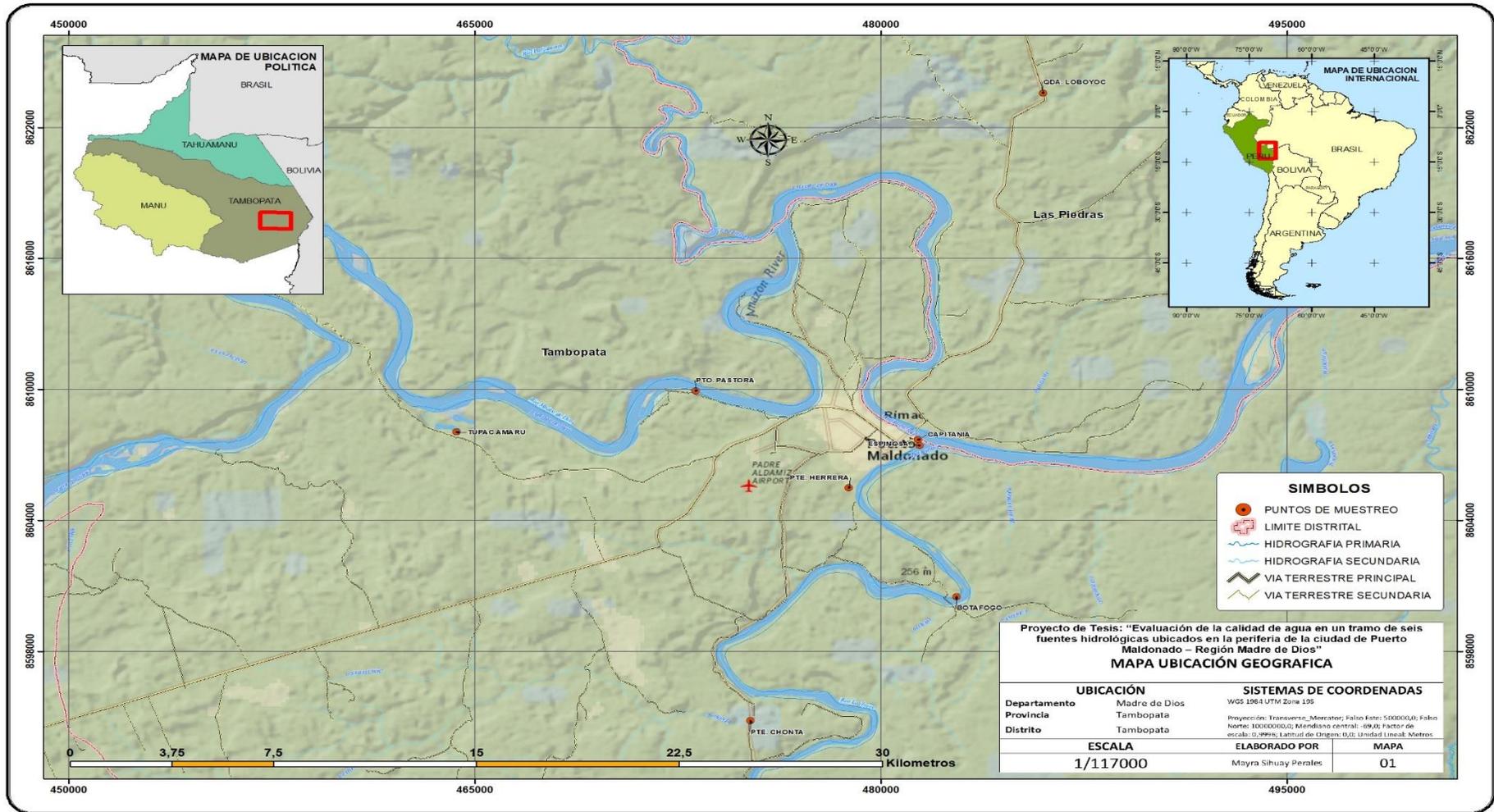
- TERCEDOR, A., 1996. Macroinvertebrados Acuáticos y Calidad de las Aguas de los Ríos. *IV Simposio del Agua de Andalucía (SIAGA)*. S.l.: s.n., pp. 203-2013.
- TORRES, P., CRUZ, C.H. y PATIÑO, P., 2009. Índices De Calidad De Agua En Fuentes Superficiales Utilizadas En La Producción De Agua Para Consumo Humano. Una Revisión Crítica. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín* [en línea], vol. 8, no. 15, pp. 79-94. ISSN 2248-4094. DOI 10.11144/Javeriana.IYU18-2.ifcd. Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4845739>.
- VÁSQUEZ, G., CASTRO, G.M., GONZÁLES, I.M., PERÉZ, R.R. y CASTRO, T.B., 2006. Bioindicadores como herramientas para determinar la calidad del agua. *ContactoS* [en línea], vol. 60, pp. 41-48. Disponible en: <http://www.izt.uam.mx/contactos/n60ne/Bio-agua.pdf>.
- VILLAMARIN, C., PRAT, N., RIERADEDEVALL, M., 2014. Caracterización física, química e hidromorfológica de los rios altoandinos tropicales de Ecuador y Perú.
- WASHINGTON, H.G., 1984. Diversity, biotic and similarity indices. A review with special relevance to aquatic ecosystems. *Water Research*, vol. 18, no. 6, pp. 653-694. ISSN 00431354. DOI 10.1016/0043-1354(84)90164-7.

ANEXOS

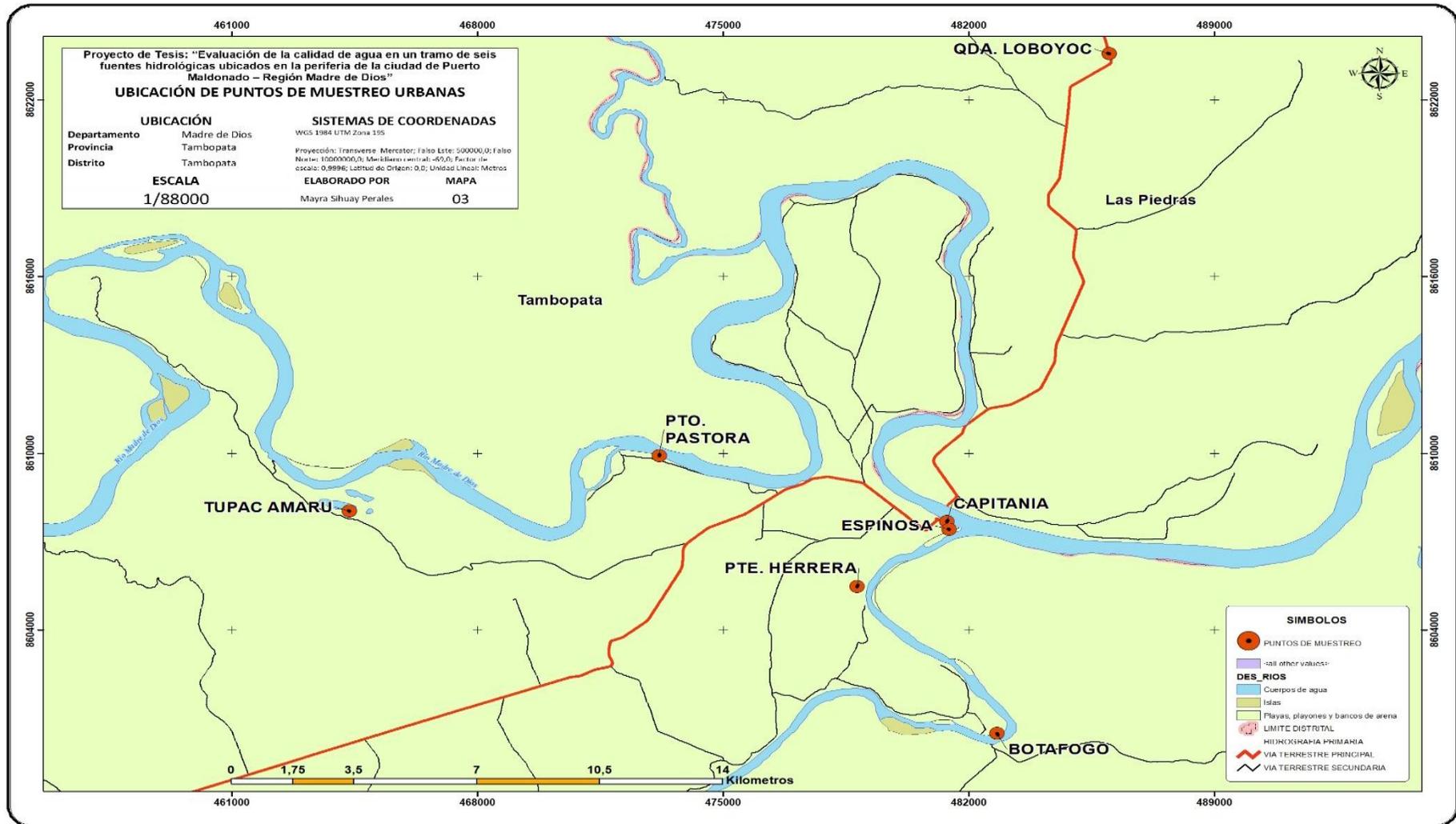
Anexo 1: Mapa Satelital del Entorno de Puerto Maldonado



Anexo 2: Mapa Ubicación Geográfica



Anexo 3: Ubicación de puntos de muestreo urbanas



Anexo 4: Matriz de Consistencia

“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA EN UN TRAMO DE SEIS FUENTES HIDROLÓGICAS UBICADOS EN LA PERIFERIA DE LA CIUDAD DE PUERTO MALDONADO – REGIÓN MADRE DE DIOS”

Problema General:	Objetivos:	Marco Conceptual	Hipótesis	Variables e Indicadores	Metodología
<p>¿Cuál es el estado de conservación y/o calidad de aguas respecto a seis fuentes hidrológicas de la periferia de la ciudad de Puerto Maldonado?</p> <p>Problemas Específicos</p> <p>P-1: ¿Cuáles será el estado de contaminación de estas seis fuentes hidrológicas en función al impacto de actividades antropogénicas de sus medios?</p> <p>P-2: ¿Cuál será el estado fisicoquímico de los cuerpos de agua de los sitios de</p>	<p>Objetivo General Evaluar la calidad de agua mediante la utilización de parámetros fisicoquímicos, biológicos y microbiológicos en un tramo de seis fuentes hidrológicas ubicadas en la periferia de la ciudad de Puerto Maldonado – región Madre de Dios.</p> <p>Objetivos Específicos</p> <p>Evaluar si los parámetros fisicoquímicos de aguas de los tramos de seis fuentes hidrológicas de la periferia de la ciudad de Puerto Maldonado, superan los Límites Máximos Permisibles (LMP) de los</p>	<p>Antecedentes de la Investigación</p> <p>Cutipa y Araujo 2012), realizaron una descripción de la diversidad y el estado de conservación en los cuerpos de agua próximos a la población de Puerto Maldonado, en un radio de 20km. Entre los meses diciembre del 2011 y mayo del 2012 realizaron el levantamiento de datos hidrobiológicos colectando muestras considerando 8 estaciones para peces, bentos (Macroinvertebrados) y plancton, así como para los</p>	<p>Existen parámetros a su vez bioindicadores de calidad de agua que evidencian los niveles de contaminación en cuerpos de agua; ríos, quebradas y lagos.</p>	<p>Para demostrar y comprobar la hipótesis anteriormente formulada, se determinó las variables e indicadores que a continuación se mencionan:</p> <p>Variable o Factor:</p> <p>Calidad de agua.</p> <p>Agua</p> <p>Indicadores:</p>	<p>El estudio se realizó en seis fuentes de agua evaluándose en ocho puntos de muestreo ubicadas alrededor de la ciudad de Puerto Maldonado, se desarrolló mediante un estudio descriptivo, con enfoque cuantitativo, por cuanto se obtiene información de manera independiente y conjunta sobre los conceptos o las variables definidas, de diseño no experimental, estadísticamente comparativa.</p> <p>El estudio es de campo por cuanto se obtuvieron datos de ubicación de los puntos de muestreo en coordenadas UTM, así mismo los datos a partir de las muestras de agua respecto a la medición de los parámetros Fisicoquímicos: Temperatura, PH, Oxígeno Disuelto, Alcalinidad y Cloruro; Biológicos:</p>

<p>evaluación en comparación a los LMP del ECA?</p> <p>P-3: ¿Cuál será el rango de riqueza y abundancia de ictiofauna, Bentos y Plancton en función a bioindicadores de la calidad del agua en los sitios de evaluación?</p> <p>P-4: ¿Cuál será el nivel de contaminación por Coliformes Termotolerantes (fecales) en los cuerpos de agua de los sitios de evaluación en comparación a los LMP del ECA?</p>	<p>Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para el agua.</p> <p>Evaluar los parámetros biológicos a través de los índices de diversidad de peces, bentos y plancton, en relación a la calidad de aguas.</p> <p>Evaluar si los parámetros microbiológicos de aguas de los tramos de seis fuentes hidrológicas de la periferia de la ciudad de Puerto Maldonado, superan los Límites Máximos Permisibles (LMP) de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para el agua.</p>	<p>parámetros físico químicos y bacteriológicos. Para la evaluación de peces, se colectaron con redes alevineras (chinchorro) de arrastre a la orilla, para el caso de los Macroinvertebrados se utilizó la red "Surber", y el plancton con red estándar (40 micras). De acuerdo a los índices de calidad del agua para las taxas de Macroinvertebrados (EPT y BMWP) son la quebrada Chonta, Loboyoc y Herrera (por este orden) los cuerpos de agua mejor situado, siendo el río Madre de Dios (Capitanía) y el Tambopata (Espinoza) los peor valorados.</p>		<p>Parámetros fisicoquímicos:</p> <p>Temperatura</p> <p>Conductividad</p> <p>pH</p> <p>Oxígeno disuelto</p> <p>Parámetros Biológico:</p> <p>Ictiofauna</p> <p>Bentos</p> <p>Plancton</p> <p>Parámetros Microbiológico:</p> <p>Coliformes fecales</p> <p>Coliformes termotolerantes</p>	<p>Plancton, Ictiofauna (peces), Macroinvertebrados (bentos) y Microbiológicos: Coliformes totales y Coliformes Termotolerantes. Durante el estudio se prosiguió hacer muestreos en campo y análisis estadísticos de los resultados obtenidos en comparación con los límites permisibles establecidos en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (DS N°004-2017-MINAM), con la finalidad de determinar la calidad del agua en seis fuentes hidrológicas; ocho puntos de muestreo, 2 en el río Tambopata (Botafogo y Espinoza), 2 en el río Madre de Dios (Pastora y Capitanía), quebradas Chonta, Loboyoc y Herrera y el Lago Túpac Amaru. Estas fueron muestreadas en la transición de época lluviosa a seca (mayo- agosto, 2015).</p>
---	---	--	--	--	--

Anexo 5: Distribución e Índices de Diversidad para las especies de Peces en transición lluvioso- seco.

Orden	Familia	Nombre Científico	Quebrada Chonta	Quebrada Loboyoc	Quebrada Herrera	Playa Botafogo - Tambopata	Pastora - Madre de Dios	Espinoza - Tambopata	Capitanía - Madre de Dios	Lago Túpac Amaru
			08/06/2015	01/08/2015	01/08/2015	08/06/2015	07/06/2015	01/08/2015	01/08/2015	07/06/2015
Characiformes	Characidae	<i>Acestrocephalus boehlkei</i>								8
Siluriformes	Loricariidae	<i>Ancistrus sp.</i>			1					
Characiformes	Characidae	<i>Aphyocharax</i>						6		
Characiformes	Characidae	<i>Aphyocharax pusillus</i>				14	43	10	5	2
Characiformes	Characidae	<i>Astyanax abramis</i>		2	2			5		23
Characiformes	Characidae	<i>Astyanax bimaculatus</i>	8			3				9
Characiformes	Characidae	<i>Astyanax fasciatus</i>	4			1		5	1	
Characiformes	Characidae	<i>Astyanax sp.</i>						1		3
Characiformes	Characidae	<i>Brachychalcinus copei</i>		8	2					
Characiformes	Characidae	<i>Bryconops melanurus</i>	8	6						
Siluriformes	Auchenipteridae	<i>Centromochlus sp.</i>								1
Characiformes	Crenuchidae	<i>Characidium sp.</i>								1
Siluriformes	Pimelodidae	<i>Cheirocerus sp.</i>				1				
Gymnotiformes	Apteronotidae	<i>Compsaraia sp.</i>					2			
Characiformes	Characidae	<i>Creagrutus sp.</i>	3	1						
Characiformes	Characidae	<i>Ctenobrycon hauxwellianus</i>								20
Gymnotiformes	Sternopygidae	<i>Eigenmannia virescens</i>				4	5			
Siluriformes	Loricariidae	<i>Farlowella sp.</i>					2			
Characiformes	Gasteropelecidae	<i>Gasteropelecus sp.</i>					28	5		2
Characiformes	Characidae	<i>Gephyrocharax sp.</i>		1						

Characiformes	Characidae	<i>Hemigrammus sp</i>		13					
Siluriformes	Loricariidae	<i>Hemiodontichthys acipenserinus</i>	2		1				
Characiformes	Erythrinidae	<i>Hoplias malabaricus</i>	1						
Characiformes	Characidae	<i>Knodus sp.</i>	7						
Siluriformes	Loricariidae	<i>Lamontichthys filamentosus</i>							1
Characiformes	Anostomidae	<i>Leporinus striatus</i>							1
Characiformes	Anostomidae	<i>Leporinus pearsoni</i>							1
Siluriformes	Doradidae	<i>Leptodoras acipenserinus</i>					1		
Characiformes	Characidae	<i>Loricarichthys sp.</i>							1
Characiformes	Characidae	<i>Moenkhausia collettii</i>	5						
Characiformes	Characidae	<i>Moenkhausia dichroua</i>				10		5	2
Characiformes	Characidae	<i>Moenkhausia intermedia</i>				13			
Characiformes	Characidae	<i>Moenkhausia oligolepis</i>		10					
Characiformes	Characidae	<i>Odontostilbe sp.</i>				25		1	2
Characiformes	Characidae	<i>Paragoniates alburnus</i>				3			
Characiformes	Parodontidae	<i>Parodon sp.</i>				1		1	2
Siluriformes	Heptapteridae	<i>Pimelodella cristata</i>						2	
Siluriformes	Heptapteridae	<i>Pimelodella sp.</i>				9			2
Siluriformes	Pimelodidae	<i>Pimelodus maculatus</i>				1	3	2	1
Characiformes	Characidae	<i>Prionobrama</i>						1	
Characiformes	Characidae	<i>Prionobrama filigera</i>						1	1
Characiformes	Prochilodontidae	<i>Prochilodus nigricans</i>			1				
Characiformes	Characidae	<i>Serrapinnus sp.</i>				1			
Siluriformes	Pimelodidae	<i>Sorubim lima</i>							1
Characiformes	Cynodontidae	<i>Steindachmerina sp.</i>				1			49
Characiformes	Gasteropelecidae	<i>Thoracocharax stellatus</i>				11		4	

Characiformes	Triporthidae	<i>Triporthus albus</i>						1		
Siluriformes	Trichomycteridae	<i>Vandellia cirrhosa</i>							1	
Siluriformes	Trichomycteridae	<i>Vandellia sp.</i>					1			
Número de individuos (A)			38	41	7	98	84	47	12	132
Número de especies (S)			8	7	5	15	7	13	7	20
Índice de Shanon-Winner (H)			2,77	2,36	2,24	3,20	1,77	3,32	2,45	2,99
Índice de Equidad -Pielou (J')			0,92	0,84	0,96	0,82	0,63	0,90	0,87	0,69

Anexo 6: Distribución e Índices de Diversidad para Bentos (macroinvertebrados) en transición lluvioso- seco.

PHYLLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	Quebrada Chonta	Quebrada Loboyoc	Lago Túpac Amaru
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Philopotamidae	1		
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	2		
Arthropoda	Insecta	Odonata	Libellulidae	1		
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Scirtidae	1		
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Odontoceridae			1
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	12	5	4
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Elmidae	1		
Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Naucoridae	2		
Abundancia (A)				20	5	5
Riqueza de especies (S)				7	1	2
Shannon-Wiener (H')				1,75	0,53	0,68
Equidad de Pielou				0,62	0	0,68

ZOOPLANCTON	LOBOSA	TESTACEALOBOSA	ARCELLINIDA	CENTROPYXIDAE	<i>Centropyxis aculeata</i>					10				
				DIFFLUGIIDAE	<i>Diffflugia lobostoma</i>			10						
					<i>Diffflugia venusta</i>			10						
	ROTIFERA	MONOGONONTA	PLOIMA	TRIGONOPYXIDAE	<i>Cyclopyxis kahli</i>						10			
				BRACHIONIDAE	<i>Keratella cochlearis</i>			10						
					<i>Keratella quadrata</i>			20						
				EUCHLANIDAE	<i>Euchlanis dilatata</i>			10						
	SYNCHAETIDAE	<i>Polyarthra sp.</i>			10									
						NUMERO DE ESPECIES	1	1	15	1	3	4	3	2
						ABUNDANCIA	10	10	360	10	40	40	50	60
					EQUIDAD DE PIELOU'S J'	0,00	0,00	0,83	0,00	0,95	1,00	0,86	0,92	
					DIVERSIDAD DE SHANNON H'	0,00	0,00	3,25	0,00	1,50	2,00	1,37	0,92	

Anexo 8: Lista de especies, nombre común y clasificación de la ictiofauna según su potencialidad de uso.

Especie	Nombre Común	Uso Potencial
<i>Potamotrygon sp.</i>	Raya	Acuario
<i>Acestrorhynchus falcatus</i>	peje-perro	Acuario, Deporte
<i>Aphyocharax pusillus</i>	Mojarrita colita amarilla	Acuario
<i>Aphyochar axalburnus</i>	Mojarrita	Acuario
<i>Astyanax sp</i>	sardina	Acuario, Alimentación
<i>Astyanax abramis</i>	sardina	Acuario, Alimentación
<i>Astyanax bimaculatus</i>	sardina	Acuario, Alimentación
<i>Charax caudimaculatus</i>	Dentón	Acuario, Alimentación
<i>Brycon melanopterus</i>	Sabalo	Alimentacion
<i>Galeocharax gulo</i>	Dentón	Alimentacion
<i>Hemigrammus sp</i>	Mojarita	Acuario
<i>Moenkhausia oligolepis</i>	Mojarita	Acuario
<i>Mylossoma duriventre</i>	Palometa	Acuario, Alimentación
<i>Odontostilbe fugitiva</i>	Mojarita	Acuario
<i>Piaractus brachypomus</i>	Paco	Alimentación, Deporte, Acuario
<i>Pygocentrus nattereri</i>	Paña roja	Alimentación, Deporte, Acuario
<i>Prionobrama filigera</i>	Mojarra	Acuario
<i>Cynopotamus gouldingi</i>	Dentón	Alimentacion
<i>Roeboides affinis</i>	Dentón	Alimentacion
<i>Salminus affinis</i>	Sabalo macho	Alimentacion
<i>Serrasalmus rhombeus</i>	Paña blanca	Alimentación, Deporte, Acuario
<i>Serasalmus spilopleura</i>	paña amarilla	Alimentación, Deporte, Acuario
<i>Serrasalmus humeralis</i>	paña	Alimentación, Deporte, Acuario
<i>Tetragonopterus argenteus</i>	Mojarra	Acuario, Alimentación
<i>Triportheus angulatus</i>	Sapamama	Acuario, Alimentación
<i>Pellona flavipinnis</i>	Sapamama	Acuario, Alimentación
<i>Characidium steindacneri</i>	Mojarita	Acuario
<i>Schizodon fasciatus</i>	Lisa	Acuario, Alimentación
<i>Leporinus friderici</i>	Lisa	Acuario, Alimentación
<i>Leporinus pearsoni</i>	Lisa	Alimentacion
<i>Leporinus trifasciatus</i>	Lisa	Alimentacion
<i>Hoplias malabaricus</i>	Huasaco	Acuario, Alimentación
<i>Hoplerythrinus unitaeniatus</i>	Shuyo	Acuario, Alimentación
<i>Prochilodus nigricans</i>	Bocachico	Alimentacion
<i>Thoracocharax stellatus</i>	Pechito	Acuario
<i>Gasteropelecus sternicla</i>	Pechito	Acuario

<i>Rhaphiodon vulpinus</i>	Chambira	Alimentacion
<i>Cynodon gibbus</i>	Chambira	Alimentacion
<i>Anodus elongatus</i>	Yulilla	Alimentacion
<i>Potamorhina altamazonica</i>	Yahuarachi	Alimentacion
<i>Psectrogaster rutiloides</i>	Chio chio	Alimentacion
<i>Steindachnerina bimaculata</i>	Chio chio	Alimentacion
<i>Pimelodus maculatus</i>	Cunchi	Alimentación, Deporte
<i>Pimelodus blochii</i>	Cunchi	Alimentación, Deporte
<i>Platystomatichthys sturio</i>	Pico de pato	Acuario, Alimentación
<i>Calophysus macropterus</i>	Mota	Acuario, Alimentación
<i>Hemisorubim platyrhynchos</i>	Toa	Acuario, Alimentación
<i>Hypophthalmus marginatus</i>	Maparate	Alimentacion
<i>Leiarius marmoratus</i>	Ashara	Acuario, Alimentación
<i>Platysilurus mucosus</i>	Pico de pato	Alimentacion
<i>Pseudoplatystoma punctifer</i>	Doncella	Alimentacion
<i>Rhamdia quelen</i>	Bagre	Alimentacion
<i>Pimelodella gracilis</i>	Bagre	Acuario, Alimentación
<i>Hypostomus pyrineusi</i>	Carachama	Acuario, Alimentación
<i>Pterygoplichthys punctatus</i>	Carachama	Acuario, Alimentación
<i>Hemiodontichthys acipenserinus</i>	Carachama	Acuario, Alimentación
<i>Sturisoma nigrirostrum</i>	Carachama	Acuario, Alimentación
<i>Rhineloricaria beni</i>	Shitari	Acuario
<i>Cetopsis coecutiens</i>	Canero	Acuario
<i>Hoplosternum littoralis</i>	Shirui	Acuario
<i>Corydoras reticulatus</i>	Shirui	Acuario
<i>Corydoras aeneus</i>	Shirui	Acuario
<i>Callichthys callichthys</i>	Shirui	Acuario
<i>Ageneiosus brevis</i>	Bocon	Acuario
<i>Microglanis sp.</i>	Bagre	Acuario
<i>Plagioscion squamosissimus</i>	Corvina	Acuario, Alimentación
<i>Aequidens tetramerus</i>	Bujurqui	Acuario
<i>Crenicichla semicincta</i>	Añasua	Acuario
<i>Crenicichla proteus</i>	Añasua	Acuario
<i>Cichlasoma amazonarum</i>	Bujurqui	Acuario
<i>Bujurquina sypsilus</i>	Bujurqui	Acuario
<i>Rivulus sp</i>	molis	Acuario
<i>Eigenmannia virescens</i>	macana	Acuario

Anexo 9: Puntaje de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col. De acuerdo a los valores originales de BMWP y ajustados para Colombia

Familias	Puntajes
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hydridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae.	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydraenidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Polymitarcyidae, Xiphocentronidae	9
Gerridae, Hebridae, Helycopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simulidae, Vellidae.	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossomatidae, Hyallellidae, Hydroptiliidae, Hydropsychidae, Leptohyphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae.	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolichopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydrometridae, Noteridae.	4
Ceratogonidae, Glossiphonidae, Cyclobdelliidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae.	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae, Syrphidae	2
Tubificidae	1

Fuente: (Roldán, G. 2003)

Anexo 10: Datos de Campo: Registros de Datos Ictiológicos. Modelo de Registro según UNMSM-MINAM (2014).

Registro de datos ictiológicos

Fecha de colecta: 07/06/2015 Hora: 07:00 am Número de campo: _____

Localidad (Dpto., Prov., Distrito, Cuenca, Lugar de muestreo): Madre de Dios, Tambopata, Tambopata, Lago Tupac Amaru.

Coordenadas (Datum del GPS) y elevación: 464347 - 8608051

Colector(es): Mayra Sihuy Perales y Karla Ibanez Lopez

Hábitat (ambiente): Superficial Tipo de agua: Dulce Profundidad: _____

Ancho: 35 m Corriente: _____ Transparencia: _____ Color: Clara, Verdoso

Vegetación: _____ Sustrato: Grava

Orilla: _____

pH: 7.65 Conductividad: 137 μ S Oxígeno: 5.8 ppm T° agua: 27.1 °

Longitud de muestreo: _____ Ancho: _____ Área: _____

Esfuerzo de muestreo: _____

Observaciones: Los peces muy pequeños fueron devueltos al lago.

Lista preliminar de especies:

N°	Especies	Determinado por:	Ejemplares	Observaciones
01	<i>Astyanax abramis</i>	Guía de peces		
02	<i>Astyanax bimaculatus</i>	Guía de peces		
03	<i>Leporinus striatus</i>	Guía de peces		
04	<i>Odontostilbe</i> sp.	Guía de peces		
05	<i>Parodon</i> sp.	Guía de peces		
06	<i>Sorubim lima</i>	Guía de peces		
07	<i>Characidium</i> sp.	Guía de peces		

Responsable Karla Ibanez Lopez Fecha 07 / 06 / 2015

Registro de datos ictiológicos

Fecha de colecta: 07/06/2015 Hora: 11:30 am Número de campo: _____Localidad (Dpto., Prov., Distrito, Cuenca, Lugar de muestreo): Madre de Dios, Tambopata, Tambopata, Puerto PastoraCoordenadas (Datum del GPS) y elevación: 473176 - 8609926Colector(es): Mayra Sihway Perales y Karla Ibana LopezHábitat (ambiente): A. Superficial Tipo de agua: Dulce Profundidad: _____Ancho: _____ Corriente: _____ Transparencia: _____ Color: Turbio gris marrónVegetación: _____ Sustrato: Grava

Orilla: _____

pH: 7.17 Conductividad: 80 μ S Oxígeno: 7.1 ppm T° agua: 28.6 °

Longitud de muestreo: _____ Ancho: _____ Área: _____

Esfuerzo de muestreo: _____

Observaciones: El camino para llegar a este punto de muestreo es un poco accidentado (peligroso)

Lista preliminar de especies:

N°	Especies	Determinado por:	Ejemplares	Observaciones
01	<i>Compsaraia</i> sp.	Guía de peces		
02	<i>Eigenmannia virgescens</i>	Guía de peces		
03	<i>Farlowella</i> sp.	Guía de peces		
04	<i>Pimelodus</i>	Guía de peces		
05				
06				
07				

Responsable Mayra Sihway P Fecha 07 / 06 / 2015

Registro de datos ictiológicos

Fecha de colecta: 08/06/2015 Hora: 05:30 am Número de campo: _____Localidad (Dpto., Prov., Distrito, Cuenca, Lugar de muestreo): Madre de Dios, Tambopata, Tambopata, Quebrada ChontaCoordenadas (Datum del GPS) y elevación: 475201 - 8594813Colector(es): Mayra Silhuay Perales y Karla Ibana LopezHabitat (ambiente): _____ Tipo de agua: Clara Profundidad: _____Ancho: 7m Corriente: _____ Transparencia: _____ Color: VerdosoVegetación: _____ Sustrato: Arenosa

Orilla: _____

pH: 6.88 Conductividad: 28.1 μ S Oxígeno: 6.5 pm T° agua: 28.4°

Longitud de muestreo: _____ Ancho: _____ Área: _____

Esfuerzo de muestreo: _____

Observaciones: El ancho de la quebrada es angosto.

Lista preliminar de especies:

N°	Especies	Determinado por:	Ejemplares	Observaciones
01	<i>Astyanax bimaculatus</i>	Guía de peces		
02	<i>Astyanax fasciatus</i>	Guía de peces		
03	<i>Bryconops melanurus</i>	Guía de peces		
04	<i>Hoplias malabaricus</i>	Guía de peces		
05	<i>Maenkhansia collettii</i>	Guía de peces		
06	<i>Knodus</i> sp	Guía de peces		
07	<i>Craugastus</i> sp	Guía de peces		

Responsable Karla Ibana L. Fecha 08 / 06 / 2015

Registro de datos ictiológicos

Fecha de colecta: 08/06/2015 Hora: 10:30 am Número de campo: _____

Localidad (Dpto., Prov., Distrito, Cuenca, Lugar de muestreo): Madre de Dios, Tambopata, Tambopata, Botafogo

Coordenadas (Datum del GPS) y elevación: 482803 - 8600495

Colector(es): Mayra Sihway Perales y Karla Ibañez Lopez

Hábitat (ambiente): _____ Tipo de agua: Clara Profundidad: _____

Ancho: _____ Corriente: _____ Transparencia: _____ Color: Verdoso

Vegetación: _____ Sustrato: Grava

Orilla: _____

pH: 6.87 Conductividad: 48 μ S Oxígeno: 6.0 ppm T° agua: 28.2°

Longitud de muestreo: _____ Ancho: _____ Área: _____

Esfuerzo de muestreo: _____

Observaciones: El río ya está secando por época de verano.

Lista preliminar de especies:

N°	Especies	Determinado por:	Ejemplares	Observaciones
01	<i>Aphyocharax pusillus</i>	Guía de peces		
02	<i>Astyanax bimaculatus</i>	Guía de peces		
03	<i>Astyanax fasciatus</i>	Guía de peces		
04	<i>Cheirocerus</i> sp	Guía de peces		
05	<i>Moenkhausia dichroua</i>	Guía de peces		
06	<i>Dabryostilbe</i> sp	Guía de peces		
07	<i>Pimelodella</i> sp	Guía de peces		

Responsable Mayra Sihway P. Fecha 08/06/2015

Registro de datos ictiológicos

Fecha de colecta: 01/08/2015 Hora: 6:00 am Número de campo: _____

Localidad (Dpto., Prov., Distrito, Cuenca, Lugar de muestreo): Madre de Dios, Tambopata, Tambopata, Espinoza

Coordenadas (Datum del GPS) y elevación: 481439 - 8607426

Colector(es): Mayra Sihuy Perales y Karla Ibana López

Hábitat (ambiente): _____ Tipo de agua: Oscuro Profundidad: _____

Ancho: _____ Corriente: _____ Transparencia: _____ Color: Naranja

Vegetación: _____ Sustrato: Grava

Orilla: _____

pH: 7.1 Conductividad: 56 μ S Oxígeno: 4.7 ppm T° agua: 29.0°

Longitud de muestreo: _____ Ancho: _____ Área: _____

Esfuerzo de muestreo: _____

Observaciones: Época de verano (río seco).

Lista preliminar de especies:

N°	Especies	Determinado por:	Ejemplares	Observaciones
01	<i>Aphyocharax psittus</i>	Guía de peces		
02	<i>Astyanax abramis</i>	Guía de peces		
03	<i>Astyanax fasciatus</i>	Guía de peces		
04	<i>Gasteropeleus</i> sp	Guía de peces		
05	<i>Parodon</i> sp	Guía de peces		
06	<i>Prionobrama</i> sp	Guía de peces		
07	<i>Triportheus albus</i>	Guía de peces		

Responsable Karla Ibana L. Fecha 01 / 08 / 2015

Registro de datos ictiológicos

Fecha de colecta: 01/08/2015 Hora: 11:20 am Número de campo: _____Localidad (Dpto., Prov., Distrito, Cuenca, Lugar de muestreo): Madre de Dios, Tambopata, las Piedras, Loboyoc.Coordenadas (Datum del GPS) y elevación: 485997 - 8623564Colector(es): Mayra Sihuay Perales y Karla Ibañez LopezHábitat (ambiente): _____ Tipo de agua: clara Profundidad: _____Ancho: _____ Corriente: _____ Transparencia: _____ Color: Turbio gris marrónVegetación: _____ Sustrato: Grava - Arenoso

Orilla: _____

pH: 6.7 Conductividad: 32 μ S Oxígeno: 7.3 ppm T° agua: 26.8 °

Longitud de muestreo: _____ Ancho: _____ Área: _____

Esfuerzo de muestreo: _____

Observaciones: El ancho de la quebrada es angosto.

Lista preliminar de especies:

N°	Especies	Determinado por:	Ejemplares	Observaciones
01	<i>Astyanax abramis</i>	Guía de peces		
02	<i>Brachyehaleinus copei</i>	Guía de peces		
03	<i>Pryconops melanurus</i>	Guía de peces		
04	<i>Creaquitos sp</i>	Guía de peces		
05	<i>Gephyrocharax sp</i>	Guía de peces		
06	<i>Hemigrammus op</i>	Guía de peces		
07	<i>Moenthausia oligolepis</i>	Guía de peces		

Responsable Karla Ibañez L. Fecha 01/08/2015

Registro de datos ictiológicos

Fecha de colecta: 01/08/2015 Hora: 13:33 pm Número de campo: _____

Localidad (Dpto., Prov., Distrito, Cuenca, Lugar de muestreo): Madre de Dios, Tambopata,
Tambopata, Quebrada Hemera

Coordenadas (Datum del GPS) y elevación: 478820 - 8605480

Colector(es): Mayra Sihway Perales y Karla Ibana Lopez

Hábitat (ambiente): _____ Tipo de agua: Turbio Profundidad: _____

Ancho: _____ Corriente: _____ Transparencia: _____ Color: Gris marrón

Vegetación: _____ Sustrato: Arenoso

Orilla: _____

pH: 6.65 Conductividad: 81 uS Oxígeno: 4.7 ppm T° agua: 28.3°

Longitud de muestreo: _____ Ancho: _____ Área: _____

Esfuerzo de muestreo: _____

Observaciones: _____

Lista preliminar de especies:

N°	Especies	Determinado por:	Ejemplares	Observaciones
01	<i>Ancistrus</i> sp	Guía de peces		
02	<i>Astyanax abramis</i>	Guía de peces		
03	<i>Brachydaleinus copei</i>	Guía de peces		
04	<i>Hemiodontichthys acipenserinus</i>	Guía de peces		
05	<i>Prochilodus nigricans</i>	Guía de peces		

Responsable Mayra Sihway P. Fecha 01/08/2015

Anexo 11: Datos de Campo: Bentos. Modelo de Registro según UNMSM-MINAM (2014).

Datos de campo: BENTOS
(macroinvertebrados)

LOCALIDAD: Espinoza CUENCA: PROVINCIA: Tambopata DEPARTAMENTO: Madre de Dios RESPONSABLE: Mayra Sihuay P.	CODIGO ESTACIÓN: FECHA: 07/08/2015 HORA: 06:20 am
COORDENADAS Y ALTITUD: 481439	8607426
VELOCIDAD DE CORRIENTE	VEGETACIÓN ACUÁTICA: SI NO
TIPO DE SUSTRATO: SUSTRATO DURO SUSTRATO DURO NO REMOVIBLE SUSTRATO BLANDO SUSTRATO SUPERFICIAL	CODIGO DE REGISTRO FOTOGRÁFICO COMENTARIOS: No se encontró macroinvertebrados (Bentos)

Datos de campo: BENTOS
(macroinvertebrados)

LOCALIDAD: Quebrada Hemera CUENCA: PROVINCIA: Tambopata DEPARTAMENTO: Madre de Dios RESPONSABLE: Karla Ibañez Lopez	CODIGO ESTACIÓN: FECHA: 04/08/2015 HORA: 07:42 am
COORDENADAS Y ALTITUD: 478820	8605480
VELOCIDAD DE CORRIENTE	VEGETACIÓN ACUÁTICA: SI NO
TIPO DE SUSTRATO: SUSTRATO DURO SUSTRATO DURO NO REMOVIBLE SUSTRATO BLANDO SUSTRATO SUPERFICIAL	CODIGO DE REGISTRO FOTOGRÁFICO COMENTARIOS: No se encontró macroinvertebrados (Bentos)

Datos de campo: BENTOS
(macroinvertebrados)

LOCALIDAD: Capitania CUENCA: PROVINCIA Tambopata DEPARTAMENTO: Madre de Dios RESPONSABLE: Karla Ibaña Lopez	CODIGO ESTACIÓN: FECHA: 08/05/2015 HORA: 05:00 am
COORDENADAS Y ALTITUD: 481382	8607694
VELOCIDAD DE CORRIENTE	VEGETACIÓN ACUÁTICA: SI NO
TIPO DE SUSTRATO: , SUSTRATO DURO SUSTRATO DURO NO REMOVIBLE SUSTRATO BLANDO SUSTRATO SUPERFICIAL	CODIGO DE REGISTRO FOTOGRÁFICO COMENTARIOS: No se encontró macroinvertebrados (Bentos)

Datos de campo: BENTOS
(macroinvertebrados)

LOCALIDAD: <i>Botafogo</i> CUENCA: PROVINCIA <i>Tambopata</i> DEPARTAMENTO: <i>Madre de Dios</i> RESPONSABLE: <i>Mayra Sihway P.</i>	CODIGO ESTACIÓN: FECHA: <i>08/06/2015</i> HORA: <i>08:50 am</i>
COORDENADAS Y ALTITUD: <i>482803</i>	<i>8600495</i>
VELOCIDAD DE CORRIENTE	VEGETACIÓN ACUÁTICA: SI NO
TIPO DE SUSTRATO: · SUSTRATO DURO SUSTRATO DURO NO REMOVIBLE SUSTRATO BLANDO SUSTRATO SUPERFICIAL	CODIGO DE REGISTRO FOTOGRÁFICO COMENTARIOS: <i>No se encontró macroinvertebrados (Bentos)</i>

Datos de campo: BENTOS (macroinvertebrados)

LOCALIDAD: Puerto Pastora CUENCA: PROVINCIA: Tambopata DEPARTAMENTO: Madre de Dios RESPONSABLE: Mayra Sihuay p.	CODIGO ESTACIÓN: FECHA: 08/05/2015 HORA: 11:30am
COORDENADAS Y ALTITUD: 473176	8609926
VELOCIDAD DE CORRIENTE	VEGETACIÓN ACUÁTICA: SI NO
TIPO DE SUSTRATO:	CODIGO DE REGISTRO FOTOGRÁFICO
SUSTRATO DURO <input checked="" type="checkbox"/>	
SUSTRATO DURO NO REMOVIBLE	
SUSTRATO BLANDO	COMENTARIOS: No se encontró macroinvertebrados (Bentos)
SUSTRATO SUPERFICIAL	

Datos de campo: BENTOS
(macroinvertebrados)

LOCALIDAD: Quebrada Chonta CUENCA: PROVINCIA: Tambopata DEPARTAMENTO: Madre de Dios RESPONSABLE: Karla Ibaña Lopez	CODIGO ESTACIÓN: FECHA: 08/05/2015 HORA: 10:00 a.m.
COORDENADAS Y ALTITUD: 475201	8594813
VELOCIDAD DE CORRIENTE	VEGETACIÓN ACUÁTICA: SI NO
TIPO DE SUSTRATO: arena SUSTRATO DURO <input checked="" type="checkbox"/> SUSTRATO DURO NO REMOVIBLE SUSTRATO BLANDO SUSTRATO SUPERFICIAL	CODIGO DE REGISTRO FOTOGRAFICO COMENTARIOS: El acceso es accidentado (huecos). Bastante vegetación al entorno de la carretera.

Datos de campo: BENTOS
(macroinvertebrados)

LOCALIDAD: Lago Túpac Amaru CUENCA: PROVINCIA: Tambopata DEPARTAMENTO: Madre de Dios RESPONSABLE: Karla Ibaña Lopez	CODIGO ESTACIÓN: FECHA: 07/06/2015 HORA: 13:30 pm
COORDENADAS Y ALTITUD: 464347	8608051
VELOCIDAD DE CORRIENTE	VEGETACIÓN ACUÁTICA: SÍ NO
TIPO DE SUSTRATO: <i>0.1m</i> SUSTRATO DURO <input checked="" type="checkbox"/> SUSTRATO DURO NO REMOVIBLE SUSTRATO BLANDO SUSTRATO SUPERFICIAL	CODIGO DE REGISTRO FOTOGRÁFICO COMENTARIOS: La cametera es accidentada; para llegar al lago se demora aproximadamente una hora.

Datos de campo: BENTOS
(macroinvertebrados)

LOCALIDAD: Quebrada Loboyoc CUENCA: PROVINCIA: Tambopata DEPARTAMENTO: Madre de Dios RESPONSABLE: Mayra Sihua P.	CODIGO ESTACIÓN: FECHA: 07/08/2015 HORA: 15:33 pm
COORDENADAS Y ALTITUD: 485997	8623564
VELOCIDAD DE CORRIENTE	VEGETACIÓN ACUÁTICA: SI NO
TIPO DE SUSTRATO: . 485997 SUSTRATO DURO <input checked="" type="checkbox"/> SUSTRATO DURO NO REMOVIBLE SUSTRATO BLANDO SUSTRATO SUPERFICIAL	CODIGO DE REGISTRO FOTOGRÁFICO COMENTARIOS: (la carretera para llegar a la quebrada se encuentra asfaltada. (Carretera interoceánica Sur).

Anexo 12: Datos de Campo: Plancton. Modelo de Registro según UNMSM-MINAM (2014).

Datos de campo: PLANCTON

LOCALIDAD: <u>Puerto Pastora</u> CUENCA: PROVINCIA <u>Tambopata</u> DEPARTAMENTO: <u>Madre de Dios</u> RESPONSABLE: <u>Karla Ibanez Lopez</u>	CODIGO ESTACIÓN: FECHA: <u>03/05/2015</u> HORA: <u>12:09 pm</u>
COORDENADAS Y ALTITUD: <u>473176</u>	<u>8609926</u>
CONDICIONES METEOROLÓGICAS: Sol <input checked="" type="checkbox"/> Parcial Nublado Total nublado Lluvia Viento Dirección	COLOR DEL AGUA Y ASPECTO: <u>Blanca</u> ESTADO TRÓFICO: Oligotrófico Mesoeutrófico Eutrófico
PROFUNDIDAD: DISCO SECCHI (transparencia):	ESQUEMA DEL LAGO O LAGUNA incluir la ubicación de las estaciones y la direccionalidad del viento.
METODO DE COLECTA: Botella: Tipo Capacidad (vol.) Red <u>Cónica</u> Apertura de malla: <u>40 μm</u> Se colecta por filtrado de 50L de agua a través de una red cónica de 40 μm de abertura de malla. Se almacena en frasco de plástico, etiquetados y fijados en formol para su posterior separación e identificación de los organismos.	

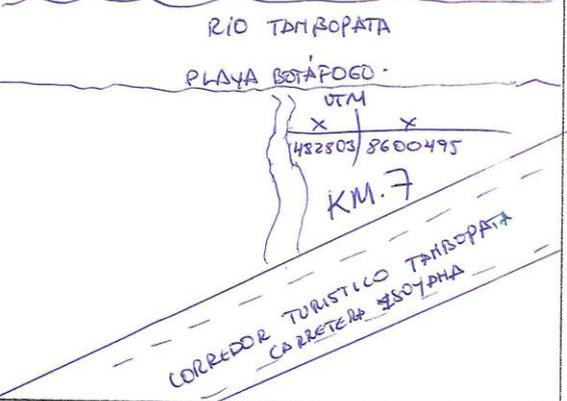
Datos de campo: PLANCTON

LOCALIDAD: Quebrada Loboyoc CUENCA: PROVINCIA Tambopata DEPARTAMENTO: Madre de Dios RESPONSABLE: Karla Ibaña Lopez	CODIGO ESTACIÓN: FECHA: 03/05/2015 HORA: 16:00 pm
COORDENADAS Y ALTITUD: 485997	8623564
CONDICIONES METEOROLÓGICAS: Sol <input checked="" type="checkbox"/> Parcial Nublado Total nublado Lluvia Viento Dirección	COLOR DEL AGUA Y ASPECTO: <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">Clara</div>
PROFUNDIDAD: DISCO SECCHI (transparencia):	ESTADO TRÓFICO: Oligotrófico Mesoeutrófico Eutrófico
METODO DE COLECTA: Botella: Tipo Capacidad (vol.) Red Cónica Apertura de malla: 40 μ m Se colecta por filtrado de SOL de agua a través de una red cónica de 40 μ m de apertura de malla. Se almacena en frascos de plástico, etiquetados y fijados en formal para su posterior separación e identificación de los organismos.	ESQUEMA DEL LAGO O LAGUNA incluir la ubicación de las estaciones y la direccionalidad del viento.

Datos de campo: PLANCTON

LOCALIDAD: Quebrada Chonta. CUENCA: PROVINCIA: Tambopata DEPARTAMENTO: Madre de Dios RESPONSABLE: Mayra Sihway perales	CODIGO ESTACIÓN: FECHA: 08/05/2015 HORA: 10:38 am
COORDENADAS Y ALTITUD: 475201	8594813
CONDICIONES METEOROLÓGICAS: Sol <input checked="" type="checkbox"/> Parcial Nublado Total nublado Lluvia Viento Dirección	COLOR DEL AGUA Y ASPECTO: <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">clara</div>
PROFUNDIDAD: DISCO SECCHI (transparencia):	ESTADO TRÓFICO: Oligotrófico Mesoeutrófico Eutrófico
METODO DE COLECTA: Botella: Tipo Capacidad (vol.) Red Cónica Apertura de malla: 40 µm Se colecta por filtrado de 50L de agua a través de una red cónica de 40 µm de abertura de malla. Se almacena en frasco de plástico, etiquetados y fijados en formol para su posterior separación e identificación de los organismos.	ESQUEMA DEL LAGO O LAGUNA incluir la ubicación de las estaciones y la direccionalidad del viento.

Datos de campo: PLANCTON

LOCALIDAD: Bota fego CUENCA: PROVINCIA Tambopata DEPARTAMENTO: Madre de Dios RESPONSABLE: Karla Iwana Lopez	CODIGO ESTACIÓN: FECHA: 03/05/2015 HORA: 09:20 am
COORDENADAS Y ALTITUD: 482803	8600495
CONDICIONES METEOROLÓGICAS: Sol :X: Parcial Nublado Total nublado Lluvia Viento Dirección	COLOR DEL AGUA Y ASPECTO: clara. ESTADO TRÓFICO: Oligotrófico Mesoeutrófico Eutrófico
PROFUNDIDAD: DISCO SECCHI (transparencia):	ESQUEMA DEL LAGO O LAGUNA incluir la ubicación de las estaciones y la direccionalidad del viento.
METODO DE COLECTA: Botella: Tipo Capacidad (vol.) Red Cónica Apertura de malla: 40 µm Se colecta por filtrado de 50 L de agua a través de una red cónica de 40 µm de abertura de malla. Se almacena en frasco de plástico, etiquetados y fijados en formol para su posterior separación e identificación de los organismos.	

Datos de campo: PLANCTON

LOCALIDAD: Quebrada Hennera CUENCA: PROVINCIA Tambopata DEPARTAMENTO: Madre de Dios RESPONSABLE: Nayra Sihway Perales	CODIGO ESTACIÓN: FECHA: 03/05/2015 HORA: 10:00 am
COORDENADAS Y ALTITUD: 478820 8605480	
CONDICIONES METEOROLÓGICAS: Sol <input checked="" type="checkbox"/> Parcial Nublado Total nublado Lluvia Viento Dirección	COLOR DEL AGUA Y ASPECTO: <p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">Turbio</p>
	ESTADO TRÓFICO: Oligotrófico <input checked="" type="checkbox"/> Mesoeutrófico Eutrófico
PROFUNDIDAD: DISCO SECCHI (transparencia):	ESQUEMA DEL LAGO O LAGUNA incluir la ubicación de las estaciones y la direccionalidad del viento.
METODO DE COLECTA: Botella: Tipo Capacidad (vol.) Red Cónica Apertura de malla: 40 μ m Se colecta por filtrado de 50L de agua a través de una red cónica de 40 μ m de abertura de malla. Se almacena en frasco de plástico, etiquetados y fijados en formol para su posterior separación e identificación de los organismos.	

Datos de campo: PLANCTON

LOCALIDAD: Espinoza CUENCA: PROVINCIA: Tambopata DEPARTAMENTO: Madre de Dios RESPONSABLE: Karla Ibara Lopez	CODIGO ESTACIÓN: FECHA: 03/05/2015 HORA: 06:53 am
COORDENADAS Y ALTITUD: 481439	8607426
CONDICIONES METEOROLÓGICAS: Sol <input checked="" type="checkbox"/> Parcial Nublado Total nublado Lluvia Viento Dirección	COLOR DEL AGUA Y ASPECTO: Color negro
PROFUNDIDAD: DISCO SECCHI (transparencia):	ESTADO TRÓFICO: Oligotrófico <input checked="" type="checkbox"/> Mesoeutrófico Eutrófico
METODO DE COLECTA: Botella: Tipo Capacidad (vol.) Red Cónica Apertura de malla: 40 µm Se colecta por filtrado de 50L de agua a través de una red cónica de 40 µm de abertura de malla. Se almacena en frasco de plástico, etiquetados y fijados en formol para su posterior separación e identificación de los organismos	ESQUEMA DEL LAGO O LAGUNA incluir la ubicación de las estaciones y la direccionalidad del viento.

Datos de campo: PLANCTON

LOCALIDAD: Capitania CUENCA: PROVINCIA: Tambopata DEPARTAMENTO: Madre de Dios RESPONSABLE: Mayra Silway Perales	CODIGO ESTACIÓN: FECHA: 03/05/2015 HORA: 05:40 am
COORDENADAS Y ALTITUD: 481382	8607694
CONDICIONES METEOROLÓGICAS: Sol <input checked="" type="checkbox"/> Parcial Nublado Total nublado Lluvia Viento Dirección	COLOR DEL AGUA Y ASPECTO: Color negro
PROFUNDIDAD: DISCO SECCHI (transparencia):	ESTADO TRÓFICO: Oligotrófico <input checked="" type="checkbox"/> Mesoeutrófico Eutrófico
METODO DE COLECTA: Botella: Tipo Capacidad (vol.) Red Cónica Apertura de malla: 40 µm Se colecta por filtrado de 50L de agua a través de una red cónica de 40µm de abertura de malla. Las muestras se almacenan en frascos de plástico etiquetados y fijados con formal al 4% para su posterior separación e identificación de los organismos	ESQUEMA DEL LAGO O LAGUNA incluir la ubicación de las estaciones y la direccionalidad del viento. 

Anexo 14: Resultado de los análisis bacteriológicos (EMAPAT 2015)



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

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO ANÁLISIS N° 048 - 2015

N° de Pago	:	90970	90971	90972	90973
Fecha de Pago	:	22/JUN/15	22/JUN/15	22/JUN/15	22/JUN/15
Procedencia	:	RioTambopata Espinoza	Rio MDD Com.Pastora	RioTambopata Botafogo	Lago Túpac Amaru
Muestra	:	Rio	Rio	Rio	Lago
Fecha de muestreo	:	09/JUN/15 11:58	09/JUN/15 09:50	09/JUN/15 11:23	09/JUN/15 09:02
Fecha de ingreso a laboratorio	:	09/JUN/15 13:07	09/JUN/15 13:07	09/JUN/15 13:07	09/JUN/15 13:07
Fecha de inicio análisis	:	10/JUN/15 14:35	10/JUN/15 14:35	10/JUN/15 14:35	10/JUN/15 14:35
Muestreado por	:	Karla Ibane López	Karla Ibane López	Karla Ibane López	Karla Ibane López
Solicitado por	:	UNAMAD LABORATORIO AMBIENTAL			

RESULTADOS DE ANALISIS BACTERIOLÓGICO

Método Filtro de Membrana

PARAMETRO	UND	RESULTADO			
		RioTambopata Espinoza	Rio MDD Com.Pastora	RioTambopata Botafogo	Lago Túpac Amaru
Dilución		$\times 10^{-2}$	$\times 10^{-2}$	$\times 10^{-2}$	$\times 10^{-2}$
Coliformes Termotolerantes	N°col/100 ml muestra	3900	400	100	0
Coliformes Totales	N°col/100 ml muestra	5800	1100	1200	0

OBSERVACIÓN.

Puerto Maldonado, Octubre 07 del 2015



EPS EMAPAT S.A.
Planta de Tratamiento de Agua Potable
Puerto Maldonado - Madre de Dios
J. Carrillo
Gerente de Producción



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

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO ANÁLISIS N° 047 - 2015

N° de Pago	:	90966	90967	90968	90969
Fecha de Pago	:	22/JUN/15	22/JUN/15	22/JUN/15	22/JUN/15
Procedencia	:	Rio MDD Capitania	Quebrada Herrera	Quebrada Loboyoc	Quebrada Chonta
Muestra	:	Rio	Quebrada	Quebrada	Quebrada
Fecha de muestreo	:	16/SET/15 11:30	09/JUN/15 11:40	09/JUN/15 12:30	09/JUN/15 10:41
Fecha de ingreso a laboratorio	:	16/SET/15 12:15	09/JUN/15 13:07	09/JUN/15 13:07	09/JUN/15 13:07
Fecha de inicio análisis	:	16/SET/15 14:50	10/JUN/15 14:35	10/JUN/15 14:35	10/JUN/15 14:35
Muestreado por	:	Karla Ibana López	Karla Ibana López	Karla Ibana López	Karla Ibana López
Solicitado por	:	UNAMAD LABORATORIO AMBIENTAL			

RESULTADOS DE ANALISIS BACTERIOLÓGICO

Método Filtro de Membrana

PARAMETRO	UND	RESULTADO			
		Rio MDD Capitania x 10 ⁻⁴	Quebrada Herrera x 10 ⁻²	Quebrada Loboyoc x 10 ⁻²	Quebrada Chonta x 10 ⁻²
Dilución					
Coliformes Termotolerantes	N°col/100 ml muestra	140000	700	0	200
Coliformes Totales	N°col/100 ml muestra	200000	3000	700	1300

OBSERVACIÓN.

Puerto Maldonado, Octubre 07 del 2015



Anexo 15: Estándares de Conservación y Preservación de muestra para parámetros fisicoquímicos.

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



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

Anexo 16: Guía de Bioindicadores para la evaluar la calidad de agua en Madre de Dios-Perú (Loayza Muro y La Matta Romero 2015).



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

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

1. Reconocer todos los diferentes tipos de ambientes: **sustratos** (arena, rocas, vegetación, hojarasca) **y agua** (lagunas, cochas, rápidos):
 - A. Aguas rápidas, con sustratos rocosos o de cantos rodados
 - B. Aguas de flujo lento con sustrato arenoso
 - C. Aguas de poca profundidad, con vegetación acuática y sustrato de cantos rodados

- ❖ En cada lugar se recomienda elegir la zona de orilla porque es menos profunda, tiene menor corriente y un sustrato más estable.
- ❖ El muestreo no debe hacerse en la zona central del río porque es más profunda, y la corriente remueve el sedimento y puede dañar la red.
- ❖ A lo largo de la orilla, se selecciona (en lo posible) tres hábitats de aspecto diferente, separados 10 m entre sí.





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



Red Surber



Red de patada



Lavado de rocas

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



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



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

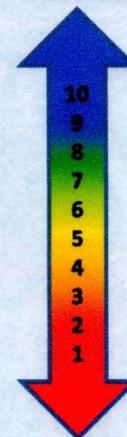


6. Se identifican los macroinvertebrados con ayuda de las fotos de esta guía. Cada Familia tiene un puntaje (del 1 al 10) que representa su sensibilidad a la contaminación. Cada vez que se encuentra una Familia se anota su número una sola vez, sin importar el número de individuos encontrado.

Por ejemplo, si se encuentran:

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

más sensible



más tolerante

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

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

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

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

Indicadores de mala a muy mala calidad de agua



Oligochaeta
A, 1



Chironomidae
D, 2



Culicidae
D, 2



Hydrophilidae
C, 3



Tipulidae
D, 3



Muscidae
D, 2



Hirudinea,
3



Ceratopogonidae
D, 3

Indicadores de regular a mala calidad de agua



Tabanidae
D, 5



Dolichopodidae
D, 4



Empididae
D, 4



Elmidae
C, 6



Libellulidae
O, 6

Indicadores de buena a regular calidad de agua



Hydropsychidae
T, 7



Leptoceridae
T, 8



Corixidae
H, 7



Baetidae
E, 7



Helicopsychidae
T, 8



Calopterygidae
O, 7



Coenagrionidae
O, 7



Notonectidae
H, 7



Veliidae
H, 8



Scirtidae
C, 7



Simuliidae
D, 8



Palaemonidae
Cr, 8



Naucoridae
H, 7

Indicadores de buena a excelente calidad de agua



Gomphidae
O, 10



Odontoceridae
T, 10



Oligoneuriidae
E, 10



Hydracarina
Tr, 10



Ptilodactylidae
C, 10



Perlidae
P, 10



Leptophlebiidae
T, 9



Psephenidae
C, 10

***Ordenes de macroinvertebrados con sus respectivos códigos.** Anélida – A, Coleoptera – C, Crustacea – Cr, Diptera – D, Ephemeroptera – E, Heteroptera – H, Odonata – O, Plecoptera – P, Trichoptera – T, Trombidiformes – Tr,

Esta guía ha sido elaborada por
Raúl Loayza Muro y Fiorella La Matta Romero
Laboratorio de Ecotoxicología (LID) – Facultad de Ciencias y Filosofía
Universidad Peruana Cayetano Heredia
Email: raul.loayza@upch.pe / fiorella.lamatta@upch.pe

Fotografías por Julio Araujo, Andrea Bustamante, Fiorella La Matta,
Jorge Peralta y Diana Vargas

Febrero 2015

6

Anexo 17: Guía de Identificación de Peces (Araújo 2015).

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

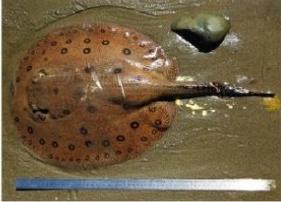






Nombre científico "Nombre común"
ORDEN Familia

1

			
1 <i>Potamotrygon motoro</i> "Raya"	2 <i>Potamotrygon</i> sp "Raya"	3 <i>Bunocephalus</i> sp "pez banjo"	4 <i>Characidium</i> sp
			
5 <i>Parodon</i> sp "Chupapiedras"	6 <i>Parodon</i> sp (juvenil)	7 <i>Leporinus friderici</i> "Lisa"	8 <i>Prochilodus nigricans</i> "Bocachico"
			
9 <i>Engraulisoma taeniatum</i> "anchoveta"	10 <i>Astyanax abramis</i> "sardina"	11 <i>Astyanax bimaculatus</i> "sardina"	12 <i>Astyanax maximus</i> "sardina"
			
13 <i>Roeboides biserialis</i>	14 <i>Acestrocephalus boehlkei</i>	15 <i>Odontostilbe fugitiva</i>	16 <i>Prodontocharax melanotus</i>
			
17 <i>Creagrutus occidaneus</i>	18 <i>Myleus rubripinnis</i> (hembra) "Palometa"	19 <i>Myleus rubripinnis</i> (macho) "Palometa"	20 <i>Brachyhalcinus nummus</i>

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



Nombre científico "Nombre común"
ORDEN Familia

2



21 *Cetopsis pearsoni* "Canero"



22 *Cetopsis coecutiens* "Canero"



23 *Pimelodina flavipinnis*



24 *Pimelodella* sp



25 *Pimelodella cristata*



26 *Achiropsis nattereri* "lenguado"



27 *Corydoras* sp



28 *Corydoras* sp



29 *Pseudoplatystoma punctifer* "doncella"



30 *Apistoloricaria* sp "carachama"



31 *Fartowella smithi*



32 *Hemiodontichthys acipenserinus*



33 *Loricaria cataphracta* "carachama"



34 *Hypostomus niceforoi* "Carach."



35 *Hypostomus* sp "Carachama"



36 *Aphanotorulus unicolor*



37 *Chaetostoma lineopunctatum*



38 *Sturisoma nigrirostrum*



39 *Rhineloricaria lanceolata*



40 *Squaliforma emarginata*

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

- Especies Capturadas -



Nombre científico "Nombre común"
ORDEN Familia

3



41 *Sorubim lima* "Pico pato"



42 *Centromochlus perugiae*



43 *Auchenipterus ambyiacus*



44 *Bujurquina cordemadii*



45 *Crenicichla semicincta*



46 *Apistogramma* sp.



47 *Megalonema* sp.



48 *Imparfinis* sp.



49 *Gymnotus carapo*



50 *Sternopygus macrurus*



51 *Eigenmannia* sp.



52 *Sternarchorhynchus* sp.



53 *Schizodon fasciatus* "lisa"



54 *Moenkhausia oligolepis*



55 *Attonitus bounites*



56 *Aphyocharax pusillus*



57 *Steindachnerina guentheri*



58 *Steindachnerina dobula*



59 *Steindachnerina bimaculata*



60 *Steindachnerina hypostoma*

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

- Especies Capturadas -



Nombre científico "Nombre común"
ORDEN Familia

4



61 *Serrasalmus rhombus*



62 *Serrasalmus sp*



63 *Pimelodus ornatus* "bagre"



64 *Raphiodon vulpinus*



65 *Knodus savannensis*



66 *Knodus sp1*



67 *Knodus ortegasae*



68 *Knodus sp2*



69 *Bryconacidnus ellisi*



70 *Brycon cephalus* "sabalo"



71 *Salminus brasiliensis* "sabalo"



72 *Cynopotamus sp*



73 *Charax caudimaculatus*



74 *Hbplias malabaricus* "Huasco"



75 *Thoracocharax stellatus*



76 *Imparfinis sp*



77 *Vandellia cirrhosa* "canero"



78 *Vandellia cirrhosa* (juvenil)



79 *Gephyrocharax sp*



80 *Pimelodus pictus* "bagre"

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

- Especies Esperables -



Nombre científico "Nombre común"
ORDEN Familia

5



81 *Menanocharacidium* sp



82 *Serrapinus notomelaes*



83 *Monotoceiroidon* sp



84 *Piaraactus brachypomus*



85 *Ctenobrycon huaxwellianus*



86 *Brycon melanopterus*



87 *Tripotheus angulatus* "sapamama"



88 *Potamorhina altamazonica*



89 *Hoplerethrinus unitaeniatus*
"Shuyo"



90 *Hydrolicus armatus*
"Chambira"



91 *Salminus affinis*



92 *Acestrorhynchus falcatus*



93 *Rivulus cf christinae*



94 *Brachyhypopomus* sp



95 *Synbranchus marmoratus*
"Atinga"



96 *Synbranchus marmoratus*



97 *Electrophorus electricus*
"Anguila"



98 *Plagioscion squamosissimus*
"Corvina"



99 *Satanoperca jurupari*



100 *Callichthys Callichthys*
"Shiruy"

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

- Especies Esperables -



Nombre científico "Nombre común"
ORDEN Familia

6



101 *Trachelyopterus cf galeatus*



102 *Astroblepus mancoi*



103 *Trychomicterus sp*



104 *Ituglanis sp*



105 *Rhamdia quelen*



106 *Megalodoras irwini* "piro"



107 *Oxydoras niger* "turushuqui"



108 *Zungaro zungaro*



109 *Pimelodus blochii* "bagre"



110 *Callophysus macropterus* "mota"



111 *Aguarunichthys torosus*



112 *Platystomatichthys sturio* "pico pato"



113 *Pseudoplatystoma tigrinum* "Puma zungaro"



114 *Pseudotylorus angusticeps* "Achacubo"



115 *Hypostomus sp*



116 *Ancistrus sp*

Anexo 18: Peces colectados en los ocho puntos de muestreo

Foto 01: *Aphyocharax pusillus*
Günther, 1868



Foto 02: *Astyanax fasciatus*
Cuvier, 1819



Foto 03: *Lamontichthys filamentosus* (La Monte, 1935)

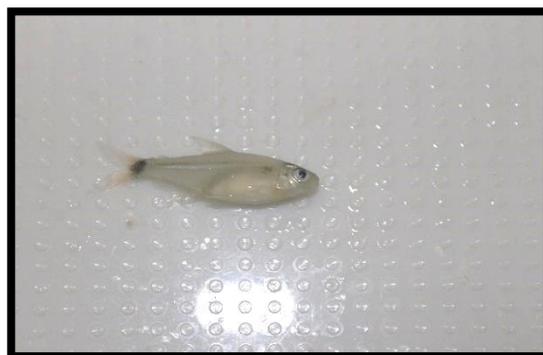


Foto 04: *Odontostilbe* sp



Foto 05: *Pimelodella cristata*
(Müller & Troschel, 1848)



Foto 06: *Pimelodus maculatus* La
Cepède, 1803



Foto 07: *Prionobrama filigera*
(Cope, 1870)



Foto 08: *Vandellia cirrhosa*
Valenciennes, 1846

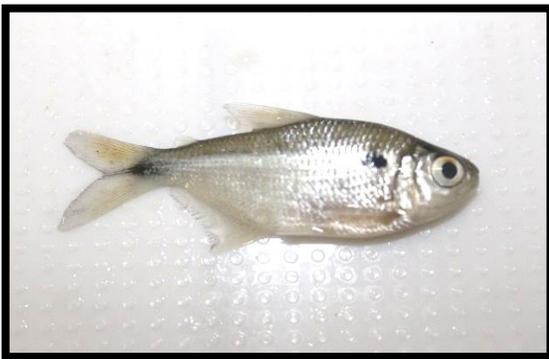


Foto 09: *Astyanax abramis*
Jenyns, 1842



Foto 10: *Gasteropelecus sp*



Foto 11: *Leptodoras acipenserinus*
(Günther, 1868)



Foto 12: *Moenkhausia dichrourea*
(Kner, 1858)



Foto 13: *Parodon sp*



Foto 14: *Thoracocharax stellatus*



Foto 15: *Triportheus albus* Cope,
1862



Foto 16: *Acestrocephalus boehlkei*
Menezes, 1977



Foto 17: *Astyanax bimaculatus*
(Linnaeus, 1758)



Foto 18: *Centromochlus sp*



Foto 19: *Characidium sp*



Foto 20: *Ctenobrycon hauxwellianus* (Cope, 1870)



Foto 21: *Characidium sp*



Foto 22: *Leporinus pearsoni*
Fowler, 1940



Foto 23: *Loricarichthys sp*

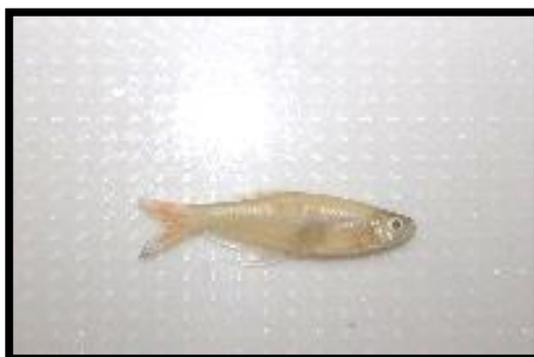


Foto 24: *Prionobrama filigera*
(Cope, 1870)



Foto 25: *Sorubim lima* (Bloch & Schneider, 1801)

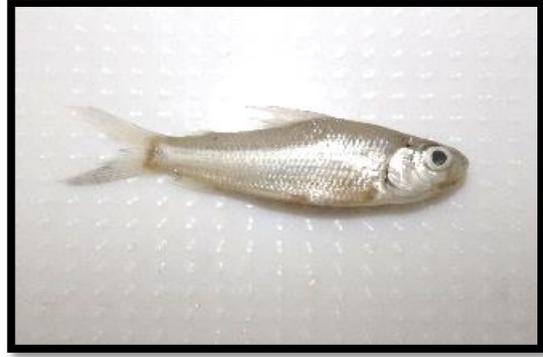


Foto 26: *Steindachmerina* sp



Foto 27: *Cheirocerus* sp



Foto 28: *Eigenmannia virescens* (Valenciennes, 1842)



Foto 29: *Moenkhausia intermedia* Eigenmann, 1908



Foto 30: *Paragoniates alburnus* Steindachner, 1876



Foto 31: *Serrapinnus sp*



Foto 32: *Bryconops melanurus*
(Bloch, 1794)



Foto 33: *Creagrutus sp*



Foto 34: *Hoplias malabaricus*
(Bloch, 1794)



Foto 35: *Hoplias malabaricus*
(Bloch, 1794)



Foto 36: *Knodus sp*



Foto 37: *Moenkhausia collettii*
Steindachner, 1882



Foto 38: *Ancistrus sp*



Foto 39: *rachychalcinus copei*
Steindachner, 1882



Foto 40: *Prochilodus nigricans*
Agassiz, 1829



Foto 41: *Gephyrocharax sp*

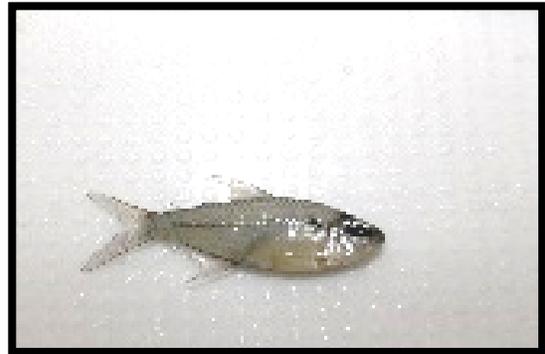


Foto 42: *Hemigrammus sp*



Foto 43: *Moenkhausia oligolepis*

Anexo 19: Bentos colectados en los ocho puntos de muestreo.



Foto 44: Baetidae



Foto 45: Elmidae



Foto 46: Leptophlebiidae



Foto 47: Libellulidae

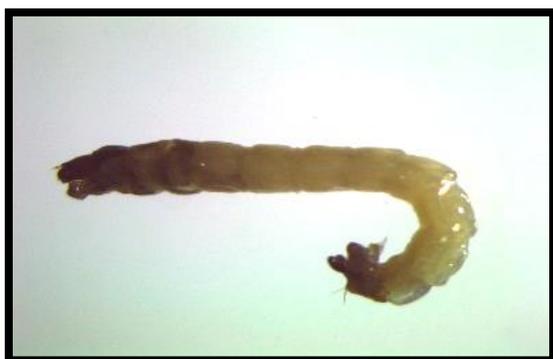


Foto 48: *Naucoridae*



Foto 49: *Philopotamidae*



Foto 50: *Odontoceridae*



Foto 51: Scirtidae

Anexo 20 : Fotos de campo en los ocho puntos de muestreo



Foto 52: Puerto Capitanía, obteniendo muestra de agua.



Foto 53: Espinoza, reconocimiento del punto de muestreo.



Foto 54: Herrera, sacando muestras de plancton.



Foto 55: Playa Botafógo, reconocimiento del área antes de muestreo.



Foto 56: Quebrada Chonta, vista panorámica.



Foto 57: Pastora, sacando muestras de bentos.



Foto 58: Entrada al lago Tupac Amaru.



Foto 59: Quebrada Loboyoc, obteniendo muestras bentos.

z



Foto 60: Red Surber para la colecta de bentos.



Foto 61: Colocando Formol a la muestra de plancton.



Foto 62: Colocando la cinta teflón al envase para asegurar las muestras.



Foto 63: Codificando el envase.



Foto 64: Sacando muestras de agua para saber el oxígeno disuelto del agua.



Foto 65: Colocando las muestras de agua al envase para análisis fisicoquímico.

Anexo 21: Fotos en el laboratorio Ambiental Regional de la UNAMAD para la evaluación de los parámetros fisicoquímicos, bentos y peces.



Foto 66: Colocación del uniforme y guantes para las respectivas evaluaciones de las muestras obtenidas en campo.



Foto 67: Se está haciendo uso del instrumento del laboratorio para la obtención de datos de ph y temperatura.



Foto 68: Se colocó la muestra de agua en un vaso de precipitado para su análisis.

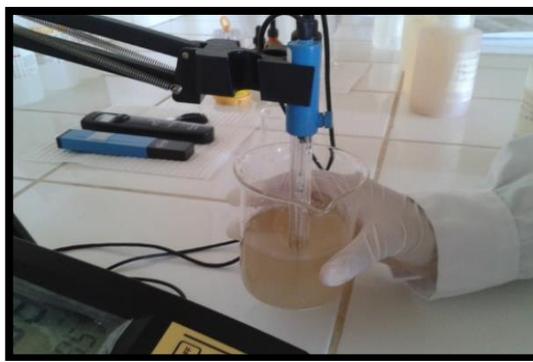


Foto 69: El vaso de precipitado con la muestra de agua dentro, es llevado al instrumento de medición.



Foto 70: Al empezar y terminar de utilizar cada instrumento de medición se lava con agua destilada.



Foto 71: Las muestras de agua al ser llevadas al laboratorio, deben estar bien cerradas.