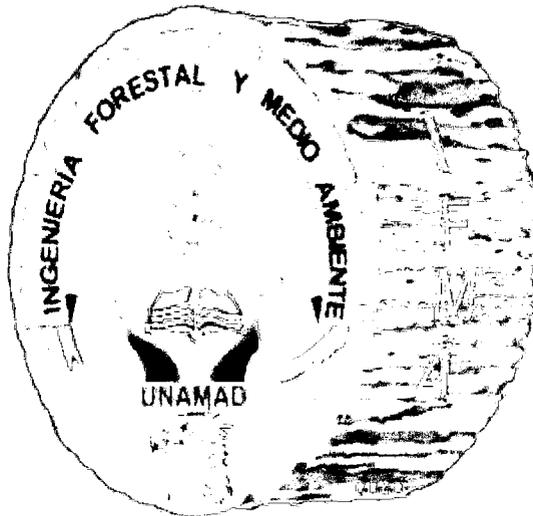


Madre de Dios Capital de la Biodiversidad del Perú

**UNIVERSIDAD NACIONAL
AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS**



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente

TÍTULO

“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”.

Bach. Lizeyka Xilena Barra Polanco

Asesor: M.Sc. Joel Peña Valdeiglesias

**Tesis Para Optar el Título Profesional de Ingeniero Forestal y Medio
Ambiente**

PUERTO MALDONADO, MADRE DE DIOS, PERÚ

2015

DEDICATORIA

A Dios porque siempre me acompañó durante mis 6 años en el alma mater de nuestra región la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios-UNAMAD y me brindó la fortaleza para seguir adelante y no darme por vencida. Al mismo tiempo por darme la oportunidad de conocer amigos verdaderos que siempre estuvieron y están presentes sin importar las condiciones.

A mis padres TANIA Y ARTURO que son lo más grande que tengo en esta vida, por enseñarme a luchar con todas las fuerzas y darme ejemplos de valor, coraje, fortaleza, esperanza y amor.

A mi mamá Mila que descansa al lado de nuestro Señor, a mi mamá Julia que aún está con nosotros y siempre me brinda su apoyo incondicional.

Y a toda mi familia en especial.

AGRADECIMIENTO

A Dios por la fortaleza, vida y alegría que me dio en el vivir día a día.

A mis padres TANIA Y ARTURO, gracias por confiar en mí y brindarme su apoyo incondicional.

A Jim, por demostrarme su apoyo incondicional en todo momento.

A mi asesor de tesis M.Sc. Joel Peña Valdeiglesias, por su apoyo durante el desarrollo de la investigación.

Al Centro Amazónico de Educación Ambiental e Investigación-ACEER por permitirme realizar mi investigación, en especial al ingeniero Therany Gonzales Ojeda investigador responsable del proyecto de educación ambiental Paquete de Hojas: Ecología de quebradas.

A la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios-UNAMAD por acogerme y formar de mí un buen profesional, en especial a todo los profesores que me formaron.

RESUMEN

El estudio de investigación se desarrolló en nueve quebradas: Infierno V, Infierno III, 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".

El objetivo del estudio fue evaluar la calidad del agua en nueve quebradas en el tramo carretero Puerto Maldonado-Mazuko en relación a los diferentes usos de suelos de las áreas circundantes a las quebradas.

Se identificaron un total de 10053 individuos, pertenecientes a 51 familias, 13 órdenes y 7 clases. El índice de diversidad de Shannon-Wiener más alto lo presentaron las quebradas West Santa Rosa y Santo Rosario (SRO) con un valor de 2.248 y 2.218 respectivamente, el mayor índice de dominancia fue para la quebrada Mazuko con 0.427, siendo la clase Oligochaeta más abundante.

Los índices bióticos EPT y BMWP'-CR mostraron que las quebradas La Joya, Central Santa Rosa, Mazuko, Infierno V e Infierno III presentan una mala calidad de agua, esto se ve afectado por los diversos usos de suelos de las áreas circundantes a las mismas, como urbanización y agricultura. Para las quebradas Santo Rosario e East Santa Rosa de acuerdo a ambos índices presentan excelente calidad de agua, debido a que no se observan agentes antrópicos que estén alterando el medio acuático.

Palabras claves: macroinvertebrados acuáticos, indicadores biológicos, calidad de agua, índice EPT y BMWP'-CR.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

CAPITULO I

I.	MARCO TEORICO.	1
1.1.	Antecedentes.	1
1.2.	El agua.	3
1.2.1.	Calidad del agua.	4
1.2.2.	Contaminación del agua.	5
1.3.	Indicadores biológicos.	6
1.4.	Los macroinvertebrados acuáticos.	6
1.4.1.	Principales características ecológicas de los grupos de macroinvertebrados.	7
1.5.	Índices bióticos.	9
1.5.1.	Índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera).	9
1.5.2.	Índice BMWP-CR (Biological Monitoring Working Party Modificado para Costa Rica).	9

CAPITULO II

II.	MATERIALES Y MÉTODOS	10
2.1.	Área de estudio.	10
2.1.1.	Altitud.	10
2.1.2.	Precipitación.	10
2.1.3.	Temperatura.	10
2.1.4.	Tipo de bosque.	10
2.1.5.	Clima.	10
2.1.6.	Cuenca Inambari.	11
2.1.7.	Cuenca Tambopata.	11
2.2.	Selección de sitios de muestreo.	12
2.3.	Diseño de estudio.	14
2.4.	Métodos.	14
2.4.1.	Evaluación de la calidad de agua en base a macroinvertebrados acuáticos.	14
2.4.1.1.	Elaboración de los paquetes de hojas.	15
2.4.1.2.	Instalación de los paquetes de hojas.	15
2.4.1.3.	Permanencia de los paquetes de hojas sumergidos en las quebradas.	16
2.4.1.4.	Unidades y períodos de muestreo.	16
2.4.1.5.	Recolección de los paquetes de hojas.	17

2.4.1.6.	Clasificación e Identificación de macroinvertebrados acuáticos.	17
2.4.2.	Evaluación de la calidad de agua en base a parámetros físico-químicos.	18
2.4.2.1.	Medición de la temperatura del agua.	18
2.4.2.2.	Medición del pH.	18
2.4.2.3.	Medición del oxígeno disuelto.	19
2.4.2.4.	Medición del fosfato.	20
2.4.2.5.	Medición de nitratos.	20
2.4.2.6.	Medición de la turbidez.	20
2.4.3.	Medición de la descarga de los sitios de muestreo.	22
2.5.	Análisis de datos.	22
2.5.1.	Evaluación de calidad de agua en base a Macroinvertebrados acuáticos.	22
2.5.1.1.	Índice EPT.	22
2.5.1.2.	Índice BMWP'-CR.	23
2.5.2.	Índices de diversidad.	25
2.5.2.1.	Índice de Shannon-Weaver (H).	25
2.5.2.2.	Dominancia de Simpson (Simpson 1949).	26
2.5.3.	Usos de suelo vs. Diversidad y abundancia de macroinvertebrados.	26

CAPITULO III

III.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.	27
3.1.	Análisis físico-químico y Calidad del agua a través de macroinvertebradosacuáticos como bioindicadores.	27
3.1.1.	Caracterización de los sitios de muestreo (quebradas).	27
3.1.2.	Parámetros físico-químicos de las nueve quebradas.	31
3.1.3.	Evaluación de la calidad del agua a través de macroinvertebradosacuáticos como bioindicadores.	34
3.1.3.1.	Análisis calidad de Agua quebrada la joya.	35
3.1.3.2.	Análisis calidad de Agua Quebrada Infierno III.	36
3.1.3.3.	Análisis calidad de Agua quebrada Infierno V.	37
3.1.3.4.	Análisis calidad de Agua quebrada La Colina.	38
3.1.3.5.	Análisis calidad de Agua quebrada Santo Rosario.	38
3.1.3.6.	Análisis calidad de Agua quebrada East Santa Rosa.	40
3.1.3.7.	Análisis calidad de Agua quebrada Central Santa Rosa.	41

3.1.3.8. Análisis calidad de Agua quebrada West Santa Rosa.	42
3.1.3.9. Análisis calidad de Agua quebrada Mazuko.	43
3.2. Diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos en las nueve quebradas.	44
3.3. Relación entre parámetros físico-químicos y diversidad de Shannon-Weaver (H).	51
3.4. Análisis de la diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos con los diferentes usos de suelos de las áreas circundantes.	53
3.5. Guía de identificación rápida de identificación de Macroinvertebrados acuáticos.	58
CONCLUSIONES	59
RECOMENDACIONES	61
BIBLIOGRAFÍA	62
ANEXOS	66

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Tipos de Agua.	4
Cuadro 2.	Localización de los sitios de muestreo (quebradas).	12
Cuadro 3.	Unidades de muestreo de paquetes de hojas.	16
Cuadro 4.	Fechas de instalación y recolección de paquetes de hojas.	17
Cuadro 5.	Porcentaje de saturación de la muestra de agua.	19
Cuadro 6.	Cuadro de evaluación de resultados.	21
Cuadro 7.	Calidad de agua de acuerdo al Índice EPT.	23
Cuadro 8.	Puntuación para cada una de las familias de macroinvertebrados según el índice BMWP'-CR.	24
Cuadro 9.	Calidad de agua de acuerdo al índice BMWP'-CR.	25
Cuadro 10.	Caracterización de los nueve sitios de muestreo (quebradas).	31
Cuadro 11.	Indicadores físico-químico evaluado en las nueve quebradas.	33
Cuadro 12.	Resultado EPT y BMWP'-CR, quebrada "La Joya".	35
Cuadro 13.	Resultado EPT y BMWP'-CR, quebrada "Infierno III".	36
Cuadro 14.	Resultado EPT y BMWP'-CR, quebrada "Infierno V".	37
Cuadro 15.	Resultado EPT y BMWP'-CR para la, quebrada "La Colina".	38
Cuadro 16.	Resultado EPT y BMWP'-CR, quebrada "Santo Rosario".	39
Cuadro 17.	Resultado EPT y BMWP'-CR, quebrada "East Santa Rosa".	40
Cuadro 18.	Resultados EPT y BMWP'-CR, quebrada "Central Santa Rosa".	41
Cuadro 19.	Resultado EPT y BMWP'-CR, quebrada "West Santa Rosa".	42
Cuadro 20.	Resultado EPT y BMWP'-CR, quebrada "Mazuko".	43
Cuadro 21.	Diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos.	53
Cuadro 22.	Aspectos que afectan la calidad de agua en las nueve quebradas.	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Mapa de Ubicación geográfica del área de estudio y los sitios de muestreo (quebradas).	13
Figura 2.	Gráfico de color de los parámetros Oxígeno disuelto, Nitrato, Fosfato, pH, coliformes y Turbidez.	20
Figura 3.	Número y abundancia de familias colectadas durante los tres periodos de muestreo, en las 9 quebradas evaluadas.	45
Figura 4.	Número de individuos de las familias y clases más Abundantes de macroinvertebrados acuáticos de las nueve quebradas, colectadas en los tres periodos de muestreo.	46
Figura 5.	Número de familias de macroinvertebrados acuáticos presentes en las nueve quebradas, colectadas en los tres periodos de muestreo.	47
Figura 6.	Número de individuos por clase de macroinvertebrados Acuáticos presentes en las nueve quebradas, colectadas en los tres periodos de muestreo.	48
Figura 7.	Número total de individuos presentes en cada una de las nueve quebradas, colectadas en los tres periodos de muestreo.	49
Figura 8.	Valores de los índices de diversidad de los macroinvertebrados acuáticos colectados en las nueve quebradas, durante los tres periodos de muestreo.	50
Figura 9.	Relación entre el pH y diversidad de Shannon-Weaver (H).	51
Figura 10:	Relación entre el oxígeno disuelto y diversidad de Shannon-Weaver (H).	52

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Mapa de tipo de vegetación en el área de estudio.	67
Anexo 2.	Mapa de tipo de fisiografía en el área de estudio.	68
Anexo 3.	Macroinvertebrados acuáticos colectados en los tres períodos de muestreo en las quebradas a lo largo del tramo carretero Puerto Maldonado-Mazuko.	69
Anexo 4.	Valores del índice BMWP'-CR para las nueve quebradas A lo largo del tramo carretero Puerto Maldonado-Mazuko.	71
Anexo 5.	Índice EPT para las nueve quebradas a lo largo del tramo carretero Puerto Maldonado-Mazuko.	73
Anexo 6.	Número de individuos y abundancia de familias y clases encontrados en las 9 quebradas.	75
Anexo 7.	Número de individuos de las familias y clases más abundantes de Macroinvertebrados de las 9 quebradas.	76
Anexo 8.	Número total de individuos colectados en cada una de las 9 quebradas.	76
Anexo 9.	Número de familias presentes en las 9 quebradas.	76
Anexo 10.	Número total de individuos por clase presentes en las 9 quebradas.	76
Anexo 11.	Formato de campo para descripción del área circundante a las quebradas.	77
Anexo 12.	Formato de campo para la toma de datos de parámetros fisicoquímicos de las quebradas.	78
Anexo 13.	Formato de campo para la medición de la descarga (m ³ /s) de las quebradas evaluadas.	78
Anexo 14.	Quebradas evaluadas en la presente investigación.	79
Anexo 15.	Certificación de identificación de macroinvertebrados acuáticos.	81
Anexo 16.	Guía de identificación rápida de macroinvertebrados acuáticos.	82

INTRODUCCION

El agua es esencial para la supervivencia y el bienestar de los seres humanos, e importante para muchos sectores de la economía. Lamentablemente los recursos hídricos se encuentran repartidos de manera desigual en el espacio y el tiempo, por lo que son sometidos a fuertes presiones, principalmente antrópicas (Sánchez, 2008).

De toda el agua del planeta, sólo el 1% es útil para los seres vivos. Ese pequeño porcentaje es un bien necesario e importante para la supervivencia de los organismos del mundo, por lo tanto debe considerarse como un recurso estratégico cuya conservación es indispensable para el futuro (Carrera & Fierro, 2001).

Alrededor del mundo, actividades humanas como la agricultura desmedida, deforestación, explotación maderera, canales de riego, explotación minera, descargas humanas están reduciendo la disponibilidad del recurso agua (Mafla, 2005).

En la región Madre de Dios, sobre el eje carretero de la vía interoceánica existen poblaciones que buscan incrementar sus fronteras agrícolas realizando tala raza de los bosques sin el menor reparo y cuidado de las fuentes de agua lo cual conlleva a alterar el régimen hídrico de las mismas. En el caso de la ganadería sucede lo mismo. No existe un uso adecuado de los cursos de agua, ya que estos son empleados como bebederos del ganado alterando el ecosistema acuático generando turbidez, eliminando de alguna manera la fauna acuática. Por otro lado, uno de los mayores impactos generados por la carretera interoceánica, es el fácil acceso para desarrollar la minería aurífera destruyendo ecosistemas boscosos y consecutivamente, alterando el cauces de los ríos, provocando la sedimentación, el vertido de hidrocarburos, entre otros, causando de esta manera la pérdida de

ecosistemas acuáticos y consecuentemente contaminando un recurso de mucha importancia sobre el planeta para la existencia de la vida.

En la actualidad, para determinar la calidad y el grado de contaminación de las aguas, existen varios métodos de estudio tanto de carácter químico como físico, pero uno de los métodos quizá más confiable e interesante es el monitoreo biológico, el mismo que como su nombre lo indica considera los seres vivos habitantes del ecosistema acuático como indicadores e informadores de calidad del agua es decir del buen o mal estado de la misma (Mafla, 2005).

Los métodos biológicos cada vez se convierten en una alternativa para monitorear la salud de los ríos y de esta forma determinar los impactos a largo plazo de los procesos de contaminación. El uso de macroinvertebrados como indicadores biológicos de calidad de agua, es una de las mejores alternativas debido a su sencillo manejo y a que los costos son inferiores a los métodos físicos y químicos (Vega, 2004).

Actualmente en Madre de Dios los estudios sobre calidad de agua a nivel de quebradas son escasos, existiendo un desconocimiento de la situación actual de las fuentes de agua en la mayor parte de la región. Para lo cual se ha planteado este trabajo como un aporte al conocimiento y como una alternativa de evaluación sobre calidad de agua; que tiene por objetivo general: Evaluar la calidad del agua en nueve quebradas en el tramo carretero Puerto Maldonado-Mazuko en relación a los diferentes usos de suelos de las áreas circundantes a las quebradas. Y que estas a su vez presenta los siguientes objetivos específicos: Evaluar la calidad del agua en nueve quebradas a través de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores; evaluar la diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos en las nueve quebradas en el tramo Puerto Maldonado-Mazuko; relacionar la diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos con los diferentes usos de suelo de las áreas circundantes a las quebradas, y , elaborar una guía rápida de identificación de macroinvertebrados acuáticos.

CAPITULO I

I. MARCO TEORICO

1.1. Antecedentes.

Las evaluaciones biológicas de los ríos datan desde principios del siglo XX, ya en esos tiempos se demostraba preocupación por la contaminación que afecta a la calidad del agua. Es en los años 60, se inicia una etapa en la que se comienza a usar macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad de agua. En la actualidad, el uso de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores para el monitoreo de la calidad de agua es aún una práctica muy frecuente en estudios de impacto ambiental de los proyectos de desarrollo. Existen muchos estudios que demuestran su eficacia para la determinación de la calidad de cuerpos de agua loticos, a continuación se mencionan algunos estudios relacionados a la presente investigación:

Camargo (2004) Utilizó dos métodos para la evaluación ambiental de la microcuenca de la Honda, relacionando la calidad del agua con el estado de los ecosistemas de ribera, utilizando a los macroinvertebrados como bioindicadores, ya que por su duración, arrojó información importante y complementaria con los métodos fisicoquímicos y bacteriológicos tradicionales, a través del índice de disimilaridad o afinidad (Jaccard). Los resultados obtenidos fueron positivos, demostrando la viabilidad de hacer estudios de base y monitoreos extensos a través de los bioindicadores permita a las comunidades conocer la realidad de sus aguas.

Álvarez & Pérez (2007) Analizaron la calidad del agua de la subcuenca de río Yeguaré y cinco de sus afluentes: los ríos Santa Inés, Chupadero, Salada, Gallo y Pita; mediante la utilización de índices biológicos complementada con parámetros fisicoquímicos. En cada río se midieron parámetros fisicoquímicos como demanda bioquímica de oxígeno (DBO), oxígeno disuelto (OD), conductividad eléctrica (CE),

pH, temperatura, fosfatos, amonios y nitratos. En los seis ríos se recolectaron macroinvertebrados para determinar la diversidad por medio del índice de Shannon-Weaver (H'), similitud a través del índice de Morisita y se calcularon índices bióticos como el Índice Biótico de Familias (IBF), el Biological Monitoring Working Party (BMWP) y el Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT) para determinar la calidad del agua. El número total de individuos resultados del estudio en la subcuenca del Yeguaré corresponde a 1815, representados por 21 órdenes, 62 familias y 219 géneros. Santa Inés es la microcuenca que además de contar con más géneros (45), mantiene valores altos tanto en diversidad de taxa (29) como en el total de la población colectada (425). De igual manera el índice H' de Santa Inés fue uno de los más altos con 1.36. Con respecto a la diversidad, todos los ríos mostraron ser diferentes, con excepción de Pita-Santa Inés ($T=0.388$, $gl=388$, $P=0.698$), Salada-Chupadero ($T=-1.022$, $gl=261$, $P=0.308$) y Yeguaré-Chupadero ($T=1.111$, $gl=231$, $P=0.268$). Por otro lado, el río Gallo a pesar de caracterizarse por sus aguas muy claras, es el río que presenta las peores condiciones biológicas y fisicoquímicas, por su bajo pH y conductividad eléctrica relativamente alta en comparación a los otros ríos, posiblemente porque además de su acidez natural, es la microcuenca más afectada por el impacto de poblaciones humanas. Aunque hubo algunas leves variaciones al comparar los resultados con los fisicoquímicos, estos complementaron el estudio, pues las tendencias mostradas por ambos métodos fueron similares.

Coronel & Jiménez (2006) Realizaron un estudio de la calidad del agua en la parte alta, media y baja, mediante la utilización de macroinvertebrados empleando el análisis EPT y de Sensibilidad, donde además proponen el diseño de un plan de monitoreo comunitario. Este estudio se realizó en un periodo de ocho meses, se colectaron muestras en los tres sitios de monitoreo, clasificando los individuos por órdenes y familias, información que fue procesada y analizada mediante el índice biológico EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichóptera) y sensibilidad, los cuales asignan valores de tolerancia a las familias de macroinvertebrados respecto a la contaminación. Determinándose como resultado que el agua del río Jatunyacu en la parte alta es de "mala" calidad, en la parte media es "regular" y en la parte baja es

de "buena" calidad. El diseño del plan de monitoreo comunitario permitió a los pobladores de la comunidad afectada por la contaminación del agua, poseer un conocimiento básico sobre la técnica de monitoreo con el empleo de macroinvertebrados, actividad que hará posible diagnosticar el estado actual del río, tomar medida de solución que permita preservar este valioso recurso.

Cutipa & Araújo (2012) Realizaron una descripción de la diversidad y el estado de conservación 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 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 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 (Espinosa) los peor valorados.

1.2. 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 & Fierro, 2001).

Cuadro 1. Tipos de Agua.

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 1km	0,330
agua subterránea más profunda (muy salada e impotable)	0,290
Otras aguas	99,315
Océanos	97,200
Glaciares y casquetas polares	2,150
Atmósfera	0,001

Fuente: (Coronel & Jiménez, 2006)

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 & Jiménez, 2006).

1.2.1. Calidad del 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 & Jiménez, 2006).

El ciclo natural del agua tiene una gran capacidad de purificación; pero esta misma facilidad de regeneración del agua, y su aparente abundancia, hace que sea el

vertedero habitual en el que arrojamamos los residuos producidos por nuestras actividades: pesticidas, desechos químicos, metales pesados, residuos radiactivos entre otros, se encuentran, en cantidades mayores o menores (Calderón, 2004).

1.2.2. 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).

Según Jiménez (2001) la contaminación del agua puede estar producida por:

- **Compuestos minerales:** pueden ser sustancias tóxicas como los metales pesados (plomo, mercurio, etc.), nitratos, nitritos. Otros elementos afectan a las propiedades organolépticas (olor, color y sabor) del agua que son el cobre, el hierro, etc. Otros producen el desarrollo de las algas y la eutrofización (disminución de la cantidad de O₂ disuelto en el agua) como el fósforo.
- **Compuestos orgánicos:** (fenoles, hidrocarburos, detergentes, etc.) producen también eutrofización del agua debido a una disminución de la concentración de oxígeno, ya que permite el desarrollo de los seres vivos y éstos consumen O₂. La contaminación microbiológica se produce principalmente por la presencia de fenoles, bacterias, virus, protozoos, algas unicelulares.
- **Aguas residuales urbanas:** aguas fecales, aguas de fregado, agua de cocina. Los principales contaminantes de éstas son la materia orgánica y microorganismos.
- **Aguas residuales industriales:** contienen casi todos los tipos de contaminantes (minerales, orgánicas, térmicos por las aguas de refrigeración). Estas aguas se vierten a ríos o mares tras una depuración parcial.
- **Aguas residuales ganaderas:** el tipo de contaminantes va a ser materia orgánica y microorganismos. Pueden contaminar pozos y aguas subterráneas cercanas.

- **Aguas residuales agrícolas:** los contaminantes que contienen son materia orgánica (fertilizantes, pesticidas). Pueden contaminar aguas subterráneas, ríos, mares, embalses, etc.

1.3. Indicadores biológicos.

En general, todo organismo es indicador de las condiciones del medio en que se desarrolla, ya que de cualquier forma su existencia en un espacio y momentos determinados responden a su capacidad de adaptarse a los distintos factores ambientales (Herbas, Rivero, & Gonzáles, 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, et al. 2004; Medianero & Samaniego 2004; Oscoz, et al. 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).

1.4. Los macroinvertebrados acuáticos.

Los macroinvertebrados comprenden a los animales que en sus últimos estadios larvarios alcanzan un tamaño igual o mayor a 1mm. 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, & Gonzáles, 2006).

Por su sensibilidad y alta diversidad responden a cualquier tipo de contaminación de manera efectiva (Carrera & 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 & 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 Mollusca y la clase Hirudinea.
- **Clase 3** Se encuentra en medios contaminados por materia orgánica, se destaca a la Clase Annelida, y la familia Chironomidae.

1.4.1. Principales características ecológicas de los grupos de macroinvertebrados.

- **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).

- **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).
- **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).
- **Coleóptera:** La mayoría de coleópteras acuáticas viven en aguas continentales lóticas y lénticas. En las zonas lóticas 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).
- **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).
- **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).

- **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).
- **Anélida:** Viven en aguas eutróficas. En los ríos contaminados con materia orgánica y aguas negras, constituyéndose estos en indicadores de contaminación acuática (Roldán, 1999).

1.5. 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 tróficos, taxonómicos de diversidad y comparativos (Leiva, 2003).

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

1.5.1. 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).

1.5.2. 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).

CAPITULO II

II. MATERIALES Y METODOS

2.1. Área de estudio.

El área de estudio comprende las vías de acceso y sus respectivos márgenes en el tramo carretero Puerto Maldonado-Mazuko, que se encuentra ubicado en el Departamento de Madre de Dios, provincia de Tambopata, y en los distritos de Tambopata e Inambari. La cual geográficamente quedo definida como área de estudio, hidrográficamente el área de estudio comprende las cuencas Inambari y Tambopata (Figura 1).

2.1.1. Altitud. La Región Madre de Dios varía desde 176 m.s.n.m (distrito de Tambopata en la provincia de Tambopata) hasta 3,967 m.s.n.m (distrito de Fitzcarrald en la provincia de Manu), (Mateo & Cornejo, 2006).

2.1.2. Precipitación. La región presenta precipitaciones pluviales entre 1,000 y 2,000 mm, distinguiéndose dos periodos estacionales. Uno seco, entre mayo y noviembre, y otro lluvioso, entre diciembre y abril; en los últimos 10 años se ha obtenido una máxima mensual de 695 mm, y una máxima anual de 2,791mm (Mateo & Cornejo, 2006).

2.1.3. Temperatura. La temperatura media anual oscila entre 24°C y 25°C. Siendo característica la presencia de masas de vientos fríos (friajes) provenientes del sur entre los meses de junio y agosto, común en toda la región (Mateo & Cornejo, 2006).

2.1.4. Tipo de bosque. La vegetación que predomina y abarca la mayor superficie en Madre de Dios corresponde a la clasificación de bosque húmedo tropical (bh-T), que cubre casi la totalidad de las provincias de Tambopata y Manu (Mateo & Cornejo, 2006).

2.1.5. Clima. es de tipo tropical, cálido, húmedo y con abundantes precipitaciones pluviales (Mateo & Cornejo, 2006).

2.1.6. Cuenca Inambari: Geográficamente se localiza al extremo Sur de la cuenca Madre de Dios. La subcuenca ocupa pisos altitudinales desde los 225 m.s.n.m. en la desembocadura con el río Madre de Dios (Boca Inambari), hasta los 5000 m.s.n.m. en la naciente del río Inambari en Puno. En la parte baja presenta zonas de vida de bosque muy húmedo -Subtropical, en la parte media un bosque pluvial - Subtropical y en la parte alta la zonas son de paramo y tundra pluvial - Alpino Subtropical (Anexo 1). La cuenca presenta grandes variaciones en su relieve que van desde Terrazas altas ligeramente disectadas o llanuras aluviales en la parte baja a cordilleras de pendientes abruptas en la parte alta, en la zona de Puno, pasando por Montañas altas muy empinadas. Así mismo, es la cuenca con mayores pendientes (MINAG, ANA, ALAM, 2010) (Anexo 2).

2.1.7. Cuenca Tambopata: Geográficamente se localiza al Sur-Este de la cuenca Madre de Dios. La cuenca ocupa pisos altitudinales desde los 200 m.s.n.m., en la desembocadura con el río Madre de Dios (Puerto Maldonado), hasta los 4750 m.s.n.m. en la naciente del río Tambopata en Puno. En la parte baja presenta zonas de vida de bosque húmedo – Subtropical a bosque muy húmedo - Subtropical, en la parte media un bosque pluvial - Subtropical y en la parte alta la zonas son de paramo y bosque pluvial - Alpino Subtropical (Anexo 1). La cuenca presenta grandes variaciones en su relieve que van desde Terrazas altas ligeramente disectadas o llanuras aluviales en la parte baja a cordilleras de pendientes abruptas en la parte alta, en la zona de Puno, pasando por Montañas altas muy empinadas (MINAG, ANA, ALAM, 2010) (Anexo 2).

2.2. Selección de sitios de muestreo.

Con la finalidad de seleccionar los sitios de muestreo, se realizó un recorrido de reconocimiento de las vías de acceso y las quebradas que las atraviesan, en el tramo carretero Puerto Maldonado-Mazuko, con la ayuda de un mapa de ubicación de todas las quebradas sobre el mencionado tramo.

Los criterios de selección de los sitios de muestreo fueron: fácil acceso a las quebradas, diferentes usos de suelo afectando a las quebradas (ganadería, minería, agricultura y urbanización), el tamaño de las quebradas (descarga, ancho y profundidad) y la permanencia del flujo de agua durante el año.

Como resultado del reconocimiento del área de estudio se seleccionaron un total de nueve (9) sitios de muestreo (quebradas) georeferenciados (Cuadro 2) y seleccionados en base a los criterios ya mencionados. Estos nueve sitios de muestreo representan 32% del total de 28 quebradas que intersectan las vías de acceso dentro del área de estudio. De las nueve quebradas seleccionadas para el estudio cinco de ellas pertenecen a la cuenca Tambopata, otorgándoles la denominación de: Infierno V (INF5), Infierno III (INF3), La Joya (LAJ), La Colina (LAC) y Santo Rosario (SRO); y cuatro quebradas pertenecen a la cuenca Inambari, cuya denominación es: East Santa Rosa (ESR), Central Santa Rosa (CSR), West Santa Rosa (WSR) y Mazuko (MA) respectivamente (Figura 1).

Cuadro 2. Localización de los sitios de muestreo (quebradas).

N°	Cuenca	Sitio de muestreo	Coordenadas UTM	
			Este	Norte
1	Tambopata	Infierno-V	474027.57	8598626.55
2	Tambopata	Infierno-III	475809.48	8599789.26
3	Tambopata	La Joya	477979.87	8602887.38
4	Tambopata	La Colina	471033.16	8602632.34
5	Tambopata	(*) Santo Rosario	419757.10	8576149.58
6	Inambari	(*) East Santa Rosa	360374.47	8570236.59
7	Inambari	Central Santa Rosa	358956.99	8570759.27
8	Inambari	West Santa Rosa	356784.14	8571302.34
9	Inambari	Mazuko	351788.81	8551660.27

(*) Quebradas Control

Fuente: Elaboración propia.

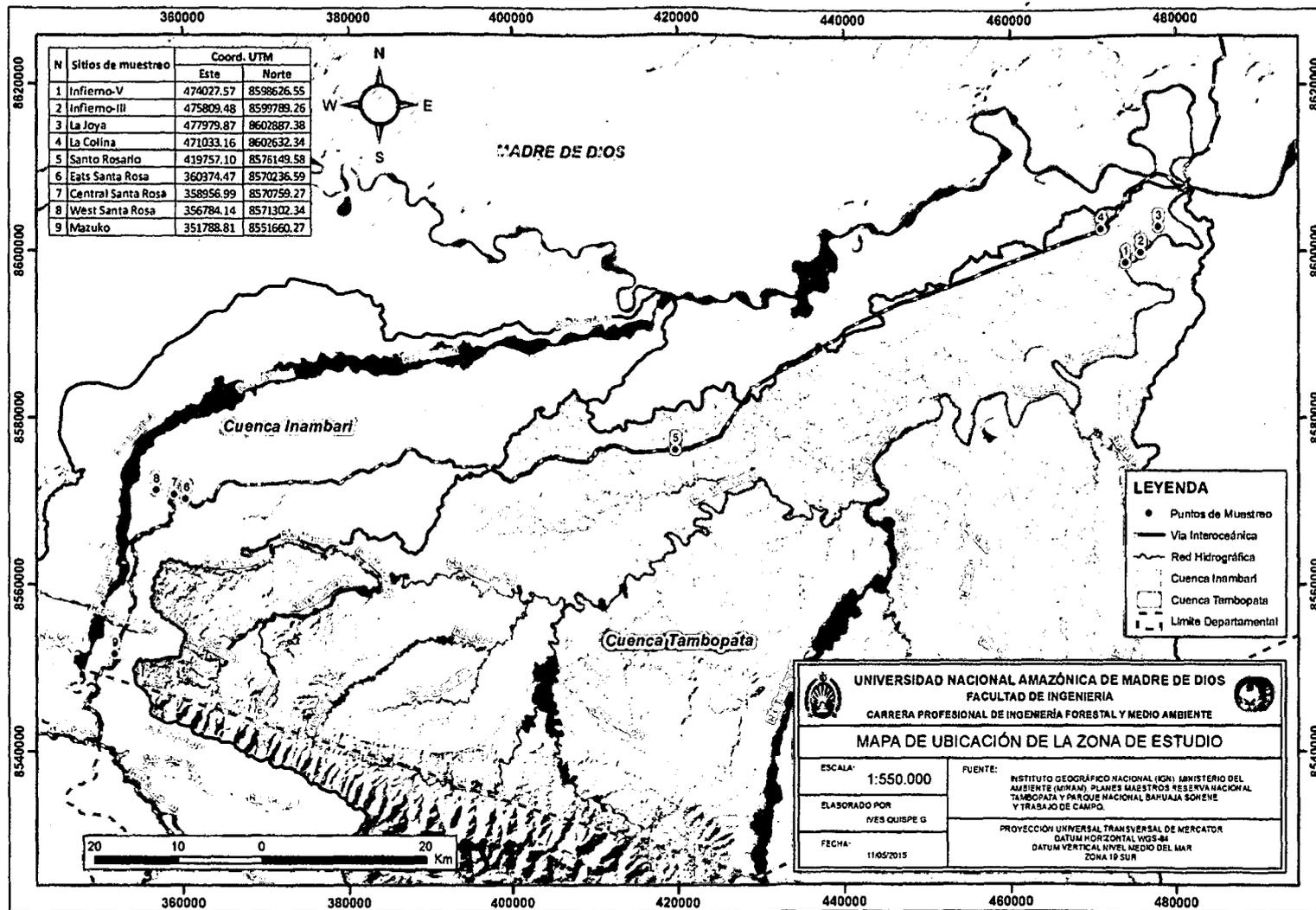


Figura 1. Mapa de Ubicación geográfica del área de estudio y los sitios de muestreo (quebradas).

Fuente: Elaboración propia.

2.3. Diseño de estudio.

El presente estudio se llevó a cabo en nueve quebradas con diferentes grados de integridad. Se usó el diseño control/impacto, donde el primero está referido a sitios prístinos o sin presencia observable de impacto antrópico; mientras que el segundo a sitios con diferentes grados de impacto. En base a ello, dos quebradas fueron elegidas como control, una se encuentra ubicada para los sitios de estudio de la cuenca Tambopata siendo esta la quebrada "Santo Rosario", ubicado en el kilómetro 76 en el tramo carretero Puerto Maldonado-Mazuko, y la quebrada "East Santa Rosa" que pertenece a la cuenca Inambari, se encuentra ubicada en el kilómetro 139 en el tramo carretero Puerto Maldonado-Mazuko. Cuatro quebradas fueron elegidas como sitios de estudio ubicados en el eje carretero Puerto Maldonado-Infierno (Infierno V, Infierno III, La Joya y La Colina) que pertenecen a la cuenca Tambopata, y 3 quebradas elegidas como sitios de estudio ubicados en el eje carretero Puerto Maldonado-Mazuko (Central Santa Rosa, West Santa Rosa y Mazuko) que pertenecen a la cuenca Inambari.

Cabe resaltar que la elección de controles e impactos se basó tanto en la integridad del bosque, como su ubicación de las quebradas en áreas sin impacto y zonas con referencias de uso de suelo del área de estudio como minería, agricultura, urbanización y ganadería.

2.4. Métodos.

2.4.1. Evaluación de la calidad de agua en base a macroinvertebrados acuáticos.

Los macroinvertebrados acuáticos han sido utilizados como organismos bioindicadores desde hace mucho tiempo atrás. Para efectos del muestreo de estos organismos, existe una serie de métodos e instrumentos. Muchos de ellos son costosos y difíciles de conseguir; es por esta razón que el presente estudio aplicó un método novedoso, sencillo, práctico y sobretodo muy barato.

Este método se denomina "Paquete de hojas (Leaf Pack)", desarrollado por el Stroud Water Research Center (Centro Stroud de Investigaciones Acuáticas), un centro de investigación del agua dulce con más de 40 años de experiencia, ubicado en el estado de Pennsylvania, Estados Unidos.

El presente método consistió en elaborar paquetes de hojas artificiales, los cuales se instalaron dentro de las quebradas por un período de tiempo de 4 semanas que permitieron la colonización de los macroinvertebrados acuáticos; luego que se retiraron los paquetes de las quebradas se procedió a evaluar la diversidad y abundancia de los macroinvertebrados presentes en los paquetes de hojas y en base a los índices planteados en la metodología se pudo conocer la calidad del agua de las quebradas.

2.4.1.1. Elaboración de los paquetes de hojas.

Para efectos del muestreo en el presente estudio se prepararon paquetes de hojas, estos constan de bolsas de malla plástica cuyo peso (tara) es de 5 g y 30 g de hojas frescas de guaba (*Inga edulis* – Fabaceae), pesos que se registraron con una balanza gramera, siendo el peso total del paquete de hojas de 35 g.

Dentro del paquete también se colocó una etiqueta a prueba de agua con los datos de número de paquete, fecha y hora de instalación. Para seguridad y evitar que las hojas se salgan el paquete de hojas fue asegurado con una cuerda sintética en ambos extremos.

2.4.1.2. Instalación de los paquetes de hojas.

Los paquetes de hojas fueron colocados en diferentes puntos dentro de las quebradas a orillas de las mismas, de preferencia en las corrientes. Estos paquetes fueron sujetos a troncos o ramas que estaban sumergidas en el agua, de tal manera que los paquetes de hojas quedaron totalmente sumergidas sin ser enterrados; asegurados fijamente con una cuerda sintética para evitar que se muevan con la corriente o puedan ser arrastradas por las mismas.

2.4.1.3. Permanencia de los paquetes de hojas sumergidos en las quebradas.

Los paquetes de hojas permanecieron sumergidas en las quebradas por un período de tiempo de 4 semanas, de tal manera que hongos y bacterias van realizando la descomposición de las hojas para que los macroinvertebrados (larvas de insectos) colonicen, se alimenten de ellas y así encontramos un hábitat de macroinvertebrados en cada paquete de hojas.

2.4.1.4. Unidades y períodos de muestreo.

Las unidades de muestreo estuvieron representadas por tres paquetes de hojas. Se colocaron un total de seis paquetes de hojas en cada uno de los sitios de muestreo, constituyendo así un total de dos réplicas para cada uno de los sitios de muestreo de tal manera que se asegure por lo menos coleccionar una unidad de muestreo para cada una de las quebradas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Unidades de muestreo de paquetes de hojas.

Unidad de muestreo	Número de paquetes de hojas	Sitios de muestreo								
		INF5	INF3	LAJ	LAC	SRO	ESR	CSR	WSR	MA
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Total de paquetes de hojas/ quebrada		6	6	6	6	6	6	6	6	6

Fuente: Elaboración propia

El muestreo se realizó en tres períodos consecutivos durante los meses de temporada seca en nuestra región (Mayo, Junio y Julio). Es decir se realizó tres instalaciones de seis paquetes de hojas en cada una de las quebradas, por un período de permanencia de los paquetes de hojas de 4 semanas, período que dura la colonización de macroinvertebrados para luego ser recolectados (Cuadro 4).

Cuadro 4. Fechas de instalación y recolección de paquetes de hojas.

Actividad	Periodo de muestreo			
	abril	mayo	junio	julio
Fecha de instalación	25-26	24-25	21-22	
Fecha de recolección		24-25	21-22	19-20

Fuente: Elaboración propia.

2.4.1.5. Recolección de los paquetes de hojas.

Transcurrido el tiempo de colonización, se procedió a sacar los paquetes de las quebradas tomando en consideración que la colecta de paquetes se realizó en contra de la corriente, se evitó realizar el menor disturbio posible, empleando un colador se logró retirar el paquete lo más rápido posible ya que algunos organismos suelen escapar cuando son perturbados.

Una vez obtenido el paquete de hojas dentro del colador y fuera del agua, se procedió a enjuagar el paquete, vertiendo sobre este agua de la quebrada para eliminar el sedimento acumulado en las hojas; seguidamente abrimos el paquete de hojas en una bandeja de color blanco, para visualizar mejor a los macroinvertebrados, los que fueron colectados mediante una búsqueda exhaustiva, hoja por hoja y utilizando pinzas suaves para no dañar a los individuos.

Los macroinvertebrados obtenidos de cada unidad de muestreo, se colocaron en frascos conteniendo alcohol de 97°, cada frasco fue rotulado y codificado con el respectivo nombre de la quebrada y el número de paquete colectado para posteriormente realizar la clasificación, identificación y conteo de los macroinvertebrados, trabajo que se realizó en laboratorio.

2.4.1.6 Clasificación e Identificación de macroinvertebrados acuáticos.

La clasificación e identificación de los macroinvertebrados acuáticos se trabajaron en el laboratorio del Centro Amazónico de Educación Ambiental-ACEER en Puerto Maldonado.

El contenido de cada frasco se colocó en una bandeja pequeña de color blanco a fin de facilitar el reconocimiento de los especímenes colectados. Con la ayuda de pinzas suaves se separó los especímenes de los restos hojas y sedimentos, realizando la clasificación de los macroinvertebrados, con la ayuda de un

estereoscopio fueron observados e identificados. Contrastando la identificación con la ayuda de claves de identificación, guías fotográficas elaboradas por el Stroud Water Research Center y una guía fotográfica de bioindicadores de Costa Rica. Cabe resaltar que la clasificación e identificación de los macroinvertebrados de la clase insecta se realizó a nivel de familias y; los turbelarios, gastropodas, oligochaetas e hirudineas se clasificaron a nivel de clase.

Las muestras fueron preservadas en criobiales de 5ml con alcohol de 97°, muestras que fueron enviadas al Laboratorio de Invertebrados Acuáticos de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos-UNMSM para su respectiva certificación de identificación (Anexo 16).

2.4.2. Evaluación de la calidad de agua en base a parámetros físico-químicos.

En las nueve quebradas (sitios de muestreo) seleccionadas para este estudio se midieron parámetros fisicoquímicos con un equipo manual utilizado para realizar el monitoreo con pastillas y monitorear la calidad del agua, fue diseñado para ofrecer un método sencillo, de bajo costo, y seguro de efectuar pruebas en aguas de ríos, lagos, embalses, pozos o cualquier otra fuente de agua dulce. Las pruebas miden ocho parámetros básicos de la calidad del agua. Estos son las bacterias coliformes, el oxígeno disuelto, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), los nitratos, el pH, los fosfatos, la temperatura, y la turbidez (LaMotte, 2010).

De los ocho parámetros que se pueden medir con el mencionado kit, para el presente estudio solo se midieron datos de, temperatura del ambiente, temperatura del agua, pH, oxígeno disuelto, fosfatos, nitratos y turbidez.

2.4.2.1. Medición de la temperatura del agua.

Dato que se tomó con un termómetro previamente calibrado. El termómetro se agarró de la argolla para evitar descalibrarlo con el calor de la mano, se introdujo en el agua y se dejó sumergido por dos minutos, luego se sacó el termómetro e inmediatamente se tomó lectura del dato.

2.4.2.2. Medición del pH.

Para medir el pH se extrajo una porción de agua en una probeta hasta la línea de 10 ml, a ésta se agregó un reactivo (pastilla) de pH. Se tapó la muestra y se agito

hasta que se desintegró completamente el reactivo. Luego se comparó el color de la muestra con la gráfica de color de pH (Figura 2).

2.4.2.3. Medición del oxígeno disuelto.

Se sumergió una probeta pequeña en el agua y se llenó hasta el tope, se introdujo dos reactivos (pastillas) de "oxígeno disuelto", luego se tapó la probeta, notando que a medida que se presiona la tapa se desbordó un poco de agua. Verificando que no quede ninguna burbuja de aire en la muestra. Se mezcló el contenido de la muestra por cuatro minutos aproximadamente, tiempo en que tardan los reactivos en disolverse, se esperó por cinco minutos más para observar que color toma la muestra. Se comparó el color de la muestra con la gráfica de color de oxígeno disuelto, anotando el resultado en ppm (partes por millón) (Figura 2).

Una vez obtenido el dato del color de la muestra, se ubicó la temperatura del agua en la cuadro de Porcentaje de Saturación, luego se buscó el resultado de oxígeno disuelto de la muestra de agua en la parte de arriba del cuadro. El porcentaje de saturación resultó de la intersección entre la línea de temperatura y la columna de OD (Cuadro 5).

Cuadro 5. Porcentaje de saturación de la muestra de agua.

T °C	Oxígeno disuelto		
	0 ppm	4 ppm	8 ppm
2	0	29	58
4	0	31	61
6	0	32	64
8	0	34	68
10	0	35	71
12	0	37	74
14	0	39	78
16	0	41	81
18	0	42	84
20	0	44	88
22	0	46	92
24	0	48	95
26	0	49	99
28	0	51	102
30	0	53	106

Fuente: (LaMotte, 2010).

2.4.2.4. Medición del fosfato.

Se llenó la probeta hasta la línea 10ml con el agua de la muestra, agregando un reactivo (pastilla) de fosfato. Se tapó la probeta y se disolvió e contenido de la muestra, se esperó cinco minutos para observar el color de la muestra. Se comparó el color de la muestra con la gráfica de color de fosfato y se anotó el resultado en ppm (Figura 2).

2.4.2.5. Medición de nitratos.

Se llenó la probeta con agua hasta la línea de 5 ml, se agregó el reactivo (pastilla) de nitrato, se tapó la probeta y se disolvió el contenido, luego se esperó 5 minutos hasta observar el color de la muestra. Se comparó el color de la muestra con la gráfica de color de nitrato y se anotó los resultados en ppm de nitrato (Figura 2).

2.4.2.6. Medición de la turbidez.

Usando el envase del kit LaMotte, se tomó una muestra de agua hasta la línea de turbidez, la cual está marcada en la etiqueta fuera del envase. Se sostuvo la tarjeta de turbidez sobre el frasco, comprando la apariencia de los dos iconos y anotando los resultados en UTJ que significa Unidad de Turbidez de Jackson (Figura 2).

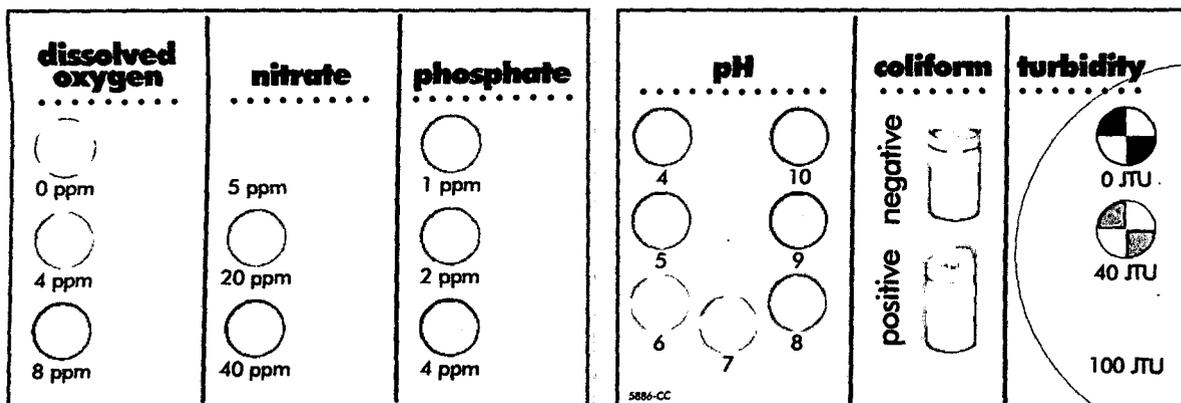


Figura 2. Gráfico de color de los parámetros Oxígeno disuelto, Nitrato, Fosfato, pH, coliformes y Turbidez.

Fuente: (LaMotte, 2010).

Los datos obtenidos con los parámetros físico-químicos medidos fueron interpretados usando una escala del 1 al 4 (Cuadro 6).

Cuadro 6. Cuadro de evaluación de resultados.

Factor de prueba	Resultado	Puntuación
Oxígeno disuelto	91-110% de saturación	4 (excelente)
	71-90% de saturación	3 (bueno)
	51-70% de saturación	2 (regular)
	<50% de saturación	1 (bajo)
DBO	0 ppm	4 (excelente)
	4 ppm	3 (bueno)
	8 ppm	2 (regular)
pH	4	1 (bajo)
	5	1 (bajo)
	6	3 (bueno)
	7	4 (excelente)
	8	3 (bueno)
	9	1 (bajo)
Nitrato	5 ppm	2 (regular)
	20 ppm	1 (bajo)
	40 ppm	1 (bajo)
Fosfato	1 ppm	4 (excelente)
	2 ppm	3 (bueno)
	4 ppm	2 (regular)
Turbidez	0 UTJ	4 (excelente)
	>0-40 UTJ	3 (bueno)
	>40-100 UTJ	2 (regular)
	>100 UTJ	1 (bajo)

Fuente: (LaMotte, 2010).

2.4.3. Medición de la descarga de los sitios de muestreo.

Las mediciones y cálculos de los caudales de las nueve quebradas evaluadas se realizaron según la metodología del Centro Stroud de Investigaciones Acuáticas (Stroud Water Research Center) la descarga o caudal es la cantidad de agua que pasa por un punto determinado del río o quebrada. La cantidad de agua (en metros cúbicos por segundo) se calcula empleando la siguiente fórmula:

$$\text{Ancho} \times \text{profundidad} \times \text{coeficiente de aspereza} \times \text{velocidad} = \text{descarga (m}^3/\text{s)}.$$

Nota:

Coficiente de aspereza es un valor que corresponde al tipo de fondo del curso de agua.

- 0.9 si el fondo del cauce es liso, de limo, arena o piedra.
- 0.8 si el fondo del cauce es áspero con escombros, piedras o grava.

2.5. Análisis de datos.

2.5.1. Evaluación de calidad de agua en base a macroinvertebrados acuáticos.

La calidad de agua se determinó mediante el uso de índices (EPT y BMWP'-CR), en base a la abundancia y diversidad de macroinvertebrados acuáticos que fueron colectados en las unidades de muestreo (paquetes de hojas).

2.5.1.1. Índice EPT.

La aplicación de este índice se basó en la observación de las poblaciones de solo tres órdenes de macroinvertebrados acuáticos, los cuales son muy sensibles a la contaminación de los cuerpos de agua. Estos órdenes son: Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera. Según (Carrera & Fierro, 2001), la fórmula aplicada para calcular el índice EPT es la siguiente:

$$EPT = \frac{E + P + T}{N^{\circ} \text{ total de macroinvertebrados}} \times 100$$

Dónde:

E= número total de macroinvertebrados del orden Ephemeroptera.

P= número total de macroinvertebrados del orden Plecoptera.

T= número total de macroinvertebrados del orden Trichoptera.

N°= número total de individuos muestreados (macroinvertebrados).

Los resultados obtenidos en valores porcentuales con la aplicación de dicho índice se interpretan con el cuadro 7.

Cuadro 7. Calidad de agua de acuerdo al Índice EPT.

INTERVALOS %	CALIDAD
75-100	Muy buena
50-74	Buena
25-49	Regular
0-24	Mala

Fuente: (Carrera & Fierro, 2001)

2.5.1.2. Índice BMWP'-CR.

Este índice se calculó sumando las puntuaciones asignadas a los distintos taxones encontrados en las muestras de macroinvertebrados. La puntuación se asigna en función del grado de sensibilidad a la contaminación (Cuadro 8).

La clasificación de la calidad de las aguas según este índice adquiere valores comprendidos entre 0 y un máximo indeterminado que, en la práctica, no suele superar 200. Seis clases de calidad para el agua (las dos primeras clases pertenecen al grupo de aguas no contaminadas) (Cuadro 9).

Cuadro 8. Puntuación para cada una de las familias de macroinvertebrados según el índice BMWP'-CR.

PUNTUACION	FAMILIA
10	Ephemeroptera: Heptageniidae.
	Plecoptera: Perlidae.
	Trichoptera: Hydrobiosidae, Lepidostomatidae, Odontoceridae, Ecnomidae.
	Odonata: Polythoridae.
	Diptera: Blephariceridae, Athericidae.
8	Ephemeroptera: Leptophlebiidae.
	Trichoptera: Glossosomatidae, Leptoceridae, Calamoceratidae, Limnephilidae.
	Blattodea: Blaberidae.
	Odonata: Aeshnidae, Cordulegastridae, Corduliidae, Perilestidae.
7	Coleoptera: Ptilodactylidae, Lutrochidae, Psephenidae.
	Odonata: Gomphidae, Platystictidae, Megapodagrionidae, Lestidae, Protoneuridae.
	Trichoptera: Philopotamidae.
	Crustacea: Talitridae, Gammaridae.
6	Trichoptera: Polycentropodidae, Hydroptilidae, Xiphocentronidae, Hydroptilidae.
	Odonata: Libellulidae.
	Megaloptera: Corydalidae.
5	Ephemeroptera: Baetidae, Leptohiphidae, Oligoneuriidae, Polymitarcyidae.
	Trichoptera: Hydropsychidae, Helicopsychidae.
	Coleoptera: Elmidae, Dryopidae, Hydraenidae, Limnichidae.
	Lepidoptera: Pyralidae.
	Crustacea: Palaemonidae.
Tricladida: Planariidae	
4	Ephemeroptera: Caenidae.
	Odonata: Coenagrionidae, Calopterygidae.
	Coleoptera: Gyrinidae, Staphylinidae, Noteridae, Chrysomelidae, Curculionidae, Haliplidae, Lampyridae, Dytiscidae, Scirtidae.
	Diptera: Simuliidae, Tipulidae, Dixidae, Dolichopodidae, Empididae, Muscidae, Sciomyzidae, Ceratopogonidae, Stratiomyidae, Tabanidae.
	Hemiptera: Notonectidae, Naucoridae, Belostomatidae, Corixidae, Pleidae, Nepidae.
3	Diptera: Psychodidae.
	Coleoptera: Hydrophilidae.
	Mollusca: Thiaridae, Hydrobiidae, Valvatidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae, Bithyniidae, Bythinellidae, Sphaeridae.
	Annelida: Hirudidae, Glossiphonidae, Erpobdellidae.
Crustacea: Asellidae.	
2	Diptera: Chironomidae, Culicidae, Ephydriidae.
1	Diptera: Syrphidae.
	Oligochaeta: (todas las clases).

Fuente: (Mafla, 2005).

Los resultados obtenidos con el índice BMWP'-CR se interpretan con el (cuadro 9).

Cuadro 9. Calidad de agua de acuerdo al índice BMWP'-CR

NIVEL DE CALIDAD	BMWP'-CR	COLOR
Aguas de calidad excelente	>120	Excelente
Aguas de calidad buena, no contaminadas o no alteradas de manera sensible	101-120	Muy bueno
Aguas de calidad regular, contaminación moderada.	61-100	Bueno
Aguas de calidad mala, contaminadas.	36-60	Regular
Aguas de calidad mala, muy contaminadas.	16-35	Pobre
Aguas de calidad muy mala extremadamente contaminadas.	<15	Muy Pobre

Fuente: (Mafla, 2005).

2.5.2. Índices de diversidad.

2.5.2.1. Índice de Shannon-Weaver (H).

Índice que fue elaborado en 1963 teniendo en cuenta la teoría matemática de la información, su aplicación en ecología fue propuesta inicialmente por Margalef. Este índice se mide en unidades de bits/individuo cuando la escala logarítmica es la base 2. En el contexto de los ecosistemas fluviales este índice adquiere un valor máximo de 4.5 bits/individuo para las comunidades de macroinvertebrados bentónicos. Valores inferiores a 2.4-2.5 "bits"/individuo son indicativos de que el ecosistema se encuentra sometido a tensión (vertidos, dragados, canalizaciones, regulación por embalses, etc.). Este índice disminuye mucho en aguas muy contaminadas" (Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente, 2002). "El índice de diversidad de Shannon-Wiener representa la abundancia proporcional de cada tipo de organismo dentro de un área de interés. Es una medida ampliamente usada para medir la diversidad de las comunidades ecológicas y organismos vivos. El SDI ≥ 0 es 0 cuando la estación o sitio contiene solamente un tipo de familia (no hay diversidad) y SDI (H') se incrementa a medida que aumenta el número de familias de diferentes especies" (Orellana, 2003).

$$H = \sum Pi . \log Pi$$

Dónde: $Pi = \frac{ni}{N}$

2.5.2.2. Dominancia de Simpson.

“Es la probabilidad compuesta de que dos individuos extraídos al azar de una comunidad pertenezcan a la misma especie; si dicha probabilidad es alta la comunidad es poco diversa”, su valor va de 0 a 1 (Orellana, 2003).

$$Ds = \frac{\sum ni(ni - 1)}{N(N - 1)}$$

(Simpson, 1949)

2.5.3. Usos de suelo vs. Diversidad y abundancia de macroinvertebrados.

Cada uno de los índices obtenidos mediante el conteo, la clasificación e identificación de los especímenes colectados fueron relacionados con los datos obtenidos de las observaciones directas de usos de suelo realizadas en cada uno de los sitios de muestreo.

Los datos de uso de suelo reflejan la presencia o ausencia de determinados usos de suelos en cada uno de los sitios de muestreo y estos a su vez son relacionados con los resultados de la evaluación de la calidad de agua. Esta relación refleja la influencia de los usos de suelo sobre la calidad de agua de las quebradas.

Además, se hizo una relación de los resultados de las pruebas físico-químicas con los diferentes usos de suelo en cada uno de los sitios de muestreo a fin de relacionar estos resultados con los de la evaluación biológica de la calidad de agua de las quebradas.

CAPITULO III

III. RESULTADOS Y DISCUSIONES.

3.1. Análisis físico-químico y Calidad del agua a través de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores.

3.1.1. Caracterización de los sitios de muestreo (quebradas).

Infierno V. Quebrada evaluada ubicada en la cuenca Tambopata. Atraviesa el eje carretero (Puerto Maldonado-CC.NN infierno) y se ubica en una zona influenciada por agricultura. Así mismo, se caracterizó por poseer una ribera con presencia de vegetación nativa. El tipo de agua correspondió a clara con fondo areno fangoso (sedimentos finos), con escaso movimiento de masas de agua, presencia de hábitat de troncos, ramas, paquete de hojas naturales. Con respecto a intervenciones antropogénicas se pudo observar la construcción de un puente aguas abajo de la zona de muestreo, así mismo se pudo observar carga mediana de sedimentos no correspondiente al estado original de esta quebrada, ya que según los moradores de la zona, está quebrada originalmente poseía aguas medianamente claras. También se pudo observar evidencia de contaminación orgánica confirmadas in-situ por el olor y consistencia del sedimento.

Infierno III. Quebrada de estudio ubicada en la cuenca Tambopata. Atraviesa el eje carretero (Puerto Maldonado-CC.NN infierno) y se ubica también en una zona influenciada por agricultura. Así mismo, se caracterizó por poseer una ribera con presencia de vegetación nativa y pastizales. El tipo de agua correspondió a clara, presencia de hábitat de rápidos, troncos, ramas, paquetes de hojas naturales, el lecho de la quebrada fue de fondo duro con sedimentos finos. Con respecto a las intervenciones antropogénicas observadas en esta quebrada fue la construcción de un puente aguas debajo de la zona de muestreo.

La Joya. Quebrada de estudio ubicada en la cuenca Tambopata, recibe el impacto directo de la población, ya que se localiza en la ciudad de Puerto Maldonado, ésta quebrada presenta una zona boscosa con predominancia del aguaje. El tipo de agua correspondió a blanca con fondo areno fangoso (sedimentos finos) con escaso movimiento de masas de agua. Los hábitats en orden de predominancia fueron pozas, troncos, ramas, paquetes de hojas naturales, humedales. Las Intervenciones antropogénicas observadas en esta quebrada fueron la construcción de un puente, tuberías de descarga, tuberías de drenaje, y carretera aguas arriba de la zona de muestreo, agregando a esto la excesiva presencia de residuos sólidos dentro de la quebrada.

La colina. Quebrada de estudio ubicada en la cuenca Tambopata, se localiza en el kilómetro 14 de la carretera interoceánica en el tramo Puerto Maldonado-Mazuko, se ubica en una zona boscosa con una pequeña vegetación ribereña. Posee poco movimiento de masas de agua, correspondiendo a un tipo de agua clara. El tipo de hábitats en orden de predominancia que presentó fue paquetes de hojas naturales, vegetación acuática, ramas, troncos; el lecho de la quebrada está constituido por sedimentos finos, piedras y pozas de fondo blando (areno-arcilloso). La vegetación ribereña no forma un área cerrada y tupida, permitiendo que la luz penetre con más facilidad en muchas partes del cuerpo de agua. En las áreas circundantes a ésta quebrada presenta zonas de ganadería.

Santo Rosario. Quebrada Control ubicada en la cuenca Tambopata, localizada en el kilómetro 74 de la carretera interoceánica en el tramo Puerto Maldonado-Mazuko, se ubica en una zona boscosa con una pequeña vegetación ribereña. Sin embargo, posee una corriente de agua mayor correspondiendo a un tipo de agua clara. El tipo de hábitats en orden de predominancia que presentó fue paquetes de hojas naturales, vegetación acuática, ramas, troncos, rápidos; el lecho de la quebrada está constituido por sedimentos finos, piedras grandes y pozas de fondo blando (areno-arcilloso). La vegetación ribereña no forma un área cerrada y tupida, permitiendo que la luz penetre con más facilidad en muchas partes del cuerpo de agua.

Las Intervenciones antropogénicas observadas en esta quebrada fueron la construcción de un alcantarillado aguas abajo de la zona de muestreo producto de la construcción de la carretera interoceánica.

East Santa Rosa. Quebrada control ubicada en la cuenca Inambari, se encuentra ubicada en el kilómetro 138 de la carretera interoceánica tramo Puerto Maldonado-Mazuko, se ubica en una zona boscosa con una densa vegetación ribereña creando un área tupida y semi-cerrada. El tipo de agua correspondió a clara con una corriente fuerte. Los hábitats en orden de predominancia fueron rápidos de sustrato duro, grava, piedras grandes, paquetes de hojas naturales, ramas y troncos.

Central Santa Rosa. Quebrada de estudio ubicada en la cuenca Inambari en el centro poblado Santa Rosa, la quebrada guarda una pequeña franja de vegetación ribereña que no forma un bosque tupido permitiendo la entrada de luz en muchas zonas de la quebrada. El tipo de agua correspondió a clara con una corriente moderada. Los hábitats en orden de predominancia fueron rápidos, sedimentos finos, grava, piedras grandes, pequeñas pozas con presencia de paquetes de hojas naturales, ramas y troncos. Las intervenciones antropogénicas observadas en esta quebrada fueron la construcción de un puente aguas abajo de la zona de muestreo (Puente Santa Rosa-carretera interoceánica), así mismo existen viviendas asentadas en el entorno a ésta quebrada, así como trochas en los bordes de la quebrada para los lugareños lo que genera que utilicen la quebrada como botadero de basura.

West Santa Rosa. Quebrada de estudio ubicada en la cuenca Inambari, localizado en el km 3 de la vía carrosable centro poblado Santa Rosa-Puerto Carlos, la vegetación ribereña no forma un bosque tupido permitiendo la entrada de luz en muchas zonas de la quebrada. El tipo de agua correspondió a clara con una corriente fuerte. Los hábitats en orden de predominancia fueron rápidos, pozas, troncos, ramas, paquetes de hojas naturales, el lecho de la quebrada está constituida por sedimento fino, piedras, grava y piedras grandes, la ubicación de la

quebrada es caracterizada por minería, sin embargo durante el muestreo no mostró indicios físicos de actividad.

Mazuko. Quebrada de estudio ubicada en la cuenca Inambari, recibe el impacto directo de la población, ya que se localiza en el centro de la zona urbana de Mazuko, ésta quebrada no presenta vegetación ribereña. El tipo de agua correspondió a clara con fondo areno fangoso (sedimentos finos). Los hábitats en orden de predominancia fueron rápidos, grava, piedras grandes. Las Intervenciones antropogénicas observadas en esta quebrada fueron la construcción de un puente, tuberías de descarga, tuberías de drenaje, y construcción de puente aguas arriba de la zona de muestreo, agregando a esto la presencia de residuos sólidos dentro de la quebrada.

Las mediciones y cálculos de los caudales de las nueve quebradas evaluadas se realizaron según la metodología del Centro Stroud de Investigaciones Acuáticas (Stroud Water Research Center), en la cual se midieron parámetros como ancho, profundidad y la velocidad, con la que se obtuvo la descarga en m^3/s . Éstos resultados se observan en el cuadro 10.

Cuadro 10. Caracterización de los nueve sitios de muestreo (quebradas).

QUEBRADAS	Valores de la corriente							Hábitat presentes						composición del lecho de quebrada				
	Ancho (m)	Profundidad (m)	Distancia (m)	Tiempo (s)	Velocidad (m/s)	Coef.Aspezeza	Descarga (m ³ /s)	pozas	troncos	humedales	rápidos	hojas	ramas	vegetación acuática	sedimentos finos	piedras	gravas	piedras grandes
La Joya	5.27	0.52	6	71.33	0.08	0.9	0.21	x	x	x		x	x		x			x
Infierno III	1.37	0.28	6	25.00	0.24	0.9	0.08	x	x		x		x		x			
Infierno V	2.73	0.27	6	51.33	0.12	0.8	0.07		x			x	x		x	x		
La colina	3.23	0.28	10	34.33	0.29	0.9	0.24	x	x			x	x	x	x			
Santo Rosario	2.08	0.61	5	22.73	0.22	0.8	0.22	x	x		x	x	x	x	x			x
East Sta. Rosa	1.01	0.09	3	8.31	0.36	0.8	0.03		x			x	x					x
Central Sta. Rosa	0.93	0.12	4	8.78	0.46	0.8	0.04	x	x		x	x	x		x	x	x	x
West Sta. Rosa	5.97	0.18	10	18.44	0.54	0.9	0.52		x		x	x	x		x	x	x	x
Mazuko	1.88	0.15	4.4	12.67	0.35	0.9	0.09								x	x	x	x

Fuente: Elaboración propia.

3.1.2. Parámetros físico-químicos de las nueve quebradas.

En el cuadro 11, se encuentran los registros de los análisis físico-químicos, medidos en el periodo de evaluación. En ella se observa que la temperatura del agua oscila entre 21°C y 25°C, valores comunes para las nueve quebradas ubicadas en el eje carretero. La temperatura del agua para las quebradas Santo Rosario y East Santa Rosa son de 21°C; para las quebradas Infierno V y La Colina es de 22°C, con 23°C se observa las quebradas LAJ, INF3, CSR y MA. Por último con 25°C se encuentra la quebrada WSR.

El pH es una medida de la concentración de iones de hidrógeno en el agua. Las escalas de pH tienen rangos que varían de 0 (muy ácido) a 14 (muy básico) siendo el 7 neutral. Los valores de tolerancia de las especies acuáticas corresponden a pH entre 6.5 y 8.5 (MINAM, 2008). Aguas fuera del rango normal pueden ser dañinas para la vida acuática. De acuerdo al enunciado anterior los valores de pH para las

nueve quebradas oscilan en un rango de 5-9 (Cuadro 11), las cuales son favorables el desarrollo de poblaciones de macroinvertebrados y a la vez no son limitantes para ningún uso.

Las variables fisicoquímicas a las que los macroinvertebrados tienden a ser más sensibles son el pH, el oxígeno disuelto, la temperatura y la conductividad eléctrica (Roldán, 1992).

LaMotte (2010). El oxígeno disuelto (OD) determina la cantidad de oxígeno gaseoso disuelto (O₂) en una solución acuosa. Esta cantidad es importante para la salud de los ecosistemas acuáticos y determinar la calidad del agua. El oxígeno es un elemento necesario para todas las formas de vida; las aguas naturales que poseen la mayor parte del tiempo altos niveles de oxígeno disuelto son probablemente los ambientes más estables y pueden abrigar una diversidad de organismos acuáticos.

El porcentaje de saturación de oxígeno disuelto es una medida importante de la calidad del agua. A menor temperatura del agua, se disuelve más cantidad de oxígeno. Por lo tanto, la saturación de oxígeno depende de la temperatura del agua. De acuerdo a lo mencionado los valores obtenidos con el kit básico de "LaMotte" (Monitoreo de la calidad del agua) para las nueve quebradas se muestra en un rango de 46 a 95% de saturación (Cuadro 11). Teniendo a las quebradas LAC, SRO, ESR, CSR y WSR en un rango de 91-110% de saturación, obteniendo una puntuación de 4 que se interpreta como "Excelente", según el cuadro de evaluación de resultados (Cuadro 6). Y las quebradas INF5, INF3, LAJ y MA con un porcentaje menor a 50, adquiriendo una puntuación de 1 e interpretándose como "Bajo" (Cuadro 6). El oxígeno disuelto es absolutamente esencial para la supervivencia de todos los organismos acuáticos (Roldán, 2003).

Cuadro 11. Indicadores físico-químico evaluado en las nueve quebradas.

Quebradas	Temperatura del agua °C	pH		Oxígeno disuelto		Fosfato		Nitrato		Turbidez	
		Resultados	Puntuación (*)	Resultados	Puntuación (*)	Resultados	Puntuación (*)	Resultados	Puntuación (*)	Resultados	Puntuación (*)
Infierno V	22	6	3	48%	1	1ppm	4	5ppm	2	100 JTU	1
Infierno III	23	6	3	48%	1	1ppm	4	5ppm	2	100 JTU	1
La Joya	23	5	1	46%	1	1ppm	4	5ppm	2	101 JTU	1
La Colina	22	6	3	92%	4	2ppm	3	5ppm	2	0 JTU	4
Santo Rosario	21	8	3	92%	4	1ppm	4	5ppm	2	0 JTU	4
East Sta. Rosa	21	8	3	92%	4	0ppm	No registra	0ppm	No registra	0 JTU	4
Central Sta. Rosa	23	9	1	95%	4	0ppm	No registra	0ppm	No registra	0 JTU	4
West Sta. Rosa	25	8	3	99%	4	1ppm	4	0ppm	No registra	40 JTU	3
Mazuko	23	5	1	48%	1	4ppm	2	40ppm	1	100 JTU	1

Fuente: Elaboración propia.

(*) Puntuaciones otorgadas según su interpretación con el cuadro de Evaluaciones de Resultados (Cuadro 6).

LaMotte (2010). El fosfato es un nutriente requerido para las plantas y animales para el crecimiento y también es un elemento fundamental para las reacciones metabólicas. Los niveles altos de este nutriente pueden causar que las plantas crezcan excesivamente, que aumente la actividad bacterial, y que haya una reducción en los niveles de oxígeno disuelto. El fosfato proviene de varias fuentes, incluyendo los desechos humanos y animales, la contaminación industrial, la escorrentía agrícola (pesticidas, herbicidas, fertilizantes). En el Cuadro 11 se muestran los valores para dicho parámetro, los cuales oscilan entre 1ppm-4ppm. Siendo las quebradas LAJ, INF3, INF5, SRO y WSR que presentan un valor bajo de 1ppm, que lo describe como Excelente. La quebrada La Colina muestra un valor de 2ppm, valor que la describe como Bueno. Muy por el contrario sucede con la quebrada MA, que presenta un valor alto de 4ppm para dicho parámetro, que lo describe como Regular.

El nitrato es un nutriente requerido por todas las plantas y animales acuáticos para crear proteína. La descomposición de las plantas y animales muertos y el excremento de los animales vivos descarga nitrato en los ecosistemas acuáticos (LaMotte, 2010). El aumento en la concentración de nitratos limita el uso del agua para consumo humano, dado que altas concentraciones de esta sustancia puede afectar la capacidad que tiene nuestra sangre de llevar oxígeno. Además, aumenta el crecimiento y la descomposición de las plantas, fomenta la descomposición bacterial y por ende, disminuye la cantidad de oxígeno disponible en el agua. Como se muestra en el cuadro 11 que indica los resultados y puntuaciones obtenidos con el kit de monitoreo de calidad de agua de LaMotte se obtuvo los siguientes resultados, las quebradas LAJ, INF3, INF5, LAC y SRO muestran un valor de 5ppm (Regular). La quebrada MA presenta un valor de 40ppm (Bajo).

En condiciones naturales la diversidad y la distribución de los insectos acuáticos está limitada por factores como la luz, temperatura, sustrato, ancho del río, velocidad de la corriente, factores de altitud, alimento, hábitat y química del agua (Medianero y Samaniego, 2004).

3.1.3. Evaluación de la calidad del agua a través de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores.

Para el análisis de la calidad de agua de cada una de las quebradas en estudio se utilizaron dos índices siendo uno de ellos el índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera), en la cual consistió en la observación de las poblaciones de solo tres órdenes de macroinvertebrados acuáticos en mención, los cuales son muy sensibles a la contaminación de los cuerpos de agua. Así mismo se aplicó el índice BMWP'-CR, este índice se calculó sumando las puntuaciones asignadas a los distintos taxones encontrados en las muestras de macroinvertebrados. La puntuación se asignó en función del grado de sensibilidad a la contaminación. En la cual se clasifican la calidad de las aguas con valores comprendidos que van de cero a un máximo indeterminado.

A continuación se presentan los respectivos análisis de las nueve quebradas evaluadas.

3.1.3.1. Análisis calidad de Agua quebrada la joya.

Realizando el análisis del índice EPT para la quebrada la Joya reporta un 0%, porcentaje que indica que la quebrada presenta Mala calidad de agua, debido a la ausencia de individuos de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, (ordenes sensibles a la contaminación) (Cuadro 12).

Para el caso del índice BMWP'-CR reporta un puntaje de 34, atribuyendo a la quebrada como agua de calidad Pobre (Cuadro 12).

Cuadro 12. Resultado EPT y BMWP'-CR, quebrada "La Joya".

Orden	Familia	LAJ	EPT
Anisoptera	Libellulidae	19	
Zygoptera	Dicteriadidae	1	
Diptera	Ceratopogonidae	5	
	Chironomidae	921	
	Tipulidae	1	
	Culicidae	2	
	Psychodidae	36	
	Ephydriidae	1	
	OLIGOCHAETA	274	
	OLIGOCHAETA-Naididae	1	
	HIRUDINEA	820	
	GASTROPODA	3	
	BIVALVIA-Sphaeriidae	1	
Isopoda	CRUSTACEA-ISOPODA	1	
TOTAL		2086	0
%EPT			0.00
CALIDAD DE AGUA MALA			

Orden	Familia	LAJ	BMWP'-CR
Anisoptera	Libellulidae	19	6
Zygoptera	Dicteriadidae	1	0
Diptera	Ceratopogonidae	5	4
	Chironomidae	921	2
	Tipulidae	1	4
	Culicidae	2	2
	Psychodidae	36	3
	Ephydriidae	1	2
	OLIGOCHAETA	274	1
	OLIGOCHAETA-Naididae	1	1
	HIRUDINEA	820	3
	GASTROPODA	3	0
	BIVALVIA-Sphaeriidae	1	3
Isopoda	CRUSTACEA-ISOPODA	1	3
Puntaje BMWP'-CR			34
CALIDAD DE AGUA POBRE			

3.1.3.2. Análisis calidad de Agua Quebrada Infierno III.

En la quebrada Infierno III según el índice EPT reporta un porcentaje de 8.30%, valor que indica Mala calidad de agua, a pesar que ésta quebrada cuenta con la presencia de individuos de los órdenes EPT no tiene la abundancia suficiente en relación al total de individuos registrados (Cuadro 13).

Según el índice BMWP'-CR de acuerdo a la diversidad de familias presentes en la quebrada muestra un puntaje de 118, calificando a la quebrada con agua de Muy Buena calidad, esta diferencia de calificación entre un índice y otro es por la diversidad de familias presentes en la quebrada haciendo que registre un alto puntaje (Cuadro 13). Haciendo un análisis se observa que las familias Ceratopogonidae y Chironomidae presentan la mayor presencia de individuos (214 y 805) respectivamente. (Marchese & Paggi, 2004); indican que la familia Chironomidae son tolerables a la contaminación.

Cuadro 13. Resultado EPT y BMWP'-CR, quebrada "Infierno III".

Orden	Familia	INF3	EPT	Orden	Familia	INF3	BMWP'-CR
Ephemeroptera	Caenidae	12	84	Ephemeroptera	Caenidae	12	4
	Baetidae	15		Ephemeroptera	Baetidae	15	5
	Leptophlebiidae	57		Ephemeroptera	Leptophlebiidae	57	8
Plecoptera	Perlidae	1	1	Plecoptera	Perlidae	1	10
Trichoptera	Hydropsychidae	3	20	Trichoptera	Hydropsychidae	3	5
	Polycentropodidae	15		Trichoptera	Polycentropodidae	15	6
	Hydrobiosidae	1		Trichoptera	Hydrobiosidae	1	10
	Ecnomidae	1		Trichoptera	Ecnomidae	1	10
Anisoptera	Libellulidae	24		Anisoptera	Libellulidae	24	6
Zygoptera	Coenagrionidae	4		Zygoptera	Coenagrionidae	4	4
	Megapodagrionidae	1		Zygoptera	Megapodagrionidae	1	7
	Calopterygidae	3		Zygoptera	Calopterygidae	3	4
Coleoptera	Gyrinidae	8		Coleoptera	Gyrinidae	8	4
	Lampyridae	1		Coleoptera	Lampyridae	1	4
Diptera	Ceratopogonidae	214		Diptera	Ceratopogonidae	214	4
	Chironomidae	805		Diptera	Chironomidae	805	2
	Simuliidae	7		Diptera	Simuliidae	7	4
	Tipulidae	1		Diptera	Tipulidae	1	4
	Empididae	1		Diptera	Empididae	1	4
	OLIGOCHAETA	10			OLIGOCHAETA	10	1
	OLIGOCHAETA-Naididae	31			OLIGOCHAETA-Naididae	31	1
	HIRUDINEA	38			HIRUDINEA	38	3
	TURBELLARIA	1			TURBELLARIA	1	5
	BIVALVIA-Sphaeriidae	11			BIVALVIA-Sphaeriidae	11	3
	TOTAL	1265	105		Puntaje BMWP'-CR		118
	%EPT		8.30		CALIDAD DE AGUA MUY BUENA		
CALIDAD DE AGUA MALA							

3.1.3.3. Análisis calidad de Agua quebrada Infierno V.

Para la quebrada Infierno V el índice EPT reporta un porcentaje de 9.39%, valor que indica Mala calidad de agua, a pesar que quebrada cuenta con la presencia de individuos de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera no tiene la abundancia suficiente en relación al total de individuos registrados (Cuadro 14). Según el índice BMWP'-CR de acuerdo a la diversidad de órdenes y abundancia de familias presentes en la quebrada muestra un puntaje de 111, calificando a la quebrada con agua de Muy Buena calidad, esta diferencia de calificación entre un índice y otro es por la abundancia de familias presentes en la quebrada haciendo que registre un alto puntaje (Cuadro 14).

Cuadro 14. Resultado EPT y BMWP'-CR, quebrada "Infierno V".

Orden	Familia	INF5	EPT	Orden	Familia	INF5	BMWP'-CR
Ephemeroptera	Caenidae	3	33	Ephemeroptera	Caenidae	3	4
	Leptohyphidae	4			Leptohyphidae	4	5
	Baetidae	4			Baetidae	4	5
	Leptophlebiidae	22			Leptophlebiidae	22	8
Trichoptera	Leptoceridae	4	63	Trichoptera	Leptoceridae	4	8
	Hydroptilidae	37			Hydroptilidae	37	6
	Hydropsychidae	4			Hydropsychidae	4	5
	Polycentropodidae	18			Polycentropodidae	18	6
Anisoptera	Gomphidae	2		Anisoptera	Gomphidae	2	7
Zygoptera	Perilestidae	1		Zygoptera	Perilestidae	1	8
	Coenagrionidae	2			Coenagrionidae	2	4
	Protoneuridae	1			Protoneuridae	1	7
	Calopterygidae	2			Calopterygidae	2	4
Coleoptera	Gyrinidae	2		Coleoptera	Gyrinidae	2	4
	Elmidae	1			Elmidae	1	5
	Sialidae	1			Sialidae	1	0
	Noteridae	309			Noteridae	309	4
Diptera	Ceratopogonidae	27		Diptera	Ceratopogonidae	27	4
	Chironomidae	537			Chironomidae	537	2
	Culicidae	2			Culicidae	2	2
	OLIGOCHAETA	3			OLIGOCHAETA	3	1
	OLIGOCHAETA-Naididae	2			OLIGOCHAETA-Naididae	2	1
	HIRUDINEA	11			HIRUDINEA	11	3
	GASTROPODA	2			GASTROPODA	2	0
	BIVALVIA-Sphaeriidae	16			BIVALVIA-Sphaeriidae	16	3
Decapoda	CRUSTACEA-Palaemonidae	5		Decapoda	CRUSTACEA-Palaemonidae	5	5
	TOTAL	1022	96		Puntaje BMWP'-CR		111
	%EPT		9.39		CALIDAD DE AGUA MUY BUENA		
CALIDAD DE AGUA MALA							

3.1.3.4. Análisis calidad de Agua quebrada La Colina.

Como se muestra en el cuadro 15 el índice EPT para la quebrada La Colina es 30.12%, valor que indica que presenta calidad de agua Regular, ya que la presencia de individuos dentro de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera no tiene las abundancia suficiente en relación al total de individuos registrados en la quebrada. Para el caso del índice BMWP'-CR de acuerdo a la diversidad de órdenes y abundancia de familias presentes muestra un puntaje de 83, calificándola como agua de calidad Buena (Cuadro 15). Según ambos índices la calidad de agua para la quebrada La Colina es de Regular a Buena.

Cuadro 15. Resultado EPT y BMWP'-CR para la, quebrada "La Colina".

Orden	Familia	LAC	EPT	Orden	Familia	LAC	BMWP'-CR
Ephemeroptera	Caenidae	1	101	Ephemeroptera	Caenidae	1	4
	Leptohyphidae	1			Leptohyphidae	1	5
	Baetidae	27			Baetidae	27	5
	Leptophlebiidae	72			Leptophlebiidae	72	8
Trichoptera	Hydroptilidae	1	2	Trichoptera	Hydroptilidae	1	6
	Hydropsychidae	1			Hydropsychidae	1	5
Anisoptera	Libellulidae	1		Anisoptera	Libellulidae	1	6
	Gomphidae	1			Gomphidae	1	7
Zygoptera	Dicteriadidae	4		Zygoptera	Dicteriadidae	4	0
	Coenagrionidae	1			Coenagrionidae	1	4
Megaloptera	Corydalidae	1		Megaloptera	Corydalidae	1	6
Coleoptera	Elmidae	2		Coleoptera	Elmidae	2	5
Diptera	Ceratopogonidae	18		Diptera	Ceratopogonidae	18	4
	Chironomidae	188			Chironomidae	188	2
	Culicidae	1			Culicidae	1	2
	OLIGOCHAETA	15			OLIGOCHAETA	15	1
	HIRUDINEA	3			HIRUDINEA	3	3
	TURBELLARIA	1			TURBELLARIA	1	5
	GASTROPODA	1			GASTROPODA	1	0
Decapoda	CRUSTACEA-Palaemonidae	2		Decapoda	CRUSTACEA-Palaemonidae	2	5
	TOTAL	342	103		Puntaje BMWP'-CR		83
	%EPT		30.12		CALIDAD DE AGUA BUENA		

3.1.3.5. Análisis calidad de Agua quebrada Santo Rosario.

Realizando el análisis del índice EPT para la quebrada Santo Rosario reporta un 34.60%, valor que indica que la quebrada presenta calidad de agua Regular

(Cuadro 16). Para el caso del índice BMWP'-CR de acuerdo a la diversidad de órdenes y abundancia de familias presentes muestra un puntaje de 198, calificándola como calidad de agua Excelente (Cuadro 16). La aplicación de ambos índices indica que la calidad de agua para la quebrada Santo Rosario es de Regular a Excelente.

Cuadro 16. Resultado EPT y BMWP'-CR, quebrada "Santo Rosario".

Orden	Familia	SRO	EPT	Orden	Familia	SRO	BMWP'-CR
Ephemeroptera	Caenidae	14	249	Ephemeroptera	Caenidae	14	4
	Leptohyphidae	8			Leptohyphidae	8	5
	Baetidae	79			Baetidae	79	5
	Leptophlebiidae	119			Leptophlebiidae	119	8
	Euthyplociidae	29			Euthyplociidae	29	0
Plecoptera	Perlidae	208	208	Plecoptera	Perlidae	208	10
Trichoptera	Leptoceridae	27	210	Trichoptera	Leptoceridae	27	8
	Hydroptilidae	3			Hydroptilidae	3	6
	Hydropsychidae	126			Hydropsychidae	126	5
	Polycentropodidae	1			Polycentropodidae	1	6
	Hydrobiosidae	5			Hydrobiosidae	5	10
	Philopotamidae	39			Philopotamidae	39	7
	Glossosomatidae	6			Glossosomatidae	6	8
Ecnomidae	3	Ecnomidae	3	10			
Anisoptera	Libellulidae	124	9	Anisoptera	Libellulidae	124	6
	Gomphidae	9			Gomphidae	9	7
Zygoptera	Perilestidae	4	17	Zygoptera	Perilestidae	4	8
	Coenagrionidae	7			Coenagrionidae	7	4
	Megapodagrionidae	4			Megapodagrionidae	4	7
	Calopterygidae	6			Calopterygidae	6	4
Polythoridae	17	Polythoridae	17	10			
Megaloptera	Corydalidae	27	27	Megaloptera	Corydalidae	27	6
Coleoptera	Elmidae	39	2	Coleoptera	Elmidae	39	5
	Ptilodactylidae	3			Ptilodactylidae	3	7
	Dysticidae	1			Dysticidae	1	4
	Dryopidae	2			Dryopidae	2	5
Diptera	Ceratopogonidae	25	3	Diptera	Ceratopogonidae	25	4
	Chironomidae	853			Chironomidae	853	2
	Simuliidae	55			Simuliidae	55	4
	Tipulidae	5			Tipulidae	5	4
	Culicidae	3			Culicidae	3	2
Lepidoptera	Pyalidae	4	4	Lepidoptera	Pyalidae	4	5
	OLIGOCHAETA	18	18		OLIGOCHAETA	18	1
	HIRUDINEA	50	50		HIRUDINEA	50	3
	TURBELLARIA	4	4		TURBELLARIA	4	5
Isopoda	CRUSTACEA-ISOPODA	1	1	Isopoda	CRUSTACEA-ISOPODA	1	3
	TOTAL	1928	667		Puntaje BMWP'-CR		198
	%EPT		34.60		CALIDAD DE AGUA EXCELENTE		
CALIDAD DE AGUA REGULAR							

3.1.3.6. Análisis calidad de Agua quebrada East Santa Rosa.

Realizando el análisis del índice EPT la quebrada East Santa Rosa reporta un 33.21%, porcentaje que indica que la quebrada presenta calidad de agua Regular (Cuadro 17). Para el caso del índice BMWP'-CR de acuerdo a la diversidad de órdenes y abundancia de familias presentes muestra un puntaje de 147, calificándola como calidad de agua Excelente (Cuadro 17). Los índices indican calidad de agua que va de regular a excelente para ésta quebrada.

Cuadro 17. Resultado EPT y BMWP'-CR, quebrada "East Santa Rosa".

Orden	Familia	ESR	EPT	Orden	Familia	ESR	BMWP'-CR
Ephemeroptera	Leptohyphidae	3	77	Ephemeroptera	Leptohyphidae	3	5
	Baetidae	11			Baetidae	11	5
	Leptophlebiidae	46			Leptophlebiidae	46	8
	Euthyplociidae	17			Euthyplociidae	17	0
Plecoptera	Perlidae	119	119	Plecoptera	Perlidae	119	10
Trichoptera	Leptoceridae	74	81	Trichoptera	Leptoceridae	74	8
	Hydroptilidae	1			Hydroptilidae	1	6
	Hydropsychidae	4			Hydropsychidae	4	5
	Calamoceratidae	1			Calamoceratidae	1	8
	Philopotamidae	1			Philopotamidae	1	7
Anisoptera	Libellulidae	1		Anisoptera	Libellulidae	1	6
	Gomphidae	1			Gomphidae	1	7
Zygoptera	Perilestidae	1		Zygoptera	Perilestidae	1	8
	Coenagrionidae	4			Coenagrionidae	4	4
	Megapodagrionidae	14			Megapodagrionidae	14	7
Coleoptera	Elmidae	10		Coleoptera	Elmidae	10	5
	Ptilodactylidae	5			Ptilodactylidae	5	7
Diptera	Ceratopogonidae	4		Diptera	Ceratopogonidae	4	4
	Chironomidae	480			Chironomidae	480	2
	Tipulidae	6			Tipulidae	6	4
	Culicidae	1			Culicidae	1	2
Hemiptera	Naucoridae	2		Hemiptera	Naucoridae	2	4
Blattodea	Blaberidae	1		Blattodea	Blaberidae	1	8
	OLIGOCHAETA	4			OLIGOCHAETA	4	1
	HIRUDINEA	9			HIRUDINEA	9	3
	TURBELLARIA	3			TURBELLARIA	3	5
Decapoda	CRUSTACEA-Grapsidae	4		Decapoda	CRUSTACEA-Grapsidae	4	3
	CRUSTACEA-Palaemonidae	7			CRUSTACEA-Palaemonidae	7	5
TOTAL		834	277	Puntaje BMWP'-CR			147
%EPT			33.21	CALIDAD DE AGUA EXCELENTE			
CALIDAD DE AGUA REGULAR							

3.1.3.7. Análisis calidad de Agua quebrada Central Santa Rosa.

Aplicando el análisis del índice EPT para la quebrada Central Santa Rosa reporta un porcentaje de 11.53%, valor que indica que presenta Mala calidad de agua, debido a que la presencia de individuos dentro de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera no tiene las abundancia suficiente en relación al total de individuos registrados (Cuadro 18). Para el caso del índice BMWP'-CR de acuerdo a la diversidad de órdenes y abundancia de familias presentes muestra un puntaje de 145, calificándola como calidad de agua Excelente (Cuadro 18).

Cuadro 18. Resultados EPT y BMWP'-CR, quebrada "Central Santa Rosa".

Orden	Familia	CSR	EPT	Orden	Familia	CSR	BMWP'-CR
Ephemeroptera	Caenidae	1	66	Ephemeroptera	Caenidae	1	4
	Leptohephyphidae	12		Ephemeroptera	Leptohephyphidae	12	5
	Baetidae	27		Ephemeroptera	Baetidae	27	5
	Leptophlebiidae	26		Ephemeroptera	Leptophlebiidae	26	8
Plecoptera	Perlidae	22	22	Plecoptera	Perlidae	22	10
Trichoptera	Leptoceridae	5	15	Trichoptera	Leptoceridae	5	8
	Hydroptilidae	1		Trichoptera	Hydroptilidae	1	6
	Hydropsychidae	7		Trichoptera	Hydropsychidae	7	5
	Polycentropodidae	1		Trichoptera	Polycentropodidae	1	6
	Hydrobiosidae	1		Trichoptera	Hydrobiosidae	1	10
Anisoptera	Libellulidae	7		Anisoptera	Libellulidae	7	6
	Gomphidae	11		Anisoptera	Gomphidae	11	7
Zygoptera	Dicteriadidae	1		Zygoptera	Dicteriadidae	1	0
	Perilestidae	1		Zygoptera	Perilestidae	1	8
	Coenagrionidae	13		Zygoptera	Coenagrionidae	13	4
	Megapodagrionidae	4		Zygoptera	Megapodagrionidae	4	7
	Protoneuridae	6		Zygoptera	Protoneuridae	6	7
Coleoptera	Hydrophilidae	1		Coleoptera	Hydrophilidae	1	3
	Gyrinidae	2		Coleoptera	Gyrinidae	2	4
	Elmidae	7		Coleoptera	Elmidae	7	5
Diptera	Ceratopogonidae	33		Diptera	Ceratopogonidae	33	4
	Chironomidae	487		Diptera	Chironomidae	487	2
	Tipulidae	6		Diptera	Tipulidae	6	4
	Culicidae	2		Diptera	Culicidae	2	2
Hemiptera	Naucoridae	2		Hemiptera	Naucoridae	2	4
	OLIGOCHAETA	103			OLIGOCHAETA	103	1
	OLIGOCHAETA-Naididae	12			OLIGOCHAETA-Naididae	12	1
	HIRUDINEA	72			HIRUDINEA	72	3
	GASTROPODA	7			GASTROPODA	7	0
	BIVALVIA-Sphaeriidae	4			BIVALVIA-Sphaeriidae	4	3
Decapoda	CRUSTACEA-Grapsidae	9		Decapoda	CRUSTACEA-Grapsidae	9	3
	TOTAL	893	103		Puntaje BMWP'-CR		145
	%EPT		11.53		CALIDAD DE AGUA EXCELENTE		
CALIDAD DE AGUA MALA							

3.1.3.8. Análisis calidad de Agua quebrada West Santa Rosa.

Desarrollando el análisis del índice EPT la quebrada West Santa Rosa reporta un porcentaje de 66.01%, valor que indica que la quebrada presenta Buena calidad de agua, debido a que registra presencia de individuos dentro de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (Cuadro 19). Para el caso del índice BMWP'-CR de acuerdo a la diversidad de órdenes y abundancia de familias presentes muestra un puntaje de 120, calificándola como agua de Muy Buena calidad (Cuadro 19). En la quebrada West Santa Rosa se observa una de las familias más sensibles a la contaminación Perlidae (Plecoptera), la cual es buena indicadora de la calidad de agua según el índice BMWP'-CR. Según ambos índices la calidad de agua para la quebrada West Santa Rosa es Buena.

Cuadro 19. Resultado EPT y BMWP'-CR, quebrada "West Santa Rosa".

Orden	Familia	WSR	EPT	Orden	Familia	WSR	BMWP'-CR
Ephemeroptera	Caenidae	2	66	Ephemeroptera	Caenidae	2	4
	Leptohyphidae	5			Leptohyphidae	5	5
	Baetidae	22			Baetidae	22	5
	Leptophlebiidae	37			Leptophlebiidae	37	8
Plecoptera	Perlidae	123	123	Plecoptera	Perlidae	123	10
Trichoptera	Leptoceridae	209	281	Trichoptera	Leptoceridae	209	8
	Hydropsychidae	71			Hydropsychidae	71	5
	Glossosomatidae	1			Glossosomatidae	1	8
Anisoptera	Libellulidae	29		Anisoptera	Libellulidae	29	6
	Gomphidae	6			Gomphidae	6	7
Zygoptera	Perilestidae	5		Zygoptera	Perilestidae	5	8
	Coenagrionidae	10			Coenagrionidae	10	4
	Calopterygidae	12			Calopterygidae	12	4
	Platysticidae	1			Platysticidae	1	7
Coleoptera	Elmidae	22		Coleoptera	Elmidae	22	5
Diptera	Ceratopogonidae	19		Diptera	Ceratopogonidae	19	4
	Chironomidae	104			Chironomidae	104	2
	Tipulidae	15			Tipulidae	15	4
Hemiptera	Naucoridae	1		Hemiptera	Naucoridae	1	4
	OLIGOCHAETA	13			OLIGOCHAETA	13	1
	HIRUDINEA	1			HIRUDINEA	1	3
Decapoda	CRUSTACEA-Grapsidae	3		Decapoda	CRUSTACEA-Grapsidae	3	3
	CRUSTACEA-Palaemonidae	1			CRUSTACEA-Palaemonidae	1	5
TOTAL		712	470	Puntaje BMWP'-CR			120
%EPT			66.01	CALIDAD DE AGUA MUY BUENA			
CALIDAD DE AGUA BUENA							

3.1.3.9. Análisis calidad de Agua quebrada Mazuko.

Realizando el análisis del índice EPT la quebrada Mazuko reporta un porcentaje 0%, valor que indica que la quebrada presenta Mala calidad de agua (Cuadro 20), debido a la ausencia de individuos dentro de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, (órdenes sensibles a la contaminación). Para el caso del índice BMWP'-CR reporta un puntaje de 21, atribuyendo a la quebrada como agua de calidad Pobre (Cuadro 20). Según ambos índices la calidad de agua para la quebrada Mazuko, indican que presenta una Mala calidad de agua.

Cuadro 20. Resultado EPT y BMWP'-CR, quebrada "Mazuko".

Orden	Familia	MA	EPT	Orden	Familia	MA	BMWP'-CR
Coleoptera	Hydrophilidae	1		Coleoptera	Hydrophilidae	1	3
	Ceratopogonidae	3			Ceratopogonidae	3	4
	Chironomidae	146			Chironomidae	146	2
Diptera	Tipulidae	1		Diptera	Tipulidae	1	4
	Psychodidae	17			Psychodidae	17	3
	Syrphidae	12			Syrphidae	12	1
	OLIGOCHAETA	581			OLIGOCHAETA	581	1
	HIRUDINEA	210			HIRUDINEA	210	3
	TOTAL	971	0		Puntaje BMWP'-CR		21
	%EPT		0.00		CALIDAD DE AGUA POBRE		
CALIDAD DE AGUA MALA							

La calificación alta del BMWP en casi todos los sitios de muestreo, probablemente se deba a que éste índice de calidad de agua se calcula a través de la presencia o ausencia de familias de macroinvertebrados acuáticos, lo que puede producir una imprecisión en las calificaciones (González, et al. 2012). A diferencia, el índice EPT calcula la calidad del agua con base en la riqueza de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, lo que hace que este índice sea útil en la detección de perturbaciones más sutiles (Álvarez & Pérez, 2007).

Cutipa & Araújo (2012), en su investigación calidad de aguas urbanas y periurbanas de Puerto Maldonado Madre de Dios – Perú, aplico índices de calidad de agua para taxas de bentos (EPT Y BMWP), en la cual indica que estos índices bentónicos en conjunto nos aproximan a conocer el estado de salud de los cuerpos de agua.

Medina, et al (2008). En su investigación El índice Biological Monitoring Party (BMWP), modificado y adaptado en tres microcuencas de Alto Chicama. La Libertad. Perú. Sostiene que, en sus resultados obtenidos demuestran que la presencia de taxas como Plecoptera, Ephemeroptera y Trichoptera, se producen en sitios con buenas condiciones ecológicas; mientras que la presencia de otros taxas como los chironimidae y planariidae, parecen indicar un cierto deterioro y es propia de zonas con condiciones ecológicas desmejoradas.

3.2. Diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos en las nueve quebradas.

Los macroinvertebrados acuáticos totales colectados en las nueve quebradas durante los 3 meses de muestreo fueron de 10035 individuos, de los cuales se distribuyen en 51 familias, 13 órdenes y 7 clases (Figura 3). La abundancia de los insectos se observa principalmente cuando las precipitaciones pluviales bajan y disminuyen cuando se incrementa (Araúz, Amores, & Medianero, 2000).

Se identificaron 47 familias, agrupados en 11 órdenes pertenecientes a la clase Insecta, así mismo se identificaron 2 familias, pertenecientes a 2 órdenes de la clase Crustacea, a ello se suma la identificación de 2 familias pertenecientes a las clases Oligochaeta y Bivalvia. Para el caso de Hirudinea, Turbellaria y Gastropoda se logró identificar a nivel de clase (Figura 3).

Dentro de la clase insecta el mayor número de familias identificados (9) pertenecen a los órdenes Trichoptera y Díptera, mientras que los órdenes representados por el menor número de familias (1) son: Plecoptera, Megaloptera, Hemiptera, Lepidoptera y Blattodea (Figura 3).

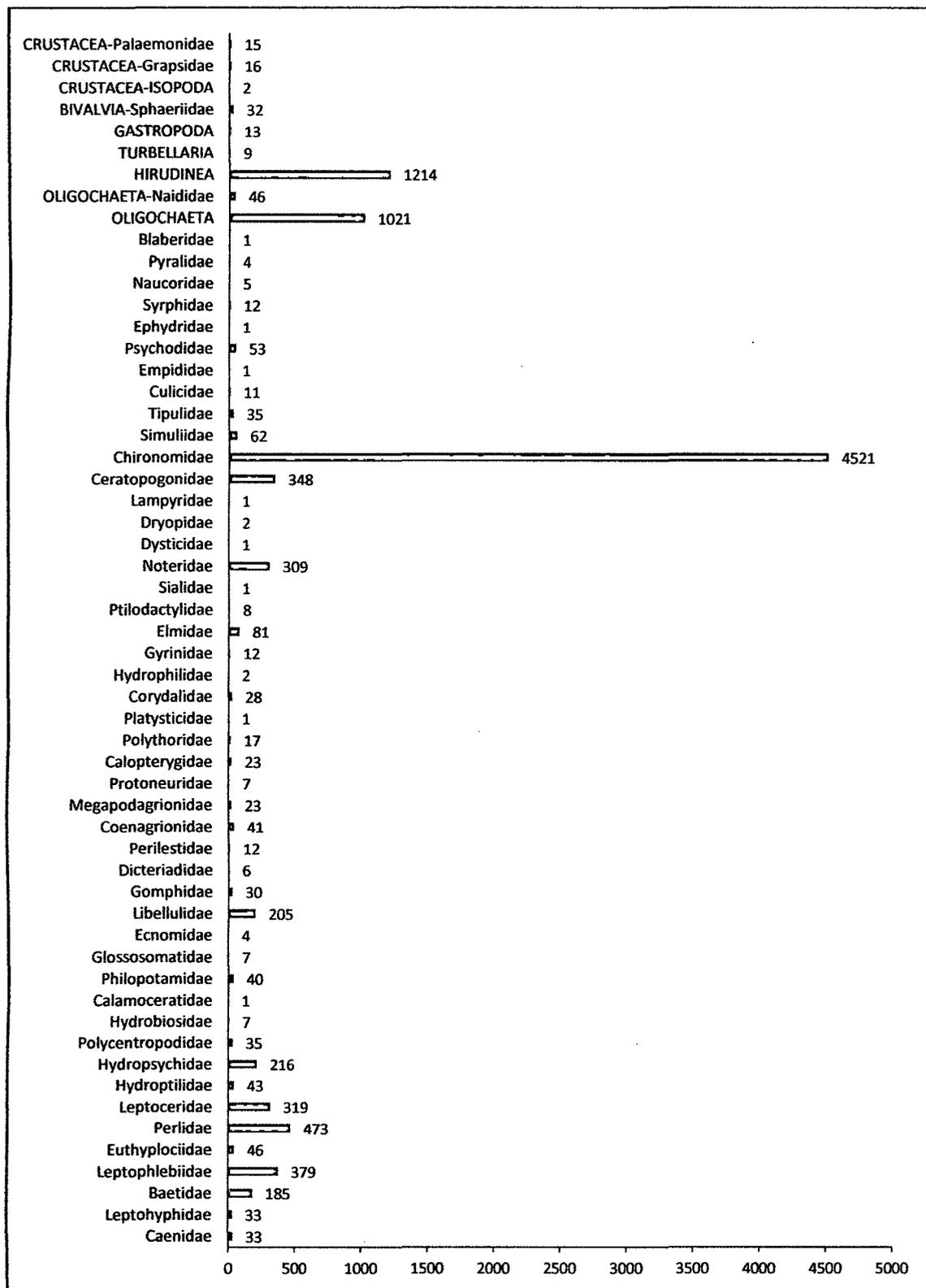


Figura 3. Número y abundancia de familias colectadas durante los tres periodos de muestreo, en las 9 quebradas evaluadas.

Fuente: Elaboración propia.

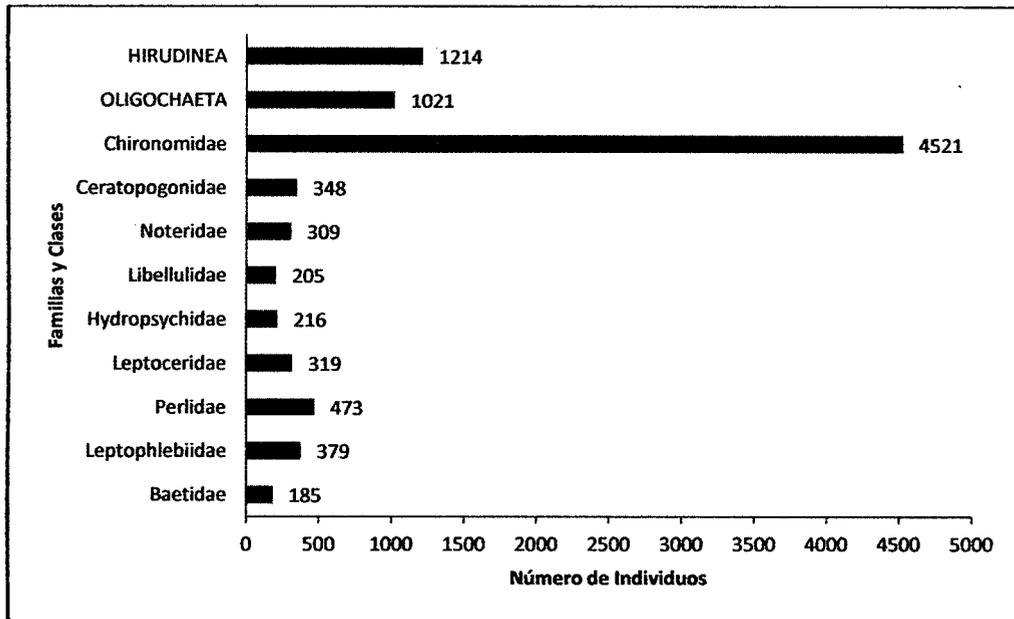


Figura 4. Número de individuos de las familias y clases más abundantes de macroinvertebrados acuáticos de las nueve quebradas, colectadas en los tres periodos de muestreo.

Fuente: Elaboración propia.

Las familias y clases con poblaciones más abundantes que resultaron de este estudio son: Chironomidae perteneciente al orden Díptera con 4521 individuos, que representa un 44.97%, la clase Hirudinea y Oligochaeta con un total de 1214 (12.08%) y 1021 (10.16%) individuos respectivamente, Perlidae del orden Plecoptera con 4.71% equivalente a 473 individuos en total, las familias Leptophlebiidae, Ceratopogonidae, Leptoceridae y Noteridae con un total de 379 (3.77%), 348 (3.46%), 319 (3.17%) y 309 (3.06%) individuos respectivamente (Figura 5).

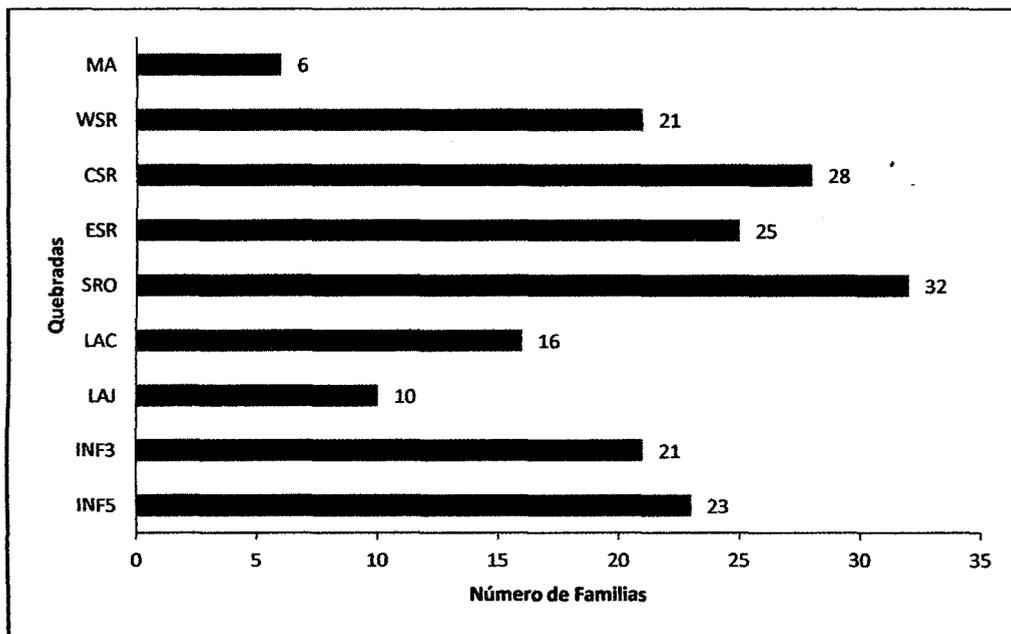


Figura 5. Número de familias de macroinvertebrados acuáticos presentes en las nueve quebradas, colectadas en los tres periodos de muestreo.

Fuente: Elaboración propia.

De las 51 familias identificadas para este estudio (Figura 3), los valores oscilan entre 6 y 32 familias, siendo las quebradas Santo Rosario (SRO), Central Santa Rosa (CSR) e East Santa Rosa (ESR) las que presentan el mayor número de familias identificadas con un total de 32, 28 y 25 respectivamente (Figura 5). Muy por el contrario sucede con las quebradas La Joya (LAJ) y Mazuko (MA) que presentan los valores más bajos, con 10 y 6 familias identificadas respectivamente. (Figura 5).

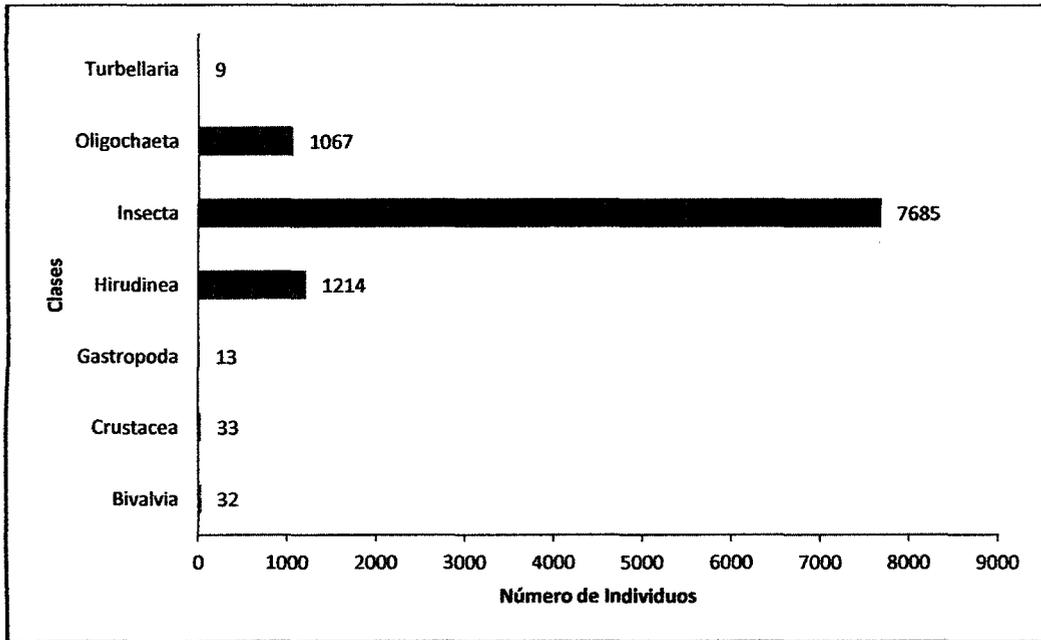


Figura 6. Número de individuos por clase de macroinvertebrados acuáticos presentes en las nueve quebradas, colectadas en los tres periodos de muestreo.
Fuente: Elaboración propia.

Se identificaron 7 clases de macroinvertebrados acuáticos para todo el estudio, de los cuales la clase Insecta presenta el mayor número de individuos con 7685, seguido de las clases Hirudinea y Oligochaeta con 1214 y 1067 individuos respectivamente (Figura 6). Por el contrario las clases Gastropoda y Turbellaria presentan el menor número con un total de 13 y 9 individuos respectivamente (Figura 6).

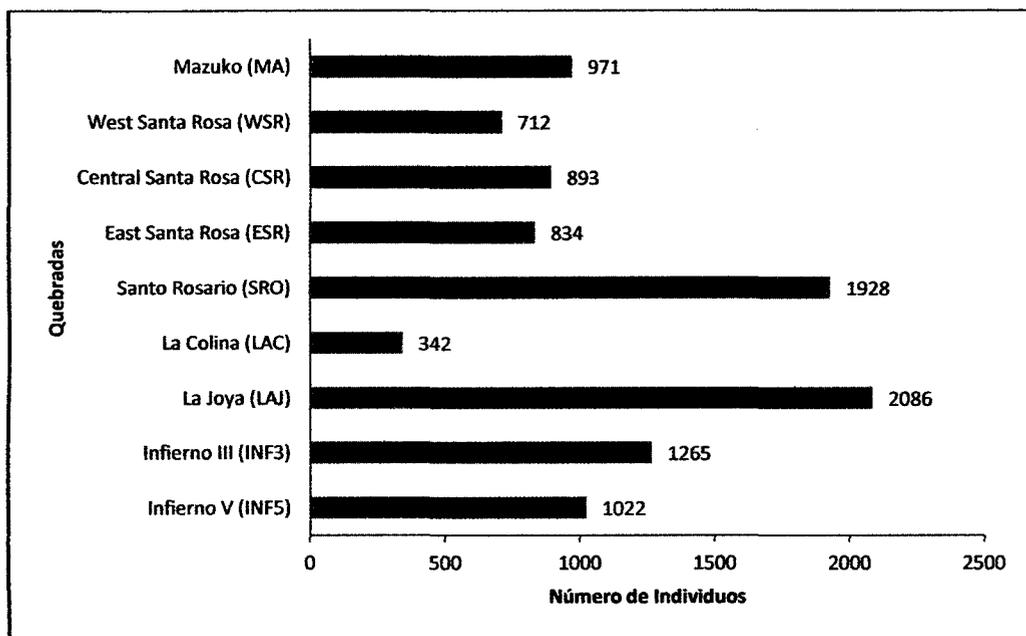


Figura 7. Número total de individuos presentes en cada una de las nueve quebradas, colectadas en los tres periodos de muestreo.

Fuente: Elaboración propia.

El número de individuos colectados en cada una de las quebradas evaluadas fue muy variable, donde los valores oscilan entre 342 a 2086 individuos (Figura 7). Las quebradas La Joya y Santo Rosario presentan el número más alto de individuos, con 2086 y 1928 respectivamente, a diferencia de la quebrada La Colina que tiene un total de 342 individuos (Figura 7).

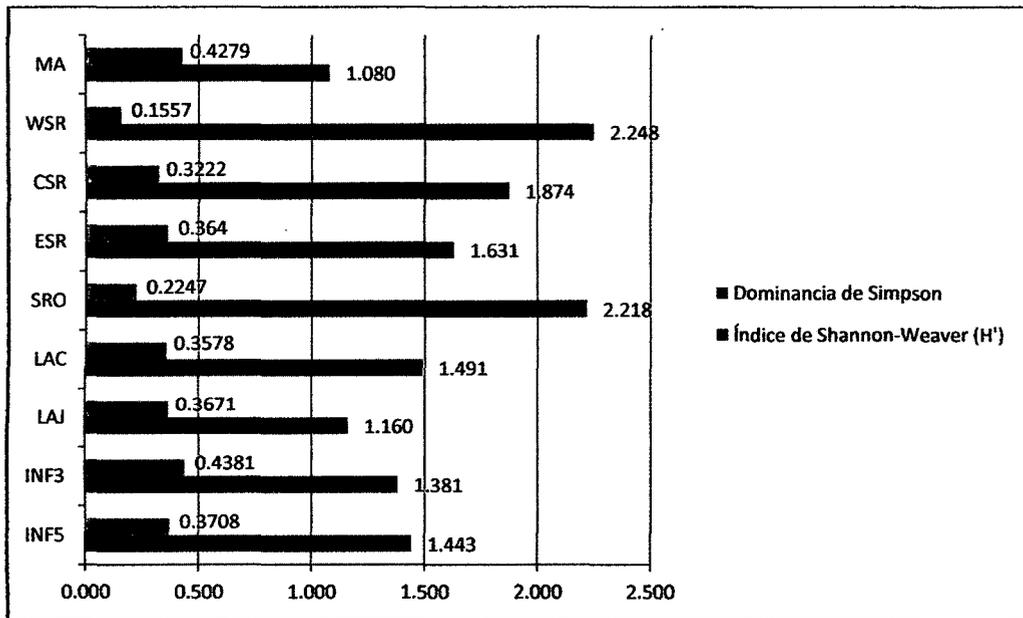


Figura 8. Valores de los índices de diversidad de los macroinvertebrados acuáticos colectados en las nueve quebradas, durante los tres periodos de muestreo.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los resultados obtenidos con el índice de diversidad de Shannon-Weaver para las nueve quebradas evaluadas en el estudio, la mayor diversidad de macroinvertebrados se registró en la quebrada West Santa Rosa (WSR) con un valor de 2.248 bits/individuo, seguido de la quebrada Santo Rosario (SRO) que registró un valor de 2.218 bits/individuo (Figura 8), según la metodología indican que ambas quebradas se encuentran sometidas a tensiones, a pesar de ser quebradas que muestran un volar alto con respecto a las demás quebradas éstas no superan el rango de 2.4-2.5 bits/individuos, por lo tanto el resto de las quebradas se encuentran sometidas a mayor tensión. De acuerdo a Krebs (2000), la diversidad está determinada por diversos factores, pero sin duda uno de los principales es la estabilidad ambiental.

Guinard, et al (2013), En su investigación de Diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos y calidad del agua de las cuencas alta y baja del río Gariché, Provincia de Chiriquí, Panama, muestra que en el río Gariché en época

seca obtuvo como resultado $H' = 2.36$, lo cual indica que los valores H' entre 1,50 – 2,70 bits/individuo corresponden a una diversidad media, según Margalef (1998). Según Borja et al. (2005), el incremento en el caudal del río favorece la deriva de macroinvertebrados río abajo y la turbidez influye en la disminución del número de individuos, y por lo tanto de la diversidad.

La dominancia fue baja para las nueve quebradas, presentado un valor máximo en la quebrada Mazuko (MA) con 0.427 (Figura 8). Este comportamiento está asociado con una mayor abundancia de la clase Oligochaeta con un 59.83%.

3.3. Relación entre parámetros físico-químicos y diversidad de Shannon-Weaver (H).

Realizando el análisis de correlación lineal nos indicó que el pH es uno de los parámetros físico-químicos que se correlaciona positivamente con la diversidad de Shannon-Weaver (H), ya que se encontró un valor del coeficiente de correlación $r=0.86$ (Figura 9) cuyo resultado es un dato muy cercano a la unidad, que es el parámetro que se establece en la correlación lineal para medir las relaciones entre variables. El coeficiente de determinación (r^2) es igual a 0.7318, el cual indica que las variables están relacionadas en un 73.18%.

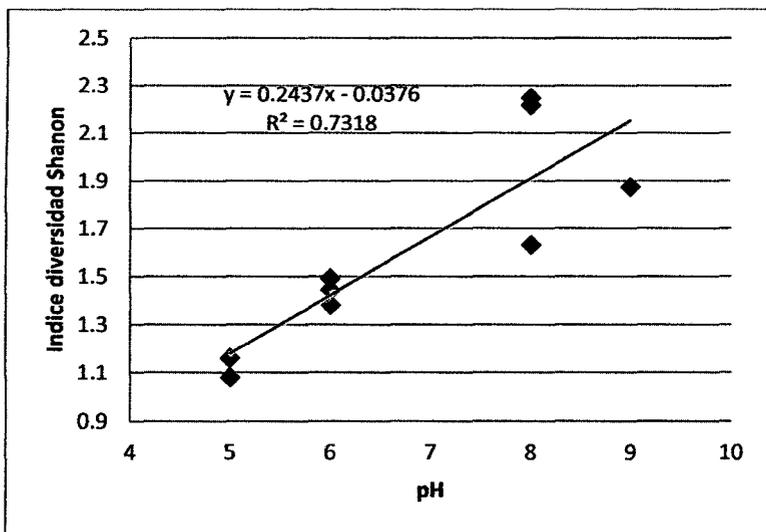


Figura 9: Relación entre el pH y el índice de diversidad de Shannon Weaver (H).

Por lo tanto la diversidad de poblaciones de macroinvertebrados es alta si el pH se encuentra en un rango de 6.5 a 8.5, y aquellas fuentes de aguas cuyos valores estén fuera de los rangos mencionados influyen de manera negativa en la diversidad de macroinvertebrados.

El oxígeno disuelto es otro de los parámetros físico-químicos que se correlaciona positivamente con la diversidad de Shannon-Weaver (H), ya que se encontró un valor del coeficiente de correlación $r=0.81$ (Figura 10) cuyo resultado es un dato muy cercano a la unidad, que es el parámetro que se establece en la correlación lineal para medir las relaciones entre variables.

El coeficiente de determinación (r^2) es igual a 0.6575, el cual indica que las variables están relacionadas en un 65.75%.

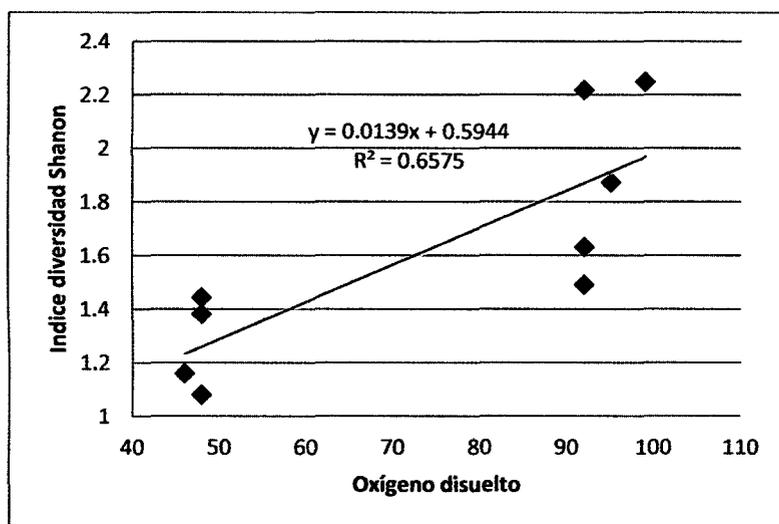


Figura 10: Relación entre el Oxígeno disuelto y el índice de diversidad de Shannon Weaver (H).

Por lo tanto según la figura 10 nos indica que existe mayor diversidad de poblaciones de macroinvertebrados acuáticos, ya que en aquellos cuerpos de agua que mantienen altos niveles de oxígeno disuelto son ambientes acuáticos más estables y pueden albergar una alta diversidad de organismos vivos como son los macroinvertebrados.

3.4. Análisis de la diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos con los diferentes usos de suelos de las áreas circundantes.

Con los resultados obtenidos del índice de diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos (Cuadro 21), se relacionaron con los diferentes usos de suelos que presentaron cada una de las nueve quebradas evaluadas.

Según Roldán (2003) una comunidad natural se caracteriza por presentar una gran diversidad de especies y un bajo número de individuos por especie; o un bajo número de especies y muchos individuos de éstas. Una comunidad bajo la presión de la contaminación se caracteriza por poseer un bajo número de especies con un gran número de individuos por especie (Roldán, 2003).

Cuadro 21: Diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos.

ÍNDICES	INF5	INF3	LAJ	LAC	SRO	ESR	CSR	WSR	MA
Taxas	26	24	14	20	36	28	31	23	8
Número de individuos	1022	1265	2086	342	1928	834	893	712	971
Índice de Shannon-Weaver (H')	1.443	1.381	1.160	1.491	2.218	1.631	1.874	2.248	1.080
Dominancia de Simpson	0.371	0.438	0.367	0.358	0.225	0.364	0.322	0.156	0.428

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la evaluación visual directa de los sitios de muestreo, se determinaron los diferentes usos de suelos que presentaron en su entorno, considerándolas como posibles fuentes de contaminación (Cuadro 22).

Cuadro 22: Aspectos que afectan la calidad de agua en las nueve quebradas.

QUEBRADAS	Uso de suelo						presencia de basura en la quebrada					Presencia de Impactos Humanos					
	urbanización	Agricultura	Ganadería	Minería	Parques recreativos	Control	Papel	Botellas	neumáticos	Otros	Ninguno	Carretera	tuberías de descarga	tuberías de drenaje	Puentes	Represa	Ninguno
Infierno V		x						x					x		x		
Infierno III		x								x		x	x		x		
La Joya	x						x	x	x	x		x	x	x	x		
La colina			x		x		x	x	x			x		x		x	
Santo Rosario						x					x	x			x		
East Santa Rosa						x					x						x
Central Santa Rosa	x						x	x	x	x		x	x	x	x		
West Santa Rosa				x						x							x
Mazuko	x						x	x	x	x		x	x	x	x		

Fuente: Elaboración propia.

Infierno V: ésta quebrada presenta un total de 1022 individuos, que representan el 1.443 bits/individuos (Cuadro 21). Con dos familias abundantes Noteridae (Coleoptera) y Chironomidae (Diptera) que presentan el mayor número de individuos (309 y 537) respectivamente. Según Mafla (2005) estas familias presentan un bajo valor (4 y 2) respectivamente, en función al grado de sensibilidad a la contaminación que también se refleja en el índice BMWP¹-CR. Así mismo Marchese & Paggi (2004); indica que los Chironomidae son tolerables a la contaminación. La cual de alguna manera podemos predecir que la quebrada está sujeta a futuras alteraciones en las poblaciones de macroinvertebrados producto de una contaminación lenta de las aguas las cuales también pueden estar relacionadas y/o atribuidas al uso de suelo (agricultura), presencia de residuos sólidos (botellas), así mismo por la presencia de impactos humanos (tuberías de descarga, puentes) (Cuadro 22).

Infierno III: de acuerdo a los resultados obtenidos ésta quebrada presenta un total de 1265 individuos para el período de evaluación, que representan el 1.381

bits/individuo (Cuadro 21). Con familias abundantes como Ceratopogonidae y Chironomidae ambas del orden Diptera, según Mafla (2005) estas familias presentan un bajo valor (4 y 2) respectivamente, en función al grado de sensibilidad a la contaminación como se muestra en el índice BMWP'-CR. La cual podemos predecir que la quebrada está sujeta a futuras alteraciones en las poblaciones de macroinvertebrados producto de una contaminación lenta de las aguas las cuales también pueden estar relacionadas y/o atribuidas al uso de suelo (agricultura), presencia de residuos sólidos (plásticos), así mismo por la presencia de impactos humanos (carreteras, tuberías de descarga, puentes) (Cuadro 22). Según Arcos (2005), menciona que en lugares donde existe una reducción de la vegetación ribereña por actividades antrópicas como ganadería y agricultura, se presenta una reducción de la diversidad.

La Joya: el total de individuos para la quebrada la Joya es de 2086, con un índice de diversidad de 1.160 bits/individuo (Cuadro 21). El bajo valor del índice de diversidad se debe a la abundancia de individuos de macroinvertebrados correspondiente a la familia Chironomidae (921) del orden Diptera, la clase Oligochaeta con (274) individuos y la clase Hirudinea con (820) individuos, macroinvertebrados que son tolerables a aguas con poca cantidad de oxígeno y turbias (Marchese & Paggi, 2004). La contaminación del agua para dicha quebrada puede estar relacionada y/o atribuida al uso de suelo (urbanización), presencia de residuos sólidos en el curso de la quebrada (papel, botellas, plásticos, otros), así mismo por la presencia de impactos humanos (carreteras, tuberías de descarga, tuberías de drenaje, puentes), según como se describe en el (Cuadro 22), estos factores hacen que el ecosistema acuático pierda población y diversidad de macroinvertebrados acuáticos.

La Colina: con un total de 342 individuos colectados en el período de muestreo, representan el 1.491 bits/individuos (Cuadro 21), siendo la familia Chironomidae del orden Diptera la más abundante con un total de 188 individuos. La ausencia de individuos sensibles a la contaminación puede estar atribuida al uso de suelo (ganadería y parques recreativos), presencia de residuos sólidos (papeles, botellas,

neumáticos), así mismo por la presencia de impactos humanos (carretera, tuberías de drenaje y represas), factores que hacen que el ecosistema acuático pierda poblaciones y diversidad de macroinvertebrados acuáticos (Cuadro 22).

Santo Rosario: segunda quebrada que presenta el mayor número de individuos colectados con un total de 1928, de igual manera presenta una mayor diversidad con 2.218 bits/individuos (Cuadro 21). En ésta quebrada se observa una abundancia de las familias más sensibles a la contaminación como Perlidae (Plecoptera), Hydrobiosidae y Ecnomidae (Trichoptera) y Polythoridae (Zygoptera), las cuales son buenas indicadores de la calidad de agua según el índice BMWP'-CR., este resultado podría atribuirse a que en la quebrada aún no se registraron actividades de uso de suelo, no presenta de residuos sólidos, por lo que no estaría afectando considerablemente a los macroinvertebrados acuáticos ya que la quebrada aún conserva características naturales (Cuadro 22).

East Santa Rosa: En la quebrada East Santa Rosa se colectaron un total de 834 individuos, lo que hace el 1.631 bits/individuo (Cuadro 21). En la mencionada quebrada se observa una regular abundancia de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera con 77, 119 y 81 individuos respectivamente, las cuales son buenas indicadores de la calidad ya que son órdenes muy sensibles a la contaminación, este resultado podría atribuirse a que en la quebrada aún no se registraron actividades de uso de suelo, no presenta de residuos sólidos, por lo que no estaría afectando considerablemente a los macroinvertebrados acuáticos ya que la quebrada aún conserva características naturales (Cuadro 22).

Central Santa Rosa: ésta quebrada presenta un total de 893 individuos colectados en el período de muestreo, este dato representa el 1.874 bits/individuo (Cuadro 21). El conteo de macroinvertebrados de los órdenes EPT que son sensibles a la contaminación no tiene la abundancia suficiente en relación al total de individuos colectados. Ésta quebrada Central Santa Rosa presenta un uso de suelo de Urbanización, como también presenta de residuos sólidos (papel, botellas, plásticos, otros), así mismo muestra la presencia de impactos humanos (carretera,

tuberías de descarga, tuberías de drenaje, puente), como se describe en el (cuadro 22). Estos factores hacen que el ecosistema acuático pierda población de macroinvertebrados.

West Santa Rosa: el total de individuos registrados para ésta quebrada fue de 712, representando el 2.248 bits/individuo de diversidad de macroinvertebrados (Cuadro 21). La quebrada West Santa Rosa presenta un uso de suelo de Minería, presenta de residuos sólidos (plásticos), en el período de evaluación no se registran presencia de impactos humanos, como se describe en el (cuadro 22), los vertidos que dejan de la actividad minera no estaría afectando directamente a ésta quebrada.

MAZUKO: el total de individuos registrados para ésta quebrada es de 971, dato que representa la diversidad más baja con 1.080 bits/individuos (Cuadro 21), debido a la abundancia de individuos de macroinvertebrados correspondiente a la familia Chiromidae (146), individuos de la clase Oligochaeta (581) e individuos de la clase Hirudinea (210) (Cuadro 20), macroinvertebrados que son tolerables a aguas con poca cantidad de oxígeno y turbias (Marchese & Paggi, 2004), la contaminación de dicha quebrada puede estar relacionada y/o atribuida al uso de suelo (urbanización), presencia de residuos sólidos (papel, botellas, plásticos, otros), así mismo por la presencia de impactos humanos (carreteras, tuberías de descarga, tuberías de drenaje, puentes), según como se describe en el cuadro 22, estos factores hacen que el ecosistema acuático pierda población y diversidad de macroinvertebrados acuáticos.

Según Blinn y Kilgore (2001), el bosque ripario tiene un papel importante al retardar y reducir la escorrentía superficial, utilizar el exceso de nutrientes, atrapar los sedimentos y otros contaminantes que se desprenden de los suelos descubiertos o suelos de cultivos y de esta manera proteger los cuerpos de agua.

Domínguez, et al (2005), debido a los cambios en las condiciones naturales del río o arroyos, como las causadas por el vertido de aguas domésticas, agricultura o

actividades industriales a lo largo de su cauce pueden afectar la estructura de sus comunidades de macroinvertebrados.

3.5. Guía de identificación rápida de identificación de macroinvertebrados acuáticos.

Como resultado de la investigación utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores se pudo obtener una guía de identificación rápida de macroinvertebrados, con muestras preservadas así como también muestras vivas de macroinvertebrados (Anexo 16).

CONCLUSIONES

- Aplicando el índice el EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera) se determinó que la quebrada “West Santa Rosa” presenta aguas de calidad “Buena”. Las quebradas “Santo Rosario, East Santa Rosa y La Colina” presentan aguas de calidad “Regular”. Las quebradas “Infierno III, Infierno V, Central Santa Rosa” registran baja presencia de comunidades de familias correspondientes a estos órdenes; y para el caso de las quebradas de “La Joya, y Mazuko” la calidad de agua es calificada como “Mala. Con el índice BMWP’-CR mostró que las quebradas “Santo Rosario, East Santa Rosa y Central Santa Rosa” califican como aguas de “Excelente calidad”; las quebradas “West Santa Rosa, Infierno III, e Infierno V” mostró que sus aguas califican como “Muy Bueno”; la quebrada “La colina” mostró una calificación como “Buena” y por otro lado las quebradas “La Joya y Mazuko” registran una puntuación baja calificando sus aguas como “Pobre” (Aguas Contaminadas).
- Se colectaron un total de 10053 individuos, distribuidos en 51 familias, 13 órdenes y 7 clases. Siendo la familia Chironomidae la más abundante con 4521 individuos, representando un 44.97%, seguidos por la clase Hirudinea y Oligochaeta con un total de 1214 (12.08%) y 1021 (10.16%) individuos respectivamente, estos son macroinvertebrados que toleran la contaminación. El índice de diversidad de Shannon-Weaver mostró 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, la cual también ratifica a los resultados obtenidos con los índices EPT y BMWP’-CR.
- Las quebradas La Joya, Central Santa Rosa y Mazuko de acuerdo a sus índices EPT y BMWP’-CR presentan una mala calidad de agua, y en cuanto al

índice de diversidad de Shannon-Weaver demuestran ser ecosistemas degradados, esto se ve afectado por el uso de suelo que presentan URBANIZACIÓN.

Las quebradas Infierno V e Infierno III presentan una mala calidad de agua para el índice EPT, esto podría deberse a que las áreas circundantes a las mismas presenta un uso de suelo de AGRICULTURA; pero en el índice BMWP'-CR registran agua de Muy buena calidad esto estaría sujeto a la sobreestimación de los datos de la calidad del agua según las familias presentes y los requisitos del mismo índice lo que resultó en una muy buena calidad de agua, pero que en cuanto al índice de diversidad de Shannon-Weaver demuestra que estas quebradas podrían encontrarse sometidas a tensiones.

Para la quebrada La Colina de acuerdo al índice EPT presenta calidad de agua regular, esto estaría sujeto a que la población de EPT está disminuyendo debido que presenta un uso de suelo de GANADERIA, como también presenta vertimientos de aguas servidas y desechos sólidos; en el caso de índice BMWP'-CR presenta agua de calidad Buena, pero que en cuanto al índice de diversidad de Shannon-Weaver demuestra que ésta quebrada podrían encontrarse sometida a tensiones.

West Santa Rosa es un quebrada que está ubicada en una zona donde se desarrolla actividad minera, los resultados obtenidos de acuerdo al índice EPT y BMWP'-CR indican que presenta agua de buena calidad y en cuanto al índice de diversidad de Shannon-Weaver demuestra ser un ecosistema en estado de conservación, esto podría estar sujeto a que esta actividad se desarrolla aguas abajo de la evaluación, por tal motivo sus vertidos no influyen directamente en sus aguas ni menos en la población de macroinvertebrados.

Las quebradas Santo Rosario e East Santa Rosa presentan calidad de agua excelente para ambos índices EPT y BMWP'-CR, y en cuanto al índice de diversidad de Shannon-Weaver demuestra ser un ecosistema en estado de conservación, cabe mencionar que estas dos quebradas no hay agentes antrópicos que estén alterando el medio acuático.

RECOMENDACIONES

En consideración a los resultados de este estudio realizado en 9 quebradas en el tramo carretero Puerto Maldonado – Mazuko, en el departamento de Madre de Dios y a las observaciones de campo, me permito hacer las siguientes recomendaciones:

- Los resultados del presente estudio determinaron que como medida de prevención es necesario orientar a personas (funcionarios gubernamentales, educadores y personas interesadas) acerca de un sistema de monitoreo sencillo y eficaz para evaluar a largo tiempo y en sitios permanentes, el estado y manejo apropiado de sus recursos naturales, salud de su ambiente y el seguimiento de los cambios antropogénicos.
- Educar a la población sobre la importancia de los cuerpos de agua y como evitar el deterioro de los mismos.
- La utilización de macroinvertebrados para la determinación de la calidad de aguas de ríos, quebradas. Se encuentra tomando un importante uso a nivel mundial; por ello se recomienda implementar el uso de una metodología de medición de calidad de agua de mucha simplicidad en cuanto al nivel taxonómico requerido (familia), el ahorro técnico en términos de tiempo (identificación de insectos) y bajo costo, y que a la vez permita comparar microcuencas hidrográficas con relación al uso del suelo.
- Dar continuidad al estudio con la implementación de biomonitoreos regulares complementados con análisis fisicoquímicos de manera continua 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.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, S., & Pérez, L. (2007).** Evaluación de la calidad de agua mediante la utilización de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca del yeguaré, Honduras. Valle de Yeguaré, Honduras: Tesis, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.
- Araúz, B., Amores, B., & Medianero, E. (2000).** Diversidad de distribución de insectos acuáticos a lo largo del cauce del río Chico (provincia de Chiriquí, República de Panamá). *Scientia* 15(1): pp. 27-45.
- Arcos, I. (2005).** Efecto del ancho de los ecosistemas riparios en la conservación de la calidad del agua y la biodiversidad en la microcuenca del río Sesesmilés, Copán, Honduras: Tesis: Programa de educación para el desarrollo y la conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica.
- Blinn, R. & Kilgore, A. (2001).** Riparian management practices. *Journal of forestry* (University of Minnesota) USA 8:11-17.
- Borja, F., Carvajal, C., et al. (2005).** Factores que inciden en la disminución de los organismos a lo largo de una cuenca. Universidad de Tolima. Colombia.
- Calderón, J. (2004).** Evaluación de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y la calidad fisicoquímica del agua en la parte alta de la quebrada el Carracá del municipio de Los Santos departamento Santander. Bucaramanga.
- Calles, J. (2007).** Bioindicadores terrestres y acuáticos para las microcuencas de los ríos Illangama y Alumbre, provincia de Bolívar. *EcoCiencia*. Ecuador.
- Camargo, A. (2004).** Evaluación ambiental de la quebrada la Honda del municipio del Socorro mediante los índices BMWP y QBR. Bucaramanga.
- Carrera, C., & Fierro, K. (2001).** Manual de monitoreo: Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad de agua. *EcoCiencia*. Quito.
- Coronel, B., & Jiménez, P. (2006).** "Estudio de la calidad del agua del río Jatunyacu sector cascada de Peguche, utilizando macroinvertebrados y diseño de un plan de monitoreo comunitario". Ibarra-Ecuador.
- Cutipa, L., & Araújo, J. (2012).** Calidad de aguas urbanas y periurbanas de Puerto Maldonado, Madre de Dios-Perú. Puerto Maldonado.

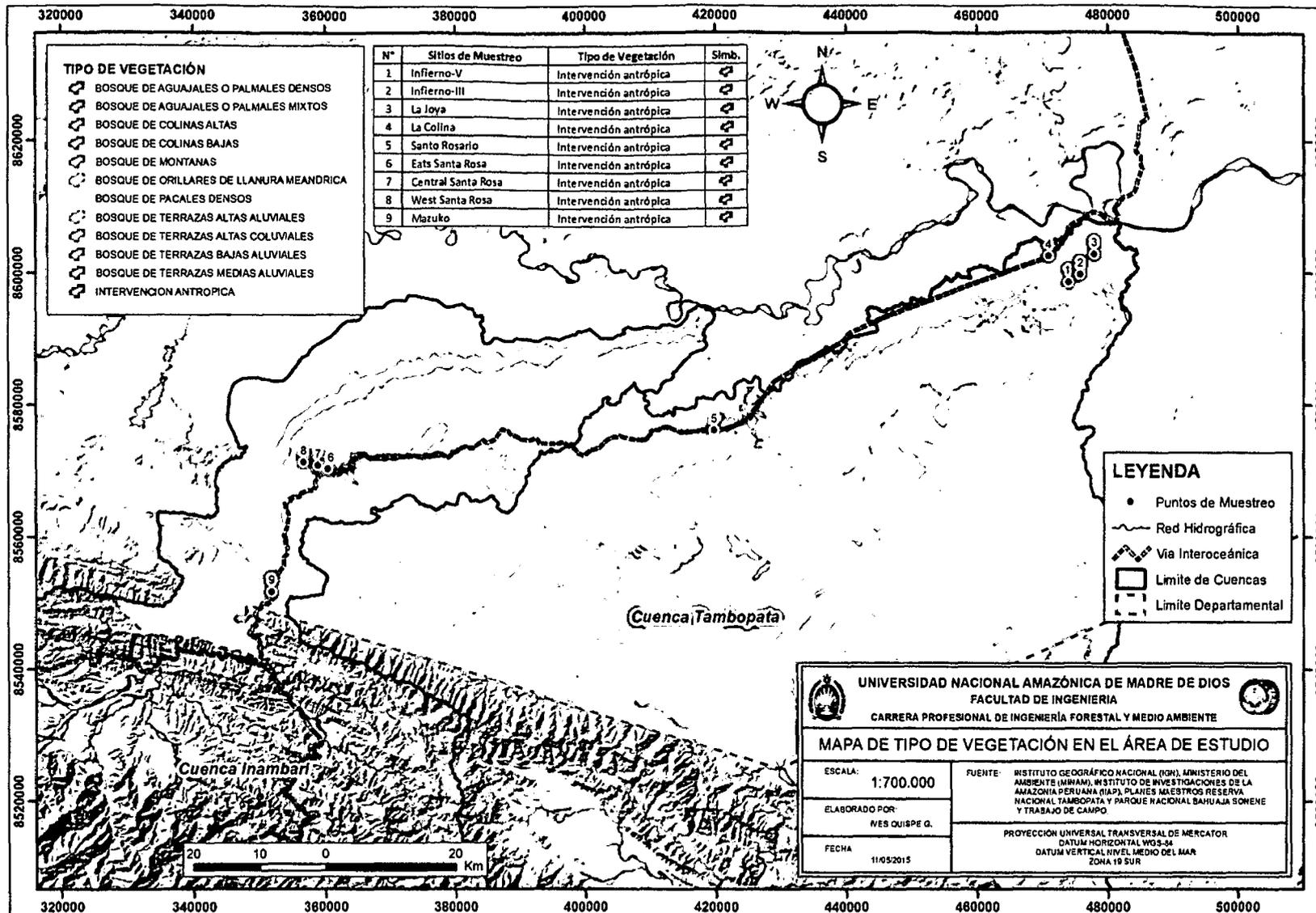
- Domínguez, L., Goethals, P. & De Pauw, N. (2005).** Aspectos del ambiente fisicoquímico del río Chaguana: un primer paso en el uso de los macroinvertebrados bentónicos en la evaluación de su calidad de agua. Revista tecnológica ESPOL no. 18: 127-134.
- Guinard, J., Ríos, T., Bernal, J., (2013).** Diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua de las cuencas alta y baja del río Gariché, provincia de Chiquirí, Panamá. 61-70 pp.
- Gutiérrez, J., Riss, W., & Ospina., R. (2004).** Bioindicación de la calidad del agua con macroinvertebrados acuáticos en la sabana de Bogotá, utilizando redes neuronales artificiales. Caldasia 26: 151-160.
- Herbas, R., Rivero, F., & Gonzáles, A. (2006).** Indicadores biológicos de la calidad del agua. Programa de maestría en Ingeniería Ambiental. Universidad Mayor de San Simón: Bolivia.
- Jiménez, B. (2001).** La contaminación Ambiental en México: causas, efectos y tecnologías apropiadas. Mexico. : Editorial Limusa.926 pp.
- Krebs, Ch. (2000).** Ecología Estudio de la Diversidad y Abundancia. Oxford.753 pp.
- La Motte Company. (2010).** Manual Kit La Motte. Equipo de bajo costo para Monitoreo de la Calidad del Agua. Editorial: Earth Force Green.
- 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. Tesis de Pregardoen Recursos Naturales, Universidad Católica de Temuco. Chile.
- Mafla, M. (2005).** Guía para Evaluaciones Ecológicas Rápidas con Indicadores Biológicos en Ríos de tamaño Madiano Talamanca-Costa Rica. Macroinvertebrados (BMWP-CR-Biological Monitoring Working Party) y Hábitat (SVAP-Stream Visual Assesment Protocol). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).: Turrialba, Costa Rica.
- Marchese, M., & Paggi, A. (2004).** Diversidad de oligochaeta (Annelida) y Chironomidae (Diptera) del Litoral Fluvial Argentino. INSUGEO, Miscelania. 12:217-224.
- Margalef, R. (1998).** Ecología. Novena edición. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, España. 951 pp.

- Mateo, S., & Cornejo, C. (2006).** Estrategia Regional de Diversidad Biológica en Madre de Dios.
- Medianero, E., & Samaniego., M. (2004).** Comunidad de insectos acuáticos asociados a condiciones de contaminación en el río Curundú, Panamá. *Mex* 43:279–294.
- Medina, C., Revilla, M., Asencio, I., et al (2008).** El índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), modificado y adaptado a tres microcuencas del Alto Chicama. La Libertad. Perú.
- Ministerio de Agricultura, Autoridad Nacional del Agua & Autoridad Local del Agua Maldonado, MINAG-ANA-ALAM. (2010).** Estudio diagnóstico hidrológico de la cuenca de Madre de Dios. Dirección de conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos Área de Aguas Superficiales. 177pp.
- Ministerio del Ambientes-MINAM (2008).** Aprueban los estándares de calidad ambiental para agua. D.S. N° 002-2008-MINAM.
- Orellana, A. (2003).** Línea Base de la Calidad y Cantidad de Agua en la Subcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso, Honduras. Tesis para optar por el grado de Ingeniero en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente. Escuela Agrícola Panamericana – Zamorano, Honduras. 77 p.
- Oscoz, J., Campos, F., & Escala., M. (2006).** Variación de la comunidad de macroinvertebrados bénticos en relación con la calidad de las aguas. *Limnetica* 25: 683 – 692.
- Reece, P., & Richardson, J. (1999).** Biomonitoring with reference condition approach for the detection of aquatic ecosystems at risk. *Proc. Biology and management of species and habitats at risk. Kamloops.* 549-552.
- Roldán, G. (2003).** Bioindicadores de la calidad de agua en Colombia: uso del método BMWP/Col. Colombia. Editorial Universidad de Antioquia. 164p.
- Roldán, G. (1999).** Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. Colombia.: *Rev. Acad.*
- Roldán, G. (1992).** Fundamentos de Limnología Neotropical. Universidad de Antioquia. Medellín. 529p.

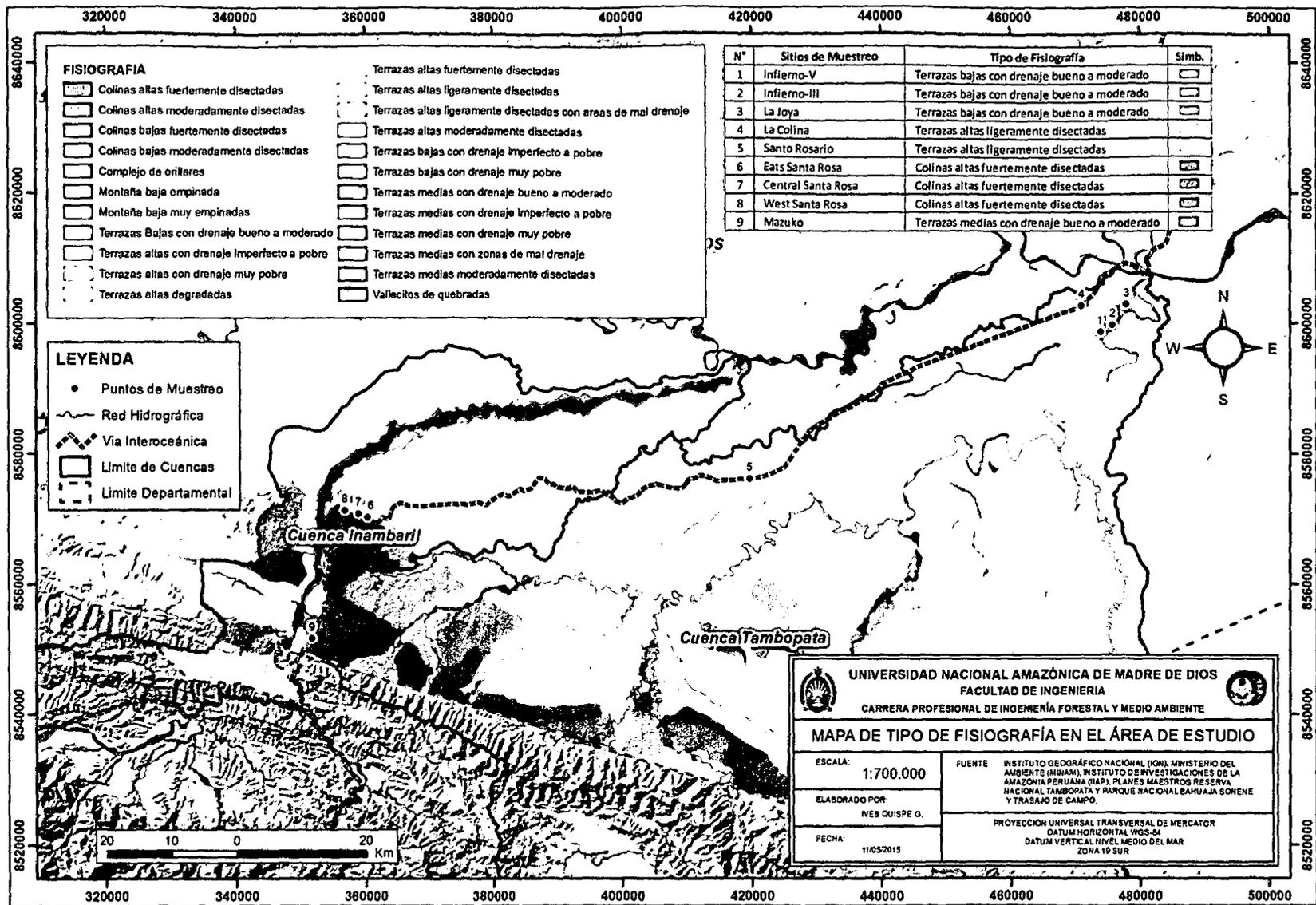
Segnini. S. (2003). El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. *Ecotrópicos* 16 (2):45-63.

Stroud Water Research Center. (s.f.). Leaf Pack Network "Manual de Recursos". Pennsylvania, USA.

ANEXOS



Anexo 1. Mapa de tipo de vegetación en el área de estudio.



Anexo 2. Mapa de tipo de fisiografía en el área de estudio..

Anexo 3. Macroinvertebrados acuáticos colectados en los tres períodos de muestreo en las quebradas a lo largo del tramo carretero Puerto Maldonado-Mazuko.

Clase	Orden	Familia	INF5	INF3	LAJ	LAC	SRO	ESR	CSR	WSR	MA	TOTAL
Insecta	Ephemeroptera	Caenidae	3	12	0	1	14	0	1	2	0	33
		Leptohyphidae	4	0	0	1	8	3	12	5	0	33
		Baetidae	4	15	0	27	79	11	27	22	0	185
		Leptophlebiidae	22	57	0	72	119	46	26	37	0	379
		Euthyplociidae	0	0	0	0	29	17	0	0	0	46
	Plecoptera	Perlidae	0	1	0	0	208	119	22	123	0	473
	Trichoptera	Leptoceridae	4	0	0	0	27	74	5	209	0	319
		Hydroptilidae	37	0	0	1	3	1	1	0	0	43
		Hydropsychidae	4	3	0	1	126	4	7	71	0	216
		Polycentropodidae	18	15	0	0	1	0	1	0	0	35
		Hydrobiosidae	0	1	0	0	5	0	1	0	0	7
		Calamoceratidae	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
		Philopotamidae	0	0	0	0	39	1	0	0	0	40
		Glossosomatidae	0	0	0	0	6	0	0	1	0	7
	Ecnomidae	0	1	0	0	3	0	0	0	0	4	
	Anisoptera	Libellulidae	0	24	19	1	124	1	7	29	0	205
		Gomphidae	2	0	0	1	9	1	11	6	0	30
	Zygoptera	Dicteriadidae	0	0	1	4	0	0	1	0	0	6
		Perilestidae	1	0	0	0	4	1	1	5	0	12
		Coenagrionidae	2	4	0	1	7	4	13	10	0	41
		Megapodagrionidae	0	1	0	0	4	14	4	0	0	23
		Protoneuridae	1	0	0	0	0	0	6	0	0	7
		Calopterygidae	2	3	0	0	6	0	0	12	0	23
		Polythoridae	0	0	0	0	17	0	0	0	0	17
	Platysticidae	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	
	Megaloptera	Corydalidae	0	0	0	1	27	0	0	0	0	28
	Coleoptera	Hydrophilidae	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2
		Gyrinidae	2	8	0	0	0	0	2	0	0	12
		Elmidae	1	0	0	2	39	10	7	22	0	81
		Ptilodactylidae	0	0	0	0	3	5	0	0	0	8
		Sialidae	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		Noteridae	309	0	0	0	0	0	0	0	0	309
		Dysticidae	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Dryopidae		0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	
Lampyridae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1		
Diptera	Ceratopogonidae	27	214	5	18	25	4	33	19	3	348	
	Chironomidae	537	805	921	188	853	480	487	104	146	4521	
	Simuliidae	0	7	0	0	55	0	0	0	0	62	
	Tipulidae	0	1	1	0	5	6	6	15	1	35	
	Culicidae	2	0	2	1	3	1	2	0	0	11	
	Empididae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
	Psychodidae	0	0	36	0	0	0	0	0	17	53	
	Ephydriidae	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
	Syrphidae	0	0	0	0	0	0	0	0	12	12	
Hemiptera	Naucoridae	0	0	0	0	0	2	2	1	0	5	
Lepidoptera	Pyralidae	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4	
Blattodea	Blaberidae	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	

Clase	Orden	Familia	INF5	INF3	LAJ	LAC	SRO	ESR	CSR	WSR	MA	TOTAL
Oligochaeta		OLIGOCHAETA	3	10	274	15	18	4	103	13	581	1021
		OLIGOCHAETA-Naididae	2	31	1	0	0	0	12	0	0	46
Hirudinea		HIRUDINEA	11	38	820	3	50	9	72	1	210	1214
Turbellaria		TURBELLARIA	0	1	0	1	4	3	0	0	0	9
Gastropoda		GASTROPODA	2	0	3	1	0	0	7	0	0	13
Bivalvia		BIVALVIA-Sphaeriidae	16	11	1	0	0	0	4	0	0	32
Crustacea	Isopoda	CRUSTACEA-ISOPODA	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2
	Decapoda	CRUSTACEA-Grapsidae	0	0	0	0	0	4	9	3	0	16
		CRUSTACEA-Palaemonidae	5	0	0	2	0	7	0	1	0	15
Total de Macroinvertebrados			1022	1265	2086	342	1928	834	893	712	971	10053

Anexo 4. Valores del índice BMWP¹-CR para las nueve quebradas a lo largo del tramo carretero Puerto Maldonado-Mazuko.

Familia	INF5	BMWP ¹ -CR	INF3	BMWP ¹ -CR	LAJ	BMWP ¹ -CR	LAC	BMWP ¹ -CR	SRO	BMWP ¹ -CR	ESR	BMWP ¹ -CR	CSR	BMWP ¹ -CR	WSR	BMWP ¹ -CR	MA	BMWP ¹ -CR
Caenidae	3	4	12	4	0	0	1	4	14	4	0	0	1	4	2	4	0	0
Leptohyphidae	4	5	0	0	0	0	1	5	8	5	3	5	12	5	5	5	0	0
Baetidae	4	5	15	5	0	0	27	5	79	5	11	5	27	5	22	5	0	0
Leptophlebiidae	22	8	57	8	0	0	72	8	119	8	46	8	26	8	37	8	0	0
Euthyplociidae	0	0	0	0	0	0	0	0	29	0	17	0	0	0	0	0	0	0
Perlidae	0	0	1	10	0	0	0	0	208	10	119	10	22	10	123	10	0	0
Leptoceridae	4	8	0	0	0	0	0	0	27	8	74	8	5	8	209	8	0	0
Hydroptilidae	37	6	0	0	0	0	1	6	3	6	1	6	1	6	0	0	0	0
Hydropsychidae	4	5	3	5	0	0	1	5	126	5	4	5	7	5	71	5	0	0
Polycentropodidae	18	6	15	6	0	0	0	0	1	6	0	0	1	6	0	0	0	0
Hydrobiosidae	0	0	1	10	0	0	0	0	5	10	0	0	1	10	0	0	0	0
Calamoceratidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8	0	0	0	0	0	0
Philopotamidae	0	0	0	0	0	0	0	0	39	7	1	7	0	0	0	0	0	0
Glossosomatidae	0	0	0	0	0	0	0	0	6	8	0	0	0	0	1	8	0	0
Ecnomidae	0	0	1	10	0	0	0	0	3	10	0	0	0	0	0	0	0	0
Libellulidae	0	0	24	6	19	6	1	6	124	6	1	6	7	6	29	6	0	0
Gomphidae	2	7	0	0	0	0	1	7	9	7	1	7	11	7	6	7	0	0
Dicteriidae	0	0	0	0	1	0	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Perilestidae	1	8	0	0	0	0	0	0	4	8	1	8	1	8	5	8	0	0
Coenagrionidae	2	4	4	4	0	0	1	4	7	4	4	4	13	4	10	4	0	0
Megapodagrionidae	0	0	1	7	0	0	0	0	4	7	14	7	4	7	0	0	0	0
Protoneuridae	1	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	7	0	0	0	0
Calopterygidae	2	4	3	4	0	0	0	0	6	4	0	0	0	0	12	4	0	0
Polythoridae	0	0	0	0	0	0	0	0	17	10	0	0	0	0	0	0	0	0
Platysticidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7	0	0
Corydalidae	0	0	0	0	0	0	1	6	27	6	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydrophilidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	1	3
Gyrinidae	2	4	8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	0	0	0	0
Elmidae	1	5	0	0	0	0	2	5	39	5	10	5	7	5	22	5	0	0
Ptilodactylidae	0	0	0	0	0	0	0	0	3	7	5	7	0	0	0	0	0	0
Sialidae	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Familla	INF5	BMWP'-CR	INF3	BMWP'-CR	LAJ	BMWP'-CR	LAC	BMWP'-CR	SRO	BMWP'-CR	ESR	BMWP'-CR	CSR	BMWP'-CR	WSR	BMWP'-CR	MA	BMWP'-CR
Noteridae	309	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dysticidae	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0
Dryopidae	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0
Lampyridae	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ceratopogonidae	27	4	214	4	5	4	18	4	25	4	4	4	33	4	19	4	3	4
Chironomidae	537	2	805	2	921	2	188	2	853	2	480	2	487	2	104	2	146	2
Simuliidae	0	0	7	4	0	0	0	0	55	4	0	0	0	0	0	0	0	0
Tipulidae	0	0	1	4	1	4	0	0	5	4	6	4	6	4	15	4	1	4
Culicidae	2	2	0	0	2	2	1	2	3	2	1	2	2	2	0	0	0	0
Empididae	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Psychodidae	0	0	0	0	36	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	3
Ephydriidae	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Syrphidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	1
Naucoridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	2	4	1	4	0	0
Pyralidae	0	0	0	0	0	0	0	0	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0
Blaberidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8	0	0	0	0	0	0
OLIGOCHAETA	3	1	10	1	274	1	15	1	18	1	4	1	103	1	13	1	581	1
OLIGOCHAETA-Naididae	2	1	31	1	1	1	0	0	0	0	0	0	12	1	0	0	0	0
HIRUDINEA	11	3	38	3	820	3	3	3	50	3	9	3	72	3	1	3	210	3
TURBELLARIA	0	0	1	5	0	0	1	5	4	5	3	5	0	0	0	0	0	0
GASTROPODA	2	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0
BIVALVIA-Sphaeriidae	16	3	11	3	1	3	0	0	0	0	0	0	4	3	0	0	0	0
CRUSTACEA-ISOPODA	0	0	0	0	1	3	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0
CRUSTACEA-Grapsidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	9	3	3	3	0	0
CRUSTACEA-Palaemonidae	5	5	0	0	0	0	2	5	0	0	7	5	0	0	1	5	0	0
TOTAL	1022	111	1265	118	2086	34	342	83	1928	198	834	147	893	145	712	120	971	21

Anexo 5. Índice EPT para las nueve quebradas a lo largo del tramo carretero Puerto Maldonado-Mazuko.

Familia	INF5	EPT	INF3	EPT	LAJ	EPT	LAC	EPT	SRO	EPT	ESR	EPT	CSR	EPT	WSR	EPT	MA	EPT
Caenidae	3		12		0		1		14		0		1		2		0	
Leptohyphidae	4		0		0		1		8		3		12		5		0	
Baetidae	4	33	15	84	0	0	27	101	79	249	11	77	27	66	22	66	0	0
Leptophlebiidae	22		57		0		72		119		46		26		37		0	
Euthyplociidae	0		0		0		0		29		17		0		0		0	
Perlidae	0	0	1	1	0	0	0	0	208	208	119	119	22	22	123	123	0	0
Leptoceridae	4		0		0		0		27		74		5		209		0	
Hydroptilidae	37		0		0		1		3		1		1		0		0	
Hydropsychidae	4		3		0		1		126		4		7		71		0	
Polycentropodidae	18		15		0		0		1		0		1		0		0	
Hydrobiosidae	0	63	1	20	0	0	0	2	5	210	0	81	1	15	0	281	0	0
Calamoceratidae	0		0		0		0		0		1		0		0		0	
Philopotamidae	0		0		0		0		39		1		0		0		0	
Glossosomatidae	0		0		0		0		6		0		0		1		0	
Ecnomidae	0		1		0		0		3		0		0		0		0	
Libellulidae	0		24		19		1		124		1		7		29		0	
Gomphidae	2		0		0		1		9		1		11		6		0	
Dicteriadidae	0		0		1		4		0		0		1		0		0	
Perilestidae	1		0		0		0		4		1		1		5		0	
Coenagrionidae	2		4		0		1		7		4		13		10		0	
Megapodagrionidae	0		1		0		0		4		14		4		0		0	
Protoneuridae	1		0		0		0		0		0		6		0		0	
Calopterygidae	2		3		0		0		6		0		0		12		0	
Polythoridae	0		0		0		0		17		0		0		0		0	
Platysticidae	0		0		0		0		0		0		0		1		0	
Corydalidae	0		0		0		1		27		0		0		0		0	
Hydrophilidae	0		0		0		0		0		0		1		0		1	
Gyrinidae	2		8		0		0		0		0		2		0		0	
Elmidae	1		0		0		2		39		10		7		22		0	
Ptilodactylidae	0		0		0		0		3		5		0		0		0	
Sialidae	1		0		0		0		0		0		0		0		0	

Familia	INF5	EPT	INF3	EPT	LAJ	EPT	LAC	EPT	SRO	EPT	ESR	EPT	CSR	EPT	WSR	EPT	MA	EPT
Noteridae	309		0		0		0		0		0		0		0		0	
Dysticidae	0		0		0		0		1		0		0		0		0	
Dryopidae	0		0		0		0		2		0		0		0		0	
Lampyridae	0		1		0		0		0		0		0		0		0	
Ceratopogonidae	27		214		5		18		25		4		33		19		3	
Chironomidae	537		805		921		188		853		480		487		104		146	
Simuliidae	0		7		0		0		55		0		0		0		0	
Tipulidae	0		1		1		0		5		6		6		15		1	
Culicidae	2		0		2		1		3		1		2		0		0	
Empididae	0		1		0		0		0		0		0		0		0	
Psychodidae	0		0		36		0		0		0		0		0		17	
Ephydriidae	0		0		1		0		0		0		0		0		0	
Syrphidae	0		0		0		0		0		0		0		0		12	
Naucoridae	0		0		0		0		0		2		2		1		0	
Pyralidae	0		0		0		0		4		0		0		0		0	
Blaberidae	0		0		0		0		0		1		0		0		0	
OLIGOCHAETA	3		10		274		15		18		4		103		13		581	
OLIGOCHAETA-Naididae	2		31		1		0		0		0		12		0		0	
HIRUDINEA	11		38		820		3		50		9		72		1		210	
TURBELLARIA	0		1		0		1		4		3		0		0		0	
GASTROPODA	2		0		3		1		0		0		7		0		0	
BIVALVIA-Sphaeriidae	16		11		1		0		0		0		4		0		0	
CRUSTACEA-ISOPODA	0		0		1		0		1		0		0		0		0	
CRUSTACEA-Grapsidae	0		0		0		0		0		4		9		3		0	
CRUSTACEA-Palaemonidae	5		0		0		2		0		7		0		1		0	
TOTAL	1022	96	1265	105	2086	0	342	103	1928	667	834	277	893	103	712	470	971	0
%EPT		9.39		8.30		0.00		30.12		34.60		33.21		11.53		66.01		0.00

Anexo 6. Número de individuos y abundancia de familias y clases encontrados en las 9 quebradas.

FAMILIA	TOTAL
Caenidae	33
Leptohyphidae	33
Baetidae	185
Leptophlebiidae	379
Euthyplociidae	46
Perlidae	473
Leptoceridae	319
Hydroptilidae	43
Hydropsychidae	216
Polycentropodidae	35
Hydrobiosidae	7
Calamoceratidae	1
Philopotamidae	40
Glossosomatidae	7
Ecnomidae	4
Libellulidae	205
Gomphidae	30
Dicteriadidae	6
Perilestidae	12
Coenagrionidae	41
Megapodagrionidae	23
Protoneuridae	7
Calopterygidae	23
Polythoridae	17
Platysticidae	1
Corydalidae	28
Hydrophilidae	2
Gyrinidae	12
Elmidae	81
Ptilodactylidae	8
Sialidae	1
Noteridae	309
Dysticidae	1
Dryopidae	2
Lampyridae	1
Ceratopogonidae	348
Chironomidae	4521
Simuliidae	62
Tipulidae	35
Culicidae	11
Empididae	1
Psychodidae	53
Ephyridae	1
Syrphidae	12
Naucoridae	5
Pyralidae	4
Blaberidae	1
OLIGOCHAETA	1021
OLIGOCHAETA-Naididae	46
HIRUDINEA	1214
TURBELLARIA	9
GASTROPODA	13
BIVALVIA-Sphaeriidae	32
CRUSTACEA-ISOPODA	2
CRUSTACEA-Grapsidae	16
CRUSTACEA-Palaemonidae	15

Anexo 7. Número de individuos de las familias y clases más abundantes de Macroinvertebrados de las 9 quebradas.

Familia	TOTAL
Baetidae	185
Leptophlebiidae	379
Perlidae	473
Leptoceridae	319
Hydropsychidae	216
Libellulidae	205
Noteridae	309
Ceratopogonidae	348
Chironomidae	4521
OLIGOCHAETA	1021
HIRUDINEA	1214

Anexo 8. Número total de individuos colectados en cada una de las 9 quebradas.

Quebradas	N° de Individuos
Infierno V (INF5)	1022
Infierno III (INF3)	1265
La Joya (LAJ)	2086
La Colina (LAC)	342
Santo Rosario (SRO)	1928
East Santa Rosa (ESR)	834
Central Santa Rosa (CSR)	893
West Santa Rosa (WSR)	712
Mazuko (MA)	971

Anexo 9. Número de familias presentes en las 9 quebradas.

Quebradas	N° de Familias
INF5	23
INF3	21
LAJ	10
LAC	16
SRO	32
ESR	25
CSR	28
WSR	21
MA	6

Anexo 10. Número total de individuos por clase presentes en las 9 quebradas.

Clases	N° de Individuos
Bivalvia	32
Crustacea	33
Gastropoda	13
Hirudinea	1214
Insecta	7685
Oligochaeta	1067
Turbellaria	9

Anexo 11. Formato de campo para descripción del área circundante a las quebradas.

ACEER Foundation Leaf Pack Stream Site Information

Stream Name	
Major Watershed	
Sub-basin	
Site Locality	
Latitude	East
Longitude	North
Elevation (m)	
Source of Lat/Long. And Elevation	WGS 84

Site Description

1. Habitats Present	Pools	Logs	Wetlands	Rapids	Leaves	Branches	Fine, Sandy Sediments	Aquatic Vegetation	Flowing Water	
2. Appearance of Water	Clear	Oily sheen	Cloudy	Soapy						
2a. Description of the Water Color										
3. Presence of Human Impacts	None	Concrete	Discharge Pipes	Drainage Pipes	Bridges	Large Stones	Dam	Other		
4. Evidence of Active Erosion	Less than 20%	20 - 50%	Greater than 50%							
Left Bank										
Right Bank										
5. Percent Vegetation Along the Stream Edge	Less than 20%	20 - 50%	Greater than 50%							
Left Bank										
Right Bank										
6. Composition of the Stream Bed	Pebbles	Gravel	Large Stones	Sediment	Other					
7. Vegetation along the Stream Bank	None	Pasture	Trees	Shrubs	Forest	Principally Evergreen		Principally Deciduous		
Left Bank										
Right Bank										
8. Land Use	Agriculture	Pasture	Golf course	Parks/Recreation	Waste Treatment Plant	Forest	Active Construction	Residential/Commercial	Industrial	Gardens
9. Impermeable Surfaces	Less than 20%	20 - 50%	Greater than 50%							
10. Presence of Trash In the Stream	None	Paper	Bottles	Tires	Other					

Anexo 12. Formato de campo para la toma de datos de parámetros fisicoquímicos de las quebradas.

Parámetros Fisicoquímicos	INF5	INF3	LAJ	LAC	SRO	ESR	CSR	WSR	MA
T° del agua:									
T° del ambiente:									
pH:									
Oxígeno Disuelto:									
Nitrato:									
Fosfato:									
Turbidez:									

Anexo 13 Formato de campo para la medición de la descarga (m3/s) de las quebradas evaluadas.

Quebradas	Ancho			Profundidad			Tiempo			Distancia (m)
	a1	a2	a3	p1	p2	p3	t1	t2	t3	
La Joya										
Infierno III										
Infierno V										
La colina										
Santo Rosario										
East Santa Rosa										
Central Santa Rosa										
West Santa Rosa II										
Mazuco Abajo										

Anexo 14. Quebradas evaluadas en la presente investigación.



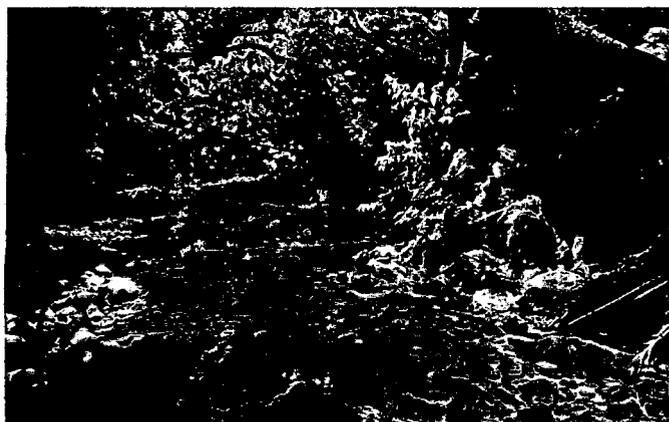
Quebrada Infierno III



Quebrada La Joya



Quebrada Infierno V



Quebrada Central Santa Rosa



Quebrada Mazuko



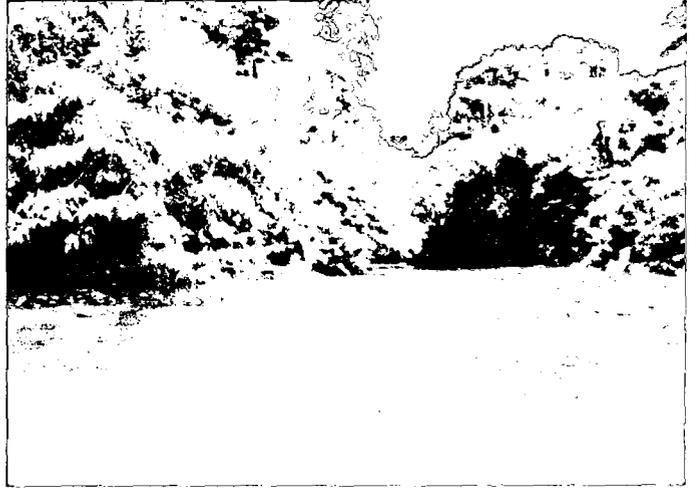
Quebrada La Colina



Quebrada Santo Rosario



Quebrada East Santa Rosa



Quebrada West Santa Rosa

Anexo 15. Certificación de identificación de macroinvertebrados acuáticos.



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN
MARCOS**
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

CERTIFICACIÓN

IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS

Quien suscribe, Dra. Blga. **ANA ASUNCIÓN HUAMANTINCO ARAUJO**, investigadora especialista en identificación taxonómica de especímenes de invertebrados acuáticos en el Laboratorio de Invertebrados Acuáticos de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos – UNMSM.

CERTIFICA QUE, han sido depositados especímenes de macroinvertebrados acuáticos en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Biológicas UNMSM para su identificación y/o determinación, por la Señorita Bachiller en Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, **LIZEYKA XILENA BARRA POLANCO**, de la Facultad de Ingenierías, Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios; para su identificación y/o determinación. El material depositado corresponde a diversos Ordenes y Familias de macroinvertebrados, los cuales serán utilizados para la sustentación de la tesis titulada: **“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”**.

De acuerdo a la descripción de sus características morfológicas, que están registradas en las siguientes claves de identificación taxonómica:

Domínguez, E. & H. Fernández. 2009. Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y Biología. Fundación Miguel Lillo Tucumán Argentina. 654p.

Costa, J.M., Souza, L.O.I. & Oldrini B.B. 2004. Chave para identificacao das familias e gêneros das larvas conhecidas de Odonata do Brasil: comentarios e registros bibliográficos (Insecta, Odonata). Publicacoes Avulsas do Museu Nacional, Rio de Janeiro (99):1-42.

Manzo, Veronica 2005. Key to the South America genera of Elmidae (Insecta: Coleoptera) with distributional data Studies on Neotropical Fauna and Environment, 40(3): 201 – 208.

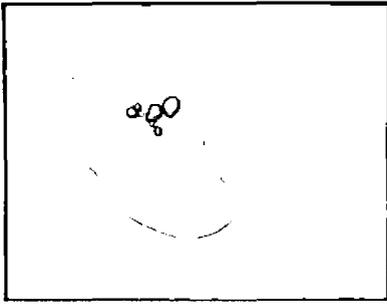
Se expide el presente certificado a solicitud de la interesada para los fines que considere convenientes. Se anexa al presente Certificado de Identificación, la lista de los organismos identificados.

Lima, 09 enero de 2015

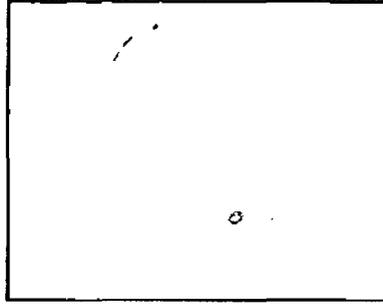
Dra. Ana Huamantincó Araujo
Profesor Asociado
Facultad de Ciencias Biológicas
Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Anexo 16. Guía de identificación rápida de macroinvertebrados acuáticos.

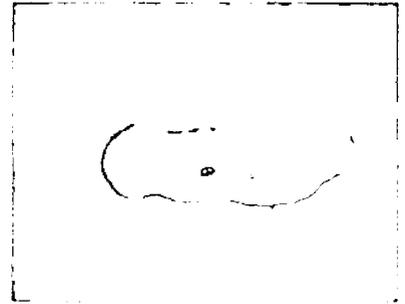
EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE L AGUA EN 9 QUEBRADAS EN EL TRAMO CARRETERO PUERTO MALDONADO—MAZUKO, DEPARTAMENTO DE MADRE DE DIOS
 MEDIANTE EL USO DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO INDICADORES BIOLÓGICOS
 GUÍA DE IDENTIFICACIÓN RÁPIDA



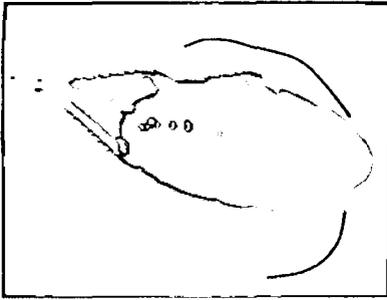
Hirudinea /ANNELIDAE (*)



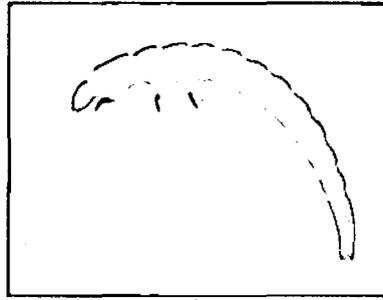
Hirudinea /ANNELIDAE (*)



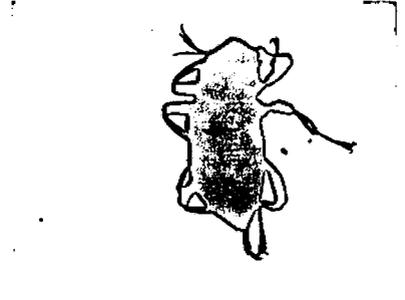
Turbellaria / PLATYHELMINTHES (*)



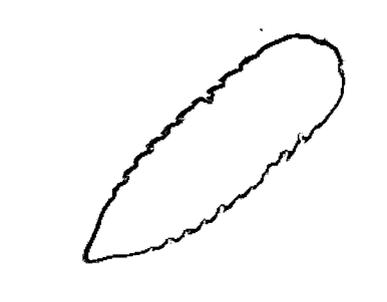
Blaberidae / BLATTODEA (*)



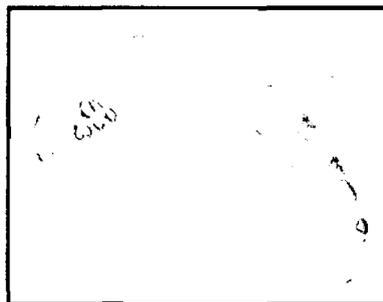
Elmidae / COLEOPTERA (*)



Elmidae / COLEOPTERA (*)



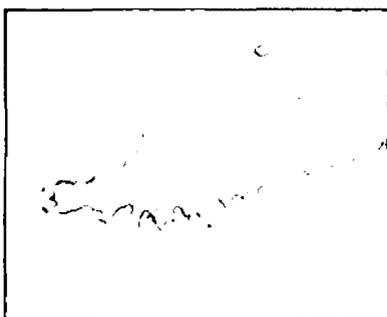
Elmidae / COLEOPTERA (*)



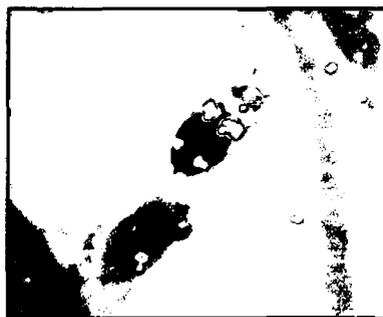
Ptilodactylidae / COLEOPTERA (*)



Lampyridae / COLEOPTERA (*)



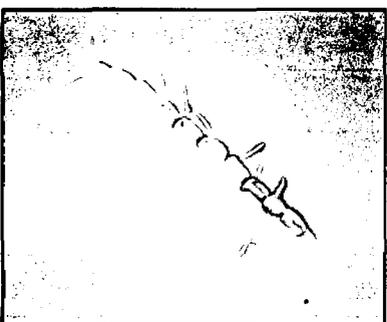
Hydrophilidae / COLEOPTERA (*)



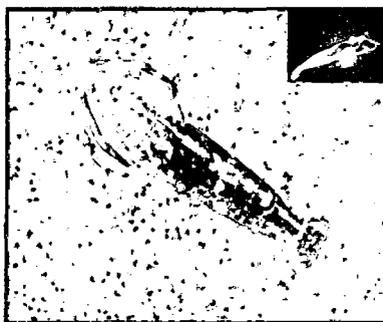
Noteridae / COLEOPTERA



Noteridae / COLEOPTERA (*)



Gyrinidae / COLEOPTERA (*)



Palaemonidae / DECAPODA



Grapsidae / DECAPODA

(*) Muestras preservadas en alcohol de 97 grados

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE L AGUA EN 9 QUEBRADAS EN EL TRAMO CARRETERO PUERTO MALDONADO—MAZUKO, DEPARTAMENTO DE MADRE DE DIOS
 MEDIANTE EL USO DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO INDICADORES BIOLÓGICOS
 GUÍA DE IDENTIFICACIÓN RÁPIDA



Ceratopogonidae / DIPTERA (*)



Chironomidae / DIPTERA (*)



Chironomidae pupa / DIPTERA (*)



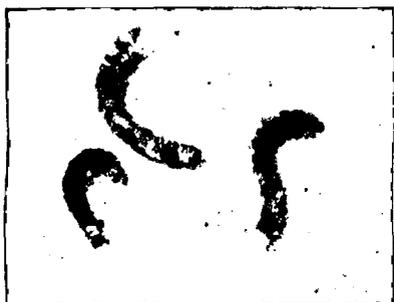
Chironomidae / DIPTERA



Simuliidae / DIPTERA (*)



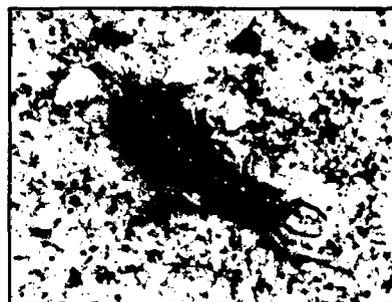
Tipulidae / DIPTERA (*)



Tipulidae / DIPTERA



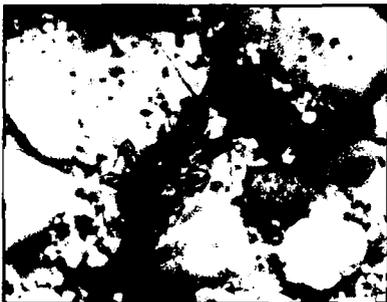
Baetidae / EPHEMEROPTERA (*)



Euthyplociidae / EPHEMEROPTERA



Leptophlebiidae / EPHEMEROPTERA (*)



Leptophlebiidae / EPHEMEROPTERA



Gastropoda (*)



Gastropoda (*)



HEMIPTERA (*)



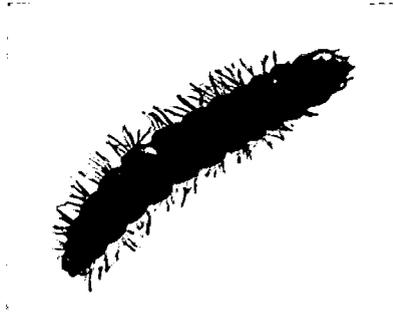
Naucoridae / HEMIPTERA

(*) Muestras preservadas en alcohol de 97 grados

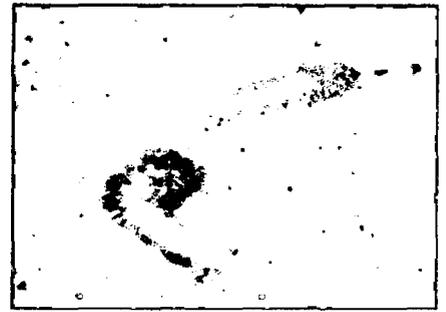
GUÍA DE IDENTIFICACIÓN RÁPIDA



Naucoriidae / HEMIPTERA (*)



Pyralidae / LEPIDOPTERA (*)



Pyralidae / LEPIDOPTERA



Corydalidae / MEGALOPTERA



Libellulidae / ODONATA (*)



Libellulidae / ODONATA



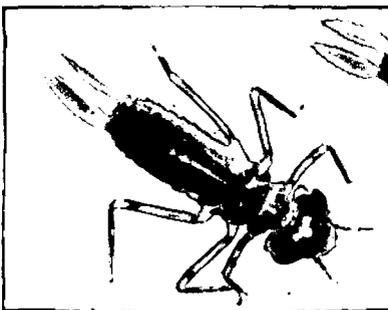
Polythoridae / ODONATA (*)



Calopterygidae / ODONATA



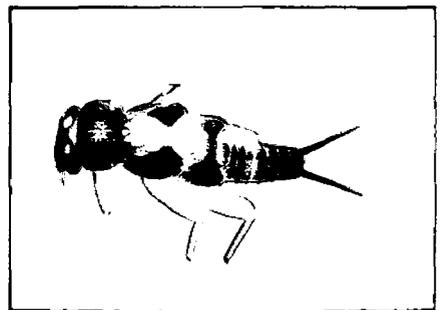
Gomphidae / ODONATA (*)



Megapodagrionidae / ODONATA (*)



Perlidae / PLECOPTERA



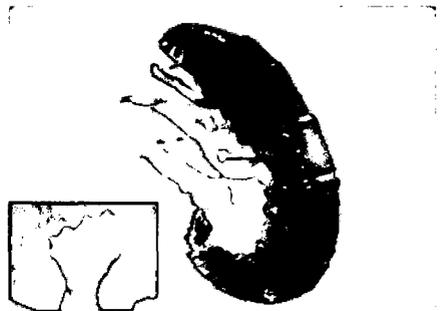
Perlidae / PLECOPTERA (*)



Calamoceratidae / TRICHOPTERA (*)



Hydropsychidae / TRICHOPTERA



Hydropsychidae / TRICHOPTERA (*)

(*) Muestras preservadas en alcohol de 97 grados

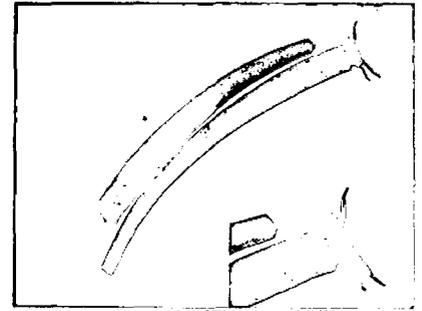
EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE L AGUA EN 9 QUEBRADAS EN EL TRAMO CARRETERO PUERTO MALDONADO—MAZUKO, DEPARTAMENTO DE MADRE DE DIOS
MEDIANTE EL USO DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO INDICADORES BIOLÓGICOS
GUÍA DE IDENTIFICACIÓN RÁPIDA



Hydropsychidae / TRICHOPTERA (*)



Philopotamidae / TRICHOPTERA (*)



Leptoceridae / TRICHOPTERA (*)



Glossosomatidae / TRICHOPTERA (*)



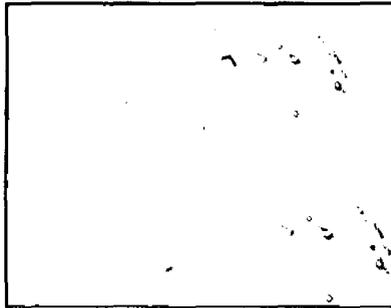
Glossosomatidae / TRICHOPTERA (*)



Leptoceridae / TRICHOPTERA



Hydropsychidae pupa / TRICHOPTERA



Polycentropodidae / TRICHOPTERA (*)



Leptoceridae / TRICHOPTERA

(*) Muestras preservadas en alcohol de 97 grados

ACTA DE SUSTENTACIÓN PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE

En la ciudad de Puerto Maldonado, siendo las 16:00 horas del día 24 de Julio del año dos mil quince, en las instalaciones del anfiteatro N° 02 de la ciudad universitaria de la UNAMAD, dando cumplimiento de la Resolución N° 072-2015-UNAMAD-DFI, se reunieron los miembros del Jurado de Integrado por los siguientes docentes:

- Dr. Carlos Emérico Nieto Ramos (Presidente)
- Ing. Mauro Vela Da-Fonseca (Secretario)
- Ing. Telésforo Vásquez Zavaleta (Vocal)

Con la finalidad de evaluar el Trabajo de Investigación titulado "*Evaluación de la calidad del agua en nueve quebradas en el departamento de Madre de Dios, mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos*" presentado por la Bachiller Lizeyka Xilena Barra Polanco. Seguido de la exposición del trabajo por parte de la sustentante el jurado procede al cuestionamiento del trabajo y el sustento por parte del responsable del trabajo de investigación. Acto seguido, el Jurado procede a deliberar en base a discusión de forma reservada y libremente, declarando el trabajo expuesto con el calificativo como... Sobresaliente y una nota de... 18previo a esto el graduado deberá realizar el levantamiento a las observaciones entregadas por el jurado Ad hoc.

En fe de lo cual firmamos la presente acta, siendo las... 17 horas con... 30 minutos del día veinticuatro de Julio del 2015, se dio por culminado el presente acto de sustentación.



Dr. Carlos Emérico Nieto Ramos
(Presidente)



Ing. Mauro Vela Da-Fonseca
(Secretario)



MSc. Telésforo Vásquez Zavaleta
(Vocal)



UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS

FACULTAD DE INGENIERÍA

**INFORME DE CONFORMIDAD DE LEVANTAMIENTO DE
OBSERVACIONES**

Puerto Maldonado, 12 de noviembre del 2015.

Mediante el presente, los Docentes:

- Dr. Carlos Nieto Ramos.
- M.Sc. Telesforo Vásquez Zavaleta.
- Ing. Mauro Vela Da Fonseca.

Miembros del Jurado Calificador de la Tesis intitulada:

“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”, sustentada por la bachiller Lizeyka Xilena Barra Polanco el 24 de Julio del 2015 en la Ciudad Universitaria de la UNAMAD, emitimos el presente INFORME DE CONFORMIDAD DE LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES, con lo cual la señorita Tesista ha cumplido con realizar las modificaciones a las observaciones realizadas durante la sustentación de la Tesis.

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

Atentamente;

Dr. Carlos Nieto Ramos.
PRESIDENTE

Ing. Mauro Vela Da Fonseca.
SECRETARIO

M.Sc. Telesforo Vásquez Zavaleta.
VOCAL