

UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE  
DIOS  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y  
MEDIO AMBIENTE



“EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA ACTIVIDAD MINERA EN LA CALIDAD DE AGUA Y LA DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS EN QUEBRADAS DEL SECTOR LA PAMPA, TAMBOPATA-MADRE DE DIOS”

**Tesis presentada por:**

Bachiller: RONDAN HUAMAN, Richard

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

Asesor: MSc. Ing. VÁSQUEZ ZAVALETA, Telesforo

Co-Asesor: Ing. GONZALES OJEDA, Therany

**Puerto Maldonado, 2020**

UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE  
DIOS  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y  
MEDIO AMBIENTE



“EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA ACTIVIDAD MINERA EN LA CALIDAD DE AGUA Y LA DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS EN QUEBRADAS DEL SECTOR LA PAMPA, TAMBOPATA-MADRE DE DIOS”

**Tesis presentada por:**

Bachiller: RONDAN HUAMAN, Richard

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

Asesor: MSc. Ing. VÁSQUEZ ZAVALA, Telesforo

Co-Asesor: Ing. GONZALES OJEDA, Therany

**Puerto Maldonado, 2020**

## **DEDICATORIA**

Esta investigación la dedico a Dios, que me guía y me permite ofrecer este trabajo, a mi familia por su confianza y apoyo moral, por formar parte de mi vida hasta este momento, con todo mi afecto y respeto a todas las personas que me apoyaron incondicionalmente, para Ihelin. También a mis maestros y asesores, por su disposición y ayuda brindadas a lo largo de este proyecto, y a todas las personas que brindaron apoyo a esta investigación.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **Expreso mis agradecimientos más sinceros:**

A nuestro Divino Creador por permitirme tener experiencias extraordinarias en la universitaria y en cada instante de mi vida.

A mi casa de estudios "UNAMAD", Facultad de Ingeniería, los catedráticos de la Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, quienes fueron conductores de mi formación académica y profesional.

Al MSc. Ing. Vásquez Zavaleta Telesforo, quien me orientó como asesor incondicionalmente durante el desarrollo de la presente investigación.

Al Ing. Gonzales Ojeda Therany, quien me brindo el asesoramiento como co-asesor durante el desarrollo de la investigación.

Al Dr. Ing. Emer Ronald Rosales Solórzano, por la orientación oportuna durante la revisión, corrección del presente proyecto de investigación.

Al Centro Amazónico de Educación Ambiental e Investigación (ACEER), por el apoyo financiero y logístico para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

A mis compañeros y amigos por su constante motivación para lograr los objetivos propuestos en ésta investigación. A todos ellos mis agradecimientos más sinceros. ¡Gracias!

## RESUMEN

La investigación se realizó en el sector La Pampa lugar en el cual se desarrolla la actividad minera del departamento de Madre de Dios, en dicho lugar se analizaron seis quebradas; tres con impacto de actividad minera y tres sin impacto de actividad minera. Usando macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos de la calidad de agua en quebradas, a través del método "Paquetes de hojas".

El objetivo de la investigación fue examinar el impacto de las actividades mineras que se desarrollan en la zona en la calidad de agua y la diversidad de macroinvertebrados bentónicos en quebradas del sector La Pampa. El método empleado fue "paquete de hojas". Un método sencillo que favorece el muestreo de Macroinvertebrados bentónicos y el monitoreo de la calidad de agua dulce, a través de los índices bióticos ETP y BMWP'-CR.

En las áreas de estudio QR1, QR2 y QR3 con impacto de actividad minera se identificaron un total 3 264 individuos perteneciente a 23 familias, 9 órdenes y 5 clases, con mayor número de individuos las ostracodas y con mayor número de familias el orden Ephemeroptera de la clase Insecta. En cambio, en las quebradas QR4, QR5 y QR6 sin impacto de actividad minera se encontraron 869 individuos perteneciente a 29 familias, 12 órdenes y 5 clases, con gran cantidad de individuos las Hydropsychidae, Chironomidae y Perlidae y en número de familias del orden Odonata, Trichoptera, Ephemeroptera y Coleoptera todas de la clase insecta. Los índices bióticos ETP y BMWP'-CR; reflejaron para las quebradas con actividad minera una mala calidad de agua, reflejando claramente la escasez de diversidad de familias, sin embargo, reflejo una mayor dominancia en individuos de la clase ostracoda. Para las quebradas sin actividad minera reflejo, una buena calidad de agua, mostrando una mayor diversidad de familias y ordenes de macroinvertebrados bentónicos

**Palabras Claves:** Indicadores biológicos, Paquetes de hojas, diversidad de familias, índice ETP y BMWP'- CR.

## SUMMARY

The research was carried out in the La Pampa sector, where the mining activity of the Madre de Dios Region is carried out, where six streams were evaluated; three with impact of mining activity and three without impact of mining activity. Using benthic macroinvertebrates as biological indicators of the quality of water in streams, using the "Leaf Pack" method.

The objective of the research was to evaluate the impact of mining activity on water quality and the diversity of benthic macroinvertebrates in streams in the La Pampa sector. The method used was "sheet pack". Method that facilitates the sampling of benthic Macroinvertebrates and the monitoring of the water quality of streams, through the biotic indices ETP and BMWP'-CR.

In the QR1, QR2 and QR3 ravines with impact of mining activity, a total of 3,264 individuals belonging to 23 families, 9 orders and 5 classes were identified, with the Ostracodas having a greater number of individuals and the order Ephemeroptera of the class with a greater number of families. Insecta. On the other hand, in the QR4, QR5 and QR6 ravines without impact of mining activity, 869 individuals belonging to 29 families, 12 orders and 5 classes were found, with the Hydropsychidae, Chironomidae and Perlidae with the highest number of individuals and the Odonata families., Trichoptera, Ephemeroptera and Coleoptera all of the insect class. The biotic indices ETP and BMWP'-CR; they reflected poor water quality for streams with mining activity, clearly reflecting the lack of family diversity, however, it reflected a greater dominance in individuals of the ostracoda class. For streams without reflex mining activity, good water quality, showing a greater diversity of families and orders of benthic macroinvertebrates.

**Key Words:** Biological indicators, Leaf packages, family diversity, ETP index and BMWP'-CR.

## INTRODUCCIÓN

En la región de Madre de Dios, la explotación minería aurífera y aluvial es la actividad principal la cual está alterando los ecosistemas acuáticos, esto constituye un impacto antropogénico, esta actividad conlleva la mayor economía del departamento de Madre de Dios, Esta actividad altera los organismos del agua desde las cabeceras, consecuentemente se genera una gran modificación del medio ambiente y forman subproductos de relavados ácidos, asimismo generan la contaminación del aire y el agua con mercurio, cianuro y arsénico entre otros (Araujo 2016).

Las extracciones mineras que se realizan en las vertientes de los ríos ocasionan un impacto de gran magnitud sobre los ecosistemas, a corto y a largo plazo, todo ello es debido a que contaminan el agua al remover grandes cantidades de sedimentos y acumular grava, alterando con gravedad las riberas y lechos de los afluentes ocasionando muchas inundaciones, alterando las características del agua y destruyendo diversos organismos acuáticos (MINAM y IIAP 2011).

En ese sentido la investigación se enfocó en estudiar el impacto de la actividad minera en la calidad de agua y la diversidad de macroinvertebrados bentónicos en quebradas del sector La Pampa, debido a que la población necesita el agua como sustento, de tal manera que utilizan químicos para acentuar el agua y beberla, sin embargo estas no son suficientes ya que la actividad de extracción minera aurífera es constante y afecta el ecosistema acuático, y por tanto la calidad de agua, por ello se tuvo como prioridad determinar si las quebradas que se encuentran en dicho sector están impactadas por la actividad minera o no, tomando en cuenta los parámetros fisicoquímicos y el impacto en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos en las quebradas de estudio.

## ÍNDICE

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>i</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>ii</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>i</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>ii</b>
<b>CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Descripción del problema .....	1
1.2 Formulación del problema .....	2
1.2.1 Problema general .....	2
1.2.2 Problemas específicos .....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo general .....	3
1.3.2 Objetivos específicos .....	3
1.4 Variables.....	3
1.5 Operacionalización de variables .....	4
1.6 Hipótesis.....	6
1.6.1 Hipótesis central.....	6
1.6.2 Hipótesis alterna.....	6
1.6.3 Hipótesis nula.....	6
1.7 Justificación .....	6
1.8 Consideraciones éticas.....	7
<b>CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>8</b>
2.1 Antecedentes de estudio .....	8
2.2 Bases teóricas .....	13
2.3 Definición de términos .....	25
<b>CAPITULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>27</b>
3.1 Tipo de estudio .....	27
3.1.1 Ubicación política .....	27
3.1.2 Ubicación geográfica .....	27
3.2 Diseño del estudio .....	32
3.3 Población y muestra .....	32
3.3.1 Población .....	32
3.3.2 Muestra .....	32
3.4 Métodos y técnicas .....	32
3.4.1 Caracterización de las microcuencas de las seis quebradas en estudio	32
3.4.2 Calidad de agua en base a parámetros físico-químicos.....	33
3.4.3 Impacto de la actividad minera en la calidad de agua.....	37

3.5	Tratamiento de los datos .....	43
<b>CAPITULO IV: RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....</b>		<b>44</b>
4.1	Resultados de la evaluación del impacto de la actividad minera en la calidad de agua y la diversidad de macroinvertebrados bentónicos.....	44
4.1.1	Características de las seis microcuencas. ....	44
4.1.2	Impacto de la actividad minera en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos. ....	50
<b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>80</b>
<b>SUGERENCIAS .....</b>		<b>81</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>		<b>82</b>
<b>ANEXO.....</b>		<b>87</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Dípteros y macroinvertebrados acuáticos indicadores de aguas(Gamboa, ReyesGil y Arrivillaga 2008). .....	19
Figura 2. Macroinvertebrados acuáticos indicadores de buena calidad del agua (Gamboa, ReyesGil y Arrivillaga 2008) .....	20
Figura 3. Mapa de ubicación de las seis quebradas en estudio. ....	29
Figura 4. Mapa de ubicación de las quebradas con actividad minería composición de bandas (4/2, 6/7, 10) fueron según (Pour y Hashim 2015) .....	30
Figura 5. Mapa de ubicación de quebradas sin actividad minería. ....	31
Figura 6. Kit de la Lamotte Company.....	34
Figura 7. Colorímetro de parámetros químicos. ....	34
Figura 8. Caracterizacion de areas afectadas de la quebrada QR1.....	45
Figura 9. Caracterizacion de areas afectadas de la quebrada QR2. ....	45
Figura 10. Caracterizacion de areas afectadas de la quebrada QR3. ....	46
Figura 11. Caracterizacion de areas afectadas de la quebrada QR4. ....	46
Figura 12. Caracterizacion de areas afectadas de la quebrada QR5. ....	47
Figura 13. Caracterizacion de areas afectadas de la quebrada QR6. ....	47
Figura 14. Promedio de las características de las seis microcuencas.....	48
Figura 15. Índice de Shanon – Weaver ( $H'$ ) y Simpson, diversidad y dominancia. ....	62
Figura 16. Abundancia de la quebrada QR1 según clase. ....	63
Figura 17. Abundancia de la quebrada QR2 según clase. ....	64
Figura 18. Abundancia de la quebrada QR3 según clase .....	65
Figura 19. Abundancia de la quebrada QR4 según clase. ....	65
Figura 20. Abundancia de la quebrada QR5 según clase. ....	66
Figura 21. Abundancia de la quebrada QR6 según clase. ....	67
Figura 22. Total, de macroinvertebrados por quebrada. ....	67
Figura 23. Total, de clases de macroinvertebrados bentónicos.....	68
Figura 24. Total, de orden de macroinvertebrados bentónicos .....	69
Figura 25. Total, de familias de macroinvertebrados bentónicos.....	70
Figura 26. Total, de clase de macroinvertebrados bentónicos. ....	71
Figura 27. Total, de orden de macroinvertebrados bentónicos. ....	72
Figura 28. Total, de familias de macroinvertebrados bentónicos.....	73
Figura 29. Total, de individuos de las seis quebradas.....	74
Figura 30. Impacto de la actividad minera en relación a la diversidad de familias de macroinvertebrados bentónicos. ....	76
Figura 31. Mapa de composición de bandas del área de estudio.....	103
Figura 32. Mapa de combinación de bandas de vegetación saludable del área de estudio. ....	104

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Operacionalización de la variable de estudio	4
<b>Tabla 2.</b> Características de Landsat 8- sensor (OLI) y (TIRS)	14
<b>Tabla 3.</b> Coordenadas UTM de las quebradas en estudio	28
<b>Tabla 4.</b> Combinación de bandas Landsat 8	33
<b>Tabla 5.</b> Cuadro de evaluación de resultados	36
<b>Tabla 6.</b> Calidad de agua de acuerdo al Índice EPT	40
<b>Tabla 7.</b> Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col	41
<b>Tabla 8.</b> Nivel de calidad según índice de BMWP –CR	42
<b>Tabla 9.</b> Indicadores físico-químico evaluado en las seis quebradas estudiadas	49
<b>Tabla 10.</b> Resultado EPT quebrada QR1	51
<b>Tabla 11.</b> Resultado BMWP'-CR quebrada QR1	52
<b>Tabla 12.</b> Resultado EPT quebrada QR2	52
<b>Tabla 13.</b> Resultado BMWP'-CR quebrada QR2	53
<b>Tabla 14.</b> Resultado EPT quebrada QR3	54
<b>Tabla 15.</b> Resultado BMWP'-CR quebrada QR3	55
<b>Tabla 16.</b> Resultado EPT quebrada QR4	56
<b>Tabla 17.</b> Resultado BMWP'-CR quebrada QR4	57
<b>Tabla 18.</b> Resultado EPT quebrada QR5	58
<b>Tabla 19.</b> Resultado BMWP'-CR quebrada QR5	59
<b>Tabla 20.</b> Resultado EPT quebrada QR6	60
<b>Tabla 21.</b> Resultado BMWP'-CR quebrada QR6	61
<b>Tabla 22.</b> Índice de diversidad y abundancia de macroinvertebrados bentónicos.	62
<b>Tabla 23.</b> Descriptivos del ANOVA	75
<b>Tabla 24.</b> ANOVA.	75

## **CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1 Descripción del problema**

En el planeta Tierra, el 70% de la superficie se encuentra cubierta de agua, de esta agua, el 97,5% es salada, el 2,5% es agua dulce. Pese a ello, menos del 1% de agua dulce aprovechable es apta para el consumo humano. Entre las fuentes de abastecimiento más comunes son los ríos y quebradas. No obstante, la agricultura y la industria son actividades consideradas para el consumo humano, en ese entender solo el 0,007 % puede ser destinada a consumo doméstico (Duarte 2013).

Por lo tanto, es importante el cuidado del agua dado que las quebradas están expuestas a ser contaminadas por actividad antrópica a través de sus diferentes actividades como las agrícolas, extracción de madera, deforestación y minería. El aumento de actividades como la agricultura, tala y minería en Madre de Dios viene causando impactos negativos donde la deforestación del año 2001 al 2017, han generado la destrucción de 186 242 hectáreas de cobertura boscosa, asimismo se observa que, durante los años evaluados, el año 2017 tuvo 23 669 hectáreas de área deforestada, siendo este el año con mayor impacto a la cobertura boscosa del Departamento de Madre de Dios (MINAM 2017).

El proceso de la actividad minera comprende en succionar el suelo con abundante agua y llevarlo hasta una tolva cubierta, en la base interna, con una alfombra para atrapar los finos de oro, además de separar la arena, graba y el agua, con elevada concentración de sólidos que son arrojados a las quebradas ocasionando problemas de sedimentación y reducción de la biodiversidad de especies de flora y fauna que habitan en aguas conservadas, en otras palabras, se altera la calidad del agua.

La calidad de agua se mide a través de parámetros físicos químicos como nitratos, fosfatos, oxígeno disuelto, pH, temperatura del agua, turbidez, metales pesados, entre otros. Para medir estos parámetros existen métodos directos, a través de instrumentos y métodos indirectos que es mediante bio-indicadores. Los detrimentos de la calidad de las aguas superficiales ocasionan la extinción de la flora y la fauna acuática y para medir esta disminución existe el método de paquetes de hojas (Pinto 2016), que consiste en colocar estos paquetes dentro del agua por tres a cuatro semanas, tiempo en el cual los macroinvertebrados colonizan utilizando como refugio y alimento.

Este trabajo de investigación examinó la calidad del agua en seis quebradas del sector La Pampa, en Madre de Dios; donde tres quebradas fueron con actividad minera y tres sin actividad minera en ellos se midió los impactos en calidad de agua a través de parámetros fisicoquímicos del agua y en forma indirecta mediante la caracterización de macroinvertebrados bentónicos que se desarrollan en estas aguas para lo cual se utilizó el método de paquetes de hojas.

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema general**

¿En qué medida la actividad minera impacta la calidad de agua y la diversidad de macroinvertebrados bentónicos en quebradas del sector La Pampa de la región Madre de Dios?

### **1.2.2 Problemas específicos**

1. ¿Cuáles serán las características de seis microcuencas en las quebradas en estudio del sector La Pampa?
2. ¿En qué medida afecta la actividad minera en los parámetros fisicoquímicos de las quebradas en el sector La Pampa?
3. ¿Cuál es el impacto de la actividad minera en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos en las quebradas en el sector La Pampa?

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Evaluar el impacto de la actividad minera en la calidad de agua y la diversidad de macroinvertebrados bentónicos en quebradas del sector La Pampa de la región Madre de Dios

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Determinar las características de las seis microcuencas en las quebradas en estudio del sector La Pampa.
- Calcular en qué medida afecta la actividad minera en los parámetros fisicoquímicos de las quebradas en el sector La Pampa.
- Determinar el impacto de la actividad minera en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos en el sector La Pampa.

### **1.4 Variables**

#### **Variable independiente**

- Actividad minera

#### **Variable dependiente**

- Diversidad de macroinvertebrados

## 1.5 Operacionalización de variables

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

Variable	Definición concepto	Definición operacional	Dimensiones	Definición de concepto	Indicadores	Unidad de medida	escala
<b>Variable independiente:</b>  Actividad minera	Son extracciones mineras y el procesamiento de los minerales. Estos impactos se manifiestan en la erosión del paisaje y en el efecto en la calidad del suelo, agua o aire.	Impacto de la minería aurífera en quebradas del sector La Pampa	Microcuenca	Las microcuencas son unidades geográficas que se apoyan principalmente en el concepto hidrológico de división del suelo. Los procesos asociados al recurso agua tales como escorrentía, calidad, erosión hídrica, producción de sedimentos.	Deforestación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Minería</li> <li>- Cobertura vegetal</li> <li>- Pastizales</li> <li>- Poblaciones</li> </ul>	Áreas
<b>Variable dependiente:</b>  Diversidad de macroinvertebrados	son organismos que por sus características, tanto a nivel individual como de comunidad, son considerados como eficientes bio-indicadores de la calidad de los cuerpos de agua.	Diversidad de macroinvertebrados en quebradas del sector La Pampa	Parámetros fisicoquímicos del agua	Es una sustancia líquida que predomina en la tierra y se encuentra en la atmósfera en estado líquido, sólido y gaseoso.	-Nitratos -Fosfatos -Oxígeno disuelto	ppm	Intervalo numérico
					-pH -Turbidez -Temperatura	JTU °C	

			<p>Macroinvertebrados bentónicos</p>	<p>Los macroinvertebrados acuáticos son aquellos invertebrados que tienen un tamaño superior a 500 <math>\mu\text{m}</math>, en los cuales podemos encontrar a: sanguijuelas, esponjas, oligoquetos, planarias, moluscos o crustáceos, entre los que se encuentran los cangrejos. Los insectos son el grupo de invertebrados acuáticos más abundantes en las aguas dulces. La mayoría de los invertebrados que se encuentran en la etapa de huevos y larvas son acuáticos, sin embargo, cuando se encuentran en la etapa adulta suelen ser terrestres. Cuando los insectos se encuentran en su vida acuática, tienden a ser más destacados por su abundancia y distribución, que presenta en los siguientes órdenes: Efemerópteros, Plecópteros, Odonatos, Hemípteros, Coleópteros, Tricópteros y Dípteros.</p>	<p>Orden y familia de macroinvertebrados</p>	<p>Número de individuos y orden de macroinvertebrados</p>	<p>Intervalo numérico</p>
--	--	--	--------------------------------------	---	--	---	---------------------------

## **1.6 Hipótesis**

### **1.6.1 Hipótesis central**

La actividad minera impacta en la calidad de agua y la diversidad de macroinvertebrados bentónicos en quebradas del sector La Pampa del Departamento de Madre de Dios.

### **1.6.2 Hipótesis alterna**

**Ha:** si, impacta la actividad minera en la calidad de agua y la diversidad de macroinvertebrados bentónicos en quebradas del sector La Pampa del Departamento de Madre de Dios.

### **1.6.3 Hipótesis nula**

**Ho:** no, impacta la actividad minera en la calidad de agua y la diversidad de macroinvertebrados bentónicos en quebradas del sector La Pampa del Departamento de Madre de Dios.

## **1.7 Justificación**

La relevancia del presente estudio estará definida en que la zona de “La Pampa” existen una gran cantidad de quebradas que han sido perturbadas por la actividad minera aurífera; ocasionando contaminación con sedimentos y metales pesados que son arrojadas a las quebradas, cuyas aguas son usadas para el consumo humano, como es el caso de la provincia de Tambopata.

Las quebradas y la vida en esas quebradas, evolucionaron y se desarrollaron en condiciones boscosas. Sin embargo, hoy en día muchas de nuestras cuencas enfrentan un proceso de deforestación y degradación ambiental que está alterando drásticamente el funcionamiento de los ecosistemas de quebradas, por ende, el ciclo del agua.

El conocimiento del grado de contaminación de las mismas permitirá alertar a las diferentes instancias de salud pública con el fin de que puedan tomar medidas preventivas y correctivas que permita el uso humano. De igual manera servirá para concientizar a los actores de la actividad minera para que se trabaje con planes de trabajo que logren mitigar estos impactos y respecto a la importancia de los macroinvertebrados en la preservación del agua como un recurso vital y la necesidad de conservar el bosque.

Asimismo, el presente estudio permite usar un método económicamente de bajo costo para el muestreo de macroinvertebrados acuáticos. Ya que casi todos requieren el uso de instrumentos estandarizados, costosos y difíciles de conseguir. No obstante, el STROUD WATER RESEARCH CENTER ha creado un procedimiento práctico, sencillo, novedoso y de precio bajo llamado “**paquete de hojas**”. Con este procedimiento es más fácil obtener una muestra de Macroinvertebrados acuáticos y también se puede monitorear la calidad de agua de los ambientes tratados.

### **1.8 Consideraciones éticas**

Resaltando la importancia de los principios éticos dentro de un trabajo de investigación. El presente obedeció los siguientes criterios:

**Consentimiento informado:** La fase campo se realizó de manera voluntaria con los colaboradores del Centro Amazónico de Educación Ambiental e Investigación (ACEER), y compañeros colaboradores.

**Confidencialidad:** En lo que respecta a los datos de campo, el personal de apoyo y otros colaboradores consideraron relevante la confidencialidad.

**Trazabilidad:** La colecta de muestras y análisis fueron realizados cumpliendo escrupulosamente los protocolos establecidos para la presente investigación.

**Credibilidad:** El presente trabajo de investigación contó con los medios de validación e identificación de los individuos de estudio ratificados por el Centro Amazónico de Educación Ambiental e Investigación (ACEER).

## CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes de estudio

#### Internacional

Perez *et al.* (2016) al realizar el estudio “Caracterización de las comunidades de macroinvertebrados en la fuente hídrica quebrada Careperro de la Vereda la Chuscalita situada en el corregimiento de Güíntar, en área empleada para la explotación aurífera, municipio de Anzá, Antioquia, 2015” utilizando el índice Biological Monitoring Working Party (B.M.W.P.), encontraron que los macroinvertebrados fueron entre los niveles de mediano y muy contaminado, lo que significaría que las actividades antrópicas (mayormente relacionados a la minería) que se realizan en la periferia de la fuente hídrica, estarían iniciando con la alteración ecológica en esta.

Espinoza y Perez (2015) efectuaron la “Evaluación de la calidad del agua superficial utilizando indicadores biológicos en la subcuenca del Río La Trinidad, Diriamba, Carazo, en el año hidrológico 2010-2011”, utilizando la técnica Biological Monitoring Working Party BMWP/Col. obtuvieron que, las familias de macro-invertebrados identificados fueron un total de 2 468 organismos referentes a 11 órdenes y 27 familias, de las cuales Tricorythidae tuvo 776 individuos siendo la de mayor cantidad, seguido de Leptophlebiidae con 601, Hydropsychidae con 260, Physidae con 168, Thiaridae con 121, Gomphidae con 107, Baetidae con 103 y Chironomidae con 100. Las 19 familias sobrantes exhibieron entre 1 y 39 individuos. La clasificación biológica del agua mostró 2 prototipos de clasificación, siendo la clase II (levemente contaminada) y la clase III (dudosa), esto se debio a las actividades agrícolas que se realicen. El estudio bacteriológico mostró Coliformes fecales y totales muy elevados, no acto para el consumo humano o uso doméstico, ya que generarían lesiones a la salud. Llegando a la conclusión

que los procedimientos biológicos y fisico-químicos son adicionales en las etapas de examinación para determinar la calidad del agua. Las variables fisico-químicas y microbiológicas están relacionadas con la abundancia de algunas familias. La existencia de Thiaridae y Chironomidae se encuentra relacionada con elevados niveles de microorganismos y escasos niveles de oxígeno. Gran parte de la tierra está cubierta de bosques y se utiliza para el pastoreo a gran escala con desnutrición natural y sobrepastoreo.

Rodríguez (2018) en su investigación “Efectos de la minería aurífera sobre la calidad del agua y las comunidades de macroinvertebrados en los ríos del norte de Ecuador”. Tuvo como objetivo caracterizar las aguas mediante parámetros físico-químicos y biológicos, donde se tuvo como resultado que por tener una fuerte carga mineralógica y metales a consecuencia de la riqueza propia de estos suelos de origen volcánico y alta pluviosidad, destacan la turbidez y las concentraciones de calcio, cobre o manganeso, así como la disminución del pH prácticamente en todos los puntos de muestreo, en cuanto a las zonas con minería presenta los peores valores a nivel biológico, físico-químico y de concentraciones de metales, respecto a las variables de hábitat y las variables biológicas, los análisis indican que las variables que más perturban a la composición de las comunidades de macroinvertebrados, son en primer lugar la turbidez, y en segundo lugar las concentraciones elevadas de metales.

### **Nacional**

Polo *et al.* (2012) Realizaron la investigación “Calidad biológica del agua de la microcuenca Perejil, La Libertad Perú”, en este, efectuaron la descripción biológica de 7 estaciones de muestreo, repartidas en el curso la microcuenca Perejil, ubicada al norte del Perú, en la Región la Libertad, desde los 1 844 – 3 965 msnm, se verificaron parámetros biológicos por medio de identificación de los macroinvertebrados bentónicos in situ. Las aguas superficiales de esta microcuenca revelan fluctuaciones elevadas por perturbaciones a consecuencia del ejercicio de la agricultura, que ocasionan el arrastre de sedimentos de diversas fuentes como terrenos poco forestados por la agricultura, urbes y sin duda por la minería ilegal, detectaron 22 familias de macroinvertebrados,

sosteniendo que la calidad de agua de la microcuenca Perejil, asentado en el Índice Biótico para los ríos norteños peruanos, exponiendo dos estaciones de muestreo que se establecieron como áreas de control, la primera con aceptable calidad, sin embargo, el otro punto de control es inconstante, variando desde regular a pésima, habitualmente estos afluentes vienen siendo alterados por diversas actividades como la minera, ganadera y agrícola, también por el mal manejo de residuos sólidos de las poblaciones aledañas.

### **Local**

Gutiérrez (2015) menciona en su tesis “Impactos mineros, agropecuarios y de la conservación en la calidad del agua y los sedimentos, cuenca Tambopata, Madre de Dios” que para llevar a cabo la investigación tuvo que dividir su área de estudio en tres franjas, denominados como minera, agropecuaria y de conservación.

Se recogieron datos de temperatura, nitrógeno amoniacal, oxígeno disuelto y pH, sólidos disueltos y turbidez en el agua, conductividad eléctrica, sólidos suspendidos; también de arsénico, cadmio y plomo, cromo (método colorimétrico) y mercurio en los sedimentos. La información obtenida fue contrastada con los estándares canadienses de calidad de sedimento y con los estándares nacionales de calidad de agua. Asimismo, empleó la prueba de Kruskal-Wallis con la finalidad de conocer si existe diferencia significativa entre la calidad de agua y los sedimentos que se analizaron en las tres franjas. La zona de conservación mostró buena calidad de agua y sedimentos. Contrario a ello, el resultado aplicado en la zona de minería exhibió una pesima calidad. Del mismo modo, se demostró que existe diferencia significativa en los indicadores de temperatura, plomo y arsénico entre las actividades valoradas; ostentando la actividad de conservación la más alta calidad de agua y sedimentos.

Guevara (2013) señala en su tesis “Evaluación de la comunidad de macroinvertebrados de bancos vegetados en quebradas contaminadas por minería aurífera Madre de Dios-Perú” que realizó el estudio en seis quebradas especialmente en zonas de minería y zonas prístinas, asimismo para la evaluación se tomó en cuenta la estación seca y la estación húmeda, y como resultado de dicha evaluación se encontraron un total de 20 078 individuos

divididos en 156 taxas, siendo sobresaliente la clase Insecta. Estos resultados se diferenciaron por las diversas condiciones ecológicas existentes en cada quebrada.

Los parámetros de riqueza, equidad y diversidad se asociaron de manera positiva con el oxígeno, sin embargo, lo contrario sucede con los sólidos totales disueltos, quien a su vez se relaciono de forma negativa con la diversidad y la riqueza. Del mismo modo, la riqueza se relaciono de manera negativa con la conductividad. De acuerdo al analisis con la diversidad de Shannon-Wiener el área de estudio (La Pastora), tuvo pesimas condiciones, al comparar con la estación INKATERRA la cual resultó la más conservada, ubicando al resto de las quebradas como condiciones intermedias. Con respecto a la comunidad de macroinvertebrados no presentó ninguna relación con el mercurio, no obstante, si se encontró relación con los sólidos totales disueltos, el oxígeno disuelto en agua, turbidez, nitratos y en general la integridad de bosque, son trascendentales para mantener una correcta diversidad de macroinvertebrados acuáticos. Asimismo, nos señala que los macroinvertebrados son capaces de manifestar cambios o modificaciones en el medio en el que habitan.

Araújo *et al.* (2014) analizaron “la biodiversidad de masas de agua sujetas a diferentes presiones antrópicas alrededor de un área urbana de la amazonia peruana (Puerto Maldonado, Madre de Dios)” donde se evaluaron ocho cuerpos de agua en estación lluviosa y estación seca, dentro de ellas se encuentran quebradas, aguajales, un lago y ríos, sujetos a la actividad antropica de las cuales tres cuerpos de agua se encuentran en las afluencias urbanas directas y cinco cuerpos de agua no sufren ningun impacto, por lo que algunas son prístinas. Dicha evaluación se realizo con siete parámetros físico-químicos del agua y la estructura de sus comunidades acuáticas como fitoplancton, zooplancton, macroinvertebrados y peces, con finalidad principal de identificar en qué medida dichos factores son sensibles a los impactos humanos. Como resultado se tuvo que en coliformes totales, la riqueza y la diversidad de Shannon (H') la comunidad de peces fue suceptible al impacto de las aguas residuales provenientes de las poblaciones urbanas. En el caso de coliforme, hubo un incremento en las zonas

urbanas en tiempo de lluvias, mientras que la riqueza y la diversidad de shanon tuvieron una disminución en dichas zonas.

Barra (2015) detalla en su tesis “Evaluación de la calidad del agua en nueve quebradas en el tramo carretero Puerto Maldonado-Mazuko, departamento de Madre De Dios, mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos”, empleó el procedimiento "Paquete de Hojas" en las nueve quebradas ubicadas entre los tramos de Puerto Maldonado y el centro poblado de Mazuko, encontrando un total de 10 053 individuos, concernientes a 51 familias, 13 órdenes y 7 clases. Las quebradas Santa Rosa y Santo Rosario mostraron un índice de diversidad mayor con un valor de 2,25 y 2,22, la quebrada Mazuko con 0,43 tuvo mayor dominancia, sin embargo, la clase Oligochaeta fue la que obtiva mayor cantidad de individuos. Los índices bióticos EPT y BMWP'-CR manifestaron que la calidad del agua en los sitios en estudio La Joya, Central Santa Rosa, Mazuko, Infierno V e Infierno 111 muestran una deficiente calidad, ocasionado por las diversas utilidades que se le da al suelo como actividades agrícolas y poblaciones cercanas a las quebradas. Los resultados demuestran una excelente calidad de agua para el caso de las quebradas Santa Rosa y Santo Rosario y, debido a que no encontraron agentes antropicos que modifiquen los comportamientos del medio acuático”

Pinto (2016) en su tesis “Influencia del bosque ribereño en la estructura y composición de la comunidad de Macroinvertebrados Bentónicos en nueve quebradas como Bioindicadores-Madre de Dios” Manifiesta que las acciones que dañan y participan en la deforestación de la Amazonía son la agricultura, ganadería y especialmente la minería. Las consecuencias de la realización de estas actividades ocasionan drásticos cambios en los ecosistemas de los ríos y sus afluentes, donde se comprobó la influencia de las zonas boscosas, para el análisis de la estructura y composición de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos se tomo en cuenta tres características los cuales son bosque ribereño primario, bosque ribereño secundario y pastizal, dicha evaluación se realizo en las quebradas Concepción, San Juan, Otorongo, América, Cachuela, Herrera,

Castañal, Ingrata y Tigre, donde se colocaron 09 paquetes experimentales y 09 paquetes control, con la finalidad de determinar la influencia del bosque ribereño.

## **2.2 Bases teóricas**

### **El agua**

El agua es un componente relevante en la vida cotidiana y es necesaria para todos los seres vivos, ya que de ello depende la supervivencia y desarrollo de cada individuo. Es un fluido de trabajo para casi todas las etapas industriales, concentran grandes cantidades de compuestos en las aguas subterráneas y superficiales, que no necesariamente son aptos para la utilización y consumo humano, puesto que pueden contener microorganismos no deseables.

El agua es indispensable para el desarrollo de la humanidad así como para el bienestar de los ecosistemas y el desarrollo económico y social. Esto es fundamental para reducir las enfermedades y mejorar la salud, el bienestar y la mejor convivencia de la población. Es esencial para la ión y preservación de múltiples servicios y beneficios para la sociedad. Es fundamental para el proceso de adaptación al cambio climático, siendo un vínculo importante que conecta a los seres humanos, el medio ambiente y el sistema climático. (ONU 2014).

### **Calidad de agua**

La calidad del agua superficial, en ocasiones podría estar afectada debido a la turbidez, esto como consecuencia por la remoción de sólidos en suspensión o sedimentaciones generando deslizamientos ocasionados por aguas pluviales con destino a los ríos y sus afluentes. Por lo general, estas acciones suelen presentarse en áreas donde se realizan movimientos de tierra realizadas por construcciones de diversas obras (puentes, pontones, alcantarillas) aledañas a quebradas o ríos. (ANA 2011).

El período natural del agua posee gran capacidad de depuración; pero el agua igualmente, es fácil de regenerar y su supuesta abundancia lo convierten en un vertedero de compuestos químicos que provienen de desechos químicos, pesticidas y otros, por lo que al analizar las zonas del agua, se encuentran en cantidades variables (Calderon 2004).

### **Contaminación del agua**

La extracción de oro aluvial ocasiona numerosos problemas del ambiente, entre ellos: cambios en el paisaje, deforestación, degradación del suelo, precipitación y bloqueo de lechos de aguas detenidas y ríos, depósito de lodos en el suelo, disminución de la calidad del agua de la superficie (ríos y arroyos), extinción de seres vivos acuáticos, emisiones de ruidos, contaminación por los restos químicos industriales. Asimismo, conduce al crecimiento de urbes no planificadas que no cuentan con acceso servicios básicos responsables. (MINAM y IIAP 2011).

### **Minería Aurífera**

La actividad minera continúa expandiéndose y a mayor velocidad estos últimos años, a consecuencia del alza en los precios de los metales dejando demasiados perjuicios a la naturaleza y a la salud humana. Se estima un aproximado de 300 000 y 400 000 personas dedicadas a la actividad minera alrededor de la cuenca amazónica, y lamentablemente desde el año 1980 han derramado unas tres mil toneladas de mercurio a los ríos amazónicos, siendo este material usado para la actividad minera pero nocivo para los seres acuáticos y para la misma población que consume el pescado y el agua de los ríos (Webb et al. 2004).

### **Landsat 8**

Las imágenes Landsat 8 son adquiridas por el sensor Generadooor de imágenes terrestres operacionales (OLI) y el sensor térmico infrarrojo (TIRS) las cuales tienen 9 bandas espectrales con una resolución espacial de 30 m, dichas bandas son combinadas de acuerdo a las características que se desean evaluar, ya sea agricultura, agua, vegetación, deforestación y otros (IGAC 2013).

**Tabla 2.** Características de Landsat 8- sensor (OLI) y (TIRS)

<b>Bandas</b>	<b>Longitud de onda (micrometros)</b>	<b>Resolucion (metros)</b>
Banda 1 - Aerosol costero	0,43 - 0,45	30
Banda 2 - Azul	0,45 - 0,51	30
Banda 3 - Verde	0,53 - 0,59	30
Banda 4 - Rojo	0,64 - 0,67	30

Banda 5 - Infrarrojo cercano (NIR)	0,85 - 088	30
Banda 6 - SWIR 1	1,57 - 1,65	30
Banda 7 - SWIR 2	2,11 - 2,29	30
Banda 8 - Pancromatico	0,50 - 0,68	15
Banda 9 - Cirrus	1,36 - 1,38	30
* Banda 10 - Infrarrojo termico (TIRS) 1	10,60 - 11, 19	100
* Banda 11 - Infrarrojo termico (TIRS) 2	11,50 - 12,51	100

*Fuente: (IGAC 2013)*

### **Cuenca Hidrográfica**

Es un área demarcada por la línea divisoria de las aguas, se encuentra estructurado por un conjunto hídrico que transportan aguas a los ríos con mayores caudales. Estos se inician apartir de la acumulación de pequeñas cantidades de agua, las cuales fluyen por el suelo hasta encontrar un flujo de agua de mayor tamaño, es ahí la formación de las sub cuencas que formaran parte de una cuenca hidrográfica.(Carrie 2004).

### **Parámetros de calidad de agua y su importancia**

Los parámetros físico-químicos brindan información sobre las propiedades físicas del agua, como la temperatura del agua, temperatura ambiente, las cuales son medidas con un termómetro, asimismo el Ph, oxígeno disuelto, nitrato y fosfato son analizados a través de pastillas, sin embargo, la turbidez se analiza a través de materiales suspendidos encontrados en este. (Samboni, Carvajal y Escobar 2007).

**Turbidez:** La turbidez del agua es debido a la presencia de material suspendido como arcilla, limo, materia orgánica e inorgánica las cuales se encuentran en partículas pequeñas, dentro de ellas también se encuentran el plancton y otros organismos microscópicos. La turbidez se analiza de manera óptica ya que, con ayuda de los rayos del sol, es posible una mejor visualización del movimiento de material suspendido. (Severiche, Castillo y Acevedo 2013).

**Temperatura del agua:** es importante debido a que interviene directamente sobre la solubilidad de las sustancias en el agua, dependiendo de la temperatura del agua se puede diferenciar el gran número de reacciones perturbadas a causa de ello, asimismo es un regulador de la actividad biológica. Su efecto más evidente es cuando se relaciona con el crecimiento de algas y bacterias (Romero 2013).

**pH:** El pH mide la alcalinidad o la acidez de las aguas, asimismo mide la cantidad de iones libres de hidrógeno e hidroxilo existentes en el agua, es por ello que las aguas con mayor cantidad de iones libres de hidrógeno son ácidas, y las aguas con mayor cantidad de iones libres de hidroxilo son básicas.

El pH es un importante indicador que muestra los cambios químicos que suceden en el agua, ya que el agua se puede alterar por la cantidad de iones presentes, pudiendo causar fenómenos de corrosión, solubilidad o si es buena para que se desarrollen los nutrientes en el agua así como el fósforo, nitrógeno y carbono que serían óptimos para la vida acuática, también se podrá encontrar metales pesados como el plomo, cobre, cadmio, etc, es por ello la importancia del Ph, ya que podremos determinar si las aguas son ácidas o básicas. (Romero 2013)

**Oxígeno disuelto:** El oxígeno es el resultado del proceso de fotosíntesis, también existe en el agua y tiene un papel determinante en los cuerpos de agua con una corriente muy pequeña. Del mismo modo, la fotosíntesis también se desarrolla en aguas profundas hasta donde la luz del sol aún llegue. Por otro aspecto, la concentración de oxígeno disuelto en la vía fluvial dependerá de la salinidad, la presión atmosférica y la temperatura presente en la misma. Asimismo, la concentración idónea de oxígeno disuelto en el agua a cada temperatura y altitud es del 100%. Se considera agua saturada cuando el nivel de oxígeno disuelto del agua es inferior a su valor, y si es superior a este valor, se considera sobresaturada. No obstante, el contenido de oxígeno disuelto en el agua varía mucho y es muy bajo, debido a las sustancias que se encuentran en el agua. La concentración de oxígeno es muy baja y disminuye debido a la temperatura (Roldan y Ramirez 2008).

**Fosfatos:** Son sustancias solubles compuestas por sales y ésteres de fosfato, que se encuentran en mayores cantidades en fertilizantes, excrementos humanos y animales y en diversos productos de limpieza. El desarrollo de las plantas requiere fosfato, si se encuentra demasiado fosfato en el agua, provocará el crecimiento excesivo de algas y otros organismos, lo que provocará contaminación y eutrofización. Su rápido crecimiento reduce la velocidad de tránsito del agua en la red de canales, reduce su conductividad y aumenta la

pérdida en el sistema debido al mayor ciclo húmedo del mismo flujo. Cuando estas algas y otras plantas mueren, son descompuestas por microorganismos, el oxígeno disuelto en el agua se reduce y la vida de los organismos se restringe (Lavie *et al.* 2010).

**Nitratos:** El nitrato es un compuesto inorgánico derivado del nitrógeno (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Al nitrato se le encuentra de forma natural en los alimentos, aguas superficiales, aguas subterráneas y en el suelo. La concentración es muy baja. Constituyen el estado final de oxidación del nitrógeno y son usadas básicamente por algas y plantas, quienes sintetizan proteínas. En escenarios anaeróbicas, el nitrato regresa nitrógeno a la atmósfera (N) a través de un proceso llamado desnitrificación. De esta forma, se concluye el ciclo del nitrógeno, que es el punto de partida para reiniciar todo el proceso de nitrificación y síntesis de proteínas (Roldan y Ramirez 2008).

La desintegración de la materia orgánica es la fuente natural de los nutrientes quienes son responsables de la producción primaria. Al mineralizarse orienta nuevamente estos iones a merced de las algas y plantas. La eutrofización en los lechos fluviales y ríos es ocasionada por la contaminación del hombre ocasionando dificultades en el manejo adecuado de estos organismos acuáticos (Roldan y Ramirez 2008).

### **Los macroinvertebrados Bentónicos**

Son los invertebrados cuyo tamaño supera las 500 µm, dentro de ellos se encuentran las esponjas, planarias, sanguijuelas, oligoquetos, moluscos o crustáceos. No obstante, el conjunto de invertebrados acuáticos están distribuidos con mayor amplitud en aguas dulces son los provenientes de los insectos, cuyos huevos y larvas tienden a ser acuáticos y los adultos terrestres. Dentro de los insectos que en alguna etapa de su vida son acuáticos, conforme a su abundancia se puede mencionar: los efemerópteros, plecópteros, odonatos, hemípteros, coleópteros, tricópteros y dípteros (Ladrera 2012).

Los macroinvertebrados, de acuerdo a su grado de contaminación, se agrupan en tres clases generales:

Clase 1: Señalan aguas de buena calidad, por lo tanto son relativamente sensibles a las variaciones entre los que tenemos a los Ordenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (Barra 2015).

Clase 2: Indican aguas moderadamente contaminadas, en su mayoría son flexibles a la contaminación orgánica de los cuales podemos mencionar Odonata, Trichoptera, pero los taxones más distintivos son algunos Díptera, como de la familia Chironomidae, el Phylum Mollusca y la clase Hirudinea (Barra 2015).

Clase 3: Son aguas contaminadas por materia orgánica, por lo tanto encontramos a la Clase Annelida, y la familia Chironomidae (Barra 2015).

Orden Díptera	Características	Rasgos clave
Familia Culicidae 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre común: mosquitos.</li> <li>• Ciclo de vida: holometabolos (huevos, larvas acuáticas, pupas y adultos voladores)</li> <li>• Fase indicadora: larvas</li> <li>• Alimentación: larvas filtradoras y raspadoras.</li> <li>• Hábitat: aguas estancadas</li> </ul>	Larva ápoda con cabeza reducida. Penachos de pelos en el tubo respirador, por lo que cuelgan de cabeza hacia abajo de la superficie para tomar aire.
Familia Ephydriidae 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre común: moscas, mosquitos.</li> <li>• Ciclo de vida: holometabolos (huevos, larvas acuáticas, pupas y adultos voladores)</li> <li>• Fase indicadora: larvas</li> <li>• Alimentación: larvas filtradoras y raspadoras.</li> <li>• Hábitat: aguas estancadas</li> </ul>	Cuerpo alargado con propatas en la mitad del mismo y un penacho de setas en la parte posterior.
Familia Chironomidae 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre común: moscas, mosquitos</li> <li>• Ciclo de vida: holometabolos (huevos, larvas acuáticas, pupas y adultos voladores)</li> <li>• Fase indicadora: larvas</li> <li>• Alimentación: larvas filtradoras y raspadoras.</li> <li>• Hábitat: aguas estancadas y lólicas</li> </ul>	Cuerpo alargado, con un penacho de setas en la parte posterior.
Familia Psychodidae 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre común: moscas</li> <li>• Ciclo de vida: holometabolos (huevos, larvas acuáticas, pupas y adultos voladores)</li> <li>• Fase indicadora: larvas</li> <li>• Alimentación: larvas filtradoras y raspadoras.</li> <li>• Hábitat: aguas estancadas y lólicas</li> </ul>	Cuerpo alargado con abundantes setas en todo el cuerpo
Familia Siphidae 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre común: moscas</li> <li>• Ciclo de vida: holometabolos (huevos, larvas acuáticas, pupas y adultos voladores)</li> <li>• Fase indicadora: larvas</li> <li>• Alimentación: larvas filtradoras y raspadoras.</li> <li>• Hábitat: aguas estancadas y lólicas</li> </ul>	Cuerpo robusto con un tubo respiratorio alargado y delgado

Figura 1. Dípteros y macroinvertebrados acuáticos indicadores de aguas (Gamboa, ReyesGil y Arrivillaga 2008).

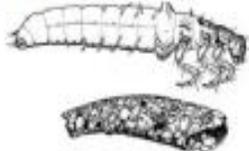
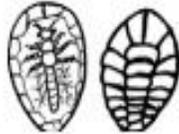
Orden de insecto	Características	Rasgos clave
<p>PLECOPTERA</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre común: Moscas de las piedras (Familia más común: Perlidae)</li> <li>• Ciclo de vida: hemimetabolos (ninfas acuáticas y adultos voladores)</li> <li>• Fase indicadora: Ninfas. Muy sensibles a la contaminación.</li> <li>• Alimentación: Ninfas Carnívoras en los últimos instares</li> <li>• Hábitat: Ríos de aguas turbulentas, Lechos de grava.</li> </ul>	<p>Abdomen con un par de cercos sencillos o multiarticulados. Uñas tarsales pares.</p> 
<p>EFEMEROPTERA</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre común: Efímeras (Familias más comunes: Baetidae, Leptophlebiidae, Leptohyphidae, Caenidae)</li> <li>• Ciclo de vida: hemimetabolos (ninfas acuáticas y adultos voladores)</li> <li>• Fase indicadora: ninfas</li> <li>• Alimentación: ninfas herbívoras</li> <li>• Hábitat: ríos y lagunas</li> </ul>	<p>Abdomen generalmente con un par de cercos alargados y un filamento central normalmente visible. Uñas tarsales únicas.</p> 
<p>TRICOPTERA</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre común: Frigáneas (Familias más comunes: Hidropsiphidae, Hidroptilidae, Leptoceridae)</li> <li>• Ciclo de vida: hemimetabolos (ninfas y pupas acuáticas y adultos voladores)</li> <li>• Fase indicadora: ninfas</li> <li>• Alimentación: ninfas depredadoras o herbívoras</li> <li>• Hábitat: ríos, aguas quietas y rápidas.</li> </ul>	<p>Larvas acuáticas construyen un estuche o refugio que varía según la familia.</p> 
<p>ODONATA</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre común: Libélulas, caballitos del diablo (Familias más comunes: Libellulidae, Coenagrionidae)</li> <li>• Ciclo de vida: hemimetabolos (larvas acuáticas y adultos voladores)</li> <li>• Fase indicadora: larvas</li> <li>• Alimentación: ninfas depredadoras</li> <li>• Hábitat: ríos de aguas quietas</li> </ul>	<p>Ojos compuestos prominentes. Branquias plumosas externas en la parte posterior del abdomen.</p> 
<p>COLEOPTERA</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre común: Escarabajos (Familias más comunes: Elmidae, Ptylodactilidae, Pheseniidae, Dytiscidae, Hydrophilidae)</li> <li>• Ciclo de vida: holometabolos (larvas, pupas y adultos)</li> <li>• Fase indicadora: larvas</li> <li>• Alimentación: ninfas herbívoras y depredadoras</li> <li>• Hábitat: Amplio rango indicativo: salinidad, zonas lacustres</li> </ul>	<p>Patas grandes y caminan por el fondo del agua. Respiran aire con el extremo del abdomen o disponen de apéndices filamentosos (branquias).</p> 
<p>DIPTERA</p>  <p>Blephariceridae</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre común: moscas, mosquitos (Familias más comunes: Simuliidae, Tipulidae, Psychodidae, Dixidae, Athericidae, Blephariceridae).</li> <li>• Ciclo de vida: holometabolos (huevo, larvas acuáticas, pupas y adultos voladores)</li> <li>• Fase indicadora: larvas</li> <li>• Alimentación: larvas filtradoras y raspadoras</li> <li>• Hábitat: ríos de aguas estancadas.</li> </ul>	<p>Larva pequeña con protuberancias a los lados del cuerpo.</p>

Figura 2. Macroinvertebrados acuáticos indicadores de buena calidad del agua (Gamboa, ReyesGil y Arrivillaga 2008)

## **Principales características ecológicas de los grupos de macroinvertebrados:**

### **Clase de individuos que conforman las poblaciones**

#### **a) Clase insecta:**

Los animales con mayor diversidad son los insectos por lo que representan la clase más numerosa entre de los macroinvertebrados bentónicos.

Entre las diferentes órdenes de insectos, los organismos acuáticos están ampliamente representados, con grupos completamente acuáticos, como las efémeras, mosca de piedra, odonatos, mientras que distintos grupos solo contienen algunas especies acuáticas, como los hemípteros, coleópteros o dípteros. Debido a la diversidad de individuos, existen diferentes etapas de vida, donde la mayoría de los individuos pasa parte de su ciclo de vida en el agua, por lo general la primera etapa del ciclo, aunque otras especies realizan todo su ciclo de vida en el agua, sin embargo otras especies solo viven en el agua en la etapa adulta, debido a que estas especies pueden adaptarse, les permite asentarse en hábitats y prosperar en las condiciones ambientales que se presenten (Oscoz 2009).

#### **b) Clase Ostrácodos:**

Los ostrácodos son crustáceos en miniatura, caracterizados por que tienen caparazones bivalvos de origen epidérmico y de cinco a ocho pares de apéndices. Los ostrácodos tienen el registro fósil más completo. Asimismo, su ciclo de vida tiene etapas juveniles además de la edad adulta. Hay especies "antiguas asexuales" en las que los machos son desconocidos, mientras que otras especies solo se reproducen sexualmente. Existen en una variedad de ambientes como aguas marinas y continentales, y cierto número de especies son semi-terrestres, su existencia depende de las características encontradas en el medio, como la salinidad y la temperatura, que son necesarias para su distribución y reproducción (Liberto 2010).

Los ostrácodos son organismos útiles en diversas áreas, debido a que sus restos fósiles son indicadores en estudios de estratigrafía y en el análisis de almacenes de diésel y otros minerales. Además, es bueno como indicadores de calidad del

agua, gracias a que reaccionas a los factores abióticos como la salinidad. (Liberto 2010).

**c) Clase Oligochaeta:**

Es un múltiplo conjunto de familias adaptados a muy distintos ambientes, son grupos particularmente detritívoros. En aguas ricas suelen ser abundantes en materia orgánica, sin embargo, sensibles a contaminaciones químicas, alguna de ellas logran adaptarse a condiciones de anoxia, por lo que se descarta como útiles para valorar los indicadores de calidad del agua (Oscoz 2009).

**d) Clase Hirudinea:**

Son sanguijuelas que radican en quebradas y otros sistemas hídricos. Son depredadores de diversas variedades de invertebrados bentónicos, así como de su misma especie, para trasladarse requieren la presencia de una base dura donde utilicen sus ventosas. Sin embargo, no son adecuadas para el uso como indicador de buena calidad (Oscoz 2009)

**e) Clase Gastropoda**

Son moluscos de diversas clases que representan aproximadamente el ochenta por ciento de los gastrópodos. El aproximado de familias vivientes fluctúa, conforme indican los autores, entre 40 000 y más de 100 000, en tanto los fósiles se encontrarían en unos 15 000. La mencionada clase se ubican tanto en ambientes terrestres como acuáticos, siendo más abundantes en ambientes marinos, desde las zonas más profundas hasta las costas marinas. Suelen exponerse a la evaporación de sus fluidos durante las bajas mareas (Camacho y Del Rio 2007).

Generalmente optan por aguas claras, transparentes y con cuantioso contenido de calcio, sin embargo, en ocasiones se encuentran en ambientes pantanosos como las desembocaduras de los ríos al mar (Camacho y Del Rio 2007).

**Orden de individuos que conforman las poblaciones**

**a) Ephemeroptera**

Estas clases de insectos comúnmente son conocidos como moscas de mayo. Las que se encuentran en etapa inmaduras o ninfas son acuáticas, su dimensión es variable con una coloración pardo, se distinguen por tener un cuerpo de forma

alargado y en ocasiones aplanado, con branquias a ambos lados del abdomen. (CNA 2004).

b) **Plecóptera**

Conocidos como moscas de las piedras. Las Plecopteras acuáticas son inmaduras en la que podemos encontrarlas en diversos tamaños, con un color pardo. Se distinguen por tener un cuerpo en forma aplanado y alargado con dos cercos largos, antenas, branquias en forma de manojo y en diversa posición del cuerpo (CNA 2004).

c) **Trichoptera**

Conocidos generalmente como "polillas de agua". Únicamente las trichopteras acuáticas son inmaduras, con una dimensión y una coloración versátil, la forma de su cuerpo es cilíndrico y alargado, comúnmente con branquias ramificadas sobre el cuerpo. Asimismo se reconoce debido a que la mayoría de sus refugios tienen forma de sacos donde viven las larvas (CNA 2004)

d) **Odonata**

Comúnmente conocidos como "libélulas o caballitos del diablo". Únicamente las odonatas acuáticas son inmaduras, con dimensión versátil y tono pardo, se pueden reconocer ya que la forma de su cuerpo es alargado, con branquias rectales o caudales y con un labium reformado en un órgano prensil en forma de pinza (CNA 2004).

e) **Díptera**

Denominados como "moscos, moscas o zancudos". Las dipteras acuáticas son inmaduras, con una dimensión y coloración versátil, la forma de su cuerpo es cilíndrico, alargado y sin patas, asimismo tienen una cabeza bien desarrollada y en cuanto a las estructuras respiratorias pueden o no tenerlas (CNA 2004).

f) **Coleóptera**

Llamados "escarabajos o mayates". Las coleópteras adultas y inmaduras son acuáticas, tienen una coloración y dimensión versátil, en su forma madura presentan alas en forma de estuche y endurecidas, por lo que son fácilmente reconocibles, sin embargo, las larvas tienen una forma alargada, tienen bien desarrollada la cabeza y sus partes bucales del tipo masticador" (CNA 2004).

g) **Hemípteros**

Son un grupo de insectos que se caracterizan por chupar las piezas bucales, un 10% de las hemipteros son acuáticos. Una gran proporción de familias vive en el agua, al igual que los zapateros famosos, y la mayoría de ellos son depredadores, a menudo inoculando a sus presas con compuestos tóxicos a través de la aguja del tubo maxilar. Muestran una variedad de adaptaciones a la depredación (principalmente peces), como vivir en el agua, comportamiento social o la capacidad de ciertas especies para saltar varios centímetros.(Ladrera 2012)

h) **Megaloptera**

Cuando se encuentran en etapas larvales todos se encuentran en el medio acuático asimismo son afines a ciertas larvas de Coleoptera. Este orden solo cuenta con dos familias. Donde los Corydalidae son grandes y viven en aguas con corriente, sin embargo, la familia poco común son los Sialidae ya que su habitat se caracteriza por tener distintos tipos de agua con sedimentos blandos asimismo tienen un tamaño pequeño. En ambas familias las larvas son depredadoras y las pupas son terrestres (Hanson, Springer y Ramirez 2010).

**Índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera),**

Este índice es empleado para calcular la riqueza y abundancia de los macroinvertebrados que habitan en el agua, esto se determina mediante una escala logarítmica donde intervienen los individuos de las ordenes Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera ya que, con la presencia de estos individuos, se nos brindara el tipo de calidad de agua del área evaluada. (Pimentel 2014).

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

Este índice se determina sumando las puntuaciones asignadas a las distintas familias encontradas en las muestras de macroinvertebrados tomados en las áreas de estudio. De acuerdo a la puntuación recibida, se asigna el grado de sensibilidad de los individuos colectados, donde algunos son sensibles a la contaminación y otros no, es por ello que de acuerdo a la clasificación asignada

este índice puede determinar si las aguas son de buena calidad o de mala calidad (Mafla 2005).

### **Metodología de Stroud Water Research Center**

Esta metodología fue realizada por el Centro de Investigación de Agua Stroud el cual se enfoca en el estudio de agua dulce. Asimismo, esta orientado al estudio de la ecología de los ríos, arroyos, y sus cuencas hidrográficas, tanto primitivas como contaminadas. Ya que el agua es indispensable para la humanidad, así como para la salud de los ecosistemas de agua dulce, es por ello que el centro de investigación busca resguardar el agua potable y el agua limpia, mediante programas de investigación, educación y renovación de cuencas hidrográficas que permitan a las empresas, responsables políticos, propietarios de tierras e individuos tomar decisiones informadas que atenten la calidad del agua y disponibilidad del agua en todo el mundo. Es por ello que STROUD WATER RESEARCH CENTER realizó un método novedoso, fácil, práctico y de precio bajo llamado “paquete de hojas”. Este procedimiento provee el muestreo de Macroinvertebrados bentónicos y el monitoreo de la calidad de agua de quebradas (Pinto 2016).

### **2.3 Definición de términos**

**Cuenca:** Es la unión de varias subcuencas o microcuencas las cuales fluyen a la cuenca hidrográfica (Ordoñez 2011).

**Subcuenca:** Es la unión de microcuencas que fluyen a un solo cauce con caudal permanente (Ordoñez 2011).

**Microcuencas:** “Una micro cuenca es toda área en la que su drenaje va a dar al cauce principal de una Subcuenca; es decir, que una Subcuenca está dividida en varias microcuencas” (Ordoñez 2011).

**Quebradas:** “Es toda área que desarrolla su drenaje directamente a la corriente principal de una microcuenca” (Ordoñez 2011).

### **Diversidad**

Es la cantidad total de especies encontradas en un ambiente ecológico, dicha diversidad es utilizado para el estudio y monitoreo de la vegetación acuática, ya que la diversidad será influenciada por la actividad antropogénica. Por ello

muchas veces una gran diversidad de individuos, no indica una alta calidad del hábitat. Ciertas comunidades tienen normalmente una diversidad baja de especies, por lo tanto, la interpretación de los resultados de calidad debe ser usado con cuidado. Es por ello que en muchos casos es mejor utilizar especies indicadoras de calidad del agua sin descartar todos los parámetros (ambientales, biológicos y ecológicos) que puedan ser medidos y reunidos para ofrecer una evaluación más confiable (CNA 2004).

### **Deforestación**

La transformación de un bosque a otros tipos de usos de la tierra (agricultura, pastos, población u otros) o la disminución permanente de la flora y fauna silvestre, debido a que afectan directamente al hábitat de los seres vivos quienes son los encargados de realizar la polización y desarrollo del bosque (FAO 2015).

## **CAPITULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**

### **3.1 Tipo de estudio**

Se ejecutó un estudio descriptivo, con perspectiva cuantitativa, debido a que la información obtenida fue de forma autónoma y conjunta sobre los conceptos o las variables definidas, de diseño no experimental, estadísticamente comparativa.

#### **3.1.1 Ubicación política**

Las quebradas de estudio se encuentran en el sector de La Pampa del distrito de Inambari, provincia de Tambopata, departamento de Madre de Dios.

#### **Se ubica políticamente en:**

Departamento : Madre de Dios

Provincia : Tambopata

Distrito : Inambari

#### **3.1.2 Ubicación geográfica**

Se indica las coordenadas UTM, WGS 84-Zona 19S respectivamente de cada quebrada y en la figura 3, 4 y 5 se muestra la distribución.

**Tabla 3.** *Coordenadas UTM de las quebradas en estudio*

<b>IMPACTO</b>	<b>NOMBRE DE LAS QUEBRADAS</b>	<b>CODIGO</b>	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>
Con Minería	Libertad	QR1	397398	8573860
	Nueva Arequipa	QR3	386948	8575952
	Virgen de la Candelaria	QR2	391893	8574663
Sin Minería	Sol Naciente	QR4	404854	8575125
	Unión Progreso	QR5	410148	8575778
	San Juan	QR6	423212	8577009



Figura 3. Mapa de ubicación de las seis quebradas en estudio.

### MAPA DE QUEBRADAS CON MINERIA: QR1, QR2 Y QR3

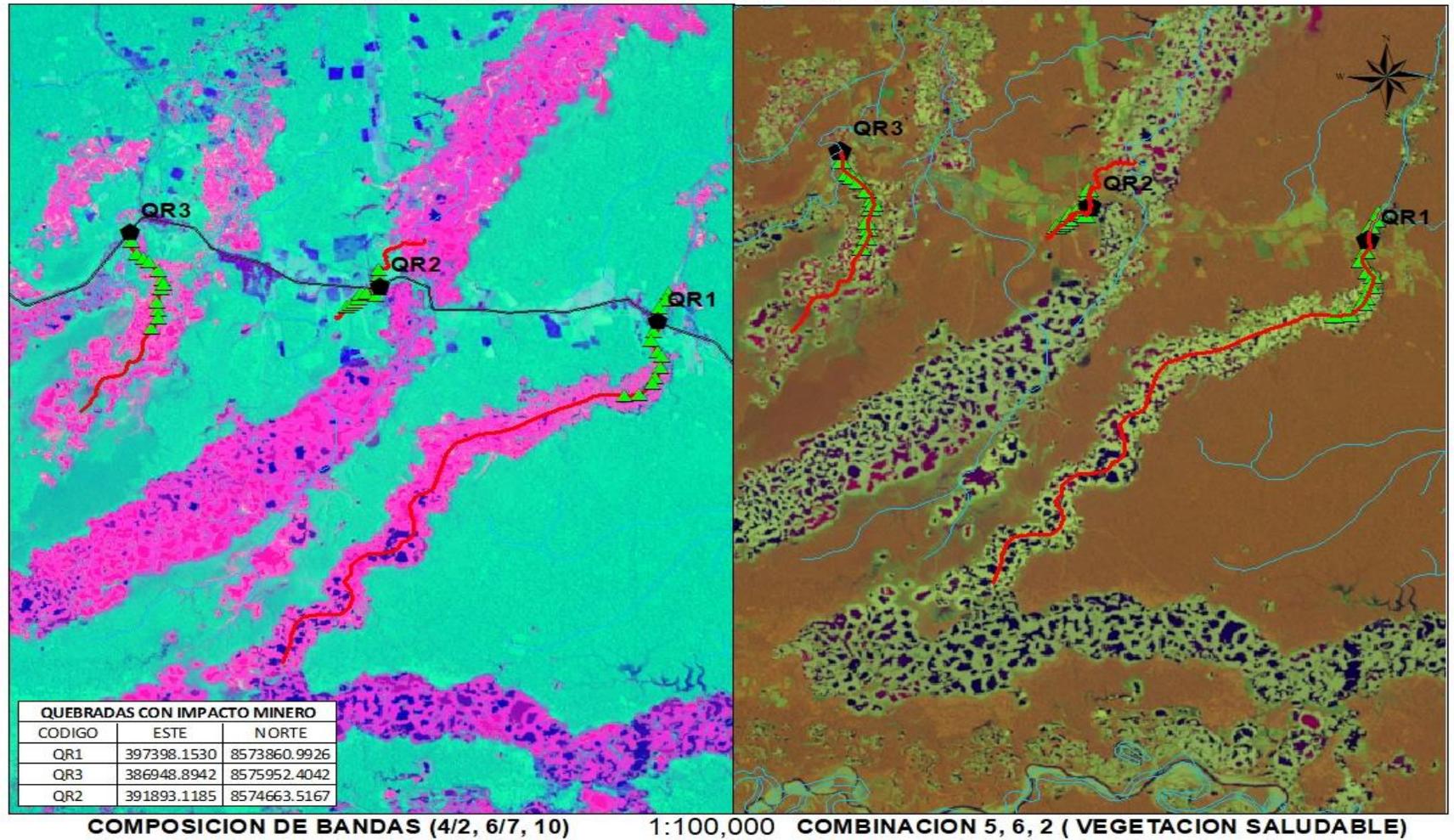


Figura 4. Mapa de ubicación de las quebradas con actividad minería composición de bandas (4/2, 6/7, 10) fueron según (Pour y Hashim 2015)

### MAPA DE QUEBRADAS SIN MINERIA: QR4, QR5 Y QR6

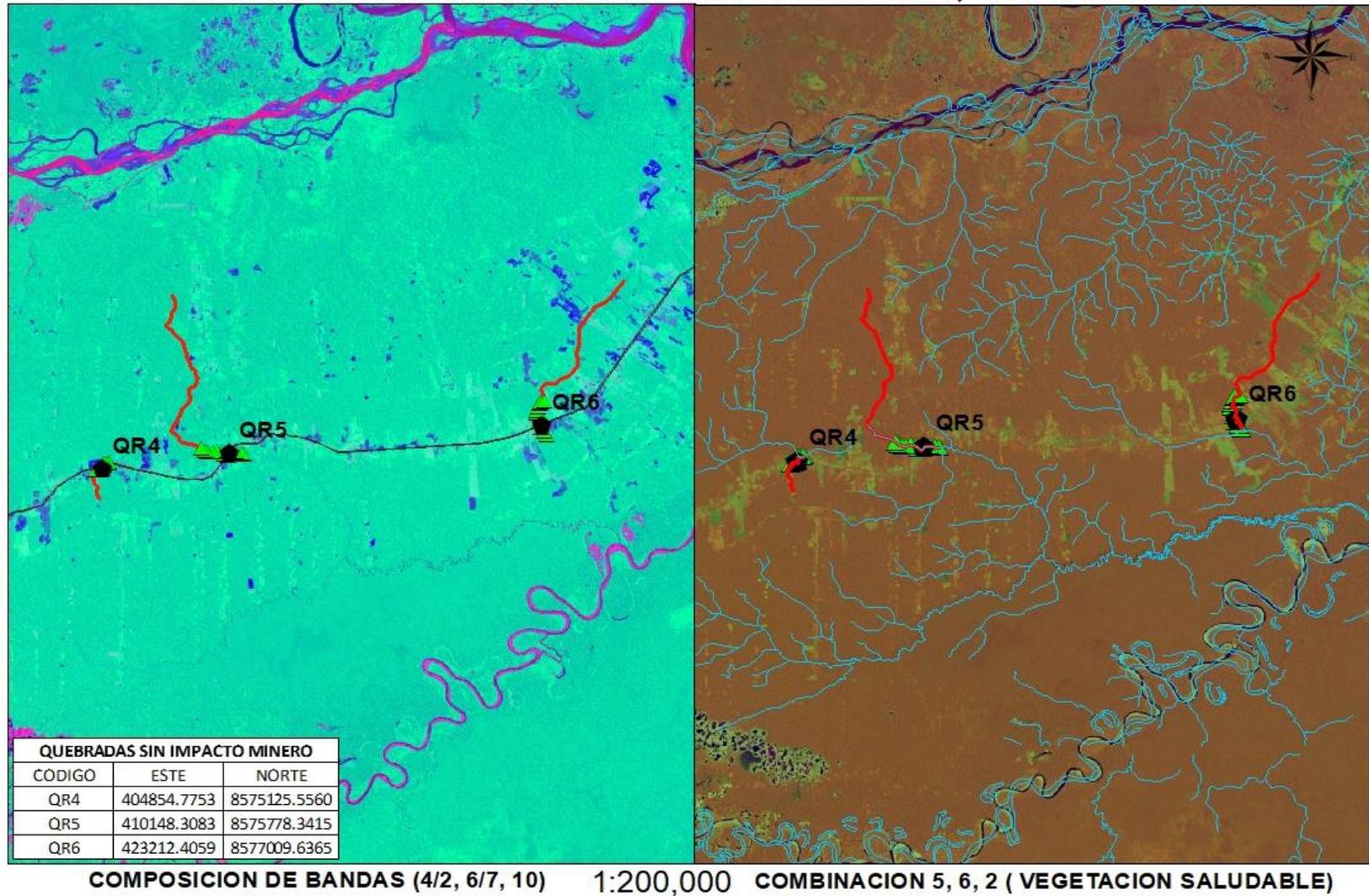


Figura 5. Mapa de ubicación de quebradas sin actividad minera.

### **3.2 Diseño del estudio**

Para el análisis del estudio se realizó un diseño no experimental, transversal

### **3.3 Población y muestra**

#### **3.3.1 Población**

Son tres quebradas con actividad minera y tres quebradas sin actividad minería del sector La Pampa del Departamento de Madre de Dios.

#### **3.3.2 Muestra**

El tamaño de muestra fue determinado mediante estadística no probabilístico para el caso fue por conveniencia y de acuerdo a la metodología de (Barra 2015), que comprende de tres paquetes por punto de muestreo por quebrada

### **3.4 Métodos y técnicas**

#### **3.4.1 Caracterización de las microcuencas de las seis quebradas en estudio**

Para efectos de la caracterización de las microcuencas se utilizó el software en campo con los Sistemas de Información Geográfica o SIG (ArcMap 10.5), utilizando imágenes Landsat 8, para determinar el área de deforestación por minería, pastizal y población de cada una de las micro cuencas, de las quebradas.

#### **Selección y descarga de imágenes landsat 8**

Las Imágenes Landsat 8, fueron adquiridas del portal del Servicio Geológico de los estados Unidos (USGS), dichas imágenes se descargarán con la mínima presencia de nubes, el cual facilita el análisis de las áreas que se desean evaluar, por lo tanto, las imágenes capturadas para la presente evaluación fueron obtenidas el 25 de setiembre del 2019, dichas imágenes se obtuvieron del distrito de Inambari, provincia de Tambopata y departamento de Madre de Dios, dicha descarga generó automáticamente un nombre con la fecha de la descarga, tal como se detalla a continuación:

LC08\_L1TP\_003069\_20190925\_20191017\_01 de fecha 25 de setiembre del 2019.

### Proyección de Imágenes Landsat 8

Se realizó la respectiva proyección al sistema de coordenadas WGS 1984 UTM zona 19 S en el ArcMap con la herramienta de Arctoolbox, seguido de Data Management Tools y Projections and Transformation y por último se define la proyección.

### Combinación de bandas

**Tabla 4.** *Combinación de bandas Landsat 8*

Color natural	4 3 2
Falso color (urbano)	7 6 4
Color infrarrojo (vegetación)	5 4 3
Agricultura	6 5 2
Penetración atmosférica	7 6 5
Vegetación Saludable	5 6 2
Tierra/agua	5 6 4
Natural con remoción atmosférica	7 5 3
Infrarrojo de onda corta	7 5 4
Análisis de vegetación	6 5 4

Fuente: (Skrypnychuk 2015).

#### 3.4.2 Calidad de agua en base a parámetros físico-químicos.

Para las quebradas en estudio se realizaron los parámetros fisicoquímicos, ya que son de apoyo para determinar la temperatura ambiente, temperatura del agua, el Ph, oxígeno disuelto, nitrato, fosfato y turbidez mediante un equipo utilizado para realizar el monitoreo de la calidad del agua, con un método práctico, de precio bajo, y seguro, usando partillas para los parámetros de Ph, oxígeno disuelto, nitrato, fosfato dichas pruebas se realizaron en las aguas en estudio, dichas pruebas calculan ocho parámetros básicos de la calidad del agua. (Lamotte Company 2010)



Figura 6. Kit de la Lamotte Company.

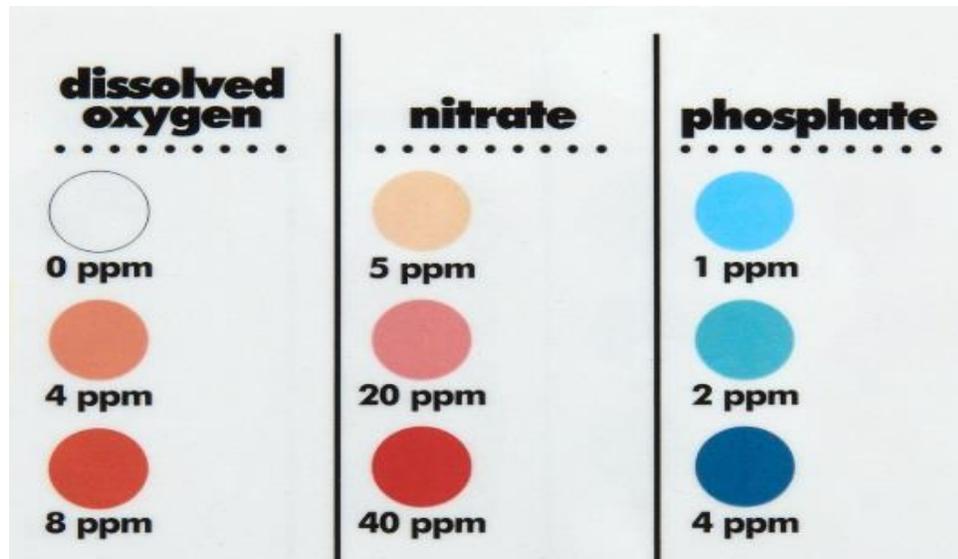


Figura 7. Colorímetro de parámetros químicos.

### **Medición de la temperatura del agua**

Para la medición de temperatura se conto con un termometro debidamente graduado. El termómetro se sujetó de la argolla para impedir que se descalibre, asimismo para no afectar la temperatura del termómetro se evito el contacto con la mano, de tal manera que se metió en el agua por 2 minutos, posterior a ello se retiro el termómetro seguido a ello se anoto el resultado obtenido de la temperatura del agua.

### **Medición del pH**

Para determinar el pH se colecto un poco de agua de la quebrada en una probeta de 10 ml, colocando una pastilla de pH, posterior a ello se cubrio la probeta y se sacudio hasta que se disuelva la pastilla completamente el reactivo, una vez disuelta la pastilla se procedio a comparar la coloracion de la muestra arrojada con la tabla de colores del pH según figura 6 (Lamotte Company 2010).

### **Medición del oxígeno disuelto**

Se colecto agua de la quebrada en una probeta pequeña el cual se relleno completamente, posterior a ello se puso 2 pastillas de "oxígeno disuelto", posterior a ello se cubrió la probeta, presionando con la tapa, dicho acto se realizo para el desborde de un poco y se evite la presencia de burbujas de agua. Seguido a ello se espero unos 4 minutos aproximadamente para que las pastillas se disolvieran, para la evaluación realizada se dio un tiempo de 5 minutos para obtener una coloración de la muestra. Luego se cotejó la coloracion, con la tabla de oxígeno disuelto, (según figura 7) anotando el resultado en ppm (partes por millón) (Lamotte Company 2010).

### **Medición de fosfato**

Se rellenó la probeta con agua hasta la medida de 10 ml. Posterior a ello se agrego la pastilla fosfato. cubriendo la probeta hasta que se diluya la pastilla de fosfato en la muestra recogida, para ello se dio un tiempo de 5 minutos hasta obtener la coloración, luego de ello se comparó con la tabla de coloracion de fosfato, (según figura 7) se anotó el resultado en ppm (Lamotte Company 2010).

### Medición de nitrato

Se rellenó de agua una medida de 5 ml a la probeta luego se añadió una pastilla de nitrato, cubriéndose la probeta para la disolución de la pastilla, por un tiempo de 5 minutos hasta obtener la coloración y luego compararlo con la tabla de colores (según figura 7) seguido a ello se anotó los resultados en ppm (Lamotte Company 2010).

### Medición de la turbidez

Se usó el envase del kit la Motte, la característica de este envase es que cuenta con una calcomanía del disco de Secchi, en la base, a continuación, se rellenó de agua hasta la línea de turbidez la cual es visible ya que se encuentra marcada afuera del envase. Después se procedió a comparar la turbidez con la tabla de resultados y se apuntó el resultado expresados en UTJ (Lamotte Company 2010). Los datos obtenidos con los parámetros físico-químicos medidos fueron interpretados usando una escala del 1 al 4 (Tabla 5).

**Tabla 5.** Cuadro de evaluación de resultados

FACTOR DE PRUEBA	RESULTADO	PUNTUACION
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)
	10	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 Company 2010)

### 3.4.3 Impacto de la actividad minera en la calidad de agua.

Los macroinvertebrados acuáticos se han empleado durante mucho tiempo como organismos bio-indicadores. Para muestrear los organismos, existen muchas formas e instrumentos. Varios de estos son caros y complicados de obtener; es por esta razón que esta investigación utiliza un método novedoso, simple, práctico y, lo más importante, muy económico. Este método se llama "Leaf Pack" (Paquete de hojas) y fue elaborado por el Stroud Water Research Center, el cual tiene una experiencia de 40 años en la investigación de agua dulce.

Este método incluye desarrollar paquetes de hojas artificiales e instalarlos en arroyos durante 4 semanas para permitir que los macroinvertebrados acuáticos colonicen; luego retirar los paquetes de los arroyos para determinar la diversidad y abundancia de macroinvertebrados presentes en los paquetes de hojas a la vez de determinar la calidad del agua del flujo de acuerdo con el índice especificado en el método

#### **Elaboración de los paquetes de hojas.**

Para el propósito del muestreo del actual estudio, se preparó un paquete de hojas, consistente en una bolsa de malla plástica con un peso de 5 gramos. A partir de hojas secas sanas de guaba (*Inga edulis*-Fabaceae), el peso se midió con una balanza gramera, que es el peso total de 35 gramos de hoja

empaquetada. También se coloca una etiqueta impermeable en el paquete, con el nombre de la quebrada, el número del paquete, la fecha y hora de instalación. Para estar seguro y impedir que las hojas se caigan, ambos extremos de la bolsa de hojas se fijan con cuerdas sintéticas.

#### **Instalación de los paquetes de hojas.**

Los paquetes de hojas estuvieron situados en lugares distintos, sin embargo, se encuentran dentro del ámbito de la quebrada en estudio, con una mayor prioridad en las corrientes. Estos paquetes estuvieron retenidos en trozos de árboles, tallos o ramificaciones que están hundidas en el agua, de tal forma en que los paquetes de hojas permanecieron completamente sumergidos reforzados firmemente con una cuerda sintética para impedir que sean llevados por el flujo de la quebrada o se agiten con ellas.

#### **Permanencia de los paquetes de hojas sumergidos en las quebradas.**

Después de sumergir en la quebrada los paquetes de hojas por un periodo de cuatro semanas, se visualizó que bacterias y hongos empezaron la descomposición de las hojas, en donde los macroinvertebrados (larvas de insectos) habitan, se nutran de estas y de esta manera se halló un entorno de macroinvertebrados en cada uno de los paquetes de hojas.

#### **Unidades y períodos de muestreo.**

Se representarán las unidades de muestreo por un total de setenta y dos paquetes de hojas. Se colocaron cuatro paquetes de hojas en los diferentes lugares de muestreo, estableciendo tres repeticiones para cada uno, teniendo con esto la certeza de que se asegure como mínimo poder recolectar un paquete de muestreo para cada una de las área de estudio, por un lapso de permanencia de 4 semanas, período que dura el asentamiento de macroinvertebrados para después ser recolectados.

#### **Recolección de los paquetes de hojas.**

Se empezó a extraer los paquetes de hojas de las quebradas, después del lapso de tiempo acontecido la colonización, teniendo presente que la recolección de paquetes se ejecutó en contra de la corriente, se impidió las interferencias tanto como sea posible usando filtros metálicos dado que algunos organismos tienden

a escapar cuando se les molesta, retire el empaque de láminas lo más rápido posible. Una vez que se saca del agua la bolsa de hojas en el filtro, se enjuaga la bolsa, vierte el agua de la quebrada para apartar cualquier sedimento depositado en las hojas, y luego se visualizó la bolsa de hojas en un depósito de color blanco para así poder observar bien a los macroinvertebrados, terminado este proceso se empezó a recogerlos uno a uno mediante una búsqueda exhaustiva manipulando pinzas suaves para no lesionar al individuo. Se colocó a los macroinvertebrados obtenidos en una unidad de muestreo en un envase que contenga alcohol, se puso una etiqueta en cada envase, y grabó el nombre de la quebrada correspondiente y el número de paquete recolectado, para que el macroinvertebrado en el futuro pueda ser clasificado, identificación y conteado, dicho trabajo fue efectuado en el laboratorio.

#### **Clasificación e Identificación de macroinvertebrados acuáticos.**

La identificación y codificación de los macroinvertebrados acuáticos se realizaron en Puerto Maldonado, exactamente en el laboratorio del Centro Amazónico de Educación Ambiental-ACEER.

Con el fin de suministrar el reconocimiento de los especímenes conseguidos, el contenido de cada uno de los frascos se situó en una fuente reducida de un color blanco. Con el apoyo de unas pinzas blandas se separaron los ejemplares de los residuos de hojas y sedimentos, se clasificaron los macroinvertebrados, y con el apoyo de un estereoscopio se observaron e identificaron, mediante un profesional a cargo del laboratorio de ACEER. Para comparar e identificar se utiliza como ayuda las claves de identificación, guías fotográficas hechas por el Stroud Water Research Center y una guía fotográfica de bio-indicadores de Costa Rica. Cabe destacar que la identificación y codificación de los macroinvertebrados de la variedad insecta se efectuaron a nivel de familias y; las gastropodas, oligochaetas e hirudineas se catalogaran a nivel de clase. Los especímenes estuvieron resguardados en criobiales de 5ml con alcohol, ejemplares que van a ser llevadas al Laboratorio de Invertebrados Acuáticos de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos-UNMSM para su correspondiente certificación.

### Indicador ecológico (índice EPT):

Este estudio se realizó por medio del manejo de tres conjuntos de macroinvertebrados los cuales son indicadores de una buena calidad de agua ya que son sensibles a los contaminantes. Estos grupos son: Plecoptera o moscas de piedra, Ephemeroptera o moscas de mayo y Trichoptera (Carrera y Fierro 2001)

$$EPT = \frac{E + P + T}{N^{\circ} \text{ total de macroinvertebrados}} \times 100 \quad (1)$$

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).

**Tabla 6.** Calidad de agua de acuerdo al Índice EPT

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

Fuente: (Carrera y Fierro 2001)

### Índice BMWP

Uno de los métodos que se considera rápido y sencillo para evaluar la calidad del agua es el Biological Monitoring Working Party (BMWP), donde se usa como bioindicadores a los macroinvertebrados, examinando hasta nivel de familia, con datos cuantitativos de inexistencia y presencia. Conforme con la tolerancia de los distintos grupos a la contaminación orgánica se considerará el puntaje de 1 a 10, siendo 10 el más sensible y 1 el más tolerante (Roldán, 2016). El puntaje se estuvo fijando una vez por familia, libremente de la total de individuos o especies hallados. Consecutivamente se aumentan los puntajes por familia hallados en los puntos de muestreo, para deducir el índice y con ello analizar el nivel de calidad de agua (Roldán 2016).

**Tabla 7.** Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col

<b>FAMILIA</b>	<b>PUNTAJE</b>
Anomalopsychidae, Atriptectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hidridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae.	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae.	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae.	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossossomatidae, Hyaellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Hydropsychidae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolycopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydraenidae, Hydrometridae, Noteridae.	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae.	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae.	2
Tubificidae.	1

Fuente: (Roldán 2016)

**Tabla 8.** Nivel de calidad según índice de BMWP –CR

<b>BMWP -CR</b>	<b>NIVEL DE CALIDAD</b>
>120	Aguas de calidad excelente
101 – 120	Aguas de calidad buena, no contaminadas o no alteradas de manera sensible
61 – 100	Aguas de calidad regular, contaminación moderada
36 – 60	Aguas de calidad mala, contaminadas
16 – 35	Aguas de calidad mala, muy contaminadas
<15	Aguas de calidad muy mala extremadamente contaminada

Fuente: (Roldán 2016)

### Índice de diversidad de Shannon-Weaver

Constituye la cantidad correspondiente de cada ejemplar de organismo dentro del área de interés. Es empleada para calcular la variedad de los grupos ecológicos y especímenes vivos. El SDI  $\geq 0$ ; es 0 cuando el sitio o estación tiene únicamente un espécimen de familia (no hay variedad) SDI ( $H'$ ) se aumenta a medida que acrecienta el número de familias de otras especies (Orellana 2003).

$$H' = -\sum p_i \log p_i \quad (2)$$

Donde =  $P_i = \frac{n_i}{N}$

$H'$  = Diversidad

$P_i$  = proporción de individuos de la especie

$n_i$  = número de individuos de la especie

$N$  = número de todos los individuos de todas las especies

### **índice de dominancia de Simpson**

Formula la probabilidad compuesta de que dos organismos sacados al azar de una agrupación corresponden a la misma variedad. Si dicha posibilidad es alta la agrupación es poco diversa (Moreno 2001)

$$\lambda = \sum p_i^2 \quad (3)$$

Donde:

$p_i$  = abundancia proporcional de la especie  $i$ , es decir, el número de individuos de la especie  $i$  dividido entre el número total de individuos de la muestra.

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

El dato de campo se desarrollará con el programa estadístico IBM-SPSS Statistics 22, los datos hallados serán mostrados de manera descriptiva y mediante análisis de ANOVA y cotejo de medias en los casos inevitables.

## **CAPITULO IV: RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

### **4.1 Resultados de la evaluación del impacto de la actividad minera en la calidad de agua y la diversidad de macroinvertebrados bentónicos.**

#### **4.1.1 Características de las seis microcuencas.**

La evaluación de las características de las quebradas fueron determinadas mediante imágenes Landsat 8, donde se realizó la combinación de bandas de acuerdo a la tabla 4, tomando en cuenta la vegetación saludable que corresponde a la banda (5, 6, 2), para caracterizar y diferenciar con exactitud las áreas alteradas por actividades antropicas, encontradas dentro de las microcuencas, clasificando las áreas en cobertura vegetal, actividad minera, pastizal y población, de tal manera que clasificadas dichas áreas se procedió a realizar las firmas espectrales que caracterizan las distintas coberturas del suelo para luego realizar la unión y tener como resultado final la superficie de cada una de ellas, estas se representan en porcentajes según se detalla a continuación:

#### **a) Quebradas con actividad minera**

##### **Características de la microcuenca, quebrada (QR1).**

- Cobertura vegetal 5%, color de combinación (rojizo).
- Área de suelo desnudo por actividad minera de 95%, color de combinación (verde claro y morado).

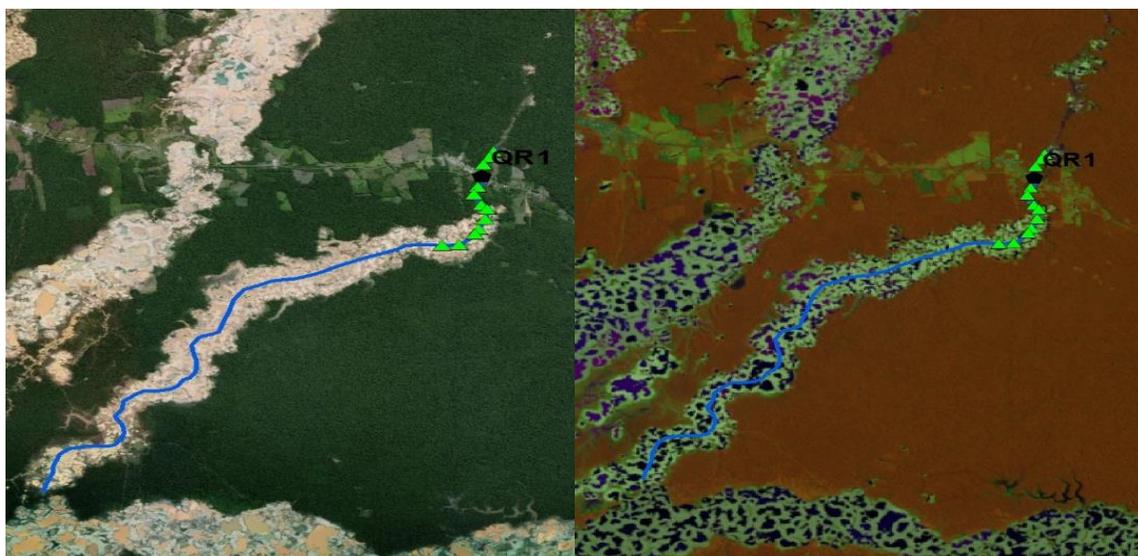


Figura 8. Caracterización de áreas afectadas de la quebrada QR1.

### **Características de la microcuenca estudiada, quebrada (QR2).**

- Cobertura vegetal 30%, color de combinación (rojizo).
- Área de suelo desnudo por actividad minera de 43%, color de combinación (verde claro y morado).
- Pastizal 25%, color de combinación (verde limón).
- Población 2%, color de combinación (amarillo).

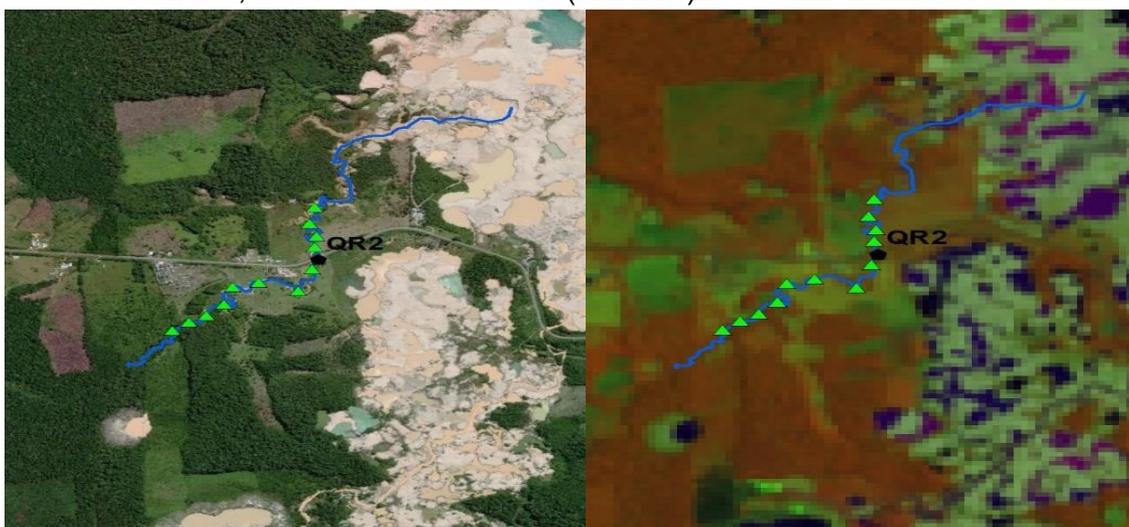


Figura 9. Caracterización de áreas afectadas de la quebrada QR2.

### Características de la microcuenca estudiada, quebrada (QR3).

- Cobertura vegetal 4 %, color de combinacion (rojizo).
- Area de suelo desnudo por actividad minera de 93%, color de combinacion (verde claro y morado).
- Poblacion 3%, color de combinacion (amarillo).

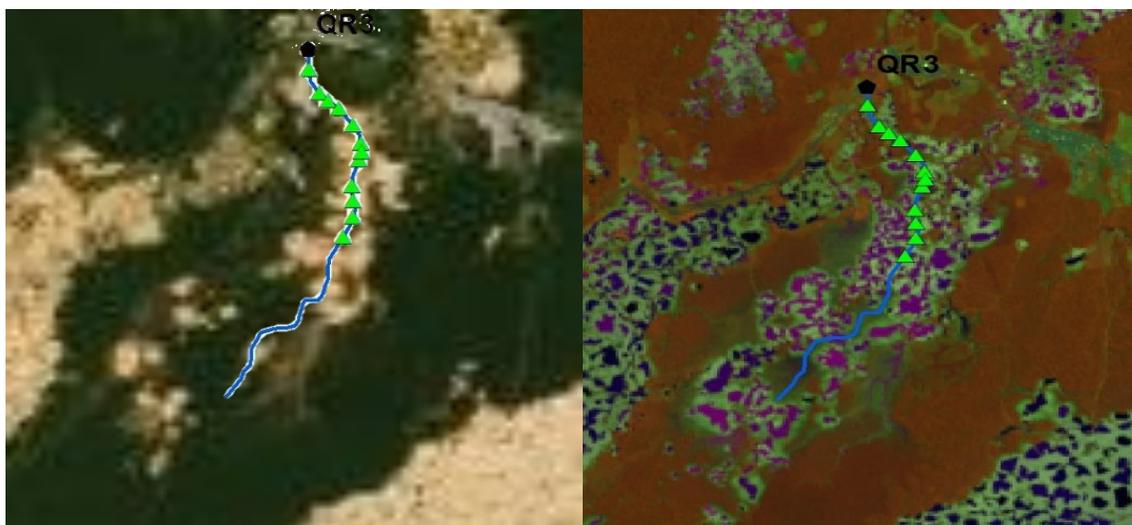


Figura 10. Caracterización de áreas afectadas de la quebrada QR3.

### b) Quebradas sin actividad minera

### Características de la microcuenca estudiada, quebrada (QR4).

- Cobertura vegetal 80%, color de combinacion (rojizo).
- Pastizal 20%, color de combinacion (verde limon).

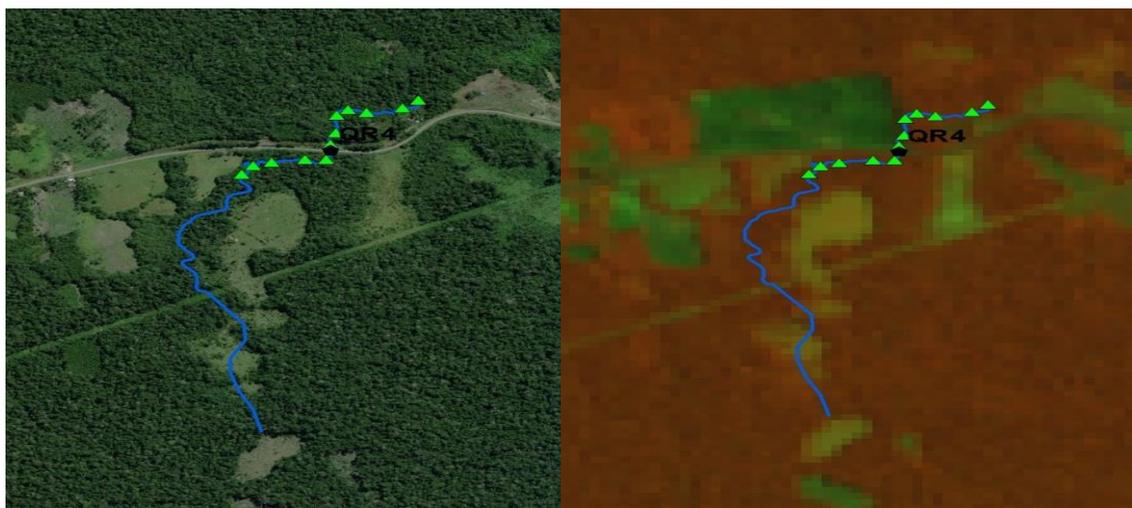


Figura 11. Caracterización de áreas afectadas de la quebrada QR4.

### Características de la microcuenca estudiada, quebrada (QR5).

- Cobertura vegetal 95%, color de combinacion (rojizo).
- Pastizal 3%, color de combinacion (verde limon).
- Poblacion 2%, color de combinacion (amarillo).

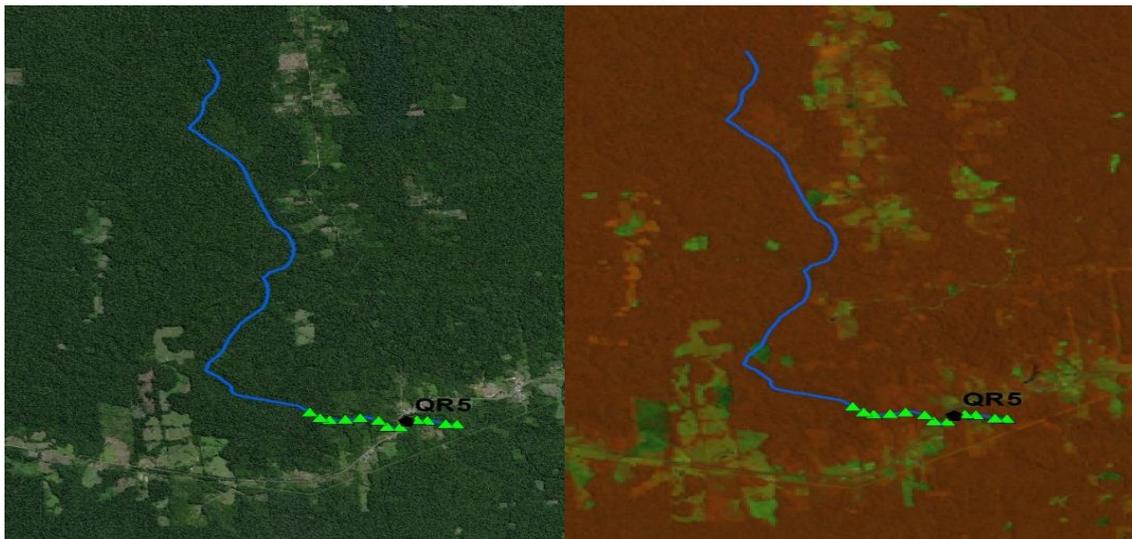


Figura 12. Caracterizacion de areas afectadas de la quebrada QR5.

### Características de la microcuenca estudiada, quebrada (QR6).

- Cobertura vegetal 82%, color de combinacion (rojizo).
- Pastizal 17%, color de combinacion (verde limon).
- Poblacion 1%, color de combinacion (amarillo)



Figura 13. Caracterizacion de areas afectadas de la quebrada QR6.

Analizando las características de las seis microcuencas de las quebradas evaluadas en el sector La Pampa se tiene como resultados obtenidos que las quebradas QR1, QR2 y QR3 presentan mayor porcentaje de deforestación por la actividad minera con un 77 %, respecto a la cobertura vegetal con 13 %, pastizal con 8,33 % y población con 1,67%, esto hace que presenten una mala calidad de agua; en las quebradas QR4, QR5 y QR6 presenta gran porcentaje de cobertura vegetal con 85,67 %, con respecto al pastizal con 13,33 % y a la población con 1%, por lo que presentan buena calidad de agua y tienen mayor diversidad y abundancia, ya que estas microcuencas no han tenido impacto por actividad minera, tal como se ve en la (figura 14), donde muestra los promedios de las características de las quebradas con impacto de minería y sin impacto de minería.

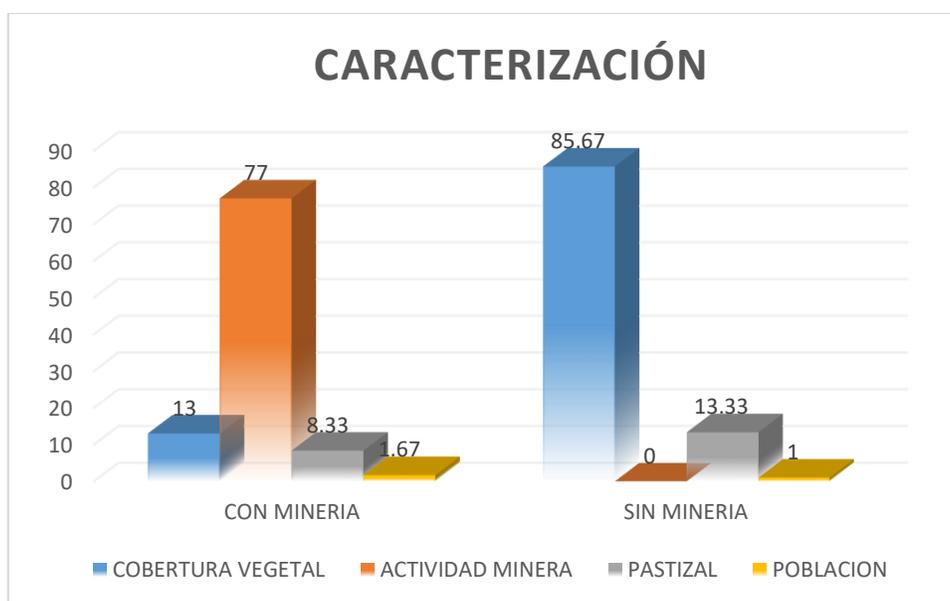


Figura 14. Promedio de las características de las seis microcuencas.

**Tabla 9.** Indicadores físico-químico evaluado en las seis quebradas estudiadas

CODIGO DE LAS QUEBRADAS ESTUDIADAS	Temperatura del ambiente (°C)	Temperatura del agua (°C)	Oxígeno Disuelto		pH		Nitrateo		Fosfato		Turbidez	
			Resultados	Puntuación (*)	Resultados	Puntuación (*)	Resultados	Puntuación (*)	Resultados	Puntuación (*)	Resultados	Puntuación (*)
QR1	27	24	4	1	6	3	5 ppm	2	2 ppm	3	100 JTU	1
QR2	33	27	4	1	6	3	5 ppm	2	2 ppm	3	100 JTU	1
QR3	34	28	4	1	6	3	5 ppm	2	2 ppm	3	100 JTU	1
QR4	27	24	8	3	6.5	4	5 ppm	2	1 ppm	4	0 JTU	4
QR5	26	23	8	3	7	4	5 ppm	2	1 ppm	4	0 JTU	4
QR6	27	24	8	3	7	4	5 ppm	2	1 ppm	4	0 JTU	4

Puntuaciones conferidas de acuerdo a su interpretación con el cuadro de Evaluaciones de Resultado (Tabla 5).

En la Tabla 9, se localizan los registros de los análisis físico-químicos, tomados en cada quebrada de estudio, donde las quebradas QR1, QR2 y QR3 presenta una temperatura ambiente entre 27°C y 34°C, siendo temperaturas altas, con respecto a las quebradas QR4, QR5 y QR6, que presentan una temperatura de 27°C a 26°C, asimismo la temperatura del agua presenta diferencias, en la QR1, QR2 y QR3 que oscila entre 24°C a 28°C y en las QR4, QR5 y QR6 se encuentran entre 23°C a 24°C, las diferencias encontradas en temperatura ambiente y agua es debido a que las quebradas QR1, QR2 y QR3 presentan suelos desnudos, pozos de agua y deforestación alrededor de las orillas por el impacto ocasionado por la actividad minera, sin embargo en las quebradas QR4, QR5 y QR6

presenta cobertura vegetal alrededor de las orillas teniendo así una faja marginal boscosa sin impacto de actividad minera.

El oxígeno disuelto encontrado en las quebradas QR1, QR2 y QR3 es de 4ppm, teniendo una puntuación de 1, siendo bajo, así como las quebradas QR4, QR5 y QR6 es de 8 ppm, con una puntuación de 3, siendo buena, esto nos indica que las quebradas QR1, QR2 y QR3 presentan un oxígeno disuelto de nivel bajo esto se debe al incremento de temperatura mayor en el agua debido a la deforestación por el impacto de la actividad minera que presentan sus microcuencas.

El pH, obtenido de las quebradas QR1, QR2 y QR3, es de 6 siendo una puntuación de 3, presentando un resultado de bueno, asimismo la quebrada QR4, QR5 y QR6, presentan un pH, de 6.5 a 7, siendo una puntuación de 4 con un resultado de excelente para dichas quebradas.

El Nitrato obtenido en las seis quebradas evaluadas fueron homogéneas, teniendo un resultado de 5 ppm, con una puntuación de 2 siendo regular, asimismo el fosfato se encuentra entre 1 ppm y 2 ppm que son de bueno a excelente, lo que nos indica que los nutrientes de las quebradas con actividad minera QR1, QR2 y QR3 son buenos, por ello la presencia de macroinvertebrados bentónicos, y las quebradas QR4, QR5 y QR6 presentan una excelente, de tal manera que se encuentra gran diversidad de macroinvertebrados bentónicos.

La turbidez obtenida en las quebradas QR1, QR2 y QR3 fue de 100 JTU, presentando una puntuación de 1, siendo bajo, teniendo una transparencia nula del agua ya que son quebradas que han tenido impacto por actividad minera. Sin embargo, en las quebradas QR4, QR5 y QR6, fue de 0 JTU, presentando una puntuación de 4, siendo excelente presentando un grado de transparencia alta el agua de las tres quebradas sin actividad minera.

#### **4.1.2 Impacto de la actividad minera en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos.**

Para el análisis de la calidad de agua se tuvo en estudio a seis quebradas, tres de ellas afectadas por la actividad minera y tres sin actividad minera, cada una de las quebradas contaron con 12 paquetes de hojas de la especie (*Inga edulis*).

A continuación, se presenta los siguientes resultados para determinar la calidad de agua.

### **Análisis calidad de agua quebrada QR1 (Alto Libertad).**

Efectuando la evaluación del índice EPT del área de estudio de la quebrada QR1, se obtuvo un resultado de 0,97%, dicho porcentaje nos indica que la quebrada Alto Libertad muestra Mala calidad de agua, por la poca presencia de individuos del orden Ephemeroptera y Plecoptera, sin embargo, se encontró el orden Trichoptera en menor número de individuos ya que son ordenes sensibles a la contaminación (Tabla 10). Para el caso del índice BMWP'-CR reporta un puntaje de 48, siendo una quebrada como aguas de calidad mala, contaminadas (Tabla 11). Por lo tanto, la calidad de agua de la quebrada QR1 es mala.

**Tabla 10. Resultado EPT quebrada QR1**

<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>INDIVIDUOS</b>	<b>EPT</b>
Diptera	Chironomidae	106	
	Ceratopogonidae	5	
Odonata	Libellulidae	7	
	Megapodagrionidae	1	
Trichoptera	Polycentropodidae	21	24
	Philopotamidae	3	
Ostracodas		2318	
Coleoptera	Gyrinidae	1	
Huridinea		1	
<b>TOTAL</b>		<b>2463</b>	<b>24</b>
<b>EPT %</b>			<b>0,97</b>
<b>CALIDAD DE AGUA MALA</b>			

**Tabla 11. Resultado BMWP'-CR quebrada QR1**

<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>INDIVIDUOS</b>	<b>BMWP'-CR</b>
Diptera	Chironomidae	106	2
	Ceratopogonidae	5	3
Odonata	Libellulidae	7	6
	Megapodagrionidae	1	6
Trichoptera	Polycentropodidae	21	9
	Philopotamidae	3	9
Ostracodas		2318	1
Coleoptera	Gyrinidae	1	9
Huridinea		1	3
<b>Puntaje BMWP'-CR</b>			<b>48</b>
<b>AGUAS DE CALIDAD MALA, CONTAMINADAS</b>			

**Análisis calidad de Agua quebrada QR2 (Nueva Arequipa).**

Evaluado el índice EPT para el área de estudio de la quebrada Nueva Arequipa se tuvo un 10,20%, lo que significa que la quebrada presenta Mala calidad de agua, a pesar de contar con la presencia del orden Ephemeroptera con 17 individuos y Trichoptera con 13 individuos, no es significativo ya que la quebrada no cuenta con la cantidad suficiente, en relación al total de individuos encontrados (Tabla 12).

Para el caso del índice BMWP'-CR reporta un puntaje de 57, siendo una quebrada con aguas de calidad mala, contaminadas (Tabla 13). Por lo tanto, la calidad de agua de la quebrada QR2 es mala.

**Tabla 12. Resultado EPT quebrada QR2**

<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>INDIVIDUOS</b>	<b>EPT</b>
Coleoptera	Gyrinidae	1	
	Noteridae	1	
	Hydrophilidae	1	
Ephemeroptera	Caenidae	12	17

	Leptophlebiidae	5	
Diptera	Chironomidae	80	
	Ceratopogonidae	4	
Trichoptera	Polycentropodidae	13	13
Huridinea		10	
Odonata	Libellulidae	4	
Oligochaeta		153	
Ostracodas		10	
<b>TOTAL</b>		<b>294</b>	<b>30</b>
<b>EPT %</b>			<b>10,20</b>
<b>CALIDAD DE AGUA MALA</b>			

**Tabla 13.** Resultado BMWP'-CR quebrada QR2

<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>INDIVIDUOS</b>	<b>BMWP'-CR</b>
Coleoptera	Gyrinidae	1	9
	Noteridae	1	4
	Hydrophilidae	1	3
Ephemeroptera	Caenidae	12	7
	Leptophlebiidae	5	9
Diptera	Chironomidae	80	2
	Ceratopogonidae	4	3
Trichoptera	Polycentropodidae	13	9
Huridinea		10	3
Odonata	Libellulidae	4	6
Oligochaeta		153	1
Ostracodas		10	1
<b>Puntaje BMWP'-CR</b>			<b>57</b>
<b>AGUAS DE CALIDAD MALA, CONTAMINADAS</b>			

### **Análisis calidad de Agua quebrada QR3 (Virgen de la Candelaria).**

Ejecutado la evaluación del índice EPT para el área de estudio de la quebrada Virgen de la Candelaria, reporto un 23,27%, lo que significa que la quebrada presenta calidad de agua regular, ya que la quebrada cuenta con la presencia del orden Ephemeroptera con 12 individuos y Trichoptera con 106 individuos, sin embargo, también presentan la clase Ostracodas y a la familia chiromidae, (Tabla 14).

Para el caso del índice BMWP'-CR obtiene un puntaje de 88, imputando a la quebrada como calidad de agua regular, dicha calificación es por la cantidad de familias encontradas en la quebrada (Tabla 15). Por lo tanto, según ambos índices la calidad del agua es regular.

**Tabla 14. Resultado EPT quebrada QR3**

<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>INDIVIDUOS</b>	<b>EPT</b>
Trichoptera	Polycentropodidae	95	106
	Hydropsychidae	9	
	Leptoceridae	2	
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	1	12
	Baetidae	1	
	Polymitarcyidae	9	
	Leptohiphidae	1	
Diptera	Chironomidae	42	
	Tabanidae	1	
	Tipulidae	1	
Odonata	Protoneuridae	3	
	Libellulidae	13	
Ostracodas		314	
Huridinea		14	
Gastropoda	Planorbiidae	1	
<b>TOTAL</b>		<b>507</b>	<b>118</b>
<b>EPT %</b>			<b>23,27</b>

<b>CALIDAD DE AGUA REGULAR</b>
--------------------------------

**Tabla 15.** Resultado BMWP'-CR quebrada QR3

ORDEN	FAMILIA	INDIVIDUOS	BMWP'-CR
Trichoptera	Polycentropodidae	95	9
	Hydropsychidae	9	7
	Leptoceridae	2	8
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	1	9
	Baetidae	1	7
	Polymitarcyidae	9	9
	Leptohyphidae	1	7
Diptera	Chironomidae	42	2
	Tabanidae	1	5
	Tipulidae	1	3
Odonata	Protoneuridae	3	7
	Libellulidae	13	6
Ostracodas		314	1
Huridinea		14	3
Gastropoda	Planorbiidae	1	5
<b>Puntaje BMWP'-CR</b>			<b>88</b>
<b>AGUAS DE CALIDAD REGULAR, CONTAMINACIÓN MODERADA</b>			

**Análisis calidad de Agua quebrada QR4 (Sol Naciente).**

Efectuando el análisis del índice EPT para la quebrada QR4, obtiene un 46,49%, lo que significa que la quebrada muestra una calidad de agua regular, ya que la quebrada cuenta con la presencia del orden Ephemeroptera con 14 individuos, Plecóptera con 14 individuos y Trichoptera con 131 individuos, sin embargo, también presentan de la familia chiromidae y elmidae, (Tabla 16).

Para el caso del índice BMWP'-CR obtiene un puntaje de 133, adjudicando a la quebrada como aguas de calidad Excelente, dicha calificación es por la cantidad de familias encontradas en la quebrada (Tabla 17). Dicha diferencia de un índice

con otro es por la deforestación que presenta en medio de la quebrada, lo cual genera la alteración de individuos, de la Orden EPT, ya que son sensibles a la contaminación.

**Tabla 16.** Resultado EPT quebrada QR4

<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>INDIVIDUOS</b>	<b>EPT</b>
Trichoptera	Hydropsychidae	105	131
	Leptoceridae	6	
	Helicopsychidae	19	
	Polycentropodidae	1	
Huridinea		4	
Coleoptera	Elmidae(adulto)	49	
	NoteridaE	6	
	Gyrinidae	1	
Diptera	Chironomidae	95	
	Ceratopogonidae	3	
	Tipulidae	1	
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	12	14
	Baetidae	1	
	Polymitarcyidae	1	
Megaloptera	Corydalidae	7	
Plecoptera	Perlidae	14	14
Odonata	Megapodagrionidae	7	
	Coenagrionidae	3	
	Gomphidae	2	
	Libellulidae	2	
Oligochaeta		3	
<b>TOTAL</b>		<b>342</b>	<b>159</b>
<b>EPT %</b>			<b>46,49</b>
<b>CALIDAD DE AGUA REGULAR</b>			

**Tabla 17. Resultado BMWP'-CR quebrada QR4**

<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>INDIVIDUOS</b>	<b>BMWP'-CR</b>
Trichoptera	Hydropsychidae	105	7
	Leptoceridae	6	8
	Helicopsychidae	19	8
	Polycentropodidae	1	9
Huridinea		4	3
Coleoptera	Elmidae(adulto)	49	6
	Noteridae	6	4
	Gyrinidae	1	9
Diptera	Chironomidae	95	2
	Ceratopogonidae	3	3
	Tipulidae	1	3
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	12	9
	Baetidae	1	7
	Polymitarcyidae	1	9
Megaloptera	Corydalidae	7	6
Plecoptera	Perlidae	14	10
Odonata	Megapodagrionidae	7	6
	Coenagrionidae	3	7
	Gomphidae	2	10
	Libellulidae	2	6
Oligochaeta		3	1
<b>Puntaje BMWP'-CR</b>			<b>133</b>
<b>AGUAS DE CALIDAD EXCELENTE</b>			

**Análisis calidad de Agua quebrada QR5 (Unión Progreso).**

Efectuando el análisis del índice EPT para la quebrada QR, indica un 64,48 %, lo que significa que la quebrada exhibe calidad de agua buena, ya que la quebrada

cuenta con la presencia del orden Ephemeroptera con 15 individuos, Plecóptera con 60 individuos y Trichoptera con 112 individuos (Tabla 18).

Para el caso del índice BMWP'-CR muestra un puntaje de 135, indicando a la quebrada como aguas de calidad Excelente, dicho resultado es debido a la abundancia de la familia Perlidae (Plecoptera) y Hydropsychidae (Trichoptera), el cual son buenas indicadoras de la calidad de agua (Tabla 19). Por lo tanto, según ambos índices la calidad del agua es buena.

**Tabla 18. Resultado EPT quebrada QR5**

ORDEN	FAMILIA	INDIVIDUOS	EPT
Trichoptera	Hydropsychidae	84	112
	Polycentropodidae	20	
	Helicopsychidae	5	
	Philopotamidae	2	
	Leptoceridae	1	
Plecoptera	Perlidae	60	60
Megaloptera	Corydalidae	10	
Hemiptera	Naucoridae	9	
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	13	15
	Euthyplociidae	2	
Diptera	Chironomidae	43	
	Ceratopogonidae	13	
	Tipulidae	2	
Coleoptera	Elmidae(adulto)	11	
	Noteridae	1	
Huridinea		3	
Oligochaeta		4	
Decapoda	Palaemonidae	2	
Odonata	Libellulidae	2	
	Coenagrionidae	2	
	Gomphidae	1	

<b>TOTAL</b>	<b>290</b>	<b>187</b>
<b>EPT %</b>		<b>64,48</b>
<b>CALIDAD DE AGUA BUENA</b>		

**Tabla 19. Resultado BMWP'-CR quebrada QR5**

<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>INDIVIDUOS</b>	<b>BMWP'-CR</b>
Trichoptera	Hydropsychidae	84	7
	Polycentropodidae	20	9
	Helicopsychidae	5	8
	Philopotamidae	2	9
	Leptoceridae	1	8
Plecoptera	Perlidae	60	10
Megaloptera	Corydalidae	10	6
Hemiptera	Naucoridae	9	7
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	13	9
	Ethyplociidae	2	9
Diptera	Chironomidae	43	2
	Ceratopogonidae	13	3
	Tipulidae	2	3
Coleoptera	Elmidae(adulto)	11	6
	Noteridae	1	4
Huridinea		3	3
Oligochaeta		4	1
Decapoda	Palaemonidae	2	8
Odonata	Libellulidae	2	6
	Coenagrionidae	2	7
	Gomphidae	1	10
<b>Puntaje BMWP'-CR</b>			<b>135</b>
<b>AGUAS DE CALIDAD EXCELENTE</b>			

### **Análisis calidad de Agua quebrada QR6 (San Juan).**

Plasmando el análisis del índice EPT para la quebrada QR, consigue un 52,32 %, lo que significa que la quebrada muestra calidad de agua buena, ya que la quebrada cuenta con la presencia del orden Ephemeroptera con 15 individuos, Plecóptera con 60 individuos y Trichoptera con 112 individuos (Tabla 20).

Muestra un puntaje de 134, para el caso del índice BMWP'-CR, imputando a la quebrada como aguas de calidad Excelente, dicho resultado es debido a la abundancia de la familia Perlidae (Plecoptera) y Hydropsychidae (Trichoptera), el cual son buenas indicadoras de la calidad de agua (Tabla 21). Por lo tanto, según ambos índices la calidad del agua es buena.

**Tabla 20.** *Resultado EPT quebrada QR6*

<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>INDIVIDUOS</b>	<b>EPT</b>
Plecoptera	Perlidae	73	73
Trichoptera	Hydropsychidae	22	50
	Polycentropodidae	2	
	Helicopsychidae	15	
	Leptoceridae	11	
Odonata	Coenagrionidae	7	
	Protoneuridae	1	
	Polythoridae	2	
	Megapodagrionidae	1	
Coleoptera	Elmidae(larva)	20	
	Ptilodactylidae	5	
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	1	1
Diptera	Chironomidae	28	
	Tipulidae	11	
	Ceratopogonidae	7	
Hemiptera	Naucoridae	15	
Megaloptera	Corydalidae	14	
Decapoda	Palaemonidae	1	

Gastropoda	Hydrobiidae	1	
<b>TOTAL</b>		<b>237</b>	<b>124</b>
<b>EPT %</b>			<b>52,32</b>
<b>CALIDAD DE AGUA BUENA</b>			

**Tabla 21. Resultado BMWP'-CR quebrada QR6**

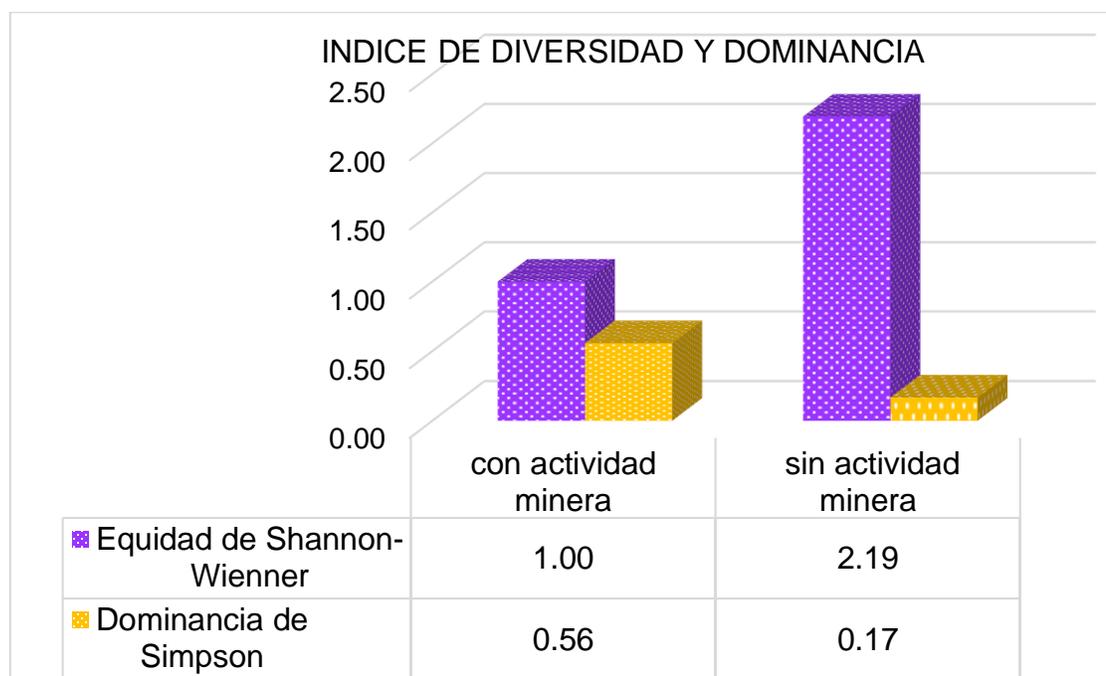
<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>INDIVIDUOS</b>	<b>BMWP'-CR</b>
Plecoptera	Perlidae	73	10
Trichoptera	Hydropsychidae	22	7
	Polycentropodidae	2	9
	Helicopsychidae	15	8
	Leptoceridae	11	8
Odonata	Coenagrionidae	7	7
	Protoneuridae	1	7
	Polythoridae	2	10
	Megapodagrionidae	1	6
Coleoptera	Elmidae(LARVA)	20	6
	Ptilodactylidae	5	10
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	1	9
Diptera	Chironomidae	28	2
	Tipulidae	11	3
	Ceratopogonidae	7	3
Hemiptera	Naucoridae	15	7
Megaloptera	Corydalidae	14	6
Decapoda	Palaemonidae	1	8
Gastropoda	Hydrobiidae	1	8
<b>Puntaje BMWP'-CR</b>			<b>134</b>
<b>AGUAS DE CALIDAD EXCELENTE</b>			

### Índices de Shannon- Wiener y Simpson

De acuerdo a los valores obtenidos según el Índice de Shanon – Weaver ( $H'$ ) y Simpson, las quebradas sin actividad minera presentan una mayor diversidad (2,19) y dominancia (0,17) respectivamente en comparación con las quebradas que han sido dañados por la actividad minera.

**Tabla 22.** Índice de diversidad y abundancia de macroinvertebrados bentónicos.

Índices	Quebradas con actividad minera			Quebradas sin actividad minera		
	QR1	QR2	QR3	QR4	QR5	QR6
Taxas	9	12	15	21	21	19
Número de individuos	2 463	294	507	342	290	237
Equidad de Shannon-Wiener	0,28	1,44	1,28	2,03	2,22	2,33
Dominancia de Simpson	0,89	0,35	0,43	0,20	0,16	0,14



**Figura 15.** Índice de Shanon – Weaver ( $H'$ ) y Simpson, diversidad y dominancia.

### **Análisis de la diversidad y abundancia de macroinvertebrados Bentónicas.**

Los macroinvertebrados acuáticos totales colectados en las seis quebradas de muestreo fueron de 4 133 sujetos, de los cuales se reparten en 32 familias, 9 órdenes y 6 clases. Dentro de la clase Insecta se hallaron 29 familias, agrupados en 8 órdenes, en la clase Gastropoda se identificaron 2 familias agrupados en 1 orden y la clase Malacostraca se identificó 1 familia agrupado en 1 orden asimismo se suma la identificación de las 3 clases Ostracodas, Oligochaeta y Huridinea ya que únicamente se consiguió reconocer a nivel de clase.

Dentro de la quebrada QR1 se clasifico, según clase encontrándose las Ostrácodas con un 94,11 % equivalente a 2 318 individuos, seguido de la clase Insecta con un 5,85 % equivalente a 144 individuos y la clase Huridinea con 0,04 % equivalente a 1 individuos, teniendo un total de 2 463 individuos (Figura 16).

Cabe mencionar que la clase ostracodas vive dentro de aguas contaminadas, por lo tanto, es un indicador importante para identificar las aguas de mala calidad.

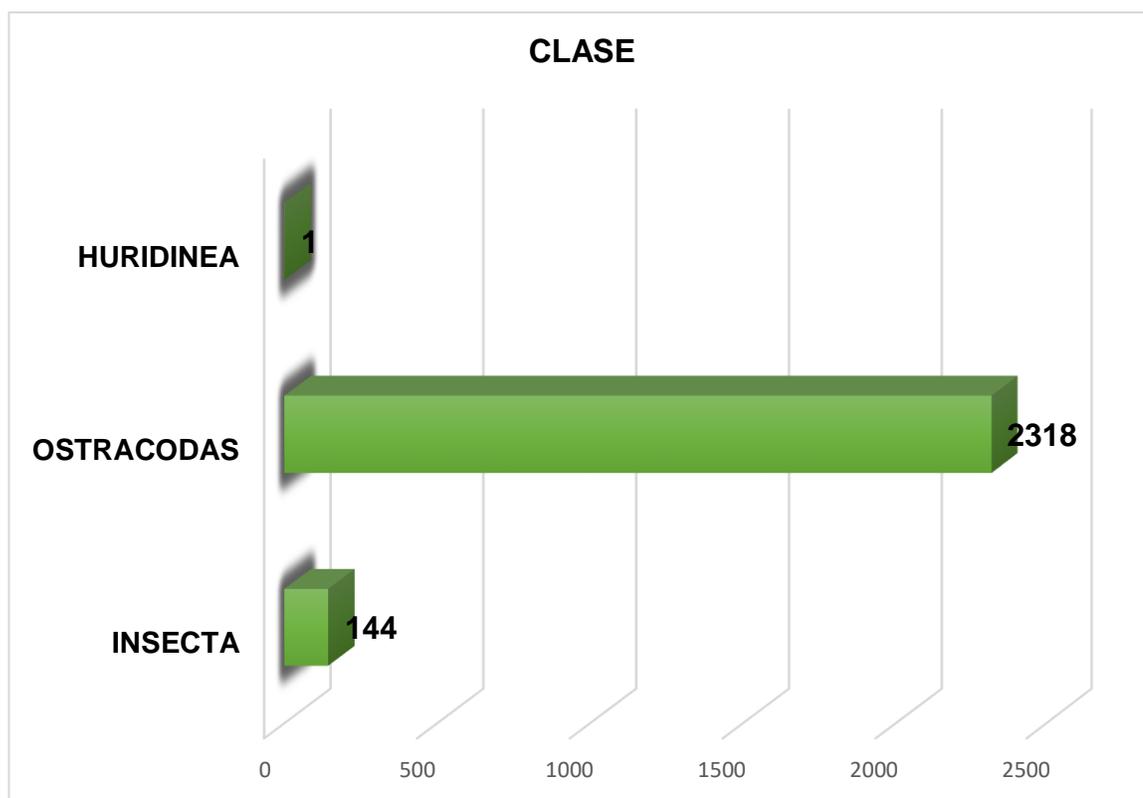


Figura 16. Abundancia de la quebrada QR1 según clase.

Dentro de la quebrada QR2 se clasifico según clase encontrándose las Oligochateas con un 52,04 % equivalente a 153 individuos, Insecta con un 41,16 % equivalente a 121 individuos, Ostrácodos con un 3,40 % equivalente a 10 individuos, seguido de la clase Huridinea con 3,40 % equivalente a 10 individuos, teniendo un total de 294 individuos (Figura 17).

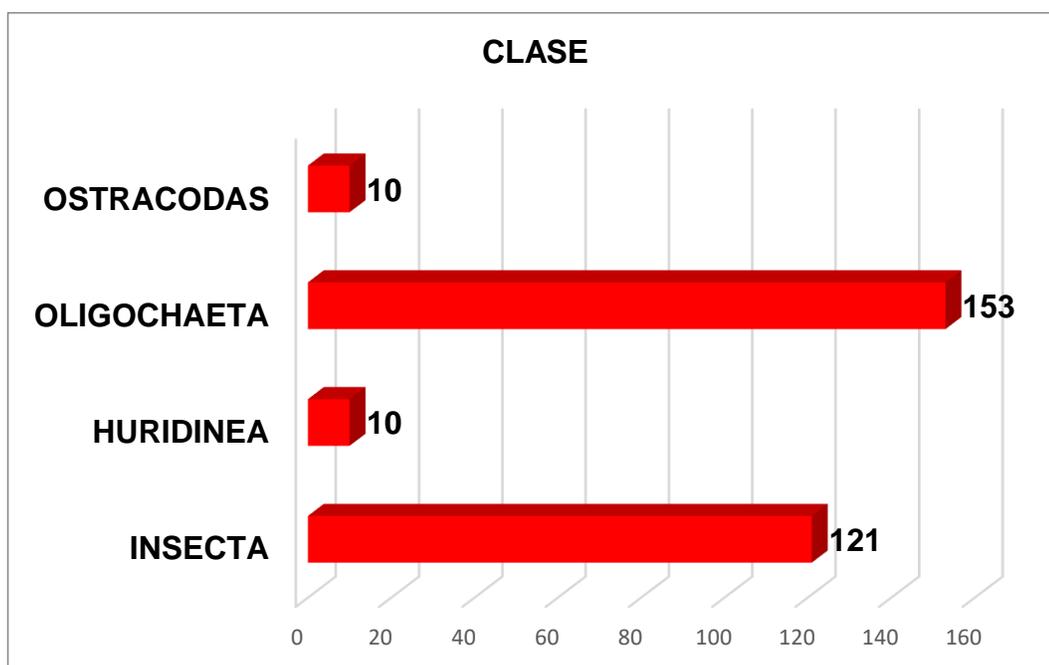


Figura 17. Abundancia de la quebrada QR2 según clase.

Dentro de la quebrada QR3 se clasifico según clase encontrándose las Ostrácodos con un 61,93 % equivalente a 314 individuos, seguido de la clase Insecta con un 35,11 % equivalente a 178 individuos, clase Huridinea con 2,76 % equivalente a 14 individuos y la clase Gastropoda con 0,20 % equivalente a 1 individuo, teniendo un total de 507 individuos (Figura 18).

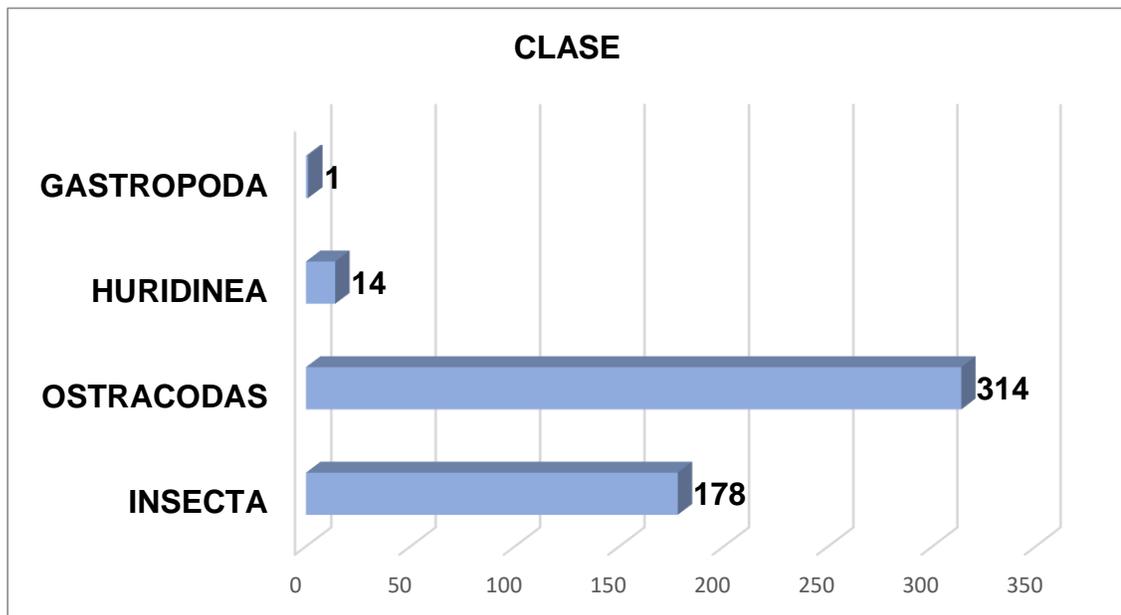


Figura 18. Abundancia de la quebrada QR3 según clase

Dentro de la quebrada QR4 se clasifico según clase encontrándose las insecta con un 97,95 % equivalente a 335 individuos, seguido de la clase huridinea con un 1,17 % equivalente a 4 individuos y clase Oligochaeta con 0,88 % equivalente a 3 individuos, teniendo un total de 342 individuos (Figura 19).

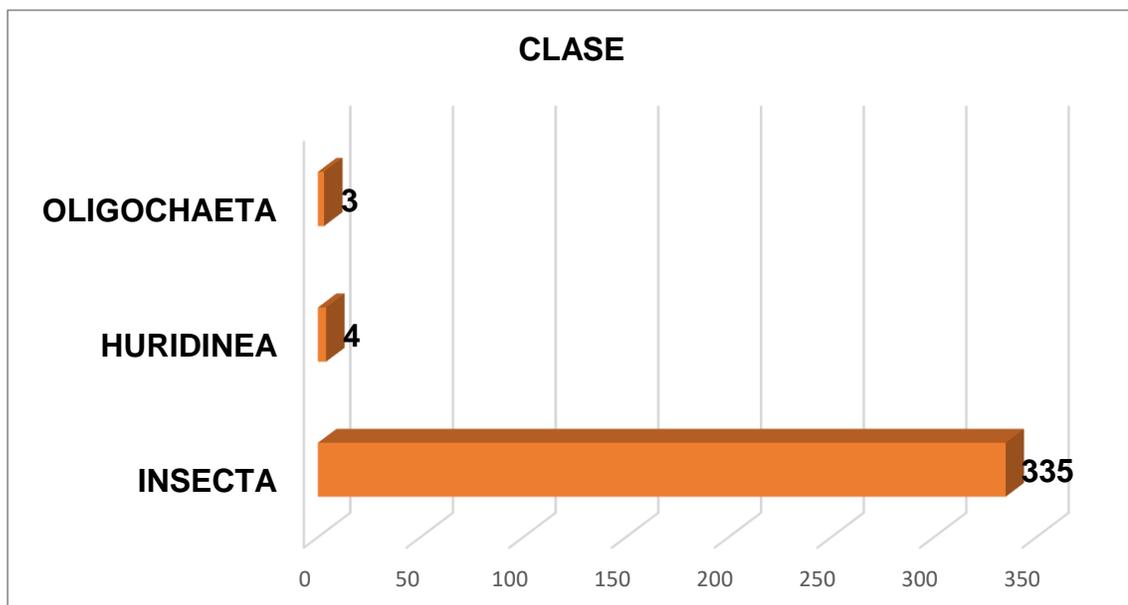
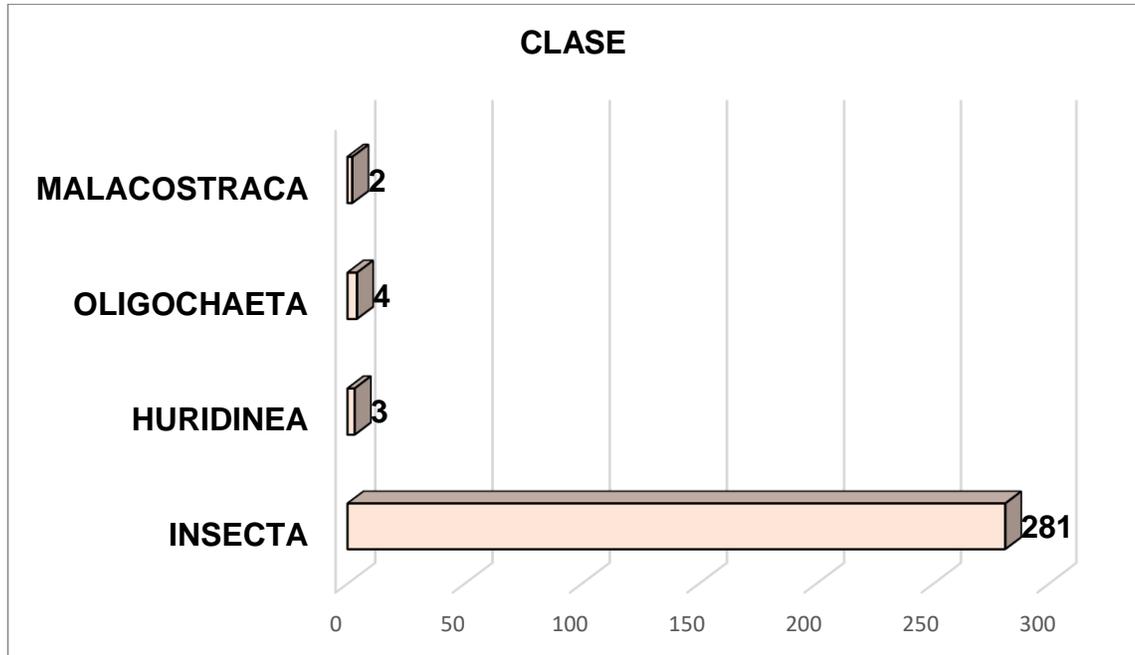


Figura 19. Abundancia de la quebrada QR4 según clase.

Dentro de la quebrada QR5 se clasifico según clase encontrándose las insecta con un 96,90 % equivalente a 281 individuos, seguido de la clase Oligochaeta

con un 1,38 % equivalente a 4 individuos, la clase Hiridinea con 1,03 % equivalente a 3 individuos y la clase Malacostraca con un 0,69 % equivalente a 2 individuos, teniendo un total de 290 individuos (Figura 20).



*Figura 20.* Abundancia de la quebrada QR5 según clase.

Dentro de la quebrada QR6 se clasifico según clase encontrándose las insecta con un 99,16 % equivalente a 235 individuos, seguido de la clase Malacostraca con un 0,42 % equivalente a 1 individuo y la clase Gastropoda con 0,42 % equivalente a 1 individuo, teniendo un total de 237 individuos (Figura 21).

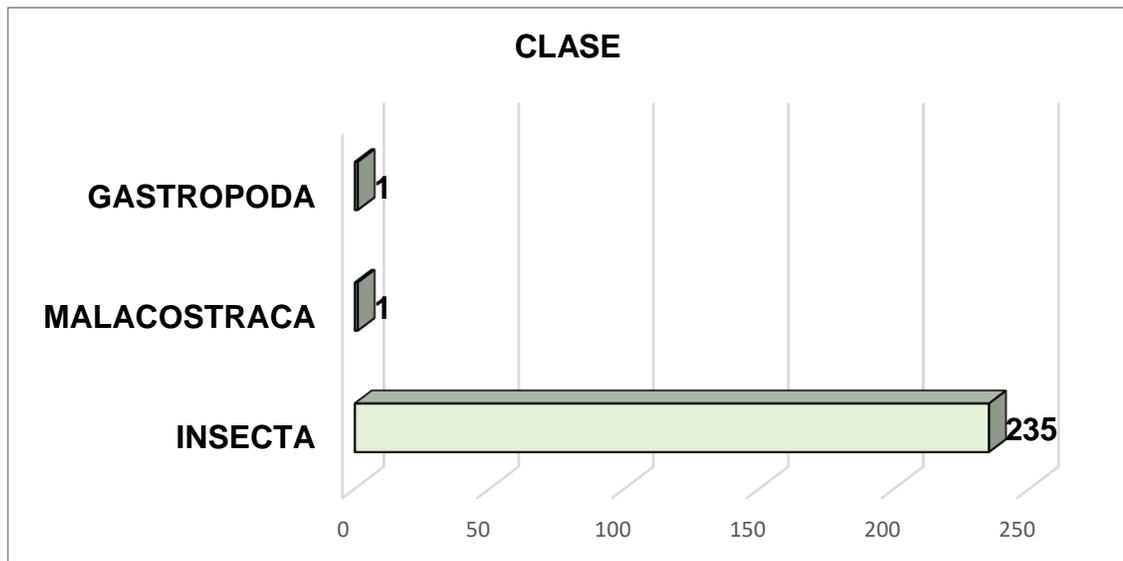


Figura 21. Abundancia de la quebrada QR6 según clase.

Se muestra el total de individuos encontrados por quebradas, siendo la quebrada QR1, la más representativa, teniendo un total de 2 463 individuos, seguido de la QR3, con un total de 507 individuos, la QR4 con 342 individuos, la QR2 con 294 individuos, la QR5 con 290 individuos y por último la QR6 con 237 individuos respectivamente (figura 22).

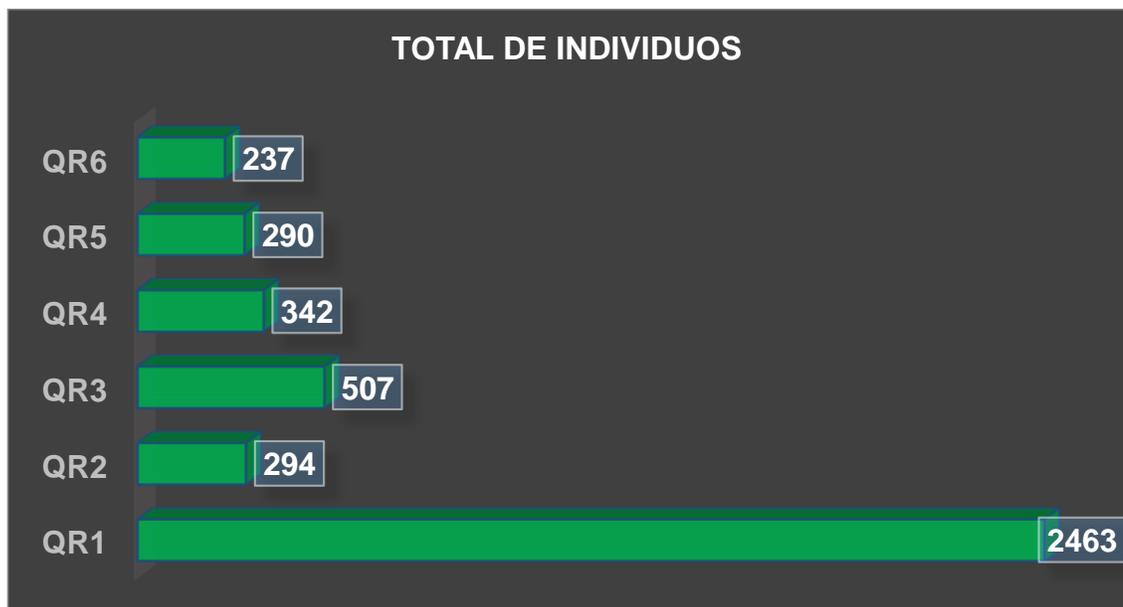
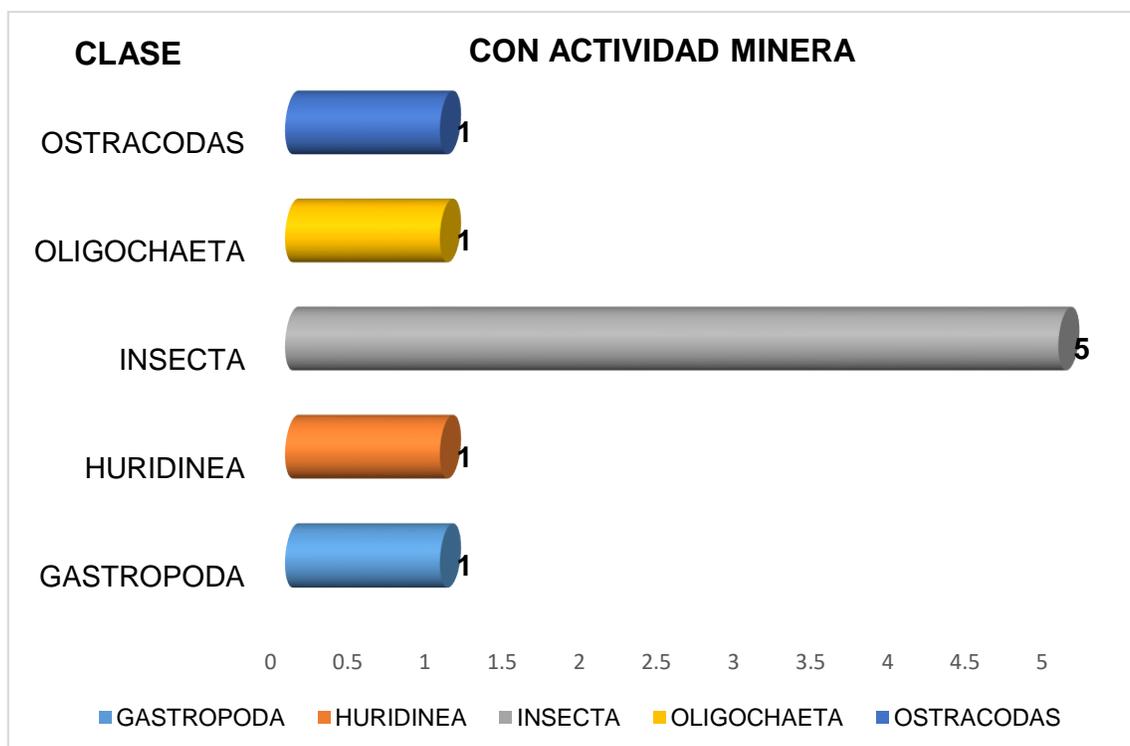


Figura 22. Total, de macroinvertebrados por quebrada.

**Clasificación según clase, orden y familia de macroinvertebrados bentónicos en quebradas con minería y sin minería se tiene lo siguiente:**

Se muestra las 5 clases encontradas dentro de las quebradas con actividad minera (QR1, QR2 y QR3), asimismo se observa que dentro de ellas la clase insecta destaca con 5 ordenes siendo la clase con la mayor cantidad de órdenes (figura 23).



*Figura 23.* Total, de clases de macroinvertebrados bentónicos.

En la figura se muestra que las quebradas con actividad minera cuentan 9 ordenes, donde el orden Ephemeroptera cuenta con 5 familias, Trichoptera y

Díptera cuentan con 4 familias, siendo estas las más representativas a nivel orden (figura 24).

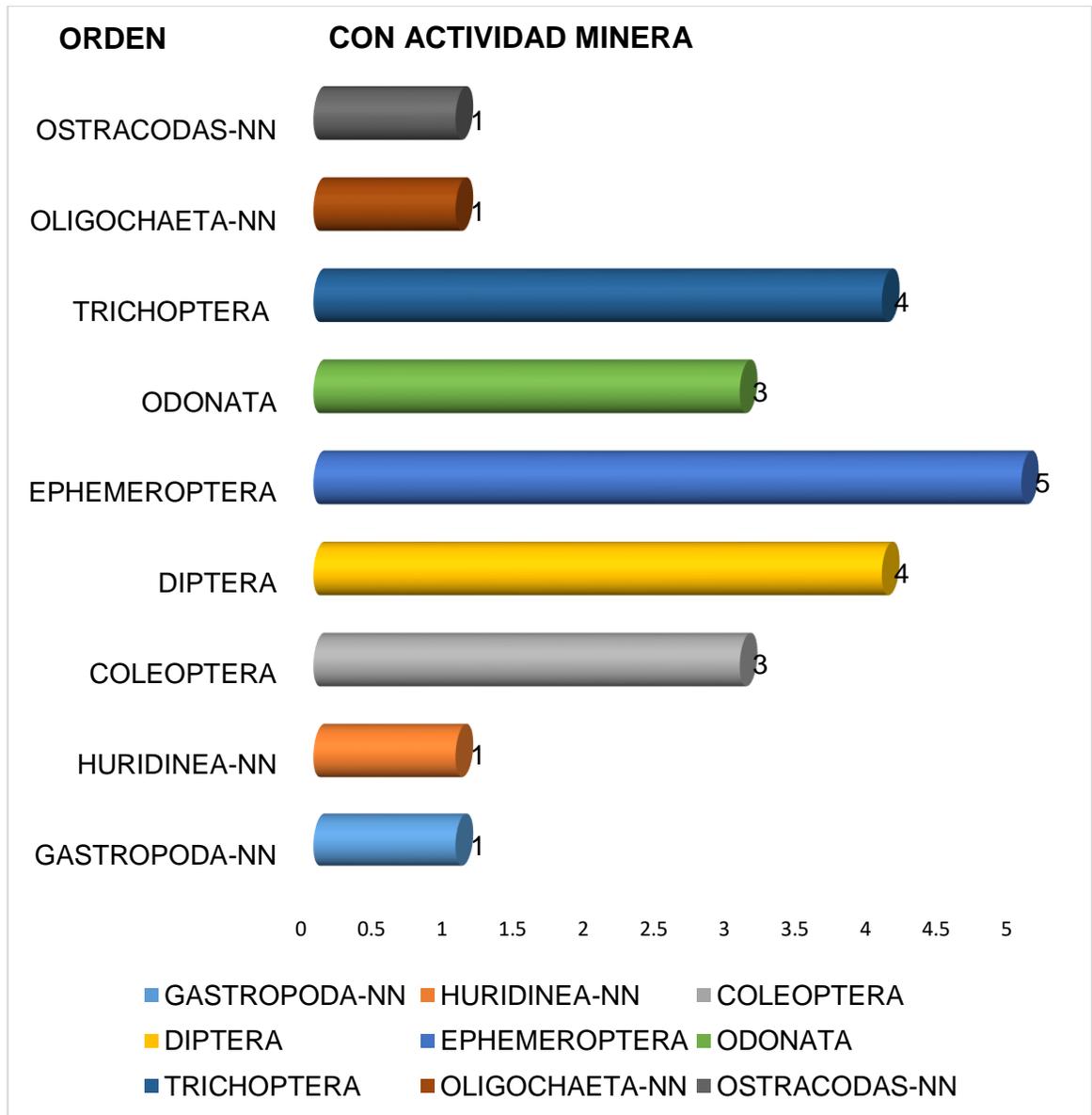


Figura 24. Total, de orden de macroinvertebrados bentónicos

En la figura se muestra las 23 familias encontradas dentro de las quebradas con actividad minera, las familias con una superior cantidad de individuos las Ostracodas- NN con 2642, Chironomidae con 228, Oligochatea-NN con 153 y Polycentropodidae con 129 (figura 25).

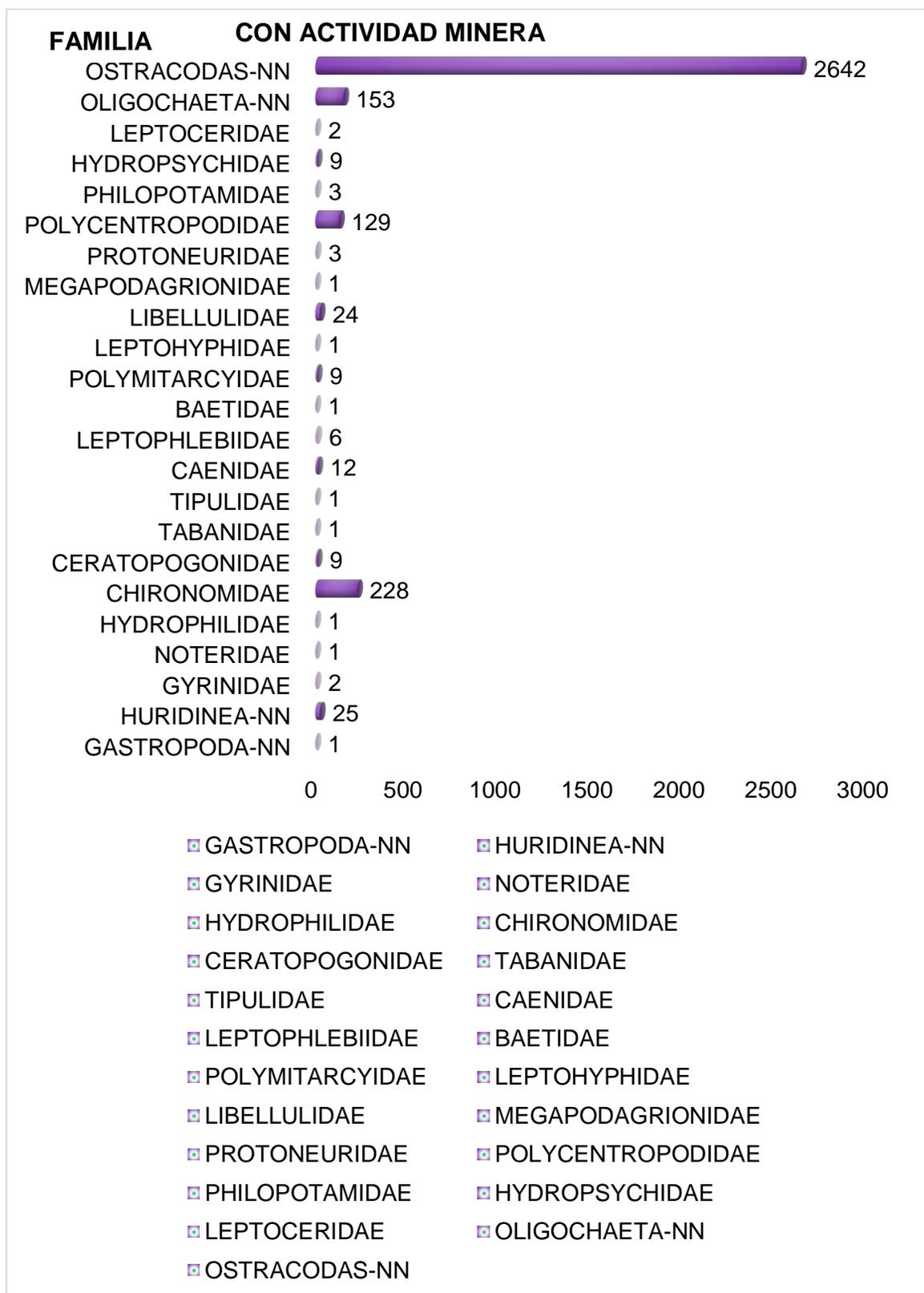


Figura 25. Total, de familias de macroinvertebrados bentónicos.

En la figura se muestra las 5 clases encontradas dentro de las quebradas sin actividad minera (QR4, QR5 y QR6), asimismo se observa que dentro de ellas la clase insecta destaca con 8 ordenes siendo la clase con la mayor cantidad de órdenes (Figura 26).

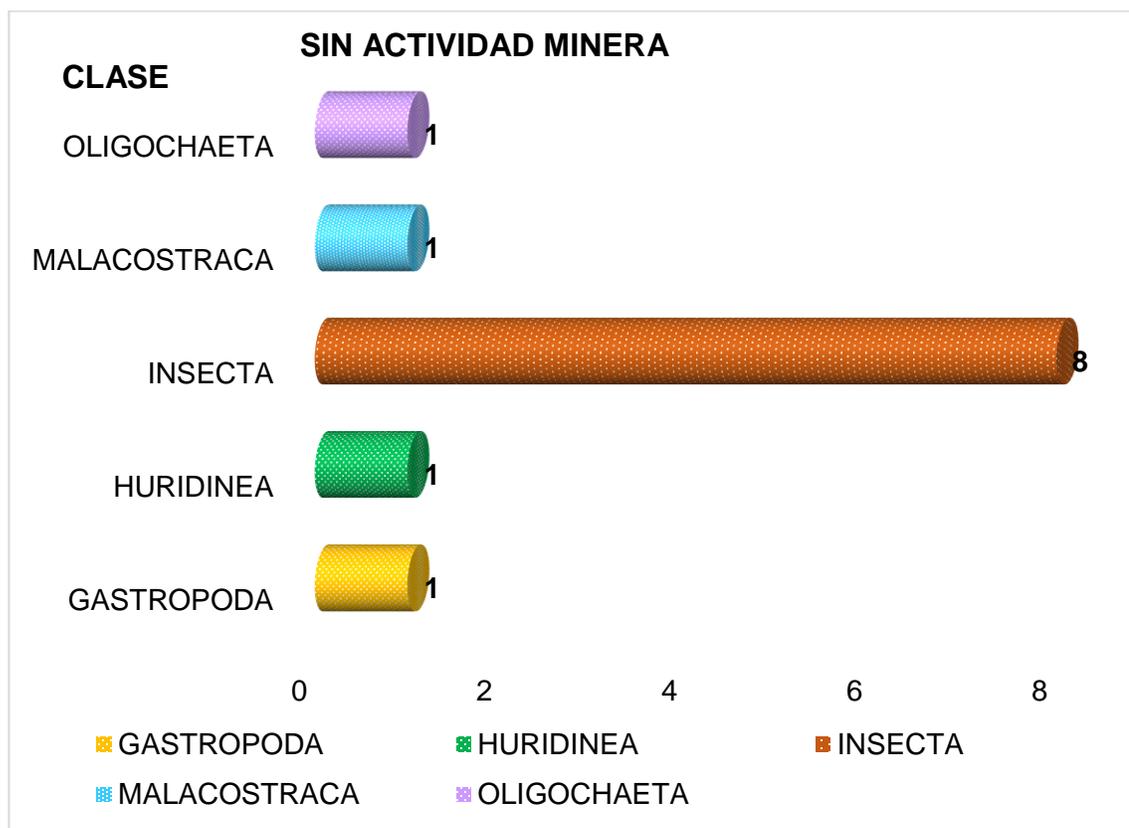
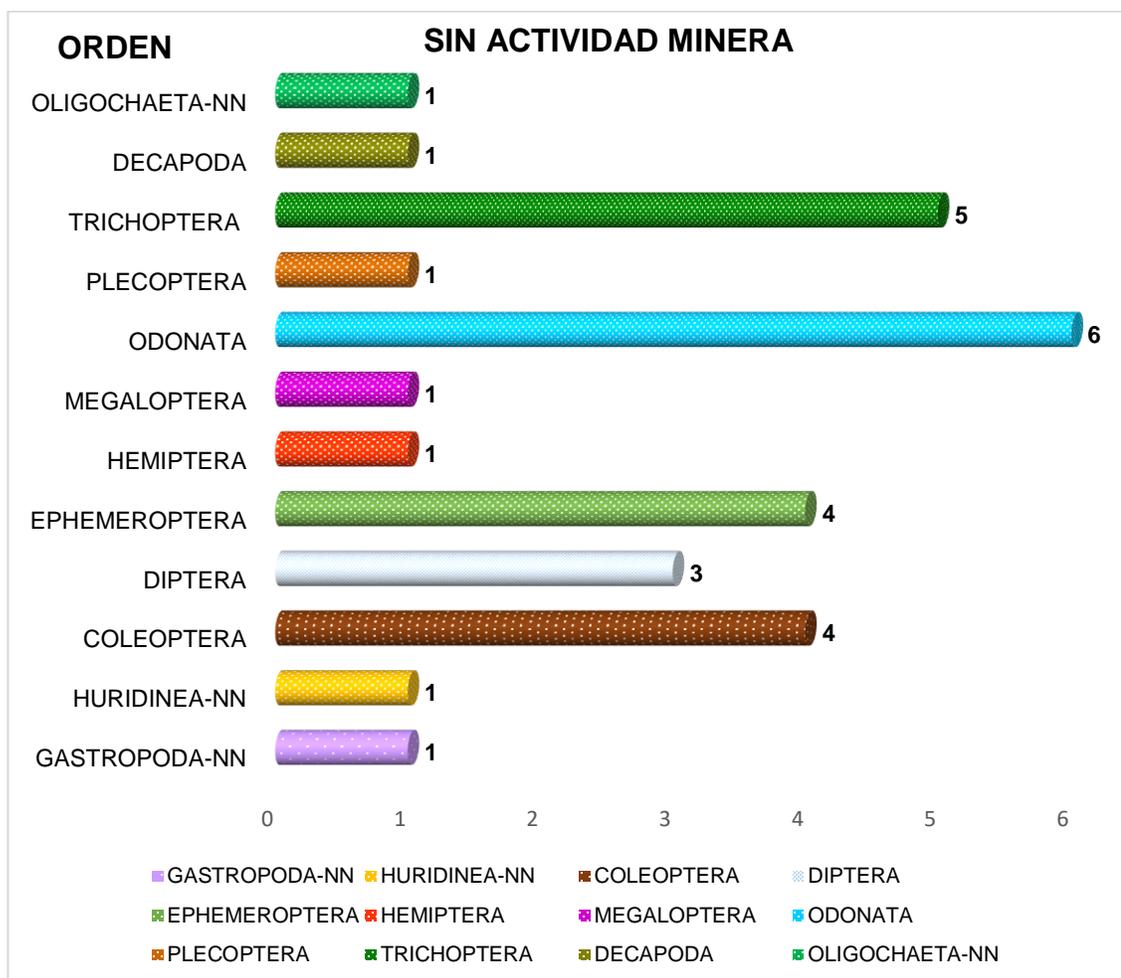


Figura 26. Total, de clase de macroinvertebrados bentónicos.

En la figura se muestra que las quebradas sin actividad minera cuentan 12 ordenes, donde el orden Odonata con 6, Trichoptera con 5 y Ephemeroptera y Coleoptera con 4, siendo estas las más representativas a nivel orden (figura 27).



*Figura 27.* Total, de orden de macroinvertebrados bentónicos.

En la figura se muestra las 29 familias encontradas dentro de las quebradas sin actividad minera, las familias con una superior cantidad de individuos las Hydropsychidae con 211, Chironomidae con 166, Perlidae con 147 y Elmidae con 80 (figura 28).

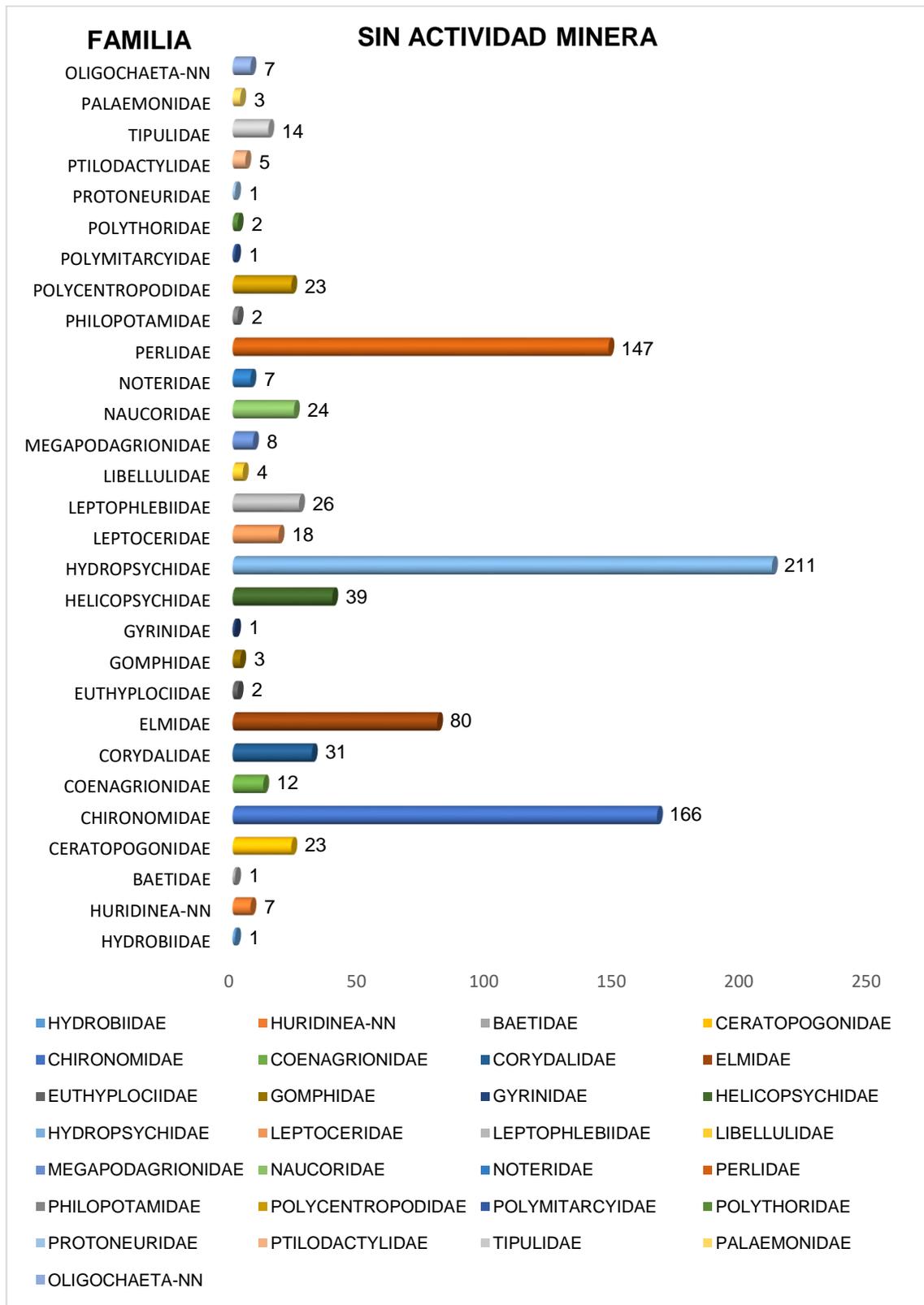


Figura 28. Total, de familias de macroinvertebrados bentónicos.

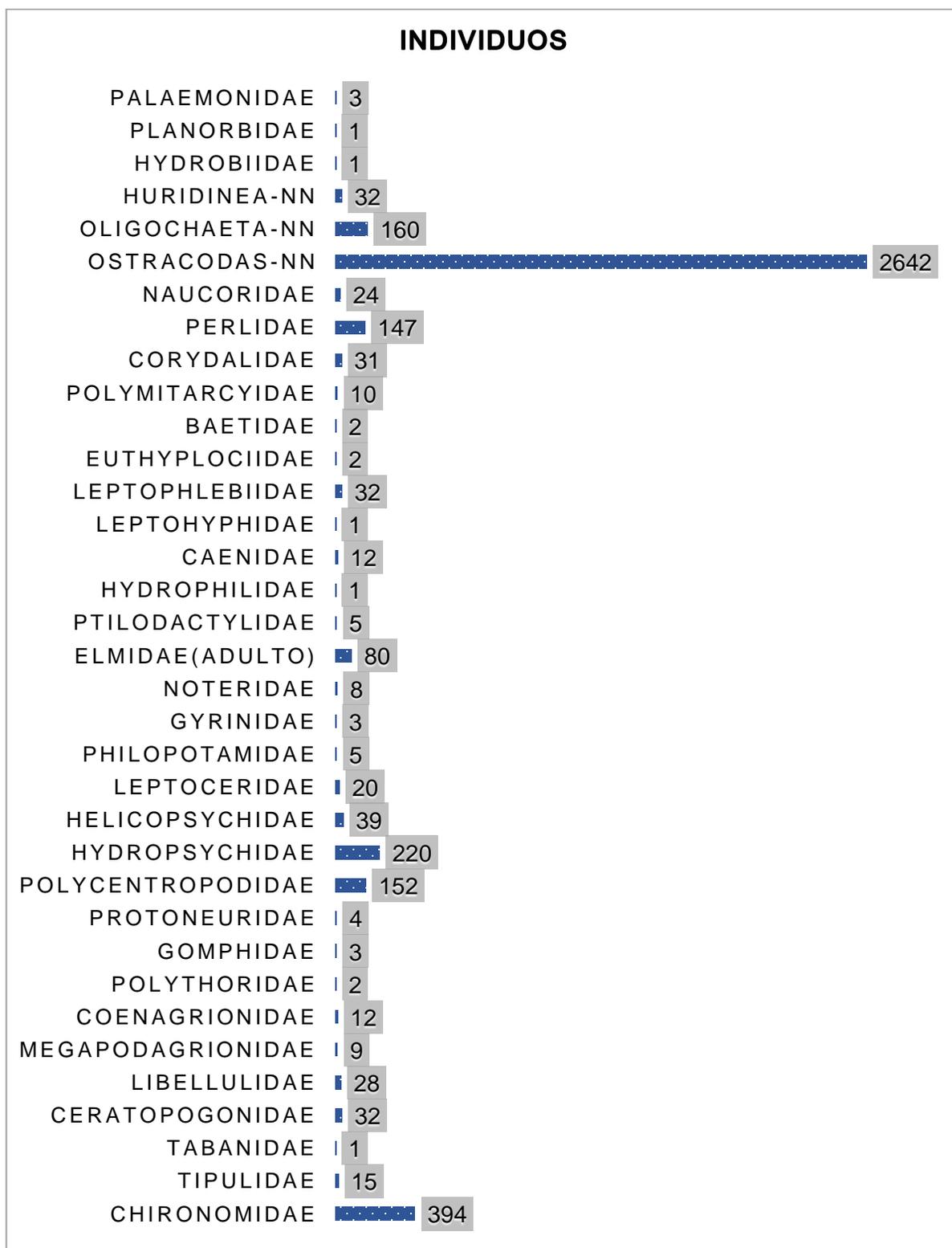


Figura 29. Total, de individuos de las seis quebradas.

## Resultados del ANOVA

**Tabla 23.** Descriptivos del ANOVA

	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Con actividad minera	3	12,00	3,000	1,732	4,55	19,45	9	15
Sin actividad minera	3	20,33	1,155	,667	17,46	23,20	19	21
<b>Total</b>	6	16,17	4,997	2,040	10,92	21,41	9	21

Según el intervalo de confianza para la media se puede ver a simple vista que existe discrepancias relevantes entre las quebradas con actividad minera y las quebradas sin actividad minera.

**Tabla 24.** ANOVA.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	104,167	1	104,167	20,161	,011
Dentro de grupos	20,667	4	5,167		
Total	124,833	5			

Se determina que con un 95 % de confianza conseguimos encontrar discrepancias relevantes por lo que el grado de significancia es menor al 0,5 %, aceptando la hipótesis alterna bajo el mismo nivel de significancia, teniendo así el efecto de la actividad minera en la calidad de agua y la diversidad de macroinvertebrados bentónicos en las quebradas del sector La Pampa.

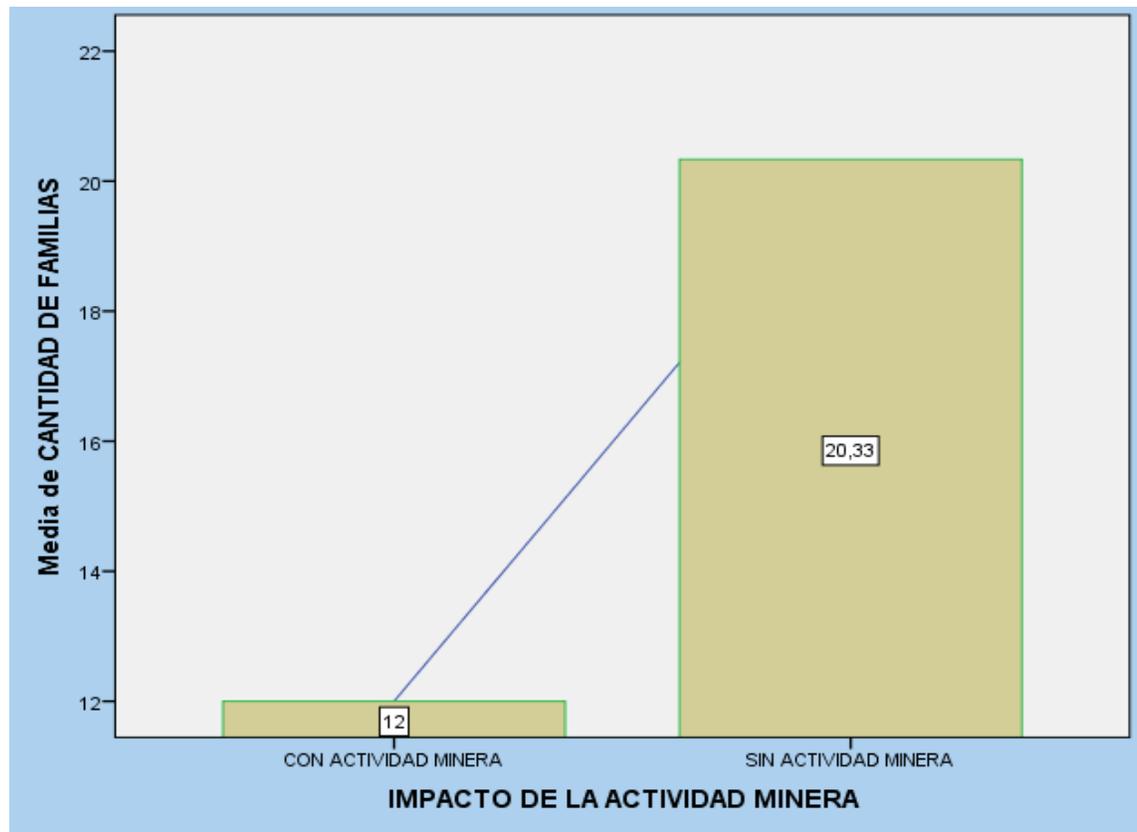


Figura 30. Impacto de la actividad minera en relación a la diversidad de familias de macroinvertebrados bentónicos.

### **Discusión de resultados**

Para el actual trabajo de investigación se desarrolló un diseño no experimental, transversal debido a que en dicha investigación no se manipulo ninguna variable y se tomó en cuenta referencias bibliográficas e investigaciones similares. Ya que los macroinvertebrados bentónicos son largamente manejados para evaluar la calidad de agua en diversos países, pero en el Perú no se les da la importancia que merece para este campo.

El estudio realizado en las quebradas QR1, QR2 y QR3, presentan mayor porcentaje de deforestación por la actividad minera con un 76,3 %, respecto a la cobertura vegetal con 13,3 %, pastizal con 8,3 % y población con 2%, esto hace que presenten una mala calidad de agua; en las quebradas QR4, QR5 y QR6 presenta gran porcentaje de cobertura vegetal con 79 %, con respecto al pastizal con 19 % y a la población con 2%, por lo que presentan buena calidad de agua y tienen mayor diversidad y abundancia, ya que estas microcuencas no han tenido impacto por actividad minera, a su vez Perez *et al.* (2016) en su estudio de caracterización de las comunidades de macroinvertebrados en la fuente hídrica quebrada Careperro, el espacio manejado para la aprovechamiento aurífero tuvo como resultado, niveles de mediano y muy contaminado, lo que indica que podría ser que las actividades antrópicas (mayormente minera) que se producen a cabo en las cercanías de esta fuente hídrica, podrían estar iniciando a formar variaciones ecológicas en esta.

En los parámetros fisicoquímicos obtenidos, las quebradas afectadas por minería (QR1, QR2 y QR3) presentan una temperatura ambiente y temperatura de agua alto, por lo que el oxígeno disuelto es bajo, asimismo el pH, nitrato y fosfato son buenos, esto origina la presencia de macroinvertebrados de clase III y clase II ya que toleran la contaminación existente en las quebradas, con respecto a la turbidez presentan grados de transparencia nulos, debido a la concentración de partículas en suspensión. Para las quebradas sin minería presentaron una temperatura ambiente y temperatura de agua estable, por lo que el oxígeno disuelto fue bueno, su pH, nitrato y fosfatos, fueron excelentes, por lo que cuenta con macroinvertebrados de clase I y clase II, asimismo la turbidez fue excelente,

a su vez Gutiérrez (2015) menciona en su tesis “Impactos mineros, agropecuarios y de la conservación en la calidad del agua y los sedimentos, cuenca Tambopata, Madre de Dios” que su sitio de investigación fue fragmentada en tres zonas, minera, agropecuaria y de conservación. Se tomó pruebas de calidad de agua y de sedimentos de orillas del río, en cada una de estos sitios. Recopilaron datos sobre temperatura, oxígeno disuelto y pH, conductividad, nitrógeno amoniacal, sólidos en suspensión, sólidos disueltos y turbidez del agua; las actividades de conservación mostraron la mejor calidad del agua y los sedimentos, con un solo parámetro, la turbidez (188.5 NTU) se ajusta a la norma. Siendo el caso distinto, para la calidad de la minería, que fue la peor, con tres indicadores: pH (6.16), turbidez (523.2 NTU) y arsénico (9.89 mg / kg) que no se encuentran dentro de los estándares. Asimismo, se demostró que existen diferencias significativas entre las actividades examinadas en indicadores de temperatura, plomo y arsénico; para demostrar la mejor calidad de agua y sedimentos a las actividades de conservación.

En cuanto al impacto de la actividad minera en la diversidad de macroinvertebrados, en las seis quebradas estudiadas, se tuvieron un total de 4 133 individuos, de los cuales se reparten en 32 familias, 9 órdenes y 6 clases. según el índice EPT y BMWP'-CR las quebradas QR1 y QR2 presentan calidad de agua mala y la QR3 es moderada, esto debido a la presencia del orden Trichoptera y Ephemeroptera, sin embargo no son significativas, a diferencia de las quebradas QR4, QR5 y QR6, que presenta aguas de buena calidad, a su vez Barra (2015) en su estudio de la quebrada Central Santa Rosa el índice EPT reporto un 11,53%, esto revela una mala calidad de agua, dicho resultado se dio por presencia de individuos dentro de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, sin embargo no posee la cantidad necesaria en concordancia al total de individuos registrados. Para el asunto del índice BMWP'-CR de acuerdo a la variedad de órdenes y exceso de familias presentes señala un puntaje de 145, atribuyéndola como calidad de agua excelente, demostrando que estos índices varían por la abundancia presente en dicha quebrada. De manera similar Guevara (2013) menciona en su tesis “Evaluación de la comunidad de

macroinvertebrados de bancos vegetados en quebradas contaminadas por minería aurífera Madre de Dios-Perú” que la composición y diversidad de seis quebradas en sustratos de bancos vegetados, estuvo representada por un total de 20 078 individuos agrupadas en 156 taxa, siendo predominante la clase Insecta. Los resultados están relacionados con las condiciones ecológicas de los sitios relacionados con las actividades mineras. Las métricas de bio-indicación como diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ), ASPT, EPT, EPC y EIPT permitieron distinguir diferentes niveles de impacto, donde una de las estaciones de estudio (La Pastora), reveló las más bajas condiciones, caso contrario con la estación en fundo INKATERRA que mostró una condición conservadora, ubicando a las restantes en situaciones intermedias.

## CONCLUSIONES

Se concluye que las características de las microcuencas de las quebradas QR1, QR2 y QR3 presentan mayor área deforestada por la actividad minera con un 77 %, cobertura vegetal con 13 %, pastizal con 8.33 % y población con 1.67%, a diferencia de las características de las microcuencas de las quebradas QR4, QR5 y QR6 presentan gran porcentaje de cobertura vegetal con 85.67 %, pastizal con 13.33 % y población con 1%.

Los parámetros fisicoquímicos de las quebradas QR1, QR2 y QR3 presentan temperatura ambiente entre 27°C y 34°C, temperatura del agua entre 24°C a 28°C, turbidez con un resultado de 100 JTU, oxígeno disuelto con puntuación (1) bajo, concluyendo con el pH, nitrato y fosfato con una puntuación de bueno. A diferencia de las quebradas QR4, QR5 y QR6, que tuvieron una puntuación de bueno a excelente en temperatura ambiente, temperatura agua, oxígeno disuelto, pH, nitrato, fosfato y turbidez.

En la diversidad de macroinvertebrados bentónicos en las seis quebradas estudiadas, se tuvieron un total de 4 133 individuos, obteniendo en el índice de Shannon - Wiener y Simpson para la diversidad y dominancia las quebradas QR1, QR2 y QR3 presentaron un índice de diversidad bajo con un promedio de 1,00 y una dominancia alta con un promedio de 0,56; dicha dominancia es debido a la gran cantidad de Ostrácodos encontradas en la QR1, y las quebradas QR4, QR5 y QR6 presentaron un índice de diversidad alto con un promedio de 2,19 y una dominancia baja con 0,17. El índice ETP y BMWP'-CR tuvieron similares resultados donde destacan que las quebradas QR1, QR2 y QR3 presentaron aguas de mala calidad y las quebradas QR4, QR5 y QR6, presenta aguas de buena calidad.

## **SUGERENCIAS**

Se recomienda efectuar más estudios en las dos estaciones y cambios de estación y poder monitorear los cambios que se pueda presentar en la calidad de agua y diversidad de macroinvertebrados acuáticos en estos cuerpos de agua que han sido impactados por la actividad minera.

Asimismo, se recomienda determinar el caudal de las quebradas impactadas por la actividad minera.

Se recomienda optimizar los entornos de las microcuencas con sistemas de recuperación de cobertura vegetal a través de fitorremediación, para reducir y optimar la calidad de agua de la contaminación que se ocasionada por actividad antropogénica, como es la actividad minera de esta forma mejorar las características de las microcuencas para recuperar la diversidad de macroinvertebrados acuáticos y de niveles de concentración de metales por ser fuente de alimentación de las sub cuenca que desemboca en el rio Madre de Dios y evitar contaminar dicho rio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. *Diagnóstico y Plan de Gestión de los Recursos Hídricos en la Cuenca de Madre de Dios – Fase I*. [en línea], 2011, [fecha de consulta 15 de agosto del 2019] pp. 3-249. Disponible en:

[http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/caratula\\_tomo\\_i\\_0\\_0.pdf](http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/caratula_tomo_i_0_0.pdf).

ARAUJO FLORES, J.M.,. *Caracterización de la biodiversidad acuática en la cuenca andino-amazónica de Madre de Dios - Perú*. *Historia*, 2016, pp. 616. doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.

ARAÚJO FLORES, J.M., CUTIPA CHAVEZ, L., MEZA VARGAS, V., PERALTA ARGOMEDA, J.L., LÓPEZ PARIÁ, D.M., ASUNCIÓN HUAMANTINCO, A., ORTEGA, H. y PRENDA, J. *Biodiversidad de masas de agua sometidas a diferente presión antrópica en el entorno de un área urbana de la Amazonia Peruana (Puerto Maldonado, Madre de Dios)*. , 2014 , vol. 4, pp. 17-33.

BARRA, L.X. *Evaluación de la calidad del agua en nueve quebradas en el tramo carretero Puerto Maldonado-Mazuko, departamento de Madre De Dios, mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos*. Tesis de grado inedita, Universidad Nacional Amazonica de Madre de Dios, 2015.

CALDERON, J.C. *Evaluación de la comunidad de macroinvertebrados Bentónicos y la calidad fisicoquímica del agua en la parte alta de la quebrada en el carraca del municipio de los santos departamento Santander*. , 2004.

CAMACHO, H.H. y DEL RIO, C.J., *Clase Gastropoda*. , no. January 1998, pp. 1-5.

CARRERA, C. y FIERRO, K. *Macroinvertebrados acuáticos*. *Ecociencia* [en línea], , 2001, [fecha de consulta 03 de marzo del 2020] vol. 2, pp. 57. ISSN 0950-5849. doi: 10.1016/j.infsof.2008.02.002. Disponible en:

<http://www.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56374.pdf>.

CARRIE, J. *Manual de manejo de cuencas*. San Salvador, SV, 2004 pp. 107.  
CNA. *Guia para la colecta , manejo y las observaciones de campo para*

*bioindicadores de la calidad del agua*, 2004.S.l.: s.n. ISBN 968817694X.

DUARTE, M. *Cantidad de Agua Apta para Consumo Humano en el Mundo* - Lifereder. *lifereder.com* [en línea]. 2013 [fecha de consulta 18 de agosto del 2019] Disponible en: <https://www.lifereder.com/cantidad-agua-apta-consumo-humano/>.

ESPINOZA PAVÓN, Y.A. y PEREZ ROCHA, J.S., *Evaluación de la calidad del agua superficial utilizando indicadores biológicos en la subcuenca del Río La Trinidad , Diriamba , Carazo , en el año hidrológico. , 2015.*

FAO, *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2015*. [en línea], 2015.pp. 162. [fecha de consulta 20 de setiembre del 2019] Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-au190s.pdf>.

GAMBOA, M., REYESGIL, R.E. y ARRIVILLAGA, J., *Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de salud ambiental. , 2008.*

GRAMAJO, B.M. *Determinación de la calidad del agua para consumo humano y uso industrial , obtenida de pozos mecanicos en la zona 11, Mexico, Guatemala. , 2004.*

GUEVARA CÓRDOVA, C.H., *Evaluación de la comunidad de macroinvertebrados de bancos vegetados en quebradas contaminadas por minería aurífera Madre de Dios-Perú*. Tesis de grado inedita, Universidad Nacional Mayor de San Marcos 2013, pp. 140.

GUTIÉRREZ, T.A. *Impactos mineros, agropecuarios y de la conservación en la calidad del agua y los sedimentos, cuenca Tambopata, Madre de Dios*. Tesis de grado inedita, Universidad Nacional Agraria la Molina, 2015, pp. 122.

HANSON, P., SPRINGER, M. y RAMIREZ, A. *Introducción a los grupos de Macroinvertebrados Acuáticos*. *Society* [en línea], 2010 [fecha de consulta 18 de setiembre del 2019] Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v58s4/a01v58s4.pdf>.

IGAC. *Descripción y Corrección de Productos Landsat 8 LDCM (Landsat Data Continuity Mission)*. *Centro de Investigación y Desarrollo en información Geográfica del IGAC -CIAF* [en línea], 2013, pp. 46. Disponible en: <http://www.un-spider.org/sites/default/files/LDCM-L8.R1.pdf>.

LADRERA, R. *Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado*

*ecológico de los ríos.* , 2012, pp. 24-29.

LAMOTTE COMPANY. Low cost water monitoring kit. , 2010.

LAVIE, E., MORÁBITO, J.A., SALATINO, S.E., BERMEJILLO, A. y FILIPPINI, M.F. *Contaminación por fosfatos en el oasis bajo riego del río Mendoza.* , 2010.

LIBERTO, R. *Patrones demográficos en poblaciones naturales de Cyprididae [Crustacea: Ostracoda] del área rioplatense y sus respuestas vitales en bioensayos de toxicidad.* [en línea], , 2010, pp. 1-3. [fecha de consulta 22 de setiembre del 2019] Disponible en: <file:///C:/Users/Lenovo/Ci5/Downloads/Tesiscompleta.pdf-PDFA.pdf>.

MAFLA, M. *Macroinvertebrados (BMWP-CR-Biological Monitoring Working Party) y Hábitat (SVAP-Stream Visual Assessment Protocol). Talamanca-Costa Rica. Turrialba (CR):CATIE* [en línea], 2005, pp. 86 p. [fecha de consulta 21 de setiembre del 2019] Disponible en:

<http://www.sidalc.net/repdoc/A0881e/A0881e.pdf>.

MINAM. *Cobertura y Deforestación en los Bosques Húmedos Amazónicos al 2017* [en línea]. 2017 [fecha de consulta 19 de setiembre del 2019] S.l.: s.n. Disponible en:

[https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/263082/Cobertura\\_y\\_Deforestacion\\_en\\_los\\_Bosques\\_Humedos\\_Amazónicos\\_al\\_2017.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/263082/Cobertura_y_Deforestacion_en_los_Bosques_Humedos_Amazónicos_al_2017.pdf).

MINAM y IAP. *Minería aurífera en madre de dios y contaminación con mercurio.* 2011, S.l.: s.n. ISBN 9786124581878.

MORENO, C.E. *Métodos para medir la biodiversidad.* [en línea], 2001 [fecha de consulta 20 de setiembre del 2019] Disponible en:

<http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/metodos.pdf>.

ONU, *Un Objetivo Global para el Agua Post-2015.* [en línea], 2014, pp. 7-27. [fecha de consulta 03 de marzo del 2020] Disponible en:

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

ORDOÑEZ, J.J. *Cartilla técnica: Aguas subterráneas - Acuíferos. Gobar Water Partnership South America* [en línea] , 2011, pp. 44. [fecha de consulta 18 de setiembre del 2019] Disponible en:

[https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam\\_files/publicaciones/varios/cuenca\\_hidrologica.pdf](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/cuenca_hidrologica.pdf).

ORELLANA, A.C. *Línea base de la calidad y cantidad de agua en la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso, Honduras*. [en línea], 2003 [fecha de consulta 05 de setiembre del 2019] Disponible en:

<https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1980/1/IAD-2003-T017.pdf>.

OSCOZ, J. *Macro- invertebrados de la Cuenca del Ebro. Confederación Hidrográfica del Ebro* [en línea] , 2009, pp. 128. [fecha de consulta 18 de setiembre del 2019] Disponible en: [file:///C:/Users/Lenovo Ci5/Downloads/Guia Macroinvertebrados\\_CHE 2008.pdf](file:///C:/Users/Lenovo%20Ci5/Downloads/Guia%20Macroinvertebrados_CHE%202008.pdf).

PEREZ OSORNO, M., BETANCUR VARGAS, A., OROZCO CARDONA, N. y LEZCANO ARANGO, J. *Caracterización de las comunidades de macroinvertebrados en la fuente hi-drica quebrada Careperro de la Vereda la Chuscalita ubicada en el corregimiento de Güíntar en Área empleada para la explotación auri-fera, municipio de Anzá, Antioquia. Revista Caribeña de Ciencias Sociales*, no. 2016\_06, pp. 2015-2016.

PIMENTEL, H.F. *Análisis dede la perspectiva de los índices bióticos, ECA-Agua y manejo adaptativo; usando macroinvertebrados bentónicos en ríos altoandinos*. Camisea 2009-2012. [en línea], 2014, pp. 1-146. [fecha de consulta 05 de agosto del 2019] Disponible en:

[http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1906/P10\\_P55 - T.pdf?sequence=1](http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1906/P10_P55-T.pdf?sequence=1).

PINTO, K.C. *Influencia del bosque ribereño en la estructura y composición de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en nueve quebradas como bioindicadores - Madre de Dios*. Tesis de grado inedita, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, 2016.

POLO CORRO, J.L., HORA REVILLA, M.E., PEREDA RUIZ, W. y SANTOYO BURGOS, C. *Calidad biolofica del agua de la microcuenca Perejil, La Libertad-Perú*. 2012. S.l.: s.n.

POUR, A.B. y HASHIM, M. *Hydrothermal alteration mapping from Landsat-8 data , Sar Cheshmeh copper mining district , south-eastern Islamic Republic of*

*Iran. Integrative Medicine Research* [en línea] , 2015, vol. 9, no. 2, pp. 155-166.

[fecha de consulta 01 de agosto del 2019] ISSN 1658-3655. DOI

10.1016/j.jtusci.2014.11.008. Disponible en:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jtusci.2014.11.008>.

RODRÍGUEZ MARTÍNEZ, P. *Efectos de la minería aurífera sobre la calidad del agua y las comunidades de macroinvertebrados en los ríos del norte de Ecuador*. [en línea], 2018, [fecha de consulta 01 de agosto del 2019]

Disponible en: <https://riunet.upv.es:443/handle/10251/113866>.

ROLDÁN, G. *Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua : cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica*. [en línea], ,

2016, vol. 40, no. 155, pp. 254-274, [fecha de consulta 20 de setiembre del 2019] Disponible en:

<http://www.scielo.org.co/pdf/racefn/v40n155/v40n155a07.pdf>.

ROLDAN, G. y RAMIREZ, J. *Fundamentos de limnología neotropical* , 2008,

S.l.: s.n. ISBN 9789587141443 958714144X.

ROMERO, M.A. *Caracterización de las aguas residuales generadas en la cuenca del lago de Atitlán y su impacto* . , 2013, pp. 141.

SAMBONI, N.E., CARVAJAL, Y. y ESCOBAR, J.C. *Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua* . , 2007.

SEVERICHE, C.A., CASTILLO, M.E. y ACEVEDO, R.L. *Manual de métodos analíticos para la determinación de parámetros fisicoquímicos básicos en aguas*.

, 2013, pp. 101.

SKRYPNYCHUK, I. *Análisis de la severidad y la regeneración vegetal mediante imágenes de satélite en el incendio de Sierra de Luna (2015)*. [en línea], no.

2015, pp. 47. [fecha de consulta 01 de agosto del 2019] Disponible en:

<http://zaguan.unizar.es/record/58809/files/TAZ-TFG-2016-4945.pdf>.

WEBB, J., MAINVILLE, N., MERGLER, D., LUCOTTE, M., BETANCOURT, O., DAVIDSON, R., CUEVA, E. y QUIZHPE, E. *Mercury in Fish-eating Communities of the Andean Amazon , Napo River Valley* , Ecuador. , 2004 , vol. 1, pp. 59-71.

DOI 10.1007/s10393-004-0063-0.

## ANEXO

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

Planteamiento del problema problema	Objetivos	Hipótesis	Variables e Indicadores	Metodología
¿En qué medida la actividad minera impacta en la calidad de agua y en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos en quebradas del sector La Pampa de la región Madre de Dios?	Evaluar el impacto de la actividad minera en la calidad de agua y la diversidad de macroinvertebrados bentónicos en quebradas del sector La Pampa de la región Madre de Dios	<p><b>Ha:</b> si, impacta la actividad minera en la calidad de agua y la diversidad de macroinvertebrados bentónicos en quebradas del sector La Pampa de la región Madre de Dios</p> <p><b>Ho:</b> no, impacta la actividad minera en la calidad de agua y la diversidad de macroinvertebrados bentónicos en quebradas del sector La Pampa de la región Madre de Dios</p>	<p><b>V. Independiente:</b> Actividad minera</p> <p><b>V. Dependiente:</b> Diversidad de macroinvertebrados</p> <p><b>Indicadores:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Deforestación</li> <li>-minería</li> <li>-Cobertura vegetal</li> <li>-pastizal</li> <li>-población</li> <li>• Parámetros fisicoquímicos</li> <li>-Nitratos</li> <li>-Fosfatos</li> <li>-Oxígeno disuelto</li> <li>-pH</li> <li>-turbidez</li> <li>-temperatura</li> <li>• Orden y familia de macro-invertebrados</li> </ul>	<p>"Paquete de hojas (Leaf Pack)", desarrollado por el Stroud Water Research Center (Centro 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.</p> <p>El presente método consiste en elaborar paquetes de hojas artificiales, los cuales se instalan dentro de las quebradas por un período de tiempo de 3 a 4 semanas que permitirá la colonización de los macroinvertebrados acuáticos; luego se retiraran los paquetes de las quebradas se procede 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 podrá conocer la calidad del agua de las quebradas.</p>
1. ¿cuáles serán las características de las seis microcuencas en las quebradas en estudio del sector La Pampa?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar las características de las seis microcuencas en las quebradas en estudio del sector La Pampa</li> <li>• Calcular en qué medida afecta la actividad minera en los parámetros fisicoquímicos de las quebradas en el sector La Pampa</li> <li>• Determinar el impacto de la actividad minera en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos en el sector La Pampa</li> </ul>			
2. ¿En qué medida afecta la actividad minera en los parámetros fisicoquímicos de las quebradas en el sector La Pampa?				
3. ¿Cuál es el impacto de la actividad minera en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos en las quebradas en el sector La Pampa?				

## Anexo 2. Lista de macroinvertebrados bentónicos.

<b>CODIGO DE QUEBRADAS</b>	<b>PAQUETE (N°)</b>	<b>CLASE</b>	<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>INDIVIDUOS</b>
QR1	1	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	9
QR1	1	INSECTA	ODONATA	LIBELLULIDAE	1
QR1	1	INSECTA	TRICHOPTERA	POLYCENTROPODIDAE	3
QR1	1	OSTRACODAS			29
QR1	2	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	13
QR1	2	OSTRACODAS			73
QR1	2	INSECTA	TRICHOPTERA	POLYCENTROPODIDAE	5
QR1	2	INSECTA	COLEOPTERA	GYRINIDAE	1
QR1	3	OSTRACODAS			832
QR1	3	INSECTA	ODONATA	LIBELLULIDAE	1
QR1	3	INSECTA	TRICHOPTERA	PHILOPOTAMIDAE	3
QR1	3	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	29
QR1	4	OSTRACODAS			360
QR1	4	INSECTA	ODONATA	LIBELLULIDAE	2
QR1	4	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	12
QR1	4	INSECTA	DIPTERA	CERATOPOGONIDAE	1
QR1	4	INSECTA	TRICHOPTERA	POLYCENTROPODIDAE	1
QR1	5	OSTRACODAS			83
QR1	5	INSECTA	ODONATA	LIBELLULIDAE	1
QR1	5	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	6
QR1	5	INSECTA	TRICHOPTERA	POLYCENTROPODIDAE	2
QR1	6	OSTRACODAS			802
QR1	6	INSECTA	ODONATA	MEGAPODAGRIONIDAE	1
QR1	6	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	15
QR1	6	INSECTA	DIPTERA	CERATOPOGONIDAE	3
QR1	6	INSECTA	TRICHOPTERA	POLYCENTROPODIDAE	1
QR1	7	OSTRACODAS			110
QR1	7	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	20
QR1	7	INSECTA	DIPTERA	CERATOPOGONIDAE	1
QR1	7	INSECTA	TRICHOPTERA	POLYCENTROPODIDAE	7
QR1	7	INSECTA	ODONATA	LIBELLULIDAE	1
QR1	8	OSTRACODAS			29
QR1	8	INSECTA	ODONATA	LIBELLULIDAE	1
QR1	8	INSECTA	TRICHOPTERA	POLYCENTROPODIDAE	2
QR1	8	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	2
QR1	8	HIRUDINEA			1

QR2	1	INSECTA	COLEOPTERA	GYRINIDAE	1
QR2	1	INSECTA	EPHEMEROPTER A	CAENIDAE	6
QR2	1	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	8
QR2	1	INSECTA	TRICHOPTERA	POLYCENTROPODIDAE	5
QR2	1	HIRUDINEA			1
QR2	2	INSECTA	ODONATA	LIBELLULIDAE	2
QR2	2	INSECTA	EPHEMEROPTER A	LEPTOPHLEBIIDAE	3
QR2	2	INSECTA	COLEOPTERA	NOTERIDAE	1
QR2	2	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	9
QR2	3	OLIGOCHAETA			60
QR2	3	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	7
QR2	3	OSTRACODAS			8
QR2	4	OLIGOCHAETA			55
QR2	4	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	2
QR2	4	HIRUDINEA			1
QR2	5	INSECTA	ODONATA	LIBELLULIDAE	1
QR2	5	HIRUDINEA			6
QR2	5	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	11
QR2	5	INSECTA	EPHEMEROPTER A	CAENIDAE	1
QR2	5	OLIGOCHAETA			3
QR2	6	INSECTA	ODONATA	LIBELLULIDAE	1
QR2	6	OLIGOCHAETA			24
QR2	6	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	3
QR2	6	INSECTA	DIPTERA	CERATOPOGONIDAE	3
QR2	7	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	8
QR2	7	INSECTA	TRICHOPTERA	POLYCENTROPODIDAE	2
QR2	7	INSECTA	EPHEMEROPTER A	CAENIDAE	4
QR2	8	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	9
QR2	8	HIRUDINEA			1
QR2	8	INSECTA	TRICHOPTERA	POLYCENTROPODIDAE	2
QR2	8	OLIGOCHAETA			7
QR2	8	INSECTA	EPHEMEROPTER A	CAENIDAE	1
QR2	9	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	5
QR2	9	INSECTA	TRICHOPTERA	POLYCENTROPODIDAE	3
QR2	9	HIRUDINEA			1

QR2	9	OSTRACODAS			1
QR2	9	INSECTA	COLEOPTERA	HYDROPHILIDAE	1
QR2	10	INSECTA	DIPTERA	CERATOPOGONIDAE	1
QR2	10	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	10
QR2	10	INSECTA	TRICHOPTERA	POLYCENTROPODIDAE	1
QR2	10	INSECTA	EPHEMEROPTER A	LEPTOPHLEBIIDAE	2
QR2	10	OLIGOCHAETA			4
QR2	10	OSTRACODAS			1
QR2	12	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	8
QR3	1	INSECTA	TRICHOPTERA	POLYCENTROPODIDAE	16
QR3	1	INSECTA	EPHEMEROPTER A	LEPTOPHLEBIIDAE	1
QR3	1	INSECTA	EPHEMEROPTER A	BAETIDAE	1
QR3	1	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	1
QR3	2	INSECTA	ODONATA	PROTONEURIDAE	1
QR3	2	INSECTA	TRICHOPTERA	POLYCENTROPODIDAE	10
QR3	3	INSECTA	ODONATA	LIBELLULIDAE	8
QR3	3	INSECTA	EPHEMEROPTER A	POLYMITARCYIDAE	6
QR3	3	INSECTA	TRICHOPTERA	POLYCENTROPODIDAE	4
QR3	3	OSTRACODAS			196
QR3	3	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	11
QR3	4	INSECTA	TRICHOPTERA	HYDROPSYCHIDAE	4
QR3	4	INSECTA	TRICHOPTERA	POLYCENTROPODIDAE	16
QR3	4	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	5
QR3	4	HIRUDINEA			8
QR3	5	INSECTA	ODONATA	PROTONEURIDAE	1
QR3	5	INSECTA	TRICHOPTERA	POLYCENTROPODIDAE	9
QR3	5	INSECTA	EPHEMEROPTER A	LEPTOHYPHIDAE	1
QR3	5	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	6
QR3	6	INSECTA	EPHEMEROPTER A	POLYMITARCYIDAE	2
QR3	6	INSECTA	TRICHOPTERA	POLYCENTROPODIDAE	13
QR3	6	INSECTA	ODONATA	LIBELLULIDAE	2
QR3	6	OSTRACODAS			113
QR3	6	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	5
QR3	6	HIRUDINEA			1

QR3	7	INSECTA	DIPTERA	TABANIDAE	1
QR3	7	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	7
QR3	7	HIRUDINEA			5
QR3	7	INSECTA	TRICHOPTERA	LEPTOCERIDAE	2
QR3	7	OSTRACODAS			5
QR3	7	INSECTA	ODONATA	LIBELLULIDAE	2
QR3	7	GASTROPODA		PLANORBIDAE	1
QR3	8	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	6
QR3	8	INSECTA	TRICHOPTERA	HYDROPSYCHIDAE	5
QR3	8	INSECTA	TRICHOPTERA	POLYCENTROPODIDAE	16
QR3	11	INSECTA	EPHEMEROPTER A	POLYMITARCYIDAE	1
QR3	11	INSECTA	ODONATA	PROTONEURIDAE	1
QR3	11	INSECTA	ODONATA	LIBELLULIDAE	1
QR3	11	INSECTA	TRICHOPTERA	POLYCENTROPODIDAE	11
QR3	11	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	1
QR3	11	INSECTA	DIPTERA	TIPULIDAE	1
QR4	1	INSECTA	TRICHOPTERA	HYDROPSYCHIDAE	3
QR4	1	HIRUDINEA			1
QR4	1	INSECTA	COLEOPTERA	ELMIDAE(ADULTO)	3
QR4	1	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	7
QR4	2	INSECTA	TRICHOPTERA	HYDROPSYCHIDAE	2
QR4	2	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	14
QR4	2	INSECTA	EPHEMEROPTER A	LEPTOPHLEBIIDAE	1
QR4	2	INSECTA	EPHEMEROPTER A	BAETIDAE	1
QR4	2	INSECTA	COLEOPTERA	ELMIDAE(ADULTO)	1
QR4	3	INSECTA	TRICHOPTERA	HYDROPSYCHIDAE	2
QR4	3	INSECTA	TRICHOPTERA	LEPTOCERIDAE	1
QR4	3	INSECTA	TRICHOPTERA	HELICOPSYCHIDAE	1
QR4	3	INSECTA	COLEOPTERA	ELMIDAE(ADULTO)	10
QR4	3	INSECTA	COLEOPTERA	NOTERIDAE	5
QR4	3	INSECTA	EPHEMEROPTER A	LEPTOPHLEBIIDAE	3
QR4	3	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	4
QR4	3	HIRUDINEA			1
QR4	4	INSECTA	MEGALOPTERA	CORYDALIDAE	1
QR4	4	INSECTA	TRICHOPTERA	HYDROPSYCHIDAE	7

QR4	4	INSECTA	EPHEMEROPTER A	LEPTOPHLEBIIDAE	5
QR4	4	INSECTA	COLEOPTERA	ELMIDAE(ADULTO)	2
QR4	4	INSECTA	PLECOPTERA	PERLIDAE	1
QR4	4	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	7
QR4	4	INSECTA	DIPTERA	CERATOPOGONIDAE	1
QR4	5	INSECTA	MEGALOPTERA	CORYDALIDAE	1
QR4	5	INSECTA	TRICHOPTERA	HYDROPSYCHIDAE	25
QR4	5	INSECTA	EPHEMEROPTER A	LEPTOPHLEBIIDAE	1
QR4	5	INSECTA	COLEOPTERA	ELMIDAE(ADULTO)	2
QR4	5	INSECTA	ODONATA	MEGAPODAGRIONIDAE	1
QR4	5	INSECTA	PLECOPTERA	PERLIDAE	2
QR4	5	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	5
QR4	5	OLIGOCHAETA			1
QR4	6	INSECTA	MEGALOPTERA	CORYDALIDAE	1
QR4	6	INSECTA	TRICHOPTERA	HYDROPSYCHIDAE	22
QR4	6	INSECTA	TRICHOPTERA	HELICOPSYCHIDAE	8
QR4	6	INSECTA	TRICHOPTERA	LEPTOCERIDAE	1
QR4	6	INSECTA	ODONATA	MEGAPODAGRIONIDAE	3
QR4	6	INSECTA	ODONATA	COENAGRIONIDAE	2
QR4	6	INSECTA	COLEOPTERA	ELMIDAE(ADULTO)	2
QR4	6	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	7
QR4	6	INSECTA	DIPTERA	CERATOPOGONIDAE	2
QR4	7	INSECTA	MEGALOPTERA	CORYDALIDAE	1
QR4	7	INSECTA	PLECOPTERA	PERLIDAE	7
QR4	7	INSECTA	TRICHOPTERA	HYDROPSYCHIDAE	24
QR4	7	INSECTA	TRICHOPTERA	LEPTOCERIDAE	1
QR4	7	INSECTA	ODONATA	MEGAPODAGRIONIDAE	1
QR4	7	INSECTA	ODONATA	GOMPHIDAE	1
QR4	7	INSECTA	COLEOPTERA	ELMIDAE(ADULTO)	17
QR4	7	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	13
QR4	8	INSECTA	MEGALOPTERA	CORYDALIDAE	2
QR4	8	INSECTA	TRICHOPTERA	HYDROPSYCHIDAE	6
QR4	8	INSECTA	TRICHOPTERA	HELICOPSYCHIDAE	8
QR4	8	INSECTA	TRICHOPTERA	POLYCENTROPODIDAE	1
QR4	8	INSECTA	TRICHOPTERA	LEPTOCERIDAE	2
QR4	8	INSECTA	COLEOPTERA	ELMIDAE(LARVA)	3
QR4	8	INSECTA	COLEOPTERA	ELMIDAE(ADULTO)	2
QR4	8	INSECTA	ODONATA	MEGAPODAGRIONIDAE	1

QR4	8	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	12
QR4	8	INSECTA	EPHEMEROPTER A	LEPTOPHLEBIIDAE	1
QR4	8	OLIGOCHAETA			2
QR4	9	INSECTA	PLECOPTERA	PERLIDAE	2
QR4	9	INSECTA	COLEOPTERA	ELMIDAE(ADULTO)	2
QR4	9	INSECTA	ODONATA	LIBELLULIDAE	1
QR4	10	INSECTA	TRICHOPTERA	HYDROPSYCHIDAE	3
QR4	10	INSECTA	TRICHOPTERA	HELICOPSYCHIDAE	1
QR4	10	INSECTA	ODONATA	MEGAPODAGRIONIDAE	1
QR4	10	INSECTA	ODONATA	GOMPHIDAE	1
QR4	10	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	2
QR4	10	INSECTA	DIPTERA	TIPULIDAE	1
QR4	11	INSECTA	MEGALOPTERA	CORYDALIDAE	1
QR4	11	INSECTA	PLECOPTERA	PERLIDAE	2
QR4	11	INSECTA	TRICHOPTERA	HYDROPSYCHIDAE	11
QR4	11	INSECTA	TRICHOPTERA	LEPTOCERIDAE	1
QR4	11	INSECTA	TRICHOPTERA	HELICOPSYCHIDAE	1
QR4	11	INSECTA	ODONATA	COENAGRIONIDAE	1
QR4	11	INSECTA	ODONATA	LIBELLULIDAE	1
QR4	11	INSECTA	COLEOPTERA	ELMIDAE(ADULTO)	5
QR4	11	INSECTA	COLEOPTERA	GYRINIDAE	1
QR4	11	INSECTA	COLEOPTERA	NOTERIDAE	1
QR4	11	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	24
QR4	11	HIRUDINEA			2
QR4	11	INSECTA	EPHEMEROPTER A	POLYMITARCYIDAE	1
QR4	11	INSECTA	EPHEMEROPTER A	LEPTOPHLEBIIDAE	1
QR5	1	INSECTA	TRICHOPTERA	HYDROPSYCHIDAE	19
QR5	1	INSECTA	PLECOPTERA	PERLIDAE	17
QR5	1	INSECTA	MEGALOPTERA	CORYDALIDAE	1
QR5	1	INSECTA	HEMIPTERA	NAUCORIDAE	3
QR5	1	INSECTA	EPHEMEROPTER A	LEPTOPHLEBIIDAE	1
QR5	1	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	6
QR5	1	INSECTA	DIPTERA	CERATOPOGONIDAE	1
QR5	2	INSECTA	PLECOPTERA	PERLIDAE	2
QR5	2	INSECTA	HEMIPTERA	NAUCORIDAE	1
QR5	2	INSECTA	TRICHOPTERA	HYDROPSYCHIDAE	3

QR5	2	INSECTA	TRICHOPTERA	POLYCENTROPODIDAE	2
QR5	2	INSECTA	COLEOPTERA	ELMIDAE(ADULTO)	2
QR5	2	INSECTA	COLEOPTERA	ELMIDAE(LARVA)	1
QR5	2	HIRUDINEA			1
QR5	2	OLIGOCHAETA			1
QR5	2	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	7
QR5	2	INSECTA	DIPTERA	CERATOPOGONIDAE	3
QR5	3	MALACOSTRAC A	DECAPODA	PALAEEMONIDAE	1
QR5	3	INSECTA	MEGALOPTERA	CORYDALIDAE	1
QR5	3	INSECTA	PLECOPTERA	PERLIDAE	5
QR5	3	INSECTA	ODONATA	LIBELLULIDAE	1
QR5	3	INSECTA	TRICHOPTERA	HYDROPSYCHIDAE	5
QR5	3	INSECTA	TRICHOPTERA	POLYCENTROPODIDAE	5
QR5	3	INSECTA	EPHEMEROPTER A	LEPTOPHLEBIIDAE	3
QR5	3	INSECTA	COLEOPTERA	ELMIDAE(ADULTO)	1
QR5	3	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	1
QR5	3	INSECTA	DIPTERA	CERATOPOGONIDAE	1
QR5	4	INSECTA	PLECOPTERA	PERLIDAE	5
QR5	4	MALACOSTRAC A	DECAPODA	PALAEEMONIDAE	1
QR5	4	INSECTA	HEMIPTERA	NAUCORIDAE	2
QR5	4	INSECTA	ODONATA	LIBELLULIDAE	1
QR5	4	INSECTA	TRICHOPTERA	HYDROPSYCHIDAE	1
QR5	4	INSECTA	TRICHOPTERA	POLYCENTROPODIDAE	4
QR5	4	INSECTA	TRICHOPTERA	HELICOPSYCHIDAE	1
QR5	4	INSECTA	COLEOPTERA	ELMIDAE(ADULTO)	1
QR5	5	INSECTA	MEGALOPTERA	CORYDALIDAE	2
QR5	5	INSECTA	TRICHOPTERA	HYDROPSYCHIDAE	28
QR5	5	INSECTA	PLECOPTERA	PERLIDAE	12
QR5	5	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	3
QR5	5	INSECTA	DIPTERA	TIPULIDAE	1
QR5	6	INSECTA	PLECOPTERA	PERLIDAE	8
QR5	6	INSECTA	TRICHOPTERA	HYDROPSYCHIDAE	9
QR5	6	INSECTA	TRICHOPTERA	PHILOPOTAMIDAE	2
QR5	6	INSECTA	ODONATA	COENAGRIONIDAE	1
QR5	6	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	2
QR5	6	OLIGOCHAETA			1
QR5	7	INSECTA	MEGALOPTERA	CORYDALIDAE	3

QR5	7	INSECTA	PLECOPTERA	PERLIDAE	10
QR5	7	INSECTA	TRICHOPTERA	HYDROPSYCHIDAE	8
QR5	7	INSECTA	TRICHOPTERA	HELICOPSYCHIDAE	1
QR5	7	INSECTA	COLEOPTERA	ELMIDAE(LARVA)	1
QR5	7	INSECTA	COLEOPTERA	ELMIDAE(ADULTO)	1
QR5	8	INSECTA	MEGALOPTERA	CORYDALIDAE	1
QR5	8	INSECTA	TRICHOPTERA	HYDROPSYCHIDAE	1
QR5	8	INSECTA	TRICHOPTERA	HELICOPSYCHIDAE	1
QR5	8	INSECTA	TRICHOPTERA	POLYCENTROPODIDAE	1
QR5	8	INSECTA	COLEOPTERA	ELMIDAE(LARVA)	2
QR5	8	INSECTA	COLEOPTERA	ELMIDAE(ADULTO)	1
QR5	8	INSECTA	ODONATA	GOMPHIDAE	1
QR5	8	INSECTA	ODONATA	COENAGRIONIDAE	1
QR5	8	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	2
QR5	8	INSECTA	DIPTERA	CERATOPOGONIDAE	3
QR5	8	INSECTA	DIPTERA	TIPULIDAE	1
QR5	8	OLIGOCHAETA			2
QR5	9	INSECTA	TRICHOPTERA	HYDROPSYCHIDAE	1
QR5	9	INSECTA	TRICHOPTERA	POLYCENTROPODIDAE	1
QR5	9	INSECTA	TRICHOPTERA	HELICOPSYCHIDAE	1
QR5	9	INSECTA	EPHEMEROPTER A	EUTHYPLOCIIDAE	2
QR5	9	INSECTA	EPHEMEROPTER A	LEPTOPHLEBIIDAE	2
QR5	9	INSECTA	COLEOPTERA	NOTERIDAE	1
QR5	9	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	9
QR5	10	INSECTA	MEGALOPTERA	CORYDALIDAE	1
QR5	10	INSECTA	HEMIPTERA	NAUCORIDAE	2
QR5	10	INSECTA	EPHEMEROPTER A	LEPTOPHLEBIIDAE	4
QR5	10	INSECTA	TRICHOPTERA	HYDROPSYCHIDAE	3
QR5	10	INSECTA	TRICHOPTERA	POLYCENTROPODIDAE	2
QR5	10	INSECTA	TRICHOPTERA	HELICOPSYCHIDAE	1
QR5	10	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	6
QR5	10	INSECTA	DIPTERA	CERATOPOGONIDAE	4
QR5	10	INSECTA	COLEOPTERA	ELMIDAE(ADULTO)	1
QR5	10	HIRUDINEA			1
QR5	12	INSECTA	MEGALOPTERA	CORYDALIDAE	1
QR5	12	INSECTA	PLECOPTERA	PERLIDAE	1
QR5	12	INSECTA	HEMIPTERA	NAUCORIDAE	1

QR5	12	INSECTA	TRICHOPTERA	HYDROPSYCHIDAE	6
QR5	12	INSECTA	TRICHOPTERA	LEPTOCERIDAE	1
QR5	12	INSECTA	TRICHOPTERA	POLYCENTROPODIDAE	5
QR5	12	INSECTA	EPHEMEROPTER A	LEPTOPHLEBIIDAE	3
QR5	12	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	7
QR5	12	INSECTA	DIPTERA	CERATOPOGONIDAE	1
QR5	12	HIRUDINEA			1
QR6	1	INSECTA	PLECOPTERA	PERLIDAE	4
QR6	1	INSECTA	TRICHOPTERA	HYDROPSYCHIDAE	3
QR6	1	INSECTA	TRICHOPTERA	POLYCENTROPODIDAE	1
QR6	1	INSECTA	TRICHOPTERA	HELICOPSYCHIDAE	8
QR6	1	INSECTA	ODONATA	COENAGRIONIDAE	4
QR6	1	INSECTA	COLEOPTERA	ELMIDAE(LARVA)	2
QR6	1	INSECTA	COLEOPTERA	ELMIDAE(ADULTO)	1
QR6	1	INSECTA	EPHEMEROPTER A	LEPTOPHLEBIIDAE	1
QR6	1	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	7
QR6	1	INSECTA	DIPTERA	TIPULIDAE	2
QR6	1	INSECTA	HEMIPTERA	NAUCORIDAE	1
QR6	2	INSECTA	PLECOPTERA	PERLIDAE	9
QR6	2	INSECTA	HEMIPTERA	NAUCORIDAE	1
QR6	2	INSECTA	ODONATA	COENAGRIONIDAE	1
QR6	2	INSECTA	TRICHOPTERA	HYDROPSYCHIDAE	6
QR6	2	INSECTA	TRICHOPTERA	HELICOPSYCHIDAE	3
QR6	2	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	5
QR6	2	INSECTA	DIPTERA	TIPULIDAE	2
QR6	3	INSECTA	MEGALOPTERA	CORYDALIDAE	1
QR6	3	INSECTA	TRICHOPTERA	HYDROPSYCHIDAE	2
QR6	3	INSECTA	COLEOPTERA	ELMIDAE(LARVA)	2
QR6	3	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	7
QR6	3	INSECTA	DIPTERA	CERATOPOGONIDAE	2
QR6	5	INSECTA	MEGALOPTERA	CORYDALIDAE	1
QR6	5	MALACOSTRAC A	DECAPODA	PALAEEMONIDAE	1
QR6	5	INSECTA	PLECOPTERA	PERLIDAE	1
QR6	5	INSECTA	TRICHOPTERA	HYDROPSYCHIDAE	1
QR6	5	INSECTA	TRICHOPTERA	LEPTOCERIDAE	1
QR6	5	INSECTA	COLEOPTERA	ELMIDAE(ADULTO)	1
QR6	5	INSECTA	ODONATA	PROTONEURIDAE	1

QR6	5	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	2
QR6	5	INSECTA	DIPTERA	CERATOPOGONIDAE	1
QR6	5	INSECTA	HEMIPTERA	NAUCORIDAE	1
QR6	6	INSECTA	MEGALOPTERA	CORYDALIDAE	3
QR6	6	INSECTA	PLECOPTERA	PERLIDAE	14
QR6	6	INSECTA	HEMIPTERA	NAUCORIDAE	1
QR6	6	INSECTA	TRICHOPTERA	HYDROPSYCHIDAE	2
QR6	6	INSECTA	ODONATA	POLYTHORIDAE	1
QR6	6	INSECTA	DIPTERA	TIPULIDAE	2
QR6	6	INSECTA	DIPTERA	CERATOPOGONIDAE	1
QR6	6	INSECTA	COLEOPTERA	ELMIDAE(ADULTO)	2
QR6	7	INSECTA	PLECOPTERA	PERLIDAE	2
QR6	7	INSECTA	TRICHOPTERA	HYDROPSYCHIDAE	1
QR6	7	INSECTA	TRICHOPTERA	HELICOPSYCHIDAE	2
QR6	7	INSECTA	ODONATA	COENAGRIONIDAE	1
QR6	7	INSECTA	ODONATA	MEGAPODAGRIONIDAE	1
QR6	7	INSECTA	COLEOPTERA	ELMIDAE(ADULTO)	1
QR6	7	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	3
QR6	7	INSECTA	DIPTERA	CERATOPOGONIDAE	1
QR6	8	INSECTA	HEMIPTERA	NAUCORIDAE	1
QR6	8	INSECTA	MEGALOPTERA	CORYDALIDAE	1
QR6	8	INSECTA	PLECOPTERA	PERLIDAE	1
QR6	8	INSECTA	ODONATA	POLYTHORIDAE	1
QR6	8	INSECTA	COLEOPTERA	ELMIDAE(ADULTO)	1
QR6	8	INSECTA	TRICHOPTERA	POLYCENTROPODIDAE	1
QR6	8	INSECTA	TRICHOPTERA	LEPTOCERIDAE	5
QR6	8	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	1
QR6	9	INSECTA	MEGALOPTERA	CORYDALIDAE	2
QR6	9	INSECTA	PLECOPTERA	PERLIDAE	11
QR6	9	GASTROPODA		HYDROBIIDAE	1
QR6	9	INSECTA	COLEOPTERA	ELMIDAE(ADULTO)	4
QR6	9	INSECTA	TRICHOPTERA	HYDROPSYCHIDAE	2
QR6	9	INSECTA	TRICHOPTERA	LEPTOCERIDAE	1
QR6	9	INSECTA	TRICHOPTERA	HELICOPSYCHIDAE	1
QR6	9	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	3
QR6	9	INSECTA	DIPTERA	CERATOPOGONIDAE	2
QR6	9	INSECTA	DIPTERA	TIPULIDAE	2
QR6	9	INSECTA	ODONATA	COENAGRIONIDAE	1
QR6	10	INSECTA	MEGALOPTERA	CORYDALIDAE	6
QR6	10	INSECTA	HEMIPTERA	NAUCORIDAE	7

QR6	10	INSECTA	PLECOPTERA	PERLIDAE	5
QR6	10	INSECTA	TRICHOPTERA	HYDROPSYCHIDAE	1
QR6	10	INSECTA	COLEOPTERA	ELMIDAE(ADULTO)	1
QR6	10	INSECTA	COLEOPTERA	ELMIDAE(LARVA)	1
QR6	10	INSECTA	COLEOPTERA	PTILODACTYLIDAE	1
QR6	10	INSECTA	DIPTERA	TIPULIDAE	3
QR6	11	INSECTA	PLECOPTERA	PERLIDAE	26
QR6	11	INSECTA	HEMIPTERA	NAUCORIDAE	3
QR6	11	INSECTA	COLEOPTERA	PTILODACTYLIDAE	4
QR6	11	INSECTA	TRICHOPTERA	HYDROPSYCHIDAE	4
QR6	11	INSECTA	TRICHOPTERA	LEPTOCERIDAE	4
QR6	11	INSECTA	TRICHOPTERA	HELICOPSYCHIDAE	1
QR6	11	INSECTA	COLEOPTERA	ELMIDAE(ADULTO)	1
QR6	11	INSECTA	COLEOPTERA	ELMIDAE(LARVA)	3

---

### Anexo 3. Certificación de clasificación taxonómica.



#### **CERTIFICACIÓN DE CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS**

Quien suscribe, Ing. THERANY GONZALES OJEDA, investigador y Coordinador del CENTRO AMAZÓNICO DE EDUCACIÓN AMBIENTAL E INVESTIGACIÓN (ACEER) – PERÚ, en del proyecto de monitoreo de la calidad de agua en la cuenca del río Madre de Dios;

CERTIFICA QUE, han sido depositados especímenes de macroinvertebrados bentónicos en el laboratorio de ACEER – Madre de Dios para su clasificación y/o determinación, por el Bachiller en Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, RICHARD RONDAN HUAMAN, de la Facultad de Ingeniería, Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.

El material depositado corresponde a diversos Ordenes y Familias de macroinvertebrados bentónicos, los cuales serán utilizados para la sustentación de la tesis titulada: "EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA ACTIVIDAD MINERA EN LA CALIDAD DE AGUA Y LA DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS EN QUEBRADAS DEL SECTOR LA PAMPA, TAMBOPATA-MADRE DE DIOS", 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 géneros das larvas conhecidas de Odonata do Brasil: comentarios e registros bibliográficos (Insecta, Odonata). Publicacoes Avulsas do Museo 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 del interesado para los fines que considere convenientes. Se anexa al presente Certificado de Identificación, la lista de los organismos identificados.

Puerto Maldonado, diciembre del 2019



*[Handwritten Signature]*  
Therany Gonzales Ojeda  
Coordinador ACEER – Madre de Dios

## Anexo 4. Solicitud de autorización para realización de estudio



**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS**  
 Decanatura de la Facultad de Ingeniería  
 "Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad"

*interesado*

**RESOLUCIÓN DE DECANATURA N° 330-2019-UNAMAD-DFI**

Puerto Maldonado, 16 de setiembre de 2019.

**VISTO:**

El Expediente N° 2495, Dictamen N° 17-2019-UNAMAD/DFI, de fecha 12 de setiembre del 2019; Estatuto y Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, y;

**CONSIDERANDO:**

Que, la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios fue creada mediante Ley N° 27297, de fecha 05 de julio del año 2000 y mediante resolución N° 626-2009 CONAFU de fecha 27 de noviembre de 2009 se concede la autorización definitiva funcionamiento.

Que, el Reglamento de General de Grados y Títulos de la UNAMAD aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 541-2018-UNAMAD-CU, de fecha 20 de diciembre del 2018, regula el procedimiento de conferir grados académicos y títulos profesionales.

Que, mediante Resolución N° 246-2019-UNAMAD-DFI de fecha 05 de agosto del 2019, se resuelve: **CONFORMAR**, el **Jurado Revisor** para la revisión y/o conformidad del Proyecto de Tesis intitulado intitulada "EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA ACTIVIDAD MINERA EN LA CALIDAD DE AGUA Y LA DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS EN QUEBRADAS DEL SECTOR LA PAMPA, TAMBOPATA – MADRE DE DIOS", presentado por el Bachiller Sr. Richard Rondan Huamán de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, la misma que estará integrada por los siguientes docentes: Dr. Emer Rosales Solórzano-Presidente, Dr. Gabriel Alarcon Aguirre-Secretario y Dr. Roberto Gonzales Gonzales-Vocal.

Que, mediante Dictamen N° 17-2019-UNAMAD/DFI, de fecha 12 de setiembre del 2019, el Jurado Revisor, remite a la Facultad de Ingeniería de la UNAMAD, la **aprobación** del Proyecto de Tesis intitulado "EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA ACTIVIDAD MINERA EN LA CALIDAD DE AGUA Y LA DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS EN QUEBRADAS DEL SECTOR LA PAMPA, TAMBOPATA – MADRE DE DIOS", presentado por el Bachiller Sr. Richard Rondan Huamán, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.

Que, mediante el Expediente N° 2495-2019-UNAMAD-R/DFI, de fecha 13 de setiembre del 2019, el Decano de la Facultad de Ingeniería de la UNAMAD, autoriza a la Secretaria Académica de la Facultad de Ingeniería, proyectar Resolución de Decanatura, para la aprobación de Proyecto de Tesis intitulado "EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA ACTIVIDAD MINERA EN LA CALIDAD DE AGUA Y LA DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS EN QUEBRADAS DEL SECTOR LA PAMPA, TAMBOPATA – MADRE DE DIOS", presentado por el Bachiller Sr. Richard Rondan Huamán, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente.

Estando dentro de las atribuciones conferidas al Decano, por la Ley Universitaria N° 30220; el Estatuto de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios y en uso de las atribuciones





**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS**  
Decanatura de la Facultad de Ingeniería  
"Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad"

**RESOLUCIÓN DE DECANATURA N° 330-2019-UNAMAD-DFI**

Puerto Maldonado, 16 de setiembre de 2019.

conferidas mediante Resolución de Comité Electoral Universitario N° 009-2019-UNAMAD-CEU, expedido el 19 de agosto del 2019;

**SE RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO: APROBAR**, el Proyecto de Investigación de Tesis intitulado "EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA ACTIVIDAD MINERA EN LA CALIDAD DE AGUA Y LA DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS EN QUEBRADAS DEL SECTOR LA PAMPA, TAMBOPATA – MADRE DE DIOS", presentado por el Bachiller Sr. Richard Rondan Huamán, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.

**ARTÍCULO SEGUNDO: DESIGNAR**, como ASESOR al M.Sc. Telesforo Vásquez Zavaleta docente adscrito al Departamento Académico de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.

**ARTÍCULO TERCERO: INSCRIBIR** en el registro de trabajos de investigación de la Facultad, el Proyecto de Investigación de Tesis intitulado "EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA ACTIVIDAD MINERA EN LA CALIDAD DE AGUA Y LA DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS EN QUEBRADAS DEL SECTOR LA PAMPA, TAMBOPATA – MADRE DE DIOS", de conformidad con lo regulado en el artículo 36° del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.

**ARTÍCULO QUINTO: PRECISAR**, que los plazos ordinarios y extraordinarios para la ejecución del Proyecto de Investigación de Tesis intitulado "EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA ACTIVIDAD MINERA EN LA CALIDAD DE AGUA Y LA DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS EN QUEBRADAS DEL SECTOR LA PAMPA, TAMBOPATA – MADRE DE DIOS", prescribe al año, es decir el 16 de setiembre del 2020, de conformidad con lo señalado con la primera Disposición Final del Reglamento de Grados y Títulos, debiendo el administrado observar el plazo señalado para los fines pertinentes.

**REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE.**

UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
SECRETARÍA ACADEMICA  
UNAMAD  
UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MDD  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Virne Mega Mega  
SECRETARÍA ACADEMICA

C.c.  
Asesor  
Interesado  
HHDL/Decano  
VMM/SA  
Archivo

## Anexo 5. Consentimiento informado



“AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCIÓN Y LA IMPUNIDAD”  
 “MADRE DE DIOS CAPITAL DE LA BIODIVERSIDAD DEL PERÚ”

Puerto Maldonado, 19 de junio del 2019.

**CARTA N° 032 -2019-ACEER-PEA-TGO**

**Señor(a):**

**Dra. Maria Isabel Cajo Pinche**  
 DECANA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA-UNAMAD

Presente.-

**Asunto: Tesis de pregrado en ACEER**

Es grato dirigirme a usted para saludarlo cordialmente a nombre del Centro Amazónico de Educación Ambiental e Investigación-ACEER, y a la vez comunicarle que, en el marco de nuestra Red de Aprendizaje y Conservación, brindamos oportunidades de realizar proyectos de tesis en nuestra organización.

En este contexto, hemos aceptado la aplicación del bachiller **Richard Rondan Huaman** con DNI N° 45848268 de la Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, para realizar su proyecto de tesis en el marco de nuestro proyecto Paquete de Hojas; ecología de quebradas, proyecto educativo y de ciencia ciudadana que se desarrolla en Madre de Dios.

Dicho proyecto de tesis se desarrollará en un período de cuatro meses, comprendidos a partir del 19 de junio al 19 de octubre del presente año. En este período, dicha estudiante será parte del equipo de ACEER y recibirá el apoyo técnico y económico para sus salidas de campo, según lo requiera.

Sin otro en particular, sea propicia la oportunidad para expresarle las muestras de mi especial consideración y estima personal; me reitero de usted.

Atentamente,

Ingrid Therany Gonzales Ojeda  
 Coordinador ACEER - PEM

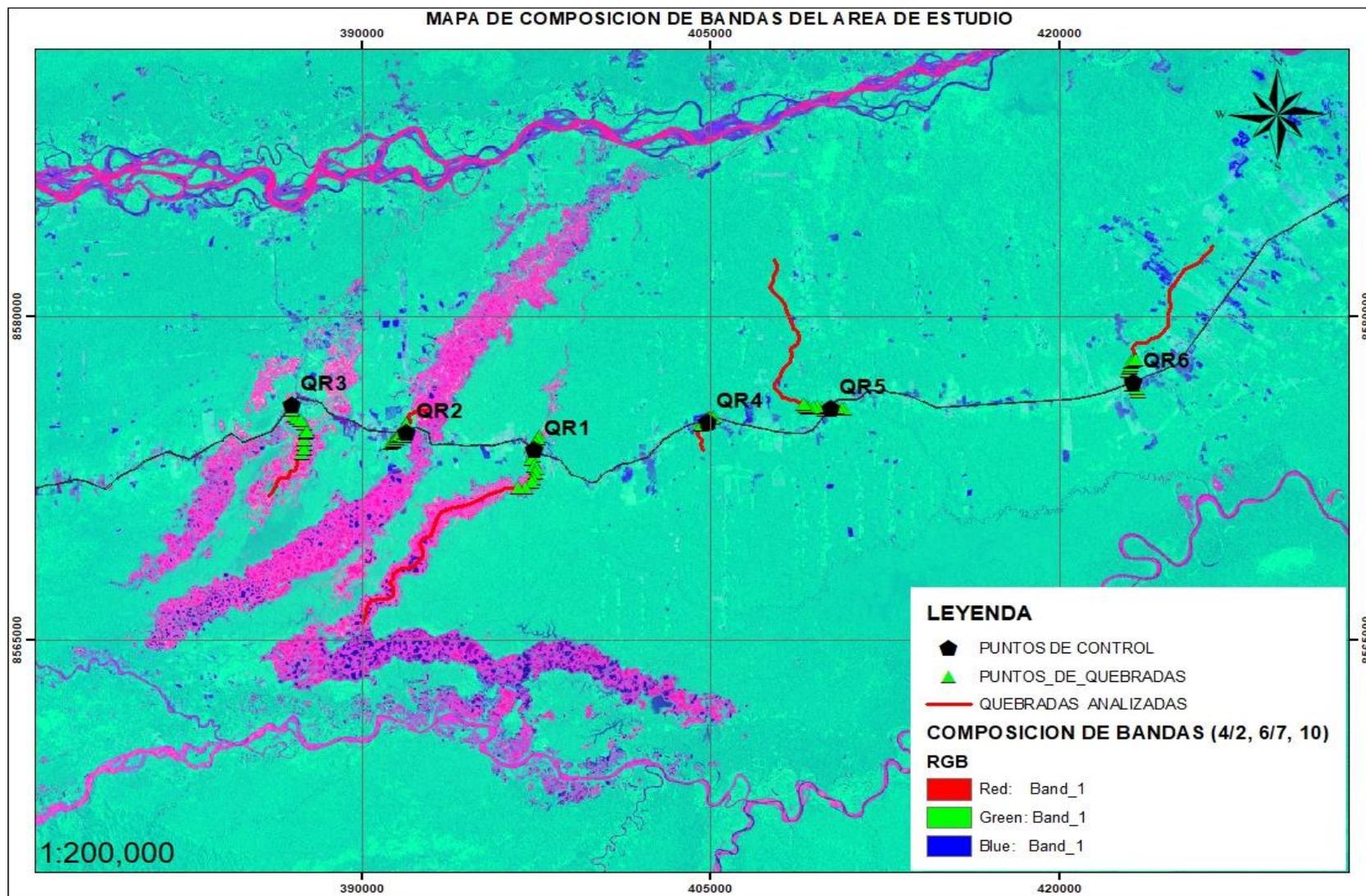


Figura 31. Mapa de composición de bandas del área de estudio.

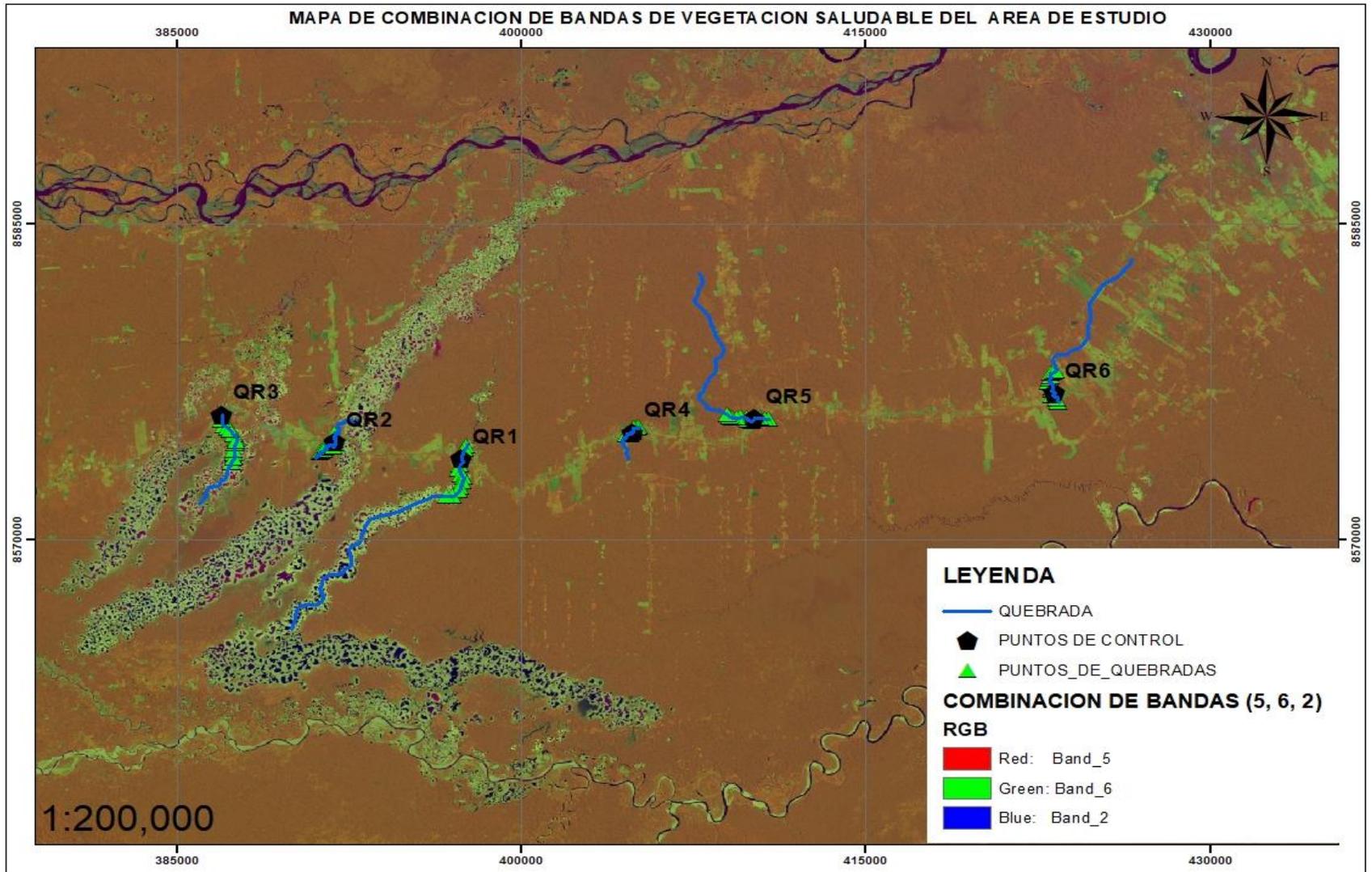


Figura 32. Mapa de combinación de bandas de vegetación saludable del área de estudio