



**UNS**  
ESCUELA DE  
POSGRADO

---

**"Macroinvertebrados Bentónicos Como Bioindicadores de Calidad de Agua En Lagunas de la Cabecera de Cuenca del Río Rímac y Cuenca Del Mantaro de la Región Central del Perú, 2015"**

---

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO  
EN CIENCIAS EN GESTIÓN AMBIENTAL**

**AUTORA:**

**Br. Velásquez Guarniz Mirian Noemi**

**ASESOR:**

**M.Sc. Liliana Del Rosario Tapia Ugaz**

**COASESOR:**

**Dr. Luis Torres Cabrera**

**CHIMBOTE - PERU  
2018**



## **AVAL DE INFORME DE TESIS**

El Informe de Tesis: “**Macroinvertebrados Bentónicos Como Bioindicadores de Calidad de Agua En Lagunas de La Cabecera de Cuenca del Rio Rímac y Cuenca Del Mantaro de la Región Central del Perú, 2015**” que tiene como autora a **Mirian Noemí Velásquez Guarniz**, alumna de la **Maestría En Gestión Ambiental**, ha sido elaborado de acuerdo al Reglamento de Normas y Procedimientos para obtener el Grado Académico de Maestro de la Escuela de Postgrado de la Universidad Nacional del Santa; quedando expedito para ser evaluado por el Jurado Evaluador correspondiente.

---

**M.Sc. Liliana Del Rosario Tapia Ugaz**  
**ASESOR**



## **AVAL DE INFORME DE TESIS**

El Informe de Tesis: “**Macroinvertebrados Bentónicos Como Bioindicadores de Calidad de Agua En Lagunas de La Cabecera de Cuenca del Rio Rímac y Cuenca Del Mantaro de la Región Central del Perú, 2015**” que tiene como autora a **Mirian Noemí Velásquez Guarniz**, alumna de la **Maestría En Gestión Ambiental**, ha sido elaborado de acuerdo al Reglamento de Normas y Procedimientos para obtener el Grado Académico de Maestro de la Escuela de Postgrado de la Universidad Nacional del Santa; quedando expedito para ser evaluado por el Jurado Evaluador correspondiente.

---

**Dr. Luis Tores Cabrera**  
**COASESOR**



## **HOJA DE CONFORMIDAD DEL JURADO EVALUADOR**

“Macroinvertebrados Bentónicos Como Bioindicadores de Calidad de Agua En Lagunas de La Cabecera de Cuenca del Rio Rímac y Cuenca Del Mantaro de la Región Central del Perú, 2015”

### **TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN GESTIÓN AMBIENTAL**

Revisado y Aprobado por el Jurado Evaluador:

---

**Dr. Juan Fernando Merino Moya**  
**PRESIDENTE**

---

**Dr. Luis Fernando Torres Cabrera**  
**SECRETARIO**

---

**M.Sc. Juan H. Villareal Olaya**  
**VOCAL**

## **DEDICATORIA**

*A Dios por haberme permitido culminar este trabajo y encontrar en él, alivio y fortaleza*

*A mi madre Yolanda, por darme el valor para seguir adelante, por ser mi ejemplo de lucha y amor, a mi padre Oscar por su comprensión y apoyo.*

*A mis hermanos Rolando y Sonia por su cariño y apoyo incondicional, a mis nenas Tatiana, Rubi y Dana, por ser mi orgullo y mi aliento*

*A Dalila mi segunda madre, por creer en mi*

*A Miguel Ángel mi compañero, por su motivación constante, su dedicación y amor*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco al Fondo para la Innovación, Ciencia y Tecnología (FINCyT), por haber financiado mi tesis que se realizó dentro del Proyecto: “Monitoreo y evaluación de la calidad del agua en cabecera de cuenca del Rio Rímac, lagos y lagunas de la Región Central del Perú para determinar organismos indicadores y marcadores moleculares de contaminación por metales pesados”, Contrato N° 391-PNICP-PIAP-2014.

Debo agradecer de manera especial y sincera a la MSc. Liliana Del Rosario Tapia Ugaz por su gran amistad, apoyo y confianza en mi trabajo no solamente en el desarrollo de esta tesis, sino también en mi formación como investigador.

Agradecer también de manera particular mi coasesor el Dr. Luis Tores Cabrera, por su apoyo y constantes consejos

Agradesco a mi familia y amigos por su apoyo incondicional

A todos ellos muchas gracias.

**El autor.**

# INDICE

	<b>Pág</b>
<b>Conformidad del asesor.....</b>	i
<b>Aprobación del jurado evaluador.....</b>	ii
<b>Dedicatoria.....</b>	iii
<b>Agradecimiento.....</b>	iv
<b>Índice.....</b>	v
<b>Lista de cuadros.....</b>	viii
<b>Lista de gráficos.....</b>	x
<b>RESUMEN.....</b>	xi
<b>ABSTRACT.....</b>	xii
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	01
<b>CAPITULO I.</b>	
<b>PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	04
1.1 Planteamiento y fundamentación del problema de investigación.....	04
1.2 Antecedentes de la investigación.....	07
1.3 Formulación del problema de investigación.....	12
1.4 Delimitación del estudio.....	12
1.5 Justificación e importancia de la investigación.....	13
1.6 Objetivos de la investigación: General y específicos.....	14
1.6.1 Objetivo General.....	14
1.6.2 Objetivos Específicos.....	14
<b>CAPITULO II.</b>	
<b>MARCO TEORICO.....</b>	15
2.1 Fundamentos teóricos de la investigación.....	15
2.2 Marco conceptual.....	17

2.2.1 Lagunas Altoandinas.....	17
2.2.2 Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de..... calidad de agua.	18
2.2.3 Indices bioticos.....	20
 <b>CAPITULO III.</b>	
<b>MARCO METODOLOGICO.....</b>	<b>24</b>
3.1 Hipótesis central de la investigación.....	24
3.2 Variables e indicadores de la investigación.....	24
3.3 Métodos de la investigación.....	25
3.4 Diseño de investigación.....	25
3.5 Población y muestra.....	25
3.6 Actividades del proceso investigativo.....	26
3.7 Técnicas e instrumentos de la investigación.....	26
3.7.1 Elección de etaciones .....	26
3.7.2. Caracterización Físico Química.....	31
3.7.3. Caracterización de metales pesados.....	31
3.7.4. Muestreo de Macroinvertebraos acuáticos .....	32
3.8 Procedimiento para la recolección de datos.....	32
3.9 Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	33
 <b>CAPITULO IV.</b>	
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>41</b>
4.1 Caracterización físicoquímica del agua de las lagunas muestreadas...	41
4.2 Concentración de metales pesados.....	47
4.3 Diversidad y abundancia de macroinvertebrados bentonicos.....	51
4.4 Indices de diversidad.....	62
4.5 Indice de Bray- Curtis.....	66
4.6 Índice Biotico Andino (Por sus siglas en ingles ABI).....	72

<b>CAPITULO V.</b>	
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>75</b>
5.1 Conclusiones.....	75
5.2 Recomendaciones.....	76
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>77</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>94</b>
Anexo 1: Tomas fotográficas de las lagunas estudiadas.....	95
Anexo 2: Imágenes de las principales taxón registradas en las lagunas...	96
Anexo 3: Tablas de parámetros físicosquímicos registrados en las lagunas en junio y octubre del 2015.....	100
Anexo 4: Tablas de macroinvertebrados bentónicos registrados en las lagunas en junio y octubre del 2015.....	106

## LISTA DE CUADROS

		<b>Pág.</b>
<b>Cuadro 1</b>	Matriz de operacionalización de variables.....	<b>24</b>
<b>Cuadro 2</b>	Cronograma de actividades.....	<b>24</b>
<b>Cuadro 3</b>	Ubicación geográfica de lagunas muestreadas en junio y octubre 2015.....	<b>36</b>
<b>Cuadro 4</b>	Lista de taxones y sus puntajes para cada uno de los índices .....	<b>38</b>
<b>Cuadro 5</b>	Clases de estado ecológico según el ABI en el Perú.....	<b>39</b>
<b>Cuadro 6</b>	Cuadro 6: Rango de individuos que se consideran para la aplicación de ABI .....	<b>40</b>
<b>Cuadro 7</b>	Coeficiente de Variación de parámetros fisicoquímicos registrados en junio y octubre del 2015.....	<b>42</b>
<b>Cuadro 8</b>	Parámetros fisicoquímicos registrados en las lagunas en junio del 2015.....	<b>46</b>
<b>Cuadro 9</b>	Parámetros fisicoquímicos registrados en las lagunas en octubre del 2015.....	<b>47</b>
<b>Cuadro 10</b>	Valores de metales pesados registrados en las lagunas....	<b>50</b>
<b>Cuadro 11</b>	Lista taxonómica de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos presentes en la Cuenca del Río Rímac y Cuenca del Río Mantaro.....	<b>54</b>
<b>Cuadro 12</b>	Densidad de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos presentes en las lagunas Alcacocha, Churuca, Huacracocha, Huaron, Huaroncocha y Huascarcocha en la Cuenca del Río Mantaro, a inicio y final del periodo de estiaje (05/06/15 y 24/10/15).....	<b>55</b>

<b>Cuadro 13</b>	Densidad de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos presentes en las lagunas Huascocha, Huicro, Marca, Pomacocha, Santa Catalina y Yanayacu en la Cuenca del Río Mantaro, a inicio y final del periodo de estiaje (05/06/15 y 24/10/15).....	<b>56</b>
<b>Cuadro 14</b>	Densidad de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos presentes en las lagunas Canchis, Leoncocha, Ticticocha y Yuracmayo en la Cuenca del Río Rímac, a inicio y final del periodo de estiaje (05/06/15 y 24/10/15).....	<b>57</b>
<b>Cuadro 15</b>	Riqueza relativa de macroinvertebrados bentónicos evaluados en las 16 lagunas muestreadas en la Cuenca del río Rímac y Mantaro.....	<b>61</b>
<b>Cuadro 16</b>	Índices de diversidad de macroinvertebrados bentónicos registrados en las 16 lagunas muestreadas en Cuenca del río Rímac y Mantaro a inicios (05/06/15) y finales (24/10/15) de la época de estiaje.....	<b>65</b>
<b>Cuadro 17</b>	Clases de estado ecológico ABI para ríos altoandinos mayores a 2000 msnm en Perú, aplicadas a lagunas altoandinas ubicadas en la Cuenca del río Mantaro y Rímac en la época de seca durante los dos muestreos.....	<b>74</b>

## LISTA DE GRAFICOS

	<b>Pág.</b>
<b>Grafico 1</b> Mapa de ubicación de las lagunas Yuracmayo, Canchis, Ticticocha y Leoncocha en la Cuenca del Río Rímac.....	<b>28</b>
<b>Grafico 2</b> Mapa de ubicación de las lagunas Alcacocha, Huicro, Huaron, Huaroncocha y Huascacocha en la Cuenca del Mantaro.....	<b>29</b>
<b>Grafico 3</b> Mapa de ubicación de las lagunas Marca, Yananyacu Huacracocha, Huascocha, Churuca, Santa Catalina y Pomacocha en la Cuenca del Mantaro.....	<b>30</b>
<b>Grafico 4</b> Dendrograma de similaridad de las lagunas pertenecientes a la Cuenca del Río Mantaro, análisis Clúster por taxón.....	<b>69</b>
<b>Grafico 6</b> Dendrograma de similaridad de las lagunas pertenecientes a la Cuenca del Río Rímac, análisis Clúster portaxón.....	<b>70</b>
<b>Grafico 7</b> Dendrograma de similaridad de las lagunas pertenecientes a las Cuencas del Río Mantaro y del Río Rímac, análisis Clúster por lagunas comparando la composición de macroinvertebrados bentónicos en los dos muestreos.....	<b>71</b>

## RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar la presencia de macroinvertebrados bentónicos en lagunas altoandinas del Perú y determinar su posible aplicación como indicadores biológicos. Se muestrearon un total de 16 lagunas, 4 en la cuenca del río Rímac y 12 en la cuenca del río Mantaro durante la época seca (junio-octubre 2015). Analizando los valores de riqueza y abundancia de los 40 taxa reportados, el Phylum Artrópoda obtuvo la mayor riqueza y abundancia de organismos (31 taxas y 6524 organismos), el Phylum Anélida (5 taxas y 417 organismos). Así mismo, la comunidad de invertebrados bentónicos estuvo representada por la Clase Insecta, con 25 taxa distribuidos en 6 órdenes, dentro de los cuales el orden Díptera fue el más representativo con 12 taxas, y el Orden Coleoptera con 5 taxa. Según los valores del Índice Biotico Andino (ABI) las lagunas muestreadas presentan perturbación, probablemente debido exceso de materia orgánica por la ganadería y desechos humanos. En el caso de las lagunas Canchis, Huascarcocha, Santa Catalina, están siendo impactadas por actividad minera al registrar pH ácido, metales pesados por encima de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y por la baja diversidad de especies. La Familia Chironomidae, Corixidae y Hydrachnidae, son resistentes a las condiciones ambientales alteradas por materia orgánica y metales pesados, al estar presente en cuerpos de agua con pH ácidos (menores a 6 unidades).

**Palabra clave:** Invertebrados bentónicos, ABI, estructura comunitaria, bioindicadores, lagunas altoandinas.

## **.ABSTRACT**

The objective of this study was to estimate the diversity and abundance of benthic macroinvertebrates in high Andean lagoons of Peru and to determine their possible use as biological indicators. A total of 16 lagoons were sampled, 4 in the Rímac river basin and 12 in the Mantaro river basin during the dry season (June-October 2015). Analyzing the values of richness and abundance of the 40 taxa reported, the Phylum Arthropoda obtained the greatest richness and abundance of organisms (31 taxa and 6524 organisms), followed by the Phylum Anélida (5 taxa and 417 organisms). Benthic invertebrates were represented by the Insecta Class, with 25 taxa distributed in 6 orders, within which the order Diptera was the most representative with 12 taxa, followed by the Coleoptera Order with 5 taxa. According to the ABI values, the lagoons sampled presented a disturbance, due mainly to the excess of organic matter by livestock activity and human consumption, however the Canchis, Huascarcocha and Santa Catalina lagoons are being impacted by mining activity, registering acid pH, heavy metals above the ECA and low diversity. The Chironomidae Family, Corixidae and Hydrachnidae are resistant to environmental conditions altered by matter or organic and heavy metals, being present in bodies of water with acid pH (less than 6 units).

**Keyword:** Benthic invertebrates, ABI, community structure, bioindicators, high Andean lagoons.

## INTRODUCCIÓN

Nuestro territorio alberga según el último Inventario de Lagunas Glaciares del Perú elaborado a partir de imágenes satelitales del año 2003 – 2010 por el Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2014), en el ámbito de las 19 cordilleras nevadas del Perú, un total de 8355 lagunas (3246 lagunas no fueron inventariadas por presentar superficies menores a 5000m<sup>2</sup>). En este reporte además se observó que desde el inventario realizado por la desaparecida ONERN (Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales) en 1980, se han identificado hasta la fecha un total de 996 lagunas nuevas, todas relacionadas al retroceso glaciar.

Estas lagunas se han registrado especialmente en las partes más altas, sobre altitudes mayores a los 3000 msnm, siendo estos cuerpos de agua en muchos casos de régimen permanente o temporal y con topografías muy accidentadas, que drenan sus aguas para formar los diferentes ríos de la zona y estos a su vez vierten sus aguas en otros ríos mayores tanto en la costa como en la selva. Algunas de estas lagunas poseen un gran potencial de aprovechamiento y diversos usos, tales como la agricultura, energía, piscicultura (Laguna Huaroncocha), abastecimiento humano (Laguna Huascacocha y Laguna Yuracmayo), industrial y minero (Laguna Yanamate - Relavera), entre otras.

La presencia de factores condicionantes como densidad poblacional, actividades productivas y sistemas tecnológicos, presentan efectos como el deterioro de las condiciones biológicas y fisicoquímicas del agua, conflictos intersectoriales e imposibilidad de manejo integral de las cuencas (Orrego et al., 1999). De ahí que se haya presentado en las últimas décadas un creciente interés por conocer el estado de

los cuerpos acuáticos lenticos y su evolución en el tiempo con el fin de encontrar estándares de juicio de “Calidad de Agua” que permitan satisfacer las demandas de uso del recurso (Figueroa et al., 2000).

El Perú es uno de los países neotropicales que enfrenta serios problemas de contaminación de sus lagunas (Lanncone et al. 2000, Arrascue et al. 2001, Carrasco et al. 2001, Chaves et al. 2002). Numerosos autores han propuesto el empleo de índices de diversidad y bióticos, utilizando invertebrados acuáticos para la caracterización biológica de los cuerpos de agua dulce (Washington 1984, Guerrero & Lloyd 1992, Bulla & Candía, 2000, Moreno, 2001, McNeil et al. 2002, Olivera et al., 2002), el cual se ha incrementado en los últimos años, en lo que respecta a la protección de los ambientes acuáticos (Bay, 1974, Brown et al. 1997, Colé, 1998, Wetzel & Likens, 2000, Acosta, 2001, Marques et al. 2001, Parsons et al. 2003). En este sentido resulta importante determinar la calidad del ambiente acuático a nivel de comunidades bentónicas puesto que pueden emplearse como bioindicadoras de calidad de agua por la diferente sensibilidad de sus especies a la contaminación química-orgánica y por su papel en los procesos de autodepuración (Hawkes 1979).

Por ello con este estudio, se han iniciado las bases para la construcción de una herramienta estandarizada que permita establecer la calidad y el estado ecológico de cuerpos de agua lenticos alto andinos, de manera que, a través de monitoreo de evaluación de la biota, se pueda preservar y conservar de manera responsable el estado actual de las lagunas alto andinas. Bajo esta premisa se ha empleado métodos e índices biológicos basados en los macroinvertebrados acuáticos para estimar el efecto de las intervenciones humanas en la caracterización biológica de los cuerpos

de agua dulce (Bulla & Candía, 2000 y Oliveira et al., 2002). Se analizó la composición faunística, riqueza de familias y calidad del agua con base al protocolo de monitoreo del Ministerio del Ambiente (MINAM) del Perú y al protocolo de muestreo de invertebrados bentónicos del Ministerio del Medio Ambiente de España.

# **CAPITULO I.**

## **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1 Planteamiento y fundamentación del problema de investigación.**

El agua dulce es el recurso más importante de la humanidad (Guiller & Malmqvist, 1998). En nuestro país podemos encontrarlo principalmente en lagos y lagunas altoandinas, algunas de las cuales se encuentran sometidas a un creciente deterioro creado por las actividades antropogénicas como la minería y la ganadería.

La historia documentada data que desde la conquista de Pizarro en 1535, hasta la actualidad, la explotación de minerales ha ido trascendiendo indiscriminadamente afectando ríos y lagunas por el vertido de relaves (Vick, 1995). En esta última década, la extracción de minerales se ha incrementado de manera importante en el mundo. Y en el Perú, debido a la riqueza en estos recursos no renovables, su tendencia es expansiva.

Cabe mencionar que nuestro país posee reservas significativas de metales preciosos, cuya explotación se vuelve rentable por el precio en el mercado internacional, bajo esta realidad han nacido problemas sociales y sobre todo ambientales, a pesar de la Normatividad Ambiental del Gobierno Central, Gobiernos Regionales y Locales; se han planteado reformas mitigadoras y/o preventivas, que en algunos casos no han sido muy eficaces en el control de estos contaminantes. En tal sentido resulta importante determinar la influencia de la calidad del ambiente acuático en las poblaciones biológicas y humanas que se encuentran asociadas directa o indirectamente a fuentes de

contaminación en lugares aislados y de difícil regulación estatal, como es el caso de las minerías de cielo abierto o minerías informales que se ubican cerca a las cabeceras de la cuenca y/o cuerpos de agua.

En nuestro país, se están realizando estudios de los efectos de la contaminación minera por metales pesados en varias cuencas hidrográficas y sus ambientes loticos, basándose en parámetros fisicoquímicos que están reglamentados por los Estándares Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP), que en el caso de los componentes biológicos no existen antecedentes, y su versatilidad es limitada por no existir estudios, normas y/o protocolos de estandarización por los organismo estatales reguladores.

La mayor parte de los investigadores señalan que dentro de los grupos faunísticos que habitan en los ríos y lagunas, el grupo más utilizado es el de los macroinvertebrados acuáticos, que incluyen a moluscos (caracoles y almejas), crustáceos (camarones y cangrejos), algunas especies de gusanos (nemátodos), planarias, anélidos, ácaros y gran número de especies de insectos (larvas y adultos), debido a que presentan diferentes rangos de tolerancia a la contaminación de su hábitat, por la cual son considerados los mejores bioindicadores de la calidad del agua (Arenas, 1993; Barbour et al., 1995; Figueroa, 1999; Alonso et al., 2002; Fenoglio et al., 2002; Hynea & Maher, 2003; Cain et al., 2004; Leiva, 2004; Alonso & Camargo, 2005).

La ventaja de utilizar a los macroinvertebrados es que, en principio, no es necesario realizar identificaciones, a nivel de especie para aplicar los índices,

sino que basta con realizar el reconocimiento de grupos taxonómicos más sencillos, normalmente se identifican a nivel de familias (Puig, 1999).

La información disponible de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en el país es aún insuficiente, siendo aún más escasa la información publicada respecto a su dinámica en cabeceras y nacimientos de ríos.

La evaluación de los invertebrados se realiza en zona litoral ya que entre los muchos grupos taxonómicos que pueblan las aguas epicontinentales son uno de los grupos más comúnmente utilizados (Birk *et al*, 2012; Johnson *et al.*, 1993; Resh y Jackson, 1993), al estar expuestos, a un creciente número de mezclas de contaminantes durante todo su ciclo o al menos durante algunas fases del mismo. Esto hace que presenten el potencial necesario como bioindicadores para la observación directa del conjunto de efectos de los contaminantes sobre los ecosistemas acuáticos.

Es importante determinar el estado actual de estos ambientes acuáticos a nivel de comunidades bentónicas como un reflejo de los cambios químicos y físicos que genera las actividades humanas (minería, agricultura y ganadería), de modo que se pueda caracterizar junto a los análisis fisicoquímicos tradicionales el proceso de pérdida y/o recuperación de estos ecosistemas (Oscoz, 2006).

El presente trabajo se realizará dentro del Proyecto: “Monitoreo y evaluación de la calidad del agua en cabecera de cuenca del Rio Rímac, lagos y lagunas de la Región Central del Perú para determinar organismos indicadores y

marcadores moleculares de contaminación por metales pesados” financiado por el Fondo para la Innovación, Ciencia y Tecnología (FINCyT), Contrato N° 391-PNICP-PIAP-2014, de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM).

## **1.2 Antecedentes de la investigación.**

En el Perú la contaminación por minería, desechos orgánicos, uso de agroquímicos, grandes proyectos hídricos, etc.; están impactando negativamente los cuerpos de agua, las quebradas altoandinas y a las mismas comunidades que dependen de este recurso vital para su alimentación o riego de sus campos. Como consecuencia de este trastorno del ecosistema, surgen los conflictos sociales, en el 2016 el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) ha registrado 145 casos de conflictividad socio ambiental. La base de datos que maneja esta institución ha categorizado dichos casos según la actividad económica fiscalizable (Lineamientos y Estrategias para la Gestión de Conflictos sociales, aprobados por Resolución Ministerial N° 161-2011-PCM) y el nivel de sensibilidad. Con relación a las actividades económicas fiscalizables, el 62.8% de los conflictos está relacionado con la actividad minera; el 15.9%, con el sector hidrocarburos; el 7.6%, con el sector energía; y el 6.2% con casos en los que confluyen más de una de las actividades mencionadas.

Los efectos de la contaminación sobre los organismos bentónicos en ecosistemas acuáticos han sido ampliamente estudiados en Europa y Estados Unidos (Pavé & Máchese, 2005). Recientemente se han utilizado los macroinvertebrados en estudios de impacto urbano (Pavé & Máchese, 2005),

que sustentan la actividad del estudio de las comunidades del macrobentos, han resultado útiles en el análisis del ecosistema para elaborar planes de manejo, ya que estas comunidades y su productividad se ven afectadas por diversos factores del medio físico (Hurtado et al., 2005) tales como temperatura del agua, velocidad de la corriente, naturaleza del substrato y flujo. Este último, adquiere un papel dominante ya que con él se relacionan otros factores fisicoquímicos como el oxígeno, pH y turbidez (Margalef, 1983 y García, 1999).

Es por ello que en nuestro país y los demás países del continente, se están realizando investigaciones de estas comunidades acuáticas. En América del Sur la aplicación de índices bióticos está bastante extendida (e.g.: Roldán et al., 1973; Domínguez y Fernández, 1996; Arocena, 1996; Zúñiga de Cardozo et al., 1997; Jacobsen 1998; Posada et al., 2000; Pescador et al., 2001; Figueroa et al., 2003; Pave y Márchese, 2005), cuyo uso, considera dos posibles causas de disfunción de las métricas, que son el caso de los géneros de amplia distribución y los patrones geográficos de distribución de los taxa. En el primer caso, la tolerancia a las perturbaciones de los taxa que están adaptados a distintas condiciones ambientales puede ser variable (Townsend & Hildrew 1994; Bonada et al., 2004) y al usar índices a nivel de orden o incluso familia se puede mal interpretar la información, dando resultados erróneos sobre la calidad ecológica. En el segundo caso, es necesario tener en cuenta que los distintos órdenes y familias de macroinvertebrados presentes en América del Sur muestran patrones latitudinales y altitudinales distintos. Por ejemplo, la diversidad de géneros y familias de Plecóptera hacia las zonas australes del

continente aumenta en relación a zonas más ecuatoriales (Romero, 2001; Figueroa et al., 2003) y en zonas ecuatoriales hay variaciones específicas altitudinales en un mismo género (Tomanova y Tedesco, 2007).

Los macroinvertebrados que han recibido más atención en los estudios bentónicos de sustrato blando en lagos y lagunas, son los oligoquetos y los quironómidos (Annitage et al., 1995). A los demás componentes bentónicos (hidrácaros, nematodos, ostrácodos, briozoos, algunos dípteros) se les ha deparado una atención escasa, proporcional a su poca densidad o a que su estimación no se ha hecho de forma adecuada. De igual forma los hidrácaros, ostrácodos, cladóceros, estos organismos se desarrollan preferentemente en la zona litoral, lo que dificulta su muestreo debido a la heterogeneidad del hábitat que dificulta la estandarización del muestreo, a diferencia de las zonas profundas (Crozet, 1984; Prat, 1979) y de aquí el menor grado de conocimiento de los mismos unido a las dificultades que entraña su taxonomía. En muchos lagos o embalses se ha estudiado alguno de los grupos de macroinvertebrados, pero faltan estudiar muchos más, siendo lo más común que se conozcan de forma más amplia los quironómidos frente a los otros macroinvertebrados bentónicos, aunque para la zona profunda los oligoquetos son también objeto preferente de estudio.

Aunque estudios completos del bentos de lagos son escasos por considerar que su uso como indicadores es de poca importancia y que no aparece recomendado para el diagnóstico y la evaluación de los diferentes problemas que se pueden presentar como eutroficación o acidificación, el caso más

paradigmático es el lago Esrom (Dinamarca), en donde el inventario faunístico es casi completo (Jonasson, 1972, 1996), aunque otros lagos también han sido muy estudiados como el lago Mytvan o el lago de Ginebra (Lods-Crozet y Lachavanne, 1994). En España la lista más completa de especies de un lago con muestras tomadas en la parte profunda y sublitoral (sólo sustratos blandos) es la realizada por Rieradevall (1991) en el lago de Banyoles, que incluye cuatro hidrácaros, ocho ostrácodos, cuatro nematodos, nueve oligoquetos, 22 quironómidos, cinco quidóridos y cinco copépodos, además de bivalvos, cladóceros, gammáridos y efemerópteros hasta llegar a un total de 66 especies. En España, los estudios bentónicos realizados hasta el momento en sus lagos y embalses (Prat et al., 1992) citan 92 especies considerando las conocidas del lago de Banyoles, del lago de Sanabria y de los embalses españoles. En los estudios de los lagos de montaña de la Península Ibérica, Rieradevall (1991) ha encontrado hasta 98 taxones, la mayoría de ellos quironómidos, aunque muchos de ellos son propios de la zona litoral, de los ríos de entrada y salida del lago o exuvias.

En el Perú, la información que se tiene sobre el estudio de invertebrados bentónicos en ambientes lenticos (lagos, lagunas, etc.) es escasa. Chocano (2005) realizó un estudio en laguna Aguascancha, ubicada en el distrito de Paucartambo en Pasco, determinando que los macroinvertebrados estuvieron distribuidos en tres Phyla (Annelida, Arthropoda, Mollusca) y 6 órdenes. El phylum Arthropoda obtuvo la mayor riqueza y abundancia de organismos (45 y 66% respectivamente). Iannacone, Mansilla y Ventura (2003) realizaron un estudio de los macroinvertebrados en la laguna de Puerto Viejo en Lima,

determinando un total de tres filas, seis órdenes, nueve familias y 10 especies, siendo las taxas más dominantes *Melanoides tuberculata* (59,36 %), *Chironomus* sp. (23,21 %) y *Heleobia cumingi* con (16,14 %). La empresa Environmental Laboratories Perú S.A.C. (ENVIROLAB PERÚ) realizó un trabajo de consultoría para el Ministerio de Producción para evaluar la situación actual de la laguna Punrún en Pasco, Yaurihuri en Ayacucho, Pomacanchi en Cusco, Loriscota en Puno e Imiria en Ucayali, a fin de promover su óptimo aprovechamiento en un marco de responsabilidad ambiental, social y con prácticas que aseguren su sostenibilidad, obteniendo como resultados que en la laguna Punrún presenta 7 especies de macroinvertebrados bentónicos comprendidas en 3 phylums y 2 subphylum: Phylum annelida, Phylum mollusca y phylum Arthropoda (subphylum crustácea y hexápoda). La laguna Yaurihuri 9 especies de macroinvertebrados bentónicos comprendidas en 5 phylums y 2 subphylum: Phylum Platyhelminths, Phylum Nematoda, Phylum Tardigrada, Phylum Annelida y Phylum Arthropoda (subphylum crustacea y chelicerata). La laguna Pomacanchi 9 especies de macroinvertebrados bentónicos comprendidas en 2 phylums: Phylum mollusca y phylum Arthropoda (subphylum crustacea). La laguna Loriscota 12 especies de macroinvertebrados bentónicos comprendidas en 4 Phylums y 2 subphylums: Phylum Mollusca, Phylum Arthropoda (subphylum crustacea, hexápoda e insecta), Phylum Nematoda, Phylum Annelida. Y la laguna Imiria 8 especies de macroinvertebrados bentónicos comprendidas en 2 Phylum: Phylum Annelida y Phylum Arthropoda (subphylum crustacea e insecta). La laguna Loriscota es la que presentaba mala calidad de agua (Envirolab Perú S.A.C., 2010).

### **1.3 Formulación del problema de investigación.**

¿Se puede evaluar la calidad del agua en lagunas de la cabecera de cuenca del río Rímac y cuenca del Mantaro de la Región Central del Perú, mediante el uso de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la contaminación?

### **1.4 Delimitación del estudio.**

El estudio se realizó en la cuenca alta del río Mantaro y del río Rímac en lagunas entre 4 279 a 4 821 m.s.n.m.. El difícil acceso a las lagunas por la altitud, lo accidentado del terreno y el desconocimiento de rutas de acceso, así como el acceso restringido a las lagunas por empresas mineras fueron determinantes para el estudio de las lagunas .

### **1.5 Justificación e importancia de la investigación.**

Los cambios ecológicos en ambientes lenticos, por acciones antrópicas o por fenómenos naturales, alteran la estructura de la comunidad bentónica. La integración de la aplicación de indicadores biológicos (macroinvertebrados), junto con los análisis fisicoquímicos, en lo referente a la evaluación de la calidad de agua, se convierte en una alternativa altamente efectiva en la búsqueda de un mayor control y buen uso de la misma (Jaramillo, 1995).

La naturaleza sedentaria y sensibilidad de los macroinvertebrados a las perturbaciones permitirán realizar un análisis espacial de los efectos de parámetros fisicoquímicos (Roldan, 1988) y contaminantes saprobios (materia orgánica) para compararlos con otros cuerpos de agua lacustres y fluviales del mundo.

Complementariamente, los análisis biológicos referidos a estos organismos en función de su presencia o ausencia, han sido admitidos en diferentes cuerpos de agua de la Unión Europea y del mundo, motivo por el cual son recomendados en el establecimiento de sistemas de vigilancia y control de los ecosistemas hídricos (Leslie et al., 1999; Royer et al., 2001 y Ogbeibu & Oribhabor, 2002), además de resultar simples y de bajo costo.

En base a ello en el presente estudio propone, iniciar las bases para la construcción de una herramienta estandarizada por el estado que permita establecer la calidad y el estado ecológico de cuerpos de agua lenticos alto andinos, de manera que, a través de monitoreo de evaluación de la biota, se pueda preservar y conservar de manera responsable el estado actual de las lagunas alto andinas, con el fin de saber si las estrategias de mitigación en el manejo de efluentes mineros es acertada o no.

Este trabajo permitirá realizar una evaluación de las lagunas presentes en las cabeceras de cuenca del Rímac y Mantaro en la Región Central del país de los departamentos de Lima, Junín y Pasco, que conduzcan a determinar la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos y las condiciones fisicoquímicas de cada cuerpo de agua estudiado y discutir su posible asociación a los distintos estados de contaminación.

## **1.6 Objetivos**

### **1.6.1 Objetivo general.**

Evaluar la presencia de macroinvertebrados bentónicos en lagunas de la cabecera de cuenca del río Rímac y cuenca del Mantaro de la Región Central del Perú y su uso como bioindicadores de calidad de agua.

### **1.6.2 Objetivos específicos.**

- Caracterizar los factores fisicoquímicos de las lagunas de la cuenca alta del río Rímac y del Mantaro
- Analizar la diversidad y abundancia de macroinvertebrados bentónicos.
- Estimar la calidad de agua en base a los parámetros fisicoquímicos y macroinvertebrados como indicadores biológicos.

## **CAPÍTULO II.**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1 Fundamentos teóricos de la investigación**

La cantidad de agua que hay en la tierra es del orden de 1.385 millones de km<sup>3</sup>, de los cuales menos del 1% es agua dulce, fácilmente utilizable. De este limitado porcentaje el 38% corresponde a la humedad del suelo; el 52% a los lagos; el 8% de vapor atmosférico, el 1% de organismos vivos y 1% en ríos (Márquez, 1996; Orrego et al., 1999). Además de ello, el 81% del total se encuentra en forma sólida de glaciares y capas de hielo en la Antártida, zonas polares y cumbres nevadas. La conservación de estos ecosistemas acuáticos depende del adecuado balance entre la precipitación, la escorrentía, la infiltración y la evapotranspiración (Sánchez, 1999).

El Perú dispone anualmente de dos billones de metros cúbicos de agua, sin embargo, por nuestra geografía, la vertiente del Pacífico (donde reside el 66 % de la población) sólo cuenta con una disponibilidad de 2,2 % de acceso al agua (Autoridad Nacional Agua, 2014). Ante factores condicionantes como densidad poblacional, tipos de asentamientos, actividades productivas y sistemas tecnológicos, se presentan efectos como la desregulación de la disponibilidad espacial y temporal en la oferta hídrica, deterioro de las condiciones biológicas y fisicoquímicas del agua, conflictos intersectoriales e interterritoriales e imposibilidad de manejo integral de las cuencas. Nuestra geografía ha determinado la existencia de 159 cuencas hidrográficas en nuestro territorio, cada una de ellas tiene sus singularidades y necesidades de gestión de recursos hídricos adecuados, por ello, la Autoridad Nacional del Agua, a través del Proyecto de

Modernización de la Gestión de los Recursos Hídricos viene promoviendo la creación, instalación y gestión de los consejos de recursos hídricos por cuencas como uno de los modelos de gestión del agua más eficientes y adecuados para el país. A pesar de ello, la contaminación por minería, ganadería, agroquímicos, hidroeléctricas, etc.; está impactando negativamente los cuerpos de agua, las quebradas alto andinas y a las comunidades que dependen de este recurso vital para su alimentación o riego de sus campos.

La gestión y administración adecuada de los recursos hídricos obliga a conocer su comportamiento y respuesta ante las diferentes intervenciones antrópicas, siendo necesaria la implementación de métodos rápidos y económicos para el diagnóstico de las características de las fuentes de agua. Para este tipo de análisis se usan los bioindicadores, que son organismos puntuales y selectos de estrés ambiental que pueden evaluar y predecir los efectos de las modificaciones ambientales antes que el daño sea irreversible (McCarthy & Shugart, 1990).

Los macroinvertebrados bentónicos han adquirido una creciente importancia en el análisis de la calidad del agua, debido a que no sólo revelan las condiciones ambientales actuales, sino que actúan como reveladores de las condiciones en el tiempo (Alba, 1996). Estos organismos incluyen grupos como platelmintos, anélidos, artrópodos y moluscos. Los artrópodos constituyen el grupo más numeroso y entre estos las larvas y ninfas de insectos son las más importantes representadas por efemerópteros, odonatos, plecópteros, neurópteros, hemípteros, coleópteros, tricópteros, lepidópteros y dípteros (Margalef, 1983). Estos viven adheridos a hojas, rocas, en contacto con el sustrato y por lo tanto, con las

sustancias tóxicas que se encuentren en él, y que como resultado de sus estrategias de vida y su hábito sedentario, actúan como monitores continuos del lugar que habitan (Pavé & Márchese, 2005). Estos organismos bentónicos presentan una amplia distribución, ciclos de vida relativamente largos, de fácil identificación y apreciables a simple vista, lo que hace de ellos el grupo con más amplia aceptación como indicadores de la calidad del agua (Ghetti & Bonazzi, 1981).

Por ello se propone en este estudio, iniciar las bases para la elaboración de una herramienta estandarizada que permita establecer la calidad y el estado ecológico de cuerpos de agua lenticos alto andinos, de manera que, a través de monitoreo de la biota se permita su evaluación en relación a las condiciones de salubridad hídrica con fines de preservación de las lagunas alto andinas.

## **2.2 Marco conceptual**

### **2.2.1 Lagunas altoandinas**

Cerca del 27% de la superficie terrestre está cubierta por regiones montañosas las cuales contienen reservas glaciares y de agua dulce que proveen servicios ecosistémicos a las poblaciones humanas. Esta diversidad ecosistémica y climática que surgen de sus gradientes altitudinales los hace únicos (Loayza, 2013). En ese contexto se forman las lagunas altoandinas, que adoptan las características químicas de los terrenos que las contienen, presentando una variabilidad regional dependiendo de la región o país en el que se encuentren y a las presiones y usos a los cuales están sometidos. Debido a la heterogeneidad de factores que influyen en su funcionamiento ecológico, las lagunas altoandinas albergan muchas especies nuevas para la ciencia y su ecología e historia natural son aún poco estudiadas, por lo cual

su manejo y conservación demandan nuevas estrategias de gestión de estos ecosistemas (Encalada et al., 2011).

### **2.2.2 Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad de agua**

Los invertebrados son aquellos organismos que por su pequeño tamaño (0.1mm – 5mm) pueden ser retenidos en redes de malla de 100 a 500  $\mu\text{m}$  aproximadamente y que se pueden ver a simple vista. Muestran una gran variedad de adaptaciones que les permiten adherirse a sustratos sumergidos de ecosistemas acuáticos naturales o artificiales, lo que los lleva a presentar una alta diversidad taxonómica y una gran variedad de adaptaciones morfológicas que influyen en su comportamiento para aprovechar eficazmente los recursos tróficos del medio; alimentándose de materia orgánica particulada en forma de fragmentos de plantas, algas, bacterias y detritus que es producido dentro del fondo o suministrado desde fuentes externas como la vegetación de orilla y/o ornitofauna propia del lugar (Guevara et al. , 2006 ). Asimismo, se caracterizan por presentar distintas etapas del ciclo de vida, con etapas juveniles y adultas, en ambientes de agua y tierra, respectivamente. Los invertebrados acuáticos incluyen a moluscos (caracoles y almejas), crustáceos (camarones y cangrejos), algunas especies de gusanos (nematodos, planarias y anélidos), ácaros y un gran número de larvas y adultos de insectos (Hanson et al., 2010).

En los invertebrados tenemos a los macroinvertebrados conformados por organismos de un tamaño relativamente grande (visibles al ojo humano), no muy inferiores de 0,5 mm pero habitualmente mayores de 3 mm, que

comprenden principalmente artrópodos (insectos, arácnidos y crustáceos) y dentro de éstos dominan los insectos (en especial sus formas larvarias); también se encuentran oligoquetos, hirudíneos y moluscos (y con menor frecuencia celentéreos, briozoos o platelmintos). Este grupo es dominante en los ríos y también se encuentran en el litoral y fondos de lagos y humedales. Y los invertebrados de menor tamaño (en general inferior a 1 mm) conformado por los nematodos, rotíferos, cladóceros, ostrácodos, copépodos e hidrácaros, presentes principalmente en lagos y humedales.

Entre las ventajas de trabajar con invertebrados destacan, según Bonada et al. (2006): 1) su naturaleza sedentaria, permite un análisis espacial de los efectos de las perturbaciones en el ambiente, 2) el tiempo de desarrollo de sus ciclos de vida puede variar desde pocas semanas hasta varios años, permitiendo integrar los efectos de contaminación en sus comunidades y poblaciones a corto y largo plazo. 3) son el enlace para incorporar la energía contenida en el sedimento, que tiende a acumular elementos tóxicos, hacia los diversos niveles tróficos. 4) sensibilidad a elevados valores de contaminación de agua y sedimento por actividades industriales o mineras. Muchos invertebrados dulceacuícolas procesan las partículas orgánicas más densas que se hunden y proveen alimento para peces y otros invertebrados acuáticos. También sirven de alimento para animales terrestres, como arañas, aves y murciélagos (Zilli et al., 2005).

En el caso de los lagos, la comunidad litoral se considera más adecuada para la determinación del estado ecológico ya que refleja no solo las presiones relacionadas con la calidad del agua y el estado trófico sino también las presiones hidromorfológicas. Las experiencias existentes utilizan métricas sencillas, como el número de taxones en la muestra o la relación entre las abundancias relativas de diferentes grupos faunísticos.

### **2.2.3 Índices Bióticos**

Los índices bióticos son ampliamente utilizados en la evaluación de la calidad biológica de las aguas, en especial de los ríos. Estos índices asocian a los taxa presentes (familia, género, especie) con un valor numérico según su nivel de tolerancia. Este valor, a su vez es utilizado en conjunto con la riqueza taxonómica (índices cualitativos) o en combinación con las abundancias relativas (índices cuantitativos) para llegar a un valor final del índice (Springer, 2010). Los índices bióticos son herramientas de valoración de la calidad basados en la diferente respuesta de los organismos a las alteraciones del medio (grado de sensibilidad o tolerancia). La mayoría de índices bióticos se han elaborado para usarlos en un área geográfica concreta y, posteriormente, se han adaptado a otras zonas adecuando las listas de taxones y los valores de sensibilidad. En general los índices bióticos precisan muestreos cualitativos o semicuantitativos.

Entre los índices bióticos más utilizados cabe citar los siguientes: Trent biotic Índice (TBI) de Woodiwi (1964); Extended Biotic Índice (EBI) de Woodiwis, (1978); Biotic Score (BS) de Chandler (1970), Biological Monitoring Working Party (BMWP) y Average Score per Taxón (ASPT)

del National Water Council (1981) y Armitage et al. (1983) desarrollados para los ríos de Gran Bretaña; el índice VeT de Verneaux y Tuffery (1967) para los ríos de Francia; el Índice biótico Estesio (IBE) de Ghetti y Bonazzi (1981) para los ríos italianos; Belgian Biotic Index (BBI) de Pauw y Vanhooren (1983) para los ríos de Bélgica, etc.

Un índice que ha sido adaptado en los últimos años en varios países de Latinoamérica es el “BMWP” (“Biological Monitoring Working Party”), el cual fue desarrollado inicialmente para Inglaterra y luego adaptado para España por Alba & Sánchez (1988). Este índice se basa únicamente en la presencia de familias y sus valores de tolerancia asignados, totalmente independiente de la cantidad de géneros o individuos recolectados de cada familia, por lo que es de fácil aplicación. Otro índice ampliamente utilizado es el “FBI” (“Family Biotic Index”), desarrollado por Hilsenhoff (1988), el cual además toma en cuenta las abundancias de cada familia. El FBI, a diferencia del BMWP pondera el valor de tolerancia, ya que la cantidad de individuos recolectados se multiplica por el valor de tolerancia del taxón y se divide entre el total de individuos recolectados. Al igual que en los otros métodos, estos índices deben ser adaptados localmente y no se recomienda que sean aplicados a otra región sin previa modificación.

El Biological Monitoring Water Party (BMWP) de Colombia y el Andean Biological Index (ABI), son el resultado de la adaptación a la presencia y dominancia de las familias descritas para ríos de las zonas templadas, por lo que viene empleado en las regiones neotropicales.

El BMWP fue establecido en Inglaterra en 1970 con la finalidad de conocer la calidad del agua de acuerdo a la tolerancia de los macroinvertebrados a la contaminación orgánica. El puntaje va de 1 a 10 y requiere llegar al nivel de familia (Armitage et al., 1983), la suma del puntaje de cada familia da como resultado el valor del índice que tiene un significado de calidad. En base al conocimiento que se tiene de la fauna acuática en Colombia, Roldán (2002) adaptó el método para la zona de Antioquia, en donde propone utilizar el conocimiento de la fauna local de acuerdo a las exigencias de los macroinvertebrados encontrados en el BMWP definido para Inglaterra. El Índice establece valores altos de puntajes para las familias conocidas como intolerantes y modifica los puntajes para aquellas familias que solo existen en la zona neotropical, adaptando de este modo el índice para Colombia (Roldán, 2002).

El desarrollo del Índice ABI que se aplicó en el proyecto, forma parte de una investigación más amplia sobre la determinación del estado ecológico de los ríos altoandinos. El índice ECOSTRIAND (ECOLOGICAL STATUS RIVER ANDEAN) pretende valorar de forma global la calidad de todo el ecosistema fluvial, incluyendo la ribera además de la calidad de las aguas (Prat et al., 2009). Este índice desarrollado especialmente para los ríos andinos ubicados entre 2000 y 4000 msnm es un índice cualitativo que tiene como base científica el puntaje del índice BMWP Ibérico (Alba-Tercedor, 1997). El Índice presenta cambios en los puntajes asignados por el BMWP/Col para diferentes familias consideradas indicadoras de aguas oligo – mesotróficas, así como para familias consideradas indicadoras de aguas eutróficas

(Roldan 2002). Para el cálculo del índice se suman las puntuaciones parciales que se obtienen de la presencia de cada familia de macroinvertebrados y de esta forma se obtiene la puntuación global del punto de muestreo.

## CAPITULO III.

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Hipótesis central de la investigación.

La relación que existe entre la diversidad de macroinvertebrados bentónicos y los parámetros fisicoquímicos del agua es suficiente para estimar la calidad de agua de las lagunas de la cabecera de cuenca del río Rímac y cuenca del Mantaro de la Región Central del Perú.

#### 3.2 Variables e indicadores de la investigación

**Cuadro 1** Matriz de operacionalización de variables

Variable conceptual	Variable operacional	Indicadores
<b>Variable independiente</b> (Calidad del agua)	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Físicas y químicas</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Temperatura (°C)</li><li>▪ pH (unidad)</li><li>▪ Oxígeno (mgL<sup>1</sup>)</li><li>▪ Conductibilidad (µS/cm)</li><li>▪ Metales pesados (mg/L)</li></ul>
<b>Variable dependiente</b> (Macroinvertebrados)	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Riqueza de especies</li><li>▪ Abundancia</li><li>▪ Estructura comunitaria</li><li>▪ Indicadores biológicos</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Número de especies (S)</li><li>▪ Número de individuos por especie (N)</li><li>▪ Shannon-Wiener (H') y del índice de equidad de Pielou (J') índice de Margalef, índice de diversidad de Simpson</li><li>▪ Índice Biótico Andino (ABI)</li><li>▪ Análisis de similitud</li></ul>

### **3.3 Métodos de la investigación**

El método a utilizar es no experimental.

### **3.4 Diseño de la investigación**

El diseño de investigación es no experimental correlativo, donde primero se midieron las variables y luego, mediante pruebas y la aplicación de técnicas estadísticas, se estimó la correlación entre ellas.

Se identificaron los macroinvertebrados presentes en las lagunas muestreadas, se registraron los parámetros físicos y químicos del agua, para luego determinar si existe relación entre ambas.

### **3.5 Población y muestra**

La población para el presente estudio son las lagunas de la cuenca del río Rímac y de la cuenca del río Mantaro. La cuenca del Rímac tiene en total 191 lagunas entre naturales y reguladas (Rodríguez et al., 2013). En el caso de la cuenca del Mantaro presentan 6 717 lagos y lagunas (ANA, 2014) ambas cuencas son de gran importancia económica para el país.

Las muestras analizadas corresponden a 4 laguna de la cuenca alta del río Rímac y 12 laguna de la cuenca alta del río Mantaro dentro del Proyecto: “Monitoreo y evaluación de la calidad del agua en cabecera de cuenca del Río Rímac, lagos y lagunas de la Región Central del Perú para determinar organismos indicadores y marcadores moleculares de contaminación por metales pesados”, realizado por

la Universidad Mayor de San Marcos. Estas se tomaron en la época de estiaje, en junio y octubre del 2015.

### 3.6 Actividades del proceso investigativo

El proyecto tuvo una duración aproximada de 12 meses y se realizó bajo el siguiente esquema:

**Cuadro 2** Cronograma de actividades.

Etapas	Inicio	Término	Tiempo
Recolección de muestras	01-04-2015	30-12-2015	09 meses
Identificación de macroinvertebrados	01-01-2016	30-12-2016	12 meses
Análisis de datos	01-01-2017	30-06-2017	06 meses
Redacción del informe	01-07-2017	30-01-2018	07 meses
Presentación y sustentación del informe	01-02-2018	28-02-2018	01 mes

### 3.7 Técnicas e instrumentos de la investigación

#### 3.7.1 Elección de Estaciones de muestreo

Se estableció una estación de muestreo en cada laguna, para la elección de las estaciones se consideró la presencia de tributarios, la gradiente altitudinal, la influencia de actividad antropogénica (desagües, mineras, piscigranjas, zonas de ganado, agrícolas y/o de esparcimiento, etc.) y la accesibilidad a las lagunas.

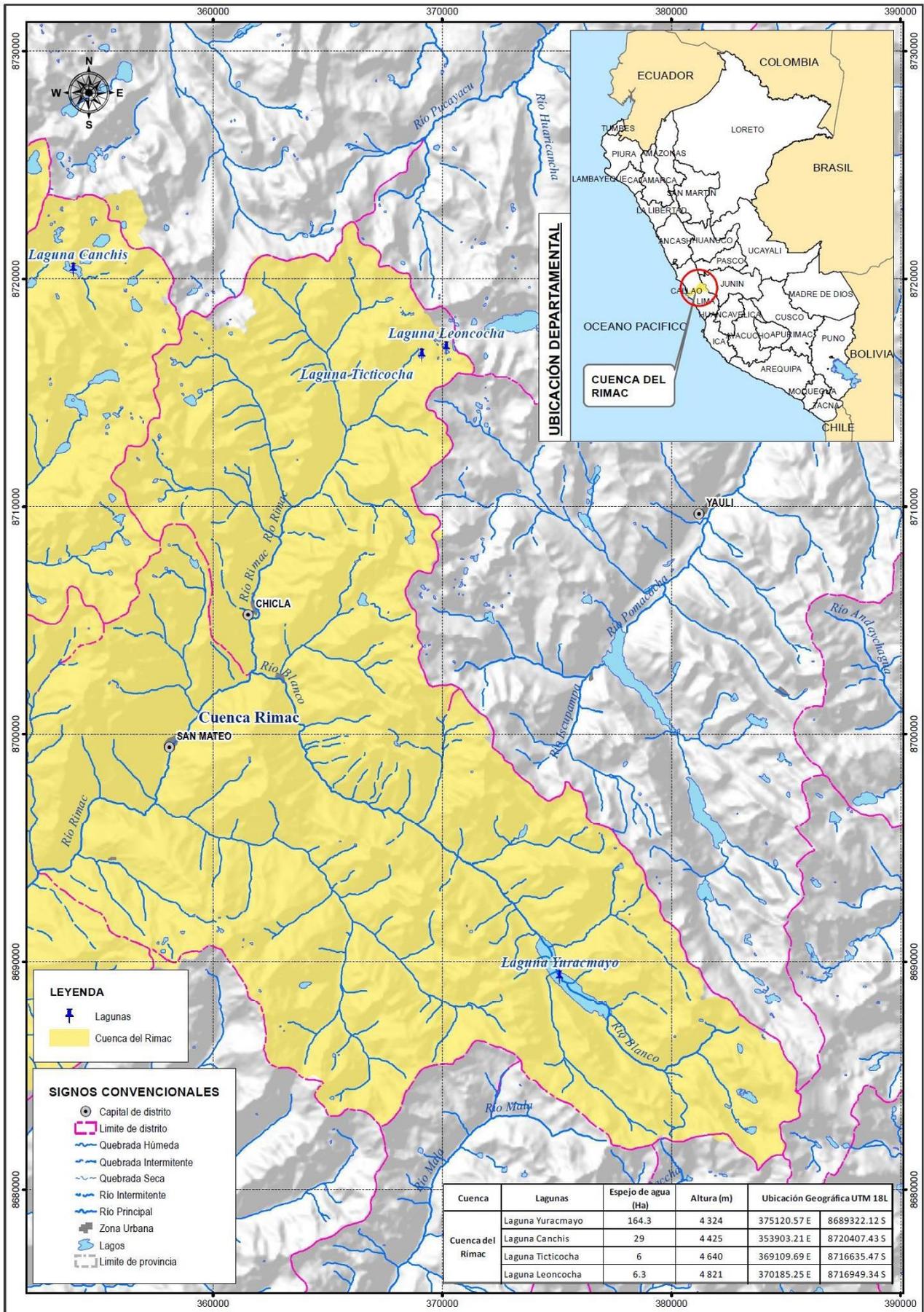
Se registraron datos de 16 lagunas, 4 lagunas del río Rímac (Gráfico 1) y 12 lagunas del río Mantaro (Gráfico 2 y 3), todas ellas georreferenciadas según el sistema de coordenadas sexagesimal (Datum WGS 84) (Cuadro 3), tomándose un total de 32

muestras (16 a inicios de la época seca y 16 al final de la época seca), cada una con 3 repeticiones.

Los muestreos se realizaron en época de estiaje (seca), entre junio y octubre, debido a que el número de individuos y especies es significativamente más alto en la estación seca que en la estación lluviosa (Jacobsen & Encalada 1998

**Cuadro 3** Ubicación geográfica de lagunas muestreadas en junio y octubre 2015.

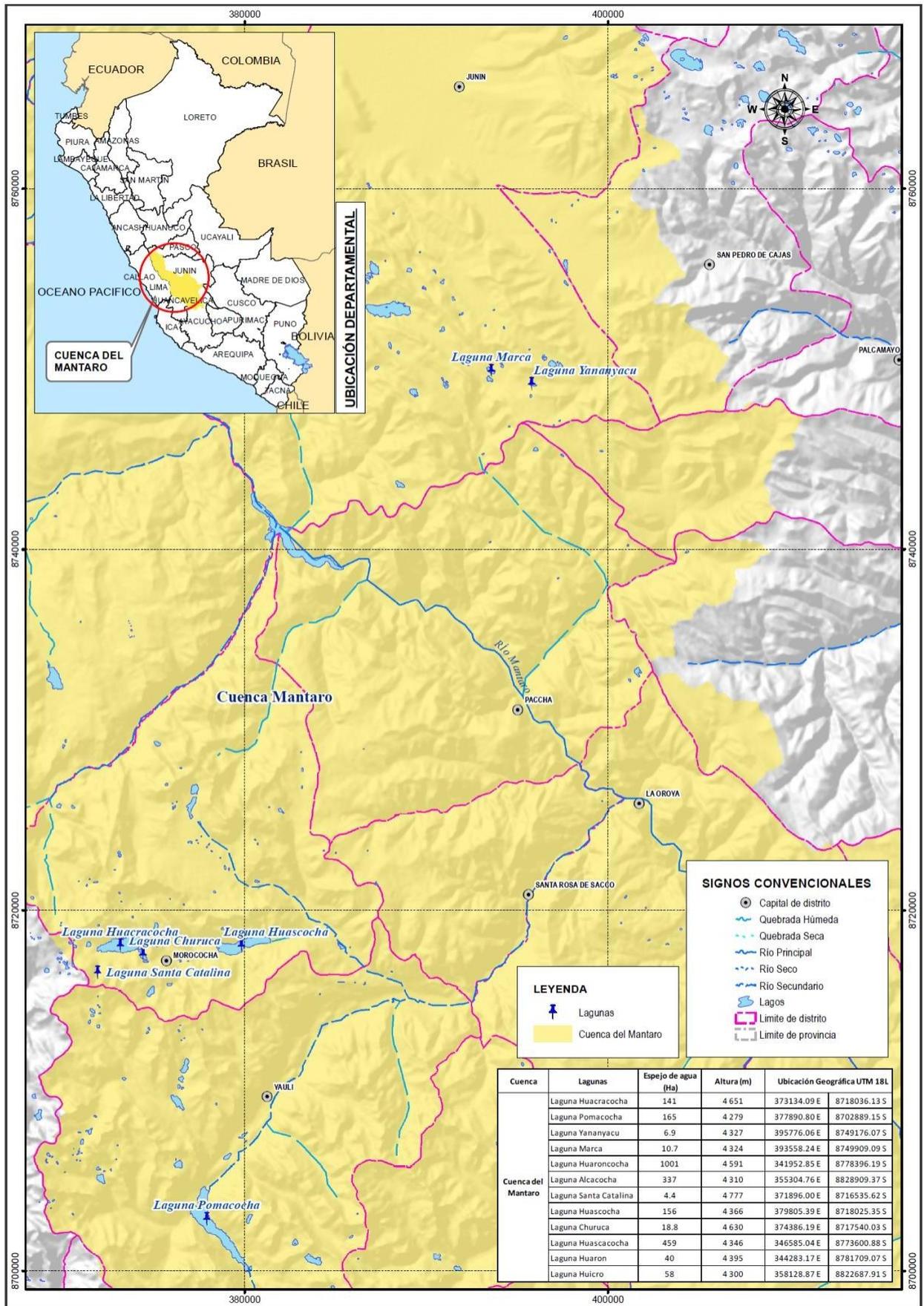
Cuenca	Lagunas	Espejo de agua (Ha)	Altura (m)	Ubicación Geográfica UTM 18L	
<b>Cuenca del Rímac</b>	Laguna Yuracmayo	164.3	4 324	375120.57 E	8689322.12 S
	Laguna Canchis	29.0	4 425	353903.21 E	8720407.43 S
	Laguna Ticticocha	6.0	4 640	369109.69 E	8716635.47 S
	Laguna Leoncocha	6.3	4 821	370185.25 E	8716949.34 S
<b>Cuenca del Mantaro</b>	Laguna Huacracochoa	141.0	4 651	373134.09 E	8718036.13 S
	Laguna Pomacocha	165	4 279	377890.80 E	8702889.15 S
	Laguna Yananyacu	6.9	4 327	395776.06 E	8749176.07 S
	Laguna Marca	10.7	4 324	393558.24 E	8749909.09 S
	Laguna Huaroncocha	1001.0	4 591	341952.85 E	8778396.19 S
	Laguna Alcacocha	337.0	4 310	355304.76 E	8828909.37 S
	Laguna Santa Catalina	4.4	4 777	371896.00 E	8716535.62 S
	Laguna Huascocha	156.0	4 366	379805.39 E	8718025.35 S
	Laguna Churuca	18.8	4 630	374386.19 E	8717540.03 S
	Laguna Huascacocha	459.0	4 346	346585.04 E	8773600.88 S
	Laguna Huaron	40.0	4 395	344283.17 E	8781709.07 S
	Laguna Huicro	58.0	4 300	358128.87 E	8822687.91 S



**Grafico 1** Mapa de ubicación de las lagunas Yuracmayo, Canchis, Ticticocha y Leoncocha en la Cuenca del Río Rímac.



**Grafico 2** Mapa de ubicación de las lagunas Alcacocha, Huicro, Huaron, Huaroncocha y Huascacochoa en la Cuenca del Mantaro.



**Gráfico 3** Mapa de ubicación de las lagunas Marca, Yananyacu Huacracocha, Huascocha, Churuca, Santa Catalina y Pomacocha en la Cuenca del Mantaro.

### **3.7.2 Caracterización fisicoquímica del agua**

En cada una de las estaciones de muestreo se midieron *in situ* los principales parámetros fisicoquímicos: Temperatura del agua, conductividad eléctrica, Sólidos Suspendidos Totales (SST) y pH con un medidor multiparámetro Hanna (Modelo HI 98129). Todas las mediciones se realizaron antes de la toma de muestras biológicas.

### **3.7.3 Concentración de metales pesados**

Como parte del monitoreo de calidad del agua se colectaron muestras de agua, y sedimento para análisis de metales pesados. Las muestras de sedimentos se colectaran en bolsas con cierre hermético, en el caso de las muestras de agua se sumergió un frasco de plástico, luego se llenó hasta 1 litro y se agregó 1,5 ml ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) para conservar la muestra hasta su análisis. Ambas muestras se transportaron en recipientes con hielo hasta su análisis en un laboratorio especializado.

La concentración de metales pesados como Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Berilio, Boro, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cobre, Cromo, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Plomo, Selenio, Talio, Vanadio y Zinc; se determinó en un laboratorio acreditado por INDECOPI, mediante espectrofotometría de emisión por plasma basado en el EPA Method SW-846 Test Methods for Evaluating Solid Waste, Physical/Chemical Methods (1996).

### **3.7.4 Muestreo de macroinvertebrados acuáticos**

Se aplicó el Protocolo de Muestreo y análisis de Invertebrados Bentónicos de la Confederación Hidrográfica del Ebro de España (Alba et al, 2005), en donde se utiliza un método de recolección de tipo cuantitativo (con 3 réplicas por puntos de muestreo) para la zonas de lagos y lagunas. Se muestreo en dos tipos de sustratos: sustrato de fondo (piedra, arena, lodo) y el de macrofitas acuáticas (flotantes, emergentes y sumergidas).

El muestreo se realizó en el litoral de la laguna en un área que abarcó 100m y hasta 1m de profundidad, con una red de mano (D-net) moviéndola en forma de barrido sobre la vegetación y el fondo. Seguidamente se procedió a lavar el material recolectándolo en mallas de 500 y 100 micras para eliminar el exceso de lodo facilitando la identificación y conservación del material. Adicionalmente se recogieron los organismos adheridos a piedras, vegetación y otros objetos que hubiera en el lugar. Las muestras se conservaron en alcohol al 90% en recipientes de plástico de 500ml debidamente rotulados, para evitar la acción de los carnívoros, especialmente de plecópteros (Perlidae), odonatos, heterópteros (népidos), coleópteros (Adephaga), tricópteros (Rhyacophylidae), megalópteros (Sialidae), entre otros. El alcohol de la muestra de campo se cambió por nuevo alcohol de 70%, al llegar al laboratorio.

### **3.8 Procedimiento para la recolección de datos**

En el laboratorio la identificación taxonómica se realizó hasta el nivel más bajo posible, presentando un inventario faunístico por cada muestreo con el fin de analizar la variación temporal. Se contabilizo el número total de individuos de

cada taxón para cada periodo de estudio. Los organismos se almacenaron en viales de 5mL debidamente rotulados con alcohol al 90% y finalmente, se cuantificó el número de organismos por taxón identificado con la ayuda de un estereoscopio y microscopio digital LEICA, creándose una matriz de datos para los análisis estadísticos correspondientes

La identificación en clases, órdenes y familias de macroinvertebrados bentónicos se realizó de acuerdo a Domínguez & Fernández (2009), Roldán (1996), Merritt et al. (2008) y Borkent & Spinelli (2007). La identificación de subfamilias de Chironomidae, de acuerdo a Prat et al. (2011). La identificación de géneros de Ephemeroptera se hizo de acuerdo a Domínguez et al. (2006). La identificación de géneros de Trichoptera, de acuerdo a Huamantínco & Ortiz (2010). La identificación de géneros de Coleóptera, de acuerdo a Manzo (2005) y Manzo & Archangelsky (2008).

### **3.9 Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

#### Riqueza específica (S) y abundancia (N) de individuos por estaciones de muestreo

La riqueza específica de macroinvertebrados bentónicos se obtuvo mediante el conteo total de las especies (o taxa) identificadas (Moreno 2001). La abundancia de macroinvertebrados bentónicos mediante el conteo del número de individuos por cada taxón identificado (Moreno, 2001). Aplicando para este análisis el software Past 3.15- Current version (March, 2017).

### Estructura comunitaria

La comunidad de macroinvertebrados bentónicos se analizó a través del índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ), índice de diversidad de Simpson, el índice de equidad de Pielou ( $J'$ ) y el índice de diversidad de Margalef. Para realizar estas pruebas se utilizó el programa estadístico IBM SPSS 19.

#### *Índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ):*

La diversidad de especies de una comunidad, se mide tanto por la heterogeneidad como por la uniformidad de éstas (Peet, 1974), y está formado por dos componentes: la variación de especies y su abundancia relativa (Krebs, 1989 – Magurran, 1991). Por ello, la diversidad de especies puede medirse registrando el número de especies, describiendo su abundancia relativa o usando una medida que combine ambos componentes. El índice de Shannon – Wiener ( $H$ ) o índice de diversidad de Shannon, se calcula con la siguiente fórmula (Branco, 1984):

$$H' = -\sum P_i * \ln P_i$$

Dónde:

$H'$  = Índice de Shannon-Wiener

$P_i$  = Abundancia relativa

$\ln$  = Logaritmo natural

De esta forma, el índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia). Este índice registra valores de 0 a 5, donde 0 es cuando no hay diversidad y 5 diversidad alta.

***Índice de diversidad de Simpson (1-D):***

También conocido como el índice de la diversidad de las especies o índice de dominancia, su valor varía de 0 a 1 donde 1 es alta diversidad y 0 baja diversidad, es uno de los parámetros que nos permiten medir la riqueza de organismos. Manifiesta la probabilidad que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes (Magurran, 1988; Peet, 1974). Como su valor es inverso a la equidad, la diversidad puede calcularse como 1-D (Lande, 1996). Aunque a veces también se encuentra con el símbolo  $\lambda$ . Para calcular el índice de forma apropiada se utiliza la siguiente fórmula:

$$1-D = 1 - \lambda \sum P_i^2$$

Dónde:

$1-\lambda$  = Índice de Simpson

Pi = Abundancia relativa

***Índice de Equidad de Pielou (J):***

Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran, 1988). El índice de equidad se calculó de la siguiente manera:

$$J = H'/H' \max$$

Dónde:

J= índice de equidad de Pielou

H'= Índice de diversidad de Shannon-Wiener

H' max= ln (S).

S= número de especies

### *Índice de diversidad de Margalef (DMg)*

Transforma el número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra. Supone que hay una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos  $S=k_N$  donde  $k$  es constante (Magurran, 1988). Si esto no se mantiene, entonces el índice varía con el tamaño de muestra de forma desconocida. Usando  $S-1$ , en lugar de  $S$ , da  $DMg = 0$  cuando hay una sola especie.

$$DMg = (S-1)/\ln N$$

Dónde:

$S$  = número de especies

$N$  = número total de individuos

Valores inferiores a 2.0 son considerados como relacionados con zonas de baja biodiversidad (en general resultado de efectos antropogénicos) y valores superiores a 5.0 son considerados como indicativos de alta biodiversidad.

### *Índice de dominancia D*

El índice de dominancia se basa en la probabilidad de que dos organismos tomados al azar sean de la misma especie sea baja. Sus valores estarán entre 0 y 1, donde el valor máximo de 1 se obtiene cuando solamente hay una especie, y los valores con aproximación a cero se obtienen cuando existen numerosas especies y ninguna de ellas es dominante.

El cálculo de éste índice se obtuvo a partir de:

$$D = \sum \frac{(n(n-1))}{(N(N-1))}$$

Dónde:

$n$  = es el número de individuos en la  $i$ -ésima especie

$N$  = número total de individuos

### *Índice de Bray-Curtis (1957)*

Para determinar la similitud de la composición de diversidad entre las localidades de muestreo y cada laguna se utilizó la medida de distancia de Bray-Curtis, que usa abundancias. Este índice se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$S_B = 1 - \left[ \frac{\sum |X_{ij} - X_{ik}|}{\sum (X_{ij} + X_{ik})} \right]$$

Donde:

$S_B$  = Similitud por método de Bray-Curtis

$X_{ij}$  y  $X_{ik}$  = Número de individuos de la especie  $i$  en la muestra  $j$  y en la muestra  $k$ .

Este índice de similitud fue seleccionado por ser el más utilizado en este tipo de estudios. En una comparación matemática con otros índices de similitud basada en abundancia empleados para la comparación de comunidades, el índice de Bray-Curtis resultó el más confiable. (Bloom, 1981). Para realizar estos análisis se utilizó el software estadístico Primer 6 Versión 6.1.6.

### Índice Biótico Andino (por sus siglas en inglés ABI)

Es una propuesta de índice biótico cualitativo usado para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental y estudios ecológicos (Acosta et al., 2009); este índice es una adaptación del BMWP (Biological Monitoring Working Party) para ríos de la zona de los Andes con altitudes mayores a 2000 msnm, que cuenta con una lista taxonómica de invertebrados bentónicos para esta zona (Prat et al., 2009, Cota et al., 2002).

El ABI asigna un valor de sensibilidad a la contaminación a cada familia (Cuadro 4) , de esta manera al encontrar una cantidad específica de familias el valor final de este índice será la sumatoria de los valores de sensibilidad (Rosero y Fossati 2009). (Cuadro 5). El rango de abundancia de cada familia se anotará utilizando el código del Cuadro 6 . Este rango se utiliza como referencia sobre la abundancia pero no tiene un efecto sobre el puntaje total de cada familia. Para la aplicación de este índice se debe realizar un muestreo multihábitat en campo, no se pueden usar datos de un solo tipo de hábitat debido que la intención es obtener la representación de casi todo el área de estudio y el muestreo debe de seguir hasta no encontrar nuevas familias (Acosta et al. 2009).

**Cuadro 4.** Lista de taxones y sus puntajes para cada uno de los índices.

Orden	Familia	ABI	BMWP/Col
Hydroida	Hydridae	10	10
Tricladia	Planariidae	5	7
Haplotaxida	Haplotaxidae	3	1
Glossiphoniiformes	Glossiphoniidae	1	3
Gastropoda	Lymnaeidae	3	4
	Planorbidae	3	5
Veneroida	Sphaeriidae	3	4
Amphipoda	Hyalellidae	6	7
Ephemeroptera	Baetidae	4	7
	Leptohyphidae	7	7
	Leptophlebiidae	10	9
Plecoptera	Grypoperygidae	10	10
	Neumoridae	7	7
	Perlidae	10	10
Megaloptera	Corydalidae	6	6
Coleoptera	Elmidae	5	6
	Psephenidae	5	10
	Ptilodactylidae	5	10
	Scirtidae	5	7
	Curculionidae	7	4
	Staphylinidae	3	6
Trichoptera	Anomalopsyshidae	10	10
	Calamoceratidae	10	10
	Ecnomidae	7	7
	Glossosomatidae	10	7
	Helicopsychoidea	10	8
	Hydrobiosidae	8	9
	Hydropsychidae	5	7
	Hydroptilidae	6	7
	Leptoceridae	8	8
	Limnephilidae	7	7
Odontoceridae	10	10	
Lepidoptera	Pyralidae	4	5
Diptera	Blephariceridae	10	10
	Ceratopogonidae	4	3
	Chironomidae	2	2
	Culicidae	2	2
	Dolichopodidae	4	4
	Empididae	4	4
	Muscidae	2	2
	Psychodidae	3	7
	Simuliidae	5	8
	Tabanidae	4	5
	Tipulidae	4	3
	Limoniidae	4	4

Fuente: Rosero y Fossati (2009)

**Cuadro 5** Clases de estado ecológico según el ABI en el Perú.

Rangos	Estado ecológico
>74	Muy Bueno
45-74	Bueno
27-44	Moderado
<27	Malo
<11	Pésimo

Fuente: Acosta et al. 2009.

**Cuadro 6:** Rango de individuos que se consideran para la aplicación de ABI.

Código	Rango de individuos
1	2 o menos
2	3 a 10
3	11 a 100
4	Mas de 100

Fuente: Rosero y Fossati (2009)

## **CAPITULO IV.**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1 Caracterización fisicoquímica del agua de las lagunas muestreadas**

Los resultados fisicoquímicos indican que el parámetro de mayor variación espacio-temporal en las lagunas estudiadas es la conductividad eléctrica (Cuadro 6). De acuerdo con Ronald (2007) se acostumbra a considerar que un coeficiente de variación superior a 25 % indica un alto grado de dispersión y por lo tanto poca representatividad de la media aritmética. Al comparar los parámetros fisicoquímicos se puede observar que los valores de temperatura, pH, oxígeno disuelto son más uniformes al presentar menor coeficiente de variación, mientras que la conductividad eléctrica presenta valores por encima de 25% por lo que este parámetro estaría influenciando en la riqueza y abundancia de la comunidad biótica principalmente en las lagunas Leoncocha, Yananyacu y Alcacocha.

La conductividad sirve como señal de ingreso de fertilizantes inorgánicos por su relación con las concentraciones relativas de los iones cloruro, sulfato y potasio (Pérez-Castillo<sup>1</sup> & Rodríguez, 2008). El valor de la conductividad se definió en base a los ECA establecidos por el Ministerio del ambiente quien pondera valores 1000 $\mu$ S/cm para lagos y lagunas como aguas no contaminadas. A la su gran variación los valores registrados en las lagunas están dentro de los límites, con un rango de 0.07 a 1.20  $\mu$ S/cm. (Cuadro 7)

**Cuadro 6** Coeficiente de Variación de parámetros fisicoquímicos registrados en las lagunas de la Cuenca del Río Rímac y Cuenca del Río Mantaro en los meses de junio y octubre del 2015.

Lagunas	Coeficiente Variación (%)			
	Temperatura del agua (°C)	pH (unidades)	Conductividad (µs/cm)	Oxígeno disuelto (mg/l)
Laguna Yuracmayo	9.47	10.70	20.92	6.60
Laguna Canchis	7.00	3.03	13.64	4.52
Laguna Ticticocha	19.89	13.94	21.40	6.40
Laguna Leoncocha	5.43	2.90	79.00	7.81
Laguna Huacracocha	15.16	15.57	6.03	4.14
Laguna Pomacocha	3.83	3.87	11.64	3.10
Laguna Yananyacu	22.14	2.15	42.66	6.09
Laguna Marca	5.72	2.55	18.02	6.94
Laguna Huaroncocha	6.10	2.45	17.54	8.41
Laguna Alcacocha	3.30	1.90	52.54	3.86
Laguna Santa Catalina	0.93	4.20	8.81	4.56
Laguna Huascocha	9.51	4.09	6.52	3.25
Laguna Churuca	4.47	7.70	8.48	7.06
Laguna Huascacocha	6.72	2.34	6.62	3.17
Laguna Huaron	5.15	6.43	6.34	4.92
Laguna Huicro	3.77	3.33	11.35	4.40

Los valores de las variables ambientales registradas se presentan agrupados por lagunas en los cuadros 7 y 8. Los resultados obtenidos registran pH menor a 6 unidades (aguas acidas) en las lagunas Huaron, Churuca y Santa Catalina (Cuenca del río Mantaro), Leoncocha y Canchis (Cuenca del río Rímac), en los dos muestreos lo que limitaría el desarrollo de la biota en sus aguas, a diferencia de las lagunas Huascacocha, Yananyacu, Alcacocha y Huaroncocha (Cuenca del río Mantaro) con aguas ligeramente alcalinas con pH entre 7.8 y 8.9 unidades.

Según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) del agua establecida por el Ministerio del Ambiente, el intervalo de pH de 6.5 a 9 unidades es apropiado para la subsistencia de muchos sistemas biológicos. Valores mayores a 9.0 y menores de 5.8 unidades producen limitaciones al desarrollo y a la fisiología de los organismos acuáticos (Chapman, 1996).

El pH y conductividad, son dos variables que influyen en la calidad del agua, indican ingreso de fertilizantes y procesos de eutrofización, si se asocian con los ciclos de fotosíntesis y respiración de las algas. Además, el pH altera la toxicidad de algunos compuestos, que de acuerdo con Chapman, (1996) afecta a compuestos como el amoníaco, al controlar su ionización, así como, la disponibilidad biológica de ciertos contaminantes, como los metales pesados.

La acidificación de las lagunas afecta primero a las especies ácido sensitivas, pero cuando el pH cae por debajo de 5 se incrementa las especies afectadas. La alcalinidad contrarresta la acidificación con limitado éxito, siendo escasas las especies ácido sensitivas que se registran (Allan y Castillo 2007). La biota de un cuerpo de agua puede ser influenciada directamente por cortos o sostenidos periodos de acidificación, o indirectamente por alteraciones en las proporciones de organismos ácido-sensitivos y ácido-tolerantes en diferentes niveles tróficos (Corbet 1999). De las familias registradas las especies ácido-tolerantes serían Planariidae, Limnesiidae, Hydrachnidae, Cyprididae, Hyalellidae, Corixidae, Cleridae y Chironomidae al registrar mayor abundancia en las lagunas con pH ácido.

La temperatura del agua presentó una variación entre 8 a 13°C con un promedio de 10.7°C en el primer muestreo y en el segundo de 9.0 a 14°C con un promedio de 11.7°C, el promedio de todas las lagunas, para los dos muestreos fue 11.18°C. Tomando este promedio como el valor en el que las especies propias del lugar están adaptadas y considerando 1,0°C como la máxima variación de la temperatura obtenida durante los muestreos, se evaluó el alejamiento de la temperatura del valor ideal para la biota y por lo tanto, se definió las categorías de calidad (Chocano, 2005).

Desde la perspectiva planteada, las temperaturas dentro del ámbito  $11 \pm 1,0^\circ\text{C}$ , corresponden a una condición normal para las lagunas, razón por la cual se les asigna la categoría de excelente. El doble de la máxima variación de la temperatura marca a los valores 13 y 9°C, como los límites hasta los cuales la temperatura se asocia con una condición buena para el ecosistema. Una alteración de cinco veces la máxima variación diaria se considera un estado no conveniente, por lo que las temperaturas por encima de 15°C o por debajo de 7°C son los valores a partir de los cuales el agua se clasifica como mala. Las lagunas Canchis, Pomacocha, Alcacocha, Churuca y Huicro se encuentran en la condición de excelente y las once restantes en la condición de buena, por lo que este parámetro no habría influenciado directamente en la riqueza y abundancia de especies.

La temperatura influye marcadamente en el comportamiento de plantas y animales y, por extensión, determina el lugar donde se distribuyen las especies en el sistema y cómo varía la comunidad biótica del cuerpo de agua en cada

estación (Jill et al. 2003). Los patrones de circulación y los gradientes de temperatura a su vez influyen sobre los ciclos de nutrientes, sobre la distribución del oxígeno disuelto, por ejemplo el agua fría puede contener más oxígeno disuelto que el agua caliente (Moun y Moulton 1991) y sobre la distribución y el comportamiento de los organismos.

Se observa una marcada tendencia espacial decreciente para el oxígeno disuelto en las lagunas, variando de 9.2 a 7.2 mgL<sup>1</sup>, en el primer muestreo y en el segundo muestreo de 9.0 a 6.8 mgL<sup>1</sup>, por lo que esta variable es considerada altamente representativa en la calidad de agua de las lagunas. Según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) del agua establecida por el Ministerio del Ambiente para la categoría 4 lagos y lagunas, establece como valor mínimo  $\geq 5$  mgL<sup>1</sup>, estando los valores registrados dentro de los rangos establecidos en ambos muestreos.

De acuerdo con Moun & Moulton (1991) que la mayoría de los organismos acuáticos necesita una concentración  $>1$  mgL<sup>1</sup> para sobrevivir y de 4 a 5 mgL<sup>1</sup> para evitar el estrés. Así mismo que a una temperatura de 8 a 13°C y salinidad cero el oxígeno varía de 10 a 13 mgL<sup>1</sup>, a su vez, la presión parcial de un gas es afectada por cambios en altitud (cambios en presión atmosférica) (UPRM, 2010). Esto explicaría por qué la concentración de oxígeno disminuye con la altitud, sin embargo es conveniente aclarar que dicha relación puede ser alterada por los procesos de fotosíntesis y respiración. Pérez & Rodríguez (2008) señalan que el oxígeno disuelto determina si en los procesos de degradación dominan los organismos aerobios o los anaerobios, lo que limita la

capacidad de autopurificación del agua, al mismo tiempo concentraciones bajas contribuirán a que los organismos sean más susceptibles al envenenamiento con metales pesados y plaguicidas.

En este estudio los factores significativos que caracterizaron a las lagunas altoandinas fueron la presencia de metales pesados, calidad de agua (parámetros fisicoquímicos) y la heterogeneidad del hábitat determinada por la presencia o ausencia de lluvias en la zona.

**Cuadro 7** Parámetros fisicoquímicos registrados en las lagunas de la Cuenca del Río Rímac y Cuenca del Río Mantaro en junio del 2015.

Lagunas	Temperatura del agua (°C)		pH (unidades)		Conductividad (µs/cm)		Oxígeno (mg/l)	
	Promedio	Coefficiente Variación (%)	Promedio	Coefficiente Variación (%)	Promedio	Coefficiente Variación (%)	Promedio	Coefficiente Variación (%)
Laguna Yuracmayo	11.5	4.35	6.5	7.69	0.15	33.33	8.7	3.33
Laguna Canchis	11.0	0.00	5.8	0.99	0.30	17.32	7.2	4.03
Laguna Ticticocha	8.0	5.18	6.3	0.92	0.24	8.80	8.7	3.33
Laguna Leoncocha	8.0	0.00	5.6	2.07	0.14	4.22	7.7	3.77
Laguna Huacracocho	13.0	2.28	5.7	2.70	0.33	7.70	9.2	3.15
Laguna Pomacocho	10.5	4.76	6.6	0.87	0.41	1.42	8.2	3.53
Laguna Yananyacu	9.0	6.38	7.8	2.66	0.11	14.32	7.7	7.53
Laguna Marca	13.0	8.66	7.3	3.46	0.30	21.65	7.8	3.69
Laguna Huaroncocha	12.0	8.33	7.8	1.89	0.15	3.77	8.2	4.72
Laguna Alcacocha	11.0	2.55	7.9	2.50	0.10	43.30	7.8	3.39
Laguna Santa Catalina	9.0	0.64	4.7	1.27	0.10	10.00	7.8	3.24
Laguna Huascocha	10.5	2.66	6.8	0.79	1.20	9.90	8.8	2.87
Laguna Churuca	11.4	1.01	4.5	1.12	0.60	10.19	8.0	6.25
Laguna Huascacocho	9.4	4.28	8.9	0.00	0.20	5.97	8.5	1.80
Laguna Huaron	13.0	2.25	5.6	9.78	0.80	6.93	7.7	3.77
Laguna Huicro	11.0	5.41	7.8	3.24	0.15	3.94	8.6	1.77

**Cuadro 8** Parámetros fisicoquímicos registrados en las lagunas de la Cuenca del Río Rímac y Cuenca del Río Mantaro en octubre del 2015.

Lagunas	Temperatura del agua (°C)		pH (unidades)		Conductividad (µs/cm)		Oxígeno (mg/l)	
	Promedio	Coefficiente Variación (%)	Promedio	Coefficiente Variación (%)	Promedio	Coefficiente Variación (%)	Promedio	Coefficiente Variación (%)
Laguna Yuracmayo	14.0	3.70	7.8	0.74	0.17	3.46	7.9	6.47
Laguna Canchis	12.0	4.68	5.5	1.04	0.29	1.97	6.8	4.22
Laguna Ticticocha	11.5	4.35	7.9	9.02	0.35	4.41	7.8	3.90
Laguna Leoncocha	9.0	2.27	5.7	3.51	0.80	0.68	6.8	5.24
Laguna Huacracocha	10.0	5.97	7.5	0.77	0.35	0.00	9.0	5.56
Laguna Pomacocha	11.0	2.66	7.1	1.41	0.50	4.00	8.5	0.00
Laguna Yananyacu	13.0	5.95	7.8	1.97	0.24	4.17	7.3	3.46
Laguna Marca	13.0	2.19	7.4	0.78	0.34	2.94	7.1	5.36
Laguna Huaroncocha	13.0	2.28	8.1	1.89	0.11	10.19	7.1	2.76
Laguna Alcacocha	12.0	4.35	8.0	2.50	0.07	22.91	7.5	3.37
Laguna Santa Catalina	9.0	1.29	4.5	1.27	0.09	0.00	7.3	2.86
Laguna Huascocha	13.0	2.25	7.3	0.79	1.10	1.82	8.4	2.06
Laguna Churuca	12.0	2.34	5.2	1.12	0.60	1.59	7.6	7.97
Laguna Huascacocha	10.0	5.59	8.8	0.00	0.20	3.27	8.2	3.53
Laguna Huaron	13.0	7.69	5.7	2.66	0.86	6.59	7.3	5.68
Laguna Huicro	11.0	0.00	7.4	1.55	0.18	6.54	8.0	1.25

#### 4.2 Concentración de metales pesados

La lagunas que registran valores de metales por encima del ECA establecido por el MINAM, son la laguna Yuracmayo en Magnesio y Zinc; Huaroncocha en Cobre, Manganeso, Plomo y Zinc; Santa Catalina en Cadmio, Manganeso, Plomo y Zinc; Huascacocha en Calcio, Cobre, Manganeso, Plomo y Zinc; Canchis en Aluminio, Cadmio, Cobre, Hierro, Manganeso, Plomo y Zinc; y Huaron en Antimonio, Boro, Cadmio, Calcio, Cobre, Cromo, Manganeso, Molibdeno, Plomo y Zinc.

Las lagunas presentan contaminación por actividad minera debido a la presencia de valores elevados de metales pesados en orden son Huaron, Canchis, Santa Catalina y Huascacocha. (Cuadro 9)

Los metales pesados son elementos presentes en el ambiente en bajas concentraciones, sin embargo las actividades humanas pueden incrementar su carga en los ecosistemas acuáticos. La contaminación de ambientes lenticos con residuos de metales pesados por parte de la industria minera se da por: Cadmio (Cd), Arsénico (Ar), Mercurio (Hg), Cromo (Cr), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Manganeseo (Mn), Zinc (Zn), Plata (Ag), entre otros. En el cuadro 8 se muestran los valores obtenidos para metales pesados en lagunas con pH ácido (Laguna Canchis, Santa Catalina y Huaron), lagunas con pH alcalino (Lagunas Huaroncocha y Huascacocha) y pH neutro laguna Yuracmayo.

Para la mayoría de los organismos acuáticos la exposición a metales pesados, por encima de una concentración umbral, puede ser extremadamente tóxica. Los de mayor importancia toxicológica y ecotoxicológica en los ambientes acuáticos son: Hg, As, Cr, Pb, Cd, Ni y Zn. Los iones de estos elementos suelen penetrar en la célula a través de los mismos sistemas de transporte que utilizan otros cationes metálicos fisiológicamente importantes (Ca, Mg, Cu y Zn). Dentro de la red trófica, los organismos fotosintetizadores o productores de los principales vías de acceso de los metales pesados a los consumidores (Moreno & Devars, 1999).

Los factores ambientales influyen en la captación y, por ende, en los efectos tóxicos del cadmio en los organismos acuáticos. Markert (1998) y Wilken (1998) señalan que al aumentar la temperatura aumentan la captación y los efectos tóxicos, mientras que el aumento de la dureza del agua los hace disminuir. Los efectos producidos en presencia de materia orgánica disuelta son variables. El cadmio interacciona con el metabolismo del calcio en los animales, no obstante, las concentraciones elevadas de calcio en el agua los protegen de la ingestión de cadmio por competencia en los lugares de captación. (Markert, 1998). El zinc aumenta la toxicidad del cadmio para los invertebrados acuáticos, afectando el crecimiento y la reproducción de invertebrados acuáticos, así como modificaciones estructurales en las branquias. Hay pruebas que demuestran la resistencia de los invertebrados acuáticos al cadmio (Castañé, Topalián, Cordero & Salibián, 2002)

**Cuadro 9** Valores de metales pesados registrados en las lagunas de las Cuenca del Río Rímac y Cuenca del Río Mantaro

Parámetro	Análisis de agua (ml/L)						ECA
	Lag. Yuracmayo	Lag. Canchis	Lag. Huaroncocha	Lag. Huascacocha	Lag. Santa Catalina	Lag. Huaron	
Aluminio	1.4	8	0.365	0.4735	1.1365	0.444	<b>**5</b>
Antimonio	<0.010	<0.010	<0.010	0.023	<0.010	0.147	<b>*0.64</b>
Arsénico	0.023	0.094	0.034	0.136	0.012	0.057	<b>*0.15</b>
Bario	0.05	<0.0003	0.05	<0.0003	0.01	0.02	<b>*0.7</b>
Berilio	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<b>**0.1</b>
Boro	0.028	0.108	0.05	0.1	0.019	1.093	<b>**1</b>
Cadmio	N.D.	0.015	N.D.	N.D.	0.008	0.006	<b>*0.00025</b>
Calcio	35.2	46.5	25.73	260	11.19	272.4	<b>***200</b>
Cobalto	<0.003	0.014	<0.003	<0.004	<0.003	0.005	<b>**0.05</b>
Cobre	0.016	0.9	0.012	0.137	0.031	0.3	<b>*0.1</b>
Cromo	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.88	<b>*0.011</b>
Hierro	1.567	16.22	1.953	1.434	1.35	1.054	<b>**5</b>
Magnesio	3.99	3.77	2.64	22	3.42	3.03	<b>**250</b>
Manganeso	0.28	1.551	1.1105	0.9925	3.4200	0.4915	<b>**0.2</b>
Mercurio	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<b>*0.0001</b>
Molibdeno	<0.004	<0.004	<0.004	0.01	<0.004	0.13	<b>*** 0.07</b>
Níquel	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	<0.013	<b>*0.062</b>
Plomo	N.D.	0.124	<0.058	0.101	<0.058	0.3	<b>*0.0025</b>
Selenio	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<b>*0.005</b>
Talio	<0.016	<0.016	<0.016	<0.016	<0.016	<0.016	<b>*0.0008</b>
Vanadio	<0.002	0.007	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<b>***0.12</b>
Zinc	0.183	1.634	0.136	0.191	2.226	0.982	<b>*0.12</b>

**Nota:**

ECA: Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM.

\* Categoría 4: Conservación de ambientes acuáticos.

\*\*Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.

\*\*\*Categoría 1: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

\*\*\*\*Norma Venezolana COVENIN 2408-86

### **4.3. Diversidad y Abundancia de macroinvertebrados bentónicos**

La zona litoral de las lagunas, comprende las aguas someras de la orilla y parte del fondo hasta donde penetra la luz solar, en esta zona crecen las plantas con raíces, y abunda el material flotante y depósitos orgánicos; es en general una zona con mayor presencia de organismos que otras. Aquí podemos encontrar más del 70% de la fauna bentónica de las lagunas ya que son pocos los macroinvertebrados que toleran condiciones en zonas profundas debajo del termoclima estacional, pero la micro y mesofauna puede ser abundante en aguas profundas. Así mismo la disponibilidad de oxígeno, heterogeneidad de hábitat y todos los recursos alimenticios son mayores en la zona litoral y por lo tanto importante para el estudio de la biodiversidad. (Tinajero, 2012)

La diversidad de cualquier sistema biológico se basa en la riqueza y la abundancia de los organismos presentes en el ambiente. La riqueza representa el número de especies diferentes, mientras que la abundancia se refiere a su distribución (Melo, 2008).

La comunidad de macroinvertebrados bentónicos muestreados registró a 25 taxón, 4 Phylum (Annelida, Platyhelminthes, Mollusca y Arthropoda), 10 Clases (Hirudinae, Oligochaeta, Turbellaria, Gastropoda, Bivalvia, Arachnida, Ostrácoda, Malacostraca, Insecta y Entognatha), 18 Órdenes (Arhynchobdellida, Rhynchobdellida, Haplotaxida, Lumbriculida, Tricladida, Basommatophora, Veneroidea, Trombidiformes, Aranae, Podocopida, Amphipoda, Trichoptera, Coleóptera, Hemíptera, Díptera, Ephemeroptera, Odonata y Colembola) y 40 familias. (Cuadro 10.)

Se registró una densidad de 8448 organismos de los cuales 5985 organismos (71%) pertenecen al primer muestreo y 2955 organismos (29%) al segundo muestreo. Esta disminución de la densidad de organismo se debe a la reducción del espejo de agua de las lagunas al finalizar de la época de estiaje, incrementándose los sedimentos y alterando la biota. En algunas lagunas como Huaroncocha, Huascacocha y Ticticocha, se registraron mayores densidades en el segundo muestreo, esto puede ser el resultado del desarrollo de organismos que pueden soportar un amplio rango de condiciones ambientales, Así mismo Bruno et al. (2005) señala que el incremento de la vegetación en la zona de muestreo propicia más estabilidad ambiental, alta depositación de detritos y mayor área de refugio contra depredadores.

En cuando a la abundancia de individuos la laguna Marca y Pomacocha presenta la mayor abundancia con 2 405 y 1 029 individuos y la laguna Huaroncocha con 897 individuos, las tres pertenecen a la Cuenca del Río Mantaro. (Cuadro 11 y 12)

El Phylum que presentó mayor representatividad en la comunidad béntica fue Artrópoda, debido a que presentó mayor riqueza taxonómica y abundancia con un registro de 31 especies (siete no determinadas) y 6524 organismos (73%); seguido del grupo Anélida los cuales presentan un registro taxonómico de 5 especies y 417 organismos (5%). (Cuadro 11, 12 y 13).

Las taxas que presentaron mayor representatividad a nivel de riqueza taxonómica fueron los órdenes Díptera con 12 especies (30%), Coleóptera con 5 especies (12.5%) y Hemíptera con 4 especies (10%), así mismo las especies de mayor distribución fue Chironomidae n.d. registrada en 13 lagunas, *Ectemnostega sp.*, en 12 en laguna y *Hydrachina sp.*, en 11 lagunas. Las lagunas Huaroncocha, Huascarcocha Yananyacu y Ticticocha presentaron un incremento de densidad en el segundo muestreo, este aumento se debe a la proliferación del Phylum Arthropodos (Cuadro 11, 12 y 13), en las familias Chironomidae, Corixidae y Hyalellidae, especies resistentes a contaminación por materia orgánica.

Es importante destacar que en las lagunas muestreadas la familia que predomino es Chironomidae, presentando la mayor densidad y riqueza de especies, pero la abundancia en el segundo muestreo es aún mayor. De acuerdo con Pinilla (2000) esto podría ser un indicador de perturbación en la calidad de agua, debido a que la especie que predomino fue *Chironomus sp.*, una especie indicadora de aguas de mala calidad

**Cuadro 10** Lista taxonómica de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos presentes en la Cuenca del Río Rímac y Cuenca del Río Mantaro.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	TAXÓN
ANNELIDA	Hirudinae	Arhynchobdellida	Erpobdellidae	Erpobdellidae n.d.
		Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	<i>Helobdella sp.</i>
	Oligochaeta	Haplotaxida	Tubificidae	Tubificidae n.d.
			Naididae	Naididae n.d.
		Lumbriculida	Lumbriculidae	Lumbriculidae n.d.
PLATYHELMINTHES	Turbellaria	Tricladida	Planariidae	<i>Dugesia sp.</i>
MOLLUSCA	Gastropoda	Basommatophora	Planorbidae	<i>Biomphalaria sp.</i>
			Physidae	<i>Physa sp.</i>
	Bivalvia	Veneroida	Sphaeriidae	<i>Sphaerium sp.</i>
ARTHROPODA	Arachnida	Trombidiformes	Limnesiidae	Limnesiidae n.d.
			Hydrachnidae	<i>Hydrachna sp.</i>
		Araneae	Lycosidae	<i>Diapontia sp.</i>
	Ostracoda	Podocopida	Cyprididae	<i>Eucypris sp.</i>
	Malacostraca	Amphipoda	Hyaellidae	<i>Hyaella sp.</i>
	Insecta	Trichoptera	Hydroptilidae	<i>Metrichia sp.</i>
			Limnephilidae	<i>Anomalocosmoecus sp.</i>
		Coleóptera	Dytiscidae	<i>Rhantus sp.</i>
			Gyrinidae	<i>Andogyrus sp.</i>
			Scirtidae	<i>Scirdae sp.</i>
			Oxytelinae	<i>Thinobius sp.</i>
			Curculionidae	Curculionidae n.d.
		Hemiptera	Corixidae	<i>Ectemnostega sp.</i>
			Aphididae	<i>Phyllaphis sp.</i>
			Aphididae	<i>Indiaphis sp.</i>
			Cleridae	<i>Necrobia sp.</i>
		Diptera	Empididae	<i>Hemerodromia sp.</i>
			Mesoveliidae	Mesovellidae n.d.
			Simulidae	<i>Simulium sp.</i>
			Ephydriidae	<i>Scatella sp.</i>
			Tabanidae	Tabanidae n.d.
			Ceratoponidae	Ceratoponidae n.d.
			Chironomidae	<i>Chironomus tentans</i>
			Chironomidae	<i>Chironomus sp.</i>
			Chironomidae	<i>Chironominae(Subfamilia)</i>
			Chironomidae	<i>Podonomus sp.</i>
			Chironomidae	<i>Orthoclaudiinae(subfamilia)</i>
		Chironomidae	<i>Tanypodinae(Subfamilia)</i>	
	Ephemeroptera	Baetidae	Baetidae n.d.	
	Odonata	Coenagrionidae	Coenagrionidae n.d.	
Entognatha	Colembola	Isotomidae	Isotomidae n.d.	
<b>4</b>	<b>10</b>	<b>18</b>	<b>40</b>	

**Cuadro 11** Densidad de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos presentes en las lagunas Alcacocha, Churuca, Huacracocha, Huaron, Huaroncocha y Huascarcocha en la Cuenca del Río Mantaro, a inicio y final del periodo de estiaje (05/06/15 y 24/10/15).

		5/06/2015				24/10/2015			
		R1	R2	R3	Promedio	R1	R2	R3	
ALCACOCHA	Arthropoda	106	110	101	106	59	59	59	59
	Mollusca	18	19	15	17	5	7	6	6
	<b>Total</b>	<b>124</b>	<b>129</b>	<b>116</b>	<b>123</b>	<b>64</b>	<b>66</b>	<b>65</b>	<b>65</b>
CHURUCA	Arthropoda	27	35	45	36	3	7	7	6
	Mollusca	2	5	4	4	0	0	0	0
	Platyhelminthes	1	1	1	1	0	0	0	0
	Annelida	1	0	1	1	0	0	0	0
	<b>Total</b>	<b>31</b>	<b>41</b>	<b>51</b>	<b>41</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>6</b>
HUACRACOCHA	Arthropoda	104	109	126	113	86	72	76	78
	<b>Total</b>	<b>104</b>	<b>109</b>	<b>126</b>	<b>113</b>	<b>86</b>	<b>72</b>	<b>76</b>	<b>78</b>
HUARON	Arthropoda	229	213	221	221	184	187	203	191
	Mollusca	25	22	24	24	11	16	14	14
	Platyhelminthes	22	17	19	19	12	12	13	12
	Annelida	4	5	3	4	7	5	6	6
	<b>Total</b>	<b>280</b>	<b>257</b>	<b>267</b>	<b>268</b>	<b>214</b>	<b>220</b>	<b>236</b>	<b>223</b>
HUARONCOCHA	Arthropoda	91	121	163	125	234	209	236	226
	Mollusca	0	12	15	9	10	15	17	14
	Platyhelminthes	0	12	13	8	1	0	1	1
	Annelida	3	7	7	6	20	14	16	17
	<b>Total</b>	<b>374</b>	<b>409</b>	<b>465</b>	<b>416</b>	<b>479</b>	<b>458</b>	<b>506</b>	<b>481</b>
HUASCARCOCHA	Arthropoda	30	32	34	32	51	44	36	44
	Annelida	13	13	15	14	23	12	17	17
	Platyhelminthes	2	3	1	2	1	2	2	2
	<b>Total</b>	<b>45</b>	<b>48</b>	<b>50</b>	<b>48</b>	<b>75</b>	<b>58</b>	<b>55</b>	<b>63</b>

Fuente: Elaboración propia.

R1, R2, R3 = Replicas 1, 2 y 3 respectivamente por laguna

**Cuadro 12** Densidad de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos presentes en las lagunas Huascocha, Huicro, Marca, Pomacocha, Santa Catalina y Yanayacu en la Cuenca del Río Mantaro, a inicio y final del periodo de estiaje (05/06/15 y 24/10/15).

Laguna	Phylum	5/06/2015				24/10/2015			
		R1	R2	R3	Promedio	R1	R2	R3	
HUASCOCHA	Arthropoda	85	83	68	79	50	48	48	49
	Platyhelminthes	8	8	12	9	2	5	3	3
	Annelida	9	10	8	9	12	8	10	10
	<b>Total</b>	<b>102</b>	<b>101</b>	<b>88</b>	<b>97</b>	<b>64</b>	<b>61</b>	<b>61</b>	<b>62</b>
HUICRO	Arthropoda	225	226	190	214	156	180	183	173
	Mollusca	93	102	87	94	104	113	116	111
	Platyhelminthes	10	12	7	10	4	3	3	3
	<b>Total</b>	<b>328</b>	<b>340</b>	<b>284</b>	<b>317</b>	<b>264</b>	<b>296</b>	<b>302</b>	<b>287</b>
MARCA	Arthropoda	1875	1626	1723	1741	523	515	604	547
	Mollusca	64	52	60	59	4	5	5	5
	Annelida	39	39	34	37	13	12	13	13
	Platyhelminthes	3	3	4	3	0	0	0	0
	<b>Total</b>	<b>1981</b>	<b>1720</b>	<b>1821</b>	<b>1841</b>	<b>540</b>	<b>532</b>	<b>622</b>	<b>565</b>
POMACOCHA	Arthropoda	427	423	456	435	430	400	375	402
	Mollusca	75	80	90	82	87	84	93	88
	Annelida	10	10	16	12	10	13	9	11
	<b>Total</b>	<b>512</b>	<b>513</b>	<b>562</b>	<b>529</b>	<b>527</b>	<b>497</b>	<b>477</b>	<b>500</b>
SANTA CATALINA	Arthropoda	232	226	209	222	130	149	168	149
	Mollusca	2	2	1	2	0	0	0	0
	Platyhelminthes	1	1	0	1	0	0	0	0
	Annelida	2	4	0	2	0	0	0	0
	<b>Total</b>	<b>237</b>	<b>233</b>	<b>210</b>	<b>227</b>	<b>130</b>	<b>149</b>	<b>168</b>	<b>149</b>
YANANYACU	Arthropoda	368	371	399	379	389	405	419	404
	Mollusca	20	17	18	18	24	23	25	24
	Platyhelminthes	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>Total</b>	<b>388</b>	<b>388</b>	<b>417</b>	<b>398</b>	<b>413</b>	<b>428</b>	<b>444</b>	<b>428</b>

Fuente: Elaboración propia.

R1, R2, R3 = Replicas 1, 2 y 3 respectivamente por laguna

**Cuadro 13** Densidad de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos presentes en las lagunas Canchis, Leoncocha, Ticticocha y Yuracmayo en la Cuenca del Río Rímac, a inicio y final del periodo de estiaje (05/06/15 y 24/10/15).

Laguna	Phylum	5/06/2015				24/10/2015			
		R1	R2	R3	Promedio	R1	R2	R3	
CANCHIS	Annelida	6	6	7	6	2	2	1	2
	Arthropoda	5	0	1	2	0	0	0	0
	Mollusca	2	1	0	1	0	0	0	0
	<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
LEONCOCHA	Arthropoda	295	316	342	318	298	301	338	312
	Platyhelminthes	27	28	35	30	23	24	30	26
	Annelida	20	22	26	23	18	19	20	19
	Mollusca	13	15	18	15	14	15	15	15
	<b>Total</b>	<b>355</b>	<b>381</b>	<b>421</b>	<b>386</b>	<b>353</b>	<b>359</b>	<b>403</b>	<b>372</b>
TICTICOCHA	Arthropoda	65	70	72	69	319	320	344	328
	Mollusca	54	44	53	50	37	37	29	34
	Annelida	31	29	20	27	37	34	34	35
	Platyhelminthes	15	14	18	16	2	3	4	3
	<b>Total</b>	<b>165</b>	<b>157</b>	<b>163</b>	<b>162</b>	<b>395</b>	<b>394</b>	<b>411</b>	<b>400</b>
YURACMAYO	Arthropoda	336	338	352	342	294	257	279	277
	Annelida	140	117	146	134	11	13	13	12
	Platyhelminthes	3	2	3	3	8	9	9	9
	<b>Total</b>	<b>479</b>	<b>457</b>	<b>501</b>	<b>479</b>	<b>313</b>	<b>279</b>	<b>301</b>	<b>298</b>

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a los invertebrados bentónicos “no artrópodos” registrados, los platelmintos se encuentran representados por *Dugesia sp.*, la que se reportó en 10 lagunas muestreadas (Cuadro 14). Alva (2005) señala que *Dugesia sp* son pequeños invertebrados muy resistentes a la polución orgánica, lo que permitió su amplia distribución en las diferentes lagunas estudiadas.

El Phylum Anélida, en la zona de estudiada, presentan dos clases: Oligochaeta y Hirudinea. Los Hirudineos estuvieron representados por Erpobdellidae, en 7 lagunas y Glossiphoniidae en 4 lagunas; las especies de estas familias son muy resistentes a poluciones orgánicas y no pueden ser usados como indicadores de

calidad (Alva, 2005). Los Oligochaetos viven en aguas poco profundas, oxigenadas y contaminadas por materia orgánica, como los Lumbriculidae y Tubificidae que viven en aguas polisaprobicas, en lagunas catalogadas de “malas a pésimas” (Pinillos, 2000; Encalada et al., 2011).

Los representantes del el Phylum Mollusca, están presentes en 11 lagunas estudiadas pero con pocos taxones (3), de los cuales los el género *Biomphalaria sp.*, está distribuido en 10 lagunas; De la lanza et al (2000) indica que este género tiende a habitar en aguas dulces pocos profundas y son indicadores de ambientes moderadamente contaminados, mientras los gasterópodos *Physa sp.*, encontrados en 6 lagunas y se caracterizan por vivir en aguas turbias, mesosaprobicas a polisapròbicas (Pinillos, 2000).

En el caso de los invertebrados bentónicos pertenecientes al Phylum Arthropoda, la clase Entognatha representada por la familia Isotomidae, que presentó los menores valores de abundancia en ambos muestreos con respecto a otros órdenes. Estos organismos son considerados terrestres, habitando hojarasca y vegetación ribereña con adaptaciones para vivir en la superficie del agua, ya que pueden ser llevados al ambiente acuático por acción del viento (Hanson et al., 2010 y Merrit et al., 2008), esto explicaría su poca abundancia. Loayza et al., (2010) señala que estos organismos son más resistentes a las condiciones ambientales alteradas por la presencia de metales pesados y pH acido, lo cual podría explicar su presencia en la laguna Leoncocha, que registra pH acido.

Los organismos de la Clase Ostracoda, como *Eucypris sp.*, son bentónicos excavadores que se arrastran en el fondo, muchos habitan en ambientes desde aguas limpias a medianamente contaminadas muy oxigenados. En cambio el Orden Amphipoda de la clase Malacostraca, representado por *Hyaella sp.*, vive en ambientes con materia orgánica, en zonas por encima de los 3500 msnm, (Acosta, 2009; Villamarín, 2008)

Con respecto a los artrópodos de la Clase Insecta, el Orden Ephemeroptera, solo se reportó una familia en este estudio (Baetidae) en la laguna Pomacocha. Con respecto a su importancia como bioindicadores, este ha sido considerado por muchos autores como uno de los órdenes más sensibles a la contaminación del agua, junto con Plecóptera y Trichoptera, sin embargo, existen familias que muestran una gran variedad de tolerancias a las condiciones ambientales, como Baetidae, la cual tolera un amplio rango de temperatura y, hasta cierto punto, contaminación orgánica (Flowers & De la Rosa, 2010). Dentro del Orden Trichoptera, se han reportado dos familias: Hydroptilidae y Limnephilidae estos organismos toleran contaminación orgánica y se les considera como indicadores de aguas oligo a eutróficas, caracterizadas por tener aguas neutra o alcalinas (Encalada et al., 2011). El Orden Coleóptera estuvo representado por cinco familias: Dystiscidae, Curculionidae, Gyrinidae, Scirtidae y Oxytelinae, presentando mayor abundancia a finales de la época de seca.

La Familia Curculionidae es considerada poco común en muestras de bentos (Domínguez et al., 2009), se registrada sólo a finales de la época seca. La Familia Dystiscidae fue la más abundante y es común en aguas lenticas; resisten

condiciones de contaminación, ya que poseen la propiedad de formar burbujas de aire debajo de los detritos (Roldán, 1996).

De las familias del Orden Díptera, destacan Simuliidae con alta sensibilidad a contaminantes (Domínguez *et al.*, 2006) y algunos géneros pertenecientes a Chironomidae, indicador de contaminación por materia orgánica (Roldán, 1996) y metales pesados (Loayza *et al.*, 2010). En general, este último orden se distribuyó en todas las lagunas muestreadas, puesto que es un grupo diversificado, con múltiples estrategias de alimentación y muy bien adaptado a diferentes factores ambientales o de stress (Merrit *et al.*, 2008 y Domínguez *et al.*, 2009). Sin embargo Terneus *et al.* (2012) reporta que dentro de esta familia existen varios géneros que se encuentran en aguas limpias con altas concentraciones de oxígeno.

La Familia Ephydriidae se encuentra presente mayormente sólo en la época seca, ya que según Encalada *et al.*, (2011) habitan zonas en donde el flujo de agua no es turbulento. También se reportó a la familia Empididae que es más diversa y abundante en regiones montañosas (Smith, 2012), donde la temperatura del agua es baja; esta familia es indicadora de aguas en estado de oligotrofia (Encalada *et al.*, 2011).

**Cuadro 14** Riqueza relativa de macroinvertebrados bentónicos evaluados en las 16 lagunas muestreadas en la Cuenca del río Rímac y Mantaro.

Phylum	Taxón	Lagunas																TOTAL
		HUARONCOCHA	SANTA CATALINA	HUACRACOCHA	CANCHIS	YURACMAYO	TICTICOCHA	CHURUCA	LEONCOCHA	MARCA	YANAN YACU	POMACOCHA	ALCACOCHA	HUASCOCHA	HUASCARCOCHA	HUICRO	HUARON	
ANNELEIDA	<i>Erpobdellidae n.d.</i>	X	X			X	X			X				X		X	7	
	<i>Helobdella sp.</i>	X	X			X			X								4	
	<i>Tubificidae n.d.</i>	X	X		X	X			X							X	6	
	<i>Naididae n.d.</i>		X		X					X		X					4	
	<i>Lumbriculidae n.d.</i>	X	X		X	X	X	X	X	X		X		X	X		11	
PLATYHELMINTHES	<i>Dugesia sp.</i>	X	X			X	X	X	X	X			X	X	X	X	11	
MOLLUSCA	<i>Biomphalaria sp.</i>	X	X		X		X	X	X	X	X	X			X	X	12	
	<i>Physa sp.</i>		X		X		X	X	X		X	X					7	
	<i>Sphaerium sp.</i>	X	X				X	X		X	X		X		X		8	
ARTHROPODA	<i>Limnassiidae n.d.</i>	X	X	X		X		X	X	X	X	X			X		10	
	<i>Hydrachna sp.</i>	X	X	X	X	X		X	X	X	X			X	X		11	
	<i>Diapontia sp.</i>		X		X			X		X							4	
	<i>Eucypris sp.</i>	X	X		X	X	X	X		X	X			X	X	X	11	
	<i>Hyalella sp.</i>	X	X			X	X		X	X	X		X			X	9	
	<i>Metrichia sp.</i>	X										X					2	
	<i>sp.</i>						X				X						2	
	<i>Rhantus sp.</i>	X		X		X			X	X	X			X		X	9	
	<i>Andogyrus sp.</i>			X						X							2	
	<i>Sciridae sp.</i>			X						X							2	
	<i>Thinobius sp.</i>			X				X	X		X						4	
	<i>Curculionidae n.d.</i>															X	1	
	<i>Ectemnostega sp.</i>	X	X	X				X	X	X	X		X	X	X	X	13	
	<i>Phyllaphis sp.</i>									X	X		X				3	
	<i>Indiaphis sp.</i>									X						X	2	
	<i>Necrobia sp.</i>	X						X		X						X	4	
	<i>Hemerodromiasp.</i>	X										X		X		X	4	
	<i>Mesovellidae n.d.</i>							X									1	
	<i>Simulium sp.</i>							X				X					2	
	<i>Scatella sp.</i>						X	X									2	
	<i>Tabanidae n.d.</i>					X											1	
	<i>Ceratoponidae n.d.</i>			X													1	
	<i>Chironomus tentans</i>		X						X				X	X			4	
	<i>Chironomus sp.</i>			X		X	X	X	X		X		X			X	8	
	<i>Chironominae n.d.</i>	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	14
	<i>Podonomus sp.</i>	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X				X	9	
	<i>Orthocladiinae n.d.</i>	X	X			X	X	X	X		X	X					7	
<i>Tanypodinae n.d.</i>	X	X		X						X						4		
<i>Baetidae n.d.</i>											X					1		
<i>Coenagrionidae n.d.</i>			X							X						2		
<i>Isotomidae n.d.</i>			X		X			X	X	X				X		6		
Riqueza de especies		19	13	13	4	17	19	15	14	25	14	12	8	7	8	61	10	13

#### 4.4 Índices de Diversidad

La alfa-diversidad es un parámetro que describe las especies encontradas en un determinado lugar (Forney et al., 2004). En relación a la riqueza de los 40 taxón registrados, la laguna Marca registro 62.5%, seguido de la laguna Huaroncocha y Ticticocha con 47.5%, siendo la laguna Canchis es la que presento la menor riqueza con 10%. (Cuadro 15)

Esta mayor riqueza es demostrada por los índices de Margalef quien mide la riqueza específica de un ecosistema basado en la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies en función del número de individuos existentes en la muestra analizada. Los mayores valores obtenidos fueron de 3.2 y 3.5 para la laguna Marca; 3.0 y 3.2 para la laguna Huaroncocha y 3.4 y 2.7 para la laguna Ticticocha (Cuadro 15) los que nos indican una riqueza medianamente diversa en estas lagunas. Según Branco (1984) valores cercanos y superiores a 5,0 son considerados como indicativos de alta biodiversidad y valores inferiores a 2,0 son considerados como relacionados con zonas de baja biodiversidad (en general resultado de efectos antropogénicos); como es el caso de la laguna Canchis que presento valores de 0

Para el estudio de la estructura de la diversidad se tomaron los resultados de los Índices de equidad tanto de Shannon-Wiener ( $H'$ ) y de Pielout ( $J'$ ), así como de Simpson, para los muestreos de las 16 lagunas. Los resultados muestran (Cuadro 15), que el  $H'$  con mayor valor fueron obtenidos durante el primer muestreo (inicio de época de estiaje), solo en la laguna Marca y Huaroncocha los valores del

segundo muestreo (final de época de estiaje) fueron mayores. Para el índice de Shannon – Winer ( $H'$ ) el valor máximo suele estar cerca de 5, pero hay ecosistemas excepcionalmente ricos que pueden superarlo, valores por encima de 3 son interpretados como “diversos”. A mayor valor del índice indica una mayor biodiversidad del ecosistema (Branco, 1984). Durante el estudio se presentaron valores que variaron de 1 a 2.3 bits/individuo ( $H'$ ); de las 16 lagunas muestreadas solo 3 se encuentran con 2 bits/individuo (Pomacocha, Ticticocha y Churuca), lo que indica ecosistemas medianamente diversos y 10 lagunas presentan valores menores a 2 bits/individuo lo que indica una baja diversidad y siendo menor los valores de las laguna Canchis y Santa Catalina que presentan  $H'$  menores a 1 bits/individuo. (Cuadro 14). Estos resultados están muy relacionados con la calidad de agua, Wilhm & Dorris (1968), sugieren la siguiente regla general para evaluar la calidad del agua:  $H' < 1,0$  – fuerte contaminación;  $H' = 1,0 - 3,0$  - contaminación moderada y  $H' > 3,0$  - agua sin contaminación. Por lo tanto los resultados obtenidos indican que todo el sistema presenta índices de contaminación moderada, y las lagunas Canchis y Santa Catalina presentan una fuerte contaminación

Los valores del índice de diversidad de Simpson varían de 0 a 1, donde cero baja diversidad y 1 alta diversidad, los valores registrados en el presente estudio varían de 0,4 a 0,8, solo en la laguna Canchis se encontraron valores de 0. Las lagunas que presentan valores moderados (0.8) son Huaron, Huaroncocha, Huicro y Pomacocha. Los valores decrecen en el segundo muestreo, manteniéndose constante solo en las lagunas Huaron, Huaroncocha y Pomacocha con 0.8, y en las

lagunas Huascarcocha y Yananyacu con 0.7. (Cuadro 14). Esta disminución en la mayoría de las lagunas se debe aparentemente por la reducción del espejo de agua y el ingreso de ganado que el que podría estar incrementando la materia orgánica.

Con respecto al índice de dominancia este varia de 0.1 a 1, presentando tendencia a 0 (Branco, 1084), la única laguna que presento valor de 1 fue Canchis, lo que indicaría la dominancia de una especie sobre la población, esto se debió a la presencia de solo 4 especies que determinarían la dominancia. Las lagunas que presentan valores bajos de 0.2 a 0.3 fueron Huacracocha, Huarón, Huaroncocha, Huascarcocha, Huicro, Leoncocha, Pomacocha y Yananyacu. Observando la tendencia a incrementarse la dominancia, en el segundo muestreo en las lagunas Alcacocha, Churuca, Huacracocha, Huascocha, Huicro, Leoncocha, Santa Catalina, Ticticocha y Yuraemayo, lo que indicaría deterioro de la calidad de agua. Manteniéndose constante solo en las lagunas Huaroncocha, Huascarcocha, Pomacocha y Yananyacu. (Cuadro 15)

Las lagunas estudiadas en su mayoría presentan valores que indican una tendencia de moderada a baja diversidad lo que se traduce a la presencia de factores perturbadores de su calidad de agua, por otro lado también presentan valores que indican una baja dominancia lo que puede responder a la poca presencia de especies, las que estarían distribuidas en forma relativamente homogénea (alta equidad). Sin embargo La laguna Canchis presenta valores muy bajos de diversidad y altos de dominancia, lo que indicaría la muy mala calidad de sus aguas.

**Cuadro 15** Índices de diversidad de macroinvertebrados bentónicos registrados en las 16 lagunas muestreadas en Cuenca del río Rímac y Mantaro a inicios (05/06/15) y finales (24/10/15) de la época de estiaje.

Lagunas	Fecha	Taxón	Individuos	Dominance	Simpson	Shannon	Margalef	Equitability
<b>Alcacocha</b>	5/06/2015	8	123	0.3	0.7	1.5	1.5	0.7
	24/10/2015	6	65	0.4	0.6	1.2	1.2	0.7
<b>Canchis</b>	5/06/2015	5	9	0.5	0.5	1.2	1.7	0.8
	24/10/2015	1	2	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Churuca</b>	5/06/2015	14	41	0.1	0.9	2.3	3.5	0.9
	24/10/2015	3	6	0.4	0.6	1.0	1.3	1.0
<b>Huacracocha</b>	5/06/2015	13	113	0.2	0.8	2.0	2.5	0.8
	24/10/2015	13	78	0.3	0.7	1.7	2.8	0.7
<b>Huaron</b>	5/06/2015	13	268	0.2	0.8	1.9	2.1	0.8
	24/10/2015	13	223	0.2	0.8	1.9	2.2	0.7
<b>Huaroncocha</b>	5/06/2015	16	148	0.2	0.8	1.8	3.0	0.7
	24/10/2015	19	258	0.2	0.8	2.2	3.2	0.7
<b>Huascarcocha</b>	5/06/2015	8	48	0.3	0.7	1.6	1.8	0.8
	24/10/2015	9	63	0.3	0.7	1.5	1.9	0.7
<b>Huascocha</b>	5/06/2015	7	97	0.3	0.7	1.6	1.3	0.8
	24/10/2015	7	62	0.4	0.6	1.3	1.5	0.7
<b>Huicro</b>	5/06/2015	10	317	0.2	0.8	1.8	1.6	0.8
	24/10/2015	10	287	0.3	0.7	1.5	1.6	0.7
<b>Leoncocha</b>	5/06/2015	14	386	0.2	0.8	1.8	2.2	0.7
	24/10/2015	14	372	0.3	0.7	1.8	2.2	0.7
<b>Marca</b>	5/06/2015	25	1841	0.4	0.6	1.4	3.2	0.4
	24/10/2015	23	565	0.3	0.7	1.8	3.5	0.6
<b>Pomacocha</b>	5/06/2015	12	529	0.2	0.8	2.0	1.8	0.8
	24/10/2015	12	500	0.2	0.8	2.0	1.7	0.8
<b>Santa Catalina</b>	5/06/2015	13	227	0.4	0.6	1.3	2.3	0.5
	24/10/2015	6	149	0.5	0.5	0.9	1.0	0.5
<b>Ticticocha</b>	5/06/2015	18	162	0.2	0.8	2.2	3.4	0.8
	24/10/2015	17	400	0.5	0.5	1.3	2.7	0.5
<b>Yananyacu</b>	5/06/2015	14	398	0.3	0.7	1.7	2.2	0.7
	24/10/2015	13	428	0.3	0.7	1.7	2.0	0.7
<b>Yuracmavo</b>	5/06/2015	17	479	0.2	0.8	1.7	2.6	0.6
	24/10/2015	17	298	0.6	0.4	1.1	2.8	0.4

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4 Índice de Bray Curtis

Para comparar la composición de las especies entre las lagunas muestreadas, se utilizó el índice de Bray-Curtis. El análisis de agrupamiento reveló similitudes bajas del 20% en relación a las especies en la Cuenca del Mantaro. Los conglomerados son más consistentes a una similaridad del 40% denotando una alta heterogeneidad ambiental, pese a ser lagunas de la misma cuenca, se observan la formación de solo 2 grupos. El primer grupo formado por Baetidae n.d., *Hemerodromia sp.*, *Metrichia sp.*, Orthocladiinae n.d., *Podonomus sp.* y *Physa sp.* El segundo grupo por *Andogyrus sp.*, *Sciridae sp.* y Ceratoponidae n.d., *Thinobius sp.*, *Diapontia sp.* y Tanypodinae n.d. (Gráfico 4)

En cuanto a la similitud de las especies de la Cuenca del río Rímac también se observa una baja similaridad, donde un gran número de especies no se agrupan. Los conglomerados que se forman con una similitud de 60%, son 4, el primer grupo formado por *Helobdella sp.*, Erpobdellidae n.d. y *Podonomus sp.*; el segundo grupo por Mesovellidae n.d. y *Necrobia sp.*; el tercer grupo por Lumbriculidae n.d., *Dugesia sp.*, Limnesiidae n.d., *Hydrachna sp.* y *Biomphalaria sp.*; el cuarto grupo por *Anomalocosmoecus sp.* y *Sphaerium sp.* (Gráfico 5). Estos grupos están conformados por especies propias de lagunas altoandinas.

El análisis de similitud espacial entre las lagunas reveló una tendencia a la agrupación de lagunas por cuencas (Gráfico 6), esto indica que existen diferencias en la composición de especies entre la cuenca del río Mantaro y la cuenca del río Rímac. Por otro lado también se observa que en las agrupaciones de lagunas

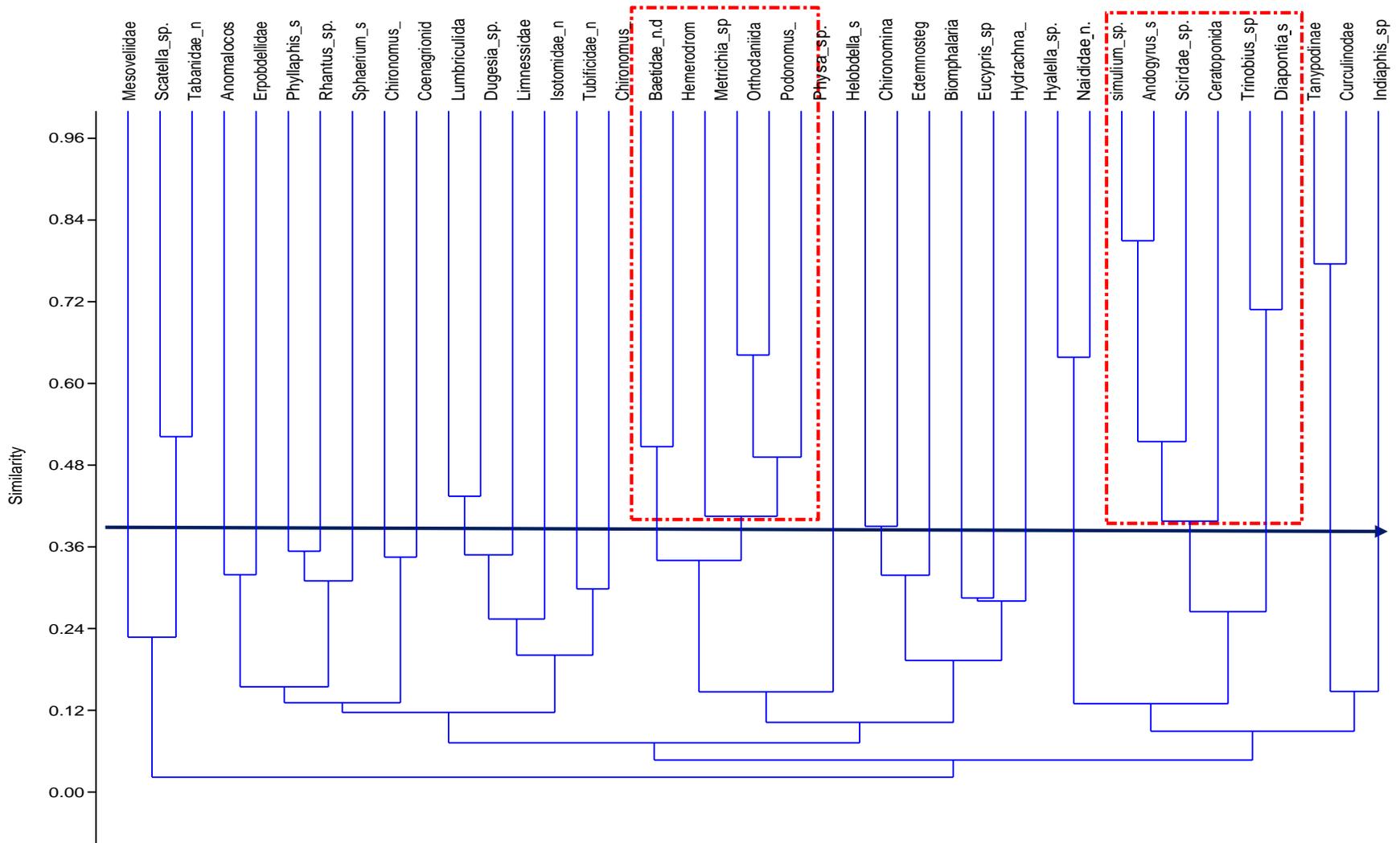
formadas para estas cuencas, presentan similitudes bajas (menos del 25% para Cuenca del Mantaro y 12 % para las lagunas de la cuenca del río Rímac). Esta baja similitud de las lagunas del río Rímac, se ve influenciado por la presencia de lagunas pertenecientes a la cuenca del río Mantaro (Huascacocha, Marca y Pomacocha), con quienes forman grupos con baja similitud pero que pueden agruparse, como la laguna Marca y Ticticocha (similitudes que varían de 24 % a 40%), lo que puede deberse a que en ambas lagunas se presentan el mayor número de especies reportados, y su variación de una comunidad a otra no son muy altas. Las únicas lagunas del río Rímac que podrían estar compartiendo una misma diversidad en un 60% son Yuracmayo y Leoncocha, las otras lagunas muestran una clara separación de las taxas reportadas (menos del 50%) debido probablemente a que las condiciones de sus hábitat son diferentes; esta similitud es menor con la laguna Canchis la cual se encuentra alejada del dendograma, presentando una similitud de aproximadamente menos del 5%.

Las lagunas de la cuenca del río Mantaro, también presentan bajas similitudes y no mostró una agrupación consistente, solo se observa la formación de tres grupos con similitudes mayores a 50% (grafico 6), Santa Catalina y Huicro (similitud 55%); Huaron y Huaroncocha (Similitud 57%) y Alcacocha y Huacracocha (Similitudes de 60%).

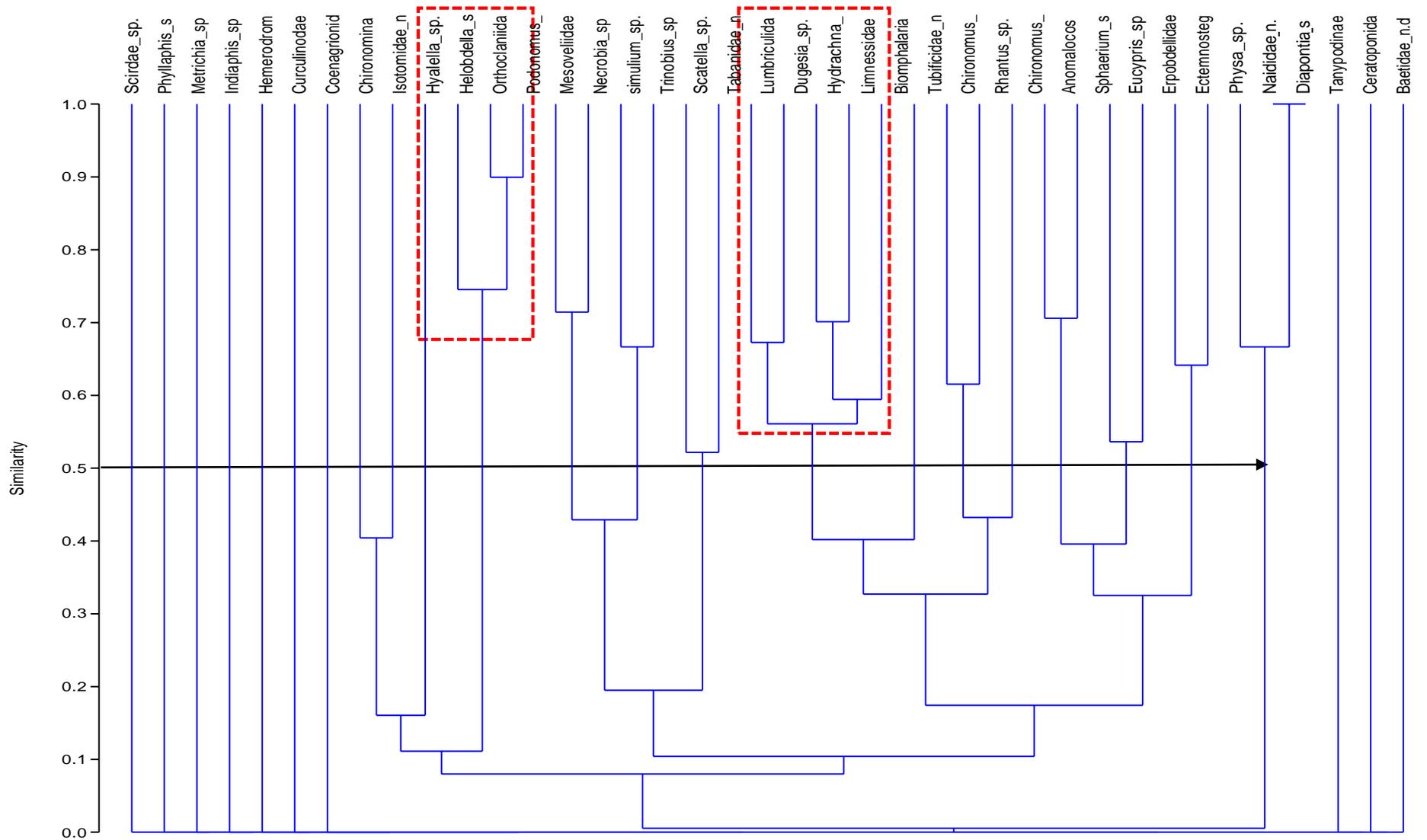
La variación temporal de las lagunas estudiadas, presentan casos de similitud con más de 90 % como las lagunas Leoncocha, Pomacocha, Yanancocha y Huicro, (Gráfica 6). Esto estaría indicando que las condiciones ambientales en estas

lagunas no presentaron variaciones significativas de un muestreo a otro. Sin embargo la mayoría de las lagunas presenta similitudes baja (menos al 50%) siendo aún menores las similitudes de la laguna Huascarcocha (por debajo del 30%), Canchis (30%), Churuca (25%), Marca (20%), Ticticocha (10%). Estos valores son resultado principalmente por la reducción o aumento de organismo, especialmente en su densidad, como el caso de Ticticocha donde aumento la densidad en 246%, Canchis disminuyo en 80% y Churuca que redujo un 84% su densidad.

En términos generales la similitud de las lagunas tanto espacial como temporalmente son baja indicando una heterogeneidad de habitat para los macorinvretebrados cuyo éxito estará basado en su adaptación a los cambios de las características de su medio. Los estudios realizados en zonas altoandinas coinciden en que la mineralización, la altitud y conservación del hábitat litoral determinan las características ambientales del medio y de la composición de las comunidades bentónicas que en él habitan (Jacobsen 2003, Ribera & Vogler, 2000).

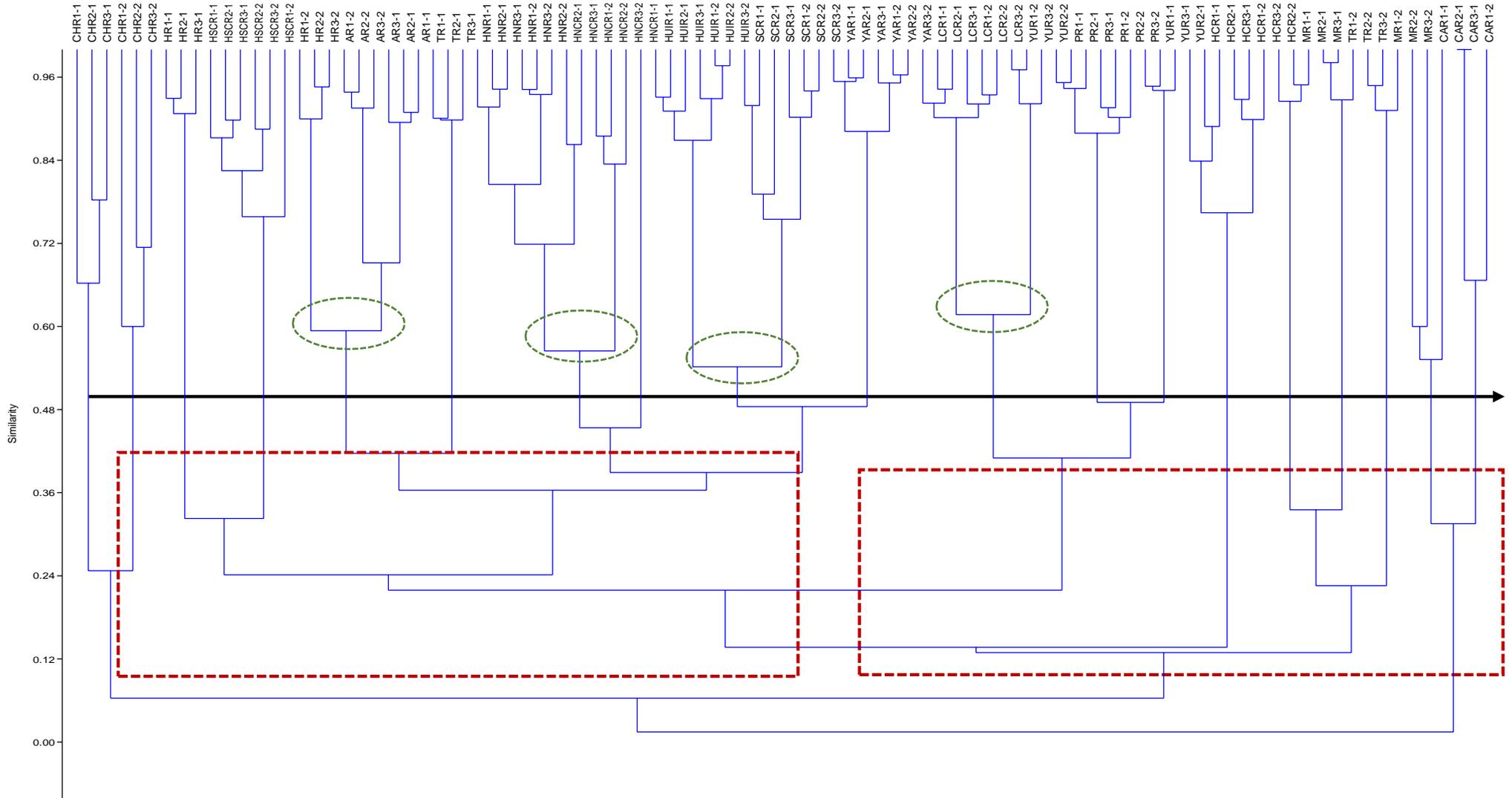


**Gráfico 4** Dendrograma de similitud de especies pertenecientes a la Cuenca del Río Mantaro, análisis Clúster por taxón



**Gráfico 5** Dendrograma de similitud de especies pertenecientes a la Cuenca del Río Rímac, análisis Clúster por taxón

**Gráfico 6** Dendrograma de similitud de las lagunas pertenecientes a las Cuencas del río Rímac y Cuenca del río Mantaro, análisis Clúster por lagunas comparando la composición de macroinvertebrados bentónicos en los dos muestreos.



#### 4.4 Índice Biótico Andino (por sus siglas en inglés ABI)

Según los valores del ABI obtenidos en la época seca, las lagunas muestreadas presentaron un estado ecológico de malo a bueno. (Cuadro 16). Se observa que las lagunas con estado ecológico bueno, tanto al inicio como al final de la época de estiaje, son Marca, Huascocha y Huaroncocha, (cuenca del Mantaro) y Yuracmayo (Cuenca del Rímac). Estos resultados en algunos casos coinciden con una riqueza alta y con los mayores índices de diversidad obtenidos, sin embargo las lagunas Yuracmayo y Huascocha presenta valores bajos en sus índices de diversidad, no obstante dentro de las especies reportadas para estas lagunas se encuentran organismo indicadores de aguas de buena calidad como *Eucypris sp.*, lo que permite valores buenos en el índice ABI

Por otro lado las lagunas que presentan estados moderado para los dos muestreo son: Huaron, y Huicro para la cuenca del Mantaro y Leoncocha en la cuenca del Rímac. Alguna de las lagunas variaron su condición de una temporada a otra como Huascacocha, Yananyacu y Ticticocha, que paso de bueno a moderado; la laguna Churuca paso de moderado a malo y la laguna Santa Catalina de bueno a malo; este cambio puede deberse a la alteración del ecosistema al reducir el espejo de agua por la escasez de lluvia e incrementándose los sedimentos, lo que puede bajar la capacidad de depuración natural del cuerpo de agua ocasionando las diferencias en el estado ecológico de acuerdo al índice ABI.

Asimismo las lagunas que presentaron el estado ecológico de malo en ambos muestreos son dos: Alcacocha y Huascarcocha (Cuenca del río Mantaro). La laguna Canchis de la cuenca del río Rímac no solo presentó un estado malo en el primer muestreo, si no en el segundo su condición fue pésima

En base a los resultados del ABI las lagunas muestreadas en su mayoría presentan alteraciones en su calidad, la que puede ser por contaminación o destrucción de su hábitat; en forma moderada hasta pésima. La Cuenca del río Mantaro presentaría problemas de contaminación por minería, que estaría afectando la calidad de agua de las lagunas (ANA, 2010).

Estos datos confirman lo obtenido en el análisis de la diversidad, sin embargo estos resultados deben ser complementados con los análisis físicos químicos y de metales pesados, con mayor amplitud en el espacio y tiempo, que nos permitan calificar de manera real las condiciones de las lagunas. En el estudio hay lagunas como Huaron donde se presentan niveles de metales como zinc y plomo sobre el máximo permisible y sin embargo esta calificada por el ABI como una laguna con perturbación moderada. Por ello es importante poder mejorar la adaptación de la métrica ABI (la más cercana a nuestra realidad) dado que una misma familia puede tener una respuesta a la contaminación diferente en una zona geográfica respecto a otra.

**Cuadro 16** Clases de estado ecológico ABI para ríos altoandinos mayores a 2000 msnm en Perú, aplicadas a lagunas altoandinas ubicadas en la Cuenca del río Mantaro y Rímac en la época de seca durante los dos muestreos.

Lagunas	Fecha	ABI (Perú)				
		Muy buena	Bueno	Moderado	Malo	Pésimo
		> 74	45 - 74	27 - 44	14 - 26	< 11
Alcacochoa	5/06/2015				26	
	24/10/2015				19	
Canchis	5/06/2015				21	
	24/10/2015					1
Churuca	5/06/2015			43		
	24/10/2015				12	
Huacracocha	5/06/2015		48			
	24/10/2015			37		
Huaron	5/06/2015			34		
	24/10/2015			34		
Huaroncocha	5/06/2015		61			
	24/10/2015		56			
Huascarcocha	5/06/2015				24	
	24/10/2015				25	
Huascocha	5/06/2015		48			
	24/10/2015		48			
Huicro	5/06/2015			35		
	24/10/2015			34		
Leoncocha	5/06/2015			37		
	24/10/2015			41		
Marca	5/06/2015		64			
	24/10/2015		55			
Pomacocha	5/06/2015			37		
	24/10/2015			31		
Santa Catalina	5/06/2015		56			
	24/10/2015				23	
Ticticocha	5/06/2015		58			
	24/10/2015			42		
Yananyacu	5/06/2015		49			
	24/10/2015			35		
Yuracmayo	5/06/2015		48			
	24/10/2015		47			

## **CAPITULO V.**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 Conclusiones**

- La variable de mayor variación espacio-temporal en las lagunas estudiadas es la conductividad eléctrica (C.V. mayor 30%). Se registró pH menor a 6 unidades en las lagunas Huarón, Churuca y Santa Catalina, Leoncocha y Canchis y en las lagunas Huascarcocha, Yananyacu, Alcacocha y Huaroncocha pH entre 7.8 y 8.9 unidades. Sin embargo las lagunas que presentaron valores elevados de metales pesados en orden son Huaron, Canchis, Santa Catalina y Huascacocha.
- El Phylum que presentó mayor representatividad en la comunidad béntica fue Artrópoda, con un registro de 31 especies y 6524 individuos (73%); seguido del grupo Anélida con 5 especies y 417 individuos (5%). En relación a la riqueza de las 40 taxón registrados, la laguna Marca registro 62.5%, seguido de Huaroncocha y Ticticocha ambas con 47.5%. La laguna Canchis es la que presento la menor riqueza con 10%. En cuanto la laguna Marca, Pomacocha y Huaroncocha presenta la mayor abundancia
- Las lagunas presentan valores moderados de diversidad con 2 bitios/individuo y bajos de dominancia, con aguas más o menos contaminadas, a excepción de la laguna Canchis que presentan valores  $< 1$  bitis/individuo y alta dominancia, propio de aguas contaminadas.

- La similaridad de las especies de la Cuenca de río Mantaro es baja (24%) en relación a las especies de la Cuenca del río Rímac con una similaridad media del 50%. Al comparar la similaridad en función de las lagunas esta fue igualmente bajas tanto espacialmente como temporalmente.
- La calidad de agua de las lagunas que presentaron el estado ecológico bueno según el ABI son Huaroncocha, Huascocha, Marca y Yuracmayo; moderado Huarón, Huicro, Leoncocha y Pomacocha y malo Alcacocha, Canchis y Huascarcocha.

## **5.2 Recomendaciones**

- Es recomendable realizar un estudio detallado de cada laguna que implique la toma de muestras en orilla y fondo, con un mayor número de estaciones, que permitan catalogar el estado y uso de las lagunas.
- Realizar estudios de metales pesados en los individuos de mayor presencia en las lagunas con mayor contaminación de estos

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acosta C., 2001. Patrones de diversidad espacio-temporal de insectos acuáticos y caracterización limnológica en la quebrada Cantón, Tributaria del Río Rímac (Huarochirí, Lima). Libro de Resúmenes de la XLIII Convención Nacional de Entomología. Huancayo, Perú. pp 75.
- Acosta R., 2009. Estudio de la cuenca altoandina del río Cañete (Perú): Distribución altitudinal de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y caracterización hidroquímica de sus cabeceras cársticas. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona, Facultad de Biología, España.
- Acosta R., Ríos B., Rieradevall M. & Prat N. 2009. Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación en dos cuencas del Ecuador y Perú. *Limnetica*, 28 (1): 35 – 64.
- Alba, J. 2005. Metodología para el establecimiento del estado ecológico según la Directiva Marco del Agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro. Protocolos de muestreo y análisis para invertebrados bentónicos. Ministerio de Medio Ambiente. Confederación Hidrográfica del Ebro. 27pp.
- Alba-Tercedor, J. & Sánchez-Ortega, A. 1988. Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basada en el de Hellawell (1978). *Limnetica*. 4: 51-56.
- Alba-Tercedor, J. 1996. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. IV Simposio del Agua en Andalucía 2: 203-213.
- Allan, J.D.; M. Castillo. 2007. Stream ecology: structure and function of running waters. Second Edition. Springer. 200P.

- Alonso, A. & Camargo, J. A. 2005. Evaluating the effectiveness of five mineral artificial substrates for the sampling of benthic macroinvertebrates. *Journal of Freshwater Ecology* 20: 311-320.
- Alonso A., De la Puente M. & J. Camargo. 2002. Valoración de los efectos de la contaminación orgánica sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la cabecera del río Henares (Guadalajara, España). XI Congreso de la Asociación Española de Limnología y III Congreso Ibérico de Limnología.
- Arenas J. 199). Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad del agua del río Bío, Chile. Tesis de Doctorado de la Facultad de Ciencias, Universidad de Concepción. 111pp.
- Armitage P., Cranston P. & Pinder, L. 1995. *The Chronomidae: Biology and ecology of no-biting midges*. Chapman & Hall, London. 572p.
- Arocena, R., 1996. La comunidad bentónica como Indicadora de zonas de degradación y recuperación en el Arroyo Toledo (Uruguay). *Rev. Biol. Trop.* 43: 643-655.
- Autoridad Nacional del Agua (ANA). 2010a. *Estudio hidrológico y ubicación de la red de estaciones hidrométricas en la cuenca del Río Rímac*. Vol. I (Informe final). 226p. Recuperado de <http://localhost/media/361223/1 estudio hidrológico cuenca Rímac - volumen i - texto - final 2010.pdf>
- Autoridad Nacional del Agua (ANA). 2010b. *Evaluación de recursos hídricos superficiales en la cuenca del Río Mantaro*. 137p. Recuperado de [www.ana.gob.pe/media/.../evaluacion%20rh%20superficiales%20rio%20mantaro.pdf](http://www.ana.gob.pe/media/.../evaluacion%20rh%20superficiales%20rio%20mantaro.pdf)

- Autoridad Nacional del Agua (ANA). 2014. *Inventario de lagunas glaciares del Perú*. 41p. Recuperado de <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/ANA/1826>
- Barbour, M.T., Gerritsen, J., Snyder, B.D. & Stribling, J.B. 1999. Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, Second Edition. EPA 841-B-99-002. U. S. Environmental Protection Agency; Office of Water, Washington, D. C.
- Bay E. C. 1974. Predator-prey relationships among aquatic insects. *Ann. Rev. Entomol*, 19: 441-453.
- Birk, W. Bonne, A. Borja, S. Brucet, A. Courrat, S. Poikane, A. Solimini, W. Van de Bund, N. Zampoukas & D. Hering. 2012. Three hundred ways to assess Europe's surface waters: an almost complete overview of biological methods to implement the. *Water Framework Directive Ecol. Indic.*, 18: 31–41.
- Bonada, N.; Prat, N.; Resh, V. & Statzner, B. 2006. Developments in Aquatic Insect Biomonitoring: A Comparative Analysis of Recent Approaches. *Annu. Rev. Entomol*, 51: 495 – 523. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.ento.51.110104.151124>
- Bonada, N.; Prat, N.; Resh, V. H. & Statzner, B. 2006. Developments in Aquatic Insect Biomonitoring: A Comparative Analysis of Recent Approaches. *Annu. Rev. Entomol*, 51: 495 – 523.
- Bonada, N.; C. Zamora-Muñoz; M. Rieradevall & N. Prat. 2004. Ecological profiles of caddisfly larvae in Mediterranean streams: implications for bioassessment methods. *Environ. Pollut.* 132: 509-521.

- Borkent A. & Spinelli G. R. 2007. Neotropical Ceratopogonidae (Diptera: Insecta).  
In: Adis, J., Arias, J.R., Rueda-Delgado, G. & K.M. Wantzen (Eds.):  
Aquatic Biodiversity in Latin America (ABLA). Vol. 4. Pensoft, Sofia-  
Moscow, 198 pp.
- Borkent A. & Spinelli G. R. 2007. Neotropical Ceratopogonidae (Diptera: Insecta).  
In: Adis, J., Arias, J.R., Rueda-Delgado, G. & K.M. Wantzen (Eds.):  
Aquatic Biodiversity in Latin America (ABLA). Vol. 4. Pensoft, Sofia-  
Moscow, 198 pp.
- Bloom SA. 1981. Similarity indices in community studies: potential pitfalls. *Mar  
Ecol Prog Ser* 5:125–128.
- Branco, S. M. 1984. *Limnología Sanitaria, Estudio de la polución de aguas  
continentales*. OEA. Washington, Programa Regional de Desarrollo  
Científico y Tecnológico. 120p.
- Brown S. C., Smith K. & Batzer D. 1997. Macroinvertebrate response to wetland  
restoration in northern New York. *Environm. Entom* 26: 1016-1024.
- Bruno, J.F., K.E. Boyer, J.E. Duffy et al. 2005. Effects of macroalga species  
identity and richness on primary production in benthic marine  
communities. *Ecology Letters* 8:1165-1174
- Bulla L & Candía R. 2000. Which is an adequate diversity index for insect  
collections? p. 120. Abstracts. XXI International Congress of Entomology.  
Book I.
- Cain D., Luoma S. & Wallace W. (2004). Linking metal bioaccumulation of  
aquatic insect to their distribution patterns in mining-impacted river.  
*Environ. Toxicol. and Chem.* 23:1463–1473. [http://dx.doi.org/10.1897/03-  
291](http://dx.doi.org/10.1897/03-291)

- Carrasco C.; Portal E. y Ayala, Y. 2001. Entomofauna acuática del río Huatatas y su relación con la calidad de sus aguas, p. 44. Resúmenes. XLIII Convención Nacional de Entomología. Huancayo, Sociedad Entomológica del Perú.
- Castañé PM., ML. Topalián, RR. Cordero & A. Salibián, 2002 Influencia de la especialización de los metales pesados en medio acuático como determinante de su toxicidad. *Rev. Toxicología*. 20:13-18.
- Colé G. 1998. Manual de Limnología. Buenos Aires, Editorial Hemisferio Sur.
- Combata J. 2013. Ácaros acuáticos (Acari: Hydrachnidiae) de Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 133p.
- Copatti, C. E., F. Schirmer y J. V. Machado. 2010. Diversidade de macroinvertebrados bentônicos na avaliação da qualidade ambiental de uma microbacia no sul do Brasil. *Perspectiva*, Erechim 34:79-91.
- Cota, L; M. Goulart; P. Moreno & M. Callisto. 2002. Rapid assessment of river water quality using an adapted BMWP index: a practical tool to evaluate ecosystem health. *Verh. Internat. Verein Limnol.* 28:1713-1716.
- Corbet, PS. 1999. Dragonflies behavior and ecology of odonata. University of Edinburgh. Scotland, UK. 828 p
- Chapman D. 1996. Water Quality Assessments. A guide to use of biota, sediments and wáter in environmental monitoring. Chapman & Hall. 626 pp.
- Chaves T. J., Oliveira E. & Maciel M. C. M. 2002. Estudo dos macroinvertebrados do Parque Regional do Iguacu Zoológico. Resumos. XXIV *Congresso Brasileiro de Zoología*. Itajaí, Sociedad Brasileira de Zoología. Curitiba, Brasil. 597p.
- Chocano A. 2005. Las zonas altoandinas peruanas y su ictiofauna endémica. *Rev. Electrónica UALM* 6:8 (1-13).

- Chocano, L. 2005. **Las zonas altoandinas peruanas y su ictiofauna endémica.** Revista Digital Universitaria [en línea]. 10 de agosto de 2005, Vol. 6, No. 8. [Consultada: 20 de agosto de 2015]. Disponible en Internet: <http://www.revista.unam.mx/vol.6/num8/art82/int82.htm>
- De La Lanza G., S. Hernández, J. Carbajal. 2000. Organismos Indicadores de la Calidad de Agua y de la Contaminación (Bioindicadores). Edit. Plaza y Valdés, México. 551pp.
- Domínguez E. & Fernández H. R. (Eds.). 2009. Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos. Sistemática y Biología. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina. 655pp.
- Domínguez E., Molineri C., Pescador M. L., Hubbard M. D. & Nieto C. 2006. Ephemeroptera of South America. In: Adis, J., Arias, J.R., Rueda-Delgado, G. & K.M. Wantzen (Eds.): Aquatic Biodiversity in Latin America (ABLA). 2. Pensoft, Sofia-Moscow, 646 pp.
- Downier, N. & R. Heath. 1986. *Metodos estadísticos aplicados*. 5ta edición. México. 347p.
- Encalada A. C., Rieradevall M., Ríos-Touma B., García N. & Prat N. 2011. Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA-S). USFQ, UB, AECID, FONAG, Quito, 83 pp.
- Encalada, A., Rieradevall, M., Ríos-Touma, B., García, N. y Prat, N. 2011. Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA-S). USFQ, UB, AECID, FONAG, Quito, 83 pp.
- Envirolab Perú S.A.C. 2010. Informe Técnico Final: Evaluación de recursos hídricos en las regiones de Pasco, Ayacucho, Cusco, Puno y Ucayali. (Ed. Mendoza, R.). Ministerio de la Producción. 70p.

- Espino, G; Hernández, S; Carbajal, JL. 2004. Organismos Indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (Bioindicadores).
- Fenoglio, S.; Badino, G. & Bona F. 2002. Benthic macroinvertebrate communities as indicators of river environment quality: an experience in Nicaragua. *Rev. Biol. Trop.* 50: 1125-1131.
- Figueroa R. 1999. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos de calidad de agua, Río Damas, Osorno, X Región de los Lagos, Chile. Tesis para optar al Magister en Ciencias mencionen Zoología. 105 pp.
- Figueroa R., Araya E. & Valdovinos C. 2000. Deriva de macroinvertebrados bentónicos en un sector de ritrón: Río Rucúe, Chile centro-sur. *Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción (Chile)* 71: 23-32.
- Figueroa R., Valdovinos, C, Araya, E. y Parra, O. 2003. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua del sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural.* 76: 275 – 285.
- Flowers R. W. & De la Rosa C. 2010. Ephemeroptera. *Revista de Biología Tropical*, 58(4): 63 - 93.
- Forney, L.J., X. Zhou & C.J. Brown. 2004. Molecular microbial ecology: land of the one-eyed king. *Current Opinion in Microbiology*, 7:210-220.
- García, L., 1999. *Distribución espacial y temporal de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en el río Guadalajara de Buga con relación a la calidad de agua.* Tesis: Universidad del Valle. Facultad de Ciencias, Santiago de Cali.
- Gómez M.I., Roldán G., Álvarez L.F., Peláez E. y Velásquez D.P. 2003. Determinación de los valores de bioindicación de los moluscos de agua dulce y taxonomía de la familia Hydrobiidae (Gastropoda: Rissoidea) en Colombia. Convenio Colciencias-Universidad Católica de Oriente. Sin publicar. 70 p.

- Guerrero M. & Lloyd B. 1992. Using biotic indicators to assess water quality in Perú. *Waterlines* 10: 5-8.
- Guevara, G., C Jara, M. Mercado & S. Elliott. 2006. Comparación del macrozobentos presente en arroyos con diferente tipo de vegetación ribereña en la Reserva Costera Valdiviana, Sur de Chile. *Asociación colombiana de Limnología "Neolimnos"*, 1:98-105.
- Ghetti, P.F. & G. Bonazzi. 1981. I macroinvertebrati nella sorveglianza ecologica dei corsi d'acqua. Collana del Progetto Finalizzato "Promozione della Qualita dell'Ambiente, CNR AQ/1/127, 181p.
- Guiller, P.S. & B. Malmqvist 1998. *The biology of streams and rivers*. Oxford University Press, Oxford.
- Hanson P., Springer M. & Ramírez A. 2010. Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Revista de Biología Tropical*, 58(4): 3 – 37.
- Hanson, P., Springer, M. & Ramírez, A. 2010. Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Revista de Biología Tropical*. 58(4): 3 – 37.
- <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGAAM/guias/relaveminero.pdf>
- Hawkes, H.A. 1979. Invertebrates as indicators of river quality. In. A. James & L. Evison, *Biological indicators of water Quality*. John Wiley & Sons. 2: 1-45.
- Huamantínco A. & Ortiz W. 2010. Clave de géneros de larvas de Trichoptera (Insecta) de la Vertiente Occidental de los Andes, Lima, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 17(1): 075 – 080.

- Hurtado, S.; García, F. y Gutiérrez, P. 2005. Importancia ecológica de los macroinvertebrados bentónicos de la subcuenca del río San Juan, Querétaro, México (en) *Folia Entomol.* 44(3): 271-286.
- Hynea R. & Maher W. 2003. Invertebrate biomarkers: links to toxicosis that predict population decline. *Ecotoxicol. Environ. Safety.* 54: 366–374.
- Iannacone, J., Mansilla, J. & Ventura, K. 2003. Macroinvertebrados en las lagunas de Puerto Viejo. Lima, Perú. *Ecol. Apl.* 2(1):116-124.
- Iannacone J. A., Alvariño L., Moreno R., Reyes M. & Chauca J. 2000. Culicids (Diptera) of the Chillón River and adjacent areas from the Constitucional Province of Callao, Perú, during "El Niño" event 1997-1998. *Acta Entomológica Chilena*, 24: 51-60.
- Jacobsen D. 1998. The effect of organic pollution on the macroinvertebrate fauna of Ecuadorian highland streams. *Arch. Hydrobiol.* 143(2): 179 – 195.
- Jacobsen, D. & A. Encalada. 1998. The Macroinvertebrate fauna of Ecuadorian high-land streams in the wet and dry season. *Arch. Hydrobiol.*, 142(1): 53-70.
- Jacobsen, D. 1998. The effect of organic pollution on the macroinvertebrate fauna of Ecuadorian highland streams. *Arch. Hydrobiol.* 143(2): 179 – 195. <http://dx.doi.org/10.1127/archiv-hydrobiol/143/1998/179>
- Jacobsen, D., Rostgaard, S. & Vásquez, J. J. 2003. Are macroinvertebrates in high altitude streams affected by oxygen deficiency? *Freshwater Biology*, 48: 2025 – 2032.
- Jaramillo, G., 1995. *Cuantificación de los grupos de macroinvertebrados presentes en el licor mixto y determinación de su relación con la eficiencia en la*

- planta de tratamiento de aguas residuales del retiro*. Tesis: Universidad de Antioquia. Medellin.
- Jill, S., N. Baron, P.L. LeRoy Poff,, C.N. Angermeier, P.H. Dahm, N.G. Gleick, R.B. Hairston, C.A. Jackson, B.D. Johnston, R. Steinman, A.D. Steinman,., 2003. Sustaining Healthy Freshwater Ecosystems. Issues in Ecology. Ecological Society of America. Washington DC. US. (18):1-18.
- Johnson, T. & D.M. Wiederholm. 1993. Freshwater biomonitoring using individual organisms, populations, and species assemblages of benthic macroinvertebrates Freshwater Biomonitoring and Benthic Invertebrates, Chapman and Hall, pp. 40–158.
- Jonasson P. 1996. Limits for life in the lake ecosystem. Verhandlungen der Internatonale Vereinigung for Theoretische und Angewandte. *Limnologie*. 26: -33.
- Krebs, C. J. 198). *Ecological methodology*. Nueva York, NY: Harper.
- Lande R. 1996. Statistics and partitioning of species diversity, and similarity among múltiple communities. *Oikos* 76: 5-13
- Leiva J. (2004). *Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad de agua en la Cuenca del estero Peu Comuna de Lautaro IX Región de la Araucania*. Tesis presentada a la facultad de Ciencias de la Universidad Católica de Temuco para optar al Grado de Licenciado en Recursos Naturales. Temuco, Chile. 120pp.
- Leslie H., Pavluk T, De Vaate A, & Kraak M. 1999. Triad assessment of the impact of chromium contamination on benthic macroinvertebrates in the Chusovaya river (Urals, Russia). *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 37: 182-189. <http://dx.doi.org/10.1007/s002449900504>

- Loayza M., Elías R., Marticorena R., Palomino J., Duivenvoorden J., Kraak M. & Admiraal W. 2010. Metal-induced shifts in benthic macroinvertebrate community composition in Andean high altitude streams. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 29(12): 2761 - 2768.
- Loayza, M. 2013. Life at the edge: benthic invertebrates in high altitude Andean streams. Asesor: W. Admiraal. Tesis Doctoral. Universidad de Amsterdam, Holanda.
- Lods-Crozet, B. & J. Lachavanne, 1994. Changes in the chironomid communities in lake Geneva in relation with eutrophication, over a period of 60 years. *Archiv für Hydrobiologie* 130: 453-471
- MacNeil C., Dick J. T., Bigsby E., Elwood R., Montgomey W. I., Gibbins C.N. & Kelly D. W. 2002. The validity of the Gammarus: Asellus ratio as an index of organic pollution: abiotic and biotic influences. *Water Res*, 36 (1): 75-84.
- Manzo V. & Archangelsky M. 2008. A key to known larvae of South American Elmidae (Coleoptera: Byrrhoidea), with a description of the mature larva of *Macrelmis saltensis* Manzo. *Annales de Limnologie – International Journal of Limnology*, 44(1): 63 – 74.
- Manzo V. 2005. Key to the South America genera of Elmidae (Insecta: Coleoptera) with distributional data. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 40(3): 201 – 208.
- Margalef, R., 1983. *Limnología*. Barcelona, Editorial Omega, p. 145.
- Magurran, A. 1988. *Ecological Diversity and its Measurement*. Princeton, Princeton University Press. 179p.

- Magurran, A.E.1991. *Ecological diversity and it's measurement*. London, Champan & Hall, 178p.
- Markert B. 1998. Distribution and biogeochemistry of inorganic chemicals in the enviroment . In Shuurmann G. and Marked B. *Ecotoxic*. New York. 165-222
- Marqués M., Martínez E. & Rovira J. 2001. Los macroinvertebrados como índices de evaluación rápida de ecosistemas acuáticos contaminados por metales pesados. *Ecotoxicol Environm Restor*, 4: 25-31.
- Marquez, G., 1996. *Ecosistemas estratégicos y otros estudios de ecología ambiental*. Santa Fe de Bogotá.
- McCarrçthy, J & Shugart, L 1990 Biomarkers of environmental contamination. (en) McCartily, J. F. & Shugart, L. R. (eds.) *Biomarkers of environmental contamination*. New York, Lewis Pub., 3-14.
- Melo, A.S. 2008. ¿Qué ganamos 'confundiendo' riqueza de especies y equidad en un índice de diversidad? *Biota Neotropical*, 8 (3):21-27.
- Merrit R., Cummins K. & Berg M. 2008. *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. Fourth Edition. Kendall/Hunt. Co. 1218pp.
- Ministerio del Ambiente (MINAM). 2008. Aprueban los estándares nacionales de calidad ambiental para agua. Decreto Supremo 002-2008-MINAM.
- Moreno C. E. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. Manuales y Tesis SEA. Sociedad Entomológica Aragonesa. Ed. Madrid, España.
- Moreno CE. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. Zaragoza, Sociedad Entomológica Aragonesa. 80 pp.

- Moreno S. R. & S. Devars. 1999. Abundancia de los metales pesados en la biosfera. En Cervantes, C. Moreno Sánchez R. (eds). Contaminación por metales pesados. AGT. Editor, México. 1-10.
- Norma Venezolana COVENIN 2408-86, Aguas naturales, industriales y residuales. Determinación de Dureza Total y Calcio, Magnesio por cálculo, Fondonorma, Caracas, Venezuela, 1986.
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental – OEFA. 2016. *Fiscalización ambiental: construyendo confianza y facilitando la inversión*. Edit. IAKOB Comunicaciones & Editores S.A.C. 149p.
- Ogbeibu AE & Oribhabor BJ. 2002. Ecological impact of river impoundment using benthic macro-invertebrates as indicators. *Water Res.* 36: 2427-2436. [http://dx.doi.org/10.1016/S0043-1354\(01\)00489-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0043-1354(01)00489-4)
- Oliveira E., VM. Sass & IH. Bini. 2002. Macroinvertebrados do Parque Regional do Iguaçu Zoológico, Curitiba, Brasil. Livro do Resúmenes XXIV Congresso Brasileiro de Zoologia. Itajaí, Santa Catarina. pp. 596.
- Orrego N., Londoño F. & Rojas E. 1999. Manejo eficiente del recurso hídrico en las microcuencas. Tesis: Universidad de Caldas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de recursos naturales y Medio Ambiente, Manizales.
- Oscoz, J., F. Campos & M. C. Escala. 2006. Variación de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos en relación con la calidad de las aguas. *Limnetica*, 25 (3): 683-692.
- Parsons M., Thoms M. C. & Norris R. H. 2003. Scales of macroinvertebrate distribution in relation to hierarchical organization of river systems. *J. north amer. benthol. Soc.*, 22:105-122.

- Peet R.K. 1974. La medición de la diversidad de especies. *Annual review of Ecology and Systematics* 5: 285-307
- Pavé, P. & M. Márchese. 2005. Invertebrados bentónicos como indicadores de calidad del agua en ríos urbanos (Paraná-Entre Ríos, Argentina)”. (en) *Ecología Austral* 15:183-197. Diciembre 2005. Asociación Argentina de Ecología. Peces en estanques - Hongos [En línea]: ESTANQUES Y PECES. [Citado el 28 de Mayo del 2009]. Disponible en: <http://www.estanquesypeces.com/peces/hongos.htm> - 35k.
- Pérez, C.; Rodríguez, A. 2008. Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación. *Rev Biol Trop.* 56:1905-1918.
- Pescador, L. M., M. D. Hubbard. & M. Del C. Zúñiga. 2001. The status of the taxonomy of the mayfly (Ephemeroptera) fauna of South América, pp. 37-42. En: E. Domínguez (Ed) *Trends in Research in Ephemeroptera and Plecóptera*. Kluwer Academic Plenum Publishers, New York.
- Pinillos G. 2000. Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Santa Fe de Bogotá, Colombia. 67p.
- Posada, A.; G. Roldán, & Ramírez, J.J. 2000. Caracterización fisicoquímica y biológica de la calidad de aguas de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas, Antioquia, Colombia. *Rev. Biol. Trop.* 48 (1): 59-70.
- Prat N., M. Real & Rieradevall, M. 1992. Benthos of Spanish lakes and reservoirs. *Limnetica* 8:221-230
- Prat, N. Ríos R., Acosta & M. Rieradevall. 2009. Los macroinvertebrados como indicadores de la calidad de las aguas. En E. Domínguez & H. Fernández

- (Eds.) Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos, Primera Ed. San Miguel de Tucumán: Fundación Miguel Lillo. 631-654p.
- Prat N., Rieradevall M., Villamarín C. & Acosta R. 2011. Guía para el reconocimiento de larvas de Chironomidae (Diptera) de los ríos altoandinos de Ecuador y Perú. Grupo de Investigación F.E.M. Departamento de Ecología. Universidad de Barcelona. 78pp.
- Prat, N. 1979. Fauna marginal de los embalse españoles. *Misc Zoológica* 5: 149-160.
- Puig, M. A. 1999. Los Macroinvertebrados de los Ríos Catalanes. Guía Ilustrada. Primera Edición, 251 pp. Edigraf S.A. España.
- Resh, V. H y J. K. Jackson. 1993. Rapid assessment approaches to biomonitoring using benthic macroinvertebrates. Pp. 195-223 In D. M. Rosemberg y V. H. Resh (eds.): *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*. Chapman y Hall, New York. N.Y.
- Rieradevall, M. 1991. Benthic fauna of Banyoles lake. *Verh Internat Verein. Limnol.* 24: 1024-1023
- Roldán G. 1996. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Fondo Fen. Colciencias. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. 217 pp.
- Roldan G. 2002. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia, Uso del método BMWP /Col. Editorial Universidad de Antioquia.
- Roldan, G. 1988. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Universidad de Antioquia., Bogotá, Colombia. 216 p.

- Roldan, G. 1999. Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 23(88): 375-387.
- Roldan, G., J. Builes, C. M. Trujillo & A. Suarez. 1973. Efectos de la contaminación industrial y doméstica sobre la fauna béntica del río Medellín. *Actualidades Biológicas*, 2(4):54-64.
- Ronald, E. 2007. Probabilidad Estadística para Ingeniería y Ciencias. Edit. Pearson Educación. 840p.
- Rosero, D. & O. Fossati. 2009. Comparación entre dos índices bióticos para conocer la calidad del agua en ríos del páramo de Papallacta. 21p.
- Royer T.; C. Robinson & G. Minshall. 2001. Development of Macroinvertebrate-Based index for bioassessment of Idaho Rivers. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad del agua. *Environmental Management* 27(4):627-636.
- Sánchez, H. 1999. *Enfoque ambiental de los problemas del recurso hídrico*. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (cuadernos técnico-científicos). Bogotá
- Springer, M. 2010. Biomonitorio acuático. *Revista de Biología Tropical*. 58(4): 53-
- Terneus E., Hernández L. & Racines M. 2012. Evaluación ecológica del río Lliquino a través de macroinvertebrados acuáticos, Pastaza-Ecuador. *Revista de Ciencias*. 16: 31-45.
- Tinajero J. 2012. Efectividad de los ácidos Fúlvicos de Leonardita en la calidad del Camarion (*Penaeus Vannamei*) (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo México.

- Tomanova, S. & P. A. Tedesco. 2007. Tamaño corporal, tolerancia ecológica y potencial de bioindicación de la calidad del agua de *Anacroneuria spp.* (Plecóptera: Perlidae) en América del Sur. *Rbev. Biol. Trop.* 55: 67-81.
- Townsend, C. R. & A. G. Hildrew. 1994. Species Traits in Relation to a Habitat Templet for River Systems. *Freshwat. Biol.* 31: 265-275.
- UPRM (Universidad de Puerto Rico Maygüez). 2010. Manual de ecología microbiana oxígeno disuelto (en línea). Consultado 08 marzo 2018. Disponible en <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p3-oxigeno.pdf>
- Vick, S., Villachica, C., Mogrovejo, J. y Calzado, L. 1995, “Guía Ambiental para el Manejo de Relaves Mineros”, Ministerio de Energía y Minas, Lima.
- Villamarín F. C. P. 2008. Estructura y composición de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en ríos altoandinos de Ecuador y Perú. Diseño de un sistema de medida de la calidad del agua con índices multimétricos. Asesores: Narcís Prat i Fornells y María Rieradevall i Sant. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona, Facultad de Biología, España. [www.ana.gob.pe/media/981508/glaciares.pdf](http://www.ana.gob.pe/media/981508/glaciares.pdf)
- Wetzel RG & Likens GE. 2000. *Limnological analyses*. 3<sup>th</sup> Ed. Springer - Verlag, New York. 424-429 pp.
- Wilhm, J.; Dorris, T. 1968. Biological parameters for water quality criteria. *Biological Science*, Washington, DC, n.18, p.477- 481, 1968.
- Wilken R.D. 1998. Speciation of chemical elements in the environment . In Shuurmann G. and Marked B. *Ecotoxic*. New York. 223-235.

- Williams, DD.; Felmate, BW. 1992. Aquatic Insects. Division of Life Sciences. Scarborough Campus. University of Toronto. Canada. Redwood Press Ltd., Melksham. UK. 336 p.
- Zilli, F. & M. Gagnetten. 2005. Efectos de la contaminación por metales pesados sobre la comunidad bentónica de la cuenca del arroyo Cululú (río salado del norte, Argentina). *Interciencia*, 30(3): 159-165.
- Zúñiga De Cardozo, M. Del C.; A. M. Rojas De Hernández & Mosquera, S. 1997. Biological aspects of Ephemeroptera in rivers of southwestern Colombia (South America), pp: 261-268. En: P. Landolt & M. Sartori (Eds.) Ephemeroptera and Plecoptera: Biology-EcologySystematics. Mauron-Tinguely and Lachat S.A. Fribourg, Switzerland.

## **ANEXOS**

**Anexo 1:** Tomas fotográficas de las lagunas estudiadas.

**Anexo 2:** Imágenes de las principales taxón registrados en las lagunas

**Anexo 3:** Tabla de parámetros fisicoquímicos registrados en las lagunas en junio y octubre del 2015.

**Anexo 4:** Tablas de macroinvertebrados bentónicos registrados en las lagunas en junio y octubre del 2015.

## **ANEXO 1**

### **TOMAS FOTOGRÁFICAS DE LAS LAGUNAS ESTUDIADAS**



**LAGUNA TICTICOCHA**



**LAGUNA YURACMAYO**



**LAGUNA MARCA**



**LAGUNA HUARONCOCHA**



**LAGUNA ALCACOCHA**



**LAGUNA YANANYACU**

## ANEXO 2

### IMÁGENES DE LAS PRINCIPALES TAXÓN REGISTRADOS EN LAS LAGUNAS



FAMILIA CORIXIDAE



FAMILIA DYTISCIDAE



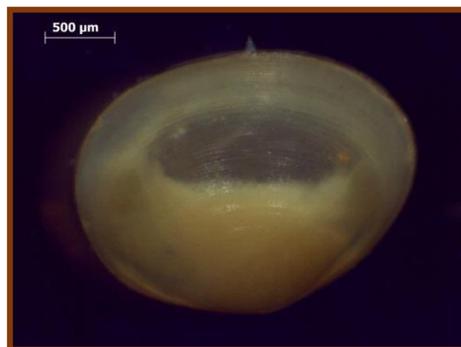
FAMILIA ODONATA



**FAMILIA GAMMARIDAE**



**FAMILIA HYDROPTILIDAE**



**FAMILIA SPHARIIDAE**



**FAMILIA HYDRACHNIDAE**



**FAMILIA CYPRIDIDAE**



**FAMILIA CHIRONOMEDAE**



**FAMILIA PHYSIDAE**



**FAMILIA PLANORBIDAE**

### ANEXO 3

**TABLA DE PARÁMETROS FÍSICOS QUÍMICOS REGISTRADOS EN LAS LAGUNAS ENTRE JUNIO Y OCTUBRE DEL 2015.**

<b>Jun-15</b>				
Repetición	Temperatura del agua (°C)	pH (unidades)	Conductividad (µS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/l)
<b>Yuracmayo 1</b>	11.5	7.0	0.15	9.0
<b>Yuracmayo 2</b>	12.0	6.5	0.10	8.5
<b>Yuracmayo 3</b>	11.0	6.0	0.20	8.5
<b>Oct-15</b>				
Repetición	Temperatura del agua (°C)	pH (unidades)	Conductividad (µS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/l)
<b>Yuracmayo 1</b>	14.0	7.8	0.17	8.5
<b>Yuracmayo 2</b>	13.0	7.8	0.16	7.5
<b>Yuracmayo 3</b>	13.5	7.7	0.17	7.8

<b>Jun-15</b>				
Repetición	Temperatura del agua (°C)	pH (unidades)	Conductividad (µS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/l)
<b>Canchis 1</b>	11.0	5.8	0.3	7.5
<b>Canchis 2</b>	11.0	5.9	0.4	7.0
<b>Canchis 3</b>	11.0	5.8	0.3	7.0
<b>Oct-15</b>				
Repetición	Temperatura del agua (°C)	pH (unidades)	Conductividad (µS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/l)
<b>Canchis 1</b>	12	5.5	0.29	6.5
<b>Canchis 2</b>	12	5.6	0.30	7.0
<b>Canchis 3</b>	13	5.5	0.29	7.0

<b>Jun-15</b>				
Repetición	Temperatura del agua (°C)	pH (unidades)	Conductividad (µS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/l)
<b>Ticticocha 1</b>	7.7	6.3	0.22	8.5
<b>Ticticocha 2</b>	8.5	6.3	0.26	8.5
<b>Ticticocha 3</b>	7.9	6.2	0.23	9.0
<b>Oct-15</b>				
Repetición	Temperatura del agua (°C)	pH (unidades)	Conductividad (µS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/l)
<b>Ticticocha 1</b>	11.5	7.1	0.35	8.1
<b>Ticticocha 2</b>	12.0	8.5	0.33	7.5
<b>Ticticocha 3</b>	11.0	8.0	0.36	7.9

<b>Jun-15</b>				
Repetición	Temperatura del agua (°C)	pH (unidades)	Conductividad (μS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/l)
<b>Ticticocha 1</b>	7.7	6.3	0.22	8.5
<b>Ticticocha 2</b>	8.5	6.3	0.26	8.5
<b>Ticticocha 3</b>	7.9	6.2	0.23	9.0
<b>Oct-15</b>				
Repetición	Temperatura del agua (°C)	pH (unidades)	Conductividad (μS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/l)
<b>Ticticocha 1</b>	11.5	7.1	0.35	8.1
<b>Ticticocha 2</b>	12.0	8.5	0.33	7.5
<b>Ticticocha 3</b>	11.0	8.0	0.36	7.9

<b>Jun-15</b>				
Repetición	Temperatura del agua (°C)	pH (unidades)	Conductividad (μS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/l)
<b>Leoncocha 1</b>	8.0	5.5	0.14	8.0
<b>Leoncocha 2</b>	8.0	5.5	0.14	7.5
<b>Leoncocha 3</b>	8.0	5.7	0.13	7.5
<b>Oct-15</b>				
Repetición	Temperatura del agua (°C)	pH (unidades)	Conductividad (μS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/l)
<b>Leoncocha 1</b>	9.0	5.9	0.85	6.5
<b>Leoncocha 2</b>	8.8	5.5	0.84	6.5
<b>Leoncocha 3</b>	8.6	5.7	0.84	7.0

<b>Jun-15</b>				
Repetición	Temperatura del agua (°C)	pH (unidades)	Conductividad (μS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/l)
<b>Huacracocha 1</b>	13.0	5.7	0.33	9.5
<b>Huacracocha 2</b>	12.5	5.5	0.30	9.0
<b>Huacracocha 3</b>	12.5	5.8	0.35	9.0
<b>Oct-15</b>				
Repetición	Temperatura del agua (°C)	pH (unidades)	Conductividad (μS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/l)
<b>Huacracocha 1</b>	9	7.6	0.35	8.5
<b>Huacracocha 2</b>	10	7.5	0.35	9.5
<b>Huacracocha 3</b>	10	7.5	0.35	9.0

<b>Jun-15</b>				
Repetición	Temperatura del agua (°C)	pH (unidades)	Conductividad (μS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/l)
<b>Pomacocha 1</b>	10.5	6.6	0.41	8.5
<b>Pomacocha 2</b>	10.0	6.7	0.41	8.0
<b>Pomacocha 3</b>	11.0	6.6	0.40	8.0
<b>Oct-15</b>				
Repetición	Temperatura del agua (°C)	pH (unidades)	Conductividad (μS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/l)
<b>Pomacocha 1</b>	11.0	7.0	0.50	8.5
<b>Pomacocha 2</b>	11.0	7.2	0.48	8.5
<b>Pomacocha 3</b>	10.5	7.1	0.52	8.5

<b>Jun-15</b>				
Repetición	Temperatura del agua (°C)	pH (unidades)	Conductividad (μS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/l)
<b>Yananyacu 1</b>	9.0	7.6	0.11	7.0
<b>Yananyacu 2</b>	8.9	8.0	0.09	8.0
<b>Yananyacu 3</b>	8.0	7.9	0.12	8.0
<b>Oct-15</b>				
Repetición	Temperatura del agua (°C)	pH (unidades)	Conductividad (μS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/l)
<b>Yananyacu 1</b>	13.0	7.9	0.25	7.0
<b>Yananyacu 2</b>	13.5	7.8	0.23	7.5
<b>Yananyacu 3</b>	12.0	7.6	0.24	7.3

<b>Jun-15</b>				
Repetición	Temperatura del agua (°C)	pH (unidades)	Conductividad (μS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/l)
<b>Marca 1</b>	12	7.3	0.3	8.0
<b>Marca 2</b>	14	7.0	0.2	7.5
<b>Marca 3</b>	14	7.5	0.3	8.0
<b>Oct-15</b>				
Repetición	Temperatura del agua (°C)	pH (unidades)	Conductividad (μS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/l)
<b>Marca 1</b>	13.0	7.5	0.35	7.5
<b>Marca 2</b>	13.5	7.4	0.33	6.8
<b>Marca 3</b>	13.0	7.4	0.34	6.9

<b>Jun-15</b>				
Repetición	Temperatura del agua (°C)	pH (unidades)	Conductividad (μS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/l)
<b>Huaroncocha 1</b>	11.0	7.8	0.16	8.58
<b>Huaroncocha 2</b>	13.0	7.8	0.15	7.81
<b>Huaroncocha 3</b>	12.0	7.7	0.15	8.15
<b>Oct-15</b>				
Repetición	Temperatura del agua (°C)	pH (unidades)	Conductividad (μS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/l)
<b>Huaroncocha 1</b>	13.0	8.2	0.12	7.22
<b>Huaroncocha 2</b>	12.5	8.1	0.10	6.89
<b>Huaroncocha 3</b>	12.5	7.9	0.12	7.24

<b>Jun-15</b>				
Repetición	Temperatura del agua (°C)	pH (unidades)	Conductividad (μS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/l)
<b>Alcacochoa 1</b>	11.0	7.9	0.1	7.5
<b>Alcacochoa 2</b>	11.5	7.8	0.2	7.9
<b>Alcacochoa 3</b>	11.5	7.9	0.1	8.0
<b>Oct-15</b>				
Repetición	Temperatura del agua (°C)	pH (unidades)	Conductividad (μS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/l)
<b>Alcacochoa 1</b>	12.0	8.0	0.07	7.2
<b>Alcacochoa 2</b>	11.5	8.2	0.05	7.5
<b>Alcacochoa 3</b>	11.0	7.8	0.08	7.7

<b>Jun-15</b>				
Repetición	Temperatura del agua (°C)	pH (unidades)	Conductividad (μS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/l)
<b>Santa Catalina 1</b>	9.0	4.6	0.09	7.8
<b>Santa Catalina 2</b>	9.0	5.0	0.10	8.0
<b>Santa Catalina 3</b>	8.9	4.5	0.11	7.5
<b>Oct-15</b>				
Repetición	Temperatura del agua (°C)	pH (unidades)	Conductividad (μS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/l)
<b>Santa Catalina 1</b>	9.0	4.6	0.09	7.2
<b>Santa Catalina 2</b>	8.8	4.5	0.09	7.1
<b>Santa Catalina 3</b>	9.0	4.5	0.09	7.5

<b>Jun-15</b>				
Repetición	Temperatura del agua (°C)	pH (unidades)	Conductividad (μS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/l)
<b>Huascocha 1</b>	11.0	6.6	1.1	8.8
<b>Huascocha 2</b>	10.5	7.0	1.3	9.0
<b>Huascocha 3</b>	11.0	6.8	1.1	8.5
<b>Oct-15</b>				
Repetición	Temperatura del agua (°C)	pH (unidades)	Conductividad (μS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/l)
<b>Huascocha 1</b>	13.0	7.2	1.15	8.2
<b>Huascocha 2</b>	12.5	7.3	1.12	8.5
<b>Huascocha 3</b>	13.0	7.3	1.16	8.5

<b>Jun-15</b>				
Repetición	Temperatura del agua (°C)	pH (unidades)	Conductividad (μS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/l)
<b>Churuca 1</b>	11.5	4.6	0.6	7.5
<b>Churuca 2</b>	11.3	4.5	0.5	8.0
<b>Churuca 3</b>	11.5	4.4	0.6	8.5
<b>Oct-15</b>				
Repetición	Temperatura del agua (°C)	pH (unidades)	Conductividad (μS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/l)
<b>Churuca 1</b>	12.5	5.2	0.63	7
<b>Churuca 2</b>	12.0	5.2	0.62	7.5
<b>Churuca 3</b>	12.5	5.1	0.64	8.2

<b>Jun-15</b>				
Repetición	Temperatura del agua (°C)	pH (unidades)	Conductividad (μS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/l)
<b>Huascarcocha 1</b>	9.5	9.1	0.20	8.5
<b>Huascarcocha 2</b>	9.8	9.0	0.18	8.3
<b>Huascarcocha 3</b>	9.0	8.5	0.20	8.6
<b>Oct-15</b>				
Repetición	Temperatura del agua (°C)	pH (unidades)	Conductividad (μS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/l)
<b>Huascarcocha 1</b>	10.0	8.8	0.18	8.00
<b>Huascarcocha 2</b>	11.0	8.8	0.18	8.00
<b>Huascarcocha 3</b>	10.0	8.8	0.17	8.50

<b>Jun-15</b>				
Repetición	Temperatura del agua (°C)	pH (unidades)	Conductividad (μS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/l)
<b>Huaron 1</b>	13.0	5.9	0.90	7.5
<b>Huaron 2</b>	13.0	6.0	0.80	7.5
<b>Huaron 3</b>	12.5	5.0	0.80	8.0
<b>Oct-15</b>				
Repetición	Temperatura del agua (°C)	pH (unidades)	Conductividad (μS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/l)
<b>Huaron 1</b>	13	5.7	0.88	7.0
<b>Huaron 2</b>	12	5.9	0.80	7.2
<b>Huaron 3</b>	14	5.6	0.91	7.8

<b>Jun-15</b>				
Repetición	Temperatura del agua (°C)	pH (unidades)	Conductividad (μS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/l)
<b>Huicro 1</b>	10.0	7.8	0.15	8.5
<b>Huicro 2</b>	11.0	7.5	0.14	8.6
<b>Huicro 3</b>	11.0	8.0	0.15	8.8
<b>Oct-15</b>				
Repetición	Temperatura del agua (°C)	pH (unidades)	Conductividad (μS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/l)
<b>Huicro 1</b>	11.0	7.5	0.17	8.1
<b>Huicro 2</b>	11.0	7.3	0.17	7.9
<b>Huicro 3</b>	11.0	7.5	0.19	8.0

**ANEXO 4**

**TABLA DE MACROINVERTEBRADOS BENTONICOS REGISTRADOS EN LAS LAGUNAS ENTRE JUNIO Y OCTUBRE DEL 2015.**

Laguna	Phylum	Taxón	Abundancia por especie								
			05/06/2015			Total	24/10/2015			Total	Total General
			R1	R2	R3		R1	R2	R3		
ALCACOCHA	Annelida	Naididae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Erpobdellidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Tubificidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Helobdella sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Lumbriculidae n.d.	0	0	0	0		0	0	0	0
	Arthropoda	Ectemnostega sp.	55	61	52	168	41	39	36	116	284
		Chironominae n.d.	32	25	24	81	12	11	14	37	118
		Hyalella sp.	14	15	20	49	5	7	8	20	69
		Phyllaphis sp.	5	8	3	16	1	2	1	4	20
		Sciridae sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Mesoveliidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Anomalocosmoecus sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Isotomidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Chironomus sp.	0	0	1	1	0	0	0	0	1
		Necrobia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Chironomus tentas	0	1	1	2	0	0	0	0	2
		Rhantus sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0

		Coenagrionidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Ceratoponidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Curculinodae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Limnissidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Diapontia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Metrichia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Baetidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Orthoclaniidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Eucypris sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Podonomus sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Hemerodromia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Scatella sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Tabanidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	
		simulium sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Tanypodinae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Andogyrus sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Trinobius sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Hydrachna sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Indiaphis sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	
	<b>Mollusca</b>	Biomphalaria sp.	8	11	9	28	3	5	3	11	39
		Sphaerium sp.	8	7	5	20	2	2	3	7	27
		Physa sp.	2	1	1	4	0	0	0	0	4
	<b>platyhelminthes</b>	Dugesia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>CANCHIS</b>	<b>Annelida</b>	Tubificidae n.d.	5	4	7	16	2	2	1	5	21
		Naididae n.d.	1	1	0	2	0	0	0	0	2
		Erpobdellidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0

		Helobdella sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Lumbriculidae n.d.	0	1	0	1	0	0	0	0	1
	<b>Arthropoda</b>	Eucypris sp.	1	0	0	1	0	0	0	0	1
		Diapontia sp.	1	0	0	1	0	0	0	0	1
		Tanypodinae n.d.	1	0	0	1	0	0	0	0	1
		Chironomus sp.	1	0	0	1	0	0	0	0	1
		Hydrachna sp.	1	0	1	2	0	0	0	0	2
		Necrobia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Tabanidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Rhantus sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Chironomus tentas	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Mesoveliidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Coenagrionidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Phyllaphis sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Curculinodae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Sciridae sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Baetidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Anomalocosmoecus sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Ectemnostega sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Metrichia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Ceratoponidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Orthoclanidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Hemerodromia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Podonomus sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Hyalella sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Scatella sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0

		Trinobius sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Simulium sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Andogyrus sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Chironominae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Isotomidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Limnissidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Indiaphis sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>Mollusca</b>	Biomphalaria sp.	1	1	0	2	0	0	0	0	2
		Physa sp.	1	0	0	1	0	0	0	0	1
		Sphaerium sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Platyhelminthes</b>	Dugesia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>CHURUCA</b>	<b>Annelida</b>	Lumbriculidae n.d.	1	0	1	2	0	0	0	0	2
		Tubificidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Naididae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Helobdella sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Erpobdellidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>Arthropoda</b>	Limnissidae n.d.	5	10	14	29	1	2	4	7	36
		Hydrachna sp.	5	9	8	22	1	3	2	6	28
		Podonomus sp.	4	2	1	7	0	0	0	0	7
		Trinobius sp.	4	7	11	22	1	2	1	4	26
		Eucypris sp.	2	1	4	7	0	0	0	0	7
		Orthoclanidae n.d.	2	1	2	5	0	0	0	0	5
		Chironomus sp.	2	1	1	4	0	0	0	0	4
		Ectemnostega sp.	1	1	2	4	0	0	0	0	4
		Diapontia sp.	1	0	1	2	0	0	0	0	2
		Chironominae n.d.	1	3	1	5	0	0	0	0	5

		Scatella sp.	0	0	0	0	0	0	0	0
		Chironomus tentas	0	0	0	0	0	0	0	0
		Metrichia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0
		Curculinodae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0
		Ceratoponidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0
		Hemerodromia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0
		Coenagrionidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0
		Hyalella sp.	0	0	0	0	0	0	0	0
		Necrobia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0
		Tabanidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0
		Phyllaphis sp.	0	0	0	0	0	0	0	0
		Simulium sp.	0	0	0	0	0	0	0	0
		Rhantus sp.	0	0	0	0	0	0	0	0
		Isotomidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0
		Sciridae sp.	0	0	0	0	0	0	0	0
		Anomalocosmoecus sp.	0	0	0	0	0	0	0	0
		Mesoveliidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0
		Tanypodinae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0
		Baetidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0
		Andogyrus sp.	0	0	0	0	0	0	0	0
		Indiaphis sp.	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>Mollusca</b>	Biomphalaria sp.	1	2	2	5	0	0	0	5
		Physa sp.	1	2	1	4	0	0	0	4
		Sphaerium sp.	0	1	1	2	0	0	0	2
	<b>Platyhelminthes</b>	Dugesia sp.	1	1	1	3	0	0	0	3
<b>HUACRACOCHA</b>	<b>Annelida</b>	Naididae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0

	Erpobdellidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	Tubificidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	Helobdella sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	Lumbriculidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Arthropoda</b>	Chironomus sp.	40	38	41	<b>119</b>	7	7	8	<b>22</b>	<b>141</b>
	Chironominae n.d.	16	19	24	<b>59</b>	23	20	21	<b>64</b>	<b>123</b>
	Ectemnostega sp.	10	11	13	<b>34</b>	39	29	33	<b>101</b>	<b>135</b>
	Hydrachna sp.	10	13	15	<b>38</b>	1	1	1	<b>3</b>	<b>41</b>
	Coenagrionidae n.d.	8	10	10	<b>28</b>	1	2	1	<b>4</b>	<b>32</b>
	Podonomus sp.	5	3	5	<b>13</b>	3	2	2	<b>7</b>	<b>20</b>
	Limnissidae n.d.	4	3	5	<b>12</b>	1	2	2	<b>5</b>	<b>17</b>
	Isotomidae n.d.	3	3	4	<b>10</b>	1	1	1	<b>3</b>	<b>13</b>
	Rhantus sp.	2	3	4	<b>9</b>	3	3	3	<b>9</b>	<b>18</b>
	Andogyrus sp.	2	2	1	<b>5</b>	2	1	1	<b>4</b>	<b>9</b>
	Ceratoponidae n.d.	2	2	2	<b>6</b>	2	1	1	<b>4</b>	<b>10</b>
	Trinobius sp.	1	1	1	<b>3</b>	1	1	1	<b>3</b>	<b>6</b>
	Scirdae sp.	1	1	1	<b>3</b>	2	2	1	<b>5</b>	<b>8</b>
	Necrobia sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	Hemerodromia sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	Phyllaphis sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	Diapontia sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	Metrichia sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	Eucypris sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	Orthoclaniiidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	Scatella sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	Baetidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>

		Simulium sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Hyalella sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Tanypodinae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Anomalocosmoecus sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Tabanidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Chironomus tentas	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Curculinodae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Mesoveliidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Indiaphis sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		<b>Mollusca</b>	Biomphalaria sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>
Sphaerium sp.	0		0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>	
Physa sp.	0		0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>	
<b>Platyhelminthes</b>	Dugesia sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>	
<b>HUARON</b>	<b>Annelida</b>	Erpobdellidae n.d.	2	2	1	<b>5</b>	3	2	2	<b>7</b>	<b>12</b>
		Tubificidae n.d.	2	3	2	<b>7</b>	4	3	4	<b>11</b>	<b>18</b>
		Naididae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Helobdella sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Lumbriculidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	<b>Arthropoda</b>	Hyalella sp.	101	92	95	<b>288</b>	75	71	79	<b>225</b>	<b>513</b>
		Ectemnostega sp.	55	49	52	<b>156</b>	42	38	48	<b>128</b>	<b>284</b>
		Necrobia sp.	29	32	41	<b>102</b>	26	29	31	<b>86</b>	<b>188</b>
		Chironominae n.d.	22	12	11	<b>45</b>	35	38	40	<b>113</b>	<b>158</b>
		Curculinodae n.d.	5	7	5	<b>17</b>	1	2	1	<b>4</b>	<b>21</b>
		Rhantus sp.	5	4	5	<b>14</b>	1	2	1	<b>4</b>	<b>18</b>
		Hemerodromia sp.	5	10	8	<b>23</b>	2	3	1	<b>6</b>	<b>29</b>
		Indiaphis sp.	5	6	4	<b>15</b>	1	2	1	<b>4</b>	<b>19</b>

	Chironomus sp.	2	1	0	<b>3</b>	1	2	1	<b>4</b>	<b>7</b>
	Scatella sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	Diapontia sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	Tanypodinae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	Ceratoponidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	Podonomus sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	Eucypris sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	Simulium sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	Anomalocosmoecus sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	Baetidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	Chironomus tentas	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	Orthoclaniidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	Phyllaphis sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	Hydrachna sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	Coenagrionidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	Andogyrus sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	Sciridae sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	Isotomidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	Tabanidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	Limnissidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	Trinobius sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	Mesoveliidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	Metrichia sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Mollusca</b>	Biomphalaria sp.	25	22	24	<b>71</b>	11	16	14	<b>41</b>	<b>112</b>
	Sphaerium sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	Physa sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>

	<b>Platyhelminthes</b>	Dugesia sp.	22	17	19	<b>58</b>	12	12	13	<b>37</b>	<b>95</b>
<b>HUARONCOCHA</b>	<b>Annelida</b>	Tubificidae n.d.	2	3	3	<b>8</b>	1	1	0	<b>2</b>	<b>10</b>
		Erpobdellidae n.d.	1	2	2	<b>5</b>	1	1	0	<b>2</b>	<b>7</b>
		Naididae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Helobdella sp.	0	1	1	<b>2</b>	3	2	3	<b>8</b>	<b>10</b>
		Lumbriculidae n.d.	0	1	1	<b>2</b>	15	10	13	<b>38</b>	<b>40</b>
	<b>Arthropoda</b>	Chironominae n.d.	41	35	40	<b>116</b>	74	55	36	<b>165</b>	<b>281</b>
		Necrobia sp.	31	25	34	<b>90</b>	1	1	1	<b>3</b>	<b>93</b>
		Hyaella sp.	9	45	70	<b>124</b>	46	55	79	<b>180</b>	<b>304</b>
		Ectemnostega sp.	5	7	11	<b>23</b>	35	37	39	<b>111</b>	<b>134</b>
		Rhantus sp.	2	1	1	<b>4</b>	8	4	9	<b>21</b>	<b>25</b>
		Limnissidae n.d.	1	2	1	<b>4</b>	1	1	1	<b>3</b>	<b>7</b>
		Eucypris sp.	1	1	1	<b>3</b>	6	4	5	<b>15</b>	<b>18</b>
		Hydrachna sp.	1	1	1	<b>3</b>	2	2	3	<b>7</b>	<b>10</b>
		Podonomus sp.	0	1	1	<b>2</b>	9	11	12	<b>32</b>	<b>34</b>
		Metrichia sp.	0	1	1	<b>2</b>	44	32	45	<b>121</b>	<b>123</b>
		Simulium sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Diapontia sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Orthoclaniidae n.d.	0	1	1	<b>2</b>	2	2	1	<b>5</b>	<b>7</b>
		Baetidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Scatella sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Ceratoponidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Tanypodinae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	2	2	1	<b>5</b>	<b>5</b>
		Hemerodromia sp.	0	1	1	<b>2</b>	4	3	4	<b>11</b>	<b>13</b>
Chironomus tentas	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>		
Anomalocosmoecus sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>		

		Phyllaphis sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Trinobius sp.			0	0	0	0	0	0	0
		Coenagrionidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Andogyrus sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Sciridae sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Isotomidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Tabanidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Chironomus sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Curculinodae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Mesoveliidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Indiaphis sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>Mollusca</b>	Biomphalaria sp.	0	11	14	25	8	12	13	33	58
		Sphaerium sp.	0	1	1	2	2	3	4	9	11
		Physa sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>Platyhelminthes</b>	Dugesia sp.	0	12	13	25	1	0	1	2	27
<b>HUASCARCOCHA</b>	<b>Annelida</b>	Lumbriculidae n.d.	12	12	14	38	22	12	16	50	88
		Erpobdellidae n.d.	1	1	1	3	1	0	1	2	5
		Helobdella sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Tubificidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Naididae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>Arthropoda</b>	Chironominae n.d.	15	20	21	56	35	28	25	88	144
		Eucypris sp.	6	5	7	18	5	5	2	12	30
		Isotomidae n.d.	4	2	2	8	1	2	2	5	13
		Ectemnostega sp.	3	2	3	8	4	3	2	9	17
		Hydrachna sp.	2	3	1	6	5	4	4	13	19
		Necrobia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	Tabanidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Rhantus sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Chironomus tentas	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mesoveliidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Coenagrionidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Phyllaphis sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Curculinodae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sciridae sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Diapontia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Chironomus sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Baetidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Metrichia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ceratoponidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Orthoclaniidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Hemerodromia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Podonomus sp.	0	0	0	0	1	2	1	4	4
	Hyalella sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Scatella sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Trinobius sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Simulium sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Andogyrus sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Tanypodinae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Anomalocosmoecus sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Limnissidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Indiaphis sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Mollusca</b>	Biomphalaria sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0

		Sphaerium sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Physa sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	<b>Platyhelminthes</b>	Dugesia sp.	2	3	1	<b>6</b>	1	2	2	<b>5</b>	<b>11</b>
<b>HUASCOCHA</b>	<b>Annelida</b>	Lumbriculidae n.d.	9	10	8	<b>27</b>	12	8	10	<b>30</b>	<b>57</b>
		Tubificidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Naididae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Helobdella sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Erpobdellidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	<b>Arthropoda</b>	Hemerodromia sp.	55	44	39	<b>138</b>	37	33	36	<b>106</b>	<b>244</b>
		Ectemnostega sp.	10	20	17	<b>47</b>	7	8	9	<b>24</b>	<b>71</b>
		Chironomus tentas	8	8	5	<b>21</b>	2	2	1	<b>5</b>	<b>26</b>
		Eucypris sp.	8	5	4	<b>17</b>	2	3	1	<b>6</b>	<b>23</b>
		Rhantus sp.	4	6	3	<b>13</b>	2	2	1	<b>5</b>	<b>18</b>
		Necrobia sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Isotomidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Tanypodinae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Baetidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Mesoveliidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Coenagrionidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Chironomus sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Curculinodae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Andogyrus sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Diapontia sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Limnissidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Ceratoponidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
Metrichia sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>		

		Podonomus sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Orthoclaniiidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Phyllaphis sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Chironominae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Anomalocosmoecus sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Scatella sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Sciridae sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Simulium sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Tabanidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Hyaella sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Trinobius sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Hydrachna sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Indiaphis sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>Mollusca</b>	Biomphalaria sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Sphaerium sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Physa sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>Platyhelminthes</b>	Dugesia sp.	8	8	12	28	2	5	3	10	38
<b>HUICRO</b>	<b>Annelida</b>	Naididae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Erpobdellidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Tubificidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Helobdella sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Lumbriculidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>Arthropoda</b>	Chironominae n.d.	110	102	98	310	83	98	100	281	591
		Ectemnostega sp.	51	58	50	159	49	55	59	163	322
		Eucypris sp.	22	31	10	63	10	12	11	33	96
Rhantus sp.		16	14	11	41	8	7	8	23	64	

Limnephilidae n.d.	13	9	9	<b>31</b>	3	2	2	<b>7</b>	<b>38</b>
Hydrachna sp.	11	8	7	<b>26</b>	1	3	1	<b>5</b>	<b>31</b>
Podonomus sp.	2	4	5	<b>11</b>	2	3	2	<b>7</b>	<b>18</b>
Scatella sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
Metrichia sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
Tanypodinae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
Curculinodae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
Coenagrionidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
Orthoclaniidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
Diapontia sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
Simulium sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
Baetidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
Mesoveliidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
Ceratoponidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
Necrobia sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
Hemerodromia sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
Phyllaphis sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
Hyalella sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
Chironomus sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
Trinobius sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
Sciridae sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
Andogyrus sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
Tabanidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
Isotomidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
Chironomus tentas	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
Anomalocosmoecus sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>

		Indiaphis sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	<b>Mollusca</b>	Biomphalaria sp.	85	92	78	<b>255</b>	100	108	110	<b>318</b>	<b>573</b>
		Sphaerium sp.	8	10	9	<b>27</b>	4	5	6	<b>15</b>	<b>42</b>
		Physa sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	<b>Platyhelminthes</b>	Dugesia sp.	10	12	7	<b>29</b>	4	3	3	<b>10</b>	<b>39</b>
<b>LEONCOCHA</b>	<b>Annelida</b>	Lumbriculidae n.d.	13	10	12	<b>35</b>	12	11	12	<b>35</b>	<b>70</b>
		Tubificidae n.d.	5	7	8	<b>20</b>	4	6	7	<b>17</b>	<b>37</b>
		Helobdella sp.	2	5	6	<b>13</b>	2	2	1	<b>5</b>	<b>18</b>
		Naididae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Erpobdellidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	<b>Arthropoda</b>	Chironominae n.d.	132	155	170	<b>457</b>	150	165	186	<b>501</b>	<b>958</b>
		Isotomidae n.d.	97	95	100	<b>292</b>	85	72	81	<b>238</b>	<b>530</b>
		Hyalella sp.	23	25	30	<b>78</b>	24	22	25	<b>71</b>	<b>149</b>
		Hydrachna sp.	17	15	17	<b>49</b>	10	12	14	<b>36</b>	<b>85</b>
		Limnssiidae n.d.	12	11	11	<b>34</b>	8	9	8	<b>25</b>	<b>59</b>
		Ectemnostega sp.	8	8	10	<b>26</b>	7	5	7	<b>19</b>	<b>45</b>
		Chironomus tentas	4	3	2	<b>9</b>	4	9	10	<b>23</b>	<b>32</b>
		Chironomus sp.	1	2	1	<b>4</b>	8	5	4	<b>17</b>	<b>21</b>
		Rhantus sp.	1	2	1	<b>4</b>	2	2	3	<b>7</b>	<b>11</b>
		Tanypodinae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Necrobia sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Mesoveliidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Coenagrionidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Phyllaphis sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Eucypris sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
Curculinodae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>		

		Hemerodromia sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Metrichia sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Podonomus sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Orthoclaniiidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Scatella sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Diapontia sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Simulium sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Baetidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Sciridae sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Trinobius sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Tabanidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Andogyrus sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Anomalocosmoecus sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Ceratoponidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Indiaphis sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	<b>Mollusca</b>	Biomphalaria sp.	13	15	18	<b>46</b>	14	15	15	<b>44</b>	<b>90</b>
		Sphaerium sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Physa sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	<b>Platyhelminthes</b>	Dugesia sp.	27	28	35	<b>90</b>	23	24	30	<b>77</b>	<b>167</b>
<b>MARCA</b>	<b>Annelida</b>	Lumbriculidae n.d.	21	20	15	<b>56</b>	8	7	8	<b>23</b>	<b>79</b>
		Erpobdellidae n.d.	17	17	18	<b>52</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>52</b>
		Naididae n.d.	1	2	1	<b>4</b>	5	5	5	<b>15</b>	<b>19</b>
		Tubificidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Helobdella sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	<b>Arthropoda</b>	Eucypris sp.	1282	1014	1126	<b>3422</b>	155	168	183	<b>506</b>	<b>3928</b>
		Hyaella sp.	265	301	277	<b>843</b>	32	28	39	<b>99</b>	<b>942</b>

Podonomus sp.	118	110	115	<b>343</b>	16	20	17	<b>53</b>	<b>396</b>
Ectemnostega sp.	109	114	112	<b>335</b>	23	23	26	<b>72</b>	<b>407</b>
Hydrachna sp.	65	53	59	<b>177</b>	229	213	243	<b>685</b>	<b>862</b>
Orthoclaniiidae n.d.	8	6	7	<b>21</b>	12	9	11	<b>32</b>	<b>53</b>
Chironominae n.d.	8	5	8	<b>21</b>	3	5	35	<b>43</b>	<b>64</b>
Sciridae sp.	3	2	3	<b>8</b>	1	2	1	<b>4</b>	<b>12</b>
Trinobius sp.	3	3	3	<b>9</b>	1	1	1	<b>3</b>	<b>12</b>
Rhantus sp.	2	1	1	<b>4</b>	4	4	5	<b>13</b>	<b>17</b>
Diapontia sp.	2	2	1	<b>5</b>	3	4	3	<b>10</b>	<b>15</b>
Tanypodinae n.d.	2	2	1	<b>5</b>	4	5	6	<b>15</b>	<b>20</b>
Phyllaphis sp.	2	2	1	<b>5</b>	2	2	1	<b>5</b>	<b>10</b>
Andogyrus sp.	2	4	3	<b>9</b>	2	1	1	<b>4</b>	<b>13</b>
Limnissidae n.d.	1	1	1	<b>3</b>	1	2	1	<b>4</b>	<b>7</b>
Necrobia sp.	1	2	3	<b>6</b>	3	1	1	<b>5</b>	<b>11</b>
Isotomidae n.d.	1	2	1	<b>4</b>	30	25	29	<b>84</b>	<b>88</b>
Indiaphis sp.	1	2	1	<b>4</b>	2	2	1	<b>5</b>	<b>9</b>
Scatella sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
Curculinodae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
Simulium sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
Metrichia sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
Mesoveliidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
Ceratoponidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
Coenagrionidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
Anomalocosmoecus sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
Tabanidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
Hemerodromia sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>

		Baetidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>	
		Chironomus sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>	
		Chironomus tentas	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>	
	<b>Mollusca</b>	Physa sp.	62	48	58	<b>168</b>	2	2	3	<b>7</b>	<b>175</b>	
		Sphaerium sp.	1	2	1	<b>4</b>	1	1	1	<b>3</b>	<b>7</b>	
		Biomphalaria sp.	1	2	1	<b>4</b>	1	2	1	<b>4</b>	<b>8</b>	
	<b>Platyhelminthes</b>	Dugesia sp.	3	3	4	<b>10</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>10</b>	
	<b>POMACOCHA</b>	<b>Annelida</b>	Lumbriculidae n.d.	6	5	8	<b>19</b>	5	7	6	<b>18</b>	<b>37</b>
			Naididae n.d.	4	5	8	<b>17</b>	5	6	3	<b>14</b>	<b>31</b>
			Tubificidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
			Helobdella sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
Erpobdellidae n.d.			0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>	
<b>Arthropoda</b>		Chironominae n.d.	152	145	150	<b>447</b>	184	162	140	<b>486</b>	<b>933</b>	
		Metrichia sp.	132	121	130	<b>383</b>	92	85	78	<b>255</b>	<b>638</b>	
		Orthoclanidae n.d.	42	39	37	<b>118</b>	55	62	60	<b>177</b>	<b>295</b>	
		Podonomus sp.	40	38	48	<b>126</b>	41	28	39	<b>108</b>	<b>234</b>	
		Hemerodromia sp.	28	38	41	<b>107</b>	25	37	21	<b>83</b>	<b>190</b>	
		Baetidae n.d.	27	33	39	<b>99</b>	25	20	31	<b>76</b>	<b>175</b>	
		Simulium sp.	5	7	8	<b>20</b>	7	5	6	<b>18</b>	<b>38</b>	
		Limnoidae n.d.	1	2	3	<b>6</b>	1	1	0	<b>2</b>	<b>8</b>	
		Chironomus sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>	
		Necrobia sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>	
		Mesoveliidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>	
		Diapontia sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>	
		Phyllaphis sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>	
		Ectemnostega sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>	

		Curculinodae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Isotomidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Eucypris sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Chironomus tentas	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Sciridae sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Ceratoponidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Anomalocosmoecus sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Coenagrionidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Rhantus sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Scatella sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Tanypodinae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Andogyrus sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Tabanidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Hyaella sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Trinobius sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Hydrachna sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Indiaphis sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	
	<b>Mollusca</b>	Physa sp.	54	58	66	<b>178</b>	62	53	71	<b>186</b>	<b>364</b>
		Biomphalaria sp.	21	22	24	<b>67</b>	25	31	22	<b>78</b>	<b>145</b>
		Sphaerium sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	<b>Platyhelminthes</b>	Dugesia sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>SANTA CATALINA</b>	<b>Annelida</b>	Naididae n.d.	1	1	0	<b>2</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>2</b>
		Helobdella sp.	1	0	0	<b>1</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>1</b>
		Tubificidae n.d.	0	1	0	<b>1</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>1</b>
		Erpobdellidae n.d.	0	1	0	<b>1</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>1</b>
		Lumbriculidae n.d.	0	1	0	<b>1</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>1</b>

<b>Arthropoda</b>	Ectemnostega sp.	120	110	68	<b>298</b>	79	88	98	<b>265</b>	<b>563</b>
	Chironominae n.d.	78	89	110	<b>277</b>	47	55	63	<b>165</b>	<b>442</b>
	Podonomus sp.	11	9	15	<b>35</b>	1	2	2	<b>5</b>	<b>40</b>
	Hydrachna sp.	10	5	6	<b>21</b>	1	2	3	<b>6</b>	<b>27</b>
	Hyaella sp.	8	7	5	<b>20</b>	1	1	1	<b>3</b>	<b>23</b>
	Limnissidae n.d.	2	2	3	<b>7</b>	1	1	1	<b>3</b>	<b>10</b>
	Tanypodinae n.d.	1	0	1	<b>2</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>2</b>
	Diapontia sp.	1	1	0	<b>2</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>2</b>
	Eucypris sp.	1	1	1	<b>3</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>3</b>
	Coenagrionidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	Chironomus sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	Mesoveliidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	Baetidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	Simulium sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	Metrichia sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	Curculinodae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	Necrobia sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	Chironomus tentas	0	1	0	<b>1</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>1</b>
	Phyllaphis sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	Orthoclanidae n.d.	0	1	0	<b>1</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>1</b>
	Hemerodromia sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	Ceratoponidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	Rhantus sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	Scatella sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	Sciridae sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	Trinobius sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>

		Tabanidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>	
		Andogyrus sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>	
		Anomalocosmoecus sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>	
		Isotomidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>	
		Indiaphis sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>	
	<b>Mollusca</b>	Sphaerium sp.	1	0	1	<b>2</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>2</b>	
		Physa sp.	1	1	0	<b>2</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>2</b>	
		Biomphalaria sp.	0	1	0	<b>1</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>1</b>	
	<b>Platyhelminthes</b>	Dugesia sp.	1	1	0	<b>2</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>2</b>	
	<b>TICTICOCHA</b>	<b>Annelida</b>	Lumbriculidae n.d.	18	17	10	<b>45</b>	15	13	10	<b>38</b>	<b>83</b>
			Erpobdellidae n.d.	13	12	10	<b>35</b>	22	21	24	<b>67</b>	<b>102</b>
			Helobdella sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
			Tubificidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
Naididae n.d.			0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>	
<b>Arthropoda</b>		Ectemnostega sp.	33	38	40	<b>111</b>	7	5	7	<b>19</b>	<b>130</b>	
		Anomalocosmoecus sp.	7	7	8	<b>22</b>	7	7	8	<b>22</b>	<b>44</b>	
		Chironominae n.d.	7	5	6	<b>18</b>	2	2	4	<b>8</b>	<b>26</b>	
		Hyalella sp.	6	7	6	<b>19</b>	270	272	300	<b>842</b>	<b>861</b>	
		Chironomus sp.	3	2	3	<b>8</b>	1	2	1	<b>4</b>	<b>12</b>	
		Necrobia sp.	2	1	1	<b>4</b>	1	2	1	<b>4</b>	<b>8</b>	
		Trinobius sp.	2	1	1	<b>4</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>4</b>	
		Podonomus sp.	1	2	2	<b>5</b>	8	7	5	<b>20</b>	<b>25</b>	
		Orthoclaniiidae n.d.	1	2	1	<b>4</b>	8	8	5	<b>21</b>	<b>25</b>	
Scatella sp.	1	2	1	<b>4</b>	1	2	1	<b>4</b>	<b>8</b>			
Eucypris sp.	1	1	2	<b>4</b>	12	12	11	<b>35</b>	<b>39</b>			
Simulium sp.	1	1	0	<b>2</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>2</b>			

		Metricchia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Baetidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Diapontia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Ceratoponidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Curculinodae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Tanypodinae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Chironomus tentas	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Andogyrus sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Phyllaphis sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Sciridae sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Rhantus sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Tabanidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Hemerodromia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Mesoveliidae n.d.	0	1	1	2	2	1	1	4	6
		Isotomidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Coenagrionidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Limnoidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Hydrachna sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Indiaphis sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>Mollusca</b>	Physa sp.	46	35	44	125	35	34	26	95	220
		Sphaerium sp.	5	7	7	19	1	2	2	5	24
		Biomphalaria sp.	3	2	2	7	1	1	1	3	10
	<b>Platyhelminthes</b>	Dugesia sp.	15	14	18	47	2	3	4	9	56
<b>YANANYACU</b>	<b>Annelida</b>	Naididae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Erpobdellidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Tubificidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0

		Helobdella sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Lumbriculidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	<b>Arthropoda</b>	Ectemnostega sp.	176	191	198	<b>565</b>	196	185	198	<b>579</b>	<b>1144</b>
		Hyaella sp.	51	45	53	<b>149</b>	41	48	50	<b>139</b>	<b>288</b>
		Chironominae n.d.	51	50	50	<b>151</b>	63	76	73	<b>212</b>	<b>363</b>
		Hydrachna sp.	33	31	36	<b>100</b>	46	48	50	<b>144</b>	<b>244</b>
		Rhantus sp.	23	21	24	<b>68</b>	17	19	21	<b>57</b>	<b>125</b>
		Phyllaphis sp.	21	19	21	<b>61</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>61</b>
		Chironomus sp.	3	2	3	<b>8</b>	3	2	3	<b>8</b>	<b>16</b>
		Isotomidae n.d.	3	3	5	<b>11</b>	3	4	2	<b>9</b>	<b>20</b>
		Coenagrionidae n.d.	2	3	4	<b>9</b>	2	2	2	<b>6</b>	<b>15</b>
		Anomalocosmoecus sp.	2	1	1	<b>4</b>	11	14	15	<b>40</b>	<b>44</b>
		Eucypris sp.	2	2	3	<b>7</b>	6	5	4	<b>15</b>	<b>22</b>
		Limnissidae n.d.	1	3	1	<b>5</b>	1	2	1	<b>4</b>	<b>9</b>
		Simulium sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Podonomus sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Orthoclanidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Ceratoponidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Scatella sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Trinobius sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Necrobia sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Andogyrus sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Chironomus tentas	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Baetidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Diapontia sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	Tabanidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>	

		Sciridae sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Tanypodinae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Hemerodromia sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Metrichia sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Curculinodae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Mesoveliidae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
		Indiaphis sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	<b>Mollusca</b>	Biomphalaria sp.	18	15	16	<b>49</b>	22	21	24	<b>67</b>	<b>116</b>
		Sphaerium sp.	2	2	2	<b>6</b>	2	2	1	<b>5</b>	<b>11</b>
		Physa sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Platyhelminthes</b>	Dugesia sp.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>	
<b>YURACMAYO</b>	<b>Annelida</b>	Helobdella sp.	127	102	133	<b>362</b>	1	2	1	<b>4</b>	<b>366</b>
		Tubificidae n.d.	8	10	10	<b>28</b>	1	2	2	<b>5</b>	<b>33</b>
		Lumbriculidae n.d.	3	3	2	<b>8</b>	8	7	9	<b>24</b>	<b>32</b>
		Erpobdellidae n.d.	2	2	1	<b>5</b>	1	2	1	<b>4</b>	<b>9</b>
		Naididae n.d.	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	<b>Arthropoda</b>	Chironominae n.d.	152	164	173	<b>489</b>	235	203	228	<b>666</b>	<b>1155</b>
		Podonomus sp.	93	85	88	<b>266</b>	1	2	1	<b>4</b>	<b>270</b>
		Orthoclaniidae n.d.	68	70	76	<b>214</b>	1	2	1	<b>4</b>	<b>218</b>
		Hydrachna sp.	5	5	4	<b>14</b>	28	22	25	<b>75</b>	<b>89</b>
		Hyalella sp.	4	2	3	<b>9</b>	1	2	1	<b>4</b>	<b>13</b>
Isotomidae n.d.		3	2	1	<b>6</b>	2	2	2	<b>6</b>	<b>12</b>	
Rhantus sp.		2	2	1	<b>5</b>	1	2	1	<b>4</b>	<b>9</b>	
Chironomus sp.		2	2	1	<b>5</b>	3	2	1	<b>6</b>	<b>11</b>	
Scatella sp.		2	1	1	<b>4</b>	1	2	1	<b>4</b>	<b>8</b>	
Eucypris sp.	2	2	1	<b>5</b>	8	7	8	<b>23</b>	<b>28</b>		

	Limnissidae n.d.	2	2	2	6	11	10	9	30	36
	Tabanidae n.d.	1	1	1	3	2	1	1	4	7
	Coenagrionidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Diapontia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Phyllaphis sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Curculinodae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Hemerodromia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sciridae sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Trinobius sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Baetidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Andogyrus sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ceratoponidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Anomalocosmoecus sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ectemnostega sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Chironomus tentas	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Simulium sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mesoveliidae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Tanypodinae n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Metrichia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Necrobia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Indiaphis sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Mollusca</b>	Biomphalaria sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sphaerium sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Physa sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Platyhelminthes</b>	Dugesia sp.	3	2	3	8	8	9	9	26	34
<b>Total General</b>		<b>5238</b>	<b>5033</b>	<b>5283</b>	<b>15554</b>	<b>3708</b>	<b>3658</b>	<b>3899</b>	<b>11265</b>	<b>26819</b>

