



Universidad del Azuay

Facultad de Ciencia y Tecnología

Escuela de Biología, Ecología y Gestión

Variación de la comunidad de macroinvertebrados y la relación con las características ambientales en riachuelos en el páramo del Macizo del Cajas.

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de Bióloga con mención en Ecología y Gestión

Autora:

Mirka Maytee Quezada Morocho

Director:

Blgo. Edwin Javier Zárate Hugo MSc.

Cuenca, Ecuador

2019

## **DEDICATORIA**

A Dios y a mis padres, César y Alexandra, que sin su apoyo y sacrificio no hubiera logrado concluir mi carrera profesional.

A mi hermana y sobrina por su apoyo y paciencia durante esta etapa.

.

**Mirka M. Quezada**

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres, por el apoyo en cada decisión que eh tomado y por enseñarme a no decaer ante las adversidades encontradas en el camino.

A mi hermana y sobrina que desde la distancia me brindaron apoyo.

A mi director, MsC Edwin Zárate por todo lo aprendido durante todo el proceso y permitirme ser parte de este proyecto.

A mis amigos y compañeros Adrián, Christian y Estefanía por el apoyo brindado durante las etapas de campo y laboratorio.

A Daniel, Jasmín y Karla por la paciencia y ánimos durante todos los años que compartimos.

Y a todas las personas que de una u otra manera fueron partícipes durante el desarrollo de esta tesis.

**Mirka M. Quezada**

# Índice de contenido

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b> .....	<b>4</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>6</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>7</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>8</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>9</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>12</b>
Objetivo General .....	12
Objetivos Específicos.....	12
<b>CAPITULO I</b> .....	<b>13</b>
<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>13</b>
1.1 Área de estudio.....	13
1.2 Muestreo de Macroinvertebrados .....	16
1.3 Análisis Estadísticos .....	16
1.3.1 Índice de diversidad alfa .....	16
Índice Shannon.....	17
Índice Simpson.....	17
Índice Biótico Andino (ABI) .....	17
1.3.2 Índice de diversidad beta.....	18
Clúster .....	18
1.4 Registro de Parámetros fisicoquímicos insitu .....	18
Índice Calidad del Bosque de Ribera (QBR) .....	19
Índice de Hábitat Fluvial (IHF).....	19
1.5 Relación comunidad de Macroinvertebrados con variables ambientales.....	20

Análisis de componentes Principales (PCA).....	20
Modelo Lineal .....	20
<b>CAPITULO II .....</b>	<b>21</b>
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>21</b>
2.1 Estructura de la comunidad de Macroinvertebrados .....	21
2.2 Factores ambientales .....	29
2.3 Relación de las características de las comunidades de macroinvertebrados con las características ambientales .....	32
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>36</b>
<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>35</b>
<b>CONCLUSIÓN .....</b>	<b>39</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>40</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>44</b>

## Índice de Figuras

Figura 1. Área de estudio y distribución de las estaciones de muestreo. ....	14
Figura 2. Abundancia de Macroinvertebrados de las 20 estaciones de muestreo. ....	21
Figura 3. Curvas de rango - abundancia de macroinvertebrados obtenidos para Río Balao (en el eje Y se presenta en porcentaje la abundancia).....	22
Figura 4. Curvas de rango - abundancia de macroinvertebrados obtenidos para Río Cañar (en el eje Y se presenta en porcentaje la abundancia).....	22
Figura 5. Curvas de rango - abundancia de macroinvertebrados obtenidos para Río Tomebamba (en el eje Y se presenta en porcentaje la abundancia).....	23
Figura 6. Curvas de rango - abundancia de macroinvertebrados obtenidos para Río Machángara (en el eje Y se presenta en porcentaje la abundancia).....	23
Figura 7. Curvas de rango - abundancia de macroinvertebrados obtenidos para Río Miguir (en el eje Y se presenta en porcentaje la abundancia).....	24
Figura 8. Curvas de rango - abundancia de macroinvertebrados obtenidos para Río Patul (en el eje Y se presenta en porcentaje la abundancia).....	24
Figura 9. Curvas de rango - abundancia de macroinvertebrados obtenidos para Río Quinoas (en el eje Y se presenta en porcentaje la abundancia).....	25
Figura 10. Curvas de rango - abundancia de macroinvertebrados obtenidos para Río Tenguel (en el eje Y se presenta en porcentaje la abundancia).....	25

Figura 11. Curvas de rango - abundancia de macroinvertebrados obtenidos para Río Yanuncay (en el eje Y se presenta en porcentaje la abundancia).....	26
Figura 12. Curvas de rango - abundancia de macroinvertebrados obtenidos para Río Vivar (en el eje Y se presenta en porcentaje la abundancia).....	26
Figura 13. Curva de Índices de Diversidad $\alpha$ Shannon & Simpson.....	27
Figura 14. Índice Biótico Andino de las 20 estaciones de muestreo.....	28
Figura 15. Análisis de similitud Clúster de las 20 estaciones de estudio (Color Rojo: Aproximación imparcial con sus siglas en inglés AU; Color Verde: Probabilidad Bootstrap con sus siglas en inglés BP). .....	29
Figura 16. Índice de Calidad del Bosque de Ribera de las 20 estaciones de muestreo. ....	31
Figura 17. Índice de Hábitat Fluvial de las 20 estaciones de muestreo. ....	32
Figura 18. Análisis de Componentes Principales (PCA). ....	33

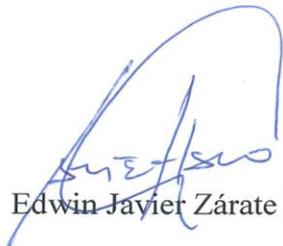
## Índice de Tablas

Tabla 1. Coordenadas geográficas (UTM) y nombre de sitios de estudio. ....	15
Tabla 2. Índice ABI según las Clases de Estado Ecológico en Ecuador.....	17
Tabla 3. Nivel de Calidad de QBR-And Color representativo.....	19
Tabla 4. Rangos de calidad generales del índice IHF. ....	20
Tabla 5. Promedio de valores de parámetros fisicoquímicos de cada sitio de estudio (Los valores resaltados se encuentran descritos en el párrafo anterior). ....	30
<b>Tabla 6. Análisis de Componentes Principales.....</b>	<b>32</b>
Tabla 7. Modelos Lineales.....	34

## RESUMEN

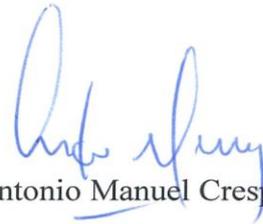
Este estudio determinó a través de macroinvertebrados y parámetros ambientales las características de los riachuelos en los páramos del Macizo del Cajas. Se escogieron 10 riachuelos y se tomaron 2 estaciones en cada uno, en estas se obtuvieron muestras de macroinvertebrados a través del método de pateo y se midieron parámetros in-situ fisicoquímicos y de hábitat (QBR, IHF). Se calcularon índices alfa y beta y se analizó la relación de las comunidades con las variables de hábitat y parámetros fisicoquímicos a través de modelos lineales. Los resultados muestran que las características ambientales como la conductividad, los sólidos totales disueltos y pH influyen las características de la comunidad de macroinvertebrados.

**Palabras clave:** Parámetros ambientales, fauna béntica, ecosistemas acuáticos



Edwin Javier Zárate Hugo

Director del Trabajo de Titulación



Antonio Manuel Crespo Ampudia

Coordinador de Escuela



Mirka Maytee Quezada Morocho

Autora

## ABSTRACT

This study determined the characteristics of the streams from the páramos of the Macizo del Cajas through macroinvertebrates and environmental parameters. 10 streams were chosen and 2 stations were established in each one. In these, samples of macroinvertebrates were obtained in-situ through the kicking method. Physicochemical and habitat parameters (QBR, IHF) were measured. Alpha and beta indices were calculated. The relationship of the communities with the variables of habitat and physicochemical parameters was analyzed through linear models. The results show that environmental characteristics such as conductivity, total dissolved solids and pH influence the characteristics of the macroinvertebrate community.

**Keywords:** Environmental parameters, benthic fauna, aquatic ecosystems



Edwin Javier Zárate Hugo

Thesis Director



Antonio Manuel Crespo Ampudia

Faculty Coordinator



Mirka Maytee Quezada Morocho

Author



Translated by  
Ing. Paúl Arpi

Quezada Morocho Mirka Maytee

Trabajo de Titulación

Blgo. Edwin Javier Zárate Hugo, MSc.

Mayo, 2019

**VARIACIÓN DE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS Y LA  
RELACIÓN CON LAS CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES EN  
RIACHUELOS EN EL PÁRAMO DEL MACIZO DEL CAJAS.**

**INTRODUCCIÓN**

En la actualidad a pesar de su destacada importancia, los ecosistemas dulceacuícolas han sufrido grandes impactos por factores antropogénicos, como la construcción de represas, y el cambio de uso del suelo, estos ocasionan cambios drásticos en el flujo natural de la materia y la energía; lo que conlleva modificaciones en el ciclo de nutrientes, especialmente del nitrógeno y fósforo (Jorcin & Nogueira 2008). Las características del agua también son afectadas por procesos naturales como la lluvia que afecta a la calidad y disponibilidad del agua, u otros fenómenos como inundaciones, sequías o turbiedad, lo que puede afectar la presencia de fauna béntica (Senior, 2015).

Estas alteraciones producidas en los cursos de agua pueden generar cambios agresivos que afectan a las comunidades de macroinvertebrados. En este sentido, ya sean las condiciones abióticas, las interacciones biológicas, la heterogeneidad ambiental y el microhábitat son factores que explican la presencia de estas comunidades en un lugar (Gustavson, Cosme, & Trama, 2013).

Los macroinvertebrados juegan un papel fundamental en los sistemas dulce acuícolas y son usados como bioindicadores de calidad de agua (Meza, Rubio, Dias, & Walteros, 2012). No obstante, las comunidades de organismos pueden variar en el tiempo y el espacio, debido a que su presencia está relacionada con la concentración de nutrientes y calidad ambiental a la que se encuentran expuestos, por lo cual, a través del estudio de su composición o tolerancia a factores de estrés que atraviesan los macroinvertebrados en los sistemas dulceacuícolas, se puede comparar la composición

y la estructura trófica de estos en zonas de río provistas de vegetación nativa, reforestada y sin vegetación (Meza et al., 2012).

Por otro lado, los efectos de las condiciones del hábitat sobre los organismos en el tiempo ecológico, asume que ciertas combinaciones de adaptación determinan su supervivencia y reproducción (Townsend & Hildrew, 1994). En el caso de los macroinvertebrados, estos son animales bentónicos sensibles a los cambios físicos – químicos que se producen en el medio, y proporcionan excelentes señales sobre la calidad de hábitat, lo cual permite entender claramente el estado en que se encuentran los ecosistemas, debido a que algunas especies requieren parámetros estrictos para sobrevivir, otros, en cambio, resisten, crecen y abundan cuando hay contaminación (Carrera & Fierro, 2001).

En el caso de los ecosistemas fluviales altoandinos, estos son particularmente importantes para los sectores rurales y urbanos, siendo las principales fuentes de suministro de agua (Acosta et al., 2009). Por esta razón el Estado Ecuatoriano busca conservar áreas naturales que tengan posibilidad de conectividad. Estas zonas son establecidas para garantizar la integridad y disponibilidad de hábitats para la biodiversidad y servicios ecosistémicos. (Vasco Tapia et al., 2012). A pesar de la importancia en los ecosistemas acuáticos que tienen los macroinvertebrados, no existe información a nivel regional.

En este sentido, para establecer un hábitat de referencia, es necesario observar que las condiciones fisicoquímicas se encuentren dentro de los rangos necesarios para determinar qué características del hábitat son oportunas para la conservación y desarrollo de las comunidades de macroinvertebrados. De acuerdo con esto, uno de los factores que suele influenciar en la presencia de los individuos es la comunidad vegetal de ribera, esto se debe a la relación directa con la calidad del agua de los ríos, pues tiene una capacidad natural de reservar materia orgánica, sedimentos y nutrientes que terminan en el curso fluvial, lo que involucra al bienestar de las comunidades bentónicas (Acosta et al., 2014).

Adicionalmente, a través de análisis de variables e índices ambientales se puede explicar el cambio sobre las especies en distintas condiciones del medio (Salcedo, Artica, & Trama, 2013). De hecho, el Índice de Calidad del Bosque de Ribera Andino (QBR-And) e Índice de Hábitat Fluvial (IHF) son útiles para establecer el nivel de

calidad de las riberas y, aunque fue desarrollado originalmente para los ríos mediterráneos, hay una adaptación a ríos andinos por Acosta et al. (2009).

Se debe tomar ciertas precauciones cuando se estudian ríos o sistemas fluviales sometidos a cualquier estrés ambiental natural u originado por el hombre que imposibilite la formación de un bosque de ribera y que, de esta manera, podría infravalorar su estado de conservación (Suárez et al., 2002). Además, el Índice Biótico (ABI) se utiliza para detectar el estado general de los ríos, pero las condiciones de referencia pueden ser diferentes por sitio. En Ecuador y Perú, este índice es ampliamente utilizado por las altas correlaciones con el uso de la tierra en varios estudios (Ríos-Touma, Acosta, & Prat, 2014). En este aspecto, las condiciones de referencia deben asignarse según los diferentes tipos de cuerpos de agua y no necesariamente representan condiciones prístinas, sino que cierta presión humana puede presentarse mientras no existan efectos ecológicos (Acosta, Ríos, Rieradevall, & Prat, 2009).

Por lo que, la influencia de los Andes es determinante también sobre las características ambientales de los ríos altoandinos, que son un claro reflejo de las condiciones ambientales del lugar donde se encuentran. Estudios para caracterizar estos ríos son escasos, y de los existentes, el enfoque principal son las alteraciones antrópicas o naturales, sin tomar en cuenta las características necesarias para la conservación y desarrollo de las comunidades bénticas (Segnini & Chacón, 2005).

En este aspecto, al ser los páramos del Macizo del Cajas un ecosistema andino importante para la flora y fauna es necesario mantener su integridad ecológica y, a su vez, estudiar sus características, ya que a través de ellas se puede conocer las condiciones de hábitat que influyen sobre la presencia de las comunidades de macroinvertebrados (Ministerio del Ambiente 2016). Debido a esto, nos planteamos la siguiente pregunta ¿Como varía la comunidad de macroinvertebrados en relación con las características ambientales en riachuelos de páramo en el Macizo del Cajas?

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Determinar las características de la comunidad de macroinvertebrados en función de las características ambientales en los páramos del Macizo del Cajas.

### **Objetivos Específicos**

- Determinar la diversidad de comunidades de macroinvertebrados a nivel de género en riachuelos de páramo del Macizo del Cajas.
- Evaluar parámetros físicos – químicos in situ.
- Relacionar las características de las comunidades de macroinvertebrados con las características ambientales en riachuelos de páramo del Macizo del Cajas.

## CAPITULO I

### METODOLOGÍA

#### 1.1 Área de Estudio

El estudio se realizó de noviembre del 2018 a febrero del 2019. Se llevó a cabo dentro del Área de Biosfera Macizo del Cajas (ABMC), que está ubicada al sur de la cordillera occidental de los Andes del Ecuador, en una región montañosa con una variación altitudinal que va desde los 4.450 m s.n.m. hasta el nivel del mar, y se extiende desde el norte, en la depresión formada por el río Cañar, hasta el río Jubones en el sur (Rodríguez et al., 2014). La temperatura en la zona montañosa fluctúa entre los 2 a 18°C, por lo que no existe regularidad en el clima (Ministerio del Ambiente, 2016).

En esta área se fijaron 20 estaciones, en 10 sitios de muestreo (riachuelos), y 2 puntos en cada uno con una distancia de 1 a 2 km aproximadamente (Tabla 1). Los puntos fueron ubicados cubriendo una gradiente Norte-Sur y Este – Oeste, es decir flanco occidental y oriental) (Figura 1). En cada sitio se tomó un tramo de 50 m del riachuelo del cual se tomaron las muestras de macroinvertebrados y se midieron los parámetros ambientales; físicos químicos, calidad del hábitat fluvial (IHF) y de ribera del río (QBR-And). Adicionalmente, se realizó una segunda réplica para obtener mayor precisión en la información recaudada.

Al escoger las estaciones de estudio se buscó similaridad en el hábitat para poder compararlas, esto se debe a que la ribera de los ríos es muy variada, donde en todos los casos los géneros *Festuca*, *Calamagrostis*, *Stipa*, *Muhlenbergia* y *Agrostis* (Poaceae), además, de encontrar bosques con vegetación arbustiva y árboles pequeños como el *Polylepis* spp., los ríos altoandinos son muy variables y presentan oscilaciones en cuanto a sus características fisicoquímicas (caudal, temperatura, oxígeno disuelto, pH, conductividad, etc.). (Villamarín Flores, 2008)

## ECOSISTEMA DE PÁRAMO

La vegetación del Macizo del Cajas es del tipo herbáceo, retienen gran humedad, presentan suelos profundos y lagunas de origen glacial. Son fundamentales para la producción del agua, almacenamiento de carbono, y a la vez son abundantes en biodiversidad (Rodríguez et al., 2014). En cada una de estas formaciones vegetales, dominan diferentes formas de vida de plantas que incluyen rosetas caulescentes, arbustos esclerófilos, cojines, rosetas acaules, gramíneas en macolla, hierbas no graminoides, entre las condiciones ambientales incluyen bajas temperaturas nocturnas y diversidad térmica diaria, altos niveles de radiación y suelos generalmente pobres en nutrientes (Llambí, 2015)

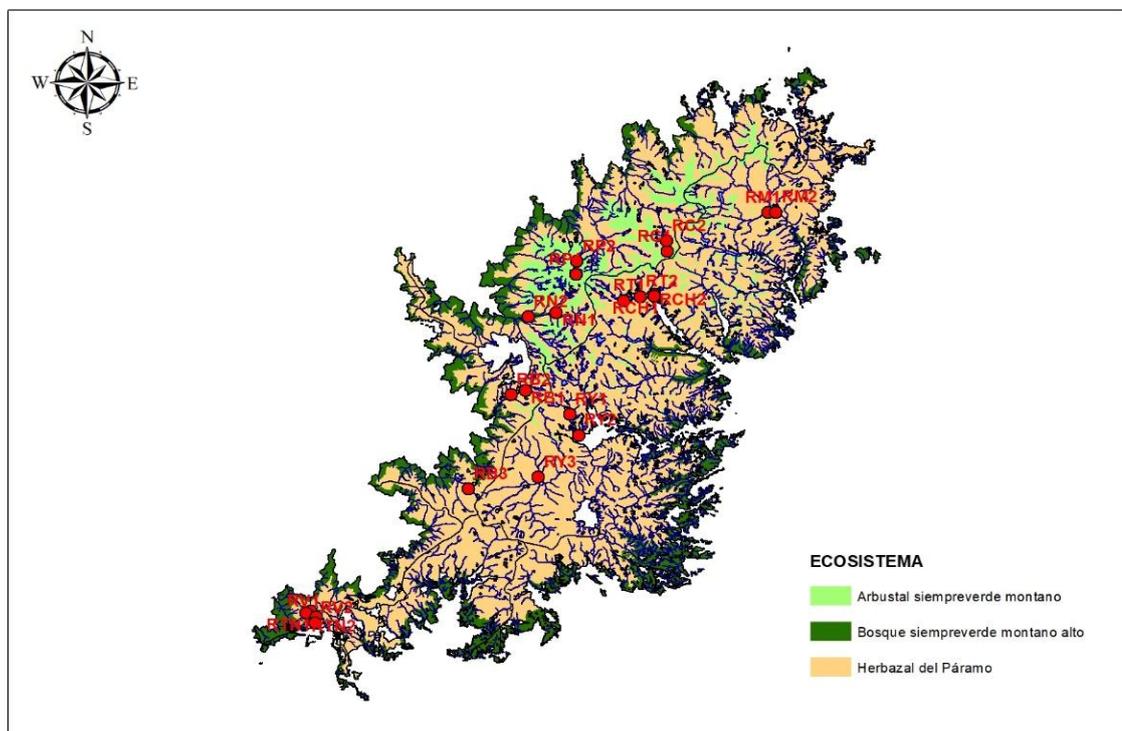


Figura 1. Área de estudio y distribución de las estaciones de muestreo.

Tabla 1. Coordenadas geográficas (UTM) y nombre de sitios de estudio.

CÓDIGO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	ESTACIONES	SITIOS
RB1	X: 688002,0162 Y: 9680590,797	Río Balao (Angas)	Río Balao
RB2	X: 688159,1126 Y: 9680623,87	Río Balao (Angas)	Río Balao
RC1	X: 705337,1855 Y: 9698478,284	Río Cañar (Patococha 1)	Río Cañar
RC2	X: 705257,8105 Y: 9699827,659	Río Cañar (Patococha 2)	Río Cañar
RCH1	X: 703761,00 Y: 9693019,00	Dos Chorreras P1	Río Tomebamba
RCH2	X: 703698,00 Y: 9692758,00	Dos Chorreras P2	Río Tomebamba
RM1	X: 717721,00 Y: 9703489,00	Chanlud 1	Río Machángara
RM2	X: 718672,00 Y: 9703508,00	Chanlud 2	Río Machángara
RN1	X: 691757,4459 Y: 9690573,857	antes de Miguir	Río Miguir
RN2	X: 691439,9459 Y: 9690560,628	Después Miguir	Río Miguir
RP1	X: 694178,383 Y: 9695535,622	Río Patul (Río Sisirín Zona alta)	Río Patul
RP2	X: 694261,0657 Y: 9697214,072	Río Patul (Río Sisirín Zona alta)	Río Patul
RT1	X: 690381,6126 Y: 9690296,045	Matadero (Antes Virgen)	Río Quinoas
RT2	X: 688344,3209 Y: 9690084,378	Matadero (después Virgen)	Río Quinoas
RTN1	X: 661700,7792 Y: 9652375,465	Nariguiña (Pucara1)	Río Tenguel
RTN2	X: 661122,0032 Y: 9652110,882	Nariguiña (Pucara2)	Río Tenguel
RV1	X: 662345,701 Y: 9651631,32	Río Vivar (Río San Martín Zona alta cerca del destacamento militar)	Río Vivar
RV2	X: 662180,336 Y: 9650837,57	Río Vivar (Río San Martín Zona alta cruce de vía)	Río Vivar
RY1	X: 693417,7063 Y: 9677589,43	Río Yanuncay	Río Yanuncay
RY2	X: 693434,2428 Y: 9677490,211	Río Yanuncay	Río Yanuncay

## 1.2 Muestreo de Macroinvertebrados

La técnica utilizada fue la de pateo, que consistió en atrapar macroinvertebrados, removiendo el fondo del río, utilizando una red de mano de 24 x 40 cm, con una malla de 0,5 mm o menor, se removió el sustrato de cada punto de estudio por 3 minutos, tratando de obtener una muestra de todos los hábitats en un tramo de 50 m (Carrera & Fierro, 2001). Se buscó muestrear microhábitats potenciales con sustratos minerales y orgánicos como, piedras y hojarasca. Además, se evitó muestrear zonas con intervención como reservorios de agua o construcciones en la ribera, para obtener heterogeneidad entre los sitios de muestreo y que el error al muestrear sea lo más bajo posible.

Luego de la recolección se procedió a separar a los macroinvertebrados del sustrato utilizando una bandeja blanca para mayor visualización y luego fueron colocados en frascos con etanol a los 80%, etiquetados con código del lugar y la fecha, para su análisis en el laboratorio de Limnología de la Universidad del Azuay.

Para su identificación se utilizó claves taxonómicas de Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos de Domínguez y Fernández (2009), y la Guía de Macroinvertebrados de los Ríos Parque Nacional Cajas, de Rincón et al. (2017).

La identificación de individuos fue hasta género (excepto la familia Chironomidae, familia Entomobryidae, Clase Oligochaeta, Orden Arhynchobdellida), debido a la complejidad taxonómica y al tiempo pactado para la realización de este estudio.

### **1.3 Análisis Estadísticos**

#### **1.3.1 Diversidad de la comunidad de macroinvertebrados**

##### **1.3.1.1 Diversidad alfa**

Para comparar la estructura de la comunidad de macroinvertebrados de cada estación, se realizó curvas de rango abundancia. Estas figuras permiten observar los patrones de cambio de distribución de las especies. En él se pueden ver cuántas especies son las más abundantes y la diferencia de abundancia entre ellas (Medina, Leirana, & Navarro, 2016).

### **Índice Shannon ( $H'$ )**

Mediante este índice se intenta demostrar similitud en comunidades basándose en número de especies registradas y abundancia relativa de las mismas. Dependiendo de la carga que implemente los factores antes explicados los valores oscilan entre el 0 y 5, donde valores entre 3 y 5 representa lugares más prístinos o altos en diversidad, y valores que sean inferiores se consideran sitios bajos en diversidad (Pla, 2006).

### **Índice de Simpson**

Índice de dominancia de Simpson se basa en la medida de la riqueza de organismos, y es usado para cuantificar la biodiversidad de un hábitat. Este representa la probabilidad de que dos individuos, dentro de un hábitat, seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie. Donde su valor de respuesta puede variar entre 0 y 1, donde los valores más bajos representan una mayor cantidad de especies (Muñoz Acosta & Rodríguez Navarro, 2016).

### **Índice Biótico Andino (ABI)**

El índice ABI es un método que utiliza adecuadamente el fundamento del Grupo de trabajo de monitoreo biológico (BMWP) para la evaluación de la calidad biológica de las corrientes andinas, con el objetivo principal de crear una herramienta mejorada de puntajes para clasificar familias de macroinvertebrados adaptados para la región andina (Ríos-Touma et al., 2014). La mayor o menor puntuación asignada a un taxón está en función de su mayor o menor sensibilidad a la contaminación orgánica y al déficit de oxígeno que este tipo de contaminación suele provocar en la mayor parte de los ríos y quebradas (Pino Chala et al., 2003).

Con el cálculo del Índice ABI finalmente se determinó el estado ecológico según el Protocolo de evaluación de la calidad ecológica de los ríos andinos (CERA) según Acosta et al., 2009 (Tabla 2).

Tabla 2. Índice ABI según las Clases de Estado Ecológico en Ecuador.

	Ecuador
Muy Bueno	> 96
Bueno	59-96
Moderado	35-58
Malo	14-34
Pésimo	< 14

Fuente: (Acosta et al., 2009).

### **1.3.1.2 Diversidad beta**

#### **Análisis clúster**

Es una herramienta fundamentalmente exploratoria que ordena en grupos similares, cuando se desconoce la verdadera pertenencia a un grupo. Las diferencias entre los métodos de agrupamiento surgen del uso de diferentes métricas de similitud o distancia entre vectores individuales, y entre grupos de vectores (Wilks, 2011).

### **1.3.2 Registro de Parámetros fisicoquímicos in-situ.**

Usando sondas multiparámetro como Medidor HI 991300, Oxímetro YSI ProODO, se determinó en cada punto fijado la conductividad, los TDS, pH y O<sub>2</sub> se registró el oxígeno disuelto (mg/L), el porcentaje de saturación (%) y la Temperatura del agua (°C). Se colectaron los datos físico – químicos insitu, donde se evaluó el índice de hábitat fluvial y de vegetación de bosque de ribera andinos en distintos microhábitats evitando lentos donde el agua se estanca, así como lugares con exceso de turbulencia (R Acosta et al., 2014).

Se midió el caudal mediante Global Water Modelo FP111, de acuerdo a la fórmula  $Q = W \times P \times V \times 0,8$  (Welch 1948), siendo Q = caudal (m<sup>3</sup>/seg.); W= ancho promedio de la sección del canal con agua (m); P = profundidad media del agua (m); V = velocidad de la corriente (m/seg); El valor 0,8 es un factor de corrección (Segnini & Chacón, 2005). La velocidad de la corriente fue tomada con el velocímetro o flujómetro. Se colocó el equipo en el río de tal forma que la flecha marcada esté en dirección de la corriente. (Jiménez, 2018).

### **Índice de Calidad del Bosque de Ribera Andina (QBR-And)**

Acosta (2009) realizó una adaptación del Índice Calidad del Bosque de Ribera para la región altoandina de Ecuador y Perú, sin embargo, ha sido adaptado por Acosta et al., 2009 a las condiciones particulares encontradas en las cuencas de la región austral del Ecuador. Para la aplicación de este índice se escogió el tramo de muestreo considerando toda la anchura potencial de la vegetación de ribera, es decir, hasta la zona inundable evaluando ambos márgenes del río, en dirección en la que el río fluye.

En cada sección se determinó las características básicas de los apartados del QBR-And mediante una ficha de valoración (Anexo 1) (R .Acosta et al., 2014). Ver Tabla 3 de niveles de calidad.

Tabla 3. Nivel de Calidad de QBR-And Color representativo.

Nivel de Calidad	QBR-And	Color
Vegetación de ribera sin alteraciones. Calidad muy buena. estado natural	$\geq 96$	Azul
Vegetación ligeramente perturbado. calidad buena	76-95	Verde
Inicio de alteración importante. calidad intermedia	51-75	Amarillo
Alteración fuerte. mala calidad	26-50	Naranja
Degradación extrema. calidad pésima	$\leq 25$	Rojo

Fuente: (Acosta et al., 2009).

### Índice de Hábitat Fluvial (IHF)

El índice IHF valora los aspectos físicos relacionados con la heterogeneidad de hábitats que dependen en gran medida a la hidrología y del sustrato existente (Pardo et al., 2002). Al igual que el Índice QBR, los datos son evaluados a través de un valor determinado en una ficha correspondiente (Anexo 2) donde se determinó la frecuencia de rápidos, la existencia de distintos regímenes de velocidad y profundidad, el grado de inclusión y sedimentación en pozas, y la diversidad y representación de sustratos. Además, de la presencia y dominancia de distintos elementos de heterogeneidad, el origen autóctono, mayoritariamente de la vegetación de ribera y la limitación claros en los cauces, condicionando así la existencia de gradientes ambientales de transición entre el río y la vegetación terrestre adyacente (Pardo et al., 2002). Ver Tabla 4 de índices de calidad.

Tabla 4. Rangos de calidad generales del índice IHF.

NIVEL DE CALIDAD	IHF	Color representativo
<i>Muy alta diversidad de hábitats</i>	> 90	Azul
<i>Alta diversidad de hábitats</i>	71 - 90	Verde
<i>Diversidad de hábitats media</i>	50 - 70	Amarillo
<i>Baja diversidad de hábitats</i>	31 - 49	Naranja
<i>Muy baja diversidad de hábitats</i>	< 30	Rojo

Fuente: Acosta et al; 2009

### 1.2.3 Relación comunidad de Macroinvertebrados con variables ambientales

#### Análisis de componentes principales (PCA)

Este análisis ordenó los sitios de estudio con base en sus atributos ambientales (parámetros físicos y químicos, IHF y QBR). A partir del PCA se identificó las variables ambientales que más contribuyen en la identificación de patrones de variación espacial de los sitios de estudio, para dicho análisis se empleó la función *prcomp*, dentro del paquete “stats” para el software R project (Rico Sánchez, Rodríguez Romero, López López, & Sedeño Díaz, 2014).

#### Modelo de Lineal

Es una de las herramientas más importantes del análisis cuantitativo, que utilizamos para predecir o explicar la variable dependiente (riqueza, abundancia, diversidad de macroinvertebrados) con una o más variables independientes (Variables Ambientales, QBR, IHF). De esta manera se describe la relación entre la respuesta y la variable que la explica, para el caso se usó la función *lm* dentro del paquete “lme4” para el software R Project (Carrasquilla-Batista et al., 2016). Se utilizó el análisis de componentes principales (PCA), específicamente PC1 y PC2, entre las dos explicaban 61.9 % del conjunto de los datos. El modelo previamente se aplicó por estación, sin embargo no se encontró una relación significativa, no obstante, al realizar el análisis por río (sitio) si se encontró una relación significativa.

## CAPITULO II

### 2. RESULTADOS

#### 2.1 Estructura de la comunidad de Macroinvertebrados

Se recolectó un total de 5480 macroinvertebrados pertenecientes a 19 órdenes, 38 familias y 50 géneros, los más abundantes fueron la Familia Chironomidae (1071), género *Hyaella* (842), Orden Oligochaeta (761) y género *Gigantodax* (501) (Anexo 3).

En la Figura 2 se observa que las estaciones donde se encontró una mayor abundancia son RY2 (730), RY1 (549), R1 (522), a diferencia de RCH2 (100), RCH1 (86) y RT2 (83) donde se obtuvo un valor menor.

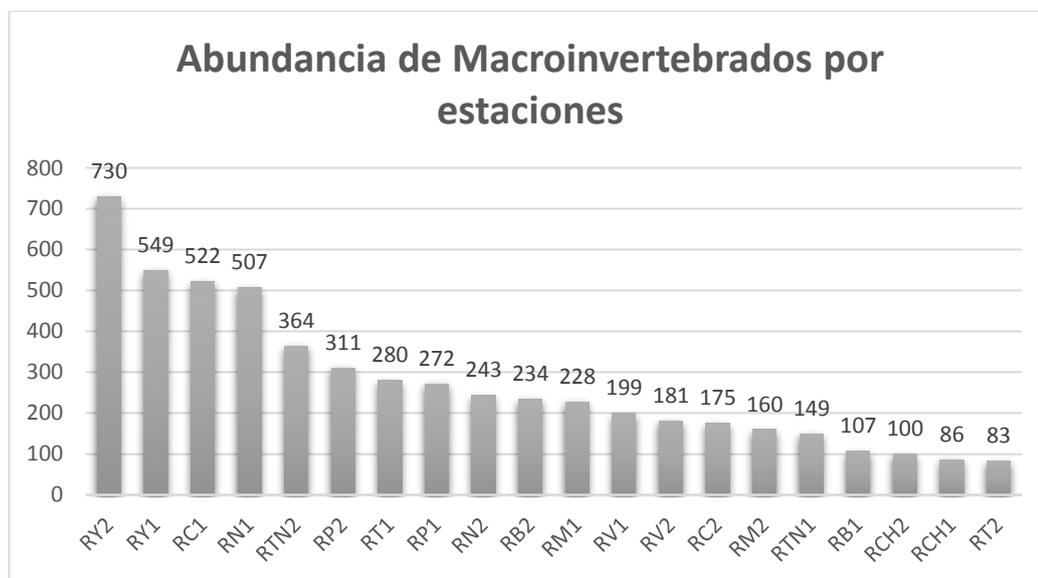


Figura 2. Abundancia de Macroinvertebrados de las 20 estaciones de muestreo.

En la Figura 3, las curvas de rango abundancia podemos observar la dominancia del género *Gigantodax* perteneciente a la familia Simuliidae con un 44% y la familia Chironomidae con un 20% en RB1. En RB2 en cambio hay dominancia Chironomidae con el 20%, seguido por *Farrodes* 15%.

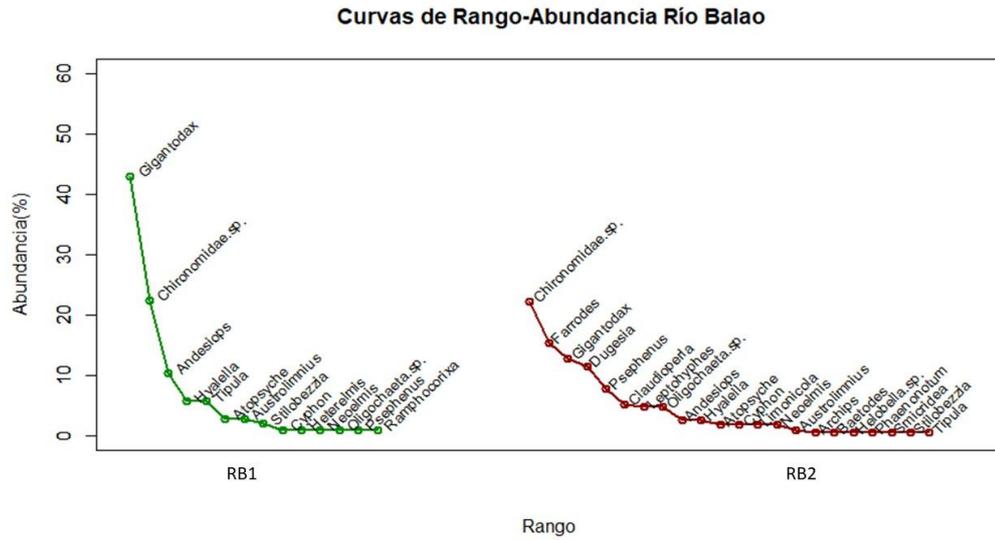


Figura 3. Curvas de rango - abundancia de macroinvertebrados obtenidos para Río Balao (en el eje Y se presenta en porcentaje la abundancia).

En la figura 4 con un 38% por el género *Hyalella* de la familia Hyalleidae esta dominando en RC1 seguido por la clase Oligochaeta con un 12% a diferencia de la familia Chironomidae que presenta un 60% y clase Oligochaeta con 10% en RC2.

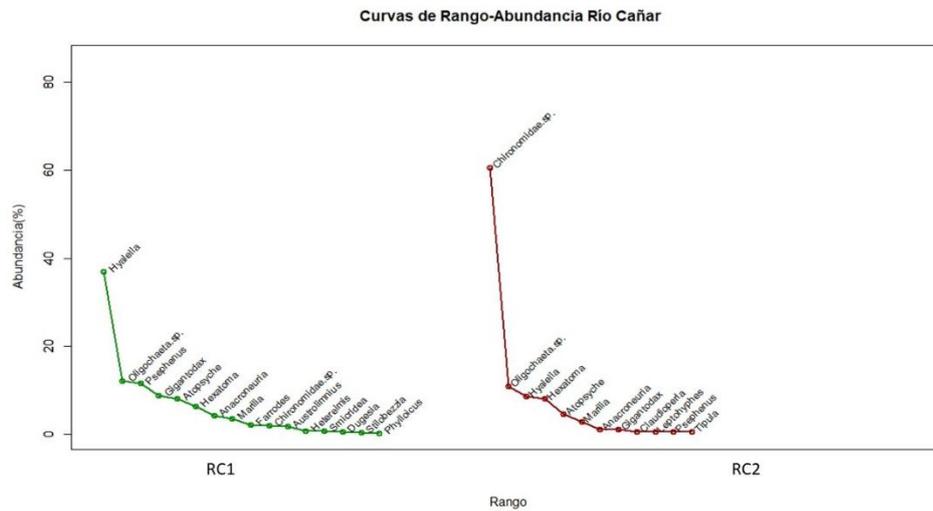


Figura 4. Curvas de rango - abundancia de macroinvertebrados obtenidos para Río Cañar (en el eje Y se presenta en porcentaje la abundancia).

En la figura 5 se observa que en las estaciones RCH1 tiene una dominancia 55% en la clase de Oligochaeta seguido por la familia Chironomidae con un 12%, en cuanto a RCH2 con un 50 % la clase Oligochaeta seguido por el género *Atopsyche* con 8%.

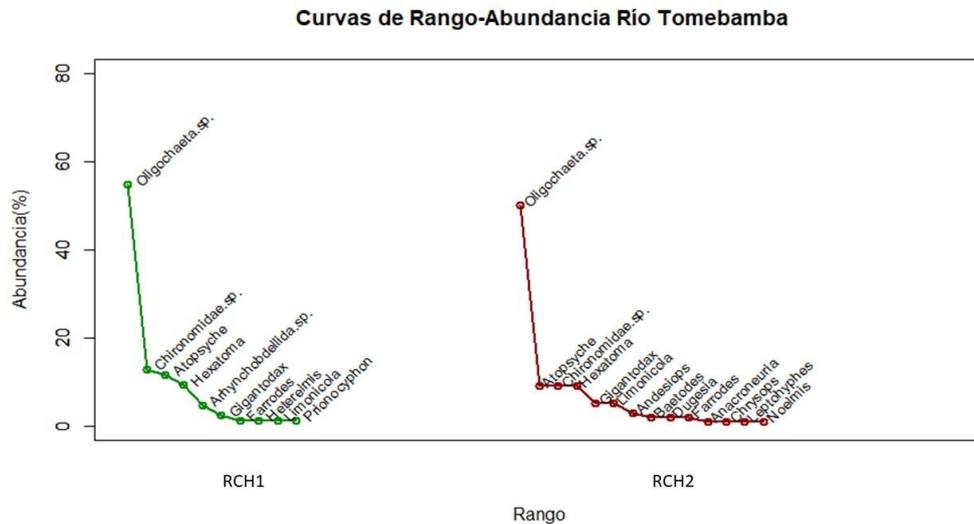


Figura 5. Curvas de rango - abundancia de macroinvertebrados obtenidos para Río Tomebamba (en el eje Y se presenta en porcentaje la abundancia).

En la figura 6, la estación RM1 la familia que domina es Chironomidae con 47% y 19% aproximadamente con el género Gigantodax perteneciente a la familia Simuliidae y en RM2 con un 90% domina Chironomidae seguido por la clase Oligochaeta con un 5%.

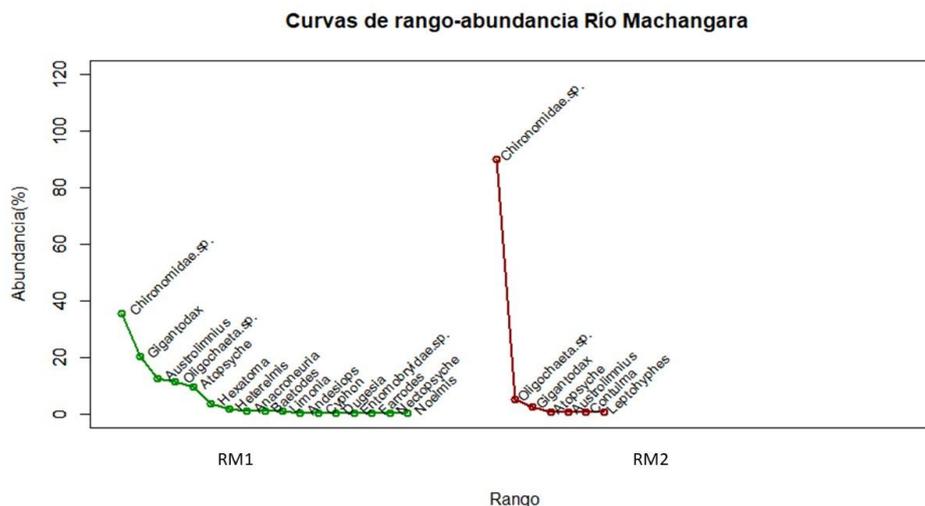


Figura 6. Curvas de rango - abundancia de macroinvertebrados obtenidos para Río Machángara (en el eje Y se presenta en porcentaje la abundancia).

En la figura 7, se observa que la estación RN1 tiene una dominancia de la familia Chironomidae con un 25% y con 23% la clase Oligochaeta, a diferencia de RN2 donde Oligochaeta cuenta con 55% de dominancia, seguido por la familia Chironomidae con 15%.

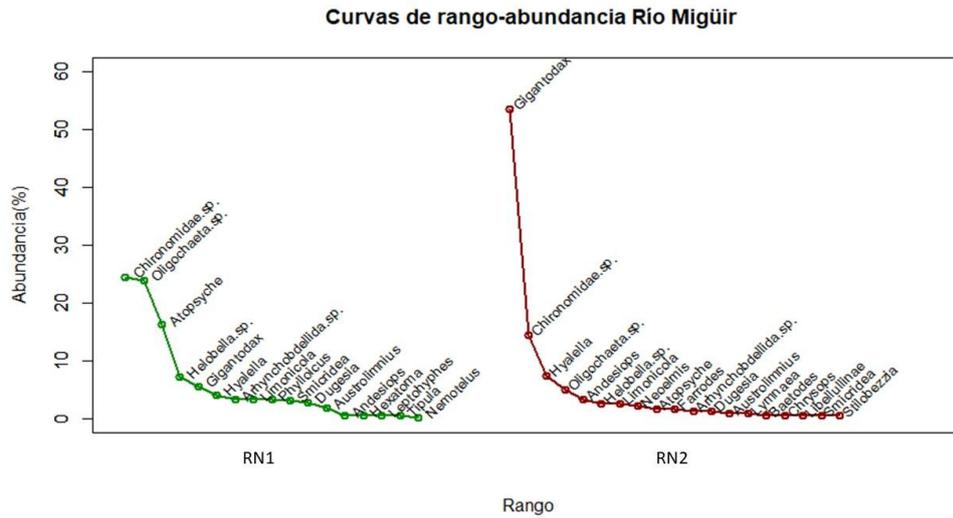


Figura 7. Curvas de rango - abundancia de macroinvertebrados obtenidos para Río Miguir (en el eje Y se presenta en porcentaje la abundancia).

En la figura 8, se observa que en RP1 y RP2, el género *Hyalella* que pertenece a la familia Hyalleidae tiene una dominancia de 41% y 38% respectivamente, al igual que la familia Chironomidae con 16% y 15%.

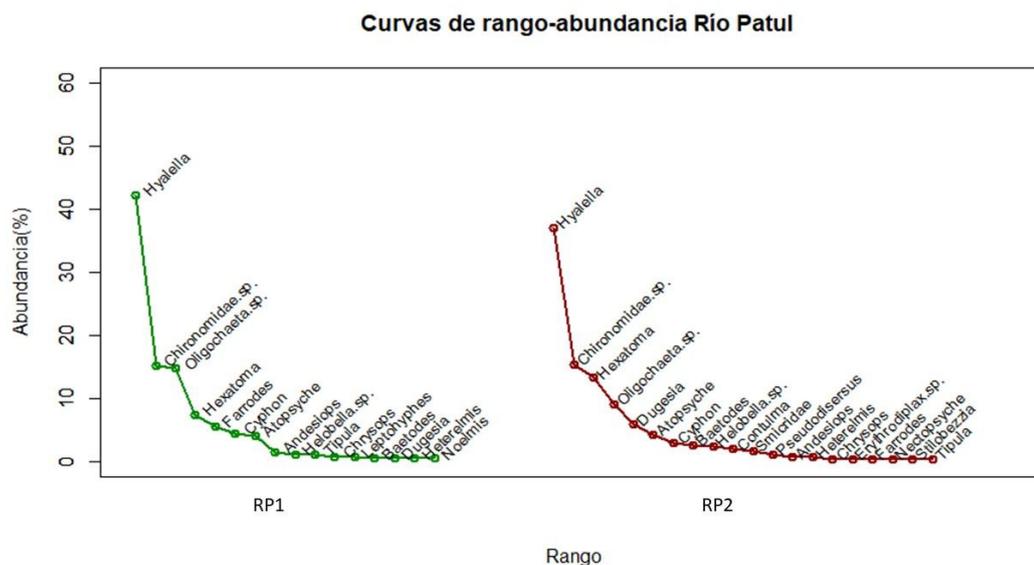


Figura 8. Curvas de rango - abundancia de macroinvertebrados obtenidos para Río Patul (en el eje Y se presenta en porcentaje la abundancia).

La figura 9, RT1 con un 50 % se encuentra dominado por el género *Hyaella* de la familia Hyalleidae, seguido por la familia Chironomidae con 35%, sin embargo, en la estación RT2 con un 30% de la Oligochaeta y el género *Hyaella* con 18%.

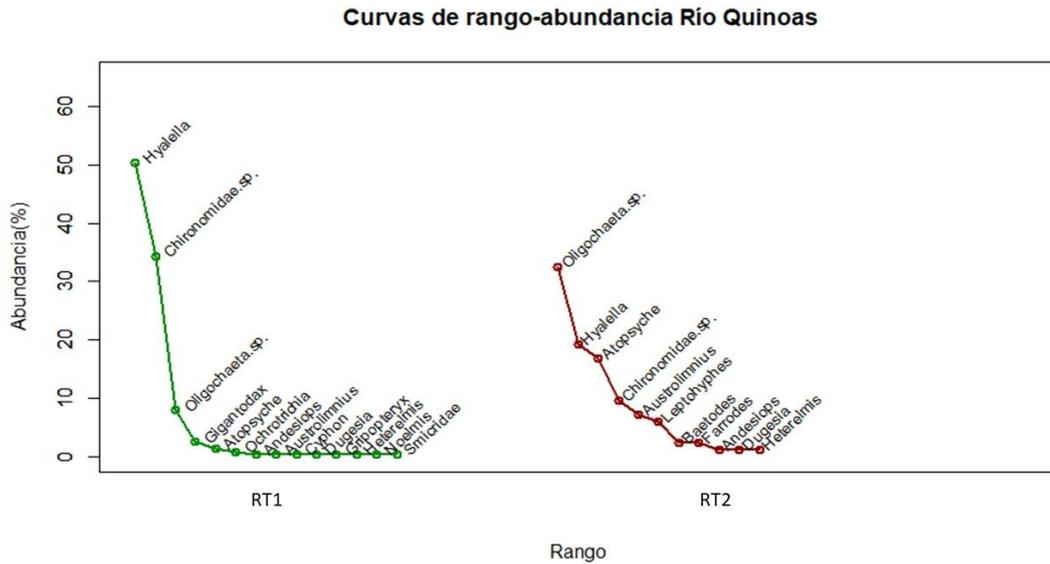


Figura 9. Curvas de rango - abundancia de macroinvertebrados obtenidos para Río Quinoas (en el eje Y se presenta en porcentaje la abundancia).

En la figura 10, la estación RTN1 presenta al género *Heterelmis* perteneciente a la familia con una dominancia de 38%, seguido por la familia Chironomidae con 21% y en la estación RTN2, el género *Heterelmis* presenta una dominancia de 21 %, seguido por el género *Andesiops* que se encuentra dentro de la familia Baetidae con 15%.

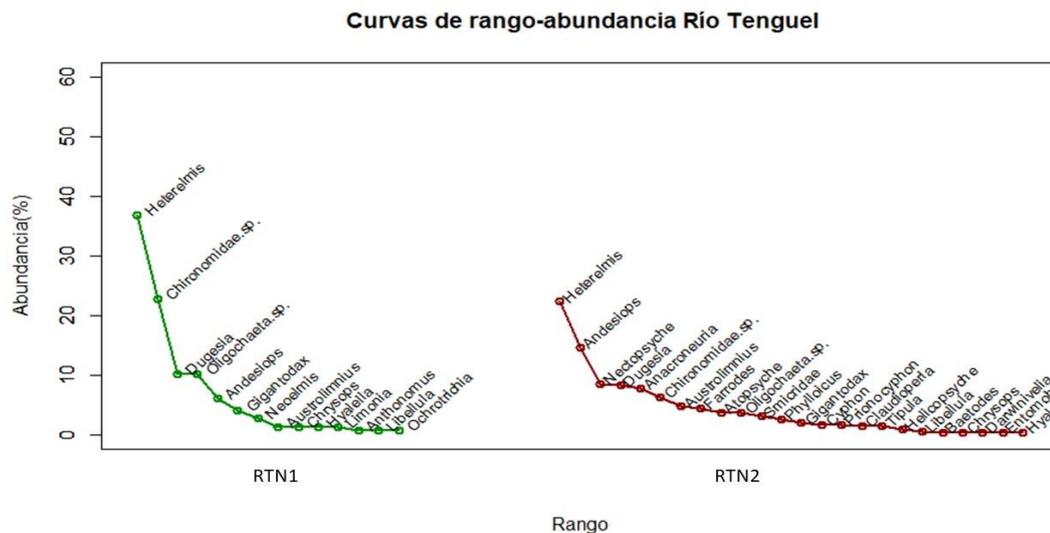


Figura 10. Curvas de rango - abundancia de macroinvertebrados obtenidos para Río Tenguel (en el eje Y se presenta en porcentaje la abundancia).

En Figura 11, Con respecto a la familia Chironomidae se observa que tiene una dominancia de 20%, seguido por el género *Hyaella* perteneciente la familia Hyalleidae con 18% aproximadamente en RY1, a diferencia de RY2 con un 31% del género *Andesiops*, seguido por la clase Oligochaeta con 25% de dominancia.

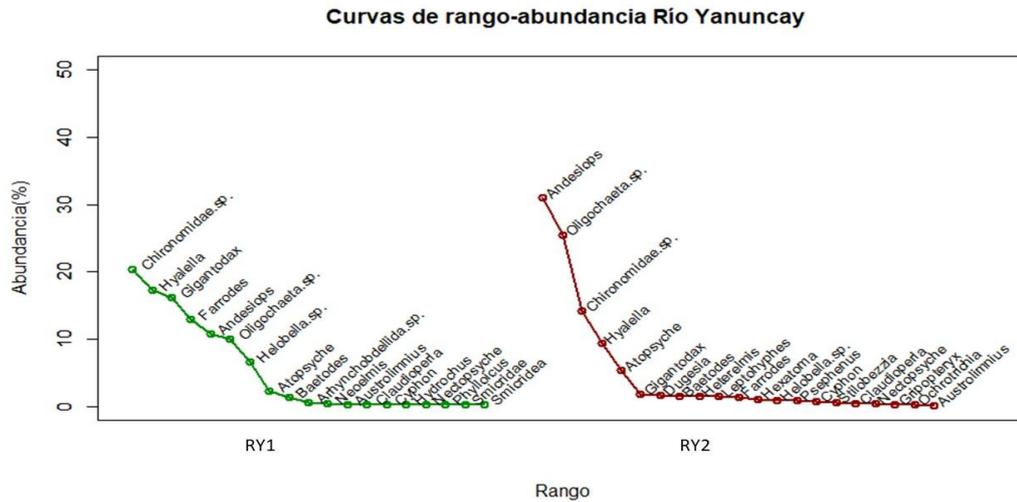


Figura 11. Curvas de rango - abundancia de macroinvertebrados obtenidos para Río Yanuncay (en el eje Y se presenta en porcentaje la abundancia).

En la figura 12, se observa al género *Smicridae* que pertenece a la familia Hydropsychidae cuenta con una dominancia de 39% aproximadamente en la estación RV1, seguido por el género *Noelmis* y en la estación RV2 tiene una dominancia de 35% en el género *Farrodes*, seguido por el género *Gigantodax* con 21%.

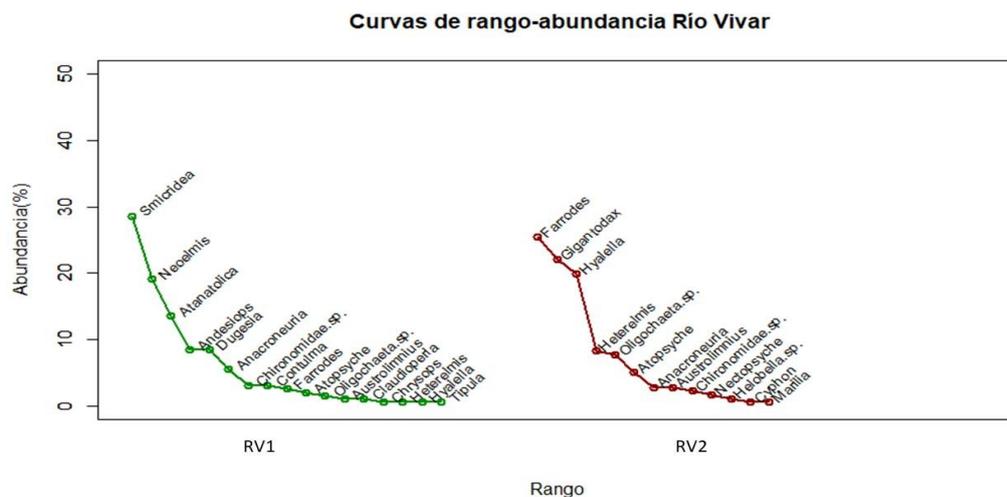


Figura 12. Curvas de rango - abundancia de macroinvertebrados obtenidos para Río Vivar (en el eje Y se presenta en porcentaje la abundancia).

## Índice de diversidad alfa

### Dominancia y Diversidad

En la Figura 13 se pueden observar los valores de dominancia y diversidad de las comunidades de las 20 estaciones muestreadas. En el Río Balao, la estación RB2 tiene una mayor dominancia (0.7456) y diversidad (2.444) a diferencia de RB1 con menor diversidad (1.792) y dominancia (0.8815). Dentro del Río Cañar, las estaciones RC1 muestra mayor dominancia (0.8129) y diversidad (1.42) mientras que RC2 tienen un valor menor en ambos índices (diversidad 1.82 y dominancia con 0.6043).

En el Riachuelo Chorro (Tomebamba), con un bajo índice de dominancia con 0.6595 y alta diversidad con 1.052 (RCH1 en la figura 13) y (RCH2 en la figura) con mayor dominancia con 0.7182 y diversidad con 1.82. En el Río Machángara la estación (RM1 en la figura) con un alto índice de dominancia con 1.901 y diversidad con 0.7938 a diferencia de (RM2 en la figura). En el Río Miguir se observa que (RN1 en la figura) con mayor con dominancia con 0.8423 y diversidad con 2.162 en relación de (RN2 en la figura) con menor dominancia con 0.6813 y diversidad con 1.766.

Sintetizando, podemos decir que, se observó que en el Río Machángara (RM2 en la figura) el valor 0.1867 determina una menor dominancia mientras que 0,4697 presenta baja diversidad. A diferencia de (RB1 en la figura) que tiene mayor dominancia con 0.8815 y mayor diversidad en (RTN2 en la figura) con 2.596.

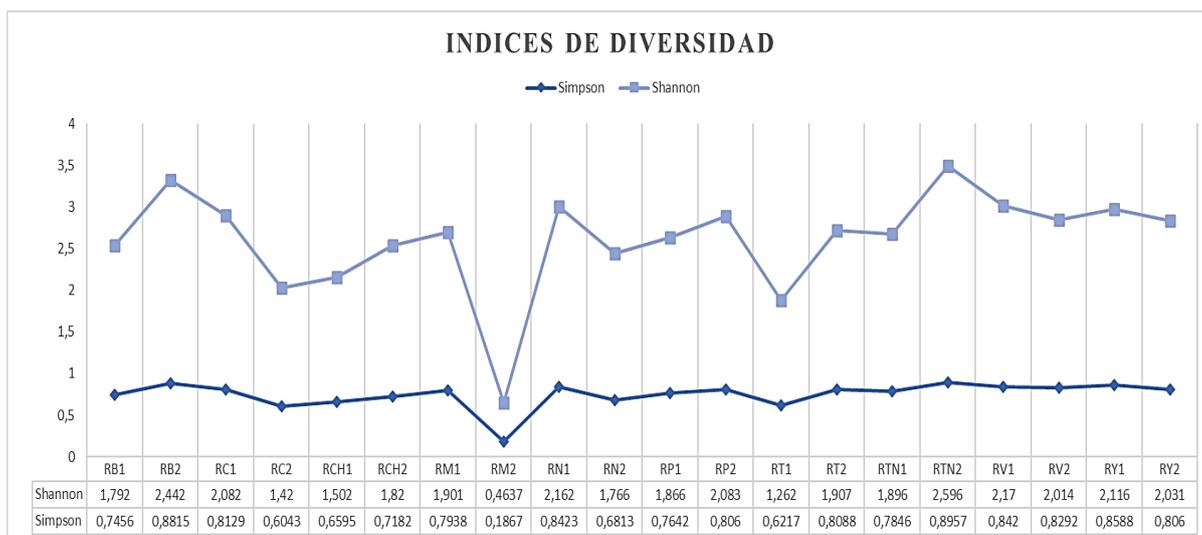


Figura 13. Curva de Índices de Diversidad  $\alpha$  Shannon & Simpson.

### Índice Biótico Andino (ABI)

En las estaciones con un índice mayor de calidad, se encontraron macroinvertebrados con una puntuación de 10, donde resaltan los géneros *Anacroneuria*, *Claudioperla*, *Farrodes* y *Helicopsyche*; Sin embargo, la estación con mayor presencia de individuos fue RY1 siendo el más abundante Chironomidae con un valor ABI de 2, lo que indica su resistencia a cambios en el ambiente. (ANEXO 5).

En cuanto el Índice Biótico Andino, los mayores valores que representa una calidad “MUY BUENA”, con valores entre 142 y 102 correspondientes a las estaciones RTN2, RB2,RY2,RP2,RV1,RY1,RC ; para la categoría de calidad “BUENO”, los puntajes se presentan entre 94 y 66 correspondientes a RN2,RM1, RN1, RCH2, RP1, RC2, RV2, RT1, RTN1; para la categoría de calidad “MODERADO” con puntajes entre 57 y 38 en las estaciones de RT2, RCH1 y RM2 (Figura 14).

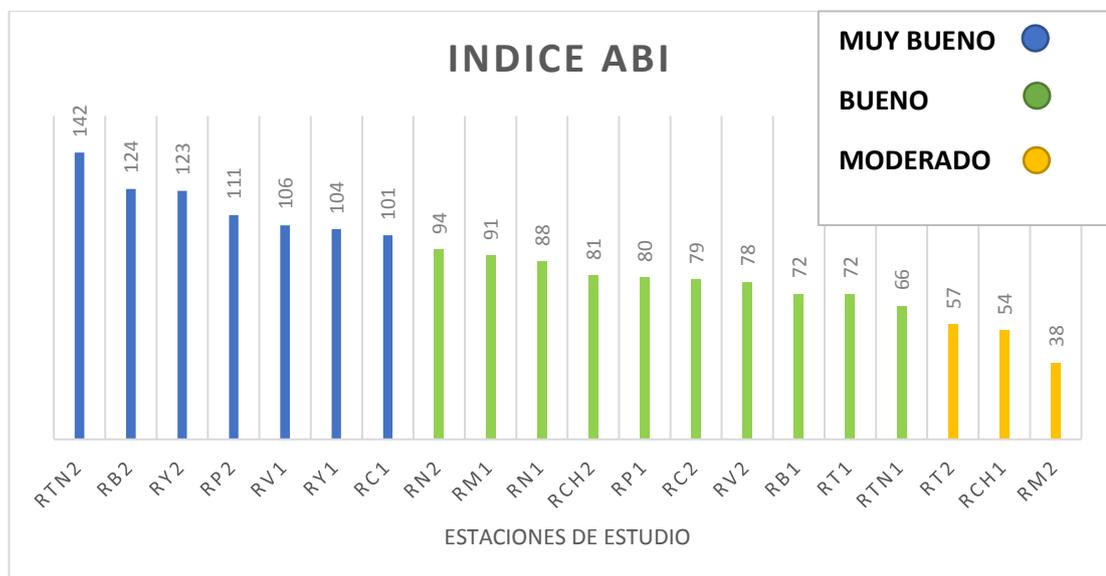


Figura 14. Índice Biótico Andino de las 20 estaciones de muestreo.

### Diversidad beta

### Análisis Clúster

El Análisis Clúster (AC) realizado con los datos de diversidad de macroinvertebrados muestra los grupos obtenidos principalmente definidos por la abundancia de estos.

El dendrograma muestra la existencia de seis grupos que ayudan a definir la similitud de las 19 estaciones de estudio. En la que se observan que las estaciones RTN1 y RTN2 forman el primer grupo (extremo izquierdo). El segundo grupo está conformado por 3 estaciones: RM1, RC2 y RM2; El tercer grupo se observan 2 estaciones que se compone por RB2 y RY1. El cuarto grupo también conformado por 2 estaciones que son RB1 y RN2. El quinto grupo se compone por 4 estaciones que son: RC1, RT1, RP1 y RP2. Y el sexto y último grupo tiene 5 estaciones conformado por RY2, RN1, RT2, RCH1 y RCH2. RV1 es la única estación que no se encuentra agrupada, por lo tanto, no tiene grados de similitud fiable con las 19 estaciones restantes, indicando un gran recambio de especies que no le permite acoplarse en ningún grupo (Figura 15).

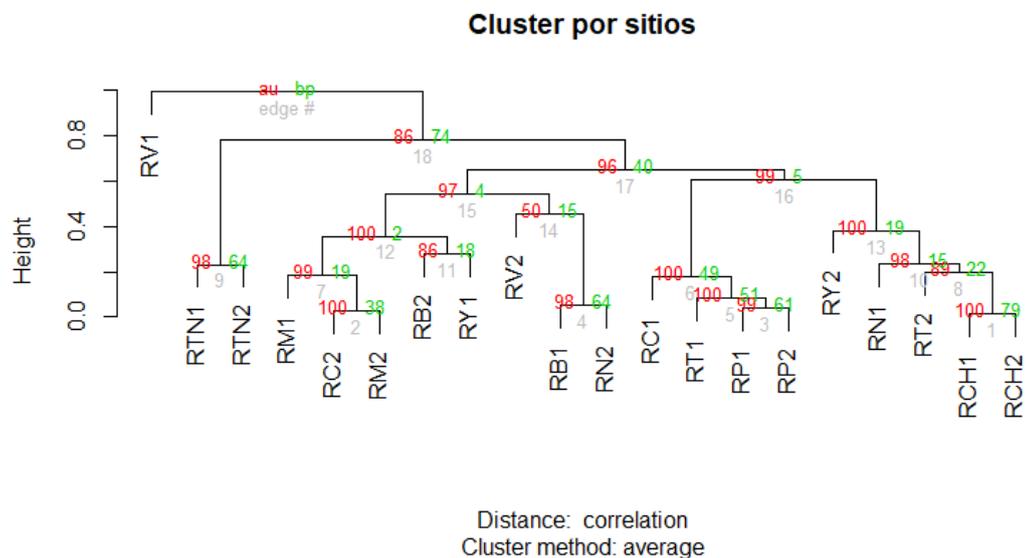


Figura 15. Análisis de similitud Clúster de las 20 estaciones de estudio (Color Rojo: Aproximación imparcial con sus siglas en inglés AU; Color Verde: Probabilidad Bootstrap con sus siglas en inglés BP).

## 2.2 Factores ambientales

### Parámetros físico – químicos

La Tabla 5 presenta el promedio de la composición fisicoquímica de los 10 riachuelos estudiados, donde las variables tuvieron ligeros cambios entre las estaciones de estudio, sin embargo, la conductividad, sólidos disueltos y oxígeno presentaron una variación mayor entre los sitios de muestreo.

El valor promedio de conductividad y sólidos disueltos con el valor mayor y menor respectivamente en Río Vivar (RV2) de 278,50  $\mu\text{S}$ ; 138,50 ppm y Río Yanuncay (RY1) de 24,0  $\mu\text{S}$ ; 12,00 ppm. El oxígeno en Río Machángara (RM2) presenta un número mayor de 8,02 mg/L y menor con -0,05 mg/L. del Río Tomebamba (RCH1).

Tabla 5. Promedio de valores de parámetros fisicoquímicos de cada sitio de estudio (Los valores resaltados se encuentran descritos en el párrafo anterior).

CÓDIGO	NOMBRE DE RÍO	Temp. (°C)	pH	Cond. ( $\mu\text{S}$ )	Solidos (ppm)	O2 (%)	O2 (mg/L)	Ancho (m)	Caudal (m/s)
RB1	Río Balao	8,20	7,64	96,00	50,00	65,00	6,67	1,10	0,07
RB2	Río Balao	7,70	7,56	90,00	45,00	65,50	7,86	1,00	0,11
RC1	Río Cañar	11,40	7,28	136,00	68,00	52,75	5,70	1,07	0,19
RC2	Río Cañar	12,85	8,02	135,00	67,50	67,05	7,11	1,65	0,28
RCH1	<b>Río Tomebamba</b>	10,80	7,78	101,04	40,54	-0,80	<b>-0,05</b>	3,27	0,29
RCH2	Río Tomebamba	10,60	7,84	99,43	40,55	-0,85	-0,51	3,85	0,61
RM1	Río Machángara	10,00	7,79	93,74	33,71	69,30	7,85	2,58	0,21
RM2	<b>Río Machángara</b>	9,60	7,56	93,35	25,66	70,35	<b>8,02</b>	1,60	0,13
RN1	Miguir	11,80	7,51	124,36	55,84	66,20	7,20	2,78	0,24
RN2	Miguir	10,50	7,87	146,80	67,18	68,90	7,71	2,93	0,36
RP1	Río Patul	7,85	7,04	82,03	21,50	63,40	7,53	0,88	0,63
RP2	Río Patul	8,00	6,80	77,41	21,50	63,05	7,50	0,37	0,21
RT1	Río Quinoas	12,00	7,89	131,72	59,70	67,15	7,23	2,75	0,18
RT2	Río Quinoas	12,05	7,73	152,91	71,07	66,05	7,15	3,60	0,25
RTN1	Río Tenguel	12,80	6,89	38,50	20,00	67,80	7,23	1,67	0,02
RTN2	Río Tenguel	9,90	7,73	104,50	52,50	66,15	7,50	0,89	0,01
RV1	<b>Río Vivar</b>	4,90	3,00	217,50	108,50	29,30	3,02	0,09	0,19
RV2	<b>Río Vivar</b>	5,05	3,80	<b>278,50</b>	<b>138,50</b>	33,90	3,82	0,22	0,14
RY1	Río Balao	8,80	6,90	<b>24,00</b>	<b>12,00</b>	63,50	7,43	1,50	0,16
RY2	Río Balao	9,55	6,96	39,50	19,50	67,95	7,79	5,35	1,22

### Índice Calidad del Bosque de Ribera (QBR)

Se observa el promedio QBR de las dos réplicas de los 10 riachuelos estudiados, No existe “Calidad muy buena”, según el índice de calidad adaptado por Acosta, 2009 (Tabla 3). Existen ligeros cambios entre las estaciones de estudio.

Los mayores valores promedio se presentaron en las estaciones: Río Cañar RC1 (95), Río Tenguel RCH1 (95) y Río Tenguel RCH2 (92.5) con una Calidad Buena frente a Río Vivar RV2(25), Río Vivar RV1 (20) Y Río Yanuncay RY2 (0) con Calidad Pésima. Valores Completo (Figura 16).

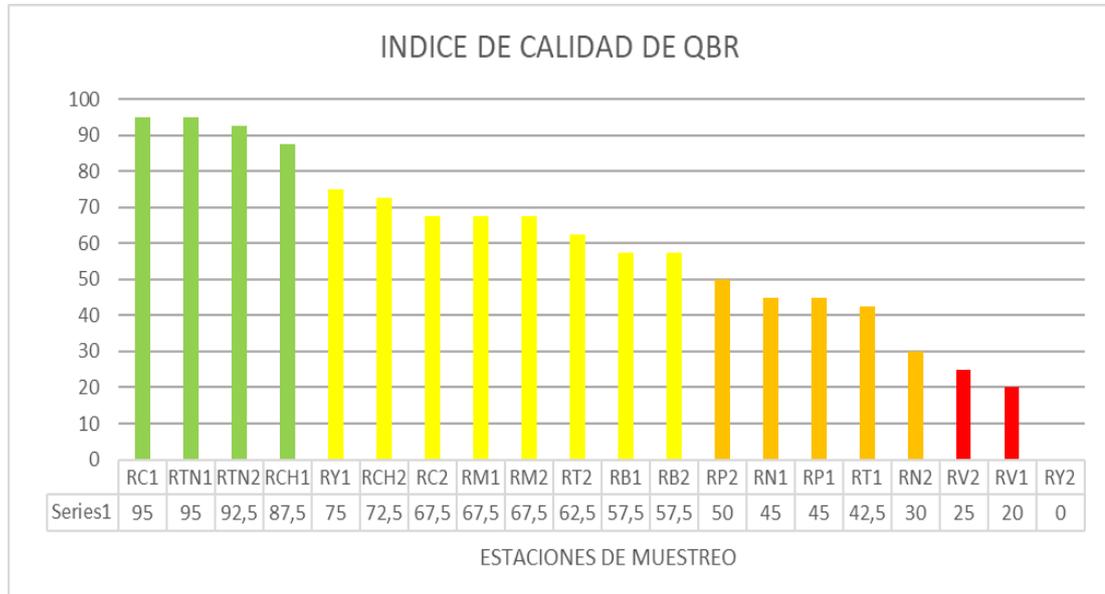


Figura 16. Índice de Calidad del Bosque de Ribera de las 20 estaciones de muestreo.

### Índice de Hábitat Fluvial (IHF)

Los valores promedio de este índice fueron Río Quinoas RT2 (63), Río Cañar RC1 (62.5) y Río Machángara RM1(62.5) con Calidad de Diversidad de Hábitats media a diferencia de Río Vivar RV1(18) y RV2 (15) con Muy Baja Diversidad de Hábitats. Se observa que en ninguna estación existe Muy alta diversidad de hábitats, sin embargo, existen pequeñas diferencias entre las estaciones de estudio excepto entre sitios con calidad muy baja (Figura 17).

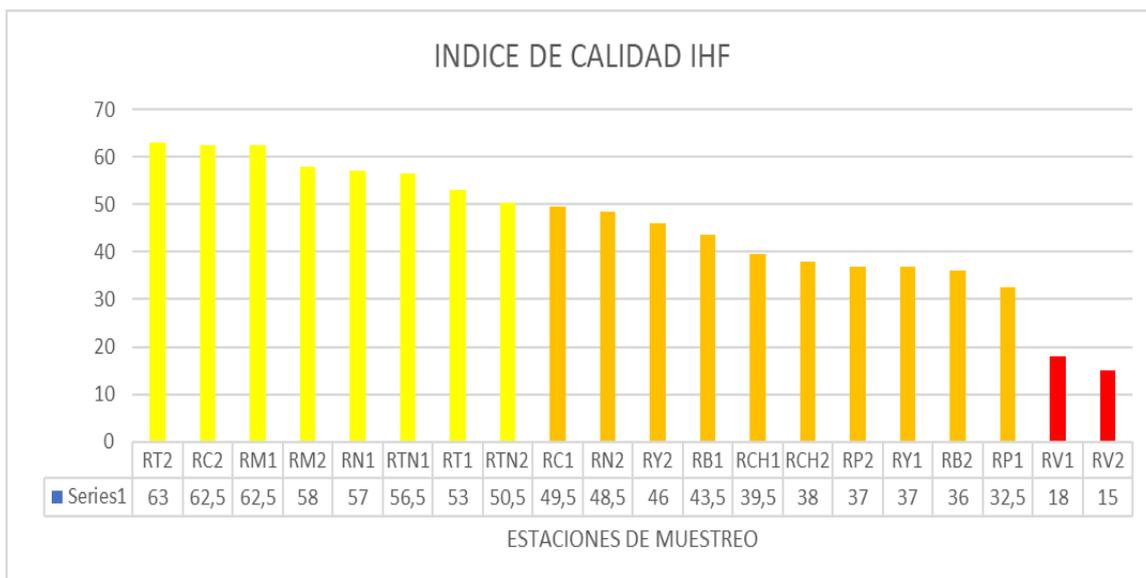


Figura 17. Índice de Hábitat Fluvial de las 20 estaciones de muestreo.

### 2.3 Relación de las características de las comunidades de macroinvertebrados con las características ambientales

#### Análisis de Componentes Principales (PCA)

Dentro del PCA, el PC1 con un 35.45%, las variables con más importancia son los Sólidos Disueltos (0.46), la conductividad (0.45) de manera positiva que son variables fisicoquímicas, mientras que el IHF (-0.44), QBR (-0.43) y el Ancho (-0.40) negativamente, que estas son variables físicas. Mientras PC2, las que mas explican son pH (-0,57) y Temperatura (-0,46) de manera negativa.

Tabla 6. Análisis de Componentes Principales

VARIABLES	PC1	PC2
IHF	-0,44535324	-0,2552334
QBR	-0,4379723	-0,1834091
Ancho	-0,40858476	-0,1996971
pH	-0,08979492	-0,5724783
O2	-0,06423355	0,2343989
Temperatura	0,01215466	-0,4683381
Caudal	0,08839581	0,1389756
Conductividad	0,45905192	-0,3449118
Sólidos	0,46045625	-0,3479151

En la figura 18 se observa, que las estaciones RP1, RP2 y RB2 se ven influenciadas por el Oxígeno, mientras que el RN2 la presencia de los individuos se ven

influenciados por el Caudal, el pH influencia negativamente sobre RC1 mientras que QBR, Ancho y IHF. Los sólidos disueltos y la conductividad se encuentran relacionados, además de ser los más importantes en PC1 como se observa en la tabla 6, al igual que QBR, IHF y Ancho.

Las estaciones RY1, RY2, RV1 y RV2 no se ven influenciadas por ninguna variable.

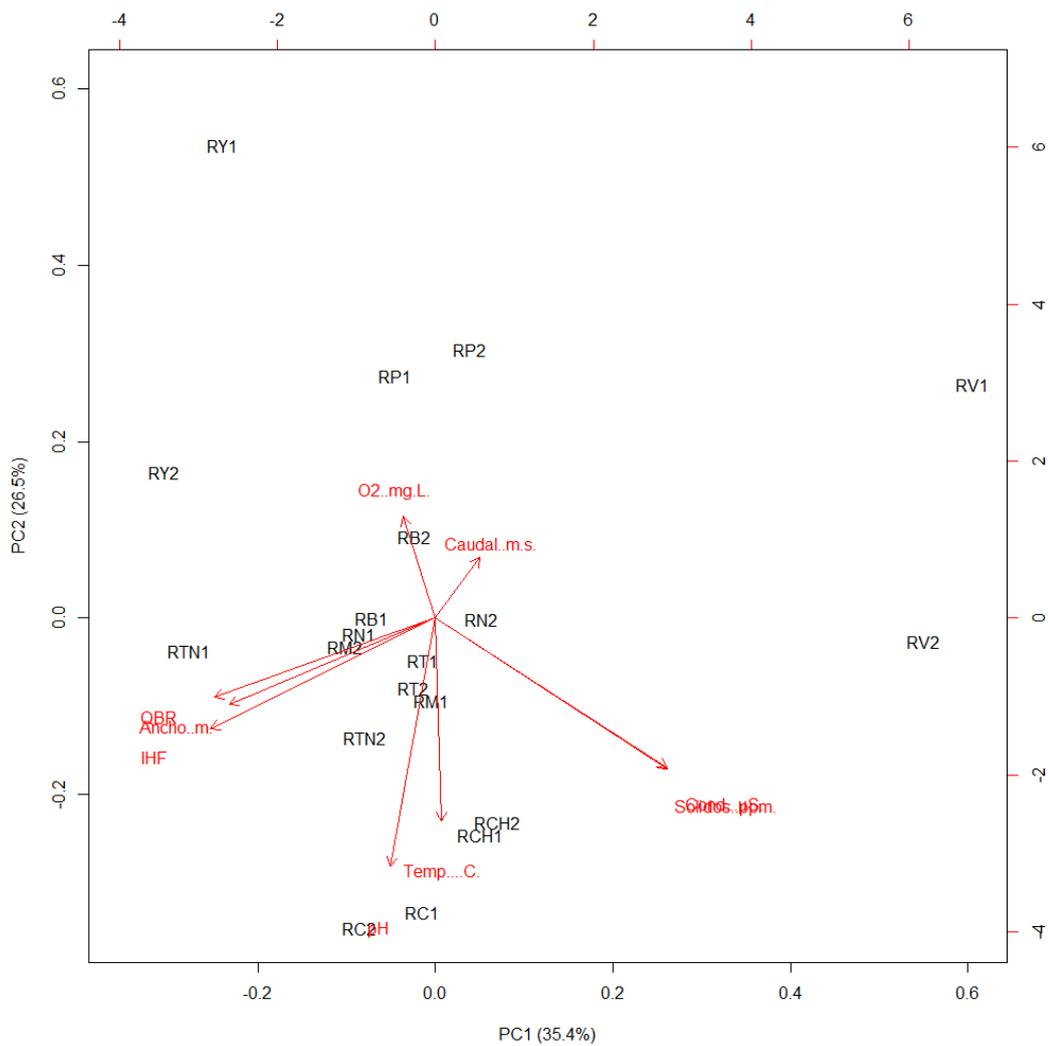


Figura 18. Análisis de Componentes Principales (PCA).

## Modelos Lineales

Existe una significación para Riqueza, para PC1 y en el Río Chorrera, Río Vivar y Río Yanuncay, mientras que en los Ríos Machángara y Tenguel tiene una significación marginal. Y se ve reflejada la abundancia de manera significativa en el Río Yanuncay. Sin embargo, se puede apreciar que Shannon tiene una significancia marginal en PC1 y en el Río Yanuncay. Tabla 7.

Tabla 7. Modelos Lineales

Riqueza	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	
pc1fq	0,40895	0,13086	3,125	0,0141	*
pc2fq	-0,06062	0,09138	-0,663	0,5258	
SitioRC	-0,38887	0,32803	-1,185	0,2699	
SitioRCH	-0,8656	0,31613	-2,738	0,0255	*
SitioRM	-0,50227	0,2287	-2,196	0,0593	.
SitioRN	-0,09789	0,22421	-0,437	0,674	
SitioRP	-0,02434	0,26635	-0,091	0,9294	
SitioRT	-0,48461	0,23246	-2,085	0,0706	.
SitioRTN	0,417	0,26352	1,582	0,1522	
SitioRV	-2,1778	0,68278	-3,19	0,0128	*
SitioRY	0,96561	0,39496	2,445	0,0403	*

Abundancia	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	
pc1fq	0,35331	0,30605	1,154	0,2816	
pc2fq	-0,08024	0,21372	-0,375	0,7171	
SitioRC	0,44049	0,76721	0,574	0,5816	
SitioRCH	-0,99647	0,73937	-1,348	0,2147	
SitioRM	0,14399	0,53488	0,269	0,7946	
SitioRN	0,68084	0,52439	1,298	0,2303	
SitioRP	0,61811	0,62293	0,992	0,3501	
SitioRT	-0,17764	0,54367	-0,327	0,7522	
SitioRTN	0,68359	0,61632	1,109	0,2996	
SitioRV	-1,54225	1,59689	-0,966	0,3624	
SitioRY	2,19083	0,92375	2,372	0,0451	*

Shannon	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	
pc1fq	0,48146	0,25427	1,893	0,0949	.
pc2fq	-0,07273	0,17757	-0,41	0,6928	
SitioRC	-0,54912	0,63741	-0,861	0,414	
SitioRCH	-1,01349	0,61428	-1,65	0,1376	
SitioRM	-0,96703	0,44439	-2,176	0,0612	.
SitioRN	-0,29658	0,43567	-0,681	0,5153	
SitioRP	-0,19115	0,51754	-0,369	0,7215	
SitioRT	-0,6963	0,45169	-1,542	0,1618	
SitioRTN	0,56741	0,51205	1,108	0,3	
SitioRV	-2,39264	1,32672	-1,803	0,109	
SitioRY	0,97435	0,76746	1,27	0,2399	

## CAPITULO III

## DISCUSIÓN

### **Diversidad de comunidades de macroinvertebrados**

Los ríos altoandinos se caracterizan por una amplia diversidad de hábitats que están sujetos a fluctuaciones importantes de sus características fisicoquímicas, debido a eso, la mayoría de los estudios realizados en la zona altoandina se han centrado en el análisis de las características ambientales de zonas poco extensas que se localizan a diferentes latitudes y altitudes (Villamarín Flores, 2008).

Para el efecto de este estudio, los sitios se dividieron por estaciones promediando las réplicas, y tomando cada estación como un valor independiente, basado en el tiempo del estudio. En la segunda réplica del estudio, Río Vivar no se encontró muestras debido a la sequía del lugar, designándole un valor de 0, en vista de la información ya recolectada meses anteriores, se observó que los valores eran suficientes para realizar los índices necesarios para concretar los objetivos. El presente estudio demostró que los parámetros físicos, químicos y biológicos indican como las características de hábitat influyen sobre la presencia de fauna béntica, es decir, como las alteraciones en el medio, se ve reflejado sobre las especies, lo que representa la preferencia hábitats de las comunidades de macroinvertebrados.

Se recolectaron 5480 macroinvertebrados en total, donde existen 50 taxas, de las cuales 4 taxas no fueron identificados a nivel de géneros por la complejidad taxonómica (familias Chironomidae, familia Entomobryidae, Clase Oligochaeta y Orden Arhynchobdellida), respecto a esto, diversos estudios respaldan la comparación de géneros con otros taxones (Posada García, Abril Ramírez, & Parra Sánchez, 2008; Rodríguez, Principe, Márquez, & Raffaini, 2017). La familia Chironomidae, Género *Hyalella* que pertenece a familia Hyalleidae, la clase Oligochaeta y el género *Gigantodax* perteneciente a la familia Simuliidae son los más abundantes de todas las estaciones de estudio, esto se debe a que son organismos que se pueden encontrar en aguas corrientes y remansos de quebradas en ambientes continentales, el caso de la Oligochaeta esta se encuentra en capacidad de soportar cualquier cambio que exista en el ambiente (Rincón, Merchán, Rojas, Sparer, & Zárate, 2017). La estación con el promedio de abundancia total mayor resultó ser RY2 donde la mayor dominancia es de Chironomidae. Al igual que un estudio realizado por Gustavson, Cosme y Trama

(2013) en Oxapampa, Perú a mayor abundancia de macroinvertebrados fue la de Chironomidae

Un estudio realizado en el Páramo de Santurbán, Norte de Santander por Castellanos & Serrato (2008), encontró que la diversidad de macroinvertebrados se vio influenciada por la cobertura vegetal y menor disponibilidad de luz, estos factores son determinados a través de QBR-And ya que estas características hacen que las comunidades que habitan en los nacimientos de ríos presenten una diversidad relativamente baja por el rango de temperatura. Además, presentaron un índice similitud de menor en 2 de sus estaciones que se vieron influenciados por sus características ambientales (Castellanos & Serrato, 2008).

En este estudio a través del índice de diversidad Shannon, se muestra un valor menor en la estación Río Machángara RM2 (0.1867), ello puede estar relacionado con el IHF que a partir del PCA tiene una influencia negativa sobre la presencia de los macroinvertebrados. A su vez, el Río Tenguel RTN2 cuenta con 24 taxa que se asocia con la composición estructural tal y como lo demuestra el PC1 donde se observó que QBR, IHF y el Ancho tenían una influencia positiva sobre la presencia de los individuos, además de que su ubicación geográfica al estar ubicados al Este del Macizo del Cajas, que se encuentra al límite de la costa ecuatoriana, lo puede influir en las características ambientales presentes en el hábitat. Mientras en el Río Balao, la estación RB1 contiene 14 taxa, entre ellas se encuentra la familia Chironomidae que es una de las familias mejor representadas por su abundancia y diversidad en los ambientes acuáticos continentales (Rincón, Merchán, Rojas, Sparer, & Zárate, 2017). Hay que recalcar que el tamaño de la muestra no tiene un efecto sobre la diversidad de las especies. En cuanto a la similitud indica las diferencias de los macroinvertebrados en relación con las estaciones de estudio, en 6 estaciones tienen un nivel de similitud menor, lo que plantea que la distribución de los individuos está asociada a las características independientes del hábitat. Sin embargo, la abundancia y diversidad de macroinvertebrados bentónicos, según sector y época de muestreo, presentaron diferencias significativas (Custodio & Chanamé, 2016).

Gustavson, Cosme y Trama (2013) en su estudio realizado en Oxapampa, Perú observó que en la cuenca alta se encontraron familias con un valor ABI 10, lo que sugiere que existe una buena calidad ecológica con capacidad de albergar diversa fauna acuática

que necesite condiciones específicas para su desarrollo (Gustavson, Cosme, & Trama, 2013). En este estudio también se encontraron macroinvertebrados con una puntuación de ABI 10 en las estaciones más altas, donde resaltan los géneros *Anacroneuria*, *Claudioperla*, *Farrodes* y *Helicopsypche*; Sin embargo, el individuo más abundante es Chironomidae con un valor ABI de 2, lo que indica su tolerancia a los cambios en el ambiente.

- **Características ambientales**

En cuanto a las características fisicoquímicas del agua, estas presentan pequeñas variaciones entre las estaciones de estudio, a excepción de la conductividad, sólidos disueltos y oxígeno que presentaron una mayor diferencia entre los sitios de muestreo. No obstante, a partir del PCA, el QBR, Sólidos Disueltos y sobre todo la Conductividad fueron determinando como los parámetros que más estarían influyendo; en las características de la comunidad de macroinvertebrados, a su vez estas características estarían influenciadas por condiciones naturales e inducidas. Al respecto la calidad fisicoquímica del agua, Segnini y Chacón (2005), notaron que los valores más bajos podrían relacionarse con mejores condiciones ecológicas del hábitat, y estas condiciones propician mayor diversidad de organismos ya que depende de las condiciones equilibradas del hábitat (Segnini & Chacón, 2005).

El uso de los índices de calidad del entorno (QBR e IHF) muestran una clara idea de cómo se encontraban las distintas estaciones estudiadas (Palma, Figueroa, & Ruiz, 2009), la puntuación del Índice de Calidad del Bosque de Ribera mostró una menor puntuación en los sitios como Río Vivar (RV1 y RV2) siendo hábitats con intervención. Dentro del Río Yanuncay (RY2) hubo presencia de ganado lo que también puede ocasionar la “calidad pésima” del lugar, según el mencionado índice. Sin embargo, a pesar de los valores bajos de QBR detectados existieron estaciones que mantienen una “calidad buena” según el ABI, por ejemplo el Río Cañar (RC1), Río Tomebamba (RCH1) y Río Tenguel (RTN1 y RTN2); esto posiblemente se debe a que estos sitios se encontraron zonas ribereñas con perturbaciones, pero con conectividad con zonas de páramos en mejores condiciones.

- **Relación de las características de las comunidades de macroinvertebrados con las características ambientales**

Al realizar el análisis de componente principales, se utilizó PC1 y PC2 que representan el 61.9% de la varianza, donde predominan de manera positiva la conductividad y los sólidos disueltos que están completamente relacionados siendo estas variables fisicoquímicas y de manera negativa el Ancho, QBR e IHF que son variables físicas morfológicas de hábitat e hidrológicas. Por lo tanto, el PC1 demuestra que la presencia de los macroinvertebrados depende de la estructura del hábitat y de las condiciones del agua, determinadas principalmente por sólidos y conductividad. A través del Modelo lineal, el análisis se realizó incluyendo a los sitios (ríos) como una variable, debido a que de esta manera se encontró una relación significativa, a diferencia que al analizar por estaciones no se encontró una relación significativa. De esta manera se observó que existe significación en la Riqueza y Abundancia del Río Yanuncay, mientras que para Shannon lo representa de manera marginal. Usamos los PC1 y PC2 como variables para condensar y de esta manera disminuir la cantidad de datos que ingresarían en el modelo (Tinoco, Santillán, & Graham, 2018).

En este estudio, como se ha expresado en párrafos anteriores, los parámetros ambientales influyen la comunidad de macroinvertebrados. En un estudio realizado en Antioquia, por Montoya (2012) los géneros de macro invertebrados encontrados se relacionaron con las variables ambientales evaluadas de los sitios de colección, lo que permitió identificar patrones de distribución de los macroinvertebrados acuáticos en relación a la conductividad eléctrica y caudal relacionados de manera positiva y negativamente con la concentración de oxígeno disuelto (Montoya, 2012). Villamarín (2008), estudió los ríos altoandinos de Ecuador y Perú, donde demostró que los factores ambientales que se relacionan con la variabilidad en la composición de las comunidades, de las estaciones de referencia en el gradiente latitudinal, fueron la mineralización, la heterogeneidad del hábitat y la calidad de la ribera (Villamarín Flores, 2008).

## CONCLUSIÓN

En este estudio se pudo observar que la comunidad de macroinvertebrados es diferente entre las estaciones y entre los ríos. Esto fue determinado mediante un análisis cluster usando los índices de diversidad, dominancia y riqueza. Estas variaciones estarían determinadas por algunas variables independientes de tipo fisicoquímicas del agua y variables físicas de ribera y lecho del río.

De los parámetros fisicoquímicos, la conductividad, los sólidos totales disueltos y pH fueron los que más explicaron las características ambientales de las estaciones de muestreo. Al generar las correlaciones de los sitios de muestreos con las características ambientales de cada río se observó existieron valores significativos para riqueza y abundancia. No se encontró un valor significativo en el modelo aplicado a la diversidad alfa calculado a través del índice de Shannon.

Para finalizar, se pudo observar que la estación Río Tenguel (RTN2) presenta valores ambientales aceptables, por consiguiente, se podría establecer como un hábitat de referencia por su estructura y condición de hábitat fluvial, vegetación ribereña y su estado ecológico, para ser considerado un hábitat saludable, por ende, pueda ser utilizado para comparar con futuros estudios en la conservación de los páramos, sin embargo, es necesario considerar aumentar la cantidad de muestreos y adicionalmente, tomar en cuenta factores biogeográficos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, R., Hampel, H., Gonzalez, H., Mosquera, P., Sotomayor, G., & Galarza, X. (2014). Protocolo de evaluación de la integridad ecológica de los ríos de la Región Austral del Ecuador. Etapa Ep. Senagua - Dhs, (October), 65. Retrieved from file:///C:/Users/DELL/Downloads/ProtocolodeEvaluacinEcolgicadeRosAndesSurdelEcuador.pdf
- 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 a dos cuencas en Ecuador y Perú, 27(281), 195–210. <https://doi.org/10.1042/BJ20130013>
- Allan, J. D., & Castillo, M. M. (2007). Stream ecology: structure and function of running waters. Springer.
- Castellanos, P. M., & Serrato, C. (2008). Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en un nacimiento de río en el Páramo de Santurbán, Norte de Santander. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas Y Naturales*, 32(122), 79–86.
- Carrera, C., & Fierro, K. (2001). Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. Retrieved from <http://www.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56374.pdf>
- Carrasquilla-Batista, A., Chacón-Rodríguez, A., Núñez-Montero, K., Gómez-Espinoza, O., Valverde, J., & Guerrero-Barrantes, M. (2016). Regresión lineal simple y múltiple: aplicación en la predicción de variables naturales relacionadas con el crecimiento microalgal Simple and multiple regression: application in the prediction of natural variables related to microalgae growing process. <https://doi.org/10.18845/tm.v29i8.2983>
- Cuesta, F., Sevink, J., Llambi, L., De Bièvre, B., & Posner, J. (2014). *Avances en la investigación para la conservación de los Paramos andinos*.
- Encalada, A., Suárez, E., & Sánchez, M. E. (2014). Línea Base de la Integridad Ecológica de los Ecosistemas Acuáticos y Terrestres de la Subcuenca del Río Jatunhuaycu.
- Fernández, R. (2000). Aplicación del índice QBR para evaluación del impacto ambiental de la nueva traza del canal Yerba Buena. Provincia, 6–11.
- González, M., Tánago, D. E. L., Jalón, D. G. D. E., & Lara, F. (2006). Índice RQI para la valoración de las riberas fluviales en el contexto de la directiva marco del agua, 97–108.
- Gunderson, L.H, C.S Holling, L. Pritchard JR & G.D. Peterson. 2002. A summary and synthesis of resilience in large systems. Island Press, Washington, D.C. 249-266.

- Gustavson, S., Cosme, L., & Trama, F. (2013). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad de agua en la microcuenca San Alberto, Oxapampa, Perú Benthic macro invertebrates as water quality indicators in the San. *Apuntes de Ciencia Y Sociedad*, 3(2), 125–139. <https://doi.org/10.18259/acs.2013016>
- Holling, C.S. 1973. Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review Ecology, Evolution and Systematics*. 4:1-23
- Jacobsen, D. & R. Marín. 2007. Bolivian Altiplano streams with low richness of macroinvertebrates and large diel fluctuations in temperature and dissolved oxygen. *Aquatic.Ecol.*, 41(3): 10.1007/s10452-007-9127-x
- Jiménez, R. (2018). Variación de la tasa de descomposición de la hojarasca de aliso con y sin macroinvertebrados en dos riachuelos altoandinos del sur del Ecuador.
- Jorcin, A. & M.G. Nogueira. 2008. Benthic macroinvertebrates in the Paranapanema reservoir cascade (southeast Brazil). *Brazilian Journal of Biology* 68(4): 1013-1024.
- Llambí, L. D. (2015). Estructura, Diversidad Y Dinámica De La Vegetación En El Ecotono Bosque-Páramo: Revisión De La Evidencia En La Cordillera De Mérida. *Acta Biológica Colombiana*, 20, 5–19. <https://doi.org/10.15446/abc.v20n3.46721>
- Medina, R. B., Leirana, J., & Navarro, J. (2016). Métodos gráficos para la exploración de patrones de diversidad en Ecología. *Bioagrocencias*, 9(1965), 11–18.
- Minga, D., Ansaloni, R., Verdugo, A., & Ulloa, C. (2016). Flora del páramo del Cajas, Ecuador (Imprenta D). Cuenca, Ecuador: Universidad del Azuay. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/311510976\\_FloraParamoCajas\\_Libro](https://www.researchgate.net/publication/311510976_FloraParamoCajas_Libro)
- Ministerio del Ambiente. (2016). Parque Nacional Cajas | Ministerio del Ambiente. Retrieved August 29, 2018, from <http://www.ambiente.gob.ec/parque-nacional-cajas/>
- Molina, C. I., Gibon, F.-M., Pinto, J., & Rosales, C. (2008). Estructura De Macroinvertebrados Acuáticos En Un Río Altoandino De La Cordillera Real, Bolivia: Variación Anual Y Longitudinal Con Relación A Factores Ambientales. *Ecología Aplicada*, 7(1). Retrieved from <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v7n1-2/a13v7n1-2.pdf>
- Montoya, Y. (2012). Caracterización de la calidad del agua de la parte alta de la microcuenca de la quebrada La Cimarronas, El Carmen de Viboral (Antioquia), utilizando macroinvertebrados acuáticos. *Investigación, Biodiversidad Y Desarrollo*, 31(1), 5–18. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18636/ribd.v31i1.269.g261>

- Muñoz Acosta, D., & Rodríguez Navarro, N. (2016). Análisis De La Calidad De Agua En El Complejo Cenagoso Carare-San Juan Santander, Hábitat Del Manatí Antillano (*Thrichechus manatus*).
- Nieto, C., Malizia, A., Carilla, J., Izquierdo, A., Rodríguez, J., Cuello, S., ... Grau, H. R. (2016). Patrones espaciales en comunidades de macroinvertebrados acuáticos de la Puna Argentina, *64*(June), 747–762.
- Palma, A., Figueroa, R., & Ruiz, V. H. (2009). Evaluacion De Ribera Y Habitat Fluvial a Traves De Los Indices Qbr E Ihf. *Gayana (Concepción)*, *73*(1). <https://doi.org/10.4067/S0717-65382009000100009>
- Pardo, I., Álvarez, M., Casas, J., Moreno, José L., Vivas, S., Bonada, N., ... Vidal-Abarca, M. R. (2002). El hábitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de hábitat. *Limnetica*, *21*(3–4), 115–133.
- Pino Chala, W., Mena Garcia, D., Lucia Mosquera, M., Patricia Caicedo, K., Arley Palacios, J., Alberto Castro, A., & Enrique Guerrero, J. (2003). Diversity of Macroinvertebrates and Evaluation of the Quality of the Water of the Gulch the Bendición, Municipality of Quibdo (Choco, Colombia). *Acta Biológica colombiana*, *8*(2), 23–30.
- Pla, Laura (2006). BIODIVERSIDAD: INFERENCIA BASADA EN EL. *Intercedence*, *31*(8), 583–590. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/339/33911906.pdf>
- Quiroz, L., Izquierdo, E., & Menéndez, C. (2017). Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador. *Ingeniería Hidráulica Y Ambiental*, *XXXVIII*, 41–51. Retrieved from <http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v38n3/riha04317.pdf>
- Rico Sánchez, A. E., Rodríguez Romero, A. J., López López, E., & Sedeño Díaz, J. E. (2014). Revista de biología tropical. *Revista de Biología Tropical (Vol. 62)*. Universidad de Costa Rica. Retrieved from [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442014000600006&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442014000600006&lng=en&nrm=iso&tlng=es)
- Rincón, J., Merchán, D., Rojas, D., Sparer, A., & Zárata, E. (2017). *Macroinvertebrados acuáticos de los ríos del Parque Nacional Cajas*. Cuenca.
- Ríos-Touma, B., Acosta, R., & Prat, N. (2014). The Andean biotic index (ABI): Revised tolerance to pollution values for macroinvertebrate families and index performance evaluation. *Revista de Biología Tropical*, *62*(April), 249–273. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i0.15791>
- Rodríguez, S., Rodas, F., Schubert, A., & Vasco, S. (2014). Área de Biosfera Macizo del Cajas, Experiencias de Desarrollo Sostenible para el Buen Vivir. Naciones Unidas.

- Salcedo, S., Artica, L., & Trama, F. (2013). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad de agua en la microcuenca San Alberto, Oxapampa, Perú. *Apuntes de Ciencia & Sociedad*, 3(2), 124–139. Retrieved from <https://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=11&ved=0ahUK Ewj0w9j7k4jXAhUDOJAKHeB4D-sQFghgMAo&url=http%3A%2F%2Fjournals.continental.edu.pe%2Findex.php%2Fapuntes%2Farticle%2Fdownload%2F197%2F195&usg=AOvVaw0D3Y2f9IJgaGxPVGJ9qxAa>
- Segnini, S., & Chacón, M. (2005). Caracterización Físicoquímica Del Hábitat Interno Y Ribereño De Ríos Andinos En La Cordillera De Mérida, Venezuela. *Physico-Chemical Characterization of Internal and Riparian Habitat in Andean Rivers in the Merida Cordillera Venezuela. Ecotropicos*, 18(1), 38–61.
- Senior, W. (2015). Calidad de las aguas litorales. Retrieved from <http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/portalweb/menuitem.220de8226575045b25f09a105510e1ca/?vgnextoid=848d04470d6d4310VgnVCM2000000624e50aRCRD&vgnextchannel=3242709069ab6310VgnVCM1000001325e50aRCRD>
- Suárez, M. L., Vidal-Abarca, M. R., Del Mar Sánchez-Montoya, M., Alba-Tercedor, J., Álvarez, M., Avilés, J., ... Vivas, S. (2002). Las riberas de los ríos mediterráneos y su calidad: El uso del índice QBR. *Limnetica*, 21(3–4), 135–148.
- Tinoco, B. A., Santillán, V. E., & Graham, C. H. (2018). Land use change has stronger effects on functional diversity than taxonomic diversity in tropical Andean hummingbirds. *Ecology and Evolution*, 8(6), 3478–3490. <https://doi.org/10.1002/ece3.3813>
- Townsend, C. R., & Hildrew, A. G. (1994). Species traits in relation to habitat templet for river systems. *Freshwater Biology* Species traits in relation to a habitat templet for river systems. *Freshwater Biology*, 31, 265–275. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.1994.tb01740.x>
- Vasco Tapia, S., Rodríguez Girón, S., Rodas López, F., Pesántez Astudillo, M., Cabrera Rodríguez, S., Romero, M., ... Vallejo Chavéz, S. (2012). Propuesta Para La Declaratoria De La Reserva De Biosfera Dirigida A La Unesco Denominada: Área De Biosfera Macizo Del Cajas Comité Promotor para la nominación ante UNESCO Ecuador. Cuenca. Retrieved from <http://www.biosferacajas.org/documentos/expediente.pdf>
- Villamarín Flores, C. P. (2008). Estructura y composición de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en ríos altoandinos del Ecuador y Perú. Diseño de un sistema de medida de la calidad del agua con índices multimétrico

# ANEXO 1. Índice de Calidad de la Vegetación de Ribera Andina (QBR-And)

## Calidad de ríos andinos (Protocolo CERA)

57

Anexo 5. Índice de calidad de la vegetación de ribera Andina (QBR-And). *Andean riparian vegetation quality Index (QBR-And)*.

**ÍNDICE QBR-And**  
*Calidad de la ribera para*  
*Comunidades arbóreas*  
**Protocolo CERA**



La puntuación de cada uno de los 4 apartados no puede ser negativa ni exceder de 25 puntos		Estación	
		Observador	
		Fecha	
<b>Grado de cubierta de la zona de ribera</b>		Puntuación bloque 1	
Puntuación			
<b>25</b>	> 80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera (las plantas anuales no se contabilizan)		
<b>10</b>	50-80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera		
<b>5</b>	10-50 % de cubierta vegetal de la zona de ribera		
<b>0</b>	< 10 % de cubierta vegetal de la zona de ribera		
+ 10	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es total		
+ 5	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es superior al 50%		
- 5	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es entre el 25 y 50%		
- 10	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es inferior al 25%		
<b>Estructura de la cubierta (se contabiliza toda la zona de ribera)</b>		Puntuación bloque 2	
Puntuación			
<b>25</b>	recubrimiento de árboles superior al 75 %		
<b>10</b>	recubrimiento de árboles entre el 50 y 75 % o recubrimiento de árboles entre el 25 y 50 % y en el resto de la cubierta los arbustos superan el 25 %		
<b>5</b>	recubrimiento de árboles inferior al 50 % y el resto de la cubierta con arbustos entre 10 y 25 %		
<b>0</b>	sin árboles y arbustos por debajo del 10 %		
+ 10	si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es superior al 50 %		
+ 5	si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es entre 25 y 50 %		
+ 5	si existe una buena conexión entre la zona de arbustos y árboles con un sotobosque.		
- 5	si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es > 50 %		
- 5	si los árboles y arbustos se distribuyen en manchas, sin una continuidad		
- 10	si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es < 50 %		
<b>Calidad de la cubierta</b>		Puntuación bloque 3	
Puntuación			
<b>25</b>	Todos los árboles de la zona de ribera autóctonos		
<b>10</b>	Como máximo un 25% de la cobertura es de especies de árboles introducidas		
<b>5</b>	26 a 50% de los árboles de ribera son especies introducidas		
<b>0</b>	Más del 51% de los árboles de la ribera son especies introducidas		
+ 10	>75% de los arbustos son de especies autóctonas.		
+ 5	51-75% o más de los arbustos de especies autóctonas		
- 5	26-50% de la cobertura de arbustos de especies autóctonas		
- 10	Menos del 25% de la cobertura de los arbustos de especies autóctonas		
<b>Grado de naturalidad del canal fluvial</b>		Puntuación bloque 4	
Puntuación			
<b>25</b>	el canal del río no ha estado modificado		
<b>10</b>	modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal		
<b>5</b>	signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río		
<b>0</b>	río canalizado en la totalidad del tramo		
- 10	si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del río		
- 10	si existe alguna presa o otra infraestructura transversal en el lecho del río		
- 5	si hay basuras en el tramo de muestreo de forma puntual pero abundantes		
- 10	si hay un basurero permanente en el tramo estudiado		
<b>Puntuación final (suma de las anteriores puntuaciones)</b>			

## ANEXO 2. Índice de hábitat fluvial (IHF).

Anexo 4. Índice de hábitat fluvial (IHF) (Adaptado de Pardo *et al.*, 2002). *River habitat index (IHF)* (Adapted from Pardo *et al.*, 2002)

Bloques		Puntuación
<b>1. Inclusión rápidos</b>		
Rápidos	Piedras, cantos y gravas no fijadas por sedimentos finos. Inclusión 0 - 30%.	10
	Piedras, cantos y gravas poco fijadas por sedimentos finos. Inclusión 30 - 60%.	5
	Piedras, cantos y gravas medianamente fijadas por sedimentos finos. Inclusión > 60%.	0
		<b>TOTAL (una categoría)</b>
<b>2. Frecuencia de rápidos</b>		
	Alta frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río < 7	10
	Escasa frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 7 - 15	8
	Ocurrencia ocasional de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 15 - 25	6
	Constancia de flujo laminar o rápidos someros. Relación distancia entre rápidos/anchura del río >25	4
	Sólo pozas	2
		<b>TOTAL (una categoría)</b>
<b>3. Composición del sustrato (en caso de ausencia absoluta el valor debe ser 0 para cada apartado)</b>		
% Bloques y piedras	1 - 10%	2
	> 10%	5
% Cantos y gravas	1 - 10%	2
	> 10%	5
% Arena	1 - 10%	2
	> 10%	5
% Limo y arcilla	1 - 10%	2
	> 10%	5
		<b>TOTAL (sumar categoría)</b>
<b>4. Regímenes de velocidad / profundidad</b>		
	somero: < 0.5 m 4 categorías. Lento-profundo, lento-somero, rápido-profundo y rápido-somero.	10
	lento: < 0.3 m/s Sólo 3 de las 4 categorías	8
	Sólo 2 de las 4	6
	Sólo 1 de las cuatro	4
		<b>TOTAL (una categoría)</b>
<b>5. Porcentaje de sombra en el cauce</b>		
	Sombreado con ventanas	10
	Totalmente en sombra	7
	Grandes claros	5
	Expuesto	3
		<b>TOTAL (una categoría)</b>
<b>6. Elementos heterogeneidad (si hay ausencia de hojarasca el valor debe ser 0 puntos)</b>		
Hojarasca	> 10% ó < 75%	4
	< 10% ó > 75%	2
Presencia de troncos y ramas		2
Raíces expuestas		2
Diques naturales		2
		<b>TOTAL (una categoría)</b>
<b>7. Cobertura de vegetación acuática (en caso de ausencia absoluta el valor debe ser cero para cada apartado)</b>		
% Plocon + briófitos	10 - 50%	10
	< 10% ó > 50%	5
	Ausencia absoluta	0
% Pecton	10 - 50%	10
	< 10% ó > 50%	5
	Ausencia absoluta	0
% Fanerógamas	10 - 50%	10
	< 10% ó > 50%	5
	Ausencia absoluta	0
		<b>TOTAL (sumar categoría)</b>
<b>PUNTUACIÓN FINAL (suma de las puntuaciones anteriores)</b>		

### ANEXO 3. Valores de abundancia de macroinvertebrados en las 20 estaciones de estudio

ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	RB1	RB2	RM1	RM2	RCH1	RCH2	RN1	RN2	RC1	RC2	RP1	RP2	RTN1	RTN2	RT1	RT2	RV1	RV2	RY1	RY2	Total general			
Amphipoda	Hyalellidae	Hyalella	6	6					21	18	193	15	115	115	2	1	141	16	1	36	95	68	849			
Arhynchobdellida	Arhynchobdellida	Arhynchobdellida sp.					4		16	3											3		26			
Colembola	Entomobryidae	Entomobryidae sp.			1											1								2		
Coleoptera	Curculionidae	Anthonomus	3	2	28	1			9	2	9				2	17	1	6	2	5	1	1		89		
		Austrolimnius														1									1	
	Elmidae	Heterelmis	1		4		1				4		1	2	55	81	1	1	1	15			11		178	
		Neoelmis	1	4	1			1		5			1		4		1			38		2			58	
		Phaenonotum			1																				1	
		Pseudodisersus													3										3	
	Hydrochidae	Hydrochus																				1		1		
	Psephenidae	Psephenus	1	18							60	1											6	86		
Scirtidae	Cyphon	1	4	1									12	9		6	1			1	1	5		41		
	Prionocyphon						1									6								7		
Diptera	Blephariceridae	Limnicola		4			1	5	16	6														32		
	Ceratopogonidae	Stilobezzia	2	1						1	2			1									4	11		
	Chironomidae	Chironomidae sp.	24	52	81	144	11	9	124	35	10	106	41	48	34	23	96	8	6	4	112	103		1071		
	Simuliidae	Gigantodax	46	30	46	4	2	5	28	130	46	2			6	7	7			40	89	13		501		
	Stratiomyidae	Nemotelus							1															1		
	Tabanidae	Chrysops						1	1					2	1	2	1			1					9	
		Hexatoma			8			8	9	2		33	14	20	41								8		143	
		Limonia			2											2									4	
Tipulidae	Tipula	6	1					2			1	3	1		5				1					20		
	Baetidae	Andesiops	11	6	1			3	2	8			4	2	9	53	1	1	17			59	226	403		
		Baetodes		1	2			2		1				1	8		1		2			7	11		36	
Leptohyphidae	Leptohyphes		11		1		1	2			1	2					5					11	34			
Leptophlebiidae	Farrodes		36	1		1	2		4	11		15	1		16		2	5	46	71	10		221			
Gastropoda	Limnaeidae	Lymnaea								2														2		
Hemiptera	Mesoveliidae	Darwinivelia															1							1		
Hemiptera	Corixidae	Ramphocorixa	1																					1		
Hydroptilidae	Hydropsychidae	Smicridea												5		11	1					1		18		
Lepidoptera	Tortricidae	Archips		1																				1		
Odonata	Libellulidae	Allopetalia														1	2							3		
		Libellulinae								1															1	
Oligochaeta	Oligochaeta	Oligochaeta sp.	1	11	26	8	47	50	121	12	63	19	40	28	15	13	22	27	3	14	55	186		761		
Plecoptera	Gripopterygidae	Claudioperla		12									1				5		2			1	3		24	
		Gripopteryx																1						2	3	
	Perlidae	Anacroneuria			2			1			22	2				28			11	5					71	
Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	Helobdella		1					36	6			3	7						2	36	6		97		
Trichoptera	Anomalopsychidae	Contulma				1								6					6						13	
	Calamoceratidae	Phylloicus							16		1						9					1			27	
	Helicopsychidae	Helicopsyche														3									3	
	Hydrobiosidae	Atopsyche	3	4	22	1	10	9	82	4	42	8	11	13		13	4	14	4	9	12	39		304		
	Hydropsychidae	Smicridea		1					15	1	4								57		1				79	
	Hydroptilidae	Ochrotrichia																2						2		4
		Ochrotridia														1										1
	Leptoceridae	Atanatolica																	27							27
Nectopsyche					1									1		31				3	1	3			40	
Odontoceridae	Marilia									19	5									1					25	
Tricladida	Dugesidae	Dugesia		27	1			2	14	3	3		1	18	15	30	1	1	17				12		145	
Trombidiformes	Limnesiidae	Erythrodiplax												1											1	
TOTAL			107	234	228	160	86	100	507	243	522	175	272	311	149	364	280	83	199	181	549	730		5480		

**ANEXO 4. Índices de Diversidad alfa de las 20 estaciones de muestreo.**

<b>Sítios</b>	<b>Estaciones</b>	<b>Simpson</b>	<b>Shannon_H</b>
Río Balao	RB1	0,7456	1,792
Río Balao	RB2	0,8815	2,442
Río Cañar	RC1	0,8129	2,082
Río Cañar	RC2	0,6043	1,42
Río Tomebamba	RCH1	0,6595	1,502
Río Tomebamba	RCH2	0,7182	1,82
Río Machángara	RM1	0,7938	1,901
Río Machángara	RM2	0,1867	0,4637
Río Miguir	RN1	0,8423	2,162
Río Miguir	RN2	0,6813	1,766
Río Patul	RP1	0,7642	1,866
Río Patul	RP2	0,806	2,083
Río Quinoas	RT1	0,6217	1,262
Río Quinoas	RT2	0,8088	1,907
Río Tenguel	RTN1	0,7846	1,896
Río Tenguel	RTN2	0,8957	2,596
Río Vivar	RV1	0,842	2,17
Río Vivar	RV2	0,8292	2,014
Río Yanuncay	RY1	0,8588	2,116
Río Yanuncay	RY2	0,806	2,031

**ANEXO 5. Índice Biótico Andino (ABI) de estaciones de muestreo.**

GÉNEROS	RB1	RB2	RM1	RM2	RCH1	RCH2	RN1	RN2	RC1	RC2	RP1	RP2	RTN1	RTN2	RT1	RT2	RV1	RV2	RY1	RY2
Anacroneuria			10			10			10	10				10			10	10		
Andesiops	4	4	4			4	4	4			4	4	4	4	4	4	4		4	4
Allopetalia													8	7						
Anthonomus													4							
Archips		4																		
Arhynchobdellida sp.					3		3	3											3	
Atanatolica																	10			
Atopsyche	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8		8	8	8	8	8	8	8
Austrolimnius	5	5	5	5			5	5	5				5	5	5	5	5	5	5	5
Baetodes		4	4			4		4			4	4		4		4			4	4
Chironomidae sp.	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Chrysops						5		5			5	5	5	5			5			
Claudioperla		10								10				10			10		10	10
Contulma				10								10					10			
Cyphon	5	5	5								5	5		5	5			5	5	5
Darwinivelia														3						
Dugesia		5	5			5	5	5	5		5	5	5	5	5	5	5			5
Entomobryidae sp.			4											4						
Farrodes		10	10		10	10		10	10		10	10		10		10	10	10	10	10
Gigantodax	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5			5	5	5			5	5	5
Helobdella		3					3	3			3	3						3	3	3
Gripopteryx															10					10
Helicopsyche														10						
Heterelmis	5		5		5				5		5	5	5	5	5	5	5	5		5
Hexatoma			5		5	5	5		5	5	5	5								5
Hyalella	6	6					6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Hydrochus																			5	
Leptohyphes		7		7		7	7			7	7					7				7
Libellulinae								6												
Erythrodiplax												10								
Limonia			5										5							
Limonicola		10			10	10	10	10												
Lymnaea								3												
Marilia									10	10								10		
Nectopsyche			8									8		8				8	8	8
Nemotelus							4													
Neoelmis	5	5	5			5		5			5		5		5		5		5	5
Ochrotrichia													6		6					6
Oligochaeta sp.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Phaenonotum		6																		
Phylloicus							10		10						10				10	
Prionocyphon					5									5						
Psephenus	10	10							10	10										10
Pseudodisersus												6								
Ramphocorixa	7																			
Smicridea		5					5	5	5			5		5	5		5		5	5
Stilobezzia	4	4						4	4			4								4
Tipula	5	5					5			5	5	5		5			5			
<b>Total general</b>	72	124	91	38	54	81	88	94	101	79	80	111	66	142	72	57	106	78	104	123
<b>Calidad</b>	BUENO	MUY BUENO	BUENO	MODERADO	MODERADO	BUENO	BUENO	BUENO	MUY BUENO	BUENO	BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	BUENO	MODERADO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO

**ANEXO 6. Índice de Calidad de Bosque de Ribera Andino las 20 estaciones de muestreo**

<b>CÓDIGO</b>	<b>NOMBRE DE RÍO</b>	<b>QBR-And</b>	<b>CALIDAD</b>
RB1	Río Balao	57,5	CALIDAD INTERMEDIA
RB2	Río Balao	57,5	CALIDAD INTERMEDIA
RC1	Río Cañar	95	CALIDAD BUENA
RC2	Río Cañar	67,5	CALIDAD INTERMEDIA
RCH1	Río Tomebamba	87,5	CALIDAD BUENA
RCH2	Río Tomebamba	72,5	CALIDAD INTERMEDIA
RM1	Río Machángara	67,5	CALIDAD INTERMEDIA
RM2	Río Machángara	67,5	CALIDAD INTERMEDIA
RN1	Miguir	45	MALA CALIDAD
RN2	Miguir	30	MALA CALIDAD
RP1	Río Patul	45	MALA CALIDAD
RP2	Río Patul	50	MALA CALIDAD
RT1	Río Quinoas	42,5	MALA CALIDAD
RT2	Río Quinoas	62,5	CALIDAD INTERMEDIA
RTN1	Río Tenguel	95	CALIDAD BUENA
RTN2	Río Tenguel	92,5	CALIDAD BUENA
RV1	Río Vivar	20	CALIDAD PÉSIMA
RV2	Río Vivar	25	CALIDAD PÉSIMA
RY1	Río Yanuncay	75	CALIDAD INTERMEDIA
RY2	Río Yanuncay	0	CALIDAD PÉSIMA

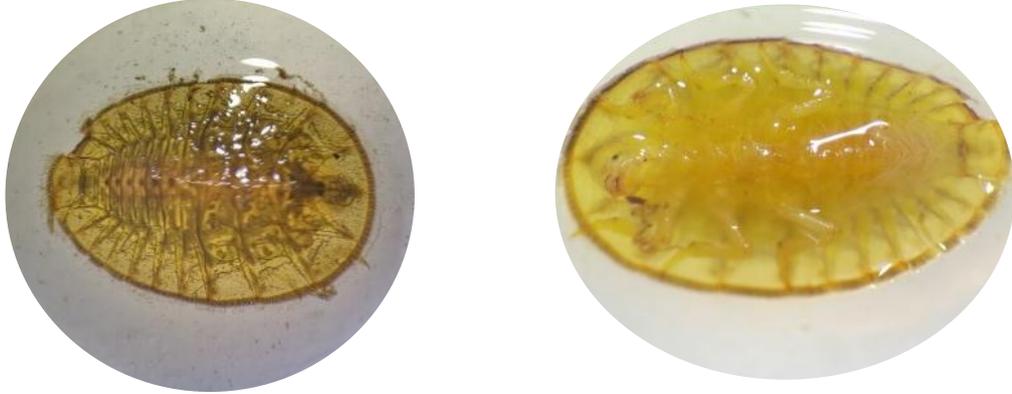
**ANEXO 7. Índice de Hábitat Fluvial de las 20 estaciones de muestreo**

<b>CÓDIGO</b>	<b>NOMBRE DE RÍO</b>	<b>IHF</b>	<b>CALIDAD</b>
RB1	Río Balao	43,5	BAJA DIVERSIDAD DE HÁBITATS
RB2	Río Balao	36	BAJA DIVERSIDAD DE HÁBITATS
RC1	Río Cañar	49,5	BAJA DIVERSIDAD DE HÁBITATS
RC2	Río Cañar	62,5	DIVERSIDAD DE HÁBITATS MEDIA
RCH1	Río Tomebamba	39,5	BAJA DIVERSIDAD DE HÁBITATS
RCH2	Río Tomebamba	38	BAJA DIVERSIDAD DE HÁBITATS
RM1	Río Machángara	62,5	DIVERSIDAD DE HÁBITATS MEDIA
RM2	Río Machángara	58	DIVERSIDAD DE HÁBITATS MEDIA
RN1	Miguir	57	DIVERSIDAD DE HÁBITATS MEDIA
RN2	Miguir	48,5	BAJA DIVERSIDAD DE HÁBITATS
RP1	Río Patul	32,5	BAJA DIVERSIDAD DE HÁBITATS
RP2	Río Patul	37	BAJA DIVERSIDAD DE HÁBITATS
RT1	Río Quinoas	53	DIVERSIDAD DE HÁBITATS MEDIA
RT2	Río Quinoas	63	DIVERSIDAD DE HÁBITATS MEDIA
RTN1	Río Tenguel	56,5	DIVERSIDAD DE HÁBITATS MEDIA
RTN2	Río Tenguel	50,5	DIVERSIDAD DE HÁBITATS MEDIA
RV1	Río Vivar	18	MUY BAJA DIVERSIDAD DE HÁBITATS
RV2	Río Vivar	15	MUY BAJA DIVERSIDAD DE HÁBITATS
RY1	Río Yanuncay	37	BAJA DIVERSIDAD DE HÁBITATS
RY2	Río Yanuncay	46	BAJA DIVERSIDAD DE HÁBITATS

**ANEXO 9. Registro fotográfico de trabajo de campo y laboratorio.**



ANEXO 10. Registro fotográfico de macroinvertebrados.



*Ilustración 1. Psephenus*



*Ilustración 2. Anacroneuria*



*Ilustración 3. Contulma*



*Ilustración 4. Hyalella*



*Ilustración 5. Phylloicus*



*Ilustración 6. Heterelmis (larva)*