

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
JAÉN**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y  
AMBIENTAL**



**MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS COMO INDICADORES  
DE LA CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA EN LA QUEBRADA  
MIRAFLORES, CHIRINOS**

**Presentada por:**

**DANILO HERRERA CARRASCO**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
FORESTAL Y AMBIENTAL**

**Jaén – Perú**

**2019**



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 002-2018-SUNEDU/CD  
COORDINACIÓN CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y AMBIENTAL



"Año de la Lucha Contra la Corrupción y la Impunidad"

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las diez horas con cinco minutos, del día primero de Marzo del dos mil diecinueve, reunidos en la sala de profesores de la Universidad Nacional de Jaén, los Miembros del Jurado, designados mediante resolución N° 042 - 2019 - CO - UNJ del 15 de Febrero del 2019:

- Dra. Ing. Irma Rumela Aguirre Zaquinaula (Presidente)
- Ing. M. Sc. Santos Clemente Herrera Díaz (Secretario)
- Ing. M. Sc. Wagner Colmenares Mayanga (Vocal )

Con la finalidad de llevar a cabo la Sustentación de Informe de Tesis Titulado: **"Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad biológica del agua en la quebrada Miraflores - Chirinos"** presentado por el tesista: **Herrera Carrasco Danilo**

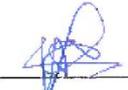
Los Miembros del Jurado, presencian la sustentación del Informe de Tesis denominado: **"Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad biológica del agua en la quebrada Miraflores - Chirinos"**, luego se procede a realizar las preguntas correspondientes para ser contestadas por el tesista, los Miembros del Jurado de Tesis luego de escuchar la defensa del tesista, deliberan y deciden aprobar la sustentación, siendo el calificativo final: DOCE (12) REGULAR

Deficiente	Regular	Buena	Muy Buena	Sobresaliente
0 - 10	11-12	13-14-15	16-17-18	19-20

Siendo las quince horas con veinte minutos, del mismo día, se procede a firmar la presente en señal de conformidad y elevar a las autoridades competentes para el trámite correspondiente.

Presidente

Nombre: Dra. Ing. Irma Rumela Aguirre Zaquinaula

Firma 

Secretario

Nombre: Ing. M. Sc. Santos Clemente Herrera Díaz

Firma 

Vocal

Nombre: Ing. M. Sc. Wagner Colmenares Mayanga

Firma 

## **DEDICATORIA**

A mis padres: Segundo Juan y Lidia. A mis  
hermanos.

## **AGRADECIMIENTO**

Al creador, a mis padres y hermanos. A mi asesor, co-asesor Dr. José Luis Polo Corro, a la facultad de ciencias biológicas de la universidad Nacional de Trujillo por las facilidades brindadas para el desarrollo de esta investigación y a todas las personas que colaboraron en esta investigación

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	i
Índice de cuadros.....	iii
Índice de figuras.....	iv
Índice de Anexos.....	v
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	9
II. REVISIÓN LITERARIA.....	11
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	11
2.2. LAS QUEBRADAS, RÍOS ANDINOS Y SU IMPORTANCIA.....	13
2.3. ESTADO ACTUAL DE LA INVESTIGACIÓN.....	14
2.4. CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA.....	14
2.4.1. BIOINDICADORES.....	15
2.4.2. ÍNDICE BIÓTICO.....	16
2.4.3. MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS.....	18
2.5. DIVERSIDAD.....	22
2.6. ÍNDICES DE DIVERSIDAD.....	23
2.6.1. ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WEAVER.....	23
2.6.2. ÍNDICE DE DIVERSIDAD Y DOMINANCIA DE SIMPSON.....	24
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
3.1. MATERIALES.....	26
3.1.1. MATERIALES DE CAMPO.....	26
3.1.2. MATERIALES DE LABORATORIO.....	26
3.2. ÁREA DE ESTUDIO.....	27
3.2.1. UBICACIÓN.....	27
3.2.2. METODOLOGÍA GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN.....	27
3.2.1. DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE MUESTREO.....	28
a. Estación de muestreo E-1.....	28
b. Estación de muestreo E-2.....	28
c. Estación de muestreo E-3.....	29

d.	Estación de muestreo E-4.....	29
e.	Estación de muestreo E-5.....	29
3.2.2.	FLUJO DE LA METODOLOGÍA GENERAL.....	30
3.2.3.	MUESTREO DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS.....	30
3.2.4.	TRATAMIENTO E IDENTIFICACIÓN .....	31
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	34
4.1.	EVALUACIÓN PORCENTUAL DE LA ABUNDANCIA .....	35
4.2.	MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS COLECTADOS.....	37
4.3.	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA BIODIVERSIDAD.....	41
4.3.1.	ÍNDICE DE DIVERSIDAD DES HANNON-WEAVER (H') .....	41
4.3.2.	ÍNDICE DE DOMINANCIA Y DIVERSIDAD DE SIMPSON.....	42
4.4.	CALIDAD BIOLÓGICA DE LA QUEBRADA MIRAFLORES .....	45
V.	CONCLUSIONES .....	49
VI.	RECOMENDACIONES.....	51
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
VIII.	ANEXOS .....	60

## Índice de cuadros

Pág.

Cuadro 1: Descripción espacial de las estaciones de muestreo. ....	28
Cuadro 2: Valores nPeBMWP por bloques de familias (Medina, 2010). ....	32
Cuadro 3: Índice nPeBMWP, rangos de calidad (Acosta, y otros, 2009). ....	33
Cuadro 4: Densidad (N° Ind/1 hora de esfuerzo) para los macroinvertebrados bentónicos capturados en la quebrada Miraflores. ....	34
Cuadro 5: Abundancia total por estaciones de muestreo. ....	36
Cuadro 6: Macroinvertebrados bentónicos colectados en la estación E-1. ....	37
Cuadro 7: Macroinvertebrados bentónicos colectados en la estación E-2. ....	38
Cuadro 8: Macroinvertebrados bentónicos colectados en la estación E-3. ....	39
Cuadro 9: Macroinvertebrados bentónicos colectados en la estación E-4. ....	39
Cuadro 10: Macroinvertebrados bentónicos colectados en la estación E-5. ....	40
Cuadro 11: Evaluación general del índice de diversidad de Shannon-Weaver (H'). ....	41
Cuadro 12: Rangos de diversidad de Shannon-Weaver. Comparación con los valores obtenidos por cada estación de muestreo. ....	42
Cuadro 13: Cálculo general del índice de dominancia (D) y diversidad (1-D) de Simpson. ....	42
Cuadro 14: Rangos de dominancia según Simpson. Comparación con los valores obtenidos en cada estación de muestreo. ....	43
Cuadro 15: Rangos de diversidad según Simpson. Comparación con los valores obtenidos en cada estación de muestreo. ....	44
Cuadro 16: Puntuación general asignada para las diferentes familias de macroinvertebrados bentónicos capturados en la quebrada Miraflores. ....	45
Cuadro 17: Puntuación general asignada por bloques a las familias de macroinvertebrados bentónicos capturados en la quebrada Miraflores. ....	46
Cuadro 18: Puntuación general (sumatoria de puntuaciones para cada estación) asignada según el Índice Biótico nPeBMWP. ....	47
Cuadro 19: Valoración para las estaciones de muestreo según el Índice Biótico nPeBMWP y los rangos de calidad para los macroinvertebrados bentónicos capturados en la quebrada Miraflores. ....	48

## Índice de figuras

Pág.

Figura 1: Abundancia de macroinvertebrados bentónicos por estación de muestreo. Unid (ind/ 1 hora por estación de muestreo). .....	36
Figura 2: Porcentaje de la abundancia de macroinvertebrados bentónicos. ....	36
Figura 3: Resultados de las valoraciones para los rangos de diversidad según el índice de Shannon-Weaver para las cinco estaciones de muestreo.....	41
Figura 4: Valores para el Índice de dominancia de Simpson. ....	43
Figura 5: Valores para el índice de diversidad según Simpson.....	44

**Anexo 1: Cálculo general de la diversidad de comunidades de Macroinvertebrados bentónicos según los índices de Shannon-Weaver y Simpson**

Cuadro 1: Cálculo del Índice de Diversidad de Shannon-Weaver para E-1. .... 60

Cuadro 2: Cálculo del Índice de Diversidad de Shannon-Weaver para E-2. .... 60

Cuadro 3: Cálculo del Índice de Diversidad de Shannon-Weaver para E-3. .... 61

Cuadro 4: Cálculo del Índice de Diversidad de Shannon-Weaver para E-4. .... 61

Cuadro 5: Cálculo del Índice de Diversidad de Shannon-Weaver para E-5. .... 62

Cuadro 6: Cálculo del índice de dominancia y diversidad de Simpson para E-1..... 62

Cuadro 7: Cálculo del índice de dominancia y diversidad de Simpson para E-2..... 63

Cuadro 8: Cálculo del índice de dominancia y diversidad de Simpson para E-3..... 63

Cuadro 9: Cálculo del índice de dominancia y diversidad de Simpson para E-4..... 64

Cuadro 10: Cálculo del índice de dominancia y diversidad de Simpson para E-5..... 64

**Anexo 2: Puntuaciones generales de los principales índices bióticos**

Cuadro 11: Puntuación nPeBMWP (Medina y otros, 2010). .... 65

Cuadro 12: Puntuación del Andean Biotic Index (ABI) (Rios, 2009). .... 67

Cuadro 13: Puntuación BMWP/Col para Colombia (Roldán 2003) ..... 68

**Anexo 3: Mapas de ubicación**

Figura 1: Mapa del desarrollo de la investigación. (Fuente: Elaboración propia) ..... 69

Figura 2: Desarrollo de la investigación, imagen satelital (Fuente: Google Earth). ..... 69

**Anexo 4: Panel Fotográfico**

Figura 3 Captura de macroinvertebrados bentónicos en la Quebrada Miraflores, Agosto 2018 (Estación de muestreo E-4)..... 70

Figura 4: Vista panorámica del lugar de investigación .....	70
Figura 5: Captura de los macroinvertebrados bentónicos (Estación E-5). .....	71
Figura 6: Captura de los macroinvertebrados bentónicos (Estación E-2). .....	71
Figura 7: Identificación de los macroinvertebrados bentónicos (Facultad de Ciencias Biológicas- Universidad Nacional de Trujillo). .....	72
Figura 8: Identificación de los macroinvertebrados bentónicos. Universidad Nacional de Trujillo, agosto 2018.....	72
Figura 9: Familia Chironomidae.....	73
Figura 10: Familia Hydrobiosidae.....	73
Figura 11: Familia Tipulidae. ....	73
Figura 12: Familia Hydropsichidae. ....	73
Figura 13: Familia Dolichopodidae.....	73
Figura 14: Familia Leptoceridae. ....	73

## RESUMEN

En los últimos años la utilización de macroinvertebrados bentónicos para evaluar la calidad de agua ha venido incrementándose y es actualmente aceptada como una metodología biológica y ambiental moderna. El objetivo de la investigación fue evaluar la calidad biológica del agua de la quebrada Miraflores en el distrito de Chirinos, San Ignacio a través de la distribución y diversidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos, para la valoración de la calidad biológica se dividió al cuerpo hídrico en cinco estaciones de muestreo de las cuales fueron colectados los macroinvertebrados bentónicos en un tiempo de una hora cada una para luego ser identificados y valorados en el laboratorio según el índice biótico nPeBMWP para los ríos del norte del Perú. Los resultados muestran que la calidad del agua de la quebrada es uniforme presentándose un puntaje en el rango 73-94 nPeBMWP que indica calidad de agua aceptable pero con signos de estrés y caracterizando a E-1 como la zona de menor contaminación y que la diversidad de macroinvertebrados bentónicos es uniforme presentándose en un rango de mediana a alta diversidad según Shannon-Weaver y Simpson.

**Palabras clave: Calidad biológica del agua, macroinvertebrados bentónicos, índice biótico, diversidad.**

## **ABSTRACT**

In recent years the use of benthic macroinvertebrates to assess water quality has been increasing and is currently accepted as a modern biological and environmental methodology. The objective of the research was to evaluate the biological quality of the Miraflores water in the district of Chirinos, San Ignacio through the distribution and diversity of benthic macroinvertebrates as biological indicators, for the assessment of biological quality was divided to the water body in five sampling stations from which the benthic macroinvertebrates were collected in a time of one hour each to be later identified and evaluated in the laboratory according to the nPeBMWP biotic index for the rivers of northern Peru. The results show that the water quality of the stream is uniform, presenting a score in the range 73-94 nPeBMWP that indicates acceptable water quality but with signs of stress and characterizing E-1 as the zone of least contamination and that the diversity of benthic macroinvertebrates is uniformly presented in a range of medium to high diversity according to Shannon-Weaver and Simpson.

**Key words: Biological quality of water, benthic macroinvertebrates, biotic index, diversity**

## I. INTRODUCCIÓN

El creciente deterioro de los ecosistemas acuáticos ha venido demandando el desarrollo de metodologías que permitan conocer su grado de alteración por causas naturales y antropogénicas (Pérez & Rodríguez, 2008). Desde finales del siglo pasado se ha documentado la relación entre distintas comunidades biológicas y la degradación de los sistemas acuáticos (Metcalf, 1989)

En las últimas décadas se han desarrollado diferentes metodologías que usan una amplia variedad de microorganismos desde bacterias hasta peces como indicadores biológicos de estas alteraciones, como un reflejo de los cambios físicos y químicos que generan las diferentes actividades humanas, considerándolos una medida necesaria junto a los análisis químicos tradicionales para caracterizar la contaminación (Oscóz, y otros, 2007)

Los ríos y quebradas son ecosistemas dinámicos y multifuncionales que se caracterizan por la presencia de redes de drenaje, con diversos causes y un alto grado de heterogeneidad ambiental, esta complejidad es favorecida por diversas interacciones y transiciones entre clima, geomorfología, precipitación, flujos de agua y sus sistemas ribereños (Gómez, y otros, 2012). Sin embargo, la calidad de estos ecosistemas se ve afectada por diversas presiones antropogénicas tanto en su estructura como en los servicios que proporcionan (Durance & Ormerod, 2007)

Estos cuerpos hídricos corresponden a los ecosistemas más afectados por las actividades humanas (Naiman, y otros, 1998), debido a que estos han sido siempre empleados por la humanidad como vía para la eliminación de residuos y como fuente de recursos; en consecuencia, esto ha producido una degradación histórica de estos ecosistemas (Alonso & Camargo, 2005); (Torralba & Ocharán, 2007).

El detrimento que estos ecosistemas están experimentando tanto en su biodiversidad como en la calidad de sus aguas, está conduciendo a su degradación tanto a escala global como de cuencas (Cordova, y otros, 2009). Estos cambios han motivado en las últimas décadas el desarrollo de índices bióticos para valorar el efecto de las intervenciones humanas sobre dichos ecosistemas (González, y otros, 2013).

El uso de macroinvertebrados bentónicos para valorar las condiciones biológicas de los cuerpos de agua se han convertido en uno de los componentes fundamentales de la legislación relacionada con el agua en todo el mundo (Pond, y otros, 2013). Estos organismos han demostrado ser buenos indicadores de la calidad del ambiente acuático ya que proveen una respuesta cuantificable frente a diversos trastornos del medio.

El conocimiento de la composición y estructura de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos en los cuerpos hídricos del nororiente de Perú es escaso en comparación con otros ecosistemas fluviales del mundo. Este escaso conocimiento genera un alto grado de incertidumbre y no permite aplicar un monitoreo del estado biológico de los cuerpos hídricos a partir de bioindicadores como los macroinvertebrados bentónicos; además que, hacer estudios de estas características permiten crear nuevos índices bióticos y generar nuevos datos para investigaciones futuras

El objetivo general planteado para la siguiente investigación fue:

- Evaluar la calidad biológica del agua de la quebrada Miraflores en el distrito de Chirinos a través de la distribución de los macroinvertebrados bentónicos.

Los objetivos específicos fueron:

- Identificar las familias de macroinvertebrados bentónicos presentes en la quebrada Miraflores.
- Evaluar la diversidad de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos.
- Categorizar las zonas de calidad biológica de la quebrada Miraflores.

## **II. REVISIÓN LITERARIA**

### **2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad biológica de las aguas es una metodología que nació en Europa y que actualmente está generalizándose en todo el mundo. Un resumen de esta tradición y de los métodos actualmente usados, así como una valoración de sus ventajas e inconvenientes lo describe (Bonada, y otros, 2006).

Muy importante es el proceso abierto en la Unión Europea donde la indicación biológica es el centro de todo el sistema de monitoreo y evaluación de la calidad del agua de sus veintiocho países, dando luz a un nuevo concepto, el “Estado Biológico”, ello ha significado una revolución en la forma como los gobiernos europeos deben contemplar los indicadores biológicos de calidad del agua, estipulado en (D.O.C.E., 2000).

En los últimos veinte años, los ríos altoandinos del Colombia y Ecuador han sido los más estudiados en Latinoamérica, encontrándose estudios relacionados con su caracterización física, química e hidromorfológica, (Villamarín, y otros, 2014) caracterización abiótica (altitud, geología, hidrología y cobertura vegetal (Vásconez, y otros, 2002) y la estructura y composición de macroinvertebrados bentónicos (Gallegos , 2013).

(Castellanos & Serrato, 2008), (Walteros & Paiba, 2010) estudiaron en Colombia las comunidades de macroinvertebrados bentónicos en los ríos altoandinos y su uso en la evaluación de la calidad del agua por medio del índice BMWP/Colombia, desarrollado por (Roldán, 1996) en base a un estudio realizado en el rio Antioquía.

En Bolivia, (Molina, y otros, 2008) estudiaron la variación anual y longitudinal de la estructura comunitaria de los macroinvertebrados bentónicos en relación a factores ambientales en el río principal del valle de Choquecota (Cochabamba), encontrando 30 taxa distribuidos en tres estaciones de muestreo y evidenciando que existe una relación inversa entre la descarga hidráulica y la riqueza de especies.

(Pérez & Segnini, 2005), realizaron en Venezuela un estudio sobre diversidad de ninfas del orden Ephemeroptera, en las aguas del río altoandino La Picón en el estado de Mérida, concluyendo que la importancia de la calidad del sustrato y la velocidad de la corriente son factores importantes en la distribución y abundancia de estos organismos.

En el Perú, la evaluación de la calidad de los ecosistemas empleando macroinvertebrados bentónicos data de hace 18 años. (Acosta C. , 2001), hizo una comparación en la distribución espacial de los macroinvertebrados bentónicos en la orilla y en el cauce central de la quebrada Cantón, tributario del río Rímac. (Huamán, y otros, 2002) estudiaron la estructura de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos en la laguna de Paca, Junín; (Iannacone, y otros, 2003), analizaron la biodiversidad y la similaridad de los macroinvertebrados bentónicos en las lagunas de Puerto Viejo, Lima. (Paredes, 2005), evaluó a los macroinvertebrados bentónicos para determinar la calidad del agua desde la bocatoma de SEDAPAL (Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima) hacia la parte inferior del río Rímac, Lima. (Arana, 2008), estudió a los macroinvertebrados bentónicos en época seca y lluviosa en tres secciones altitudinales del Río Santa Eulalia, el cual es el principal tributario del río Rímac en Lima.

En 2008, (Medina, y otros, 2010) modificaron el índice biótico Biological Monitoring Working Party (BMWP), y lo adaptaron a los ríos del norte del Perú mediante una evaluación que se realizó en las microcuencas Perejil, Chuyugual y Caballo Moro, en La Libertad, entre agosto y octubre del 2008. Este nuevo índice denominado nPeBMWP es una adaptación del índice BMWP de Inglaterra, ABI, BMWP para Colombia y otros.

En la provincia de San Ignacio, mucho menos en el distrito de Chirinos existen investigaciones que hayan concluido con datos que determinen la calidad biológica del agua de algún cuerpo hídrico mediante la utilización de macroinvertebrados bentónicos, es por eso que es necesario generar los primeros datos para establecer patrones y guías para futuras investigaciones y que estas sean más objetivas tratándose de que este tipo de estudios requiere de valores y índices que sean propios de ecosistemas de la región.

## **2.2. LAS QUEBRADAS, RÍOS ANDINOS Y SU IMPORTANCIA**

La superficie de la tierra está cubierta por regiones montañosas en un 27 % las cuales albergan reservas glaciares y de agua dulce que proveen de servicios ambientales y ecosistémicos a las poblaciones que hacen uso de ellos; y la diversidad de ecosistemas y clima que surgen de sus gradientes altitudinales los hacen únicos (Loayza-Muro, y otros, 2013).

La pluralidad de factores que influyen en su dinámica y funcionamiento ecológico y biológico hacen que estos cuerpos hídricos alberguen muchas especies a ser estudiadas y utilizadas como objetos de investigación en métodos alternativos para la identificación de zonas de contaminación. La ecología e historia natural de estos ríos y quebradas son aún poco estudiadas, por lo cual su manejo y conservación demandan nuevas estrategias de gestión de estos ecosistemas (Encalada, y otros, 2011).

La importancia de estos ríos consiste en la variabilidad de su diversidad y la trascendencia de sus funciones ecosistémicas que en ellos ocurren, además de caracterizarse por presentar un flujo turbulento y rápido, tener una alta oxigenación y por ser hábitat de microorganismos acuáticos, que son elementos fundamentales para para su funcionamiento, y proveer agua a la población para diferentes usos. (Encalada, y otros, 2011).

Comparando la elevada diversidad de los ecosistemas andinos existentes con la creciente explotación de sus recursos hídricos, los estudios de investigación básica y

aplicada son muy escasos y de restringida difusión tales como tesis, informes técnicos y estudios de impacto ambiental que representa una extensa literatura gris que no ha sido analizada y recopilada en conjunto (Acosta, y otros, 2009).

### **2.3. ESTADO ACTUAL DE LA INVESTIGACIÓN**

Al año 2018, no existen estudios que se relacionen a las comunidades acuáticas presentes en la Quebrada Miraflores. No existe información argumentada sobre las condiciones biológicas a pesar de que en los últimos años los estudios de los microorganismos acuáticos se están convirtiendo en una herramienta importante en el monitoreo y manejo del agua en el mundo (Prat, y otros, 2009), (Springer, 2010), y que en el Perú no tiene mucha importancia.

Se considera a la presente investigación como la primera en estudiar a las comunidades de macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad biológica del agua en la quebrada Miraflores en base a la distribución de sus comunidades. Con este estudio se busca aportar también al conocimiento de la ecología acuática y la bioindicación con la aplicación del protocolo BMWP adaptado a los ríos y quebradas del norte del Perú (nPeBMWP), la generación de los primeros datos para un índice biótico propio en el futuro.

### **2.4. CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA**

El término calidad biológica referido a las aguas continentales es un concepto relativo que depende del destino final del recurso, por ejemplo, a las aguas fecales en ningún caso se podrían considerar de calidad apropiada para la bebida, por los problemas sanitarios que conllevaría a su uso, pero que si se podría utilizar como recurso de irrigación de plantaciones con previo tratamiento.

Del mismo modo aguas de alta montaña, que intuitivamente podríamos asociar con pureza y buena calidad, podrían resultar poco apropiadas para la bebida al calmar

escasamente la sed (por su bajo contenido en sales) y por su bajo pH que le confiere un carácter corrosivo al esmalte dental (Alba-Tercedor J. , 1996).

Al evaluar la calidad de las aguas mediante el estudio de la composición de estructuras y comunidades de organismos surge el término de calidad biológica. Se considera que un medio acuático presenta una buena calidad biológica cuando tiene sus características naturales que permiten que en su seno se desarrollen las comunidades de organismos que le son propias (Alba-Tercedor J. , 1996).

La evaluación de la calidad biológica del agua puede estar basada en el uso de los macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de contaminación. (Ríos-Touma, Encalada, & Prat, 2011), (Guimaraes-Souto, y otros, 2011), (Custodio, 2016), nos brindan sus investigaciones sobre los trastornos que se producen y como afectan a los ecosistemas acuáticos y definen a una evaluación biológica de un cuerpo hídrico como un complemento de la evaluación de la calidad general del agua.

#### **2.4.1. BIOINDICADORES**

Según la Directiva Marco del Agua (2000/60/CE, DMA) establece que los bioindicadores son los organismos que determinan en última instancia el estado biológico de una masa de agua. De esta manera la utilización de índices bióticos adaptados a las regiones se ha generalizado, existiendo bioindicadores basados en organismos muy diversos, como microorganismos, macrófitos o peces (Prat, y otros, 2009).

Son organismos o comunidades de estos que a través de su presencia indican el nivel de preservación o el estado de un hábitat (Morais, y otros, 2004). El bioindicador ideal es aquel que tiene tolerancias ambientales estrechas (Zuñiga, y otros, 1997) es decir, son sensibles a las alteraciones de los factores físicos y químicos del medio en el que viven, además, miden los efectos de la contaminación en el ambiente y en los propios seres vivos, por tanto, ofrecen información sobre los riesgos para otros organismos, el ecosistema y también para el ser humano (Anze & Franken, 2007). Estas

especies son aquellas que pueden vivir bajo condiciones ambientales relativamente particulares (Segnini, 2003).

Por sus características como sensibilidad a contaminantes, dispersión, éxito reproductivo y distribución las especies bioindicadoras pueden ser utilizadas como estimadoras de las condiciones ambientales que resulten complicadas y costosas de medir (Isasi-Catalá, 2011). Mediante un sistema de bioindicación, la información taxonómica se traduce en un índice, lo que facilita la interpretación de un gran número de datos que resultan de los llamados monitoreos biológicos (Gutierrez, y otros, 2004).

Los bioindicadores son la medida indirecta de la dimensión que se quiere obtener, su uso se fundamenta en la suposición de que la presencia o la abundancia de una especie o un determinado conjunto de especies esté correlacionado con una o muchas variables del ecosistema que le son favorables para su sobrevivencia; de esta forma se establece una asociación estadística entre el bioindicador y las variables que se quiere indicar (Ribiera & Foster, 1997).

Uno de los grupos biológicos ampliamente utilizados como bioindicadores son los macroinvertebrados bentónicos, (Bonada, y otros, 2006)) ya que, son relativamente fáciles de muestrear e identificar, los diferentes taxones o familias presentan requerimientos ecológicos diferentes, la comunidad de macroinvertebrados integra el estado del ecosistema y las perturbaciones de diferente naturaleza en el cuerpo hídrico (químicas, físicas y biológicas), (Rosenberg & Resh, 1993).

#### **2.4.2. ÍNDICE BIÓTICO**

Es una herramienta de valoración de la calidad biológica basada en las diferentes respuestas de los microorganismos a las alteraciones del medio (grado de sensibilidad o tolerancia). La mayoría de los 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.

Suelen ser específicos para un tipo de contaminación y/o región geográfica, y se basan en el concepto de los organismos indicadores pues permiten la valoración del estado biológico de un ecosistema acuático afectado por un proceso de contaminación y para ello se les asigna un valor numérico en función de su tolerancia a un tipo de contaminación. Los más tolerantes reciben un valor numérico menor y los más sensibles un valor numérico mayor, la suma de todos estos valores indica la calidad de ese ecosistema. (Baddii, y otros, 2005).

El valor numérico obtenido expresa el efecto de la contaminación sobre una comunidad biológica y está basado en la capacidad de los organismos de reflejar las características o condiciones ambientales del medio en el que se encuentran y la presencia o ausencia de un género, una especie o familia, así como la abundancia o diversidad de éstas es lo que se va a usar como indicador de calidad.

La diferencia de los índices bióticos y los índices fisicoquímicos radica en que los primeros permiten indicar el estado del agua en un periodo prolongado de tiempo definido por la duración del ciclo vital de cada individuo o la magnitud de colonias, entre otras características, pero no permite, identificar los agentes contaminantes existentes, por lo tanto, su utilización es complementaria y no sustitutiva a los índices fisicoquímicos. (Naranjo & González 2007).

Para poder implementar los índices bióticos, es necesario realizar un inventario de las especies presentes en el lugar de estudio, de la manera más específica posible, esto actualiza los conocimientos taxonómicos y de composición sobre la fauna acuática, que en algunos grupos no se conocía. (Burillo 1997). Este tipo de estudios tienen la ventaja de ser complementarios en el futuro, generar nuevos datos y conocimientos de un ecosistema específico para que la evaluación sea más precisa.

Los índices bióticos son altamente especializados para un tipo particular de contaminación del agua, que normalmente es de origen orgánica. Cada uno de los índices está limitado al área geográfica en donde los organismos tolerantes fueron integrados de un ambiente a otro, pero, aun así, éstos pueden variar. Por otro lado, existen índices bióticos especializados para grupos taxonómicos específicos y para diferentes ecorregiones del mundo.

Entre los índices bióticos más conocidos a nivel mundial tenemos al Trent Biotic Index (TBI), el IB, el Biotic Score, el ABI y el BMWP. De la adaptación de este último a los organismos existentes en la Península Ibérica, resultó el Índice IBMWP (Alba-Tercedor & Sánchez-Ortega, 1998), siendo el más utilizado actualmente por su sencillez, precisión y eficacia.

El índice IBMWP, es el índice más usado en Portugal y España. Este índice resultó de la modificación de BMWP (Armitage 1983), conocido como IBMWP “Iberian Biomonitoring Working Party” (Alba-Tercedor & Sanchez-Ortega, 1998; (Alba-Tercedor, 1996), ABI (Ríos, y otros; 2009). A partir de estos índices se adaptó el Índice Biótico nPeBMWP para los ríos del norte del Perú. (Medina, y otros, 2010).

### **2.4.3. MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS**

Macroinvertebrados bentónicos en un sentido amplio son aquellos macroinvertebrados suficientemente grandes para ser vistos sin necesidad de usar aumentos. La gran mayoría de esos organismos son invertebrados y en los ambientes dulciacuícolas son el grupo más abundante y diverso (Hanson 2010).

Son los microorganismos más ampliamente usados como bioindicadores en la actualidad por diversas circunstancias (Resh, 2008) y que se pueden definir como aquellos microorganismos invertebrados habitantes, en algún momento de su ciclo vital, que habitan ecosistemas con ciertas condiciones ambientales (Guerrero , y otros, 2003). Los cambios en estas condiciones se reflejan en la estructura de sus comunidades debido a que estos responden a los cambios

ambientales más rápido que otros bioindicadores; los cuales pueden exhibir respuestas evidentes cuando ya es tarde para el manejo de conservación de cuencas (Wolfram, y otros, 2012)

El conocimiento de las características y abundancia de los organismos bentónicos en un sistema acuático es fundamental para relacionados con las condiciones del medio. Las comunidades de macroinvertebrados bentónicos en zonas tropicales son muy similares a las comunidades de zonas templadas. El grupo más grande de los macroinvertebrados bentónicos en aguas continentales son los insectos, los cuales son valiosos indicadores, considerados los más diversos en contraste con los peces e insectos terrestres (Thorne & Williams, 1997).

De todos los organismos que se encuentran dentro de un sistema acuático los macroinvertebrados bentónicos ofrecen ventajas para ser usados como indicadores de contaminación (Figuroa, y otros, 1999), (Figuroa, y otros, 2003), entre las que destacamos, según (Bonada, y otros, 2006):

- Tener una amplia distribución (geográfica y en diferentes tipos de ambientes).
- Una gran riqueza de especies con gran diversidad de respuestas a los gradientes ambientales.
- Ser en su mayoría sedentarios, lo que permite el análisis espacial de la contaminación.
- En otros casos, la posibilidad de utilizar su reacción de huida (deriva) como indicador de contaminación.
- En algunas especies, tener ciclos de vida largo porque integra los efectos de la contaminación en el tiempo.
- Poder ser muestreados de forma sencilla y barata.
- Una taxonomía en general bien conocida a nivel de familia y género.
- La sensibilidad bien conocida de muchos taxa a diferentes tipos de contaminación.
- El uso de muchas especies en estudios experimentales sobre los efectos de la contaminación.

Estos microorganismos comprenden un tamaño de dos a cinco milímetros, que habitan o pasan al menos parte de su ciclo de vida en los sustratos de fondo de los cuerpos de aguas continentales (Mugnai, y otros, 2010). Los principales grupos de invertebrados bentónicos son insectos, anélidos, moluscos y crustáceos (Tundisi & Matsumura-Tundisi, 2008).

El uso de macroinvertebrados bentónicos como indicadores ha creado en los últimos años una tradición para analizar la calidad biológica de las aguas y una forma alternativa a las metodologías tradicionales. En un artículo publicado por (Bonada, y otros, 2005) se hace mención y revisión de un listado de índices antes mencionados que se pueden utilizar para evaluar la calidad biológica para diferentes regiones.

Los métodos que consideran a los macroinvertebrados bentónicos para determinar la calidad de las aguas tienen su origen en los trabajos desarrollados por (Kolwitz & Marsson, 1909), quienes propusieron el Sistema Saprobiótico Continental, que sentó las bases para el desarrollo de nuevos índices o modificaciones, como: Trent Biotic Index (TBI), Biological Monitoring Party (BMWP), Belgium Biotic Index (BBI), The River Invertebrate Prediction and Classification System (RIVPACS) (Rosenberg, D; Resh, V, 1993).

La distribución de estos macroinvertebrados es influenciada por diversos factores ambientales (Barbola, y otros, 2011). Esta información se utiliza para entender factores que influyen la estructura de la comunidad de ríos (Hepp, y otros, 2010). Estos organismos son directamente afectados por la alteración en la composición natural de los sistemas acuáticos, que disminuyen o aumentan su población (Marques & Barbosa, 2001). La composición cualitativa de la fauna bentónica es un buen indicador de las condiciones ambientales de ríos y lagos, por ejemplo, en la composición del grupo Chironomidae, estos resisten a bajas concentraciones de oxígeno disuelto.

En grandes rasgos, los macroinvertebrados bentónicos permiten realizar un estudio rápido que refleja la situación de un ecosistema acuático e informa sobre las alteraciones. Estos artrópodos muestran una total eficacia en la

detección de puntos de alteración y cartografía de la calidad del agua, y además que su identificación no requiere de equipos costosos (Alba-Tercedor J. , 1996), (Salcedo, y otros, 2013).

Entre las familias más comunes en ríos y quebradas de America del Sur, tenemos según (Roldán, 1988).

- a) **Ephemeroptera:** Las ninfas de Ephemeroptera viven por lo regular en aguas corrientes, oxigenadas y bien limpias; sólo algunas especies parecen resistir cierto grado de contaminación. En general se consideran indicadores de buena calidad del agua. (Roldán 1988).
  
- b) **Plecoptera:** Las ninfas de los Plecóptera viven en aguas rápidas, bien oxigenadas, debajo de piedras, troncos, ramas y hojas. Se ha observado en ciertos casos que son especialmente abundantes en riachuelos con fondo pedregoso, de corrientes rápidas y muy limpias situadas alrededor de los 2000 m.s.n.m. Son, por tanto, indicadores de aguas muy limpias y oligotróficas. (Roldán 1988).
  
- c) **Trichoptera:** En los ambientes acuáticos especialmente ríos y quebradas, los Trichoptera juegan un papel importante, tanto en las cadenas alimentarias como el reciclaje de nutrientes. Por su gran diversidad y el hecho de que las larvas poseen distintos ámbitos de tolerancia y según la familia o el género al que pertenecen, son muy útiles como bioindicadores de calidad de agua y la salud del ecosistema. (Springer, y otros, 2007)
  
- d) **Coleoptera:** La mayoría de Coleoptera acuáticos viven en aguas continentales lólicas y lénticas. En las zonas lólicas los sustratos más representativos son troncos y hojas en descomposición, grava, piedras, arena y la vegetación sumergida y emergente. Las zonas más ricas son las aguas someras en donde la velocidad de la corriente no es fuerte, las aguas son limpias con concentraciones de oxígeno alto y temperaturas medias. (Roldán 1988).

- e) **Odonata:** Viven en pozos, pantanos, márgenes de lagos y corrientes lentas y poco profundas, por lo regular, rodeados de abundante vegetación acuática sumergida o emergente. Viven en aguas limpias o ligeramente eutrofizadas. (Roldán 1988).

## 2.5. DIVERSIDAD

El concepto de diversidad hace referencia a la variedad de especies que se presentan en una dimensión espacio-temporal definido, resultante de conjuntos de interacción entre especies que se integran en un proceso de selección, adaptación mutua y evolución, dentro de un marco histórico de variaciones medioambientales locales. En dicho marco, estas especies constituyen una estructura compleja, en la que cada elemento expresa una abundancia dependiente de los elementos restantes. (Magurran, 2004).

Los índices de diversidad de especies se definen como el número de éstas en una unidad de área; tiene dos componentes principales, la riqueza (número de especies) y la equitatividad (número de individuos de una sola especie) (Smith & Smith, 2001). Generalmente en las evaluaciones biológicas se usan índices de diversidad que responden a la riqueza de especies y a la distribución de los individuos entre las especies.

En la década de los años cincuenta comenzaron a utilizarse diferentes metodologías de evaluación de la calidad del agua y se propusieron métodos biológicos para evaluar las condiciones de las corrientes de agua. Al final de los años cincuenta y principio de los sesenta comenzó a discutirse el concepto de diversidad de especies basada en índices matemáticos derivados fundamentalmente de la teoría de la información para establecer una relación entre diversidad y calidad biológica. (Baddii, y otros, 2005).

## **2.6. ÍNDICES DE DIVERSIDAD**

Los índices de diversidad son expresiones matemáticas que usan tres componentes de la estructura de la comunidad: riqueza (número de especies presentes), equitatividad (uniformidad de la distribución de los individuos entre las especies) y abundancia (número total de organismos presentes), para describir la respuesta de una comunidad a la calidad de su ambiente.

La suposición del planteamiento de la diversidad es que los ambientes no alterados se caracterizan por tener una alta diversidad o riqueza, una distribución uniforme de individuos entre las especies y una moderada a alta cantidad de individuos. En ambientes contaminados con desechos orgánicos degradables, la comunidad generalmente responde con un descenso de la diversidad con pérdida de organismos sensibles, aumento en la abundancia de los organismos tolerantes las cuales ahora tienen una fuente enriquecida de alimentos, y por supuesto un descenso de la equitatividad. (Arce, 2006).

### **2.6.1. ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WEAVER**

Uno de los índices más utilizados para cuantificar la biodiversidad específica es el de Shannon, también conocido como Shannon-Weaver (Shannon & Weaver, 1949), derivado de la teoría de información como una medida de la entropía.

El índice de Shannon-Weaver está descrito para comunidades indefinidamente grandes que no pueden ser estudiadas en su totalidad por infraestructura, costos, tiempo, personal o imposibilidad misma y, por tal razón, su valor debe estimarse a partir de una muestra. Adicionalmente, no permite el cálculo de intervalos de confianza y con ello de pruebas de hipótesis (Magurran, 2004). Toma en cuenta tres componentes: la riqueza de especies, su abundancia y la equitabilidad. (Brower, y otros, 1997).

Aunque el uso de los índices de diversidad como método de bioindicación ha perdido importancia en las últimas décadas, debido a su incapacidad para diferenciar las interacciones biológicas y taxonómicas que existen entre las especies (Segnini, 2003), estos son utilizados puesto que aún no existen otros índices que los reemplacen.

Con la ayuda de este índice se determina que tan uniformemente están representadas las especies teniendo en cuenta el total de especies muestreadas, ayudando a cuantificar la diversidad específica en cada una de las unidades de muestreo basándose en la escala logarítmica (Villarreal, 2006).

El índice de Shannon-Weaver se define como:

$$H = - \sum_{i=1}^S \pi_i \ln \pi_i$$

En donde:

H' = índice de diversidad de Shannon-Weaver.

S = número de taxones o familias.

i = número de orden de los taxones.

Pi = indicador de abundancia relativa.

Ln = logaritmo natural.

### **2.6.2. ÍNDICE DE DIVERSIDAD Y DOMINANCIA DE SIMPSON**

Manifiesta la probabilidad de 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).

Como su valor es inverso a la equidad, la diversidad puede calcularse como 1-D (Lande, 1996). Este índice discrimina relativamente las especies poco abundantes y brinda mayor significación a las dominantes. Su rango de valores también varía entre 0 (menor dominancia) y 1 (mayor dominancia). (Moreno, 2001).

$D = (\sum P_i^2)$ ..... Dominancia

$1 - D = (1 - \sum P_i^2)$ .....Diversidad.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. MATERIALES**

##### **3.1.1. MATERIALES DE CAMPO**

- Botas.
- Guantes de látex descartable.
- Red Surber (300-500  $\mu\text{m}$ ).
- Batea blanca (20x30cm).
- Pinzas entomológicas.
- Botes de vidrio hermético.
- Bolígrafo o rotulador.
- Tijeras.
- Cinta aislante.
- Cámara digital.
- Etiquetas.
- Libreta de campo.
- GPS Garmin.

##### **3.1.2. MATERIALES DE LABORATORIO**

- Guantes.
- Mascarilla.
- Fregadero.
- Bateas blancas de plástico.
- Placas de Petri.
- Estereomicroscopio OLIMPO.
- Alcohol 70 %.
- Glicerina.
- Guías de identificación.

## **3.2. ÁREA DE ESTUDIO**

### **3.2.1. UBICACIÓN**

La quebrada de Miraflores es un cuerpo hídrico que está ubicado al suroeste del Distrito de Chirinos, en la Provincia de San Ignacio entre las Coordenadas: 17 M 800838 Este 9424704 Norte y 17 M 729335 Este 9421279 Norte, y una extensión de 10,4 kilómetros.

Tiene su origen en el Caserío La Tranca en el distrito de Chirinos, a una altitud de 1765 m.s.n.m. y su desembocadura en el río Chinchipe con una elevación de 544 m.s.n.m. A cinco kilómetros de su desembocadura, la quebrada tiene uso limítrofe entre los distritos de Chirinos y San Ignacio.

### **3.2.2. METODOLOGÍA GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN**

La presente investigación tuvo una etapa exploratoria llevada a cabo en el mes de noviembre del 2017, en la fase de elaboración del proyecto de investigación previa a su aprobación. Se establecieron cinco estaciones de muestreo, entre los 544 m.s.n.m. y 1765 m.s.n.m.

La elección y selección de las cinco estaciones de muestreo se realizó considerando la metodología propuesta por (Acosta, y otros, 2009), la cual considera niveles jerárquicos que evalúan condiciones ambientales y antrópicas, hidrología, tramo del cuerpo hídrico y lecho de río.

Las estaciones de muestreo se seleccionaron de acuerdo a los términos de altitud, distancia e influencia de la actividad antrópica y por la accesibilidad de los caminos rurales que permitieron el ingreso a los puntos de muestreo que fueron reconocidos previamente en la fase de exploración en un recorrido preliminar georreferenciados en UTM (Unities Translator Mercator), con un GPS (Geographical Possession Spatial) modelo Extrex Legend del sello GARMIN, utilizando finalmente 5 estaciones de muestreo a las que se denominaron: E-1, E-2, E-3, E-4 y E-5.

**Cuadro 1: Descripción espacial de las estaciones de muestreo.**

<b>Punto</b>	<b>Descripción</b>	<b>Elevación</b>	<b>Área</b>	<b>Este</b>	<b>Norte</b>
<b>E-1</b>	Estación 1	1457 m.s.n.m.	17 M	729507	9422048
<b>E-2</b>	Estación 2	1294 m.s.n.m.	17 M	730007	9422591
<b>E-3</b>	Estación 3	1108 m.s.n.m.	17 M	730633	9423605
<b>E-4</b>	Estación 4	822 m.s.n.m.	17 M	730137	9424941
<b>E-5</b>	Estación 5	550 m.s.n.m.	17 M	732709	9425633

### **3.2.1. DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE MUESTREO**

#### **a. Estación de muestreo E-1**

Esta estación está ubicada, al norte del caserío La Tranca, en sentido con la vía La Tranca-Indoamerica. Se ubica a una altitud de 1457 m.s.n.m., en este punto la quebrada tiene una anchura de 1.20 metros. La vegetación ribereña está conformada por pastos naturales y plantas arbustivas y está distribuida de forma continua. La actividad agrícola no está expandida, en general arboles madereros son las especies del sistema forestal dominante. El sustrato está conformado por grandes rocas, grava, arena y materia orgánica. Se realizaron tres repeticiones para la captura de macroinvertebrados. No se observó presencia de residuos sólidos ni riesgos antrópicos en el paisaje.

#### **b. Estación de muestreo E-2**

La estación de muestreo está ubicada aguas abajo de primera estación, próxima a un camino rural que conduce a plantaciones de café al otro lado de la Quebrada. Se encuentra a una elevación de 1294 m.s.n.m., tiene un ancho de 1. 13 metros El sustrato por lo general compuesto por materia orgánica, arena movediza y rocas. La agricultura está muy extendida a ambos márgenes de la quebrada. La vegetación está compuesta por plantaciones agrícolas como café, maíz, hiervas y arboles madereros. Se realizaron cuatro repeticiones para la captura de macroinvertebrados y se observó inadecuada disposición de residuos sólidos en baja proporción por lo general residuos de envases de productos utilizados para fertilización de

las tierras y restos de productos secundarios del café como aguas mieles y cáscaras.

**c. Estación de muestreo E-3**

Está ubicada agua abajo de la segunda estación, se encuentra a una altitud de 1108 m.s.n.m. con un ancho de 1.10 metros. El acceso es difícil debido a la accidentada geografía. En general las grandes rocas dominan la composición del lugar, haciendo que el movimiento de las aguas sea turbulento. Se realizaron cuatro repeticiones para la captura de macroinvertebrados. La vegetación está compuesta por arboles de origen natural, no existe intervención humana. No se observó mala disposición de residuos sólidos ni orgánicos.

**d. Estación de muestreo E-4**

Está ubicada en las proximidades del valle del Chinchipe, se eleva a una altitud de 822 m.s.n.m. Tiene un ancho de 2. 30 metros. La vegetación está compuesta por hierbas pequeñas, plantas arbustivas, agrícolas y poaceas en general. La intervención humana se acrecienta gracias a las oportunidades que brinda la geografía del lugar. Se realizaron tres repeticiones para la captura de macroinvertebrados. Cerca de esta estación se encuentran dos puntos de captura de agua que sirve para el regadío de las plantaciones ubicadas en la meseta. El sustrato está compuesto por arena, grava y en menor proporción por rocas movedizas. La actividad ganadera es predominante.

**e. Estación de muestreo E-5**

Esta estación está ubicada en zona de planicie cerca de la desembocadura de la quebrada en el río Chinchipe, exactamente al costado de la carretera 5-N, entre los poblados de Quiracas y Flor de la Frontera. Se eleva a 550 m.s.n.m. tiene una anchura de 3 metros. La vegetación riverena está conformada por plantas poaceas. Se realizaron tres repeticiones para la captura de macroinvertebrados. Arena y grava conforman la estructura del suelo haciéndolo útil para la agricultura que se encuentra desarrollada (arroz y plantas frutales). Se observó inadecuada disposición de residuos sólidos orgánicos en los alrededores.

### **3.2.2. FLUJO DE LA METODOLOGÍA GENERAL**

El flujo metodológico comprende siete etapas y son las siguientes:

- Revisión bibliográfica.
- Exploración: reconocimiento y selección de las estaciones de muestreo.
- Captura de los macroinvertebrados bentónicos.
- Identificación y conteo de los macroinvertebrados bentónicos en el laboratorio.
- Cálculo de la diversidad.
- Valoración según el índice para los ríos del norte del Perú nPeBMWP.
- Resultados.

### **3.2.3. MUESTREO DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS**

Para la colecta de macroinvertebrados, se exploraron cuidadosamente los hábitats posibles en cada estación de muestreo, esto incluye el sustrato de fondo (piedra, arena, lodo, restos de vegetación), macrófitas acuáticas (flotantes, emergentes y sumergidas), raíces sumergidas de árboles y sustratos artificiales (restos de basura que puedan estar presentes, diques). Para obtener resultados comparables, se cubrió un el diámetro de la quebrada y se realizó el muestreo durante una hora para cada estación.

Para determinar el índice biótico de calidad biológica de agua de la quebrada Miraflores, se procedió a la recolección de las muestras de macroinvertebrados bentónicos en las cinco estaciones muestreo establecidas, se empleó un método de recolección de tipo cuantitativo. La captura de macroinvertebrados se realizó en todos los microhábitats, con vegetación y sin ella, zonas de piedras, arenas, etc. y se inició aguas arriba partiendo de la estación cinco (E-5) en la desembocadura de la quebrada en el río Chinchipe a 544 m.s.n.m.

Para la recolección se utilizó una red surber de 300 um de diámetro de malla, mediante una red semitriangular “D-net” sujeta a un mango delgado de acero inoxidable. El marco se colocó sobre el fondo y en contra de la corriente y con las manos se removió el material del fondo, quedando atrapados los

organismos en la red calculando el tiempo establecido de una hora para determinar la densidad.

El contenido de cada redada, se vació, en una fuente de color blanco y posteriormente las muestras recolectadas se almacenaron en envases de vidrio herméticos de 500 ml., (rotulados para cada estación, con la fecha, número de estación y características secundarias) fijados en alcohol al 70 %, incluyendo en dos gotas de glicerina por cada litro de alcohol, posteriormente se trasladaron al laboratorio.

#### **3.2.4. TRATAMIENTO E IDENTIFICACIÓN**

Los especímenes capturados fueron identificados en el Laboratorio de Invertebrados de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Trujillo, se identificaron y contabilizaron los macroinvertebrados bentónicos colectados, mediante un estereoscopio OLIMPUS, ocular micrométrico.

El trabajo de laboratorio con las muestras recolectadas en campo se inició lavando la muestra y separando el material grueso, luego se seleccionó una determinada cantidad de sustrato en placas Petri y con un estereoscopio, se realizó la visualización de organismos teniendo en cuenta sus características para poder identificarlos y diferenciarlos taxonómicamente.

La identificación de macroinvertebrados bentónicos se realizó utilizando bibliografía especializada y la metodología adecuada para cada grupo llegando hasta la categoría de familia como resolución taxonómica menor. Se emplearon claves taxonómicas de (Roldan, 1996) y otras guías.

Se realizó la contabilización poblacional por familia de cada muestra, los organismos seleccionados fueron diferenciados en frascos viales de vidrio debidamente rotulados y finalmente una vez determinada la población se procedió a evaluar las muestras de acuerdo a los índices bióticos y de diversidad requeridos para la investigación.

El índice biótico para los ríos del norte del Perú, es un índice aditivo que va sumando puntos según el número de familias encontradas, cada una de las cuales tienen un valor numérico del 1 al 10, en donde el puntaje está en función a la sensibilidad de los macroinvertebrados bentónicos con la polución. El valor es más elevado cuando más intolerante es la familia a la contaminación (Alba-Tercedor & Sánchez-Ortega, 1998).

**Cuadro 2: Valores nPeBMWP por bloques de familias (Medina, 2010).**

Familias	Puntaje
Helicopsychidae, Calamoceratidae, Odontoceridae, Anomalopsychidae, Blepharoceridae, Polythoridae, Perlidae,	<b>10</b>
Gripopterygidae, Oligoneuridae, Leptophlebiidae, Athericidae, Ameletidae, Trycorythidae	
Leptoceridae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae, Hydrobiosidae, Philopotamidae, Gomphidae, Calopterygidae.	<b>8</b>
Glossosomatidae, Limnephilidae, Leptohiphidae.	<b>7</b>
Ancyliidae, Hydroptilidae, Hyalellidae, Aeshnidae, Libellulidae, Corydalidae, Coenagrionidae, Pseudothelphusidae (Decapoda).	<b>6</b>
Turbellaria, Hydropsychidae, Ptilodactylidae, Lampyridae, Psephenidae, Scirtidae (Helodidae), Elmidae, Dryopidae, Hydraenidae, Veliidae, Gerridae, Simuliidae, Corixidae, Notonectidae, Tipulidae, Naucoridae, Hydrochidae, Planaridae, Amphipoda.	<b>5</b>
Hydracarina, Baetidae, Pyralidae, Tabanidae, Belostomatidae, Limoniidae, Ceratopogonidae, Dixidae, Dolichopodidae, Stratiomidae, Empididae, Curculionidae.	<b>4</b>
Hirudinea, Ostracoda, Physidae, Hydrobiidae, Limnaeidae, Planorbidae, Sphaeriidae, Staphylinidae, Gyrinidae, Dytiscidae, Hydrophilidae, Psychodidae, Hydrometridae, Mesovellidae, Psychodidae.	<b>3</b>
Chironomidae, Culicidae, Muscidae, Ephydriidae, Gelastocoridae.	<b>2</b>
Oligochaeta, Syrphidae.	<b>1</b>

Para el cálculo general, el índice Biótico nPeBMWP establece los rangos de calidad basados en una diferenciación por colores, Cuadro 3. Los rangos de calidad establecidos por (Acosta, y otros, 2009). A partir de esos rangos se establece la interpretación y valoración general de cada estación de muestreo.

**Cuadro 3: Índice nPeBMWP, rangos de calidad (Acosta, y otros, 2009).**

<b>Calificación</b>	<b>Valores</b>	<b>Color</b>	<b>Calidad Biológica</b>
Aguas muy limpias	$\geq 100$	● Azul	Buena
Aguas con signos de estrés	61-100	● Verde	Aceptable
Aguas contaminadas	36-60	● Amarillo	Regular
Aguas muy contaminadas	16-35	● Naranja	Mala
Aguas extremadamente contaminadas	$\leq 15$	● Rojo	Pésima

Los parámetros comunitarios, se evaluaron utilizando una matriz de densidad (ind/1 hora de esfuerzo), abundancia relativa (%) de cada especie por cada estación de muestreo, analizándose también la diversidad según el índice de Shannon ( $H'$ ) y de diversidad y dominancia de Simpson.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las cinco estaciones de la quebrada Miraflores comprendida entre los 544 y 1765 m.s.n.m., se colectó a los macroinvertebrados bentónicos haciendo las repeticiones especificadas en cada estación de muestreo. El índice biótico utilizado fue el índice biótico para los ríos del norte del Perú (nPeBMWP) (Medina, y otros, 2010).

Para la composición taxonómica de los macroinvertebrados bentónicos totales se han encontrado 378 individuos repartidos en 4 clases, 9 órdenes (una no identificada) y 26 familias (25 determinadas y una morfoespecie no determinada). La clase Gastrópoda no fue identificada hasta el nivel taxonómico de familia debido a que el índice aplicado en la evaluación no lo contempla. La constitución general de los macroinvertebrados bentónicos identificados está compuesta por clase Insecta, con órdenes Hemiptera (2 fam.); Diptera (5 fam.); Coleoptera (4 fam.); Trichoptera (3 fam.); Plecoptera (1 fam.); Ephemeroptera (3 fam.); Hemiptera (2 fam.); Odonata (4 fam.); Megaloptera (1 fam.); la clase Gastropoda (1 fam.) no determinada; la clase Hexápoda (1 fam.) y la clase Malacostraca (1 fam.)

**Cuadro 4: Densidad (N° Ind/1 hora de esfuerzo) para los macroinvertebrados bentónicos capturados en la quebrada Miraflores.**

Clase	Orden	Familia	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5
	Hemiptera	Naucoridae	2		1	18	16
		Vellidae	3	3	2	5	3
		Tipulidae	2	3	1	3	
		Dolichopodidae	1	3			
		Simulidae	2	2		1	1
Diptera		Chironomidae	2	3		3	2
		Psychodidae					1
		Ptilodactylidae	10	3		3	1
		Elmidae	2				5

	Coleoptera	Scirtidae	5				
		Staphylinidae		1			
		Leptoceridae	1	5		1	
		Hydropsychidae	11			7	2
<b>Insecta</b>	Trichoptera	Hydrobiosidae			10		
	Plecoptera	Perlidae	15	21	7	11	13
		Baetidae	10	15	7	3	16
		Tricorythidae	2	4		7	12
	Ephemeroptera	Leptophelebiidae	2		1		
	Megaloptera	Corydalidae			1		2
		Polythoridae			3	1	
		Libellullidae		1	7	7	
	Odonata	Calopterygidae				6	
		Codeptiridae					3
<b>Malostraca</b>	Anfipoda	Gammaridae	33	12	1		3
<b>Hexapoda</b>	Odonata	Gomphidae			1		
<b>Gastropoda</b>	N.D	Morfoespecie					1
<b>Densidad: Ind/ 1 hora</b>			<b>103</b>	<b>76</b>	<b>41</b>	<b>76</b>	<b>81</b>

#### 4.1. EVALUACIÓN PORCENTUAL DE LA ABUNDANCIA

El número de individuos encontrados en cada una de las estaciones de muestreo fue variable, cuadro 5; E-2 y E-4 tienen el mismo número de individuos (76 ind.), a diferencia de E-1 que tiene el más alto número de individuos (103 ind.) seguida por E-5 con (81 ind.) y E-3 que tiene el menor número de individuos (41 ind.).

**Cuadro 5: Abundancia total por estaciones de muestreo.**

Abundancia ind/1 hora de esfuerzo	Estaciones de muestreo				
	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5
	<b>103</b>	<b>76</b>	<b>41</b>	<b>76</b>	<b>81</b>

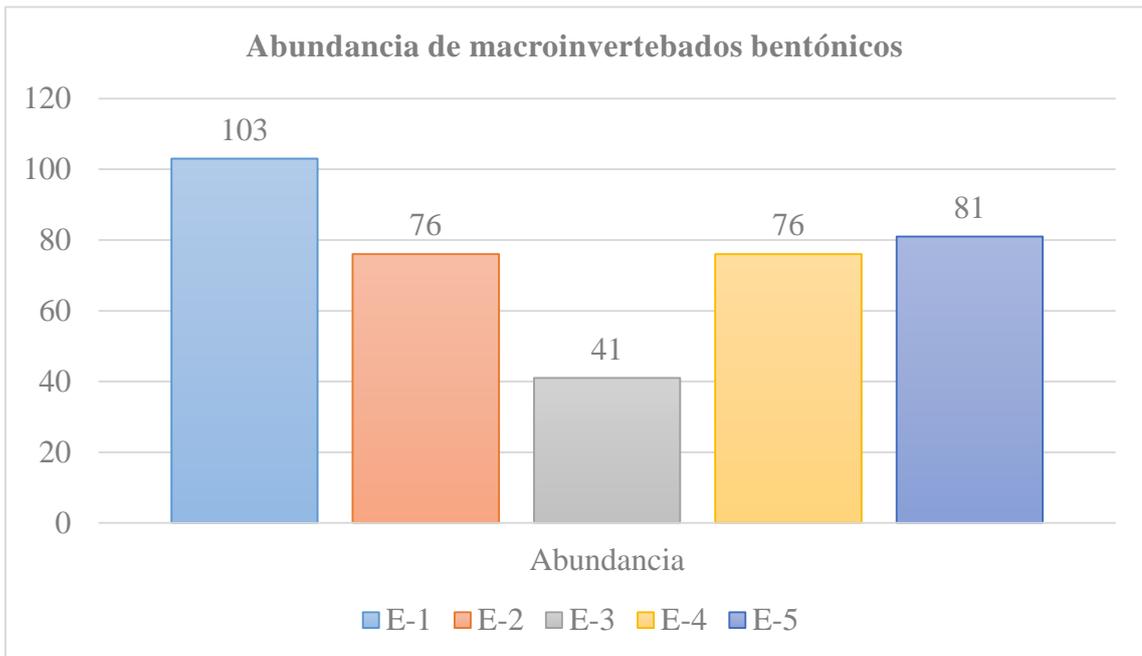


Figura 1: Abundancia de macroinvertebrados bentónicos por estación de muestreo. Unid (ind/ 1 hora por estación de muestreo).

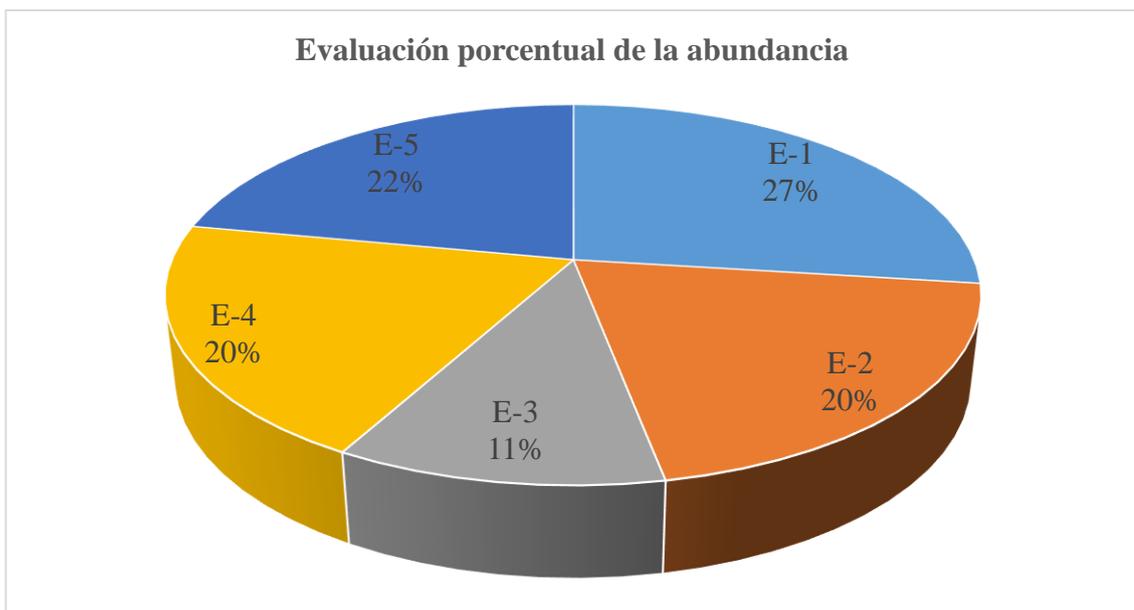


Figura 2: Porcentaje de la abundancia de macroinvertebrados bentónicos.

La evaluación porcentual al 100 % de la abundancia es variable. E-1, E-2, E-4 y E-5 tienen los porcentajes más elevados, mientras que E-3 es el mínimo. Figura 2.

#### 4.2. MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS COLECTADOS

El listado de macroinvertebrados bentónicos por cada estación de muestreo se presenta a continuación. La mayoría corresponden a estados inmaduros de insectos, principalmente pertenecientes a los órdenes Díptera, Coleoptera y Trichoptera.

Los valores de densidad por estación de muestreo (Ind/1 hora de esfuerzo) son presentados en el cuadro 4. La mayor densidad calculada corresponde a la estación. Esto indica presencia de macroinvertebrados en la quebrada y biodiversidad variable.

Para la estación de muestreo E-1, se registró una riqueza de 14 familias repartidas en 7 órdenes que corresponden a: Hemiptera, Diptera, Coleoptera, Trichoptera, Plecoptera, Ephemeroptera y Anfipoda, cuadro 6. Para esta estación se registró una densidad de 103 ind/ 1 hora de esfuerzo.

**Cuadro 6: Macroinvertebrados bentónicos colectados en la estación E-1.**

Clase	Orden	Familia	N° de especímenes
<b>Insecta</b>	Hemiptera	Naucoridae	2
		Vellidae	3
		Tipulidae	2
		Dolichopodidae	1
	Diptera	Simulidae	2
		Chironomidae	2
		Ptilodactylidae	10
	Coleoptera	Elmidae	2
		Scirtidae	5
		Leptoceridae	1
	Trichoptera	Hydropsychidae	11
	Plecoptera	Perlidae	15
		Baetidae	10

	Ephemeroptera	Leptophelebiidae	2
		Trycoritidae	2
<b>Malostraca</b>	Anfipoda	Gammaridae	33
<b>Total</b>			103

En la estación de muestreo E-2, se determinó una riqueza de 13 familias divididas en 8 órdenes que corresponden a: Diptera, Coleoptera, Ephemeroptera, Hemiptera, Plecoptera, Odonata, Trichoptera y Anfipoda. Cuadro 7. Para la estación E-2 se registró una densidad de 76 ind/ 1 hora de esfuerzo.

**Cuadro 7: Macroinvertebrados bentónicos colectados en la estación E-2.**

<b>Clase</b>	<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>N° de especímenes</b>
		Tipulidae	3
		Dolichopodidae	3
	Diptera	Chironomidae	3
		Simulidae	2
		Ptilodactylidae	3
	Coleoptera	Staphylinidae	1
		Baetidae	15
	Ephemeroptera	Tricorythidae	4
<b>Insecta</b>	Hemiptera	Vellidae	3
	Plecoptera	Perlidae	21
	Odonata	Libellullidae	1
	Trichoptera	Leptoceridae	5
<b>Malacostraca</b>	Anfipoda	Gammaridae	12
<b>Total</b>			76

La estación de muestreo E-3, se registró una riqueza de 11 familias repartidas en 8 órdenes correspondientes a: Hemiptera, Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Megaloptera, Diptera y Odonata, Cuadro 8. La densidad calculada para esta estación fue de 41 ind/ 1 hora de esfuerzo.

**Cuadro 8: Macroinvertebrados bentónicos colectados en la estación E-3**

<b>Clase</b>	<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>N° de especímenes</b>
		Naucoridae	1
	Hemiptera	Vellidae	2
		Leptophelebiidae	1
	Ephemeroptera	Baetidae	7
<b>Insecta</b>	Plecoptera	Perlidae	7
	Trichoptera	Hydrobiosidae	10
	Megaloptera	Corydalidae	1
	Diptera	Tipulidae	1
		Polythoridae	3
	Odonata	Libellullidae	7
<b>Hexapoda</b>	Odonata	Gomphidae	1
<b>Total</b>			41

Para la estación de muestreo E-4, se determinó una riqueza de 14 familias repartidas en 7 órdenes que corresponden a: Diptera, Odonata, Ephemeroptera, Trichoptera, Hemiptera, Coleoptera y Plecoptera, Cuadro 9. Se determinó una densidad de 76 ind/ 1 hora de esfuerzo.

**Cuadro 9: Macroinvertebrados bentónicos colectados en la estación E-4.**

<b>Clase</b>	<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>N° de especímenes</b>
		Tipullidae	3
	Diptera	Chironomidae	3
		Simulidae	1
		Libellullidae	7
	Odonata	Polythoridae	1
		Calopterygidae	6
		Baetidae	3
	Ephemeroptera	Tricorytidae	7
<b>Insecta</b>		Leptoceridae	1
	Trichoptera	Hydropsichidae	7
		Naucoridae	18

	Hemiptera	Vellidae	5
	Coleoptera	Ptilodactylidae	3
	Plecoptera	Perlidae	11
<b>Total</b>			<b>76</b>

La estación de muestre E-5, registró una riqueza de 16 familias repartidas en 8 órdenes: Ephemeroptera, Trichoptera, Hemiptera, Diptera, Coleoptera, Anfipoda, Plecoptera, Odonata, Megaloptera, además de una morfoespecie no identificada de la clase Gastropoda, Cuadro 10. La densidad arrojó 81 ind/ 1 hora de esfuerzo.

**Cuadro 10: Macroinvertebrados bentónicos colectados en la estación E-5.**

<b>Clase</b>	<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>N° de especímenes</b>
<b>Insecta</b>	Ephemeroptera	Baetidae	16
		Tricorythidae	12
		Hydropsichidae	2
		Naucoridae	16
	Hemiptera	Vellidae	3
		Chironomidae	2
	Diptera	Simulidae	1
		Psychodidae	1
		Elmidae	5
	Coleoptera	Ptilodactylidae	1
	Plecoptera	Perlidae	13
	Odonata	Codeptiridae	3
	Megaloptera	Corydalidae	2
<b>Malacostraca</b>	Anfipoda	Gammaridae	3
<b>Gastropoda</b>			1
<b>Total</b>			<b>81</b>

### 4.3. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA BIODIVERSIDAD

#### 4.3.1. ÍNDICE DE DIVERSIDAD DES HANNON-WEAVER (H')

Índice de diversidad de Shannon- Weaver para cada estación de muestreo. Evaluación de la diversidad específica a nivel de familia de los macroinvertebrados bentónicos colectados en el mes de agosto del 2018.

Los resultados que se presentan a continuación son las evaluaciones realizadas por estación como se observa en los siguientes cuadros y figuras. Los cálculos generales para cada estación se muestran en anexos.

**Cuadro 11: Evaluación general del índice de diversidad de Shannon-Weaver (H').**

Estación de Muestreo	H'
E-1	2.212582004
E-2	2.14872742
E-3	2.04108194
E-4	2.34061825
E-5	2.246552318

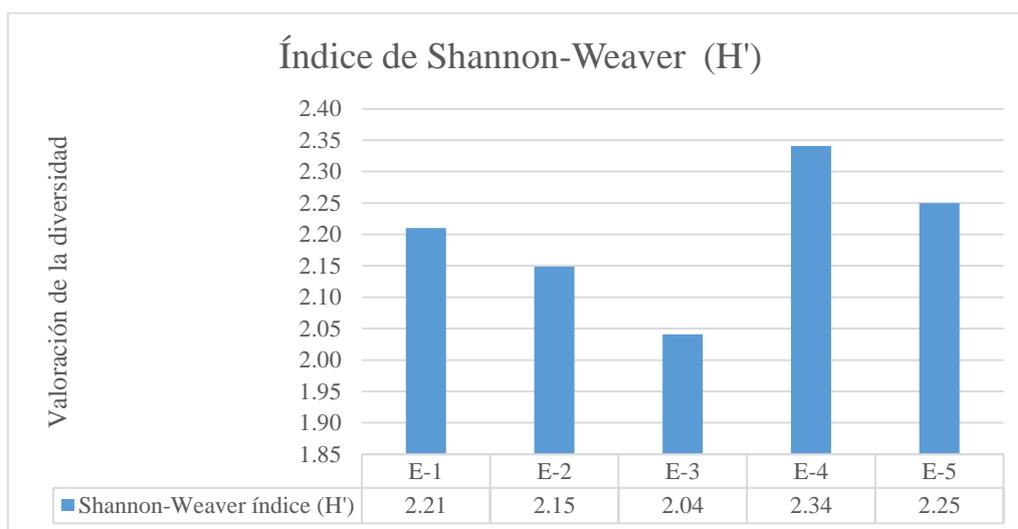


Figura 3: Resultados de las valoraciones para los rangos de diversidad según el índice de Shannon-Weaver para las cinco estaciones de muestreo.

**Cuadro 12: Rangos de diversidad de Shannon-Weaver. Comparación con los valores obtenidos por cada estación de muestreo.**

<b>Rangos de diversidad Shannon-Weaver</b>	<b>E-1</b>	<b>E-2</b>	<b>E-3</b>	<b>E-4</b>	<b>E-5</b>
<b>3.5 Alta diversidad</b>					
<b>1.5-3 Mediana diversidad</b>	2.21	2.15	2.04	2.34	2.25
<b>0-1.5 Poca diversidad</b>					

Para el análisis de resultados según el índice de Shannon-Weaver de las estaciones de muestreo, se obtuvieron valores en un rango 2.15 – 2.34. Los cálculos indican que la diversidad específica es uniforme con algunas variaciones en las estaciones E-3, E-1 y E-2 respecto a E4- y E-5; sin embargo, los valores obtenidos están en un rango que indica mediana diversidad.

#### **4.3.2. ÍNDICE DE DOMINANCIA Y DIVERSIDAD DE SIMPSON**

Los cálculos del índice de Simpson para cada estación de muestreo. Evaluación del índice de dominancia y diversidad de los macroinvertebrados bentónicos colectados en el mes de agosto del 2018.

Los resultados que se presentan a continuación son las evaluaciones realizadas por estación para los dos índices analizados como se observa en los siguientes cuadros y figuras. Los cálculos generales por cada estación de muestreo se detallan en anexos.

**Cuadro 13: Cálculo general del índice de dominancia (D) y diversidad (1-D) de Simpson.**

<b>Estación de muestreo</b>	<b>D</b>	<b>1-D</b>
<b>E-1</b>	0.166552299	0.833447701
<b>E-2</b>	0.15616343	0.843836565
<b>E-3</b>	0.15764426	0.842355741
<b>E-4</b>	0.11980609	0.880193906

<b>E-5</b>	0.120740941	0.879259059
<b>Promedio</b>	0.14572917	0.85427083

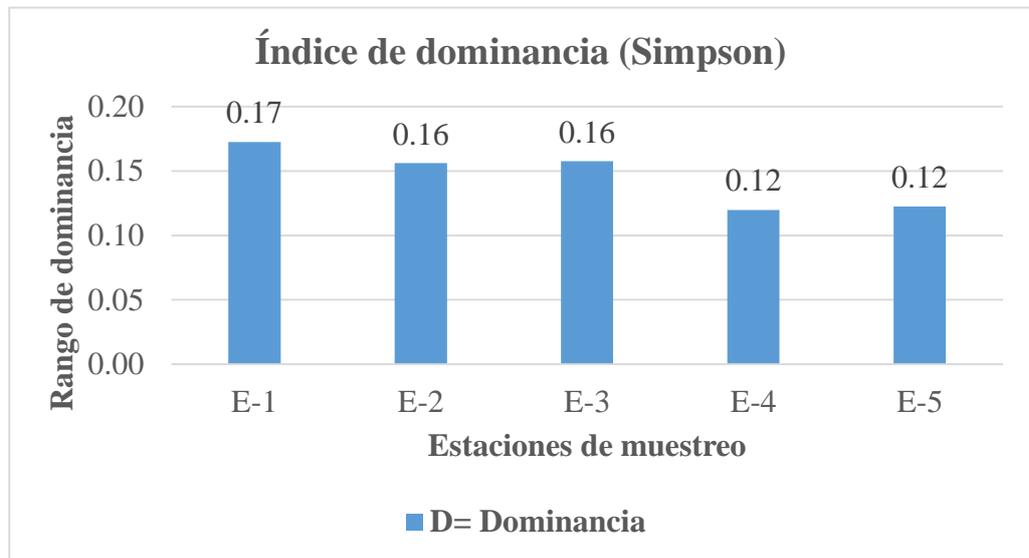


Figura 4: Valores para el Índice de dominancia de Simpson.

**Cuadro 14: Rangos de dominancia según Simpson. Comparación con los valores obtenidos en cada estación de muestreo.**

Rangos de dominancia (Simpson)	Estaciones de muestreo				
	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5
→ 1 (Alta dominancia)					
0 ← (Baja dominancia)	0.17	0.16	0.16	0.12	0.12

Según el índice de Simpson para dominancia de especies de macroinvertebrados bentónicos, se obtuvieron resultados en un rango de 0.12- 0.17, se puede diferenciar que la estación de muestreo que presentó mayor dominancia es E-1 con 0.17, seguida por E-2 y E-3 debido a que registraron valores de 0.16 con respecto a E-4 y E-5 que registran 0.12. Sin embargo, a nivel general la dominancia es baja ya que todos los valores tienden a aproximarse a cero, según los rasgos establecidos por (Moreno,

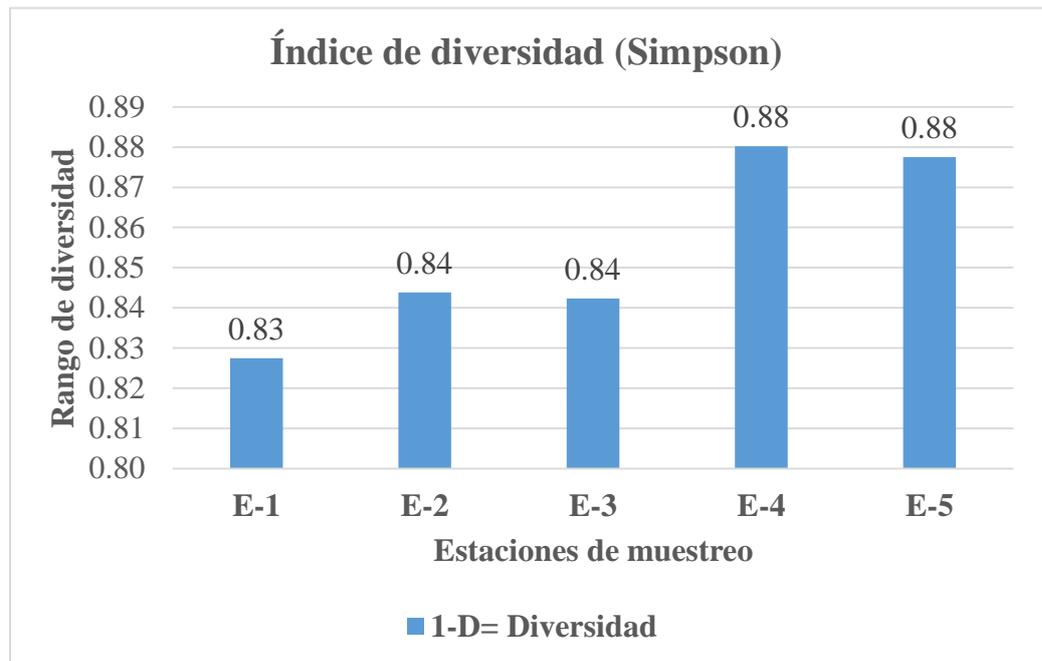


Figura 5: Valores para el índice de diversidad según Simpson.

2001).

**Cuadro 15: Rangos de diversidad según Simpson. Comparación con los valores obtenidos en cada estación de muestreo.**

Rangos de diversidad (Simpson)	Estaciones de muestreo				
	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5
→ 1 (Alta diversidad)	0.83	0.84	0.84	0.88	0.88
0 ← (Baja diversidad)					

El índice de diversidad de Simpson, obtuvo valores en el rango de 0.83 – 0.88 y valoró a E-4 y E-5 como las estaciones con mayor diversidad en comparación con E-1; E-2 y E-3 que tuvieron valores de 0.83 y 0.84 respectivamente. En general se obtuvieron valores que indican que las cinco estaciones de muestreo se encuentran con valores altos en diversidad, debido a que los valores que se registraron se aproximan a 1.

#### 4.4. CALIDAD BIOLÓGICA DE LA QUEBRADA MIRAFLORES

El cuadro 16 muestra las valoraciones atribuidas a las diferentes familias de macroinvertebrados bentónicos encontrados en la quebrada Miraflores en el distrito de Chirinos, San Ignacio, Cajamarca; en el mes de agosto de 2018. Estas puntuaciones se han tomado a partir del índice biótico para los ríos del norte del Perú (nPeBMWP); que es una modificación del Índice Andean Biotic Index (ABI) propuesto por (Ríos, y otros, 2009).

**Cuadro 16: Puntuación general asignada para las diferentes familias de macroinvertebrados bentónicos capturados en la quebrada Miraflores.**

Orden	Familia	Referencia Bibliográfica de la puntuación.	Puntuación asignada al nPeBMWP
<b>Hemiptera</b>	Naucoridae	5 (1), 3 (2)	5
	Vellidae	5 (1), 3 (2)	5
	Tipulidae	5 (1) (2) (4) (6), 4 (5), 3 (7)	5
	Dolichopodidae	4 (1) (5) (7)	4
	Simulidae	5 (1) (2) (4) (6), 4 (5), 8 (7)	5
<b>Diptera</b>	Chironomidae	2 (1) (3) (4) (5) (6) (7)	2
	Psychodidae	3 (1) 7(7)	3
	Ptilodactylidae	5 (9)	5
	Elmidae	5 (1) (2) (3) (5), 6 (6)	5
<b>Coleoptera</b>	Scirtidae	5 (1) 4(5) 7(7)	5
	Staphylinidae	3 (1), 4 (5) (7)	3
	Leptoceridae	8 (1) (5), 10 (6), 8(7)	8

<b>Trichoptera</b>	Hydropsychidae	5 (1) (5), 7 (7)	5
	Hydrobiosidae	7 (3), 8 (1), 10 (5)	8
<b>Plecoptera</b>	Perlidae	10 (1) (2) (3) (5) (6) (7)	10
	Baetidae	4 (1) (2) (3) (6), 5 (5), 7 (7)	4
<b>Ephemeroptera</b>	Tricorythidae	10 (9)	10
	Leptophelebiidae	10 (1) (2) (3), 8 (5), 9 (7)	10
<b>Megaloptera</b>	Corydalidae	6 (4), 6 (5) (7), 10 (3)	6
	Polythoridae	10 (1)	10
	Libellulidae	6 (1), 8 (2) (3)	6
<b>Odonata</b>	Calopterygidae	8 (1)	8
	Codeptiridae	5 (1)	5
<b>Anfipoda</b>	Gammaridae	6(1)	6
<b>Odonata</b>	Gomphidae	8 (1),	8
<b>N.D (Clase Gastropoda)</b>	Morfoespecie	3(1)	3

Las puntuaciones para la calidad biológica del agua de la quebrada Miraflores, en el distrito de Chirinos, San Ignacio, Cajamarca en el mes de agosto de 2018. El índice biótico nPeBMWP considera a la diversidad de taxa indicadores o familias funciona como un aditivo que va sumando en puntuación según el número de familias encontradas, cada una de las cuales tiene un valor numérico de 1 al 10, vinculándolo con su sensibilidad a la polución. El valor es más elevado cuando la familia es más intolerante a la contaminación.

**Cuadro 17: Puntuación general asignada por bloques a las familias de macroinvertebrados bentónicos capturados en la quebrada Miraflores.**

<b>Familias</b>	<b>Puntaje</b>
<b>Polythoridae, Perlidae, Trycorythidae</b>	10
<b>Leptoceridae, Polycentropodidae, Hydrobiosidae, Gomphidae, Calopterygidae.</b>	8
<b>Libellulidae, Corydalidae, Naucoridae</b>	6

<b>Hydropsychidae, Ptilodactylidae, Scirtidae, Elmidae, Veliidae, Simuliidae, Tipulidae, Naucoridae.</b>	5
<b>Baetidae, Dolichopodidae.</b>	4
<b>Staphylinidae, Psychodidae, Gastropoda (clase)</b>	3
<b>Chironomidae</b>	2

**Cuadro 18: Puntuación general (sumatoria de puntuaciones para cada estación) asignada según el Índice Biótico nPeBMWP.**

Clase	Orden	Familia	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5
<b>Insecta</b>	Hemiptera	Naucoridae	5		5	5	5
		Vellidae	5	5	5	5	5
		Tipulidae	5	5	5	5	
		Dolichopodidae	4	4			
		Simulidae	5	5		5	5
	Diptera	Chironomidae	2	2		2	2
		Psychodidae					3
		Ptilodactylidae	5	5		5	5
		Elmidae	5				5
		Scirtidae	5				
	Coleoptera	Staphylinidae		3			
		Leptoceridae	8	8			
		Hydropsychidae	5			5	5
		Hydrobiosidae			8		
	Plecoptera	Perlidae	10	10	10	10	10
		Baetidae	4	4	4	4	4
	Ephemeroptera	Tricorythidae	10	10		10	10
		Leptophelebiidae	10		10		
	Megaloptera	Corydalidae			6		6
		Polythoridae			10	10	
Odonata	Libellulidae		6	6	6		

		Calopterygidae				8
		Codeptiridae				5
<b>Malostraca</b>	Anfipoda	Gammaridae	6	6	6	6
<b>Hexapoda</b>	Odonata	Gomphidae				8
<b>Gastropoda</b>	N.D	Morfoespecie				3
<b>Indice Biótico nPeBMWP</b>			<b>94</b>	<b>73</b>	<b>83</b>	<b>80</b>
						<b>79</b>

Para el cálculo general según el índice nPeBMWP, los valores de las puntuaciones oscilan en un rango de 73-94; aguas de aceptable calidad según el índice biótico. Se registró un valor de 94 para la estación de muestreo E-1 que calificó como calidad de agua aceptable, seguida por la estación E-4 con 80; E-5 con 79, E-3 con 83 y E-2 con 73. En la clasificación de los rangos de calidad según el Índice Biótico nPeBMWP se puede apreciar que todas las estaciones se encuentran en un estándar verde, que significa calidad biológica aceptable y con signos de estrés.

**Cuadro 19: Valoración para las estaciones de muestreo según el Índice Biótico nPeBMWP y los rangos de calidad para los macroinvertebrados bentónicos capturados en la quebrada Miraflores.**

E-M	nPeBMWP	Calidad Biológica	Color	Calificación
E-1	94			
E-2	73			
E-3	75	Aceptable calidad	● Verde	Aguas con signos de estrés
E-4	80			
E-5	79			

## V. CONCLUSIONES

Según los resultados obtenidos en la presente investigación, se concluye lo siguiente:

- Se determinó que, en general, la calidad biológica del agua de la quebrada Miraflores está en un rango aceptable para todas las estaciones de muestreo. La estación de muestreo que presentó un mayor puntaje y mayor número de especímenes colectados, por ende, mejor calidad es E-1 que está ubicada en la naciente de la quebrada, esto se debe a que el ambiente no tiene intervención antrópica ni otras características que puedan generar un impacto negativo en la calidad biológica del agua. Las estaciones E-4, E-5 y E-3 presentan puntajes similares, siendo E-2 la estación que presenta una valoración menor, esto se refleja en las actividades antrópicas que se realizan en el entorno de estas estaciones.
- Se colectaron 378 individuos de macroinvertebrados bentónicos en las cinco estaciones de muestreo, los individuos se distribuyen en 4 clases, 10 órdenes, 25 familias y una familia morfoespecie no identificada (solo se identificó a nivel de clase). Según las experiencias de especialistas en trabajos realizados con macroinvertebrados bentónicos en la región, se ha identificado en la presente investigación la Clase Hexapoda, Orden Odonata, Familia Gomphidae como un nuevo taxón identificado dentro de la región Cajamarca. (Paredes, Ianaconne, & Alvariano, 2004)
- Para los índices de diversidad aplicados en la presente investigación se estableció en general que la E-4 es la estación de muestreo que presentó una comunidad más diversa de macroinvertebrados bentónicos, y se determinó que E-5, E-1, E-3, y E-2 presentaron una menor diversidad de macroinvertebrados bentónicos. Sin embargo,

se concluye que comparando los resultados de las cinco estaciones de muestreo la diversidad es uniforme y en los rangos de mediana y alta diversidad.

- En conclusión final, según los resultados obtenidos según el Índice Biótico nPeBMWP se categoriza al entorno de E-2 como la zona de mayor contaminación respecto a E-3, E-5, E-4 y E-1.

## VI. RECOMENDACIONES

- Se debe fomentar el uso de macroinvertebrados bentónicos, la aplicación y adaptación de los índices bióticos y de diversidad en los cuerpos hídricos de la región, para agregar nuevas familias y géneros presentes con la finalidad de crear un índice biótico auténticamente para Cajamarca, por el nivel taxonómico requerido (familia), el ahorro técnico en términos de identificación y bajo costo, logrando así conocer mejor los valores de sensibilidad y tolerancia de estos organismos a los diferentes niveles de contaminación.
- Los estudios basados en la bioindicación para determinar la calidad biológica de las aguas es un método amigable con el medio ambiente, significa que la extracción de estos microorganismos en general se reduce a una muestra representativa por estación de muestreo. Se recomienda generar un método que identifique taxonómicamente in situ a los macroinvertebrados capturados y no tener la necesidad de transportarlos a un laboratorio (se generaría una pérdida significativa y ocurriría un desequilibrio de la diversidad).
- La Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional de Jaén debe crear un área de gestión ambiental, biológica y ecológica para los ríos y quebradas de la región, que mejoren las condiciones ambientales (conocer mejor la realidad del agua y determinar si esta presenta cambios a lo largo del tiempo por causas naturales, por acción antrópica o por fuentes de contaminación) y determinar cómo estas condiciones influyen en el desarrollo de las comunidades acuáticas, logrando así crear una base de datos más completa.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta , C. (2001). Patrones de diversidad espacio-temporal de insectos acuáticos y caracterización limnológica en la quebrada Cantón, tributario del río Rímac (Huarochirí, Lima). *Repositorio UNALM. Tesis para optar el Título de Biólogo Facultad de Ciencias*, 110 p.
- 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. *Limnetica*, 29 pp.
- Alba -Tercedor, J., & Pujante, A. (2000). Running-water biomonitoring in Spain. Opportunities for a predictive approach. In: *Assessing the Biological Quality of Freshwater*.
- Alba-Tercedor, J. (1996). Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. *IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA)*, 10.
- Alba-Tercedor, J., & Sánchez-Ortega, A. (1998). Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). *Limnetica*, 5 pp. Pág 4.
- Alonso, A., & Camargo, J. (2005). Evaluating the effectiveness of five mineral artificial substrates for the sampling of benthic macroinvertebrates. *Journal of Freshwater Ecology*, 9.
- Anze, R., & Franken, M. (Junio de 2007). Bioindicadores en la detección de la contaminación atmosférica en Bolivia. *Revista virtual REDESMA*, 20.
- Arana, J. (2008). *Caracterización ecológica del río Santa Eulalia, Lima (Perú) mediante el uso de macroinvertebrados como indicadores biológicos*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

- Arce, O. (2006). *Indicadores biológicos de calidad del agua*. Cochabamba, Bolivia: Universidad Mayor de San Simón, Facultad de Ciencias y Tecnología, Programa de Maestría en Ingeniería Ambiental, 21 pp.
- Baddii, Z., Garza, C., Garza, A., & Landero, F. (2005). Los indicadores biológicos en la evaluación de la contaminación por agroquímicos en ecosistemas acuáticos asociados. *Cultura Científica y Tecnológica*, 16 pp.
- Barbola, I., Moraes, M., Anazawa, T., Nascimento, E., Sepka, E., Polegatto, C., Schulli, G. (2011). Avaliação da comunidade de macroinvertebrados aquáticos como ferramenta para o monitoramento de um reservatório na bacia do rio Pitangui. *Iheringia*, 8.
- Bonada, N., Rieradevall, M., Prat, N., & H. Resh, V. (2006). Benthic macroinvertebrate assemblages and macrohabitat connectivity in Mediterranean-climate streams of northern California. *Journal of the North American Benthological Society*, 10.
- Bonada, N., Zamora-Muñoz, C., Rieradevall, M., & Prat, N. (2005). Ecological and historical filters constraining spatial caddisfly distribution in Mediterranean rivers. *Freshwater Biology*, 19 pp.
- Brower, J., Zar, J., & Von Ende, C. (1997). *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. Boston (MA), United States of America: WCB / McGraw-Hill, 273 pp.
- Castellanos, P., & 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*, 7 pp.
- Chapman, D. (1992). *Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring*. (D. Chapman, Ed.) Londres: Behalf of WHO by F & FN Spon, 626 pp.
- Cordova, S., Gaete, H., Aránguiz, F., & Figueroa, R. (2009). Evaluación de la calidad de las aguas del estero Limache (Chile central), mediante bioindicadores y bioensayos. *Latin american journal of aquatic research*, 11 pp.
- D.O.C.E. (2000). *Se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas*. Unión Europea. Diario oficial de las comunidades Europeas, 51 pp.

- Dohet, A., Dolisy, D., Hoffmann, L., & Dufrêne, M. (2002). Identification of bioindicator species among Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera in a survey of streams belonging to the rhithral classification in the Grand Duchy of Luxembourg. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung*, 6 pp.
- Durance, I., & Ormerod, S. (2007). Climate change effects on upland stream macroinvertebrates over a 25-year period. *Global Change Biology*, 16 pp.
- Encalada, A., Rieradevall, M., Ríos-Touma, B., García, N., & Prat, N. (2011). Protocolo simplificado para la evaluación de la calidad ecológica de los ríos altoandinos. (CERAS) USFQ, UB, AECID, FONAG, 83 pp.
- Figueroa, R., Araya, E., & Valdovinos, C. (2003). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad de agua de ríos del sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 10 pp.
- Figueroa, R., Araya, E., Parra, O., & Valdovinos, C. (1999). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua. *Resúmenes Sexta Jornada del Comité Chileno para el Programa Hidrológico Internacional - CONAPHI, EULA, Concepción, Chile.*, 24 pp.
- Gallegos, S. (2013). Effect of riparian vegetation cover and season on aquatic macroinvertebrate assemblages in the Ecuadorian Andes. *Tesis de Maestría. Universidad Noruega de Ciencias de la Vida*, 44 pp.
- Gómez, M., Fernández, L., & Kehr, A. (2012). Coleópteros acuáticos de lagunas situadas en el noroeste de la provincia de Corrientes, Argentina. *Revista de la sociedad entomológica argentina*, 14 pp.
- González, V., Caicedo, O., & Aguirre, N. (2013). Aplicación de los índices de calidad de agua NSF, DINIUS y BMWP en la quebrada La Ayurá, Antioquia, Colombia. *Gestión y Ambiente*, 11 pp.
- Guerrero, B., Manjarréz, H., & Núñez, P. (2003). Los macroinvertebrados bentónicos de Pozo Azul (cuenca del río Gaira, Colombia) y su relación con la calidad del agua. *Acta Biológica Colombiana* 8: 43-54, 11 pp.

- Guimaraes-Souto, R., Facure, K., Pavanin, L., & Jacobucci, G. (2011). Influence of environmental factors on benthic macroinvertebrate communities of urban streams in Vereda habitats, Central Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 13 pp.
- Gutierrez, J., Riss, H., & Ospina, R. (2004). Bioindicación de la calidad del agua con macroinvertebrados acuáticos en la sabana de Bogotá, utilizando redes neuronales artificiales. *Caldasia*, 10 pp.
- Hepp, L., Milesi, S., Bias, C., & Restello, R. (2010). Effects of agricultural and urban impacts on macroinvertebrates assemblages in streams (Rio Grande do Sul, Brazil). *ZOOLOGIA* 27, 8 pp.
- Huamán, P., Mariano, M., Chanco, M., & Montoya, H. (2002). Estructura del macrobentos de la laguna de Paca, Junín. *Revista Peruana de Biología*, 36 p.
- Iannacone, J., Mansilla, J., & Ventura, K. (2003). Macroinvertebrados de las lagunas de Puerto Viejo, Lima -Perú. *Ecología Aplicada*, 8 pp.
- Isasi-Catalá, E. (2011). Los conceptos de especies indicadoras, paraguas, banderas y claves: su uso y abuso en ecología de conservación. *Interciencia*, 7 pp.
- Kolwitz, R., & Marsson, M. (1909). Ecology of animal saprobia In: Biology of water pollution (Eds) L.E. Keup, W.M. Ingram, K.M. Mackenthun, U.S.D.I., Fed. Water Pollut Control. *Cincinnati*, 5 pp.
- Lande, R. (1996). Statistics and partitioning of species diversity, and similarity among multiple communities. *Oikos*, 76: 5-13, 8 pp.
- Loayza-Muro, R., Maticorena-Ruiz, J., Palomino, E., Merritt, C., De Batt, M., & Van Gemert, M. (2013). Persistence of chironomids in metal polluted Andean high altitude streams: does melanin play a role? *Environmental Science and Technology*, 6 pp.
- Magurran, A. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. New Jersey: Princeton University Press. 178 pp.
- Magurran, A. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Oxford, U.K: Blackwell Science, Ltd. 256 pp.

- Marques, M., & Barbosa, F. (2001). Biological quality of waters from an impacted tropical watershed (middle Rio Doce basin, southeast Brazil), using benthic macroinvertebrate communities as an indicator. *Hydrobiologia*, 7 pp.
- Medina, C., Hora, M., Asencio, I., Pereda, W., & Gabriel, R. (2010). El índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), modificado y adaptado a tres microcuencas del Alto Chicama. La Libertad, Perú. 2008. *Universidad Nacional de Trujillo. Facultad de Ciencias Biológicas*, 15 pp.
- Metcalfé, J. (1989). Biological quality water assessment of running water based on macroinvertebrates communities : History and present status in Europe. *Environmental Pollution*, 38 pp.
- Molina, C., Gibon, F., Pinto, J., & Rosales, C. (2008). Estructura de macroinvertebrados acuáticos en un río altoandino de la Cordillera Real, Bolivia: Variación anual y longitudinal en relación a factores ambientales. *Ecología Aplicada*, 11 pp.
- Morais, M., Pinto, P., Guilherme, P., Rosado, J., & Antunes, I. (2004). Assessment of temporary streams: the robustness of metric and multimetric indices under different hydrological conditions. *Hydrobiology*, 20 pp.
- Moreno, C. (2001). *Manual para Evaluación de la Biodiversidad en Reservas de la Biosfera: Manuales y Tesis*. Madrid: SEA 2 ED. GORFL, S.A. Pág.1- 110.
- Mugnai, R., Nessimian, J., & Baptista, D. (2010). *Manual de Identificação de Macroinvertebrados Aquáticos do Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: Technical Books 174 pp.
- Naiman, R., Bisson, P., Lee, R., & Turner, M. (1998). River ecology and management: Lessons from the Pacific Coastal Ecoregion. *Watershed Management*, 20 pp.
- Oscóz, J., Goma, J., Ector, L., Cambra, J., Pardos, M., & Durán, C. (2007). Estudio comparativo del estado ecológico de los ríos de la cuenca del Ebro mediante macroinvertebrados y diatomeas. *Limnética*, 16 pp.
- Paredes, C. (2005). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológico de la calidad del agua en el río Rímac, Lima, Perú. *Revista Colombiana de Entomología*, 6 pp.

- Paredes, C., Ianaconne, J., & Alvarino, L. (2004). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos de la calidad de agua en dos ríos de Cajamarca y Amazonas, Perú. *Revista Peruana de Entomología*, 18 pp.
- Pérez, A., & Rodríguez, A. (2008). Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación. *Biología Tropical*, 14 pp.
- Pérez, B., & Segnini, S. (2005). Variación espacial de la composición y diversidad de géneros de Ephemeroptera (Insecta) en un río tropical altiandino. *Sociedad Venezolana de Entomología. ENTOMOTROPICA*, 9 pp.
- Pond, G., Bailey, J., Lowman, B., & Whitman, M. (2013). Calibration and validation of a regionally and seasonally stratified macroinvertebrate index for West Virginia wadeable streams. *Environ Monit Assess*, 25 pp.
- Prat, N., Ríos, B., Acosta, R., & Rieradevall, M. (2009). Los macroinvertebrados como indicadores de la calidad de las aguas. *Sistemática y biología. Fundación Miguel Lillo, Tucuman, Argentina*. 654 pp.
- Resh, V. (2008). Which group is best? Attributes of different biological assemblages used in freshwater biomonitoring programs. *Environmental Monitoring and Assessment*, 7 pp.
- Ribiera, I., & Foster, G. (1997). Functional types of diving beetle (Coleoptera:Hygrobiidae and Dytiscidae), as identified by comparative swimming behaviour. *Biological Journal of the Linnean Society*, 21pp.
- Ríos, B., Acosta, R., & Prat, N. (2006). JNABS. *Prensa*.
- Ríos, B., Prat, N., Acosta, R., & Rierandevall, M. (2009). Protocolo para determinar el estado ecológico de los ríos Andinos. CERA Calidad Ecológica de los Ríos Andinos. *Prensa*, 273 pp.
- Ríos-Touma, B., Encalada, A., & Prat, N. (2011). Macroinvertebrate assemblages of an Andean high altitude tropical stream: the importance of season and flow. *International Review of Hydrobiology*, 18 pp.
- Roldán, G. (1988.). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. Bogotá.: Universidad de Antioquia. 216 pp

- Roldán, G. (1996). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. Medellín: Fondo Fen. Colciencias. Universidad de Antioquia, 217 pp.
- Rosenberg, D; Resh, V. (1993). *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. New York: Chapman & Hall, Nueva York. 488 pp.
- Salcedo, S., Artica, L., & Andrea, F. (2013). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad de agua en la microcuenca San Alberto, Oxapampa, Perú. . *Apuntes de ciencia & sociedad*, 16 pp.
- Segnini, S. (2003). El uso de macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la codicion ecológica de los cuerpos de agua corriente. *Entrópicos*, 18 pp.
- Shannon, C., & Weaver, W. (1949). *The mathematical theory of communication*. Urbana: University of Illinois Press, 132 pp
- Simpson, E. (1949). Measurement of diversity. *Nature*, 688 pp.
- Smith, R., & Smith, T. (2001). *Ecología, 4a Edición*. Madrid, España: Addison Wesley, 642 pp.
- Springer, M. (2010). Biomonitorio acuático. *Revista de Biología Tropical*, 6 pp.
- Springer, M., Vázquez, D., Castro, A., & Kohlmann, B. (2007). Bioindicadores de la calidad del agua. Guía de campo. *Universidad EARTH, Guácimo, Costa Rica.*, 6 pp.
- Thorne, R., & Williams, P. (1997). The response of benthic macroinvertebrates to pollution in developing countries: a multimetric system of bioassessment. *Freshwater Biology*, 15 pp.
- Torralba , A., & Ocharán, F. (2007). Composición biogeográfica de la fauna de libélulas (Odonata) de la Península Ibérica, con especial referencia a la aragonesa. *de la Península Ibérica, con especial referencia a la aragonesa*, 9 pp.
- Tundisi, J., & Matsumura-Tundisi, T. (2008). *Limnología*. Sao Paulo, Brazil: Oficina de Textos, 632 pp.
- Vásconez, J., Remache, G., Cuesta, F., Terneus, E., Peralvo, M., & Ríos, B. (2002). Caracterización de ecosistemas acuáticos a través de variables abióticas de la

- vertiente oriental de la Reserva Ecológica Cayambe-Coca, Ecuador. *Fundación AGUA, The Nature Conservancy, Fundación EcoCiencia*. Quito, Ecuador. 41 pp.
- Villamarín, C., Prat, N., & Rieradevall, M. (2014). Caracterización física, química e hidromorfológica de los ríos altoandinos tropicales de Ecuador y Perú. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 14 pp.
- Villarreal, H. (2006). *Manual de Métodos para el Desarrollo de Inventarios de Biodiversidad*. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 236 PP.
- Walteros, J., & Paiba, J. (2010). Estudio preliminar de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la Reserva Forestal Torre Cuatro. *Boletín Científico del Museo de Historia Natural*, 12 pp.
- Wolfram, G., Höss, S., Orendt, C., Schmitt, C., Adámek, Z., Bandow, N., . . . De Deckere, E. (2012). Assessing the impact of chemical pollution on benthic invertebrates from three different European rivers using a weight-of-evidence approach. *Science of the Total Environment* 438: 498–509, 11 pp.
- Zuñiga, M., Rojas, A., & Caicedo, G. (1997). Indicadores Ambientales de calidad de agua en la cuenca del río Cuca. *Revista Asociación de Ingenieros Sanitarios de Antioquia*, 11, pp.

## VIII. ANEXOS

**Anexo 1: Cálculo general de la diversidad de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos según los índices de Shannon-Weaver y Simpson.**

**Cuadro 1: Cálculo del Índice de Diversidad de Shannon-Weaver para E-1.**

Taxón	ni	Π	Ln π	π Ln π
Naucoridae	2	0.019417476	-3.941581808	-0.076535569
Vellidae	3	0.029126214	-3.5361167	-0.10299369
Tipulidae	2	0.019417476	-3.941581808	-0.076535569
Dolichopodidae	1	0.009708738	-4.634728988	-0.044997369
Simulidae	2	0.019417476	-3.941581808	-0.076535569
Chironomidae	2	0.019417476	-3.941581808	-0.076535569
Ptilodactylidae	10	0.097087379	-2.332143895	-0.226421737
Elmidae	2	0.019417476	-3.941581808	-0.076535569
Scirtidae	5	0.048543689	-3.025291076	-0.14685879
Leptoceridae	1	0.009708738	-4.634728988	-0.044997369
Hydropsychidae	11	0.106796117	-2.236833715	-0.238885154
Perlidae	15	0.145631068	-1.926678787	-0.280584289
Baetidae	10	0.097087379	-2.332143895	-0.226421737
Leptophelebiidae	2	0.019417476	-3.941581808	-0.076535569
Trycoritidae	2	0.019417476	-3.941581808	-0.076535569
Gammaridae	33	0.32038835	-1.138221427	-0.364672884
<b>Σ Total Individuos (n)</b>	<b>103</b>			
			<b>H'</b>	<b>-2.212582004</b> <b>2.212582004</b>

**Cuadro 2: Cálculo del Índice de Diversidad de Shannon-Weaver para E-2.**

Taxón	ni	Π	Ln π	π Ln π
Tipulidae	3	0.039473684	-3.232121052	-0.127583726
Dolichopodidae	3	0.039473684	-3.232121052	-0.127583726
Chironomidae	3	0.039473684	-3.232121052	-0.127583726
Simulidae	2	0.026315789	-3.63758616	-0.095725952
Ptilodactylidae	3	0.039473684	-3.232121052	-0.127583726
Staphylinidae	1	0.013157895	-4.33073334	-0.056983333
Baetidae	15	0.197368421	-1.622683139	-0.320266409
Tricorythidae	4	0.052631579	-2.944438979	-0.154970473
Vellidae	3	0.039473684	-3.232121052	-0.127583726
Perlidae	21	0.276315789	-1.286210903	-0.355400381
Libellulidae	1	0.013157895	-4.33073334	-0.056983333
Leptoceridae	5	0.065789474	-2.721295428	-0.179032594
Gammaridae	12	0.157894737	-1.84582669	-0.29144632
<b>Σ Total Individuos (n)</b>	<b>76</b>			
			<b>H'</b>	<b>-2.148727423</b> <b>2.148727423</b>

**Cuadro 3: Cálculo del Índice de Diversidad de Shannon-Weaver para E-3.**

<b>Taxón</b>	<b>ni</b>	<b><math>\pi</math></b>	<b><math>\text{Ln } \pi</math></b>	<b><math>\pi \text{ Ln } \pi</math></b>
<b>Naucoridae</b>	1	0.024390244	-3.713572067	-0.090574928
<b>Vellidae</b>	2	0.048780488	-3.020424886	-0.147337799
<b>Leptophelebiidae</b>	1	0.024390244	-3.713572067	-0.090574928
<b>Baetidae</b>	7	0.170731707	-1.767661918	-0.301795937
<b>Perlidae</b>	7	0.170731707	-1.767661918	-0.301795937
<b>Hydrobiosidae</b>	10	0.243902439	-1.410986974	-0.344143164
<b>Corydalidae</b>	1	0.024390244	-3.713572067	-0.090574928
<b>Tipulidae</b>	1	0.024390244	-3.713572067	-0.090574928
<b>Polythoridae</b>	3	0.073170732	-2.614959778	-0.19133852
<b>Libellullidae</b>	7	0.170731707	-1.767661918	-0.301795937
<b>Gomphidae</b>	1	0.024390244	-3.713572067	-0.090574928
<b><math>\Sigma</math> Total</b>	<b>41</b>			
<b>Individuos (n)</b>				
			<b>H'</b>	<b>-2.041081938</b>
				<b>2.041081938</b>

**Cuadro 4: Cálculo del Índice de Diversidad de Shannon-Weaver para E-4.**

<b>Taxón</b>	<b>Ni</b>	<b><math>\Pi</math></b>	<b><math>\text{Ln } \pi</math></b>	<b><math>\pi \text{ Ln } \pi</math></b>
<b>Tipullidae</b>	3	0.039473684	-3.232121052	-0.127583726
<b>Chironomidae</b>	3	0.039473684	-3.232121052	-0.127583726
<b>Simulidae</b>	1	0.013157895	-4.330733334	-0.056983333
<b>Libellullidae</b>	7	0.092105263	-2.384823191	-0.219654768
<b>Polythoridae</b>	1	0.013157895	-4.330733334	-0.056983333
<b>Calopterygidae</b>	6	0.078947368	-2.538973871	-0.200445306
<b>Baetidae</b>	3	0.039473684	-3.232121052	-0.127583726
<b>Tricorytidae</b>	7	0.092105263	-2.384823191	-0.219654768
<b>Leptoceridae</b>	1	0.013157895	-4.330733334	-0.056983333
<b>Hydropsichidae</b>	7	0.092105263	-2.384823191	-0.219654768
<b>Naucoridae</b>	18	0.236842105	-1.440361582	-0.34113827
<b>Vellidae</b>	5	0.065789474	-2.721295428	-0.179032594
<b>Ptilodactylidae</b>	3	0.039473684	-3.232121052	-0.127583726
<b>Perlidae</b>	11	0.144736842	-1.932838067	-0.279752878
<b><math>\Sigma</math> Total</b>	<b>76</b>			
<b>Individuos (n)</b>				
			<b>H'</b>	<b>-2.340618253</b>
				<b>2.340618253</b>

**Cuadro 5: Cálculo del Índice de Diversidad de Shannon-Weaver para E-5.**

<b>Taxón</b>	<b>ni</b>	<b><math>\pi</math></b>	<b><math>\ln \pi</math></b>	<b><math>\pi \ln \pi</math></b>
Baetidae	16	0.197530864	-1.621860432	-0.320367493
Tricorythidae	12	0.148148148	-1.909542505	-0.282895186
Hydropsichidae	2	0.024691358	-3.701301974	-0.091390172
Naucoridae	16	0.197530864	-1.621860432	-0.320367493
Vellidae	3	0.037037037	-3.295836866	-0.122068032
Chironomidae	2	0.024691358	-3.701301974	-0.091390172
Simulidae	1	0.012345679	-4.394449155	-0.054252459
Psychodidae	1	0.012345679	-4.394449155	-0.054252459
Elmidae	5	0.061728395	-2.785011242	-0.171914274
Ptilodactylidae	1	0.012345679	-4.394449155	-0.054252459
Gammaridae	3	0.037037037	-3.295836866	-0.122068032
Perlidae	13	0.160493827	-1.829499797	-0.293623424
Codeptiridae	3	0.037037037	-3.295836866	-0.122068032
Corydalidae	2	0.024691358	-3.701301974	-0.091390172
Gastropoda (clase)	1	0.012345679	-4.394449155	-0.054252459
<b><math>\Sigma</math> Total Individuos (n)</b>	<b>81</b>			
			<b>H'</b>	<b>-2.246552318</b> <b>2.246552318</b>

**Cuadro 6: Cálculo del índice de dominancia y diversidad de Simpson para E-1.**

<b>Taxón</b>	<b>Ni</b>	<b><math>\pi</math> (Abundancia relativa)</b>	<b><math>\pi^2</math></b>
Naucoridae	2	0.019417476	0.000377038
Vellidae	3	0.029126214	0.000848336
Tipulidae	2	0.019417476	0.000377038
Dolichopodidae	1	0.009708738	9.42596E-05
Simulidae	2	0.019417476	0.000377038
Chironomidae	2	0.019417476	0.000377038
Ptilodactylidae	10	0.097087379	0.009425959
Elmidae	2	0.019417476	0.000377038
Scirtidae	5	0.048543689	0.00235649
Leptoceridae	1	0.009708738	9.42596E-05
Hydropsychidae	11	0.106796117	0.011405411
Perlidae	15	0.145631068	0.021208408
Baetidae	10	0.097087379	0.009425959
Leptophelebiidae	2	0.019417476	0.000377038
Trycoritidae	2	0.019417476	0.000377038
Gammaridae	33	0.32038835	0.102648695

<b>Σ Total Individuos</b>	<b>103</b>	<b>D</b>	<b>0.160147045</b>
		<b>1-D</b>	<b>0.839852955</b>

**Cuadro 7: Cálculo del índice de dominancia y diversidad de Simpson para E-2.**

<b>Taxón</b>	<b>ni</b>	<b>π (Abundancia relativa)</b>	<b>π<sup>2</sup></b>
Tipulidae	3	0.039473684	0.001558172
Dolichopodidae	3	0.039473684	0.001558172
Chironomidae	3	0.039473684	0.001558172
Simulidae	2	0.026315789	0.000692521
Ptilodactylidae	3	0.039473684	0.001558172
Staphylinidae	1	0.013157895	0.00017313
Baetidae	15	0.197368421	0.038954294
Tricorythidae	4	0.052631579	0.002770083
Vellidae	3	0.039473684	0.001558172
Perlidae	21	0.276315789	0.076350416
Libellulidae	1	0.013157895	0.00017313
Leptoceridae	5	0.065789474	0.004328255
Gammaridae	12	0.157894737	0.024930748
<b>Σ Total Individuos</b>	<b>76</b>		
		<b>D</b>	<b>0.156163435</b>
		<b>1-D</b>	<b>0.843836565</b>

**Cuadro 8: Cálculo del índice de dominancia y diversidad de Simpson para E-3.**

<b>Taxón</b>	<b>Ni</b>	<b>π (Abundancia relativa)</b>	<b>π<sup>2</sup></b>
Naucoridae	1	0.024390244	0.000594884
Vellidae	2	0.048780488	0.002379536
Leptophelebiidae	1	0.024390244	0.000594884
Baetidae	7	0.170731707	0.029149316
Perlidae	7	0.170731707	0.029149316
Hydrobiosidae	10	0.243902439	0.0594884
Corydalidae	1	0.024390244	0.000594884
Tipulidae	1	0.024390244	0.000594884
Polythoridae	3	0.073170732	0.005353956
Libellulidae	7	0.170731707	0.029149316
Gomphidae	1	0.024390244	0.000594884
<b>Σ Total Individuos</b>	<b>41</b>		
		<b>D</b>	<b>0.157644259</b>
		<b>1-D</b>	<b>0.842355741</b>

**Cuadro 9: Cálculo del índice de dominancia y diversidad de Simpson para E-4.**

Taxón	Ni	$\pi$ (Abundancia relativa)	$\pi^2$
Tipullidae	3	0.039473684	0.001558172
Chironomidae	3	0.039473684	0.001558172
Simulidae	1	0.013157895	0.00017313
Libellulidae	7	0.092105263	0.00848338
Polythoridae	1	0.013157895	0.00017313
Calopterygidae	6	0.078947368	0.006232687
Baetidae	3	0.039473684	0.001558172
Tricorytidae	7	0.092105263	0.00848338
Leptoceridae	1	0.013157895	0.00017313
Hydropsichidae	7	0.092105263	0.00848338
Naucoridae	18	0.236842105	0.056094183
Vellidae	5	0.065789474	0.004328255
Ptilodactylidae	3	0.039473684	0.001558172
Perlidae	11	0.144736842	0.020948753
$\Sigma$ Total Individuos	<b>76</b>		
		<b>D</b>	<b>0.119806094</b>
		<b>1-D</b>	<b>0.880193906</b>

**Cuadro 10: Cálculo del índice de dominancia y diversidad de Simpson para E-5.**

Taxón	Ni	$\pi$ (Abundancia relativa)	$\pi^2$
Baetidae	16	0.186046512	0.034613304
Tricorythidae	12	0.139534884	0.019469984
Hydropsichidae	2	0.023255814	0.000540833
Naucoridae	16	0.186046512	0.034613304
Vellidae	3	0.034883721	0.001216874
Chironomidae	2	0.023255814	0.000540833
Simulidae	1	0.011627907	0.000135208
Psychodidae	1	0.011627907	0.000135208
Elmidae	5	0.058139535	0.003380206
Ptilodactylidae	1	0.011627907	0.000135208
Gammaridae	3	0.034883721	0.001216874
Perlidae	13	0.151162791	0.022850189
Codeptiridae	3	0.034883721	0.001216874
Corydalidae	2	0.023255814	0.000540833
Gastropoda (clase)	1	0.011627907	0.000135208
$\Sigma$ Total Individuos	<b>81</b>		
		<b>D</b>	<b>0.120740941</b>
		<b>1-D</b>	<b>0.879259059</b>

**Anexo 2: Puntuaciones generales de los principales índices bióticos.**

**Cuadro 11: Puntuación nPeBMWP (Medina y otros, 2010).**

<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Referencia Bibliográfica de La Puntuación</b>	<b>Puntuación Asignada al NPeBMWP</b>
Seriata	Planariidae	5 (1) (6), 7 (7)	5
Oligochaeta	Morfoespecie	1 (1) (3) (4) (5) (6) (7)	1
	Physidae	3 (1) (2) (3)	3
Basommatophora	Planorbiidae	3 (1) (2) (3)	3
Venoidea	Sphaeriidae	3 (1)	3
Amphipoda	Morfoespecie	6 (1), 5 (5)	6
Decapoda	Morfoespecie	6 (3)	6
Acarina	Hydrachnidae	4 (1) (5)	4
Collembola	Morfoespecie	5 (8)	5
	Baetidae	4 (1) (2) (3) (6), 5 (5), 7 (7)	4
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	10 (1) (2) (3), 8 (5), 9 (7)	10
	Tricorythidae	10 (9)	10
Plecoptera	Perlidae	10 (1) (2) (3) (5) (6) (7)	10
Odonata	Coenagrionidae	6 (1) (2) (3) (6)	6
	Libellulidae	6 (1), 8 (2) (3)	6
Hemiptera	Naucoridae	5 (1), 3 (2)	5
	Vellidae	5 (1), 3 (2)	5
	Dytiscidae	3 (1) (2) (3), 4 (5), 5 (6)	3
	Elmidae	5 (1) (2) (3) (5), 6 (6)	5
Coleoptera	Hydrophilidae	3 (1) (2) (3) (5), 5 (6) (7)	3
	Lampyridae	5 (9)	5
	Ptilodactylidae	5 (9)	5

	Psephenidae	5 (1)	5
	Staphylinidae	3 (1), 4 (5) (7)	3
Megaloptera	Corydalidae	6 (4), 6 (5) (7), 10 (3)	6
	Calamoceratidae	10 (1) (7), 8 (5)	10
	Glossosomatidae	7 (1) (7), 8 (5)	7
	Helicopsychidae	10 (1), 8 (7)	10
Trichoptera	Hydrobiosidae	7 (3), 8 (1), 10 (5)	8
	Hydropsychidae	5 (1) (5), 7 (7)	5
	Hydroptilidae	6 (1) (6), 7 (7)	6
	Leptoceridae	8 (1) (5), 10 (6), 8(7)	8
	Odontoceridae	10 (1) (5) (6) (7)	10
	Blephariceridae	10 (1) (5) (7)	10
	Ceratopogonidae	4 (1) (3), 3 (7)	4
	Chironomidae	2 (1) (3) (4) (5) (6) (7)	2
	Culicidae	2 (1) (3) (4) (5) (7)	2
	Empididae	4 (1) (3)	4
	Dolichopodidae	4 (1) (5) (7)	4
Diptera	Simuliidae	5 (1) (2) (4) (6), 4 (5), 8 (7)	5
	Tipulidae	5 (1) (2) (4) (6), 4 (5), 3 (7)	5

(1) ABI, Andean Biotic Index, Grupo de Recerca F.E.M. Universidad de Barcelona. España. Ríos et al., 2009.

(2) IBMWP, Para ríos de Chile (Peu Peu). Universidad Católica de Temuco. Chile. Leiva, 2004.

(3) ChBMWP. Para ríos de Chile mediterráneo. Universidad de Chile. Figueroa, 2004 y Molina, 2006.

(4) ÍBMWP (RP-Nds). Río Pamplonita - Norte de Santander. Venezuela. Sánchez-Herrera, 2005

(5) BMWP-CR. Modificada para Costa Rica (2005)

(6) BMWP-Chama. Universidad de los Andes. Mérida. Venezuela. Correa, 2000.

(7) BMWP-Col. Universidad de Antioquia – Medellín; Colombia. Roldan, 2003.

(8) TV. Valores de tolerancia. Río Boroa, Chile. Fierro et al. 2012

(9) nPeBMWP Índice Biótico para ríos del norte de Perú. Medina et al., 2010.

**Cuadro 12: Puntuacion del Andean Biotic Index (ABI) (Rios, 2009).**

<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>PUNTUACIÓN</b>
Turbellaria		5
Hirudinea		3
Oligochaeta		1
Gasteropoda	Ancylidae	6
	Physidae	3
	Hydrobiidae	3
	Lymnaeidae	3
	Planorbidae	3
Bivalvia	Sphaeriidae	3
Amphipoda	Hyaletellidae	6
Ostracoda		3
Hydracarina		4
Ephemeroptera	Baetidae	4
	Leptophlebiidae	10
	Leptohyphidae	7
	Oligoneuridae	10
Odonata	Aeshnidae	6
	Gomphidae	8
	Libellulidae	6
	Coenagrionidae	6
	Calopterygidae	8
	Polythoridae	10
Plecoptera	Perlidae	10
	Gripopterygidae	10
Heteroptera	Veliidae	5
	Gerridae	5
	Corixidae	5
	Notonectidae	5
	Belostomatidae	4
	Naucoridae	5
Trichoptera	Helicopsychidae	10
	Calamoceratidae	10
	Odontoceridae	10
	Leptoceridae	8
	Polycentropodidae	8
	Hydroptilidae	6
	Xiphocentronidae	8
	Hydrobiosidae	8
	Glossosomatidae	7
	Hydropsychidae	5
	Anomalopsychidae	10
	Philopotamidae	8
	Limnephilidae	7
Lepidoptera	Pyralidae	4
Coleoptera	Ptilodactylidae	5

**Cuadro 13: Puntuación BMWP/Col para Colombia (Roldán 2003)**

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

### Anexo 3: Mapas de ubicación

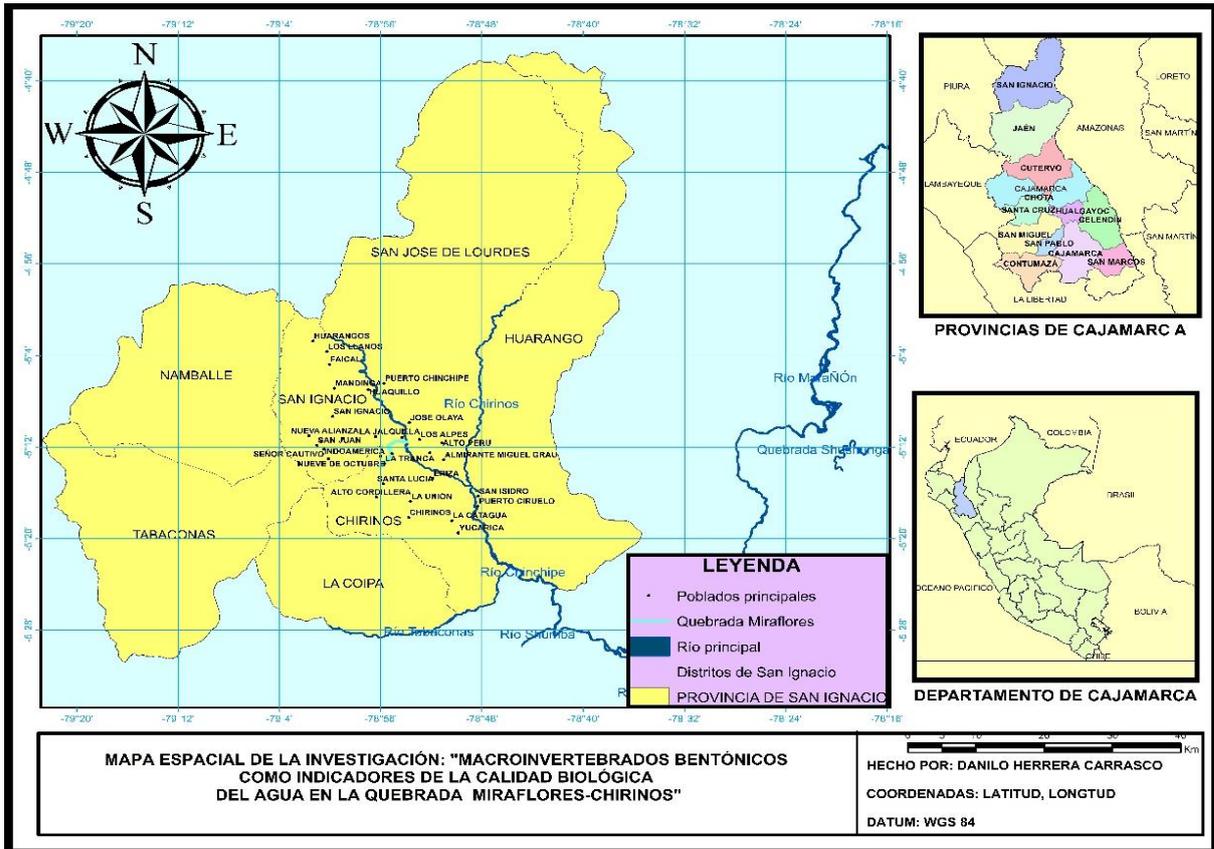


Figura 1: Mapa del desarrollo de la investigación. (Fuente: Elaboración propia)

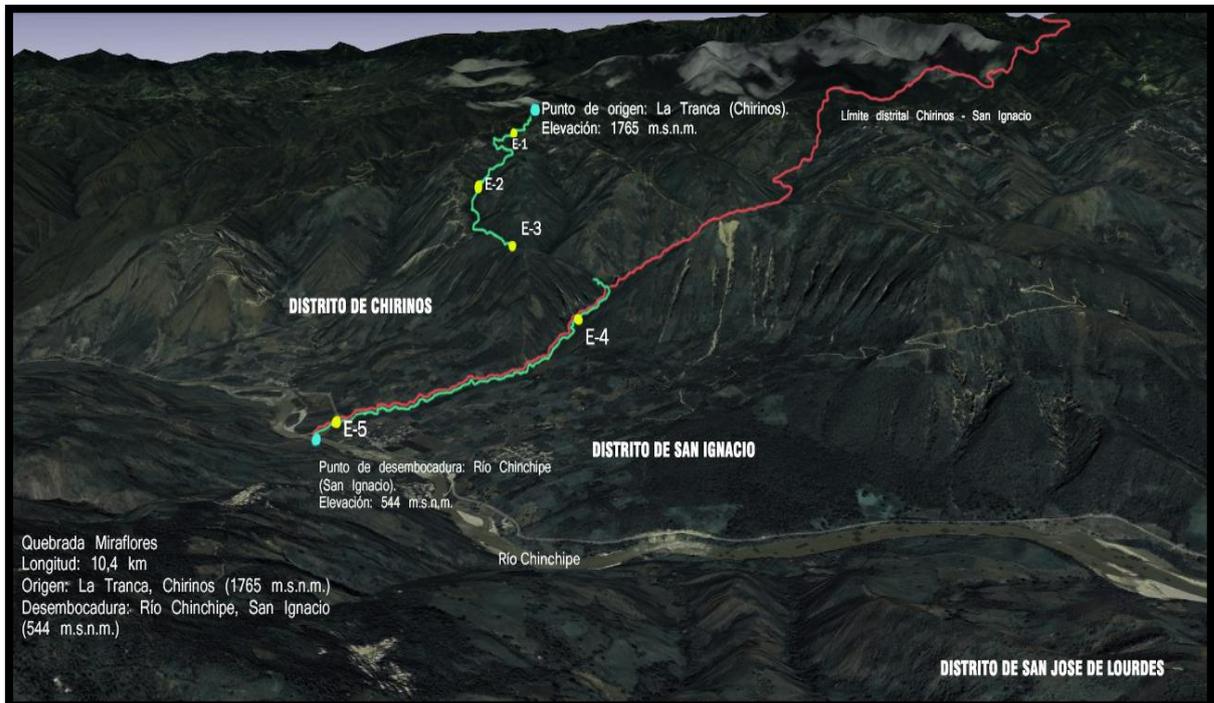


Figura 2: Desarrollo de la investigación, imagen satelital (Fuente: Google Earth).

#### Anexo 4: Panel Fotográfico



Figura 4: Vista panorámica del lugar de investigación



Figura 3 Captura de macroinvertebrados bentónicos en la Quebrada Miraflores, Agosto 2018 (Estación de muestreo E-4)



Figura 6: Captura de los macroinvertebrados bentónicos (Estación E-2).



Figura 5: Captura de los macroinvertebrados bentónicos (Estación E-5).



Figura 7: Identificación de los macroinvertebrados bentónicos (Facultad de Ciencias Biológicas- Universidad Nacional de Trujillo).



Figura 8: Identificación de los macroinvertebrados bentónicos. Universidad Nacional de Trujillo, agosto 2018.



Figura 10: Familia Hydrobiosidae.



Figura 9: Familia Chironomidae.



Figura 12: Familia Hydropsichidae.



Figura 11: Familia Tipulidae.



Figura 14: Familia Leptoceridae.



Figura 13: Familia Dolichopodidae.