

CAPÍTULO I

1.1. INTRODUCCIÓN

El agua es un líquido elemento principal de la sociedad, pero sobre todo este líquido es un componente esencial para el consumo humano, agricultura y otras actividades.

La problemática de la contaminación muestra un gran impacto negativo en nuestro entorno ecológico, poniendo a las zonas más susceptibles como en el medio acuático, la actividad agrícola y otras actividades industriales en riesgo de muerte para los distintos organismos acuáticos.

Los ecosistemas acuáticos continentales, más que ningún otro ecosistema, son los que sufren con mayor intensidad los impactos ocasionados por la actividad humana. En los últimos años, los desechos industriales y domésticos de la población que crece día a día tienen como destino final los ríos, por ello la fauna ha disminuido sustancialmente.

El agua es considerada como la más vulnerable de los recursos naturales, además de significar un factor limitante para la realización de las diferentes actividades antrópicas de orden cotidiano e industrial. Durante muchos años se han desarrollado varias alternativas para la determinación de la calidad del agua y en gran mayoría están basados en el comportamiento de los parámetros físico-químicos; sin embargo en los últimos tiempos se ha destacado la cualidad de los organismos que habitan los cuerpos de agua para revelar las condiciones ecológicas cambiantes o estables del recurso, y su relación con la medición de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos (Sánchez. 1999).

En la actualidad, para determinar la calidad y el grado de contaminación de las aguas, existen varios métodos de estudio tanto de carácter químico, físico y biológico (Domínguez. 2001), siendo este último de gran importancia, pues considera a los seres vivos como indicadores e informadores de la calidad del agua, es decir del buen o mal estado de la misma.

Dentro de los seres vivos, en forma específica, para realizar estudios se considera como indicadores de la calidad de agua a los macro-invertebrados bentónicos que viven en todos los sistemas acuáticos.

En consideración de las características de estos organismos, en el Río de Cabildo del Distrito N°1 del municipio de Padcaya primera sección de la provincia Arce en el tramo comprendido, desde la desembocadura del Río se realizó el presente estudio para determinar la calidad de agua utilizando la metodología de Evaluación Biológica Rápida. En la actualidad el Río Cabildo es la fuente principal de agua para los habitantes de la zona.

El uso de macro-invertebrados acuáticos constituye hoy en día una herramienta ideal para la caracterización biológica e integral de la calidad del agua, siendo necesario para un adecuado control y conservación de un ecosistema (Roldán. 1996).

1.2. JUSTIFICACIÓN

Este problema que se presenta en la actualidad es un tema que cada día ocupa más la atención de los habitantes, la escasez y la contaminación del agua nos obliga a reiterar a un llamado de moderación en el consumo excesivo, sin control de nuestro recurso natural.

El Rio Cabildo está sujeto a diversas presiones y alteraciones provocadas por la acción del hombre, como ser la reducción de la vegetación arbórea, sobre pastoreo e incendios forestales, ya que estos son una amenaza continúa del deterioro de la fuente de agua. Por otra parte, están las actividades agrícolas que también ponen en deterioro permanente del agua de ro en la zona.

A esto se suma la falta de seguimientos, monitoreo y evaluaciones de la calidad del agua en el curso del ríos. Actualmente, no se cuenta con la información suficiente que permitan diseñar o realizar planes de manejo integral de cuencas o el aprovechamiento hídrico.

Es importante señalar que el río de la comunidad de Cabildo, no cuenta con datos de evaluación de su calidad y grado de polución, que permitan un mejor aprovechamiento socioeconómico y ambiental de estas aguas.

De esta manera, lo que se pretende con este trabajo, es determinar el grado de calidad de las aguas del río Cabildo, para que en lo posterior, se puedan diseñar y aplicar políticas, planes, programas y proyectos orientados a un mejor manejo integral del río y recursos hídricos. Además, permitirán realizar una gestión adecuada de las aguas del río.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

- Evaluar la calidad biológica del agua del río Cabildo en función a la abundancia y diversidad de la fauna acuática de macro-invertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad del agua.

1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar la calidad del agua del río Cabildo en base a sus parámetros físico-químico; demanda bioquímica de oxígeno (DBO), Oxígeno disuelto (OD), Demanda química de oxígeno (DBO), Nitratos, Sulfatos, PH, Turbidez, microbiológico (coliformes fecales y totales).
- Determinar la calidad biológica del agua mediante la aplicación de los índices bióticos BMWP (Monitoreo biológico por partes) e IBF (Índice biótico de familia).

CAPÍTULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. RÍO

Se trata de una corriente natural de agua continua que desemboca en otra similar, en un lago o en el mar. Cuando un río desemboca en otro, se lo conoce como afluente.

Cada río posee un cierto caudal, que no suele ser constante a lo largo del año. En los períodos con mayor cantidad de precipitaciones, el caudal aumenta. En cambio, cuando llueve poco o se experimentan elevadas temperatura, el caudal descende e, incluso, en situaciones extremas el río puede secarse.

Un río puede ser: perenne, cuando el curso de agua se encuentra ubicado en zonas con lluvias abundantes o donde se registra una alimentación freática suficiente; estacional, cuando está ubicado en regiones donde las estaciones son muy diferenciadas y el clima es de tipo mediterráneo; transitorio, cuando está situado en zonas de clima seco o desértico; o alóctono, cuando se encuentra en una zona árida y sus aguas provienen de otras regiones más lluviosas. (<https://definicion.de/rio/>)

2.2. AGUA

Según la Real Academia Española, el agua (del latín *aqua*) es la “sustancia formada por la combinación de un volumen de oxígeno y dos de hidrógeno, líquida, inodora, insípida, en pequeña cantidad incolora y verdosa o azulada en grandes masas.

El agua es considerada como uno de los recursos naturales fundamentales para el desarrollo de la vida, y junto con el aire, la tierra y la energía, constituye los cuatro recursos básicos en que se apoya el desarrollo. (Santafé 2002)

2.3. CONTAMINACIÓN HÍDRICA

La contaminación hídrica o contaminación del agua se produce cuando se le agrega o deposita algún material o sustancia tóxica, y eso afecta a su comportamiento habitual. La contaminación de las aguas puede provenir de algunas fuentes naturales o de

actividades humanas. En la actualidad, la más importante sin duda es la provocada por el hombre.

El desarrollo y la industrialización suponen un mayor uso de agua, una gran generación de residuos, muchos de los cuales van a parar al agua el uso de medios de transportes fluviales, que en muchas ocasiones, son causa de contaminación de las aguas. Las aguas superficiales son en general más vulnerables a la contaminación de origen antropogénico que las aguas subterráneas, por su exposición directa a la actividad humana. Por otra parte una fuente superficial puede restaurarse más rápidamente que una fuente subterránea a través de ciclos de escorrentía estacionales. Los efectos sobre la calidad serán distintos para lagos y embalses que para ríos, y diferentes para acuíferos de roca o de arena y grava (Cammaerts. 1996).

2.4. ECOSISTEMA LÓTICO

Un ecosistema lótico es el ecosistema de un río, arroyo o manantial. Incluido en el medio ambiente están las interacciones bióticas (entre plantas, animales y microorganismos) así como las interacciones abióticas (físicas y químicas).

El adjetivo lótico se refiere al agua fluvial, del Latín lotus, participio pasado de lavere, lavar. Los ecosistemas lóticos pueden contrastarse con los ecosistemas lenticos término que abarca las aguas terrestres relativamente estancadas tales como lagos y estanques. Juntos, estos dos ecosistemas forman el campo de estudio general de la limnología, que puede contrastarse a la oceanografía.

Las aguas lólicas pueden tener diversas formas; del venoso con unos cuantos centímetros a los grandes ríos con un cauce de varios kilómetros de ancho. A pesar de tales diferencias, las siguientes características comunes hacen de la ecología de las corrientes de agua un hábitat único, distinto de otros hábitats acuáticos.

- El flujo es unidireccional.
- Presenta un estado de cambio físico continuo.
- Hay muchos grados de heterogeneidad espacial y temporal, a todas las escalas (micro-hábitats).

- Gran diversidad de ecosistemas lóticos.
- La biota está especializado para vivir en condiciones fluviales.
- Aguas detenidas como lagos, lagunas, etc.

(<http://es.wikipedia.org/wiki/Ecosistema>)

2.5. EVALUACIÓN BIOLÓGICA DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

Los organismos vivos que habitan en los cursos de agua presentan estas adaptaciones evolutivas a unas determinadas condiciones ambientales, y presentan unos límites de tolerancia a las diferentes alteraciones de las mismas. Estos límites de tolerancia varían, y así, frente a una determinada alteración se encuentran organismos “sensibles” o que no soportan las nuevas condiciones impuestas, comportándose como “intolerantes”, mientras que otros, que son “tolerantes” no se ven afectados.

Si la perturbación llega a un nivel letal para los “intolerantes”, estos mueren y su lugar es ocupado por comunidades de organismos tolerantes. Del mismo modo, aún cuando la perturbación no sobrepase el umbral retal, los organismos intolerantes abandonan la zona alterada, con lo cual dejan espacio libre que puede ser colonizado por organismos tolerantes. De modo que, variaciones inesperadas en la composición y estructura de las comunidades de organismos vivos de los ríos pueden interpretarse como signos evidentes de algún tipo de contaminación. (Tercedor 1996).

2.6. MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA

La determinación de la calidad del agua en el campo incluye muchos niveles de esfuerzo -exámenes, vigilancia, monitoreo o investigación- sin embargo, para cualquier forma de trabajo que se quiera iniciar se deben definir los objetivos a ser alcanzados, existen tres objetivos primarios que se pueden considerar cuando se desea emprender un trabajo de vigilancia y monitoreo de la calidad del agua.

1. Vigilancia ambiental donde el objetivo es el de detectar y medir los cambios y los efectos de porutantes intermitentes o desconocidos, o las pruebas de las condiciones que continúan luego que un polutante ha sido removido.

2. Establecimiento de criterios de calidad de agua. En los que se establece relaciones casuales entre cambios en los parámetros ecológicos y físico-químicos.
3. Valoración de los recursos. Que puede incluir un examen a gran escala hasta una evaluación general de la calidad del agua (Cammaerts.1996)

2.7. FACTORES BIÓTICOS

Proviene de la palabra Bio: vida, es decir son todos los factores que poseen vida, por ejemplo vegetales, animales, hombre, bacterias, protozoos, hongos.

Los factores bióticos son los seres vivos de un ecosistema que sobreviven. Pueden referirse a la flora, la fauna, los humanos de un lugar y sus interacciones. Los individuos deben tener comportamiento y características fisiológicas específicas que permitan su supervivencia y su reproducción en un ambiente definido. La condición de compartir un ambiente engendra una competencia entre las especies, dada por el alimento, el espacio, etc.

Una población es un conjunto de organismos de una especie que están en una misma zona. Se refiere a organismos vivos, sean unicelulares o pluricelulares (http://es.wikipedia.org/wiki/Ecosistema_%Biotico).

2.8. FACTORES ABIÓTICOS

Significa ABIO: Sin vida, es decir son todos los factores que no poseen vida, por ejemplo: suelo, aire, tierra, luz, gravedad, temperatura, etc.

Son aquellos componentes de un ecosistema que no requieren de la acción de los seres vivos, o que no poseen vida, es decir, no realizan funciones vitales dentro de sus estructuras orgánicas. (<http://es.wikipedia.org>)

2.9. ÍNDICE DE DIVERSIDAD

Con el advenimiento de nuevos puntos de vista en la teoría ecológica, como fueron las hipótesis que intentaron relacionar dos atributos de la comunidad como la diversidad y la estabilidad los estudios enfocan su atención en los cambios de los patrones de riqueza y abundancia de especies como una manera de evaluar el impacto de los diferentes

tipos de perturbaciones ambientales sobre las comunidades lólicas. La premisa ecológica que soporta el uso de la diversidad para cuantificar el grado de deterioro de los ríos establece que la estabilidad de una comunidad incrementa con su complejidad (Cammaerts, 1996).

2.10. ÍNDICE BIÓTICO

Los índices bióticos sustituyen progresivamente a las medidas de diversidad y con ellos se renueva el uso de las técnicas cualitativas en la bioindicación. En estos índices se integran los conceptos de saprobidad y el de diversidad, pero con la ventaja añadida de tomar en cuenta la composición y adaptabilidad de los taxa. Estos dos últimos aspectos son considerados al determinar la tolerancia de los diferentes grupos de organismos a los factores de perturbación. La presencia o ausencia de un taxón y/o su abundancia se pondera de acuerdo a la sensibilidad que presenta al factor de perturbación que se quiera valorar. (Tercedor 1996).

Es una herramienta que mide la calidad del agua en función de los organismos indicadores que viven en ellas. Dependiendo de la sensibilidad que cada organismo tiene a la contaminación, el índice biológico le asigna un valor y la suma de los valores de la comunidad da un número que indica el estado del medio en este punto o tramo.

Los índices biológicos complementan pero no constituyen a los parámetros físicos químicos.

Así mismo da una versión más completa en el espacio y en el tiempo, ya que viven gran parte de su ciclo en el agua. La presencia de un deteriorado organismo indicador asegura una mínima calidad del agua durante todo su ciclo vital.

- Integran todos los procesos que se dan en el río.
- Permiten conocer realmente el estado de salud del sistema acuático.

2.11. ESPECIES INDICADORAS

Según Cammaerts. (1996) los primeros intentos para usar los organismos vivos para medir el grado de deterioro de los cuerpos de agua corriente estuvieron dirigidos a

detectar la contaminación orgánica de las aguas, que fue durante mucho tiempo el principal factor de perturbación. Así, comenzaron a desarrollarse listas de especies presentes en sitios con diferente grado de alteración. Debido a lo engorroso y difícil que resultaba hacer comparaciones con estas listas generares de especies, las mismas se sustituyeron por listas de especies indicadoras, es decir por especies que pueden vivir bajo condiciones ambientales relativamente particulares.

Con estas listas se constituyeron diversos esquemas que agruparon las especies por categoría y estas se asociaron a condiciones con distintos grados de contaminación orgánica.

2.12. MACRO-INVERTEBRADOS ACUÁTICOS

Según Tercedor (1996) el término macro-invertebrados se utiliza comunmente para referirse a animales invertebrados tales como insectos, moluscos y anélidos entre otros, los cuales habitan principalmente en sistemas acuáticos. El tamaño puede llegar a 0,5 mm. Los macro-invertebrados pueden pertenecer al necton cuando nadan; o al bentos si se encuentran fijos, temporal o permanentemente en plantas, detrito, y cualquier otro sustrato, como sedimentos, graba, y arena.

Los instrumentos empleados para capturar macro-invertebrados son muy variados. La elección de un instrumento depende de los objetivos perseguidos y las características del sistema acuático en el que se esté realizando el estudio.

2.13. CALIDAD BIOLÓGICA

El término "calidad", referido a las aguas continentales no es un concepto absoluto ni de fácil definición. Por el contrario es un concepto relativo que depende del destino final del recurso, mientras que las aguas fecales en ningún caso podríamos considerarlas de calidad apropiada para la bebida, por los problemas sanitarios que conllevaría su uso. Sin embargo por su alto contenido de materia orgánica podrían resultar excelentes para riego de plantas ornamentales, o de plantaciones forestales. 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)

Al evaluar la calidad de las aguas mediante el estudio de la composición y estructura de las comunidades de organismos surge del término calidad biológica. Se considera que un medio acuático presenta una buena calidad biológica cuando tiene unas características naturales que permiten que en su seno se desarrollen las comunidades de organismos que les son propias. (Tercedor. 1996)

2.14. EVALUACIÓN BIOLÓGICA

Es la determinación cualitativa o cuantitativa del estado actual, es decir, el grado o nivel de alteración o no, en relación con las características en condiciones naturales o normales de un cuerpo de agua, utilizando como parámetros de medición y análisis, las características y propiedades de los organismos y comunidades para el cálculo de índices o el manejo de matrices (Tercedor. 1996).

2.15. VARIABLES BIOLÓGICAS

Se entiende por variable a todo aquello que puede asumir diferentes valores, desde el punto de vista cuantitativo o cualitativo. De acuerdo con el tipo de dato que se trabaje los valores que toma la variable pueden ser mensurables o cuantitativos (continuos o discontinuos), variables ordinales y variables cualitativas (atributos) citado por (Brandt. 2006.).

A las primeras se las denomina así porque todos los estados que toman las variables se pueden expresar con un número. Las variables continuas son las que pueden alcanzar un infinito números de valores entre dos puntos fijos y las discontinuas o discretas son las que no pueden hacerlo. Algunas variables no pueden ser medidas pero pueden ser ordenadas o clasificadas, por ejemplo por el momento de eclosión de los huevos de una puesta. Es común encontrarse con este tipo de variables cuando se realizan experiencias de laboratorio.

Los atributos también llamados caracteres cualitativos, son aquellos que no son susceptibles de medición y se expresan mediante palabras.

2.16. EL MÉTODO DE ÍNDICE BIÓTICO DE TRABAJO POR PARTES (BMWP)

El Biological Monitoring Working Party (BMWP) fue establecido en Inglaterra en 1970, como un método simple y rápido para evaluar la calidad del agua usando los macro-invertebrados como bioindicadores. Las razones para ello fueron básicamente económicas y por el tiempo que se necesita invertir. El método sólo requiere llegar hasta nivel de familia y los datos son cualitativos (presencia o ausencia). El puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica. Las familias más sensibles como Perlidae y Oligoneuriidae reciben un puntaje de 10; en cambio, las más tolerantes a la contaminación, por ejemplo, Tubificidae, reciben una puntuación de 1. La suma de los puntajes de todas las familias proporciona el puntaje total BMWP.

Este índice se calcula sumando las puntuaciones asignadas a las distintas familias de macro-invertebrados encontradas, según su grado de sensibilidad a la contaminación. El puntaje se asigna una sola vez por familia, independientemente de la cantidad de individuos o géneros encontrados. La suma de los puntajes de todas las familias encontradas en el sitio de estudio brinda el valor final del índice. Este valor permite determinar la calidad del agua según las categorías listadas en los siguientes cuadros:

2.17. ÍNDICE BIÓTICO DE FAMILIA (IBF)

El índice biótico de familia, IBF es un índice cuantitativo, que incorpora la abundancia y diversidad de familia y presenta una serie de ventajas, su uso es simple de aplicar y de bajo costo, mediante este índice es posible determinar la calidad de agua por su sensibilidad de respuesta a nivel de familia.

2.18. CALIDAD DEL AGUA

El término calidad en general, se refiere al conjunto de características, cualidades, rasgos distintivos, nivel de excelencia, etc. que presentan los seres o cosas, las cuales permiten de alguna forma evaluarlos por eso cuando nos referimos al agua, evaluamos entonces sus características físicas, químicas y biológicas, estas últimas incluyen fauna

y flora ambas en sus componentes macro y micro. Sin embargo, en este caso el concepto se torna complejo y relativo, en el sentido que debe aclararse al hablar de una buena o mala calidad del agua, el objetivo de la evaluación o la utilización final del recurso. Así por ejemplo, el agua de un río con un alto contenido de materia orgánica puede ser de muy buena calidad para regadío de cultivos, consumo humano y otros usos domésticos (Tercedor. 1996).

2.19. ÍNDICE DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL AGUA (ICA) ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO

La calidad del agua está determinada por la presencia y la cantidad de contaminantes, factores físico-químicos tales como PH y conductividad, cantidad de sales y de la presencia de fertilizantes. Los seres humanos tienen una gran influencia en todos estos factores, pues ellos depositan residuos en el agua y añaden toda clase de sustancias y de contaminantes que no están presentes de forma natural (Arco, 2005).

2.19.1. PARÁMETROS BÁSICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA

2.19.1.1. Oxígeno Disuelto

El oxígeno disuelto (OD) determina la cantidad de oxígeno gaseoso disuelto (O_2) en una solución acuosa. Esta cantidad es importante para la salud de los ecosistemas acuáticos y determinar la calidad del agua. La medición se genera con dos simbologías partes por miles (ppt) o bien partes por millón (ppm). En el aire, 20 de cada 100 moléculas son oxígeno, mientras que en el agua, sólo hay de 1-5 moléculas de oxígeno por cada millón de moléculas.

El porcentaje de saturación de oxígeno disuelto es una medida importante de la calidad del agua. A menor temperatura del agua, se disuelve más cantidad de oxígeno. Por lo tanto, la saturación de oxígeno depende de la temperatura del agua. (Portuguez. & Rodríguez. 2003).

2.19.1.2. Temperatura

El agua fría tiene mayor oxígeno que el agua caliente, y todos los organismos necesitan de oxígeno para sobrevivir. La temperatura afecta el grado de fotosíntesis de las plantas

acuáticas, así como a la habilidad del agua para retener oxígeno y la habilidad de los organismos para resistir ciertos tipos de contaminantes. Las altas temperaturas pueden causar daños a la flora y fauna acuática al interferir con la reproducción de las especies, incrementar el crecimiento de bacterias y otros organismos, acelerar las reacciones químicas, reducir los niveles de oxígeno y acelerar la eutrofización.

Los animales acuáticos son sensibles a las variaciones y requieren de cierto rango de temperatura para sobrevivir y crecer, si la temperatura se mantiene fuera de este rango por un largo periodo de tiempo, los organismos pueden estresarse y morir (Rodríguez. 2003).

2.19.1.3. pH

El pH es una medida de la concentración de iones de hidrógeno en el agua. Las escalas de pH tienen rangos que varían de 0 (muy ácido) a 14 (muy básico) siendo el 7 neutral. El pH se reporta en "unidades logarítmicas," como la escala de Richter, usada para medir la intensidad de los terremotos. Cada número representa un cambio de 10 veces su valor en la acidez, rango normal del agua.

Los valores de tolerancia de las especies acuáticas corresponden a pH entre 5 y 9. Aguas fuera del rango normal pueden ser dañinas para la vida acuática. Estos niveles de pH pueden causar perturbaciones celulares y la eventual destrucción de la flora y fauna acuática (Rodríguez. 2003).

2.19.1.4. Turbidez

Es la dificultad del agua para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos e incluso microorganismos, que se presentan principalmente en aguas superficiales.

La turbidez disminuye la transparencia, impidiendo la penetración de la luz; además, reduce la incorporación del oxígeno disuelto por la fotosíntesis, perjudicando la calidad y productividad de los ecosistemas. La turbidez indica la cantidad de materia sólida suspendida en el agua y se mide por la luz que se refleja a través de esta materia. A mayor intensidad de luz dispersa, mayor nivel de turbidez. La materia que causa

turbidez en el agua incluye: arcilla, fango, materia orgánica e inorgánica pequeña, componentes de colores orgánicos solubles, plancton y organismos microscópicos.

La turbidez se reporta en unidades nefelométricas (UNT por sus siglas en Inglés). Según la Organización Mundial para la Salud la turbidez del agua para consumo humano no debe superar en ningún caso las 5 UNT. (Rodríguez. 2003).

2.19.1.5. Nitratos

El nitrato es un nutriente requerido por todas las plantas y animales acuáticos para crear proteína. La descomposición de las plantas y animales muertos y el excremento de los animales vivos descargan nitrato en los ecosistemas acuáticos.

El aumento en la concentración de nitratos limita el uso del agua para consumo humano, dado que altas concentraciones de esta sustancia puede afectar la capacidad que tiene nuestra sangre de llevar oxígeno. Además, aumenta el crecimiento y la descomposición de las plantas, fomenta la descomposición bacterial y por ende, disminuye la cantidad de oxígeno disponible en el agua. Desde el punto de vista de potabilidad las normas actuales admiten hasta 50 mg/l de nitratos, concentraciones superiores son perjudiciales para la salud. (Rodríguez, K. 2003).

2.19.1.6. Fosfato Total

El fosfato en un cuerpo de agua permite la formación de biomasa, la cual requiere un aumento de la demanda biológica de oxígeno para su oxidación aerobia, además de los procesos de eutrofización y consecuentemente crecimiento de fitoplancton. El fosfato en forma de ortofosfato es nutriente de organismos fotosintetizadores y, por tanto, es un componente limitante para el desarrollo de las comunidades. Su determinación es necesaria en estudios de polución de ríos, así como en procesos químicos y biológicos de purificación y tratamiento de aguas (Romero, 2001).

2.19.1.7. Coliformes Totales y Fecales

El análisis bacteriológico es vital en la prevención de epidemias como resultado de la contaminación del agua. El ensayo se basa en que todas las aguas contaminadas por

aguas residuales son potencialmente peligrosas, por tanto en control sanitario se realiza para determinar la presencia de contaminación fecal.

La determinación de la presencia del grupo coliformes constituye en un indicio de polución, así como la eficiencia de la purificación y potabilidad del agua. (Romero, 2001)

2.19.1.8. Sólidos Totales

La determinación de sólidos disueltos totales mide específicamente el total de residuos sólidos filtrables (sales y residuos orgánicos) a través de una membrana con poros de 2.0 μm (o más pequeños). Los sólidos disueltos pueden afectar adversamente la calidad de un cuerpo de agua o un efluente de varias formas.

Aguas para el consumo humano, con un alto contenido de sólidos disueltos, son por lo general de mal agrado para el paladar y pueden inducir una reacción fisiológica adversa en el consumidor. Por esta razón, se ha establecido un límite de 500 mg/L de sólidos disueltos para el agua potable. Los análisis de sólidos disueltos son también importantes como indicadores de la efectividad de procesos de tratamiento biológico y físico de aguas usadas. (Rowson. 1983)

2.19.1.9. Color

El color es una propiedad física que indirectamente describe el origen y las propiedades del agua. La coloración del agua indica la posible presencia de óxidos metálicos, como puede ser el óxido de hierro, el cual da al agua un color rojizo.

Las algas y material orgánico en degradación también imparten color al agua. Si esto ocurre, la coloración puede deberse a la presencia de algas y microorganismos en el agua de suministro.

El color, olor y sabor así como la turbidez, son parámetros que en forma conjunta le dan calidad al agua en lo que se refiere a sus características estéticas que son muy importantes para el usuario o consumidor.

2.20. REGLAMENTACIÓN DE LA LEY N° 1333 DEL MEDIO AMBIENTE “CONTAMINACION HÍDRICA”

- Definiciones

- **Acuífero:** Estructura geológica estratigráfica sedimentaria, cuyo volumen de poros está ocupado por agua en movimiento o estática.
- **Aguas naturales:** Aquéllas cuyas propiedades originales no han sido modificadas por la actividad humana; y se clasifican en:
 - a) superficiales, como aguas de lagos, lagunas, pantanos, arroyos con aguas permanentes y/o intermitentes, ríos y sus afluentes, nevados y glaciares;
 - b) subterráneas, en estado líquido o gaseoso que afloren de forma natural o por efecto de métodos artificiales;
 - c) meteóricas o atmosféricas, que provienen de lluvias de precipitación natural o artificial.

Las aguas naturales según su salinidad se clasifican como sigue:

- Tipo de Agua

- **Sólidos disueltos totales en mg/l**

Dulce: menor a 1.500

Salobre: desde 1.500 hasta 10.000

Salina: desde 10.000 hasta 34.000

Marina: desde 34.000 hasta 36.000

Hiperhalina: desde 36.000 hasta 70.000

- **Contaminación de aguas:** Alteración de las propiedades físico-químicas y/o biológicas del agua por sustancias ajenas, por encima o debajo de los límites máximos o mínimos permisibles, según corresponda, de modo que produzcan daños a la salud del hombre, deteriorando su bienestar o su medio ambiente.
- **Cuenca:** Zona geográfica que contribuye con la escorrentía de las aguas pluviales hacia un cauce natural.

- **Cuerpo de agua:** Arroyos, ríos, lagos y acuíferos, que conforman el sistema hidrográfico de una zona geográfica.
- **Cuerpo receptor:** Medio donde se descargan aguas residuales crudas o tratadas.
- **DBO5:** Demanda Bioquímica de Oxígeno (en mg/l). Es la cantidad de oxígeno necesaria para descomponer biológicamente la materia orgánica carbonácea. Se determina en laboratorio a una temperatura de 20° C y en 5 días.
- **Descarga:** Vertido de aguas residuales crudas o tratadas en un cuerpo receptor.
- **DQO:** Demanda Química de Oxígeno (en mg/l). Cantidad de oxígeno necesario para descomponer químicamente la materia orgánica e inorgánica. Se determina en laboratorio por un proceso de digestión en un lapso de 3 horas.
- **Efluente contaminado:** Toda descarga líquida que contenga cualquier forma de materia inorgánica y/u orgánica o energía, que no cumpla los límites establecidos en el presente reglamento.
- **Efluente industrial:** Aguas residuales crudas o tratadas provenientes de procesos industriales.
- **Recurso hídrico:** Cuerpo de agua que cumple con los límites establecidos para cualquiera de las clases A, B, C o D.
- **Sólidos suspendidos totales:** Peso de las partículas sólidas suspendidas en un volumen de agua, retenidas en papel filtro N° 42.

2.20.1. Clasificación de Cuerpos de Aguas

ARTICULO 4°

La clasificación de los cuerpos de agua, según las clases señaladas en el Cuadro N° 1 - Anexo A del presente reglamento, basada en su aptitud de uso y de acuerdo con las políticas ambientales del país en el marco del desarrollo sostenible, será determinada por el MDSMA. Para ello, las instancias ambientales dependientes del prefecto deberán proponer una clasificación, adjuntando la documentación suficiente para comprobar la pertinencia de dicha clasificación. Esta documentación contendrá como mínimo: Análisis de aguas del curso receptor a ser clasificado, que incluya al menos los parámetros básicos, fotografías que documenten el uso actual del cuerpo receptor,

investigación de las condiciones de contaminación natural y actual por aguas residuales crudas o tratadas, condiciones biológicas, estudio de las fuentes contaminantes actuales y la probable evolución en el futuro en cuanto a la cantidad y calidad de las descargas. Esta clasificación general de cuerpos de agua; en relación con su aptitud de uso, obedece a los siguientes lineamientos:

CLASE “A” Aguas naturales de máxima calidad, que las habilita como agua potable para consumo humano sin ningún tratamiento previo, o con simple desinfección bacteriológica en los casos necesarios verificados por laboratorio.

CLASE “B” Aguas de utilidad general, que para consumo humano requieren tratamiento físico y desinfección bacteriológica.

CLASE “C” Aguas de utilidad general, que para ser habilitadas para consumo humano requieren tratamiento físico-químico completo y desinfección bacteriológica.

CLASE “D” Aguas de calidad mínima, que para consumo humano, en los casos extremos de necesidad pública, requieren un proceso inicial de presedimentación, pues pueden tener una elevada turbiedad por elevado contenido de sólidos en suspensión, y luego tratamiento físico-químico completo y desinfección bacteriológica especial contra huevos y parásitos intestinales.

En caso de que la clasificación de un cuerpo de agua afecte la viabilidad económica de un establecimiento, el Representante Legal de éste podrá apelar dicha clasificación ante la autoridad ambiental competente, previa presentación del respectivo análisis costo - beneficio.

2.21. REGLAMENTO NACIONAL NB 512

DEL CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

➤ Parámetros de control de calidad del agua.

En atención a la Norma Boliviana NB 512, los parámetros de control de calidad del agua para consumo humano que deben realizar las EPSA, se agrupan de acuerdo a su

factibilidad técnica y económica en los siguientes grupos: Control Mínimo, Control Básico, Control Complementario y Control Especial.

➤ **Parámetros de control mínimo.**

Los parámetros de Control Mínimo de la calidad del agua para consumo humano que deben realizar las EPSA, se presentan a continuación.

➤ **PARÁMETRO VALOR MÁXIMO ACEPTABLE**

- **pH:** 6,5 – 9,0
- **Conductividad:** 1.500 $\mu\text{S}/\text{cm}^*$
- **Turbiedad:** 5 UNT
- **Cloro residual:** 0,2 – 1,0 mg/l
- **Coliformes termoresistentes:** 0 UFC/100 ml

El valor máximo aceptable de la conductividad, se puede expresar también como 1.000 mg STD/l.

El parámetro temperatura, se debe medir en el punto de muestreo y en laboratorio a tiempo de realizar los análisis. Sirve como referencia para los análisis microbiológicos

➤ **Parámetros de control básico.**

- **Color:** 15 UCV (unidad de color verdadero)
- **Turbiedad:** 5 UNT (Unidades nefelometrías de turbiedad)
- **Sólidos totales disueltos:** 1.000 mg/l
- **pH:** 9.0 (Límite máximo)
- **Nitratos:** 45.0 mg/l
- **Coliformes totales :** < NMP/100 ml (por número más probables)

CAPÍTULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1.DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra ubicado en el departamento de Tarija en la provincia Arce del municipio de Padcaya perteneciente al distrito N°1. La comunidad de Cabildo limita al sur con la comunidad del Saire y cruce de Rosillas al norte con Padcaya; al este con Chalarmarca y al oeste con Chaguaya y se encuentra a 3km. Desde el pueblo de Padcaya entre los paralelos: 21°51'44,85'' y 64°45'12,01'' de latitud sur; y entre los meridianos: 21°53'47,14'' y 60°42'07,24'' de longitud oeste. (PDM 2016)

3.1.1. RED HIDROGRÁFICA DEL RÍO CABILDO

El Rio Cabildo nace de dos afluentes que se unen y forman un solo afluente principal desde la unión de estas fuentes de agua hasta el encuentro con el rio Orosas, tiene una longitud de 11.22 km. El río Cabildo nace de las serranías de la comunidad con el mismo nombre y pasa por la localidad de Padcaya llegando así a la comunidad de Chalarmarca donde se une con el rio Orosas. (PDM 2016)

3.1.2. CARACTERÍSTICA DE MORFOLOGÍA – ECOSISTEMAS

3.1.2.1.Suelo

Los suelos en la totalidad, presenta erosión muy acentuada, la erosión está clasificada, como muy alta, alta, moderada y baja. En la parte norte del municipio podemos observar más erosión alta a muy alta.

Los suelos se han clasificado según la leyenda mundial de suelos de la FAO (1990), y representados en unidades cartográficas que corresponden a asociaciones de los principales suelos, íntimamente relacionadas al paisaje fisiográfico y clima, de las cuales se resume las principales características

De manera general, se puede decir que los suelos ubicados en los complejos montañosos son poco profundos, generalmente tienen un contacto lítico próximo y se evidencia presencia de afloramientos rocosos, siendo su textura de pesada a mediana.

Los suelos ubicados en la zona de pie de monte y terrazas aluviales son de moderadamente profundos a profundos, la textura es de media a liviana en los horizontes superiores y más pesada en los horizontes profundos, particularmente en las terrazas subcrecientes. (PDM 2016)

Asociación Lixisol-Cambisol-Fluvisol. Se presentan en paisajes de origen fluvio-lacustre, en la comunidad de Cabildo, Padcaya y Chalamarca los suelos son profundos, la textura varía de franco a arcillosa, con fertilidad natural moderada. (PDM 2016)

3.1.2.2. Relieve

- a.** Caracterizan por presentar fisonomía de aspecto masivo, cimas variables, divisorias de aguas poco discernibles y con grado de disección de ligero a muy fuerte; en muchos sitios se presentan movimientos en masa y vestigios de acción glaciaria, las pendientes oscilan de 30 a 90% con mucha rocosidad y pedregosidad.
- b.** Las serranías son grandes paisajes dominantes y se clasifican en altas, medias y bajas, presentando pendientes entre 15 y 90% con afloramientos rocosos y pedregosidad superficial, también son altamente susceptibles a procesos de erosión y remoción en masa. (PDM 2016)

3.1.2.3. Topografía

La topografía es bastante irregular, con variadas altitudes, en ellas se encuentra con frecuencia: (PDM 2016)

- Terrenos escarpados: con 50 a 75% de pendiente
- Fuertemente ondulados y quebrados: 12 a 25% de pendiente
- Ligeramente ondulados: de 3 a 90% de pendiente
- Terrenos casi planos (una mínima área): 2 a 3% de pendiente

3.1.3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

3.1.3.1. Clima

En general, el verano se caracteriza principalmente por una temperatura y humedad relativa alta y masas de aire inestables, produciéndose precipitaciones aisladas de alta

intensidad y corta duración. Por otro lado, el invierno se caracteriza por temperaturas y humedad relativa generalmente bajas y la ausencia de precipitaciones, asociadas a la llegada de frentes fríos provenientes del sur, llamados "surazos", que traen consigo masas de aire frío, dando lugar a veces a precipitaciones de muy baja intensidad y de larga duración. (PDM 2016).

3.1.3.2. Temperatura

Máxima y Mínima.- La temperatura media anual en la micro región de la estación meteorológica Cañas (Padcaya-Cabildo) es de 16.8 °C, con una máxima y mínima promedio de 24.6 °C y 9.0 °C respectivamente. Los días con helada se registran en los meses de mayo a septiembre manifestándose con mayor incidencia el mes de julio. La dirección del viento predominante es el Sur - Este con una velocidades promedio de 4.6. Km/hr. (*Anexo Cuadro de temperatura*)

3.1.3.3. Precipitación

Las precipitaciones pluviales totales anuales en la región oscilan de 0,4 mm en el mes de junio a una máxima de 155,8. mm en el mes de enero; identificándose dos periodos: un periodo seco que abarca los meses de mayo a septiembre y un periodo húmedo en los meses de octubre a abril. (PDM 2016)

3.1.3. FLORA Y FAUNA

3.1.4.1. Flora

Desde el punto de vista la vegetación natural tiene múltiples relaciones con los componentes bióticos y abióticos del medio como protector del suelo, regulador de la calidad y cantidad de agua en los ríos, hábitat de la fauna silvestre; expresión de las condiciones locales ambientales y estabilidad ecológica y calidad general del ecosistema. De esta manera, el conocimiento de los recursos vegetales, coadyuva de gran manera en la planificación espacial del uso de la tierra y conservación de la biodiversidad.

Tipos de vegetación: pastizales, arbustales, pajonales-arbustales y matorrales-pastizales. (PDM 2016)

CUADRO N° 1 ESPECIES NO MADERABLES

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE VULGAR
MIMOSACEAE	<i>Acacia aroma Gillies ex Hook. & Arn.</i>	Tusca
MIMOSACEAE	<i>Acacia caven (Mol.) Hook. & Arn.</i>	Churqui
ASTERACEAE	<i>Acanthospermum hispidum De Candolle</i>	foro toro
VERBENACEAE	<i>Aloysia sp.1</i>	Salvia
VERBENACEAE	<i>Aloysia sp.2</i>	Tisma
POACEAE	<i>Aristida mandoniana Henr.</i>	Pasto
POACEAE	<i>Arundo donax L.</i>	caña hueca
ASTERACEAE	<i>Baccharis dracunculifolia De Candolle</i>	Thola
ASTERACEAE	<i>Baccharis salicifolia (Ruiz & Pavón) Persoon</i>	Chilca
BEGONIACEAE	<i>Begonia sp.</i>	Alantuya
BERBERIDACEAE	<i>Berberis sp.2</i>	Dominguillo
ASTERACEAE	<i>Bidens andicola H.B.K.</i>	Suncho
ASTERACEAE	<i>Bidens sp.1</i>	Saitilla
SAPOTACEAE	<i>Bumelia obtusifolia Roemer & Schultes</i>	Chirimolle
CAESALPINIACEAE	<i>Caesalpinia paraguariensis Burkart</i>	Algarrobilla
SOLANACEAE	<i>Capsicum sp.</i>	Aji
CAESALPINIACEAE	<i>Cassia carnaval Spegazzini</i>	Carnaval
POACEAE	<i>Cenchrus echinatus L.</i>	Cadillo
SOLANACEAE	<i>Cestrum albotomentosum Dammer ex Francey</i>	Hediondilla
CAESALPINIACEAE	<i>Chamaecrista nictitans (L.) Moen</i>	Celosa
AMARANTHACEAE	<i>Chamissoa altissima (Jacq.) H.B.K</i>	Lengua de vaca

3.1.4.2.Fauna

Por la variedad de ecosistemas, existe una gran diversidad de especies de animales silvestres, entre mamíferos, aves, reptiles y peces, algunos de ellos en peligro de extinción, donde se observa fauna diversa en mayor cantidad.

CUADRO N° 2 FAUNA EXISTENTE

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	DISTRIBUCIÓN
Comadreja	<i>Didelehis albiventris</i>	Cordillera Subandina y Oriental
Oso hormiguero	<i>Tamandua tridáctila</i>	Cordillera Subandina
Zorro	<i>Cerdocyon thous</i>	Cordillera Subandina y Oriental
Liebre	<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	Cordillera Subandina y Oriental
AVES:		
Cóndor	<i>Vultur gryphus</i>	Cordillera Subandina y Oriental
Águila	<i>Harpyhaliaetus solitarius</i>	Cordillera Subandina y Oriental
Loro alizero	<i>Amazona tucumana</i>	Cordillera Subandina
Buitre	<i>Coragyps atratus</i>	Cordillera Subandina y Oriental
Hornero	<i>Furnarius rufus</i>	Cordillera Subandina y Oriental
Perdices	<i>Crypturellus tataupa</i>	Cordillera Subandina y Oriental
Golondrina	<i>Notiochelidon cyanoleuca</i>	Cordillera Subandina y Oriental
REPTILES:		
Coral	<i>Micrurus frontales</i>	Cordillera Subandina y Oriental
Cascabel	<i>Crotalus durissus terrificus</i>	Cordillera Subandina y Oriental
PECES		
Mojarra	<i>Acrobrycon tarijae</i>	Cordillera Subandina y Oriental

3.2.MATERIALES

Para realizar la presente investigación se utilizaron los siguientes materiales.

3.2.1. En Campo

- Malla milimétrica
- Cernidor
- Pinzas
- Frascos plásticos
- Bañadores plásticos.
- Wincha
- Botas
- Cámara fotográfica
- Guantes.
- Libreta de campo
- Guía de identificación
- Material de escritorio.

3.2.2. En Laboratorio

- Lupa
- Pinzas
- Cámara fotográfica
- Guía de identificación
- Libreta para recopilar datos
- Material de escritorio

3.2.3. Gabinete

- Computadora.
- Impresora
- Material de escritorio.
- Programas Word, Exel

3.3. METODOLOGÍA

La metodología utilizada en la identificación y evaluación de la calidad del agua se realizó a través de la toma de especímenes de la fauna acuática de macro-invertebrados, este procedimiento está definido por un análisis de muestreo cualitativo a través del método de índice biótico BMWP (Monitoreo Biológico de Trabajo por Partes) y un análisis de muestreo cuantitativo mediante el Índice Biótico IBF (Índice Biótico de Familia), el cual se define en los siguientes pasos.

3.3.1. Fase de Pre-campo

Para la toma de muestras se realizó un reconocimiento previo de todo el área de estudio observando las posibles estaciones de muestreo y la debida preparación de las planillas y equipo para la recolección de los datos necesarios para este estudio.

3.3.2. Fase de Campo

3.3.2.1. técnica de colecta de organismos empleando el Método de Índice Biótico BMWP

- Se realizó la colecta de los macro-invertebrados acuáticos, en ocho puntos de muestreo a lo largo del río, de distintos cursos de agua, de escorrentía rápida y de escorrentía lenta. Esto consistió en colocar una malla milimétrica al frente de la corriente del agua en la cual se realizó un movimiento de aguas arriba con una longitud de 100 m. y así se obtuvo la diversidad de fauna acuática en la corriente de aguas de semifondo.
- Para coleccionar las muestras biológicas de fondo se realizó en m² donde la corriente de agua fue lenta. La parte sumergida de las raíces, piedras, arena, se realizó un movimiento de estos objetos para así poder obtener los diversos individuos
- Los invertebrados fueron coleccionados en el río Cabildo donde consistió en colocar una malla milimétrica sobre el fondo del arroyo, la entrada al frente de la corriente de agua, la operación consistió en realizar un movimiento de sedimentos en suspensión, arena y piedras posteriormente se los llevó de inmediato a un bañador plástico para proseguir con el conteo de los mismos,

se eligió los mejores individuos y se los traslado a un frasco esterilizado de 200ml, con alcohol para poder identificarlos y así proseguir con la identificación a las familias que pertenecen cada uno de los individuos recolectados en diferentes puntos de muestreo

Los organismos recolectados fueron identificados en el mismo lugar con la ayuda de una Guía de Macro-invertebrados a nivel familia y así pudo aplicar la puntuación que pertenece en el método de índice biológico BMWP (Monitoreo Biológico de Trabajo por Partes).

CUADRO N° 3 CLASES DE LA CALIDAD DEL AGUA EN FUNCIÓN A LOS VALORES ESTABLECIDOS POR EL ÍNDICE BMWP.

CLASE	VALOR	Calidad	SIGNIFICADO	COLOR
I	>120	Muy limpia	Aguas limpias	AZUL
II	101-120	Buena	Aguas no contaminadas o no alteradas de modo sensible	AZUL
III	61-100	Aceptable	Evidentes algunos efectos de contaminación	VERDE
IV	36-60	Dudosa	Aguas contaminada	AMARILLO
V	16-35	Critica	aguas muy contaminadas	NARANJA
VI	< 15	Muy critica	Aguas fuertemente contaminadas	ROJO

Fuente: Índice Biológico BMWP

Elaboración: (Sánchez, 2004 - 2005)

CUADRO N° 4 LISTA DE VALORES INDICADORES DE CONTAMINACIÓN DE LAS FAMILIAS DE MACRO-INVERTEBRADOS EMPLEADOS POR EL MÉTODO DE ÍNDICE BIÓTICO BMWP

FAMILIAS	Puntaje	Calidad del agua
Ptilodactylidae, Calamoceratidae, Blephariceridae, Odontoceridae	10	Excelente
Perlidae, Hydrobiosidae, Sericostomatidae, Leptoceridae, Limnephilidae, Hydraenidae.	9	Excelente a muy buena
Leptoceridae, Perlidae, Philopotomidae, Xiphocentronidae.	8	Excelente a muy buena
Coleoptera Sp1, Isotomidae, Hebridae, Leptinidae, Limnephilidae, Hydrobiosidae, Oligoneuridae, Glossosomatidae, Psephenidae, Helicopsychidae, Polycentropodidae, Cossidae.	7	Muy buena
Hyalellidae, Coleoptera Sp3, Helolidae, Chordodidae, Hydroptilidae, Calopterygidae Leptophlebiidae, Bibionidae cf.	6	Buena
Hydropsychidae, Simuliidae, Planariidae, Hemiptera Sp1, Cicadellidae cf., Ostracoda, Gyrimidae, Belostomatidae, Dugesidae, Pyralidae Libellulidae, Corydalidae, Dalyelliidae, Aeshmidae, Sphaeriidae, Coenagrionidae, Ancyliidae, Leptohyphidae, Gomphidae.	5	Buena a regular
Dixidae, Empididae, Dolichopodidae, Diptera Sp1, Elmidae, Staphylinidae, Hydracarina, Nematoda, Veliidae, Baetidae, Tipulidae Gerridae, Caenidae, Haliplidae. Naucoridae, Pleidae, Decapoda, Noteridae, Palaemonidae, Curculionidae, Aeglideae.	4	Regular a mala
Ceratopogonidae, Psychodidae, Hydrophilidae, Glossiphoniidae, Physidae, Gelastocoridae, Planorbidae, Lymnaeidae, Hirudinea, Dytiscidae, Corixidae.	3	Regular a mala
Chironomidae, Culicidae, Muscidae, Ephydriidae, Stratiomyidae.	2	Muy mala
Naididae, Tubificidae, Syrphidae, Aelosomatidae	1	Muy mala

Fuente: BMWP

Elaboración: (Correa. 2000)

3.3.3 APLICACIÓN DEL ÍNDICE BIÓTICO DE FAMILIA (IBF)

El índice biótico de familia, IBF es un índice cuantitativo, que incorpora la abundancia y diversidad de familia y presenta una serie de ventajas, su uso es simple de aplicar y de bajo costo, mediante este índice es posible determinar la calidad de agua por su sensibilidad de respuesta a nivel de familia.

- Para la estimación del índice IBF se realizó de la siguiente manera: en una tabla se registró la información obtenida donde se multiplico el número de individuos por familia, el cual corresponde a la (**columna A**) por el puntaje de tolerancia por familia que se indica en la (**columna C**) este resultado se incorporó en la (**columna D**) por la sumatoria de la (**columna B**)

TABLA N° 1 APLICACIÓN DEL IBF

Fecha:			
Localidad:			
Punto de muestreo:			
Responsable:			
A	B	C	D
Familias	N° Organismos	Puntaje de tolerancia	(Col. B*Col. C)

Fuente: Propia

Elaboración: propia 2017

Fórmula para determinar el IBF

$$IBF = (1/N * (\sum ni * ti))$$

N= Número total de individuos en la muestra (Por punto de muestreo).

ni= número de individuos

ti= puntaje de tolerancia

CUADRO N° 5 CLASIFICACIÓN Y GRADO DE CONTAMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE EL ÍNDICE BIÓTICO DE FAMILIA (IBF)

CLASE	RANGO DEL (IBF)	CALIDAD DEL AGUA	GRADO DE CONTAMINACIÓN	COLOR
I	0.00 – 3.75	Excelente	Contaminación orgánica improbable	CELESTE
II	3.76 – 4.25	Muy buena	Posible contaminación orgánica ligera	
III	4.26 – 5.00	Buena	Alguna contaminación orgánica probable	AZUL
IV	5,01 - 5,75	Aceptable	probable contaminación regular considerable	VERDE
V	5.76 – 6.50	Dudosa	probable contaminación considerable	AMARILLO
VI	6.51 – 7.25	Mala	probable contaminación muy considerable	NARANJA
VII	7.26 – 100.00	Muy mala	probable contaminación orgánica severa	ROJO

Fuente: IBF

Elaboración: (Segnini. 2003)

3.3.4. Índice de Calidad Ambiental del Agua (ICA) Análisis Físico-Químico-Microbiológico

Para determinar el “ICA” en análisis físico-químico-microbiológico se realizó la toma de muestra de agua del Río Cabildo, el cual fue transportado de manera rápida al laboratorio. Para realizar los análisis correspondientes al trabajo de investigación.

➤ Esto consistió en obtener las muestras de la siguiente manera:

Se obtuvieron 2 Litros de agua para realizar un análisis físico-químico, para el análisis microbiológico se obtuvo 200 ml, donde los distintos envases se encontraban perfectamente limpio y con sus tapas, una vez que se recolectó el agua, éstos fueron tapados para así evitar la entrada de elementos contaminantes que puedan alterar a las muestras y posteriormente se transportado de manera inmediata al laboratorio (COSSAL). Para así poder determinar los parámetros correspondidos por el trabajo

Se destapó el recipiente y rápidamente se sumergió a una profundidad de 20 cm., tomándolo del cuello de la botella.

La muestra recogida se identificó con una etiqueta rotulada al recipiente. La identificación consistió en:

La muestra fue enviada al laboratorio de forma rápida dentro de una conservadora para evitar que el agua pueda calentarse, ya que hay varios parámetros que pueden modificarse por efecto del calor, así poder evaluar la calidad del agua del Río Cabildo en base a sus parámetros propuestos físicoquímico y microbiológico.

TABLA N° 2 REGISTRO PARA EL ICA

Nombre del muestreador:
Remitente:
Solicitante:
Fecha y hora de la toma:
Lugar de procedencia:
Tipo de análisis requerido:

Fuente: propia

Elaboración: propia 2017

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para conocer el grado de contaminación en el río de Cabildo se procedió a la recolección de los macro-invertebrados, en la zona de Cabildo extrayendo del lugar un total de 8 puntos de muestreo los cuales fueron de 100 metros cada punto de muestreo donde se tomaron sus respectivas coordenadas geográficas (tabla N° 1), así realizó la recolección de las muestras que fueron tomadas en los meses de agosto y septiembre, y posteriormente se procedió a la identificación y clasificación de organismos macro-invertebrados acuáticos recolectados en los diferentes puntos de muestreo se clasifican según su nivel taxonómico, llegando a orden, familia y sensibilidad obteniendo los resultados consignados a continuación:

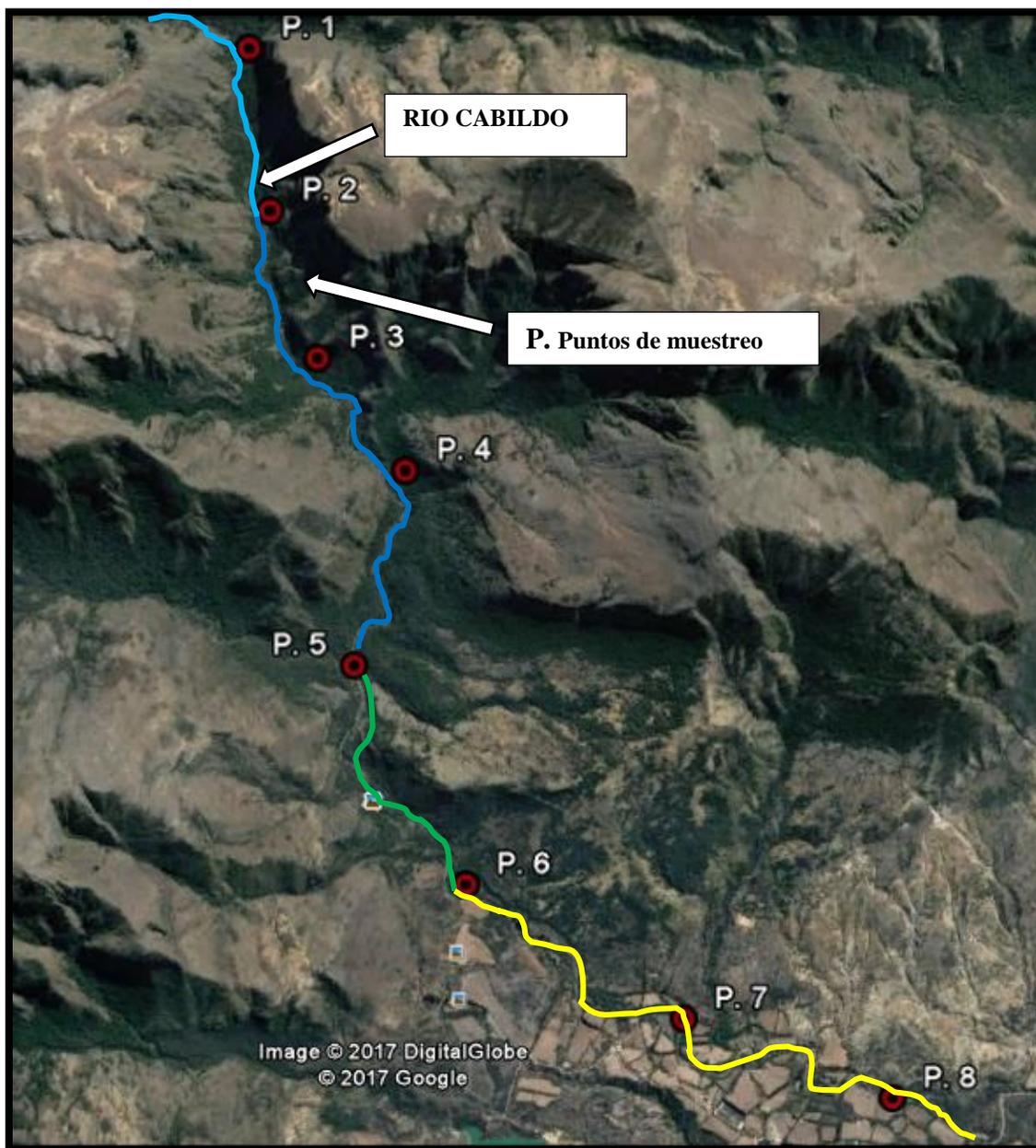
TABLA N° 3 COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

Lugar: Río Cabildo			
P. Puntos de muestreo	Coordenadas		Altura msnm
	X	Y	
P. 1	319399	7579779	2142
P. 2	319186	7578858	2077
P. 3	319396	7578668	2074
P. 4	319603	7578465	2084
P. 5	320099	7577934	2059
P. 6	320520	7577698	2029
P. 7	320660	7577724	2024
P. 8	320811	7577755	2016

Fuente: Propia

Elaboración propia 2017

MAPA DE UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO



Fuente: Google Earth

4.1.ABUNDANCIA Y DIVERSIDAD DE MACRO-INVERTEBRADOS ACUÁTICOS

4.1.1. Abundancia de macro-invertebrados acuáticos en 800 metros de longitud y de (1m²) por cada punto de muestreo

Con respecto a biota acuática identificada en el río Cabildo esta se encuentra constituida por 13 familias representadas en 7 órdenes pertenecientes a la clase insecta.

A pesar de la diversidad sólo 13 familias se encontraron en todo el tramo estudiado del río en los diferentes puntos de muestreo.

CUADRO N° 6 ORDEN, FAMILIA Y SU ESCALA DE SENSIBILIDAD (BMWP)

Orden	Familia	Escala de sensibilidad (BMWP)	Calidad del agua
Coleóptera	Elmidae	4	Regular a mala
	Dytiscidae	3	Regular a mala
	Hydrophilidae	3	Regular a mala
Crustáceo	Aeglidae	4	Regular a mala
Díptera	Dixide	4	Regular a mala
Hemíptera	Naucoridae	4	Regular a mala
	Gerridae	4	Regular a mala
	Corixidae	3	Regular a mala
Neuróptera	Corydalidae	5	Regular a buena
Odonata	Calopterigidae	5	Regular a buena
	Caenidae	4	Regular a mala
	Libellilidae	5	Regular a buena
Plecóptera	Perlidae	9	Excelente a muy buena

Fuente: Propia

Elaboración: propia 2017

4.1.2. Morfología de ordenes representativos del río Cabildo

4.1.2.1. Orden Coleóptera

Los inepptos son un grupo muy diversos y abundantes, los acuáticos colonizan una gran cantidad de habítad, tanto en la corriente como en zonas de remansos con vegetación y aguas estancadas los coleópteros en su mayoría son indicadores de aguas limpias, aunque hay especies que pueden soportar ciertos niveles de contaminación orgánica. (Gamarra. 2012)

 <p><i>Fotografía propia 2017</i></p>	<p>FAMILIA: DYTISCIDAE</p> <p>Presenta adultos y larvas de vida acuáticas, en adulto se zambulle fácilmente por su forma aerodinámica y cuerpo convexo, las antenas son delgadas El adulto puede llegar a medir entre 2 a 4 cm. de largo, se caracteriza por presentar grandes mandíbulas definido en dieta carnívora-predadora. Es posible encontrarlos en sistemas lóticos o lénticos, pero en zonas de aguas claras y limpia de baja corriente. (Gamarra. 2012)</p>
 <p><i>Fotografía propia 2017</i></p>	<p>FAMILIA: ELMIDAE</p> <p>Su cuerpo de esta familia es de color negro o pardo, de forma alargada más o menos cilíndrica, ojos compuestos desarrollados, aparato bucal masticador. Estos son acuáticos y viven asociados con la vegetación, en troncos o rocas sumergidos. En hábitats tanto lenticos como loticos (Gamarra. 2012)</p>

 <p><i>Fotografía propia 2017</i></p>	<p>FAMILIA: HYDROPHILIDAE</p> <p>Es muy numerosa y variable, los adultos son medianos con 2 a 4 cm, y su coloración puede ser verde oscuro, negro o marrón puede vivir en ambientes terrestres y acuáticos. Toman el oxígeno de la superficie y lo mantienen formando una burbuja alrededor de su cuerpo por unos bellos hidrófobos que lo envuelve. La mayoría de los adultos se alimentan de materia orgánica. (Gamarra. 2012)</p>
--	---

4.1.1.1.Orden Crustáceo

Los crustáceos son los artrópodos que poseen una corteza protegiendo el cuerpo. Los principales representantes de esta clase son los camarones, las langostas, y cangrejos, todos con 5 pares de patas. (Morales. 2001)

 <p><i>Fotografía propia 2017</i></p>	<p>FAMILIA: AEGLIDAE</p> <p>Este orden, caracterizado por tener cinco pares de patas, Tienen el abdomen corto con los segmentos fundidos total o parcialmente. El primer par de antenas es corto y el segundo puede ser bastante largo. Los ojos son compuestos y no son pedunculados, tienen huevos grandes que eclosionan directamente incluye a los crustáceos de mayor tamaño, como, gambas y camarones, además de las diversas formas que se llaman cangrejos. (Morales. 2001)</p>
--	--

4.1.2.2.Orden Díptera

Este orden se caracteriza por no poseer patas, la mayoría son indicadores de aguas contaminadas, hay especies que soportan los más altos niveles de contaminación, otros de como indicadores de aguas claras y limpias. (Gamarra. 2012)



Fotografía propia 2017

FAMILIA: DIXIDAE

Los adultos de la familia Dixidae son dípteros terrestres, viven cerca de las cárcavas en zonas humedad, las larvas son largas y delgadas y permanecen en la superficie de las zonas estancadas o de remansos, de los sistemas lóticos y lénticos. Su cuerpo está cubierto de penachos de pelos rígidos que les ayudan a mantener parte de su cuerpo en la superficie del agua, mientras que su cabeza permanece sumergidas, los segmentos finales presentan estructuras respiratorias muy ornamentadas. Cuando los dixidos nadan se caracterizan porque doblan su cuerpo en una distintiva “U” lo que le impulsa a lo largo de la superficie del agua. (Gamarra. 2012)

4.1.1.1.Orden Hemíptera

En este grupo están los chinches de agua; los cuales se encuentran en aguas estancadas como en aguas corrientes, su hábitat es similar a los odonatos, por los que se les considera indicadores bióticos del agua. (Gamarra. 2012)

 <p><i>Fotografía propia 2017</i></p>	<p>FAMILIA: NAUCORIDAE</p> <p>Las ninfas y adultos son acuáticos. Estos chinches de agua nadan ágilmente gracias a que tienen un cuerpo aerodinámico aplanado, que integra cabeza, tórax y abdomen en una sola forma ovalada. Se caracteriza porque sus patas delanteras están modificadas para agarrar, los fémures son robustos y la tibia y tarsos se funden en un en un garfio para sostener el cuerpo de su presa. Son activos predadores en las zonas de ríos y quebradas. (Gamarra. 2012)</p>
--	---

 <p><i>Fotografía propia 2017</i></p>	<p>FAMILIA: GERRIDAE</p> <p>La familia está formada por insectos semiacuáticos que viven en la superficie de las aguas o en los bordes de la zona o de corrientes lentas, asociados a la vegetación acuática. De tamaño pequeño a mediano (0.5 a 2 cm., con coloración parduscos a gris.</p> <p>Son muy veloces y ágiles para capturar los pequeños invertebrados que caen al agua. Al igual que otros hemípteros pueden detectar sus presas por las vibraciones en el agua, son difíciles de distinguir entre los estados inmaduros y adultos. (Gamarra. 2012)</p>
--	--

 <p><i>Fotografía propia 2017</i></p>	<p>FAMILIA: CORIXIDAE</p> <p>Su forma de nadar es de espaldas. Podemos observarlos en cualquier arroyo o agua estancada, Se observan con sus patas posteriores extendidas en forma de remo. Bajo las alas guardan su reserva de aire y son unos excelentes buceadores. (Gamarra. 2012)</p>
--	---

4.1.1.1.Orden Neuróptera

En este orden se encuentran insectos poco diversos y sus larvas viven asociadas a piedras en las zonas de corrientes de ríos y quebradas. Depredan larvas de otros insectos acuáticos y pueden tolerar niveles intermedios de contaminación orgánica. Su desarrollo puede durar varios años y los adultos terrestres son de vida relativamente corta. (Gamarra. 2012)

 <p><i>Fotografía propia 2017</i></p>	<p>FAMILIA: CORYDALIDAE</p> <p>Los adultos son terrestres de mandíbulas prominentes, delgadas, largas y curvas, a menudo tienen alas moteadas que les cubren completamente el abdomen. Son carnívoros y de tamaño que oscilan entre 3 a 9 cm, tiene el cuerpo aplanado, la cabeza y el tórax pueden ser de color negro. Las pinzas bucales presentan mandíbulas robustas de un predador. Habitan ríos permanentes o temporales y arroyos, prefieren en fondos rocosos bajo vegetación sumergida. Estos insectos son depredadores muy agresivos y pueden morder. (Gamarra. 2012)</p>
--	--

4.1.1.1.Orden Odonata

El nombre Odonata se deriva del griego “odon” que significa diente, refiriéndose a sus fuertes mandíbulas. Entre los insectos, las libélulas. Son fáciles de observar, quizás por ello tienen una variedad de nombres comunes (ejemplo caballitos del diablo, gallegos, pipilachas, helicópteros, etc.). (Ramírez. 2010)



Fotografía propia 2017

FAMILIA: CALOPTERYGIDAE

Esta familia presenta patas largas y cuerpo esbelto, miden 0.5 a 1.50 cm, Las branquias son alargadas, robustas y con tres caras (de corte triangular). El primer segmento antenal visiblemente más largo que el resto de segmentos combinados. La coloración puede variar entre verde – café claro a café oscuro. (Gutiérrez. 2008)



Fotografía propia 2010

FAMILIA: LIBELLULIDAE

Palpos labiales con crenulaciones de llanas a profundas en el margen distal; lígula variable, pero nunca como arriba.

Los libelúlidos son la familia más grande, común y fácil de encontrar en el agua. Las ninfas son variadas, pero siempre poseen el labio con forma de cuchara. (Ramírez. 2010)

 <p><i>Fotografía propia 2017</i></p>	<p>FAMILIA CAENIDAE</p> <p>Los adultos son pequeños y generalmente negruzcos, con sólo un par de alas, habitan en cualquier tipo de ambiente léntico o lótico, generalmente asociadas a sedimento muy fino en zonas con corriente de agua lenta a moderada (Domínguez. 2009)</p>
--	---

4.1.1.1.Orden Plecóptera

Plecópteros se encuentran en ríos con corriente fuerte, aunque algunas especies se adaptaron para vivir en ambientes lénticos oligotróficos, sistemas temporales, o en lagos profundos.

La distribución local de los plecópteros en los ríos está influenciada por factores tales como la química del agua, altitud, temperatura, tamaño del río, cobertura vegetal, microhábitat y tipo de sustrato (Gutiérrez. 2008)

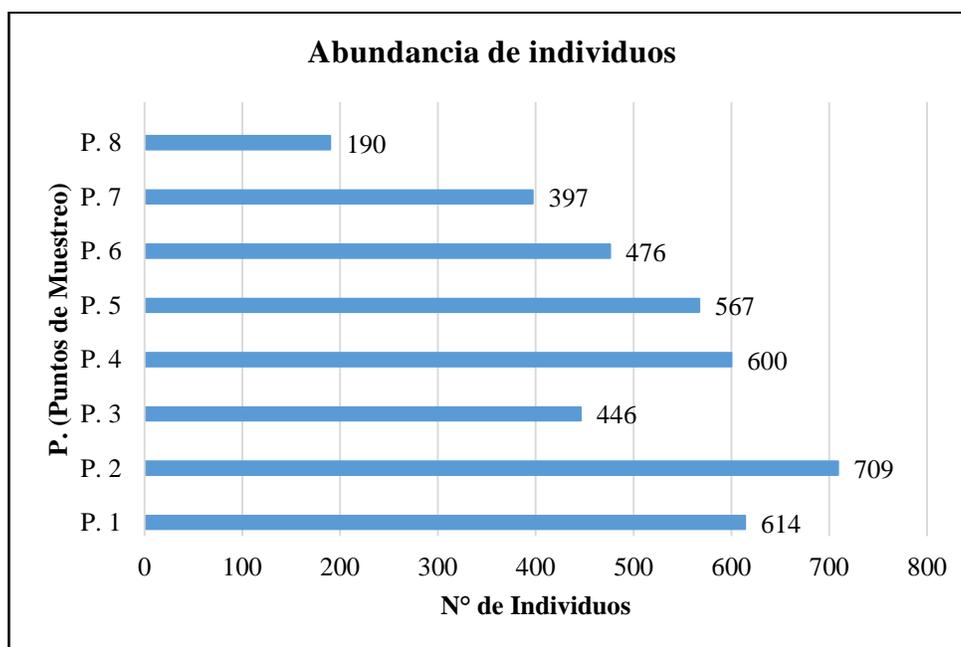
 <p><i>Fotografía propia 2017</i></p>	<p>FAMILIA PERLIDAE</p> <p>Se caracterizan por tener piezas mandibulares de tipo carnívoro, la paraglosa es más larga que la glosa y todos los segmentos torácicos poseen branquias ramificadas en la coxa, algunos géneros poseen además branquias en la región anal. (Figuroa. 2008.)</p>
--	--

4.2.ABUNDANCIA DE MACRO-INVERTEBRADOS EN (100 m y en 1m²)

En el Cuadro N° 7 se puede observar el promedio total de abundancia de macro-invertebrados acuáticos por puntos de muestreo, la abundancia más alta se presenta en el recorrido de 100 m de longitud aguas arriba, esto es debido a la distancia tomada ya que durante todo el tramo se encuentran piedras, graba, palos, hojarasca, donde los individuos se establecen para no ser arrastrados físicamente con la corriente del agua.

En cuanto a la abundancia de macro-invertebrados por puntos de muestreo haciendo un patronato de muestra la mayor abundancia, sumado los puntos de (100 m y en 1m²) la abundancia más alta se encuentra en el punto de muestreo (P. 2) con (709 ind./m²) y la más baja se encuentra en el punto de muestreo (P. 8) con (190 ind./m²), la alta densidad de individuos acuáticos en todos los puntos de muestreo refleja que la calidad del agua, varia de buena a dudosa esto debido a que en el lugar no hay con gran magnitud tala de vegetación, ni asentamientos de viviendas.

GRAFICA N° 1 ABUNDANCIA DE MACRO-INVERTEBRADOS POR PUNTOS DE MUESTREO



Fuente: propia

Elaboración: propia 2017

CUADRO N° 7 ABUNDANCIA DE MACRO-INVERTEBRADOS EN DIFERENTES PUNTOS DE MUESTREO

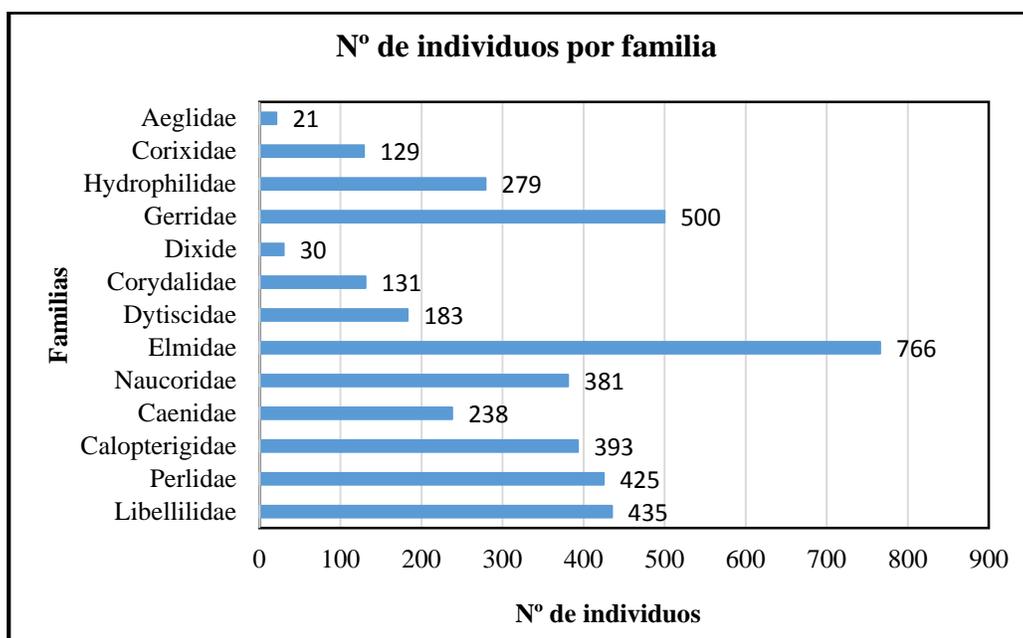
Orden	Familia	Puntaje según BMWP	P. 1		P. 2		P. 3		P. 4		P. 5		P. 6		P. 7		P. 8		N° Total por familia
			100 m ²																
Odonata	Libellulidae	5	98	88	7	18		69		37	10	63	3	90	5	28	7	523	
Pleóptera	Perlidae	9		33		29	9			81	5	72	3	114	9	56	11	425	
Odonata	Calopterigidae	5	23	91	6	40	4	61		30	7	88		16	5	20	2	393	
Odonata	Caenidae	4	22	1	50	5	28		49	3	37	3	2	15	5	11	7	238	
Hemíptera	Naucoridae	4	69	9	55	5	28	8	83		66	6	46	6				381	
Coleóptera	Elmidae	4	141	14	130	13	105	10	93	5	88	8	90	9	55	5		766	
Coleóptera	Dytiscidae	3	46		16		26		29	9	40	4	5		6		2	183	
Neuróptera	Corydalidae	5	11	6	14	6	10	2	28		9	4	16		13		12	131	
Díptera	Dixide	4			8					5	5	5		2	2	3		30	
Hemíptera	Gerridae	4	90	9	66	6	69	9	78		50	5	37	7	44	4	18	500	
Coleóptera	Hydrophilidae	3	29	10	67	7	29	8	49	8	41	8	18	5				279	
Hemíptera	Corixidae	3	33		36		14		25	6	15							129	
Crustáceo	Aeglididae											3	6		7		5	21	
Total por punto de muestreo			562	52	654	55	396	50	564	36	499	68	430	46	349	48	148	42	3999
			614		709		446		600		567		476		397		190		

Fuente: propia
Elaboración propia 2017

4.2.1. ABUNDANCIA DE ORGANISMOS POR FAMILIA

La gran abundancia de la familia Elmidae, principalmente en todo el tramo estudiado, relaciona con indicadores de agua muy oxigenada y de corrientes medias, asociadas con campos utilizados por el ganado, en donde se produce con gran cantidad de partículas en suspensión en el agua, para lo cual utilizan estructuras cefálicas y secreciones (Margaleff, 1983). Es así como estos organismos son importantes en el funcionamiento de los ecosistemas.

GRÁFICO N° 2 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA ABUNDANCIA DE ORGANISMOS POR FAMILIA



Fuente: Propia

Elaboración propia 2017

4.2.2. Calidad Biológica del Agua

En base a los resultados obtenidos (Cuadro N° 7) en la abundancia de macroinvertebrados acuáticos se obtuvo el (cuadro N° 8) valores de tolerancia establecida por (Correa, 2000).

A los diferentes niveles de contaminación para determinar la calidad del agua en los diferentes puntos de muestreo se realizó el siguiente procedimiento:

CUADRO N° 8 VALORES DE TOLERANCIA ESTABLECIDOS PARA LAS DIFERENTES FAMILIAS QUE PERMITEN DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA (BMWP)

Orden	Familia	Puntaje según BMWP	Puntos de muestreo												N° Total por familia				
			P. 1		P. 2		P. 3		P. 4		P. 5		P. 6			P. 7		P. 8	
			100 m	1m ²	100 m	1m ²	100 m	1m ²	100 m	1m ²	100 m	1m ²	100 m	1m ²		100 m	1m ²	100 m	1m ²
Odonata	Libellulidae	5	5		5	5		5	5		5	5		5	5		5	5	65
Plecóptera	Perlidae	9		3	9		9	9		9	9		9	9		9	9	9	102
Odonata	Calopterigidae	5	5		5	5		5	5		5	5		5	5		5	5	65
Odonata	Caenidae	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	56
Hemíptera	Naucoridae	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	44
Coleóptera	Elmidae	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	56
Coleóptera	Dytiscidae	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30
Neuróptera	Corydalidae	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	60
Díptera	Dixidae	4			4				4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	28
Hemíptera	Gerridae	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	60
Coleóptera	Hydrophilidae	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	36
Hemíptera	Corixidae	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	18
Crustáceo	Aegidae	4															4	4	16
Total por punto de muestreo			40	27	53	34	49	34	40	21	53	54	39	40	42	36	34	34	636
			67		87		83		61		107		79		82		70		

*Fuente: propia
Elaboración propia 2017*

4.2.3. Punto de muestreo con valores obtenidos

En los diferentes puntos de muestreo, se registró un número de valor de tolerancia que se muestra en el cuadro N° 8 en los cuales teniendo un resultado final y relacionando con los valores de clase de la calidad del agua en función al índice BMWP (Sánchez. 2004), el agua del Río Cabildo se encuentra catalogado en las clase II y III de calidad de agua buena a aceptable, con un grado de contaminación poco contaminado y un color convencional azul a verde el agua de estos puntos de muestreo de la parte alta del río presenta bajos niveles de contaminación debido a que en la zona no existe ningún tipo de actividad antrópica donde la fauna acuática es más homogénea y se desarrolla sin ningún problema a ser afectada.

CUADRO N° 9 RANGOS OBTENIDOS DEL ÍNDICE (BMWP)

P. de muestreo	Clase	Valores obtenidos	Calidad	dignificado	Color
1	III	67	Aceptable	Evidentemente algunos tipos de contaminación	verde
2	III	87	Aceptable	Evidentemente algunos tipos de contaminación	verde
3	III	83	Aceptable	Evidentemente algunos tipos de contaminación	verde
4	III	61	Aceptable	Evidentemente algunos tipos de contaminación	verde
5	II	107	Buena	Agua no contaminada o no alterada de modo sensible	Azul
6	III	79	Aceptable	Evidentemente algunos tipos de contaminación	verde
7	III	82	Aceptable	Evidentemente algunos tipos de contaminación	verde
8	III	70	Aceptable	Evidentemente algunos tipos de contaminación	verde

*Fuente: Propia
Elaboración propia 2017*

4.2.4. Análisis de Índice Biótico de familia (IBF)

La utilización de los índices bióticos es uno de los más efectivos métodos para obtener información sobre la situación de la calidad del agua de un río en particular (Domínguez. 1998), y al ser aplicado en el río Cabildo se obtuvo que para los índices

IBF (índice biótico de familia) los resultados son más precisos, donde las calidades ecológicas fueron semejantes, las cuales varían de buena a dudosa.

TABLAS N° 4 DATOS DE CAMPO PARA ESTABLECER EL GRADO DE CONTAMINACIÓN DE ÍNDICE BIÓTICO DE FAMILIA (IBF)

Familia	Puntaje según (BMWP)	P. 1	Valores obtenidos
		N° de ind.	
Libellilidae	5	98	0,80
Perlidae	9	3	0,04
Calopterigidae	5	23	0,19
Caenidae	4	23	0,15
Naucoridae	4	78	0,51
Elmidae	4	155	1,01
Dytiscidae	3	46	0,22
Corydalidae	5	17	0,14
Dixide	4	99	0,64
Gerridae	4	39	0,25
Hydrophilidae	3	33	0,16
Corixidae	9		0,00
Aeglidae	4		
Total		614	4,12

Familia	Puntaje según (BMWP)	P. 2	Valores obtenidos
		N° de ind.	
Libellilidae	5	95	0,67
Perlidae	9	33	0,42
Calopterigidae	5	97	0,68
Caenidae	4	55	0,31
Naucoridae	4	60	0,34
Elmidae	4	143	0,81
Dytiscidae	3	16	0,07
Corydalidae	5	20	0,14
Dixide	4	8	0,05
Gerridae	4	72	0,41
Hydrophilidae	3	36	0,15
Corixidae	9		0,00
Aeglidae	4		
Total		709	4,04

Familia	Puntaje según (BMWP)	P. 3	Valores obtenidos
		Nº de ind.	
Libellilidae	5	18	0,20
Perlidae	9	38	0,77
Calopterigidae	5	44	0,49
Caenidae	4	28	0,25
Naucoridae	4	36	0,32
Elmidae	4	115	1,03
Dytiscidae	3	26	0,17
Corydalidae	5	12	0,13
Dixide	4		
Gerridae	4	78	0,70
Hydrophilidae	3	37	0,25
Corixidae	9	14	0,34
Aeglidae	4		
Total		446	4,67

Familia	Puntaje según (BMWP)	P. 4	Valores obtenidos
		Nº de ind.	
Libellilidae	5	69	0,58
Perlidae	9		
Calopterigidae	5	61	0,51
Caenidae	4	52	0,35
Naucoridae	4	83	0,55
Elmidae	4	98	0,65
Dytiscidae	3	38	0,19
Corydalidae	5	28	0,23
Dixide	4	5	0,03
Gerridae	4	78	0,52
Hydrophilidae	3	57	0,29
Corixidae	9	31	0,47
Aeglidae	4		
Total		600	4,36

Familia	Puntaje según (BMWP)	P. 5	Valores obtenidos
		Nº de ind.	
Libellilidae	5	47	0,41
Perlidae	9	86	1,37
Calopterigidae	5	37	0,33
Caenidae	4	40	0,28
Naucoridae	4	72	0,51
Elmidae	4	96	0,68
Dytiscidae	3	44	0,23
Corydalidae	5	13	0,11
Dixide	4	10	0,07
Gerridae	4	55	0,39
Hydrophilidae	3	49	0,26
Corixidae	4	15	0,11
Aeglidae	9	3	0,05
Total		567	4,79

Familia	Puntaje según (BMWP)	P. 6	Valores obtenidos
		Nº de ind.	
Libellilidae	5	66	0,69
Perlidae	9	75	1,42
Calopterigidae	5	88	0,92
Caenidae	4	2	0,02
Naucoridae	4	52	0,44
Elmidae	4	99	0,83
Dytiscidae	3	5	0,03
Corydalidae	5	16	0,17
Dixide	4		
Gerridae	4	44	0,37
Hydrophilidae	3	23	0,14
Corixidae	4		
Aeglidae	9	6	0,11
Total		476	5,15

Familia	Puntaje según (BMWP)	P. 7	Valores obtenidos
		Nº de ind.	
Libellilidae	5	95	1,20
Perlidae	9	123	2,79
Calopterigidae	5	21	0,26
Caenidae	4	20	0,20
Naucoridae	4		
Elmidae	4	60	0,60
Dytiscidae	3	6	0,05
Corydalidae	5	13	0,16
Dixide	4	4	0,04
Gerridae	4	48	0,48
Hydrophilidae	3		
Corixidae	4		
Aeglidae	9	7	0,16
Total		397	5,95

Familia	Puntaje según (BMWP)	P. 8	Valores obtenidos
		Nº de ind.	
Libellilidae	5	35	0,92
Perlidae	9	67	3,17
Calopterigidae	5	22	0,58
Caenidae	4	18	0,38
Naucoridae	4		
Elmidae	4		
Dytiscidae	3	2	0,03
Corydalidae	5	12	0,32
Dixide	4	3	0,06
Gerridae	4	26	0,55
Hydrophilidae	3		
Corixidae	9		
Aeglidae	4	5	0,11
Total		190	6,01

De acuerdo a los datos obtenidos mediante el índice IBF (Índice biótico de familia) se observó que en los diferentes puntos de muestreo, el agua varía, según los datos obtenidos de campo y tomando como parámetros los valores de tolerancia establecidos por los índice biótico de familia IBF (Segnini. 2003)

CUADRO N° 10 RANGOS OBTENIDOS DEL ÍNDICE BIÓTICO DE FAMILIA (IBF)

P. puntos de muestreo	Clase	Rango obtenido (IBF)	Calidad del agua	Grado de contaminación	Color
1	II	4,12	Muy Buena	Posible contaminación orgánica ligera	CELESTE
2	II	4,04	Muy Buena	Posible contaminación orgánica ligera	CELESTE
3	III	4,67	Buena	Alguna contaminación orgánica probable	AZUL
4	III	4,36	buena	Alguna contaminación orgánica probable	AZUL
5	III	4,79	Buena	Alguna contaminación orgánica probable	AZUL
6	IV	5,15	Aceptable	probable contaminación regular considerable	VERDE
7	V	5,95	Dudosa	probable contaminación considerable	AMARILLO
8	V	6,01	dudosa	probable contaminación considerable	AMARILLO

Fuente: Propia

Elaboración propia 2017

Según los resultados obtenidos del río Cabildo para el Índice Biótico de Familia (IBF) el agua está dentro de cuatro clases, de buena a dudosa catalogado con los colores celeste, azul, verde y amarillo; significa que hay contaminación orgánica debido a que el lugar es una zona de pastoreo por ganado vacuno.

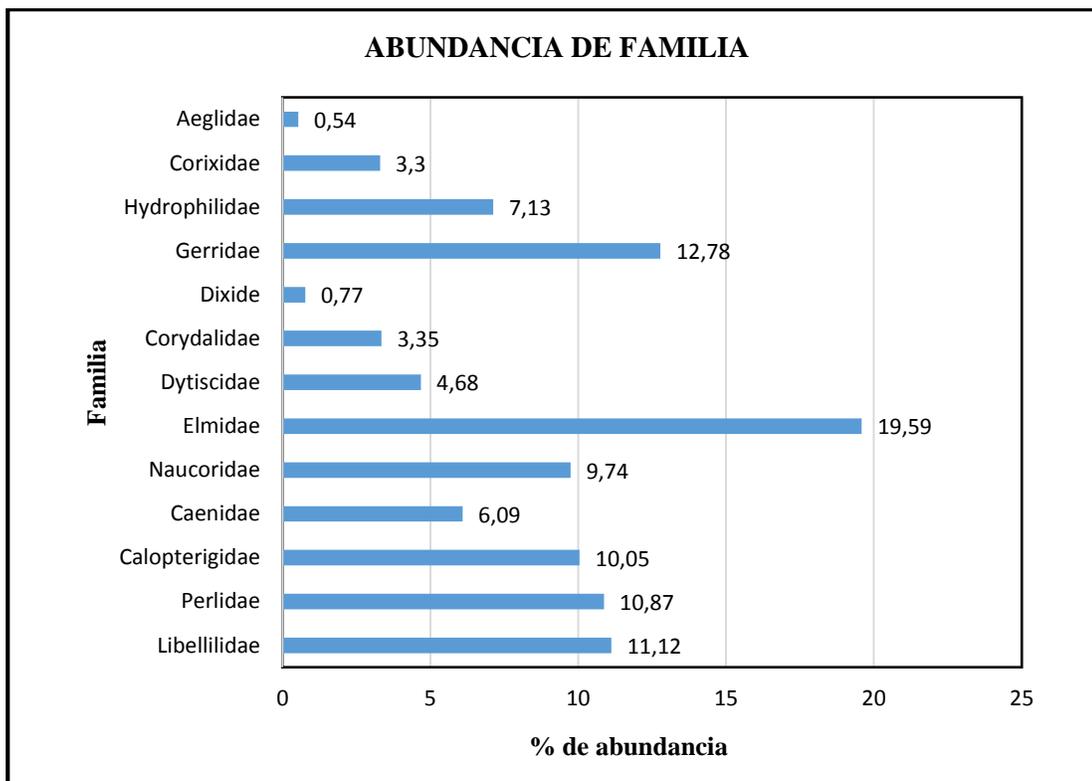
4.3. ÍNDICE DE DIVERSIDAD

El índice de diversidad ayuda a medir la abundancia y biodiversidad de especies de un sitio, a mayor biodiversidad mayor puntuación. Reflejan alteraciones de número total de comunidades de organismos. Como ventajas de estos índices respecto a los bióticos destacan que no es necesaria la identificación de especies o familias, que no se requiere información sobre la tolerancia a contaminación y que sirven para detectar sucesos leves de contaminación.

CUADRO N° 11 PORCENTAJE DE ABUNDANCIA POR FAMILIA

familia	N° total de familia	% de abundancia
Libellilidae	435	11,12
Perlidae	425	10,87
Calopterigidae	393	10,05
Caenidae	238	6,09
Naucoridae	381	9,74
Elmidae	766	19,59
Dytiscidae	183	4,68
Corydalidae	131	3,35
Dixide	30	0,77
Gerridae	500	12,78
Hydrophilidae	279	7,13
Corixidae	129	3,3
Aeglidae	21	0,54
total	3911	100

*Fuente: Propia
Elaboración propia 2017*

GRÁFICO N° 3 PORCENTAJE DE ABUNDANCIA POR FAMILIA

Fuente: Propia
Elaboración propia 2017

En el Cuadro N° 11 y el (gráfico N° 3) expresamos la cantidad y diversidad de macroinvertebradas que son indicados porcentualmente, datos que son generados de todos los puntos de muestreo el cual nos indica que la mayor presencia de macroinvertebrados pertenecen a la familia Elmidae de orden coleóptera en un 19.59 % de todo el transecto siendo el dominante.

4.4. PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA

Para la obtención de los datos físicoquímico y microbiológico representado en el Cuadro N° 12 se realizó, un levantamiento de muestras de agua en los ocho puntos de muestreo en donde se procedió previamente al levantamiento de la fauna acuática, para lo cual se utilizaron recipientes de plástico debidamente desinfectados, las muestras obtenidas fueron trasladadas al laboratorio de COSAALT-LTDA (Laboratorio de control de calidad de aguas) para ser analizadas.

CUADRO N° 12 PARÁMETROS OBTENIDOS DEL RIO CABILDO

Parámetros	Unidad	Puntos de muestreo							
		P. 1	P. 2	P. 3	P. 4	P. 5	P. 6	P. 7	P. 8
pH		7,18	7,21	7,66	7,23	6,98	7,20	7,03	7,70
Temperatura	°C	6,31	6,83	7,61	7,25	7,91	6,38	7,2	6,94
SDT	mg/l	22,40	23,74	22,28	21,09	23,41	22,06	20,3	23,4
DBO5	mg/l	1,02	1,,50	1,90	1,08	1,80	1,74	1,93	1,97
Color	UCV	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Oxígeno Disuelto	mg/l	6,86	6,71	6,26	6,78	6,29	6,98	6,79	6,99
Turbiedad	UNT	0,48	0,94	0,70	0,91	0,87	0,65	0,87	0,95
Fosfato total	Mg PO4/l	0,04	0,08	0,09	0,05	0,03	0,08	0,06	0,09
Nitrato	Mg NO3/l	0,50	0,6	0,51	0,41	0,84	0,74	0,81	0,90
Colif. Fecales	NM/100ml	28,00	19,00	20,17	24,52	23,04	27,21	23,01	24,85

COSAALT-LTDA (Laboratorio de control de calidad de aguas)

4.4.1. pH

De acuerdo a los datos obtenidos por COSAALT-LTDA (Laboratorio de control de calidad de aguas) el valor máximo 7.25 se registró en el punto de muestreo 4 dando como resultado que el agua está entre neutra y ligeramente alcalina, dentro del valor máximo aceptado no presenta ningún efecto directo sobre la salud humana.

4.4.2. Temperatura

La temperatura del agua registra de 6.31 a 7.91 lo cual es permisible a que la fauna acuática se pueda desarrollar con normalidad todo su proceso de estadio llegando hasta la madurez.

4.4.3. SDT (sólidos totales disueltos)

Los valores obtenidos en las diferentes estaciones son relativamente bajos presentados en mg/l esto es debido que la zona no presenta desechos orgánicos e inorgánicos provenientes de las actividades del hombre.

4.4.4. DBO5 (Demanda bioquímica de oxígeno)

Estos datos corroborados por el proceso de contaminación del agua que son vertidos por compuestos orgánicos e inorgánicos, desechos domésticos o agrícolas en nuestro estudio; todos los datos son prácticamente bajos no existen ningún proceso de estos compuestos donde la calidad del agua es buena.

4.4.5. Color

El color del agua que presenta el río Cabildo es cristalina de acuerdo a los datos obtenidos.

4.4.6. Oxígeno Disuelto

Este parámetro nos permite medir algún tipo de contaminación ocasionada o alterada por la sociedad, con los datos obtenidos por el estudio son bajos no existe alteración de contaminación de desechos.

4.4.7. Turbiedad

Los valores obtenidos nos muestran un agua transparente en todo el tramo de estudio.

4.4.8. Fosfato total

Son valores son mínimos obtenidos en los diferentes puntos de muestreo donde las sales minerales son solubles por este parámetro.

4.4.9. Nitrato

Este parámetro nos muestra valores para determinar el grado de contaminación agrícola por desechos químicos, no se percibe de ningún elemento contaminante por derrame de nutriente ni por escorrentía superficial.

4.4.10. Coliformes. Fecales y Totales

De acuerdo a los análisis microbiológicos, se puede observar que los valores son mínimos de este parámetro donde existe una mínima cantidad de fecales esto es debido a que es una zona de pastoreo.

4.4.11. Análisis de parámetros fisicoquímico y microbiológico

De acuerdo a los datos obtenidos por COSAALT-LTDA (Laboratorio de Control de Calidad de Aguas) y tomando los valores admisibles de parámetros fisicoquímicos en cuerpos receptores se puede establecer la clasificación del agua del río Cabildo el cual permanece en la clase “A” establecido por un análisis microbiológico, como parámetro de clasificación de los cuerpos de agua según la actitud de uso se puede determinar que el agua de río Cabildo es apta para consumo siempre y cuando se realice una desinfección bacteriológica ya que presenta valores relativamente vagos de contaminación en el curso hidrobiológico según la Ley N° 1333 (Ley y Reglamento del Medio Ambiente).

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizados en el río Cabildo reflejan una clase “A” de calidad de acuerdo a los datos establecidos por la Ley N° 1333 del Medio Ambiente atribuyéndose una clasificación de acuerdo al uso del agua para consumo humano y evidentemente para otras actividades.
- La comunidad de macro-invertebrados acuáticos del Rio Cabildo está constituida por 13 familias pertenecientes a 7 órdenes, representando en los ocho puntos de muestreo siendo un número total representativo de 3999 organismos de macro-invertebrados.
- La abundancia de macro-invertebrados acuáticos en el medio lotico de acuerdo a los datos obtenidos se presenta en las distancias de 100 metro de longitud, debido a la presencia de sustratos como ser piedras, grabas, palos, algas, hojarasca, lo cual ayuda a que la fauna acuática se establezca con mayor facilidad y les permite sujetarse para no ser arrastrados por la corriente del agua.
- La utilización de los índices bióticos IBF (Índice Biótico de Familia) y BMWP (Monitoreo Biológico Por Partes) son métodos aplicables, debido a que son buenos indicadores de calidad biológica del agua, dada la simplicidad que estos dos índices presentan frente al nivel taxonómico requerido orden y familia, además por el ahorro técnico de tiempo en la identificación de los insectos y costo; además nos permite comparar datos con los índices establecidos
- Los resultados del presente estudio se constituyen en referencia importante para la comunidad de Cabildo, en el marco de un manejo integral del río y la protección del medioambiente. Siendo el índice biótico una herramienta de diagnóstico medioambiental bastante práctico.

5.2. RECOMENDACIONES

- Utilizar información generada en la investigación por instituciones como proyectos que vinculen con el curso hídrico y trabajar con los laboratorios para obtener un mejor resultado al trabajo.
- Diseñar un sistema de monitores biológicos que permita determinar aspectos de calidad de agua en el rio Cabildo, tomando en cuenta los resultados obtenidos en este estudio, a fin de controlar la contaminación hídrica de esta fuente de vida
- En base a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación se sugiere a las autoridades de la comunidad y del municipio de Padcaya, la implementación de medidas preventivas para evitar posibles incrementos de contaminación en proximidades del Rio Cabildo, tales como: señalización y guarda faunas que protejan este cuerpo de agua, o en su defecto un control más estricto, instalando puestos de control de ingreso de personas al lugar.
- Implementar índices bióticos con mayor frecuencia para poder evaluar la calidad de agua en función a la identificación de la fauna acuática, especialmente de macro-invertebrados que se encuentran en el río.
- Se recomienda para estudios futuros apartaren a establecer valores de tolerancia de macro-invertebrados bentónicos a nivel especie, como una manera de evitar problemas de pérdida de información en el trabajo con categorías superiores.