

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al servicio del Pueblo



UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**DETERMINACIÓN DE INDICADORES BIÓTICOS DE LA CALIDAD DEL
AGUA MEDIANTE MACROINVERTEBRADOS CON INTERVENCIÓN DE
LA COMUNIDAD EN LA MICROCUENCA DEL TABACAY**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR:

ABDÓN FERNANDO PADRÓN PESÁNTEZ

DIRECTOR:

BLGA. PAULA MILENA CORDERO CUEVA

MATRIZ CUENCA 2018

DECLARACIÓN

Yo, Abdón Fernando Padrón Pesántez, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento. Y eximo expresamente a la Universidad Católica de Cuenca y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

La Universidad Católica de Cuenca puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y la normatividad institucional vigente.

Abdón Fernando Padrón Pesántez

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Abdón Fernando Padrón Pesántez, bajo mi supervisión.

Blga. Paula Milena Cordero Cueva. MSc.

DIRECTORA

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios y a la Virgen de la Nube por protegerme y guiarme en todo momento para superar los obstáculos presentados.

A mis padres, por su apoyo y ayudarme a superar todas las adversidades que se me presentaron en el transcurso de mi formación.

A mi hermano Carlos Padrón, por su ayuda constante y por compartir sus conocimientos para la realización de este proyecto.

A mi tutora de proyecto, Bióloga Paula Cordero; por compartir conmigo sus conocimientos y hacer posible la realización de este trabajo.

Al departamento de Gestión Ambiental de la Empresa de Agua Potable y Alcantarillado (EMAPAL), quienes me brindaron su apoyo profesional con sus experiencias y saberes para poder realizar un excelente trabajo investigativo.

Abdón Fernando Padrón Pesántez

DEDICATORIA

La concepción de este trabajo de titulación está dedicada en primer lugar a mis padres, quienes han sido mis formadores, por estar siempre a mi lado, por todos los consejos y valores que me han enseñado, por ser personas de gran sabiduría que se han esforzado por ayudarme a llegar al punto más importante de mi educación, que sin ellos no hubiese sido posible.

A mi esposa y mi hijo, por ser mis compañeros de vida, por su cariño, comprensión y apoyo incondicional en todo momento.

A mis hermanos, para poder ser para ellos un ejemplo de esfuerzo y constancia. A mi familia en general por sus buenos deseos.

Abdón Fernando Padrón Pesántez

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN	i
CERTIFICACIÓN.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
ÍNDICE DE MAPAS	viii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	ix
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT	xv
1. GENERALIDADES	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Planteamiento del problema	2
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos.....	5
1.5. Hipótesis	5
2. MARCO CONCEPTUAL.....	6
2.1. Marco Legal Referido a la Calidad del Agua	6
2.2. Cuenca Hidrográfica.....	17
2.3. Microcuenca Tabacay	18
2.4. Calidad hidromorfológica.....	25
2.4.1.Índice de Hábitat Fluvial (IHF).....	26
2.4.2. Índice de Calidad de Bosque de Ribera (QBR).....	27
2.5. Indicadores de Calidad del agua	27
2.5.1.Indicador Físicoquímico	28
2.5.2.Indicadores Biológicos.....	31
2.6. Índice de Equidad	35
2.6.1.Índice de Shannon.....	35
2.7. Convenios de Acuerdos Recíprocos por el Agua (ARAs).....	36
2.8. Participación comunitaria	39

3. CAPÍTULO MATERIALES Y MÉTODOS	40
3.2. Área de estudio.....	40
3.3. Población y muestra	41
3.4. Técnicas de recolección de muestras	42
3.4.1 Técnicas de muestreo	44
a. Técnica 1: Red de Surber.....	44
b. Técnica 2: Red d-net.....	44
c. Técnica 3: Piedras y hojas	45
3.5. Identificación de la calidad hidromorfológica	46
3.5.1. Identificación de la calidad del hábitat fluvial.....	47
3.5.2. Identificación de la calidad de vegetación de ribera.	48
3.6. Indicador de los parámetros fisicoquímico.	50
3.6.1. Índice de calidad de Agua (ICA)	51
3.7. Identificación para la evaluación de macroinvertebrados	51
3.7.1. Índice Biótico Andino (ABI).....	51
3.7.2. Índices Biological Monitoring Water Party (BMWP).....	51
3.7.3. Índice de Shannon.....	52
3.8. Procesamiento de muestras en el laboratorio.....	52
3.9. Análisis estadístico	52
3.10. Metodología para la participación comunitaria.	54
4. CAPÍTULO RESULTADOS.....	56
4.1. Determinación de la calidad hidromorfológica	56
4.1.1. Índice de Hábitat Fluvial.....	56
4.1.2. Índice QBR	58
4.2. Determinación de la calidad físico-química.....	60
4.2.1. Índice de Calidad del Agua (ICA).....	60
4.2.3. Índice Biological Monitoring Water Party (BMWP)	81
4.2.5 Participación Comunitaria en el proyecto	89
4.3. Plan de acción.....	90
5. DISCUSIÓN	92
6. CONCLUSIONES	96
7. RECOMENDACIONES	98
8. BIBLIOGRAFÍA	99

9. ANEXOS.....	103
-----------------------	------------

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1 Ubicación de la microcuenca del río Tabacay	19
Mapa 2 Uso de suelo en la microcuenca del río Tabacay	21
Mapa 3 Ubicación de las quebradas dentro de la Microcuenca	41
Mapa 4 Ubicación de los puntos de muestreo dentro de la microcuenca del río Tabacay .	42
Mapa 5 Ubicación de los puntos de muestreo dentro de los proyectos ARAs en la quebrada de Nudpud	43

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Grafico 1 Precipitación mensual en las quebradas de Llaucay y Córdoryacu entre 2014 y 2018.....	20
Grafico 2 Área óptima para la aplicación del protocolo ¡Error! Marcador no definido.	
Grafico 3 Especies según el rango ABI resistentes dentro de la quebrada de Nudpud	65
Grafico 4 Especies representativas dentro del rango ABI tolerante en Nudpud	66
Grafico 5 Familias sensible dentro del rango ABI en la quebrada de Nudpud	66
Grafico 6 Familias resistentes dentro del rango ABI dentro en la quebrada de Condoryacu.....	69
Grafico 7 Familias tolerantes dentro del rango ABI en la quebrada de Córdoryacu	69
Grafico 8 Familias sensibles dentro del rango ABI en la quebrada de Córdoryacu	70
Grafico 9 Familias resistentes dentro del rango ABI en la quebrada de Llaucay	72
Grafico 10 Familias tolerantes dentro del rango ABI en la quebrada de Llaucay.....	73
Grafico 11 Familias sensibles dentro del rango ABI en la quebrada de Llaucay.....	73
Grafico 12 Familias resistente dentro del rango ABI en la quebrada de Rosario	75
Grafico 13 Familias tolerantes dentro del rango ABI en la quebrada de Rosario	76
Grafico 14 Familias sensibles dentro del rango ABI en la quebrada de Rosario	77
Grafico 15 Correlación entre índices ICA y ABI	80
Grafico 16 familias más representativos por quebradas	87

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Metodología para designar los puntos de muestreo.....	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 2 índice IHF Nudpud	56
Ilustración 3 índice IHF por captaciones	56
Ilustración 4 índice QBR quebrada Nudpud	58
Ilustración 5 índice QBR entre diferentes captaciones	59
Ilustración 6 Diferencia de valores ICAs entre captaciones.....	61
Ilustración 7 línea de tendencia de valores ICA por quebrada	61
Ilustración 8 Determinación de la calidad del agua en relación con los datos atípicos entre quebradas.....	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 9 Análisis POST HOC	63
Ilustración 10 Índice ABI quebrada Nudpud	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 11 Clasificación de macroinvertebrados por rangos de tolerancia de la quebrada de Nudpud	64
Ilustración 12 Índice ABI quebrada Córdoryacu	67
Ilustración 13 Clasificación de macroinvertebrados por rangos de tolerancia de la quebrada de Córdoryacu	68
Ilustración 14 Índice ABI quebrada Llaucay.....	71
Ilustración 15 Clasificación de macroinvertebrados por rangos de tolerancia de la quebrada de Llaucay	71
Ilustración 16 Índice ABI quebrada rosario	74
Ilustración 17 Clasificación de macroinvertebrados por rangos de tolerancia de la quebrada de Rosario.....	75
Ilustración 18 índice ABI quebrada Nudpud.....	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 19 índice ABI entre diferentes captaciones	78
Ilustración 20 índice ABI por estación seca y lluviosa.....	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 21 AXIS determinado que especies son las más tolerantes y menos tolerantes	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 22 índice BMWP quebrada Nudpud.....	82
Ilustración 23 Valores BMWP por Quebradas	83

Ilustración 24 índice BMWP quebrada Nudpud.....	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 25 Riqueza quebrada Nudpud	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 26 riqueza por captaciones.....	85
Ilustración 27 Índice de Shannon dentro de los puntos de muestro	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 28 índice de Shannon por captaciones.....	86
Ilustración 29 índice Shannon entre estación seca y lluvia .	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional.....	13
Tabla 2 criterios de calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario.	14
Tabla 3 Formaciones naturales presentes en la microcuenca del río Tabacay	21
Tabla 4 Tipos de Suelo Existente dentro de la Microcuenca del Rio Tabacay	22
Tabla 5 Pisos zoográficos en la microcuenca del río Tabacay	22
Tabla 6 Índice de calidad del agua general “ICA”	30
Tabla 7 Calidad del agua de acuerdo al ICA	30
Tabla 8 Clasificación de calidad de agua de acuerdo al ABI	35
Tabla 9 Rango de individuos para la abundancia	35
Tabla 10 Coordenadas de los puntos de muestreo dentro de las quebradas.....	40
Tabla 11 Valores para clasificar al índice de hábitat fluvial	48
Tabla 12 Rangos de calidad de conservación de vegetación de ribera para el QBR.....	50
Tabla 13 Calidad del agua de acuerdo a BMWP.....	52
Tabla 14 Resultado del Índice de Hábitat Fluvial e índice de Biológica de Quebrada de Quebrada	57
Tabla 15 Criterio ponderado para el índice de habitad Fluvial	57
Tabla 16 Índice QBR por quebrada	60
Tabla 17 Valores máximos y mínimos relacionando entre quebradas del test Tukey.....	62
Tabla 18 ABI de la Quebrada de Nudpud	65
Tabla 19 Rango ABI de la quebrada de Cóndoryacu	68
Tabla 20 Rango ABI de la quebrada de Llaucay	72
Tabla 21 Rango ABI de la quebrada de Rosario	75
Tabla 22 Resultados ABI obtenidos por época y estación de muestreo ... ¡Error! Marcador no definido.	
Tabla 23 Comparación entre índices ICA y ABI.....	79
Tabla 24 Resultado de correlación entre índices ICA y ABI.....	80
Tabla 25 Índice Biological Water Party (BMWP) en la cuenca del Tabacay	82
Tabla 26 Índice de Shannon por quebrada y por estación.....	88
Tabla 27 Comparación entre metodologías utilizadas de EMAPAL Y ETAPA..... ¡Error! Marcador no definido.	

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A Tabla de resultado por captaciones	103
Anexo B Tabla de resultados por convenios ARAs	104
Anexo C Clasificación de los macroinvertebrados de acuerdo a su orden y familia.	105
Anexo D Puntuación ABI de acuerdo a la familia de macroinvertebrados.	107
Anexo E Puntuación BMWP de acuerdo a la familia de macroinvertebrados.	110
Anexo F Valores obtenidos de BMWP por cada punto de muestreo.	112
Anexo G evaluación de la calidad de hábitat fluvial en la región austral del Ecuador.	113
Anexo H Calidad de vegetación de rivera.	115
Anexo I Calculadora ICA metodología utilizada por ETAPA EP	117
Anexo J Registro fotográfico del estado actual por Quebradas	118
Anexo K Medición de parámetros físico químicos.	124
Anexo L Recolección de muestras en las quebradas.	126
Anexo M Macroinvertebrados identificados en las distintas muestras.	130
Anexo N Taller teórico-práctico con la comunidad.	142
Anexo O Taller teórico. Práctico realizado con personas beneficiarias de los ARAS.	144
Anexo P Taller teórico. Práctico realizado con estudiantes de las escuelas de la comunidad.	146
Anexo Q Taller teórico. Práctico realizado con estudiantes de las escuelas de la comunidad	147
Anexo R Materiales de campo utilizado	149

RESUMEN

Este estudio se desarrolló con la finalidad de complementar la información de los análisis hidromorfológicos, fisicoquímicos y biológicos en las estaciones de muestreo que la Empresa EMAPAL EP tiene en las quebradas Llaucay, Nudpud, Córdoryacu, y Rosario dentro de la microcuenca del río Tabacay, en donde tiene emplazadas captaciones para consumo de agua para la ciudad de Azogues. En este contexto, se verificó la funcionalidad de los convenios ARAs aplicados para mejorar la calidad del recurso hídrico, se realizó el análisis de calidad de agua mediante macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo, se empleó índices bióticos (como: Índice BMWP, Shannon-Wiener, Índice ABI), e índices de calidad de rivera y del hábitat fluvial (IHF y QBR).

Los índices determinaron el estado de calidad del agua de las diferentes quebradas; comprobando que, la quebrada con la mejor calidad es la de Córdoryacu con un valor promedio por estación de BMWP 177 de calidad alta, ABI 128 (muy bueno), un QBR de 46 (excelente) y un IHF de 91.31 (muy buena); ICA 78 (bueno), índice de Shannon-Wiener de 3.39 y las familias predominantes fueron Baetidae con 54% y Chironomidae con 11%. Los índices en las otras quebradas indican un mayor nivel de degradación. Para ello se desarrolló un plan de intervención para mejorar la calidad de las riberas, el mismo que será utilizado como una herramienta de gestión que evalúe la salud de los ecosistemas acuáticos en un futuro. Además, se trabajó con los pobladores de la microcuenca, especialmente con los niños de las escuelas: Guillermina Ordoñez y Francisco Mayancela Caiguas, a quienes se les instruyó sobre la manera de muestrear, lugares dónde monitorear y reconocer macroinvertebrados, generando en ellos, la responsabilidad sobre el cuidado de sus recursos de agua en el futuro.

Palabras Claves: Macroinvertebrados Bentónicos, Índice ABI, Calidad de Agua, Microcuenca Tabacay

ABSTRACT

This study was developed with the purpose of complementing the information of the physicochemical and microbiological analyses at the stream sampling stations of Llaucay, Nudpud, Córdoryacu, and Rosario which EMAPAL EP company holds in the micro-watersheds of Tabacay river, in addition to verify whether ARAs agreements applied by the company help to improve the quality of the water resource; A water quality analysis was carried out applying benthic macro-invertebrates in Tabacay microwatersheds streams; we used biotic indexes (such as: BMWP index, Shannon-Wiener, ABI Index), and Rivera quality indexes and fluvial habitat (such as: IHF and CBR) these indices determined the state of water quality of the different streams; checking that, the streams with the best quality is Córdoryacu with an average value per station of BMWP 177 of high quality, ABI of 128 very good, a QBR of 46 excellent and a IHF of 91.31 very good; ICA 78 good, Shannon-Wiener index of 3.39 and predominate families were Baetidae with 54% and Chironomidae with 11%. The indices in the other streams indicate a higher level of degradation. To this end, an intervention plan was developed to improve the quality of the riverbanks, which will be used as a management tool to evaluate aquatic ecosystems health in the future. In addition, we worked with people from micro-watersheds, especially with children who belong to Guillermina Ordoñez and Francisco Mayancela Caiguas schools, they were instructed in the way of sampling, places where to monitor and recognize macro-invertebrates so that, they can hold the care of water flows in the future.

Keywords: Benthic Macro-Invertebrates, Abi Index, Water Quality, Micro-Watersheds Tab

1. GENERALIDADES

1.1. Introducción

Los ríos y quebradas son cursos naturales de agua, esenciales para el funcionamiento global del planeta, y cubren las necesidades hídricas básicas de la población en general, en sus diversas actividades, tanto para usos domésticos como productivos (Acosta R, 2014).

A través de los años estos ecosistemas han sido utilizados como depósitos de desechos, lo que ha provocado su deterioro y la disminución de su capacidad de producción de servicios ecosistémicos, particularmente de agua en cantidad y calidad. Por esta razón, resulta de gran importancia precautelar la disponibilidad de este recurso para los usos presentes y futuros.

La microcuenca del Tabacay, es uno de los cursos de agua de gran importancia dentro de la cuenca del Paute, puesto que de ella se capta el agua para el consumo humano de la ciudad de Azogues, en la provincia del Cañar. El territorio que ocupa la microcuenca ha sido muy afectado por acciones antrópicas como la agricultura, ganadería y urbanismo, además de carecer de sistemas de saneamiento de aguas residuales.

La infraestructura para el aprovechamiento del agua es administrada por la Empresa de Agua Potable y Alcantarillado de Azogues (EMAPAL). La captación de agua se la realiza en cuatro quebradas afluentes del río Tabacay, estas son: Llaucay, Nudpud, Córdoryacu, Rosario. El agua de estas cuatro captaciones es conducida por tuberías a la planta de tratamiento de la ciudad donde luego es distribuida para el consumo.

La calidad del agua de los ríos es posible determinarla de mediante parámetros físico-químicas y biológicas. Los macroinvertebrados acuáticos se consideran actualmente como los mejores bio-indicadores de la calidad del agua, debidos a su tamaño, a su amplia distribución y a su adaptación a diferentes condiciones físico-químicas y biológicas. En los últimos años el concepto de la calidad del agua ha ido cambiando de un enfoque fisicoquímico a otro que integre todos los componentes bióticos, para de esta manera tener un análisis integral de la calidad de todo el ecosistemas que lo rodeo (Sheng, 1992).

El realizar un estudio de calidad del agua mediante el uso de invertebrados bentónicos en las fuentes de agua que abastecen a la ciudad de Azogues producirá importantes resultados aplicables para la gestión y manejo de la microcuenca. Las autoridades de EMAPAL consideran importante incluir a las comunidades en el manejo de la microcuenca del Tabacay ya que generará mayor conciencia en lo que al cuidado del agua refiere; al involucrarlos en acciones concretas y simples como es la toma de muestras de macroinvertebrados bentónicos

y la determinación de índices para establecer la calidad del recurso hídrico. Los resultados del trabajo fueron difundidos entre las comunidades involucradas y dentro de EMAPAL (Anexo A, B).

1.2. Planteamiento del problema

Actualmente las cuencas hidrográficas representan un excelente medio para diseñar e instrumentar políticas orientadas al desarrollo rural y manejo sostenible de los ecosistemas (Sepúlveda & Sergio, 2008), a través de una integralidad física, administrativa, tecnológica biogeográfica y social.

La gestión de cuencas hidrográficas se basa en la identificación y valoración de indicadores geomorfológicos, geológicos, climáticos, fluviales, biogeográficos, de uso de suelos, etc. (Sheng, 1992). La calidad y disponibilidad del recurso hídrico representa la oportunidad de un aprovechamiento permanente, base del desarrollo sostenible.

La calidad del agua es un factor importante para administrar y determinar el estado de conservación de las cuencas hidrográficas, impidiendo la trasmisión de agentes que causen enfermedades y la alteración de equilibrio de los ecosistemas, pues la biodiversidad asociada al recurso se ve afectada por la contaminación y la intervención antrópica. El hecho de que en la parte alta de la microcuenca del Tabacay se han producido cambios de uso de suelo, particularmente agricultura y ganadería, posiblemente tenga incidencia en la calidad del agua que se capta en las quebradas y que será utilizada para el abastecimiento de la ciudad de Azogues.

La continuidad de monitoreos realizados para conocer su estado se ve limitado por el tiempo y los elevados costos económicos que representan los métodos convencionales, los cuales se basan en la integración de diferentes parámetros: físicos, químicos y microbiológicos (Ruiz, Escobar, & Escobar, 2007), y muestran debilidades en cuanto a la detección de cambios en las condiciones naturales de cuerpos de agua en caso de existir perturbaciones no puntuales y de origen difuso (Arroyo, 2007).

En Sudamérica existe un creciente número de trabajos sobre la utilización de bio-indicadores en evaluaciones de la calidad de ríos (Couceiro et al., 2007), especialmente porque el monitoreo biológico informa tanto de condiciones pasadas como de actuales, a diferencia de los análisis físico-químico que dan información sobre las condiciones en el momento de tomar la muestra (Espino & Pulido, 2000). Además, los índices bióticos son una de las maneras más comunes de establecer la calidad biológica y ecológica de los ríos. Se suelen

expresar en forma de un valor numérico único que sintetiza las características de todas las familias presentes.

En Ecuador los estudios sobre calidad de agua e interacciones biológicas son escasos, lo que provoca un desconocimiento de la situación actual de los recursos hídricos. Además, los pocos estudios que se han realizados coinciden en que existen una fuerte contaminación del agua (Galárraga, 2017)

Sin embargo, en la microcuenca del río Tabacay no existen antecedentes sobre la aplicación de índices bióticos que integran la calidad del agua a la gestión de los recursos, para administrar los bienes y servicios ambientales, de los territorios inmersos en esta unidad natural hídricos (Torres, Cruz, & Patiño, 2010).

Los macroinvertebrados son los organismos más ampliamente usados como bio-indicadores en la actualidad, esto se debe a que responden rápidamente a variaciones ambientales. El uso de los macroinvertebrados tiene interés particular, debido a las grandes ventajas que presentan estas comunidades en la evaluación y monitoreo de ambientes acuáticos, entre las principales se destacan: la facilidad de muestreo, bajos costos económicos, naturaleza sedentaria que proporciona una buena señal especial de lo que ocurren en cada hábitat muestreado, por estas razones el presente estudio se basa en determinar la calidad de agua mediante un análisis biológico con macroinvertebrados dentro de las quebradas que abastecen de agua a la ciudad de Azogues (Acosta et al., 2014a), esto ayudara a inferir en la calidad ecológica de la zona y no solamente parámetros puntuales. Además, el hecho de involucrar a las comunidades que viven en la zona y considerarlos actores claves debido a que actividades inciden en la calidad del agua, esto ayudará a la solución del problema más allá de un estudio puntual.

1.3. Justificación

A medida que la sociedad se desarrolla, se incrementa la demanda del recurso hídrico y al mismo tiempo aumentan los niveles de impacto negativos a las cuencas hidrográficas, dado que el aprovechamiento del recurso no es de forma sustentable, las cuencas hidrográficas representan un bien y servicio ambiental imperativo para el desarrollo sostenible, el crecimiento económico, la estabilidad política, social la salud y la erradicación de la pobreza.

La calidad del agua es un constituyente fundamental para la gestión de las cuencas hidrográficas, factor que debe ser monitoreado de manera continua. Los procedimientos de estudio y seguimiento de la calidad del agua, están basadas casi exclusivamente en el análisis

de parámetros fisicoquímico, pero la variedad de contaminantes generados y el hecho de que los vertidos son generalmente puntuales en el tiempo exige el desarrollo de nuevas metodologías.

El análisis de macroinvertebrados representa una herramienta útil para determinar la calidad del agua, caracterizando las familias presentes en una muestra, la utilización de los macroinvertebrados es una técnica idónea para conocer el estado de los recursos hídricos, representa una ventaja en cuanto a: costos inferiores, técnicas de muestreo muy estandarizadas, no requieren equipos costosos, además reflejan afectaciones a escala de tiempo más prolongado, siendo esta metodología efectiva para el seguimiento continuo de la calidad de agua de las quebradas en el río Tabacay, recalando que la microcuenca del Tabacay carece de estudios en base de indicadores biológicos (macroinvertebrados).

El art. 14 de la Constitución de la República del Ecuador (2008) menciona: El Estado garantizara la conservación, recuperación y manejo de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua.

Considerando que la microcuenca del río Tabacay es un sistema hídrico que abastece de agua potable al cantón Azogues, y constituye una unidad natural importante para el crecimiento económico de las poblaciones circundantes a ella, que además, funciona como estabilizador natural de los humedales; esta investigación propone la determinación de la calidad de la microcuenca mediante la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, siendo transcendental realizar este estudio debido a que la microcuenca alta se ha venido degradando principalmente por el cambio de uso de suelo de páramo a pastos y sembríos.

La microcuenca media y baja por múltiples factores antropogénicos recibe directamente todas las aguas residuales no tratadas de la población de la parroquia Guapán, de sectores aledaños como Chacapamba, de la Empresa cementera UCEM (Unión Cementera Nacional) y otros; de esta manera no se respeta la capacidad de este ecosistema, provocando un deterioro ambiental que repercute en la calidad del río Burgay, y posteriormente en la del río Paute, fuente de aprovisionamiento del Proyecto Hidro-Eléctrico Paute Integral, el más importante en el sur del país (EMAPAL EP, 2014).

El aporte de este trabajo es proporcionar información de relevancia sobre la calidad de un recurso importante principalmente para los pobladores de la ciudad de Azogues, en las

diferentes condiciones climatológicas, y entregar a las entidades encargadas del manejo y control de este recurso, la información obtenida que les permitirá definir los usos del agua en las condiciones actuales en función de una legislación existente.

Es importante recalcar la participación de la comunidad de la cuenca alta, pues ellos son los actores, quienes hacen uso de los recursos, y con sus decisiones y acciones repercuten en la dotación del agua para la ciudad de Azogues, tanto en calidad como en cantidad.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Evaluar la presencia de macroinvertebrados para determinar la calidad del agua en las diferentes quebradas de la microcuenca de Tabacay que dotan de agua a la ciudad de Azogues.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Realizar la caracterización de las comunidades biológicas que existen en las quebradas, a través de la aplicación de un índice biótico.
- Involucrar a la comunidad de la microcuenca alta de Nudpud para que sean partícipes del proyecto a realizarse y quienes posteriormente aplicarán la técnica de monitoreo con macroinvertebrados para la determinación de la calidad del agua.
- Proponer un plan de intervención, en base a los resultados obtenidos para precautelar la calidad del agua.

1.5. Hipótesis

La calidad del agua de la quebrada de Nudpud, determinada mediante bio-indicadores (macroinvertebrados bentónicos) será mayor en relación con las otras quebradas, debido a que existe la mayor cantidad de beneficiarios de los convenios ARAs¹.

¹ Acuerdos Recíprocos por el Agua.

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1. Marco Legal Referido a la Calidad del Agua

Constitución de la República del Ecuador

Título XI de la Organización Territorial y Descentralización

Capítulo 1

Del régimen administrativo y seccional

Art. 225.- El Estado impulsará mediante la descentralización y la desconcentración, el desarrollo armónico del país, el fortalecimiento de la participación ciudadana y de las entidades seccionales, la distribución de los ingresos públicos y de la riqueza.

El gobierno central transferirá progresivamente funciones, atribuciones, competencias, responsabilidades y recursos a las entidades seccionales autónomas o a otras de carácter regional. Desconcentrará su gestión delegando atribuciones a los funcionarios del régimen seccional dependiente.

Art. 226.- Las competencias del gobierno central podrán descentralizarse, excepto la defensa y la seguridad nacional, la dirección de la política exterior y las relaciones internacionales, la política económica y tributaria del Estado, la gestión de endeudamiento externo y aquellas que la Constitución y convenios internacionales expresamente excluyan.

En virtud de la descentralización, no podrá haber transferencia de competencias sin transferencia de recursos equivalentes, ni transferencia de recursos, sin la de competencias. La descentralización será obligatoria cuando una entidad seccional la solicite y tenga capacidad operativa para asumirla.

Art. 228.- Los gobiernos seccionales autónomos serán ejercidos por los consejos provinciales, los concejos municipales, las juntas parroquiales y los organismos que determine la ley para la administración de las circunscripciones territoriales indígenas y afroecuatorianas.

Los gobiernos provincial y cantonal gozarán de plena autonomía y, en uso de su facultad legislativa podrán dictar ordenanzas, crear, modificar y suprimir tasas y contribuciones especiales de mejoras.

Art. 229.- Las provincias, cantones y parroquias se podrán asociar para su desarrollo económico y social y para el manejo de los recursos naturales.

Capítulo 4

De los regímenes especiales

Art. 238.- Existirán regímenes especiales de administración territorial por consideraciones demográficas y ambientales. Para la protección de las áreas sujetas a régimen especial, podrán limitarse dentro de ellas los derechos de migración interna, trabajo o cualquier otra actividad que pueda afectar al medio ambiente. La ley normará cada régimen especial. Los residentes del área respectiva, afectados por la limitación de los derechos constitucionales, serán compensados mediante el acceso preferente al beneficio de los recursos naturales disponibles y a la conformación de asociaciones que aseguren el patrimonio y bienestar familiar. En lo demás, cada sector se regirá de acuerdo con lo que establecen la Constitución y la ley.

Ley de Régimen Municipal

Codificación No. 000. RO/ Sup 331 de 15 de octubre de 1971.

Art. 15.- Son funciones primordiales del Municipio, sin perjuicio de las demás que le atribuye esta Ley, las siguientes:

1a.- Dotación de sistemas de agua potable y alcantarillado;

Art. 16.- Para la consecución de sus fines esenciales el Municipio cumplirá las funciones que esta Ley señala, teniendo en cuenta las orientaciones emanadas de los planes nacionales y regionales de desarrollo económico y social que adopte el Estado.

TITULO I

Capítulo IV

De la Municipalidad y el Estado

Art. 25.- Para los efectos del sistema de planificación nacional, las Municipalidades deberán preparar programas y proyectos que garanticen la consecución de sus fines, los cuales serán incorporados en el plan general de desarrollo. Tales planes deberán ser puestos en ejecución por las propias Municipalidades las que, para el efecto, proporcionarán los recursos necesarios que aseguren la completa realización de las metas establecidas en el plan general. Para preparar estos proyectos y programas, las Municipalidades se consultarán con los organismos técnicos del Estado.

TITULO II

Capítulo III

De lo que está atribuido y prohibido al consejo Sección 1a

De las atribuciones y deberes

Art. 64.- La acción del Concejo está dirigida al cumplimiento de los fines del Municipio, para lo cual tiene los siguientes deberes y atribuciones generales:

1o.- Normar a través de ordenanzas, dictar acuerdos o resoluciones, determinar la política a seguirse y fijar las metas en cada uno de los ramos propios de la administración municipal

2o.- Conocer y aprobar la programación técnica de corto y largo plazo elaborada por los respectivos departamentos y aprobada por las comisiones pertinentes;

3o.- Dirigir el desarrollo físico del cantón y la ordenación urbanística, de acuerdo con las previsiones especiales de esta Ley y las generales sobre la materia;

4o.- Aprobar los planes reguladores de desarrollo físico cantonal y los planes reguladores de desarrollo urbano, formulados de conformidad con las normas de esta Ley;

5o.- Controlar el uso del suelo en el territorio del cantón, de conformidad con las leyes sobre la materia, y establecer el régimen urbanístico de la tierra;

11o.- Declarar de utilidad pública o de interés social los bienes materia de expropiación.

16o.- De acuerdo con las leyes sobre la materia fijar y revisar las tarifas para consumo de agua potable y demás servicios públicos susceptibles de ser prestados mediante el pago de las respectivas tasas, cuando sean proporcionados directamente por el Municipio.

21o.- Solicitar al Gobierno Nacional la adjudicación de las aguas subterráneas o de los cursos naturales que necesite para establecer o incrementar los servicios de agua potable, alcantarillado y electrificación. La adjudicación para estos servicios tendrá prioridad;

22o.- Resolver, en segunda y última instancia, de acuerdo con la Ley, sobre el establecimiento de servidumbres gratuitas de acueductos para la conducción de aguas claras y servidas y servidumbres anexas de tránsito;

39o.- Decidir sobre la asociación con otros Municipios o con entidades públicas.

LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL TÍTULO II

DEL REGIMEN INSTITUCIONAL DE LA GESTIÓN AMBIENTAL

Capítulo I

Del desarrollo sustentable

Art. 7.- La gestión ambiental se enmarca en las políticas generales de desarrollo sustentable para la conservación del patrimonio natural y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales que establezca el presidente de la República al aprobar el Plan Ambiental Ecuatoriano. Las políticas y el Plan mencionados formarán parte de los objetivos nacionales permanentes y las metas de desarrollo. El Plan Ambiental Ecuatoriano contendrá las estrategias, planes, programas y proyectos para la gestión ambiental nacional y será preparado por el Ministerio del ramo.

Capítulo III

Del sistema descentralizado de gestión ambiente

Art. 10.- Las instituciones del Estado con competencia ambiental forman parte del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental y se someterán obligatoriamente a las directrices establecidas por el Consejo Nacional de Desarrollo Sustentable.

Este Sistema constituye el mecanismo de coordinación transectorial, integración y cooperación entre los distintos ámbitos de gestión ambiental y manejo de recursos naturales; subordinado a las disposiciones técnicas de la autoridad ambiental.

Capítulo IV

De la participación de las instituciones del estado

Art. 12.- Son obligaciones de las instituciones del Estado del Sistema Descentralizado de Gestión Ambiental en el ejercicio de sus atribuciones y en el ámbito de su competencia, las siguientes:

- a) Aplicar los principios establecidos en esta Ley y ejecutar las acciones específicas del medio ambiente y de los recursos naturales;
- b) Ejecutar y verificar el cumplimiento de las normas de calidad ambiental, de permisibilidad, fijación de niveles tecnológicos y las que establezca el Ministerio del ramo;
- c) Participar en la ejecución de los planes, programas y proyectos aprobados por el Ministerio del ramo;

- d) Coordinar con los organismos competentes para expedir y aplicar las normas técnicas necesarias para proteger el medio ambiente con sujeción a las normas legales y reglamentarias vigentes y a los convenios internacionales;
- e) Regular y promover la conservación del medio ambiente y el uso sustentable de los recursos naturales en armonía con el interés social; mantener el patrimonio natural de la Nación, velar por la protección y restauración de la diversidad biológica, garantizar la integridad del patrimonio genérico y la permanencia de los ecosistemas;
- f) Promover la participación de la comunidad en la formulación de políticas para la protección del medio ambiente y manejo racional de los recursos naturales; y,
- g) Garantizar el acceso de las personas naturales y jurídicas a la información previa la toma de decisiones de la administración pública, relacionada con la protección del medio ambiente.

Art. 13.- Los consejos provinciales y los municipios, dictarán políticas ambientales seccionales con sujeción a la Constitución Política de la República y a la presente Ley. Respetarán las regulaciones nacionales sobre el Patrimonio de Áreas Naturales Protegidas para determinar los usos del suelo y consultarán a los representantes de los pueblos indígenas, afroecuatorianos y poblaciones locales para la delimitación, manejo y administración de áreas de conservación y reserva ecológica.

INSTRUMENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL

Capítulo I

De la planificación

Art. 14.- Los organismos encargados de la planificación nacional y seccional incluirán obligatoriamente en sus planes respectivos, las normas y directrices contenidas en el Plan Ambiental Ecuatoriano (PAE).

Los planes de desarrollo, programas y proyectos incluirán en su presupuesto los recursos necesarios para la protección y uso sustentable del medio ambiente. El incumplimiento de esta disposición determinará la inejecutabilidad de los mismos.

Art. 16.- El Plan Nacional de Ordenamiento Territorial es de aplicación obligatoria y contendrá la zonificación económica, social y ecológica del país sobre la base de la

capacidad del uso de los ecosistemas, las necesidades de protección del ambiente, el respeto a la propiedad ancestral de las tierras comunitarias, la conservación de los recursos naturales y del patrimonio natural. Debe coincidir con el desarrollo equilibrado de las regiones y la organización física del espacio. El ordenamiento territorial no implica una alteración de la división político administrativa del Estado.

Art. 17.- La formulación del Plan Nacional de Ordenamiento Territorial la coordinará el Ministerio encargado el área ambiental, conjuntamente con la institución responsable del sistema nacional de planificación y con la participación de las distintas instituciones que, por disposición legal, tienen competencia en la materia, respetando sus diferentes jurisdicciones y competencias.

Art. 18.- El Plan Ambiental Ecuatoriano, será el instrumento técnico de gestión que promoverá la conservación, protección y manejo ambiental; y contendrá los objetivos específicos, programas, acciones a desarrollar, contenidos mínimos y mecanismos de financiación, así como los procedimientos de revisión y auditoria.

Capítulo III

De los mecanismos de participación social

Art. 28.- Toda persona natural o jurídica tiene derecho a participar en la gestión ambiental, a través de los mecanismos que para el efecto establezca el Reglamento, entre los cuales se incluirán consultas, audiencias públicas, iniciativas, propuestas o cualquier forma de asociación entre el sector público y el privado. Se concede acción popular para denunciar a quienes violen esta garantía, sin perjuicios de la responsabilidad civil y penal por acusaciones maliciosamente formuladas.

El incumplimiento del proceso de consulta al que se refiere el artículo 88 de la Constitución Política de la República tornará inejecutable la actividad de que se trate y será causal de nulidad de los contratos respectivos.

Art. 29.- Toda persona natural o jurídica tiene derecho a ser informada oportuna y suficientemente sobre cualquier actividad de las instituciones del Estado que, conforme al Reglamento de esta Ley, pueda producir impactos ambientales. Para ello podrá formular peticiones y deducir acciones de carácter individual o colectivo ante las autoridades competentes.

Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales podrán apoyar y participar en el

manejo de la fauna urbana, promoviendo el establecimiento de centros de rescate y demás actividades contempladas en este Título. El ejercicio de estas competencias responderá al principio de complementariedad entre los diferentes niveles de gobierno.

Art. 145.- De las obligaciones y responsabilidades en relación con los animales. El tenedor o dueño de un animal, así como los propietarios de establecimientos que tratan con animales, según su especie, deberán satisfacer las siguientes necesidades básicas:

1. Alimentación, agua y refugio, de acuerdo a los requerimientos de cada especie;
2. Un trato libre de agresiones y maltrato;
3. Atención veterinaria; y
4. Respetar las pautas propias del comportamiento natural del animal, según su especie.

CODIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE

REGISTRO OFICIAL SUPLEMENTO 983 DE 12-ABR.-2017 ESTADO: VIGENTE

Título II

Institucionalidad y articulación de los niveles de gobierno en el sistema nacional descentralizado de gestión ambiental

Capítulo II

De las facultades ambientales de los Gobiernos Autónomos Descentralizados

Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales podrán apoyar y participar en el manejo de la fauna urbana, promoviendo el establecimiento de centros de rescate y demás actividades contempladas en este Título. El ejercicio de estas competencias responderá al principio de complementariedad entre los diferentes niveles de gobierno.

CAPITULO V

Calidad de los componentes abióticos y estado de los componentes bióticos

Art. 190.- De la calidad ambiental para el funcionamiento de los ecosistemas. Las actividades que causen riesgos o impactos ambientales en el territorio nacional deberán velar por la protección y conservación de los ecosistemas y sus componentes bióticos y abióticos, de tal manera que estos impactos no afecten a las dinámicas de las poblaciones y la regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos, o que impida su

restauración.

Art. 191.- Del monitoreo de la calidad del aire, agua y suelo. La Autoridad Ambiental Nacional o el Gobierno Autónomo Descentralizado competente, en coordinación con las demás autoridades competentes, según corresponda, realizarán el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire, agua y suelo, de conformidad con las normas reglamentarias y técnicas que se expidan para el efecto.

TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA (TULSMA)

Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua Anexo 1

Criterios de calidad para aguas de consumo humano y uso doméstico:

Esta Norma se aplica durante la captación de la misma y se refiere a las aguas para consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieran de tratamiento convencional, deberán cumplir con los siguientes criterios (ver tabla 1):

Tabla 1 límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Amonio	NH ₄	mg/l	0,05
Cloruro	Cl	mg/l	250
Coliformes Totales	nmp/100 ml		3 000
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		600
Color	color real	unidades de color	100
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	2,0
Dureza	CaCO ₃	mg/l	500
Nitrato	N-Nitrato	mg/l	10,0
Nitrito	N-Nitrito	mg/l	1,0
Olor y sabor			Es permitido olor y sabor removible por tratamiento convencional
Oxígeno disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6mg/l
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Sólidos disueltos totales		mg/l	1 000
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	400
Temperatura		° C	Condición Natural + o - 3 grados

Fuente: TULSMA Anexo 1

Criterios de calidad de aguas para la preservación de flora y fauna en aguas dulces frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuarios:

4.1.2.1 Se entiende por uso del agua para preservación de flora y fauna, su empleo en actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistemas asociados, sin causar alteraciones en ellos, o para actividades que permitan la reproducción, supervivencia, crecimiento, extracción y aprovechamiento de familias bio-acuáticas en cualquiera de sus formas, tal como en los casos de pesca y acuicultura.

4.1.2.2 Los criterios de calidad para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, aguas marinas y de estuario, se presentan a continuación (ver tabla 2):

Tabla 2 criterios de calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario.

PARÁMETROS	EXPRESADOS COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE		
			AGUA FRÍA DULCE	AGUA CÁLIDA DULCE	AGUA MARINA Y DE ESTUARIO
Oxígeno Disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% y no menor a 6 mg/l	No menor al 60% y no menor a 5 mg/l	No menor al 60% y no menor a 5 mg/l
Potencial de hidrógeno	Ph		6, 5-9	6, 5-9	6, 5-9, 5
Amoniaco	NH ₃	mg/l	0,02	0,02	0,4
Cloro residual	Cl	mg/l	0,01	0,01	0,01
Grasas y aceites	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3	0,3	0,3
Temperatura	°C		Condiciones naturales + 3 Máxima 20	Condiciones naturales + 3 Máxima 32	Condiciones naturales + 3 Máxima 32
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		200	200	200

Fuente: TULSMA Anexo 1

Además de los parámetros indicados dentro de esta norma, se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

La turbiedad de las aguas de estuarios debe ser considerada de acuerdo a los siguientes límites:

- Condición natural (Valor de fondo) más 5%, si la turbiedad natural varía entre 0 y 50 UTN (unidad de turbidez nefelométrica);
- Condición natural (Valor de fondo) más 10%, si la turbiedad natural varía entre 50 y 100 UTN,
- Condición natural (Valor de fondo) más 20%, si la turbiedad natural es mayor que 100 UTN;

- Ausencia de sustancias antropogénicas que produzcan cambios en color, olor y sabor del agua en el cuerpo receptor, de modo que no perjudiquen a la flora y fauna acuáticas y que tampoco impidan el aprovechamiento óptimo del cuerpo receptor.

2.2.4 Ley de aguas

Decreto Supremo No. 369. RO/ 69 de 30 de mayo de 1972.

Art. 13.- Para el aprovechamiento de los recursos hidrológicos, corresponde al Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos:

- a) Planificar su mejor utilización y desarrollo;
- b) Realizar evaluaciones e inventarios;
- c) Delimitar las zonas de protección;
- d) Declarar estados de emergencia y arbitrar medidas necesarias para proteger las aguas; y,
- e) Propender a la protección y desarrollo de las cuencas hidrográficas.

Art. 16.- Son obras de carácter nacional la conservación, preservación e incremento de los recursos hidrológicos.

TÍTULO II

DE LA CONSERVACIÓN Y CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS

Capítulo I

De la conservación Art. 20.- A fin de lograr las mejores disponibilidades de las aguas, el Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos, prevendrá, en lo posible, la disminución de ellas, protegiendo y desarrollando las cuencas hidrográficas y efectuando los estudios de investigación correspondientes.

Art. 21.- El usuario de un derecho de aprovechamiento, utilizará las aguas con la mayor eficiencia y economía, debiendo contribuir a la conservación y mantenimiento de las obras e instalaciones de que dispone para su ejercicio (EMAPAL, 2014).

TÍTULO IV

DE LOS USOS DE AGUAS Y PRELACIÓN

Art. 33.- Los aprovechamientos de agua están supeditados a la existencia del recurso, a las necesidades de las poblaciones, del fundo o industria y a las prioridades señaladas en esta

Ley.

Art. 34.- Las concesiones del derecho de aprovechamiento de agua se efectuarán de acuerdo al siguiente orden de preferencia:

- a) Para el abastecimiento de poblaciones, para necesidades domésticas y abrevadero de animales;
- b) Para agricultura y ganadería;
- c) Para usos energéticos, industriales y mineros; y,
- d) Para otros usos.

En casos de emergencia social y mientras dure ésta, el Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos podrá variar el orden antes mencionado, con excepción del señalado en el literal a).

TÍTULO V

DE LAS CONCESIONES DEL DERECHO DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS PARA USO DOMÉSTICO Y DE SANEAMIENTO

Art. 37.- Las concesiones de agua para consumo humano, usos domésticos y saneamientos de poblaciones, se otorgarán a los Municipios, Consejos Provinciales, Organismos de Derecho Público o Privado y particulares, de acuerdo a las disposiciones de esta Ley.

TÍTULO VII

DE LAS AGUAS PARA FINES ENERGÉTICOS, INDUSTRIALES Y MINEROS

Art. 40.- Se concederán derechos de aprovechamiento de aguas para la generación de energía destinada a actividades industriales y mineras, especialmente a las contempladas en el Plan General de Desarrollo del País.

Las aguas destinadas a la generación de energía y trabajos mineros deberán ser devueltas a un cauce público, obligándose el concesionario a tratarlas, si el Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos lo estimare necesario.

LIBRO I

DE LA AUTORIDAD AMBIENTAL TITULO I

De la Misión, Visión y Objetivos Ministerio del Ambiente

Art. 2.- VISION DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE: Se establece como visión institucional la siguiente: Hacer del Ecuador un país que conserva y usa sustentablemente su

biodiversidad, mantiene y mejora su calidad ambiental, promoviendo el desarrollo sustentable y la justicia social y reconociendo al agua, suelo y aire como recursos naturales estratégicos.

Título IV

De los Bosques y Vegetación Protectores

Art. 16.- Son bosques y vegetación protectores aquellas formaciones vegetales, naturales o cultivadas, arbóreas, arbustivas o herbáceas, de dominio público o privado, que estén localizadas en áreas de topografía accidentada, en cabeceras de cuencas hidrográficas o en zonas que por sus condiciones climáticas, edáficas e hídricas no son aptas para la agricultura o la ganadería. Sus funciones son las de conservar el agua, el suelo, la flora y la fauna silvestre.

Parágrafo I del agua

Art. 209.- De la calidad del agua. - Son las características físicas, químicas y biológicas que establecen la composición del agua y la hacen apta para satisfacer la salud, el bienestar de la población y el equilibrio ecológico. La evaluación y control de la calidad de agua, se la realizará con procedimientos analíticos, muestreos y monitoreos de descargas, vertidos y cuerpos receptores; dichos lineamientos se encuentran detallados en el Anexo I.

2.2. Marco Teórico

2.2.1 Cuenca Hidrográfica

La cuenca hidrográfica se define como una porción de zona geográfica que origina que el agua drene a su punto más bajo. La definición de cuenca hidrológica establece igualmente la disposición del agua en el subsuelo, por lo que, al incluir los aspectos geológicos, permite identificar la localización de acuíferos y sus zonas de recarga. Desde la perspectiva socio ecosistémica, la cuenca es un sistema complejo humano-bio-físico integrado (Moreno, 2000).

La cuenca hidrográfica está conformada por los recursos naturales y la construcción establecida por los seres humanos, en donde producen sus actividades económicas y sociales creando diferentes efectos favorables y no favorables para el bienestar humano y natural

La cuenca hidrográfica se establece como un sistema debido a que posee entradas y salidas, que permite conocer o cuantificar la cantidad de agua que ingresa a la misma, por medio de las precipitaciones, y la cantidad expulsada con relación a sus desembocaduras o su río

principal (Moreno, 2015) .

Otro aspecto favorable para considerarle un sistema es que existen interacciones entre sus elementos, por ejemplo, si existe una importante deforestación es posible que se presenten inundaciones en la parte baja en temporadas lluviosas (Galárraga, 2017).

También genera interrelaciones con los seres humanos, ya que estos pueden generar un uso irracional del agua para su producción agrícola, o eliminar sus plantas nativas para la construcción de potreros, esto demuestra una falta de educación ambiental o de leyes que permitan la conservación de esta.

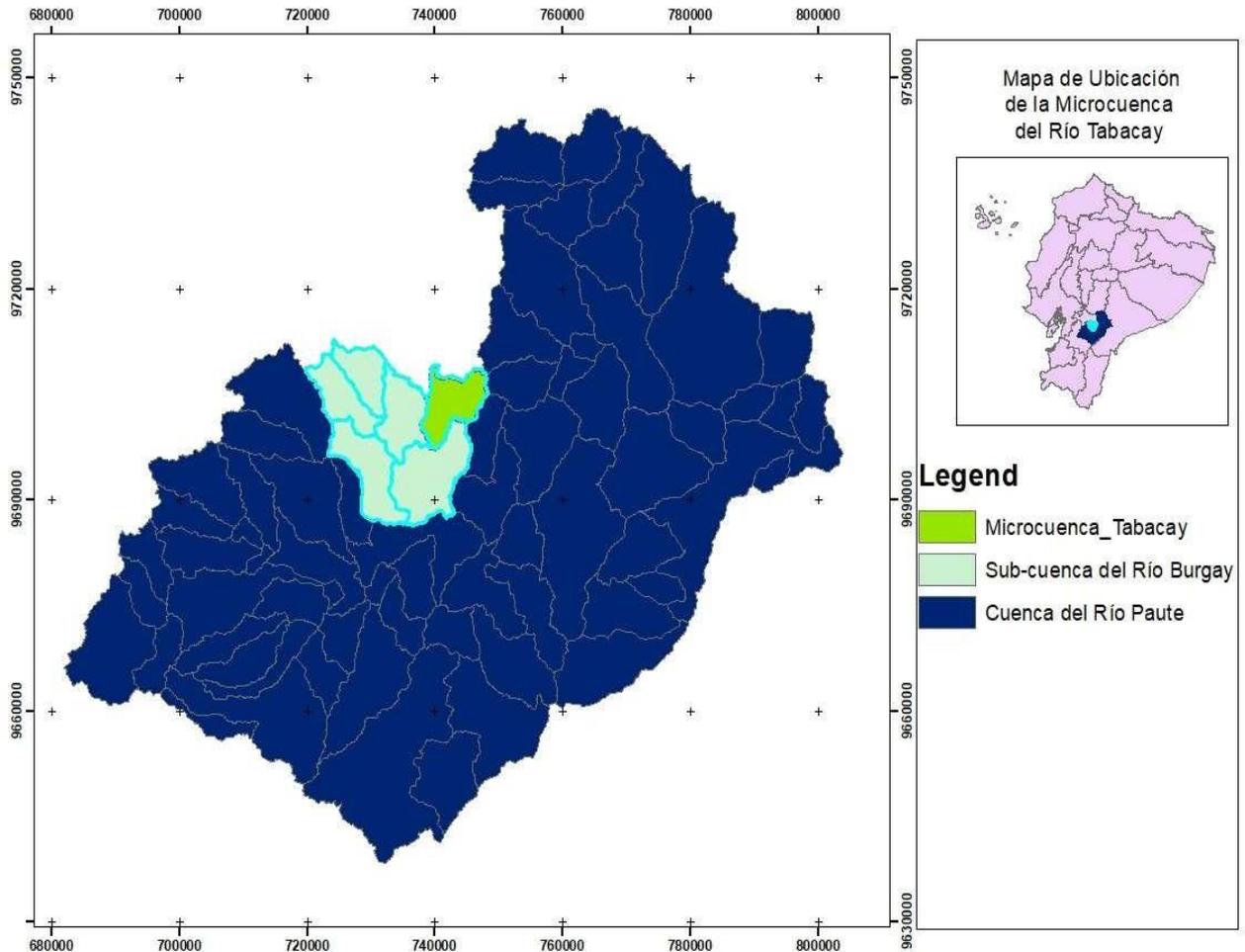
La cuenca presenta divisiones las cuales se establecen por relaciones entre el drenaje superficial y la importancia que tiene con el curso principal. Se divide en sub-cuenca, microcuenca, y las quebradas que son cauces menores.

2.2.2. Microcuenca Tabacay

2.2.2.1. Ubicación

La microcuenca del río Tabacay pertenece a la sub-cuenca del río Burgay, cuenca del río Paute, está ubicada en las parroquias Guapán y Bayas, pertenecientes al Cantón Azogues, Provincia del Cañar, República del Ecuador como se puede observar en la ilustración 1. Su principal afluente es la quebrada Nudpud. La derivación se hace a través de una rejilla al canal de admisión y conduce las aguas desde Nudpud hasta un sifón en Llaucay. Esta captación, al igual que la captación de Llaucay sirve en la actualidad a la nueva planta de tratamiento en el sector de Mahuarcay.

La microcuenca tiene una superficie de 6 650 hectáreas (66,5 Km²) de éstas su interés hídrico es de 4 144,06 hectáreas porque es la principal fuente de abastecimiento de agua para el cantón, se encuentra entre los cuadrantes 737700 - 748230 Este y 9698000 - 9709300 Norte. Posee un rango de altitud que va desde los 2 490 a los 3 730 metros sobre el nivel del mar (EMAPAL EP, 2014).



Mapa 1 Ubicación de la microcuenca del río Tabacay

Fuente: (EMAPAL EP, 2014)

2.2.2.2. Clima

La parte baja de la cuenca del río Tabacay tiene una distribución regular de precipitación durante el año, con dos pequeños máximos, en marzo y en octubre, y un pequeño mínimo en agosto. En la parte alta, la cantidad de precipitación presenta un máximo en junio y julio, y un mínimo de noviembre hasta febrero. En la parte alta llueve más que en la parte baja (precipitación anual promedio de 1 210 mm en la parte alta y 860 mm en la parte baja), aunque de octubre hasta diciembre llueve un poco más en la parte baja de la microcuenca (EMAPAL, 2014).

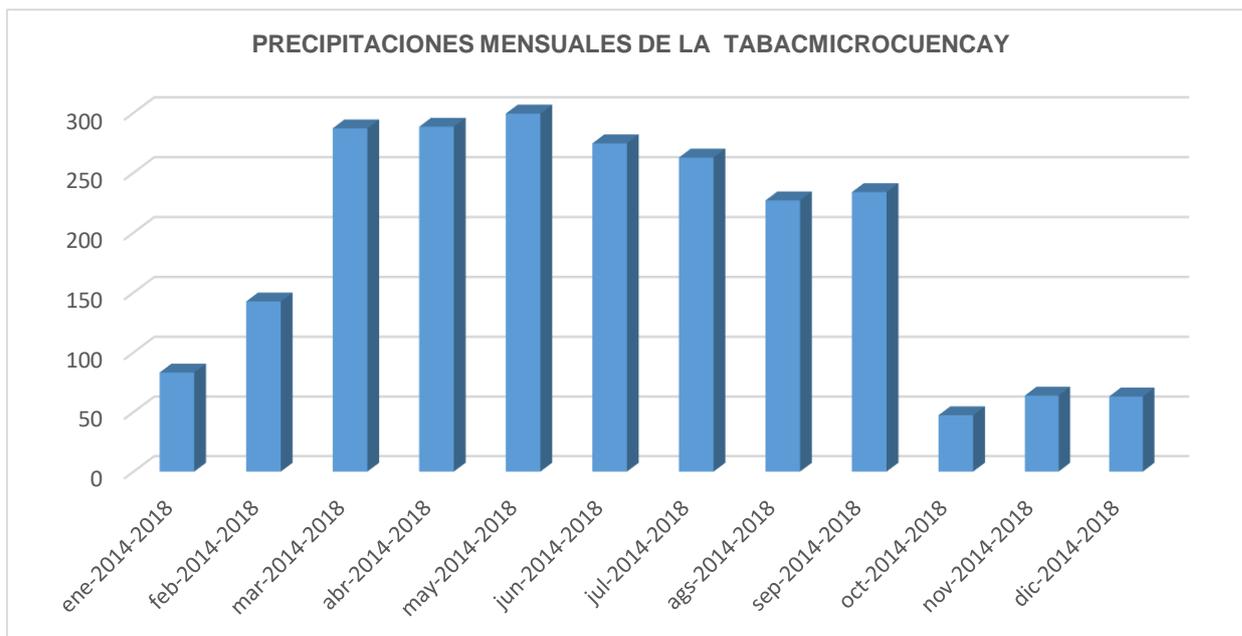


Grafico 1 Precipitación mensual en las quebradas de Llaucay y Córdoryacu entre 2014 y 2018.

Fuente: (EMAPAL, 2014)

En el gráfico 1 se puede apreciar el promedio por meses de las precipitaciones de la microcuenca del Tabacay desde el año 2014 hasta el 2018, los meses que mayor precipitación presentan son abril y mayo y los de menor precipitación poseen son octubre y noviembre.

El presente estudio fue realizado durante los meses de febrero y marzo, considerados como época seca y mayo y junio como época de lluvia.

2.2.2.3. Cobertura vegetal y conflictos del uso de suelos

Para la clasificación de la vegetación natural en la microcuenca del río Tabacay se tomó como base la “*Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental*” proyecto presentado por Sierra (1999)”, misma que recoge las experiencias de un gran número de estudios regionales de la vegetación dentro y fuera del Ecuador y constituye un trabajo de referencia a nivel nacional.

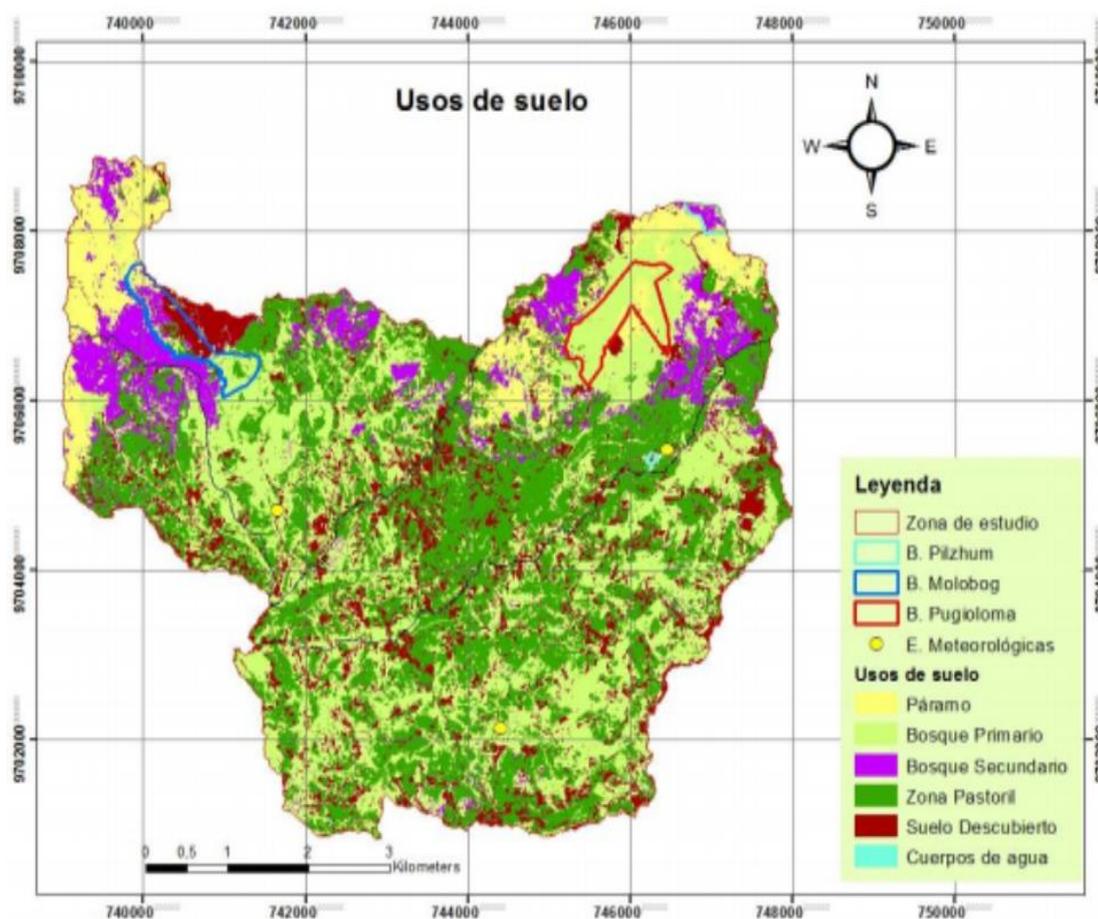
La clasificación aplicada es combinada, entre sistemas ecofisiológicos (desarrollados a partir de criterios bioclimáticos) y sistemas fisiómicos (enfaticando dominancias específicas de las familias de plantas).

Como se puede observar en la tabla 3, las formaciones naturales existentes dentro de la microcuenca del río Tabacay son variadas, y en relación, en el mapa 2 se puede determinar que las diversas actividades antrópicas han provocado el deterioro dentro de la microcuenca.

Tabla 3 Formaciones naturales presentes en la microcuenca del río Tabacay

Formación natural	Piso altitudinal (Sierra, 1999)	Altitud dentro de la cuenca del río Tabacay
Matorral húmedo montano	1500-2900 m.s.n.m	2000-3000 m.s.n.m
Bosque siempre verde montano alto	2900-3300 m.s.n.m	3000-3200 m.s.n.m
Páramo herbáceo	>3300 m.s.n.m	>3200 m.s.n.m
Páramo arbustivo	>3300 m.s.n.m	>3200 m.s.n.m

Fuente: (EMAPAL EP, 2014)



Mapa 1 Uso de suelo dentro de la microcuenca del río Tabacay

Fuente: (MORA, 2017)

En el mapa 2 se observa una distribución irregular de cada una de las clases de usos de suelo en la zona de estudio, esto resulta en la fragmentación de coberturas vegetales propias como bosque primario o páramo; este último se ubica únicamente en los sitios más altos de la zona de estudio (sobre los 3400 msnm), en tanto que zonas de bosque primario están distribuidas

por toda la zona de estudio a modo de parches que se mezclan con las zonas pastoriles y suelo descubierto.

Tabla 4 Tipos de Suelo Existente dentro de la Microcuenca del Rio Tabacay

	Clase superficial	Área/(km ²)	Porcentaje/%
1	Paramo	4.21	9.28%
2	Bosque primario	15.42	34.00%
3	Bosque secundario	3.53	7.78%
4	Zonas pastoriles	16.28	35.90%
5	Suelo descubierto	5.87	12.94%
6	Cuerpos de agua	0.04	0.09%
	Total	45.35	100.00%

Fuente: (MORA, 2017)

En la tabla 4 se puede observar los tipos de cobertura vegetal que presenta la microcuenca del rio Tabacay y podemos apreciar que predomina la presencia de pastos (35,90%), seguida por la de bosque primario (34,00%), en tanto que en la cuenca solo existe un 9% de paramo.

2.2.2.4. Biodiversidad

Pisos zoo geográficos

Según (Albuja et al., 1980), “ *los organismos vivos tienden a aumentar su población, exponiéndose en territorio ecológicamente favorable para su desarrollo, sin embargo, pueden encontrarse con diversos factores que limitan su extensión, por lo que estas familias poseen límites de tolerancia para los factores ambientales*”.

Pisos zoo geográficos en la microcuenca del río Tabacay

De acuerdo a las definiciones de pisos zoo geográficos emitidos por (Albuja et al., 1980), en la microcuenca del Tabacay existen dos pisos, descritos de acuerdo a la Tabla 5.

Tabla 5 Pisos zoográficos en la microcuenca del río Tabacay

Piso	Ubicación	Altitud	Clima	Altitud dentro de la cuenca del río Tabacay
Temperado	Estribaciones y valles	1800-2000 m.s.n.m a 2800-3000 m.s.n.m	Temperado	2000-3000m.s.n.m
Altoandino	Altos Andes	>3000m.s.n.m	Frío	>3000m.s.n.m

Fuente: (EMAPAL EP, 2014)

Por la gran complejidad que posee diversos factores entre ellos los orográficos y climáticos existe gran dificultad de clasificar, delimitar y nominar las zonas zoo geográficas, asociado a esto, la migración que existe por parte de los animales (puma, oso andino, venado), cuyas causas es debido a que su zona de hábitat está afectada por la acción antropogénica (Albuja et al., 1980).

2.2.2.5. Infraestructura hidráulica

La subestructura hidráulica principal que actualmente administra la Empresa de Agua Potable y Alcantarillado de Azogues consta de las captaciones en las quebradas de Córdoryacu, Rosario, Nudpud y Llaucay; el agua captada es trasladada a una planta de tratamiento ubicada en la parroquia Bayas para su posterior distribución a la ciudad de Azogues para su consumo (Garate, 2008).

2.2.2.6. Usos del agua de la microcuenca del Tabacay

El crecimiento poblacional ha provocado un aumento en el consumo de agua dentro de la microcuenca, por lo que es necesario aplicar un manejo integrado de los recursos hídricos para un consumo racional, además de considerar las actividades antropogénicas (como las ganaderas, agrícolas y las industriales), que generan la contaminación del agua debido a la producción de aguas servidas que son evacuadas directamente a través del drenaje natural de la cuenca, lo que ocasiona la polución del río Tabacay y posteriormente la del río Burgay a su paso por Azogues (Pauta et al., 2017).

Otro uso que se da al agua es para el riego de pastizales que alimentan al ganado, lo que se realiza mediante pequeños canales de corta extensión que abarcan los sitios más cercanos a las quebradas, o para darles de beber a los mismos; muchas de las veces el ganado es localizado en las riberas de las quebradas para su pastoreo lo que implica una contaminación mayor del agua.

Finalmente, la problemática que mayormente se encuentra en la microcuenca alta, debido al uso inadecuado e indiscriminado de los suelos conocidos como de tipo Andosol e Histosol presentes en este ecosistema de los bosques altoandinos, constituyen el agente regulador del ciclo hidrológico en las montañas de los Andes. Este suelo se ve constantemente afectado por las prácticas agrícolas, el uso del arado para sus sembríos y la compactación provocados por el pisado del ganado en estos suelos, lo que provoca que las características hidrofísicas positivas no puedan cumplir con la tarea de almacenamiento del agua, y genera problemas e irregularidades en la calidad del agua, estas son acciones que se vuelven dañinas para la conservación de zonas protegidas, la regulación hídrica y las fuentes de abastecimiento de

agua potable para la ciudad de Azogues, haciendo más difícil y costoso el proceso de potabilización. Las diferentes situaciones antes establecidas crean la necesidad de registrar controles de la calidad de agua.

Se debe considerar que, mientras más limpia sea el agua de la fuente para consumo humano, más sana será para consumirla, sabiendo que es un recurso vital e indispensable para subsistir (Pauta et al., 2017).

2.2.2.7. Percepciones sociales sobre los recursos naturales de la microcuenca del Tabacay

Es importante destacar las percepciones sobre la conservación y manejo de los recursos naturales que tiene la población de la microcuenca. Para el efecto, se introdujeron algunas variables que permiten establecer las formas en las que las actividades antrópicas propias de la zona, inciden en los recursos naturales (Pauta et al., 2017).

Del total de hogares, el 71% coincide en señalar que sí existe contaminación en la microcuenca, en tanto que el 29% que considera lo contrario. En las partes bajas de la microcuenca, la simple observación, permite determinar ciertas formas y niveles de contaminación y sus impactos; por el contrario, en otros sectores, esta es menos visible y sus efectos no son muy sentidos. En los sectores alejados de los centros urbanos, no existe adecuada infraestructura para el desalojo de excretas, por lo tanto; las familias realizan sus necesidades a campo abierto, lo que representa un factor de alta contaminación y riesgo para la salud. En tal sentido, el 16% considera que los excrementos humanos contaminan ríos, quebradas y acequias (Pauta et al., 2017).

En las partes bajas de la microcuenca, existen algunas redes de alcantarillado público y unas pocas de tipo privado, cuyo desfogue lo realizan en ríos y/o quebradas, elevando el factor de contaminación a alto impacto (Pauta et al., 2017). Al respecto, el alto nivel de percepción que tienen los habitantes de la microcuenca permite establecer que “si somos nosotros los que contaminamos, somos nosotros los que debemos hallar las soluciones”. Esta referencia lleva a, establecer que las acciones que se tengan que implementar en la cuenca, deben ser concertadas entre las instituciones y los pobladores.

El consumo de leña en la microcuenca es generalizado, está en relación con la posesión de pequeñas y medianas propiedades en las partes media y alta de la microcuenca, en donde los propietarios aprovechan entre otras actividades para su recolección. Se determina que el 74% obtiene este recurso de los bosques naturales mientras que el 22% extrae del bosque exótico, básicamente de eucalipto y de pino, en tanto que, existen otros que, por no poseer terrenos en

las partes altas o boscosas, se ven en la necesidad de comprar (Pauta et al., 2017).

2.3. Calidad hidromorfológica

Dentro las características hidromorfológicas se consideran diferentes aspectos: el caudal que hace referencia a la cantidad de agua que circula en una sección determinada en cierto tiempo, en función de su velocidad de flujo y área de columna. El instrumento más utilizado para medir el caudal es el correntómetro o molinete, su medición debe realizarse en zonas de caudal de flujo continuo y donde su recorrido se encuentre delimitado por las orillas; evitar las áreas en donde se encuentren turbulencias o remolinos (Acosta et al., 2014a).

El objetivo principal de estos aspectos es valorar el grado de degradación fluvial y de la ribera que son condiciones muy importantes para la supervivencia de las comunidades biológicas, debido a que puede existir una buena calidad de agua, pero variaciones en estos aspectos pueden generar daños a las comunidades biológicas y reducir su diversidad.

Hábitat fluvial

La inclusión y limitación de sustrato considera el grado de la inserción de cantidad de sedimentos (arena compactada) presentes en los sustratos minerales (bloques), los cuales pueden ser perjudiciales para la colonización de los macroinvertebrados si estos existen en gran cantidad. Si estos se encuentran poco adheridos y son de fácil desprendimiento su inclusión es baja (0-30%) (Acosta et al., 2014a).

La frecuencia de los rápidos hace referencia a zonas donde las plantas crecen en corrientes de aguas impetuosas que son adecuadas para el hábitat de los macroinvertebrados, al contrario, si solo existe la presencia de someros o un flujo laminar esto es perjudicial ocasionando una limitación en el hábitat de estos (Albuja et al., 1980).

Otro aspecto a valorar en el hábitat fluvial es la composición del sustrato, debido a que, si existe una gran variedad en los sustratos minerales, esto favorecerá a la presencia de distintos grupos de macroinvertebrados (Acosta et al., 2014a).

De acuerdo a Domínguez y Hernández (2009), los regímenes de velocidad/profundidad evalúan un efecto conjunto de la velocidad y profundidad que se encuentra en el tramo a evaluar estos pueden ser lento- profundo, lento-somero, rápido-profundo, rápido-somero.

La presencia de sombra en la quebrada aporta dos factores importantes, uno de ellos la radiación sobre el cauce y el otro la presencia de hojarasca proveniente de las riberas, si existe muy poca sombra, puede ser poco beneficioso debido a que algunos

macroinvertebrados no estarán presentes (Acosta et al., 2014a).

El último parámetro a evaluar dentro del hábitat fluvial, es la presencia de elementos de heterogeneidad determinando hábitats mucho más complejos produciéndose nichos ecológicos que a su vez incrementarían la presencia de macroinvertebrados, dentro de estos elementos se pueden encontrar hojarasca, troncos, ramas, diques naturales y la composición vegetal acuática, factores indispensables dentro de los cuales se encuentran el plecton representados principalmente por algas filamentosas, las mismas que se encuentran adheridas al sustrato, las briofitas o musgos que se encuentran en las orillas o en las rocas y piedras, las fanerógamas acuáticas que son microfitos que suelen localizarse en la orilla o en el centro del cauce; el pecton que son microalgas aplanadas y se localizan en rocas (Acevedo et al., 2013).

2.3.1. Índice de Hábitat Fluvial (IHF)

El índice de hábitat fluvial valora la capacidad del hábitat físico para que pueda sobrevivir una fauna determinada, ya que a una mayor heterogeneidad y diversidad de estructuras físicas del hábitat le corresponde una mayor diversidad de las comunidades biológicas que en ellos se encuentran (Haun & Fortes, 2015).

La heterogeneidad del hábitat fluvial representa uno de los principales componentes de influencia de la riqueza de familias de invertebrados acuáticos. Debido a esto se han desarrollado técnicas y métodos de muestreo en ríos para evaluar la calidad biológica en función de los macroinvertebrados, y en los cuales se contempla el muestreo de todos los hábitats fluviales para poder obtener datos sobre las familias existentes (Haun & Fortes, 2015). (Anexo G).

Para determinar el IHF se tomó en cuenta 7 parámetros, condiciones abióticas y bióticas que según Palma, Figueroa y Ruiz (2009) están presentes en los ríos de la región austral del Ecuador, estos son los siguientes:

- 1) Inclusión y limitación del sustrato
- 2) Frecuencia de los rápidos
- 3) Composición del sustrato
- 4) Regímenes de velocidad/profundidad
- 5) Sombra del cauce
- 6) Elementos de heterogeneidad
- 7) Cobertura de vegetación acuática (Anexo G)

Calidad de Ribera

La región alto-andina presenta una gran diversidad de comunidades vegetales de ribera sin embargo solamente se distinguen dos tipos: los bosques y los páramos. De esta manera se podrá evaluar las características de las riberas en relación con la presentación de bosques con familias arbustivas y árboles, las cuales también pueden encontrarse en zonas de matorral montano húmeda y seca, la presencia de arbustos bajos y pajonales serán característicos de los páramos (Acosta, Mosquera, Sotomayor G, & Galarza, 2014b). En la microcuenca del Tabacay existen dos tipos básicos de ribera, el páramo y el ecosistema transformado a pastos para la ganadería.

2.3.2. Índice de Calidad de Bosque de Ribera (QBR)

La importancia de las riberas radica en su elevada riqueza y diversidad florística y faunística, que influyen directamente sobre la calidad ambiental del ecosistema acuático que rodea, constituyen la entrada de nutrientes y materiales orgánicos externos y participan en la retención y atenuación de los efectos destructores de las avenidas de agua. La calidad del bosque de ribera es un elemento clave para la calificación del estado ecológico (Suárez, 2015) (Anexo H).

2.4. Indicadores de Calidad del agua

La calidad natural del agua se define como un conjunto de parámetros físicos, químicos y biológicos sin la intervención humana, cuando esta existe se modifican estas variables y se entiende como calidad de agua.

Actualmente el concepto de calidad de agua se ha ampliado a un aspecto más globalizado que enmarca todos los aspectos de todo un ecosistema acuático, tanto biótico como abiótico (Suárez, 2015).

La Directiva Macro sobre el Agua propone un concepto de calidad de agua que abarca el estado ecológico que considera el componente principal para la determinación y la conservación del agua a través del estado ecológico. El estado de masa de agua hace referencia al grado de cambio en relación con sus condiciones naturales, a diferencia del estado ecológico que es la calidad de la composición y el funcionamiento de los ecosistemas presentes, este funciona evaluando y comparando ciertos valores de indicadores hidromorfológicos, fisicoquímicos y biológicos.

Los ecosistemas acuáticos mantienen una gran diversidad de organismos, incluso mayor a

los terrestres, por lo que los impactos como la contaminación inducen a cambios en las estructuras de las comunidades, las funciones biológicas de los sistemas acuáticos, afectando su ciclo de vida, crecimiento y su condición reproductiva. Por este motivo, algunos organismos pueden proporcionar información de cambios físicos y químicos en el agua, ya que a lo largo del tiempo se revelan modificaciones en la composición de la comunidad.

Estos indicadores van a ser, de manera general, biológicos para determinar el estado ecológico; y químicos (presencia de sustancias prioritarias) para determinar el estado químico, además de algunos físicos tomados in situ.

El estado global de una masa de agua será el compendio del estado ecológico y del estado químico. La evaluación, en consideración del protocolo aplicado, consta del análisis de los siguientes parámetros:

- Temperatura del agua
- Oxígeno disuelto
- Saturación de oxígeno
- pH
- Conductividad (Anexo K).

2.4.1. Indicador Físicoquímico

a. Índice de Calidad de Agua (ICA)

Este índice fue desarrollado por la Fundación de Sanidad Nacional de EE. UU (NSF), se valora mediante los elementos básicos en función de los usos del agua, son índices de usos específicos, de acuerdo a los usos prioritarios que el agua pueda tener (Torres et al., 2010).

Son utilizados principalmente para valorar los cambios en la calidad del agua, ya sea en río o quebradas, también para comparar la calidad del agua en diferentes ríos o en diferentes tramos del río, cuyos resultados son para considerar si el agua es saludable o no.

Según Torres, et. al (2010), el índice de calidad de agua valora 9 parámetros, los mismos que son:

- 1) **Coliformes fecales.** - La existencia de este factor en el agua superficial se debe a la presencia de contaminación fecal, en este caso puede deberse a la presencia de ganado cerca de las quebradas, o por la inadecuada disposición de residuos sólidos
- 2) **pH.** – El pH de las aguas sin intervención humana, se rige por los equilibrios dióxido

de carbono-bicarbonato-carbonato. Su variación va entre 6,5-8,5. Es un parámetro importante de evaluación en la calidad del agua, debido a que la evolución química de varios metales, la biodisponibilidad, solubilidad del agua, están determinadas por el pH

- 3) **Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días.** - La determinación de este parámetro se relaciona con el aporte de materia orgánica, cuantifica la cantidad de oxígeno necesaria para los microorganismos para que realicen sus funciones de oxidar, degradar o estabilizar la materia orgánica.
- 4) **Nitratos.** - Son de gran importancia, ya que sirven de nutrientes para las plantas, los vertidos abundantes en nitrógeno producen una eutrofización y nitrificación, con una gran concentración de nitratos, aumentando los riesgos de contaminación para las personas que utilizan el agua.
- 5) **Fosfatos.** - Es el segundo principal nutriente responsable de la eutrofización de los cuerpos de agua superficial, estos fósforos ingresan por escorrentía de la actividad agrícola, es el responsable del crecimiento de aguas.
- 6) **Cambio de la Temperatura.** - Este factor se relaciona con la condición del agua, ya que se relaciona con la supervivencia de familias acuáticas.
- 7) **Turbidez.** - Es la opacidad que se genera por la presencia de materia orgánica impidiendo la penetración de rayos de luz.
- 8) **Sólidos Totales.** - Se relaciona con los factores estacionales del caudal y es afectado por la precipitación, su concentración puede variar de un tramo a otro, esto puede deberse al cauce o a las actividades antrópicas que se pueden generar en la zona, que genera efectos perjudiciales en la penetración de luz, fotosíntesis.
- 9) **Oxígeno Disuelto.** - Este parámetro se considera por el aporte de oxígeno en el agua, atmósfera para la actividad fotosintética de las plantas acuáticas, su evaluación refleja la subsistencia y la capacidad recuperadora del agua (Anexo K).

Cabe mencionar que cada uno de los parámetros tiene un valor de acuerdo la tabla 6.

Tabla 6 Índice de calidad del agua general “ICA”

I	Parámetros	Wi
1	DO	0.17
2	Ph	0.16
3	DBO5	0.11
4	BOD	0.11
5	Temperatura	0.10
6	Fosfatos	0.10
7	Nitratos	0.10
8	Turbidez	0.08
9	TS	0.7

Fuente: (Torres et al., 2010)

Este valor se obtiene mediante la ecuación 1 la cual utiliza una suma lineal ponderada de los subíndices (ICAa) o una función ponderada multiplicativa (ICAm).

$$ICA = \sum_{i=1}^N Sub_i^{w_i} \quad (1)$$

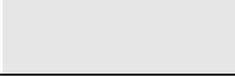
Dónde:

Wi: Pesos relativos asignados a cada parámetro (Sub_i), y ponderados entre 0 y 1, de tal forma que se cumpla que la sumatoria sea igual a uno.

Sub_i: Subíndice del parámetro i.

La valoración del agua se establece en un puntaje que va desde 0 - 100 siendo este su puntuación máxima, el cual disminuye con el aumento de la contaminación. La calidad del agua se clasifica de la siguiente manera:

Tabla 7 Calidad del agua de acuerdo al ICA

CARACTERÍSTICA	VALOR	COLOR
Excelente	91-100	
Buena	71-90	
Regular	51-70	
Mala	26-50	
Pésima	0-25	

Fuente: (Torres et al., 2010)

Según la interpretación de la calidad del agua, si el valor es superior a 90, quiere decir que las aguas poseen una alta diversidad de la vida acuática y sería más saludable para el consumo humano, las aguas que se encuentren en una categoría regular tienen menor diversidad, las aguas con mala categoría asientan una baja diversidad y presentan problemas de contaminación, en tanto que, las aguas con una valoración de calidad pésima tienen un número limitado de los organismos acuáticos y más problemas de contaminación (Palma, Figueroa, & Ruiz, 2009).

Según (Sierra, 1999) el índice de calidad de agua posee ventajas y limitaciones entre ellas se encuentran las siguientes:

Ventajas:

- Permite mostrar la variación espacial y temporal de la calidad del agua.
- Es un método simple, conciso y válido para expresar la importancia de los datos generados.
- Útil en la evaluación de la calidad del agua para usos generales.
- Permite a los usuarios una fácil interpretación de los datos.
- Puede identificar tendencias de la calidad del agua y áreas problemáticas.
- Permite priorizar para evaluaciones de calidad del agua más detalladas.
- Ayuda en la definición de prioridades con fines de gestión.

Limitaciones:

- Proporciona un resumen de los datos.
- No brinda información completa sobre la calidad del agua.
- No puede evaluar todos los riesgos presentes en el agua.
- Puede ser subjetivo y sesgado en su formulación.
- No es de aplicación universal debido a las diferentes condiciones ambientales que presentan las cuencas de una región a otra.

2.4.2.Indicadores Biológicos

El biomonitoreo se puede definir como la medición sistemática de uno o más bioindicadores de un hábitat con el propósito de mantener bajo vigilancia su capacidad para soportar una biota característica.

El bioindicador biológico es un conjunto de técnicas que nos sirven para valorar la sensibilidad y la reacción de los organismos vivos acuáticos a diversas sustancias tóxicas

para el ambiente, es decir son los efectos producidos por los contaminantes en los organismos, permitiendo a su vez valorar la calidad del agua.

Se consideran como buenos bioindicadores cuando presentan una amplia distribución, capacidad de bioacumulación y respuestas específicas y permiten la evaluación de impactos a nivel de individuo. Los organismos más utilizados en la valoración del biomonitoreo de los ríos son los peces, macroinvertebrados bentónicos y algas.

Macroinvertebrados Bentónicos

Los ecosistemas acuáticos mantienen una gran diversidad de organismos, incluso mayor a los terrestres, por lo que los impactos como la contaminación inducen cambios en la estructura de las comunidades, la función biológica de los sistemas acuáticos y al propio organismo, afectando su ciclo de vida, crecimiento y su condición reproductiva, por tal motivo, algunos organismos pueden proporcionar información de cambios físicos y químicos en el agua, ya que a lo largo el tiempo revelan modificaciones en la composición de la comunidad de los ecosistemas acuáticos (Rosales & Sánchez, 2016).

Los macroinvertebrados son excelentes indicadores de la calidad del agua. Estos se denominan macros debido a que pueden ser observados a simple vista, ya que miden entre 2 milímetros y 30 centímetros, invertebrados ya que no tienen huesos, y acuáticos porque viven en los lugares con agua dulce: esteros, ríos, lagos y lagunas (Reyes & Peralbo, 2001)

Estos organismos son buenos bioindicadores de la calidad del agua, debido a que ciertas familias necesitan de una buena calidad de agua para sobrevivir, a diferencia de otras que pueden vivir en aguas contaminadas o en ciertas perturbaciones ya que poseen una mayor resistencia, crecen y se reproducen. Por ejemplo; los plecópteros son muy sensibles a la contaminación del agua, la mayoría de los dípteros son muchos más tolerantes. Por lo tanto, la presencia y abundancia de diversas familias de plecópteros en un tramo fluvial nos indica la ausencia de contaminación en el mismo.

Los macroinvertebrados incluyen larvas de insectos como mosquitos, caballitos del diablo, libélulas o helicópteros, chinches, moscas de aliso. Inician su vida en el agua y luego se convierten en insectos de vida terrestre (Reyes & Peralbo, 2001).

Además de los insectos, otros macroinvertebrados son: caracoles, conchas, cangrejos azules, camarones de río o minchillas, planarias, lombrices de agua, ácaros de agua y sanguijuelas (Giacometti, 2006). Los macroinvertebrados pueden habitar en hojas flotantes o sus restos, en palos caídos y en descomposición, en el lodo, arena, debajo de las piedras, zonas donde

el agua es más corrientosa (Espino & Pulido, 2000).

Estos a su vez pueden alimentarse a base de plantas acuáticas, otras plantas y algas, de otros invertebrados y peces, restos en descomposición, elementos nutritivos del suelo, animales en descomposición, elementos nutritivos del agua (Reyes & Peralbo, 2001).

Los macroinvertebrados son de forma redondeados, ovalados, alargadas y espirales, estos también poseen patas que varían en número de entre 6 y 10 patas (Reyes & Peralbo, 2001).

El principal grupo de macroinvertebrados en las aguas dulces son los insectos, estos viven en sus estados inmaduros como huevos y larvas, y su forma adulta por lo general no se encuentra en el agua, salen para terminar su desarrollo en el medio aéreo o terrestre (Baptista, 2006.).

Estos organismos son de gran importancia en los ecosistemas acuáticos, son considerados como un componente importante de la biomasa animal, poseen una gran trascendencia en la transferencia de energía desde recursos basales hasta los consumidores superiores de las cadenas tróficas, esto se logra debido a que los macroinvertebrados se nutren de materia orgánica generada por organismos fotosintéticos y de la materia orgánica procedente de la zona de ribera, para luego ser estos una fuente principal de alimento de peces y de vertebrados que conforman el ecosistema (Reyes & Peralbo, 2001).

Los macroinvertebrados se clasifican en:

Neuston. – Son organismos que viven en el agua y que gracias al exoesqueleto que poseen de patas y uñas, al estar cubiertos de sustancia serosa pueden mantenerse encima del agua ya sea caminando o brincando, al vencer la tensión superficial. Un ejemplo de esto son las familias Veliidae, Gerridae (Vizcaíno, 2008).

Necton. - Son aquellos organismos que pueden nadar libremente sobre la superficie acuática, por ejemplo; las familias del orden coleóptera, hemíptera y efemeróptera (Moreno, 2000).

Bentos. - Son organismos que viven adheridos a los sustratos de la quebrada como hojarasca, palos, piedras, etc. Los principales ordenes que representan son las Ephemeroptera, Plecoptera, Tricoptera y Dípteras (Vizcaíno, 2008).

Las ventajas de la utilización de los macroinvertebrados en la determinación de la calidad del agua son:

- Se encuentran en la mayoría de los ecosistemas acuáticos y sus diferentes tipos de hábitats.

- Presentan gran diversidad de formas biológicas y ciclos de vida largos por lo que responden colectivamente a una amplia variedad de perturbaciones, tanto crónicas como eventuales.
- Relativamente sedentarios, por lo que son representativos del área donde son muestreados.
- Tiene ciclos de vida corto en relación a los peces y reflejan con mayor rapidez las alteraciones del medio ambiente.
- Viven y se alimentan sobre los sedimentos, donde por lo general las toxinas se acumulan.
- Son sensibles a diversos factores de perturbación y responden a las sustancias contaminantes presentes tanto en el agua como en los sedimentos.

Desventajas de las familias indicadoras:

- Las familias indicadoras tienen áreas de distribución geográfica muy limitada, lo cual puede restringir su utilidad.
- Las familias indicadoras pierden su valor cuando los problemas de contaminación se deben a factores diferentes para el cual fueron calificadas.

2.4.3. Evaluación de macroinvertebrados

a. Índice Biótico Andino (ABI)

Este índice sirve para valorar la conservación de los organismos acuáticos andinos y la calidad del agua, consiste en la asignación de valores a cada familia de macroinvertebrados, los mismos que van desde 1 hasta 10, significando el 1 que son más tolerantes a la contaminación y el 10 que son más sensibles a las sustancias tóxicas (Encalada, et al., 2011). Posteriormente se realiza la sumatoria de todos los puntajes de las familias encontradas y el valor obtenido constituye el puntaje ABI siendo el indicador de calidad de agua en el sitio de muestreo, se debe tener en cuenta que si en el tramo aparecen más de un individuo de una familia, ésta sólo se puntuará una vez (Encalada, et al., 2011).

La principal ventaja de utilizar este índice permite calificar la calidad del agua de acuerdo a la información taxonómica de los macroinvertebrados; es un método que se emplea principalmente en zonas mayores a los 2000 msnm, recopilando así solo datos cualitativos observando si existe la presencia o ausencia de las familias (Encalada, et al., 2011)

De acuerdo a la siguiente tabla se realiza la clasificación de la calidad del agua:

Tabla 8 Clasificación de calidad de agua de acuerdo al ABI

ABI	Calidad de Agua
>96	Muy Bueno
59-96	Bueno
35-58	Regular
< 35	Malo

Fuente: (Encalada, et al., 2011)

De acuerdo a su puntaje ABI que se encuentra en el Anexo D.

Rango de individuos que se consideran para el rango de abundancia para la aplicación del ABI:

Tabla 9 Rango de individuos para la abundancia

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

Fuente: (Encalada, et al., 2011)

b. Índice Biological Monitoring Water Party (BMWP)

Es un Índice que permite valorar la calidad del agua en relación a la familia de macroinvertebrados, se asigna un puntaje entre 1 - 10 de acuerdo a cada familia en relación a su tolerancia con los contaminantes (Anexo E) (Acevedo et al., 2013).

2.5. Índice de Equidad

2.5.1. Índice de Shannon

Para Moreno (2000), el índice de Shannon permite valorar la abundancia de las familias, ya que genera una uniformidad de los valores a través de las familias de la muestra, midiendo el grado de incertidumbre que determine la especie perteneciente a un individuo escogido al

azar de una muestra, debido a que asume que los organismos son escogidos al azar, sus valores se representan entre cero, si existe una sola especie, y la presencia del logaritmo S, cuando todas las familias se encuentran representadas por el mismo número de organismos. Se calcula mediante la ecuación (2):

Fórmula de Shannon:

$$H' = \sum pi * (ln * pi) \quad (2)$$

$$Pi = \frac{S}{N} \quad (3)$$

Dónde:

S: número total de familias

N: número total de individuos

2.6. Convenios de Acuerdos Recíprocos por el Agua (ARAs)

Los Acuerdos Recíprocos por el Agua, trata de que los propietarios de tierras, usuarios del agua y las autoridades locales en una cuenca trabajan de forma conjunta para lograr una solución simple y local para conservar los bosques y otros ecosistemas que regulan el suministro de agua en las cuencas claves (Ramírez, Andrade, Rojas, Sparer, & Zárate, 2016).

Los Acuerdos Recíprocos por Agua (ARA) se basan en un programa local de “pagos por servicios hidrológicos” donde los usuarios de agua desean un recurso de agua limpia, a cambio de estos ellos pagan incentivos a los agricultores de la cuenca alta para que manejen de forma sostenible los bosques y páramos (Haun & Fortes, 2015).

Estos convenios garantizan una regularidad y una buena calidad de los flujos del agua para sus distintos usos ya sea doméstico, o en el sector agrícola, esto se genera mediante una protección en la cuenca y reciprocidad entre los beneficiarios.

Los fundamentos del enfoque ARA incluyen tres elementos principales:

- Mecanismo de financiamiento permanente.
- Institucionalidad local.
- Acuerdos de largo plazo que generen compromiso entre beneficiarios.

Los convenios ARAs no se basa en un incentivo financiero o en efectivo, al contrario, este se fomenta en incentivos materiales para un mejor manejo de la tierra como alambre de púas y cercas, así como insumos para actividades económicas alternas que normalmente son

seleccionadas por los beneficiarios mismos (Rosales & Sánchez, 2016).

Los ARAs tienen por objeto proteger la vegetación de ribera, la misma que se ve afectada por la intervención agrícola, debido a la presencia del ganado en las quebradas, la presencia de los animales genera un impedimento en la regeneración de la vegetación de la ribera, otra amenaza significativa es la escorrentía de pesticidas y productos químicos que los agricultores utilizan en sus cultivos, generando daños irreversibles en la integridad ecológica de la microcuenca, a si también a los organismos acuáticos, favoreciendo al crecimiento de bacterias nocivas (Sierra, 1999).

ARAs para la biodiversidad

Los ecosistemas naturales son de importancia para la conservación de los bosques, páramos y riberas para mantener la biodiversidad de la zona, los convenios ARAs tienen como objetivo conservar la conectividad de la ribera con el caudal del arroyo impidiendo que en esta zona exista la intervención agrícola o ganadera, para generar el sustento de la biodiversidad (Couceiro et al., 2007).

ARAs para los medios de vida.

Los convenios ARAs promueve una mejor comprensión de los usos de tierra adecuados aguas arriba que no afecten a la disponibilidad y calidad del agua corriente abajo. Por lo general las personas aguas arriba no están conscientes de cómo sus acciones producen daños en el agua y su ecosistema, ignorando los efectos que puede producir en las personas agua abajo, mientras que las personas aguas abajo desconocen el origen de este suministro (Torres et al., 2010).

Por lo que los convenios ARAs en este ámbito, tienen como objetivo que las personas aguas arriba entienda la importancia de mantener saludable a la microcuenca; mientras que la persona agua abajo tiene que conocer y saber de dónde proviene su abastecimiento de agua y como evitar un uso inadecuado de este recurso.

Componentes de un ARAs

Los fundamentos del enfoque ARA incluyen tres elementos principales:

1. Un mecanismo de financiamiento permanente que asegure recursos financieros de diversas fuentes, especialmente de los usuarios de agua, para garantizar la inversión a largo plazo en la protección de la cuenca (Sepúlveda & Sergio, 2008).

Las contribuciones también pueden provenir de diversas fuentes:

- Impuestos obligatorios para la conservación.
 - Contribuciones voluntarias de los usuarios del agua.
 - Contribuciones de los sectores industriales, energía hidroeléctrica y riego.
 - Redondeo u otro tipo de contribución voluntaria recolectadas por empresas locales.
 - Ordenanzas municipales estableciendo una tarifa para la conservación, y recursos de los gobiernos centrales.
 - Donaciones de fundaciones y empresas privadas.
 - Impuestos ambientales.
 - Fondos provenientes de empresas de servicios de agua.
2. Institucionalidad local para establecer el mecanismo financiero, implementar los contratos ARA y dar seguimiento para garantizar los compromisos a largo plazo (Rodríguez, 2014).
 3. Acuerdos de largo plazo que generan adicionalidad firmados por las instituciones locales y los propietarios de tierras a través de negociaciones individuales donde quedan claramente establecidos los compromisos de ambas partes (incentivos para los propietarios de tierras, protección que éstos darán al bosque) (Vizcaíno, 2008)

ARAS en el Tabacay.

Actualmente la empresa EMAPAL EP desarrolla convenios suscritos con beneficiarios que son propietarios de predios en la zona de interés hídrico en la Microcuenca del Río Tabacay, lo cual ha dado lugar a que se pueda llegar con la metodología de trabajo a muchos participantes.

Es de relevancia el hecho de que se ha suscrito un convenio con la Corporación de Comunas del Bosque Protector Cubilán, mismo que está conformado por 5 comunas en la Microcuenca del Tabacay que son: Virgenpamba, Zhindilig, Sageo, San Camilo y Aguilán, con un número total de 1090 beneficiarios que se han sumado al proceso.

En cuanto a grupos de atención prioritaria, de las familias participantes del proyecto, es decir aquellas que ha suscrito Acuerdos Recíprocos por Agua. Se los puede caracterizar tanto en la zona baja como en la zona alta, siendo los actores principales de todo este proceso, y que se proyecta a continuar consolidándose y seguir sumando más personas.

En la zona baja, es decir en la zona urbana, el número de beneficiarios son 10 681 hectáreas, los cuales son los consumidores del líquido vital y quienes realizan un aporte económico

mensualmente para el cuidado de las fuentes hídricas a través de sus facturas de pago.

2.7. Participación comunitaria

La Investigación-Acción-Participativa, no se establece como una relación investigadora frente a investigados, más bien se da una relación, de crecimiento mutuo y aprendizaje conjunto, donde se reconoce el aporte que puede dar cada persona dentro del proceso (Alberich et al., 2012).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Tipo de estudio

El siguiente trabajo se realizó en base a un estudio cuantitativo prospectivo transversal y experimental. Cuantitativo debido a que se cuantificó la presencia de familias de macroinvertebrados bentónicos en la microcuenca del Tabacay. Prospectivo, porque la información se registró según van ocurriendo los fenómenos. Transversal, debido a que la toma de muestras se realizó en dos periodos temporales lluvioso y seco. Experimental, porque se conoció la calidad del agua de la zona, se vio afectada por la actividad antropogénica en la misma.

Debido a que se estudia un factor causal o de riesgo, que en este caso es la actividad humana en la microcuenca, su determinación posterior señalará el efecto que éstas generan sobre la calidad del agua.

3.2. Área de estudio

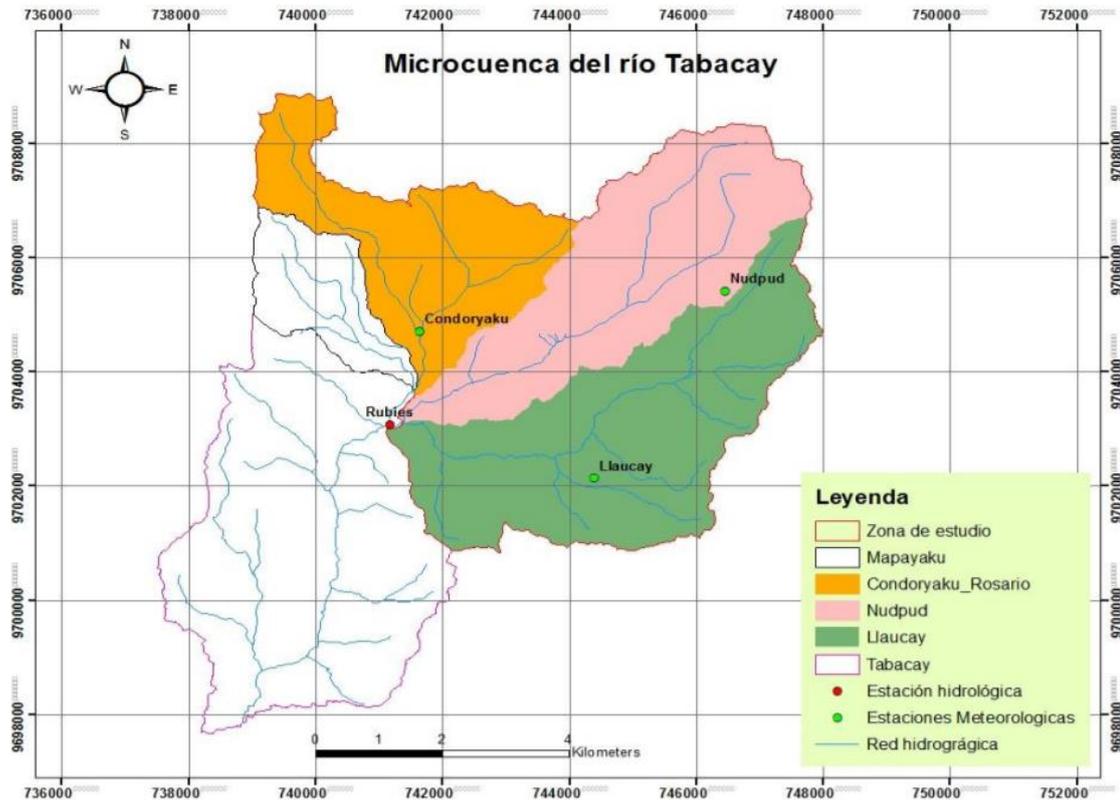
La microcuenca del río Tabacay pertenece a la sub-cuenca del río Burgay, cuenca del río Paute y pertenece administrativamente al cantón Azogues, provincia del Cañar y se divide en 2 parroquias: Guapán y Bayas, con un rango de altitud que está entre los 2 490 y 3 730 msnm. Sus principales afluentes son las quebradas Llaucay, Nudpud, Córdoryacu, Rosario, con una superficie de 6 650 hectáreas (Pauta et al., 2017).

Para el área de estudio se consideran las principales quebradas que abastecen de agua a la ciudad de Azogues (Anexo J). Los puntos determinados para la recolección de datos estarán ubicados dentro de las siguientes coordenadas:

Tabla 10 Coordenadas de los puntos de muestreo dentro de las quebradas

Quebradas	Coordenadas X	Coordenadas Y
Rosario	78°49'10.56"O	2°39'33.06"S
Córdoryacu	78°49'45.39"O	2°39'51.65"S
Nudpud	78°48'29.39"O	2°40'28.71"S
P2	78°47'28.11"O	2°38'51.19"S
Llaucay	78°48'31.44"O	2°41'21.57"S

Elaborado: Autor, 2018



Mapa 2 Ubicación de las quebradas dentro de la Microcuenca
Fuente: (MORA, 2017)

3.3. Población y muestra

Población: Se refiere a todos los macrobentos que están presentes dentro de la microcuenca del río Tabacay.

Muestra: Los macrobentos que estarán ubicadas en puntos específicos de muestreo de 200m a lo largo de cada quebrada, dentro de las cuatro quebradas que abastecen al río Tabacay, además de 2 puntos que están ubicados dentro de la quebrada de Nudpud para comprobar el estado de recuperación de la quebrada según los convenios ARAs.

Técnicas de recolección de información

Para la recolección de datos se tomó en cuenta el Protocolo de la Evaluación de la integridad ecológica de los Ríos de la región austral del Ecuador, para lo cual las áreas más óptimas para realizar muestreo se ven reflejadas en el grafico 2.

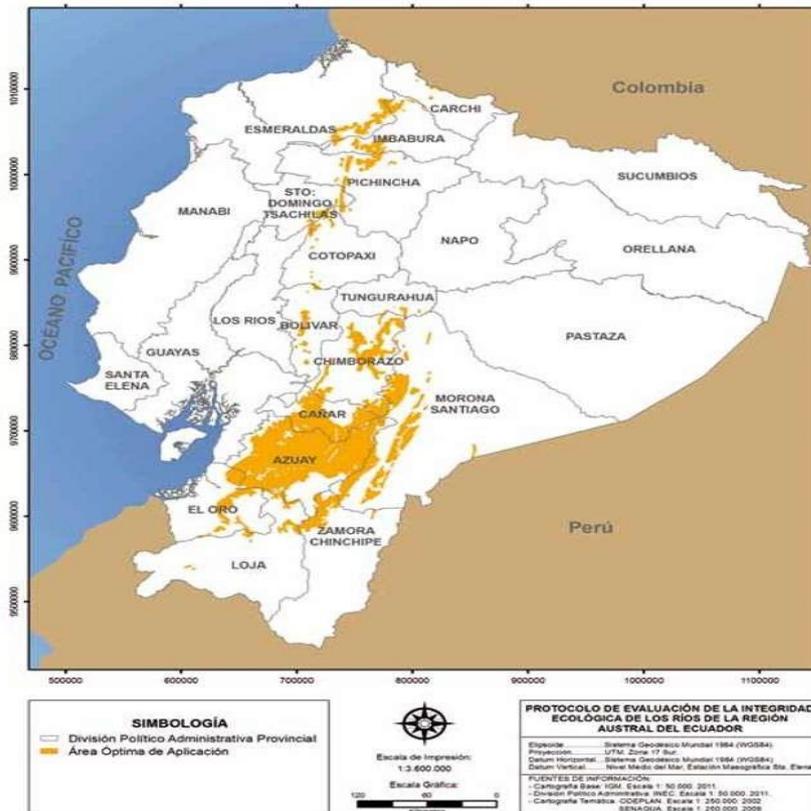
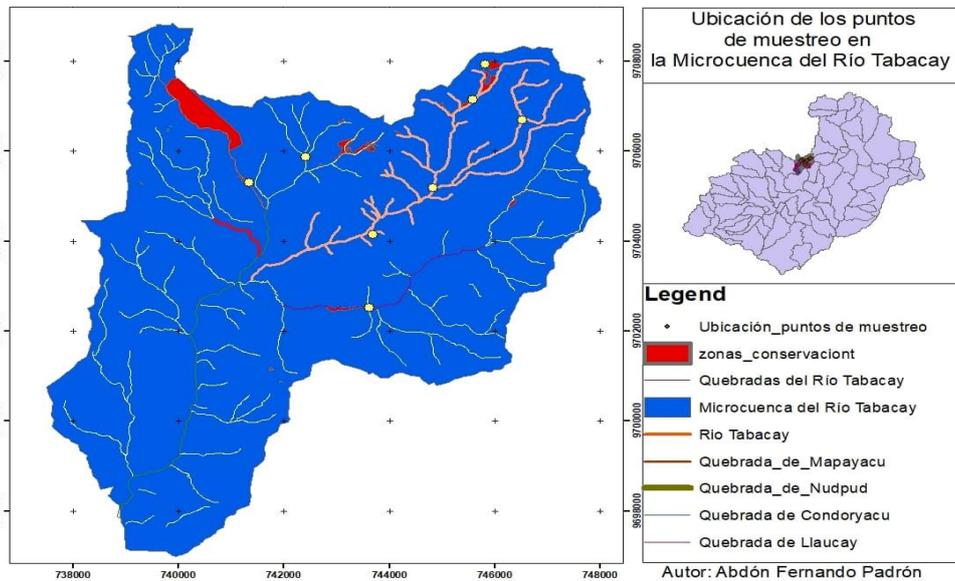


Grafico 2 Área óptima para la aplicación del protocolo

Fuente: (Acosta et al., 2014b)

3.4. Técnicas de recolección de muestras

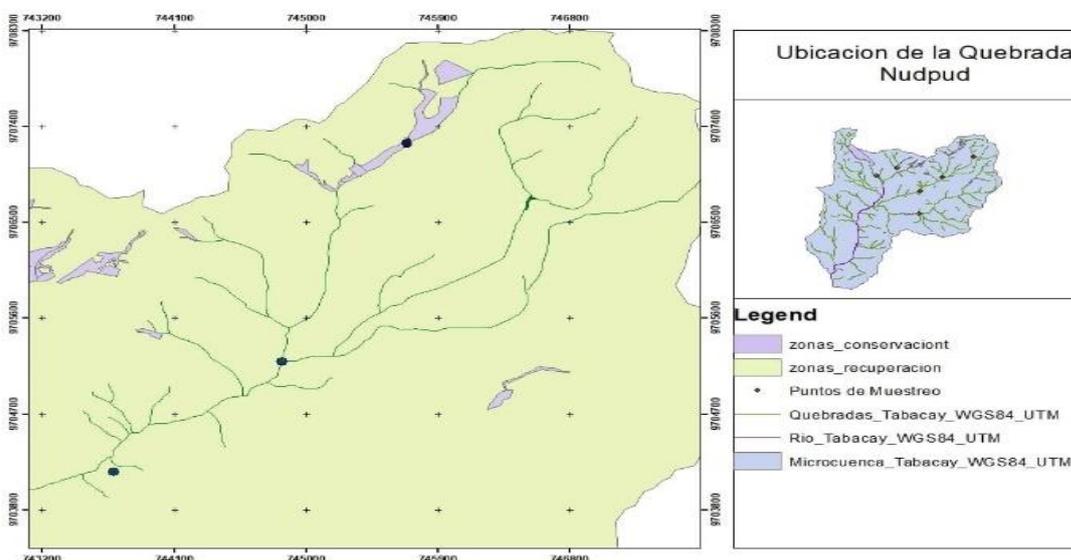


Mapa 3 Ubicación de los puntos de muestreo dentro de la microcuenca del río Tabacay

Fuente: (EMAPAL EP, 2014)

Colecta de muestras

Para el análisis de esta investigación se realizaron muestras puntuales en las diferentes captaciones como se observa la figura 6 (Rosario, Córdoryacu, Nudpud, Llaucay).



Mapa 4 Ubicación de los puntos de muestreo dentro de los proyectos ARAs en la quebrada de Nudpud
Fuente: (EMAPAL EP, 2014)

Para la toma de muestras en la quebrada Nudpud se establecieron 3 puntos de muestreo alto, medio y bajo (punto de captación) al poseer la mayor cantidad de los convenios ARAS como se observa en el mapa 5.

Con un total de 6 estaciones para colecta de muestras, se ejecutaron 3 repeticiones en diferentes días establecidos en el cronograma de muestreo, en cada quebrada en dos periodos distintos (época seca y lluviosa).

La primera muestra se realizó en la época seca (febrero y marzo) y la segunda muestra en la época lluviosa (mayo y junio) obteniendo dos replicas por cada punto. Se obtuvo un total de 36 frascos con macroinvertebrados bentónicos de la microcuenca del Tabacay, los mismos que fueron analizados en laboratorio.

El área a evaluar es de 150 metros de largo donde se dividió en tres sub sitios cada uno como indica la figura, se aplicaron tres técnicas distintas para tratar de levantar la mayor información para tener un análisis completo del sitio e indirectamente relacionar las actividades antrópicas con la realidad de la zona y sus alteraciones en sus condiciones naturales.

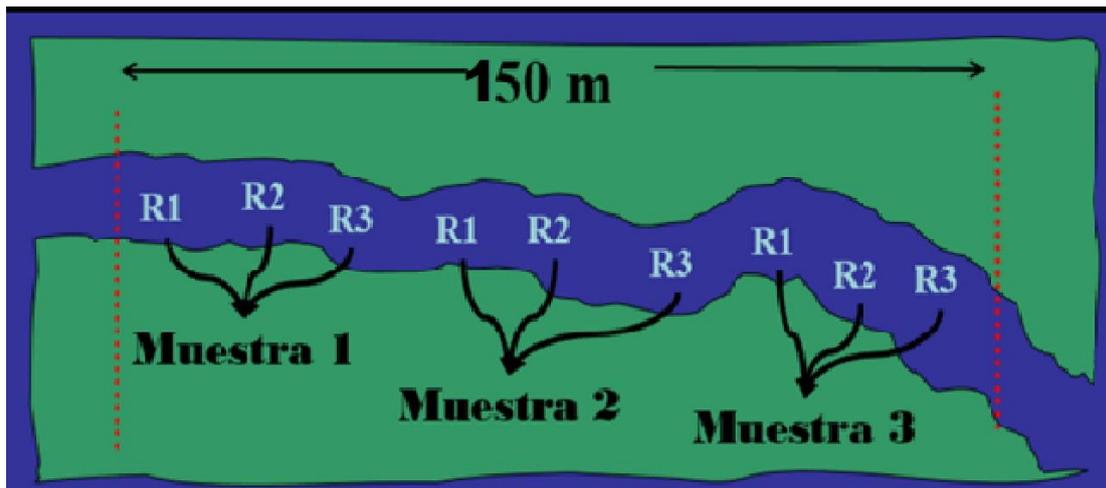


Ilustración 1 Metodología para designar los puntos de muestreo

Fuente: (Ramírez et al., 2016)

3.4.1. Técnicas de muestreo

El tipo de muestreo que se aplicó en el estudio es el **estratificado**, lo cual consiste en dividir en diferentes áreas de estudio los sectores homogéneos o estratos en cuanto a las características ambientales, dentro de cada estrato se realizó un muestro sistemático en el cual se situaron a las unidades de muestreo (Darrigran, 2010).

Las técnicas empleadas para la recolección de macroinvertebrados son las siguientes:

a. Técnica 1: Red de Surber

Esta técnica se considera un método cuantitativo, la cual consiste en atrapar macroinvertebrados removiendo el fondo del río con una red sujeta a un marco metálico, que al abrirla posee forma de L. Esta técnica se utiliza en ríos de poca profundidad con corrientes más o menos torrentosas, donde el agua no supere los 45 cm (Sheng, 1992).

La red se construye con un par de marcos metálicos, con platinas o varillas de metal de 30 cm de ancho por 30 cm de alto., se deben unir mediante tuercas o tornillos cosa que sus lados formen una L, al primer marco se le añadirá la red, la cual debe tener forma de cono y una longitud de 40-45cm, esta red puede ser de nylon, plástico o tela resistente cuyo ojo de red debe de ser entre 0,5-1 milímetro (Sheng, 1992).

b. Técnica 2: Red d-net

Método cualitativo, el cual se realiza con esta red para hacer un “barrido” a lo largo de las orillas o recodos de la corriente, Tiene la ventaja de que su forma triangular se adapta bien a las superficies irregulares de las orillas. Su uso debe ser intensivo hasta cubrir un área

representativa del lugar de muestreo (150 m a lo largo de ambas orillas) (Samanez, 2014).

c. Técnica 3: Piedras y hojas

Para Reyes y Peralbo (2001) esta técnica consiste en buscar macroinvertebrados en las piedras, hojas o palos que se encuentren en el fondo, superficie y orillas de la quebrada, es recomendable aplicar esta técnica en quebradas de fondo pedregoso que posea vegetación y hojarasca, no se recomienda en quebradas de fondos arenosos o arcillosos. Esta técnica se puede realizar en un tiempo de 30 minutos a una hora, sujetando cuidadosamente a los macroinvertebrados mediante pinzas se los colocará en un frasco con alcohol, etiquetando el sitio de muestreo.

Posteriormente a la recolección de las muestras con las redes, se las colocó en bandejas de color blanco de 60 x 40cm, las muestras recolectadas insitu con un aproximado de 300 a 500 individuos por unidad específica, las mismas que fueron colocadas en frascos transparentes que contienen alcohol industrial al 99%, para su preservación. En cambio, con la técnica de piedras y hojas, se buscó a los macroinvertebrados y directamente con la utilización de la pinza se colocó en el frasco con alcohol, luego los frascos fueron etiquetados correctamente con el nombre del lugar de donde se recolectó la muestra, luego fueron analizados en el laboratorio.

Como manifiesta Domínguez y Fernández (2009) la combinación de diferentes técnicas, métodos e instrumentos de muestreo podría dar un cuadro más realista de la comunidad de invertebrados de bentos, por esta razón se utilizaron tres técnicas de muestreos (Anexo L).

Materiales utilizados en el campo

Según Reyes y Peralbo (2001) los materiales óptimos para la toma de muestra son:

- Botas de caucho
- Pinzas metálicas de punta fina
- Frascos plásticos pequeños y tarrinas
- Alcohol al 96%
- Bandejas de hierro enlozado blanco
- Papel para etiquetas
- Hojas de campo para análisis de datos
- Estacas y cinta métrica
- Red D-net, Surber

- Lupa de aumento de 30x (Anexo S)

Materiales utilizados en el laboratorio

- Frascos con muestras
- Pinzas metálicas de punta fina
- Guía de identificación
- Lupa
- Estéreo-microscopio
- Cajas Petri
- Tamices
- Alcohol

3.5. Identificación de la calidad hidromorfológica

La presencia o ausencia de macroinvertebrados también se relaciona con algunos factores hidromorfológicos presentes en los ríos. Los organismos se distribuyen según un gradiente altitudinal o latitudinal o de preferencia de caudal, por eso es importante registrar esta información (Acosta et al., 2014b).

Dentro de los parámetros a evaluarse se consideran los siguientes:

- 1) Coordenadas geográficas (grados sexagesimales)
- 2) Altitud (m.s.n.m.)
- 3) Pendiente del cauce (% o grados)
- 4) Caudal ($m \cdot s$ o $L \cdot s$)

La medición se realiza con la utilización de un correntómetro el cual se coloca en una sección transversal siendo de interés una zona de flujo continuo y de ser posible en las que el cauce esté muy bien delimitado por orillas marcadas.

Para obtener el valor del caudal se deberá dividir la sección transversal del cauce en subsecciones a intervalos regulares en cada una de las cuales se medirá la velocidad media y el área para obtener un valor de caudal. El valor del caudal de toda la sección transversal será la sumatoria de los caudales en cada subsección. Estos caudales parciales resultarán de la multiplicación de la velocidad de la corriente y el área de la subsección.

Identificación de los microhábitats

Para la identificación de los micro hábitats, en cada estación se toma en cuenta un tramo de quebrada de 150 metros los cuales serán identificados a través de estacas, una vez escogidos los tramos, en los principales afluentes de la microcuenca Tabacay, se realizó un recorrido para poder identificar los microhábitats a ser muestreados, sabiendo que los microhábitats están compuestos por determinados sustratos ya sean estos orgánicos como; hojarasca y algas filamentosas o inorgánicos como; bloques, piedras, arena, grava (Pauta et al., 2017).

De igual manera se reconocieron cuáles de estos microhábitats son marginales o dominantes, considerando que los microhábitats marginales, tienen una representatividad menor al 10% en el tramo.

3.5.1. Identificación de la calidad del hábitat fluvial

Según Acosta et al., (2014b) *“la calidad del hábitat tiene por objetivo evaluar las características abióticas y bióticas más importantes presentes en el cauce del río que puede estar influenciado por la presencia, ausencia o nivel poblacional de los distintos grupos de macroinvertebrados”*. Esto es particularmente importante en el biomonitoreo, ya que en algunos casos la baja riqueza de familias de macroinvertebrados no está determinada por algún tipo de impacto antrópico sino por una limitación de hábitat determinada.

Se evalúan 7 parámetros:

- 1) Inclusión y limitación de sustrato: considera el grado de la inserción de cantidad de sedimentos (arena compactada) presentes en los sustratos minerales (bloques), los cuales pueden ser perjudiciales para la colonización de los macroinvertebrados.
- 2) Frecuencia de rápidos: hace referencia a zonas de reófilas que son adecuadas para el hábitat de los macroinvertebrados, al contrario, si solo existe la presencia de someros o un flujo laminar esto es perjudicial ocasionando una limitación en el hábitat de estos.
- 3) Composición del sustrato: evalúa la composición del sustrato mineral en el tramo del río considerando donde serán evaluados los macroinvertebrados. Según la representatividad de los tipos de sustratos minerales en el muestreo se obtendrá un puntaje parcial.
- 4) Regímenes de velocidad/profundidad: se consideran hábitats someros cuando la columna de agua no supera los 0,5 m y se consideran hábitats lentos aquellos que presentan velocidades inferiores a 0,3 m/s. Se escogerá una de las cuatro opciones según se presenten las combinaciones de velocidad-profundidad.

- 5) Sombra en el cauce: Depende de la cobertura arbórea sobre la quebrada, considerándose que una mayor cobertura será perjudicial para la presencia de macroinvertebrados.
- 6) Elementos de heterogeneidad: se define como la presencia de algunos elementos en el cauce del río que incrementan la presencia de macroinvertebrados. Debido a que se pueden presentar todas las categorías en un tramo, el puntaje parcial de este apartado se obtiene de la sumatoria de las mismas.
- 7) Cobertura de vegetación acuática: Debido a su compleja estructura física, no sólo son fuente de recursos tróficos (directos e indirectos) sino que generan un incremento notable del área de colonización para macroinvertebrados. El puntaje final de este apartado resulta de la sumatoria de la presencia de las tres categorías de plantas acuáticas presentes.

Su clasificación, e interpretación se realiza mediante la observación directa en base a la tabla que se encuentra en el Anexo G.

Una vez realizada la evaluación de cada apartado se realiza la suma cuyo valor obtenido se comparará con la siguiente tabla 11, se considera en un valor de 0 a 30 con un índice de hábitat fluvial malo para la sobrevivencia de macroinvertebrados, 40 - 60 se considera un estado Regular; mientras que un valor entre 70 a 100 se considera un hábitat fluvial óptimo y excelente para la subsistencia de organismos biológicos (Palma et al., 2009).

Tabla 11 Valores para clasificar al índice de hábitat fluvial

Interpretación	Puntuación	Color
Óptima	70-100	
Regular	40-60	
Mala	0-30	

Fuente: (Acosta et al., 2014b)

3.5.2. Identificación de la calidad de vegetación de ribera.

Dentro de estos parámetros se evaluó la zona de cobertura de la ribera de cada lado del cauce, cuyo porcentaje fue valorado visualmente, se distinguió entre un bosque o un páramo independientemente si son familias nativas o introducidas, de igual manera se valoró la conectividad que existe entre la ribera y la afluente.

Posteriormente se identificó la estructura de la ribera, de la presencia de arbustos o arbóreas, en relación al porcentaje de recubrimiento de cada margen, también se pudo evidenciar la

estratificación de comunidades vegetales, las mismas que se correlacionaron con el lineamiento de las familias vegetales para considerar si hubo alguna campaña de reforestación o si presentan una distribución en manchas inconexas.

Posteriormente se evaluó la calidad de la estructura de la ribera que está conformada por familias nativas o introducidas, las principales familias utilizadas para la reforestación el *Eucalyptus Pinus* y *Salix*, se valoró si existe actividad de agricultura, ganadería, pues la presencia de este tipo de acciones es dañina para la ribera y por ende afectará a la calidad del agua.

Para evaluar el grado de naturalidad de la ribera se valoró existe la presencia de terrazas, de igual manera si hay desviaciones del caudal, o actividades antrópicas.

Para Pacheco (2014) “*la zona de ribera constituye una zona de interfaz entre el ambiente terrestre y el fluvial que potencialmente puede sustentar una comunidad vegetal característica*”. La comunidad vegetal de ribera tiene una relación directa con la calidad del agua de los ríos, debido a su gran capacidad natural de retener materia orgánica, sedimentos, nutrientes y contaminantes que de otra manera irían a parar al curso fluvial, en especial en zonas de intensa actividad agrícola o ganadera.

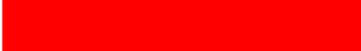
Se evaluaron 4 parámetros:

- 1) *Grado de cubierta de la zona de ribera*: El porcentaje de cobertura se estimó visualmente para cada margen del río, se escogió una de las opciones de rangos y se asigna una puntuación respectiva, que puede ser diferente para cada margen, también es muy importante valorar la conectividad entre la ribera y el cauce.
- 2) *Estructura de la cubierta de la zona de ribera*: Se valoraron los tipos de familias de las riberas. Según el estimado porcentual de recubrimiento de árboles en cada margen del río se asigna una puntuación la cual puede ir mejorando si además se evidencia una estratificación de la comunidad vegetal.
- 3) *Calidad de la cubierta de ribera*: Se enfatizó la presencia de los tres géneros introducidos más frecuentemente usados en prácticas de reforestación: *Eucalyptus*, *Pinus* y *Salix*. Así mismo se valoraron negativamente, igualmente si hay actividad antrópica.
- 4) *Grado de naturalidad del canal fluvial*: Se evaluó si el canal del río es natural o si ha sido modificado ya sea dentro del mismo o en las terrazas adyacentes.

La tabla de referencia para conocer la condición de la ribera se encuentra en el Anexo H.

Para la evaluación del índice QBR se utilizó la tabla 12 para la interpretación de valores donde se encuentran rangos entre menos o igual a 25 que indican una degradación extrema de la vegetación de la ribera, mientras su valor más óptimo es mayor a 96 indicando una vegetación de ribera sin alteraciones (Palma et al., 2009).

Tabla 12 Rangos de calidad de conservación de vegetación de ribera para el QBR

Nivel de calidad	QBR	COLOR
Vegetación de ribera sin alteraciones	≥ 96 muy buena	
Vegetación ligeramente perturbada.	76 - 95 buena	
Inicio de alteración importante	51 - 75 intermedia	
Alteración fuerte	26 - 50 mala	
Degradación extrema	≤ 25 pésima	

Fuente: (Suárez, 2015)

3.6. Indicador de los parámetros fisicoquímico.

Los parámetros fisicoquímicos deben ser evaluados en la misma zona de muestreo de macroinvertebrados, de hábitat fluvial y vegetación de ribera, se recomienda que las muestras sean tomadas en la zona central, evitar zonas de turbulencias o someros que generan estancamiento de las aguas, generándose resultados erróneos.

La evaluación consta del análisis de los siguientes parámetros:

- Temperatura del agua
- Oxígeno disuelto
- Saturación de oxígeno
- pH
- Conductividad

Los datos de los demás parámetros fueron tomados de los registros de EMAPAL, ya que realizan evaluaciones de este cada mes; estos son:

- Coliformes Fecales (en NMP/100 m)
- Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO₅ en mg/ L)
- Nitratos (NO₃ en mg/L)
- Fosfatos (PO₄ en mg/L)
- Turbidez (en FAU)
- Sólidos disueltos totales (en mg/ L)

3.6.1. Índice de calidad de Agua (ICA)

Obtenidos todos los valores de los parámetros, para calcular el ICA se procedió a aplicar la fórmula mencionada en la fundamentación teórica con la ecuación 1, además se comparó los resultados obtenidos con la metodología que utiliza la empresa ETAPA EP, para el cálculo de los parámetro físico-químico. (Anexo I)

3.7. Identificación para la evaluación de macroinvertebrados

3.7.1. Índice Biótico Andino (ABI)

Este índice es similar al BMWP, la diferencia es que ABI se establece para los ríos alto andinos, por lo que una vez identificados los macroinvertebrados hasta su nivel taxonómico de familia, se realizó el cálculo del ABI, identificando su puntuación por familia, se procede a la suma que los mismos que van con puntuaciones menores de 35 que significa mala calidad del agua, hasta valores mayores de 96 que indican una calidad de agua muy buena, cabe recalcar que al no contar con estudios anteriores de indicadores biológicos la estación de referencia será la estación que se encuentre en mejor calidad que se considerará como línea base. La tabla de puntuación ABI se encuentra en el Anexo D.

Coefficiente de correlación

Utilizando la hoja de cálculo de Excel a través del comando de correlación de Pearson el programa calcula un valor de coeficiente de correlación a través de un valor r^2 entre dos variables (Fernandez, 2002).

En el caso de este trabajo se utilizaron los valores de los índices ICA y ABI y se estableció si existe o no correlación.

Si el valor r calculado entre las variables ICA y ABI es positiva existe una relación directa, si es negativa hay una relación inversa, si los valores de r son más uno o menos uno su relación es perfecta, y si su valor es cero no existe relación (Martinez, 2012).

3.7.2. Indices Biological Monitoring Water Party (BMWP)

Las familias de los macroinvertebrados, fueron identificadas y se las relacionó con su puntaje de acuerdo a la tabla de BMWP, posteriormente se realizó la sumatoria de los mismos para obtener el valor de calidad de agua que se clasificó de acuerdo a la siguiente tabla 13.

Para este índice se utilizaron cuantiles de confianza para determinar los niveles de contaminación existentes dentro de cada una de las quebradas, para su posterior

clasificación.

Luego se suma todos los números de la columna de puntaje BMWP y se anota el resultado total, y compara con la tabla 13 de rangos siguientes:

Tabla 13 Calidad del agua de acuerdo a BMWP

Clase	Calidad	BMWP	Significado	Color
I	Buena	>150, 101 - 150	Aguas muy limpias a limpias	
II	Aceptable	61 - 100	Evidencia efectos de contaminación	
III	Dudosa	36 - 60	Aguas moderadamente contaminadas	
IV	Crítica	16 - 35	Aguas muy contaminadas	
V	Muy critica	15	Aguas severamente contaminadas	

Fuente: (Palma et al., 2009)

3.7.3. Índice de Shannon

Para el cálculo de este índice se aplicó la formula mencionada en el marco teórico (ecuación 2), se utilizó el programa PAST.

3.8. Procesamiento de muestras en el laboratorio

Los macroinvertebrados recolectados fueron analizados en el laboratorio para clasificarlos de acuerdo a su taxa, para ello se les distribuyó en las diversas cajas petri, se colocó la cantidad suficiente para que sea adecuado observar a través del estereoscopio y se identificó a los macroinvertebrados a nivel de la familia con ayuda de una pinza de punta fina (Anexo M).

3.9. Análisis estadístico

Todos los puntos de muestreo determinados en cada una de las quebradas fueron analizados en época de lluvia y seca y las variables de los resultados tanto biológicos como físico-químicos en referencia a muestras de agua fueron sometidas a una metodología utilizada por Espino y Pulido (2000).

En el caso de tener variables estas pueden ser de respuesta (dependientes) o explicativas (independientes).

En la variable respuesta presenta alteraciones o variaciones frente a valores de la explicativa;

mientras más variables se encuentran se debe realizar un análisis multi-variado para determinar presencia o ausencia de familias y la sensibilidad de las mismas.

En base a este concepto se puede mencionar que los análisis tradicionales de los datos deben tener una distribución normal es decir no debe existir el valor de 0 para ello se debe transformar los datos mediante logaritmos ($\log(x+1)$); en donde x es el valor a ser transformado de modo que no se obtenga el valor de 0.

En los análisis multivariados las variables poseen distintas escalas de valores; por lo que se recomienda estandarizar los datos de manera que se tenga en una misma escala.

Para el presente proyecto se utilizó el test de análisis estadístico, el mismo que se define como un análisis de varianza (ANOVA) de un factor que sirve para comparar varios grupos en una variable cuantitativa. Esta prueba es una generalización del contraste de igualdad de medias para dos muestras independientes. Se aplica para contrastar la igualdad de medias de tres o más poblaciones independientes y con distribución normal., por lo que el Anova se puede utilizar en las situaciones en las que interesa analizar una respuesta cuantitativa, llamada habitualmente variable dependiente, medida bajo ciertas condiciones experimentales identificadas por una o más variables categóricas, llamadas variables independientes. Cuando hay una sola variable que proporciona condiciones experimentales distintas, el análisis recibe el nombre de Anova de un factor, cuyo principal objetivo es contrastar si existen diferencias entre las distintas medias de los niveles de las variables (factores), además se utilizó el test Tukey, prueba estadística no paramétrica, que permite visualizar diferencias entre diferentes valores de grupos combinados de los modos que sea posible apreciar la normalidad de los datos, mediante la dispersión de las diferentes combinaciones del centro de normalidad, hacia la izquierda o la derecha (Pielou, 1984). Los datos obtenidos serán analizados a través del programa R Core Team (2013), mediante el cual es posible ejecutar diferentes análisis estadísticos como: Anova de dos vías y Test Turkey.

De igual manera se utilizaron los diagramas de cajas y bigotes (boxplot) que determina variaciones en las características importantes. Este tipo de grafico está dividido por un segmento vertical que indica donde se posiciona la mediana y la relación con el primer Cuartil y el tercer Cuartil.

Mediante flujogramas o líneas de tiempo se realizó un análisis comparativo ente estaciones y puntos dentro de las quebradas y por acuerdos ARAs; la figura obtenida indicó cuales son

las quebradas o punto mejor conservado y en cual se necesita aplicar un plan de intervención.

3.10. Metodología para la participación comunitaria.

Una metodología es el conjunto de pasos que tratan de llegar a un resultado concreto. Las metodologías participativas se usan con frecuencia para fomentar la participación de las personas directamente involucradas y fomentar las diferentes formas de adquirir conocimientos (intuitivo y racional) y que de esta forma permita tener una visión amplia de la realidad (González, 2016).

Las metodologías participativas se fundamentan en tres pedestales básicos. Primero, no es producto de una moda ni de la época moderna, pues presentan un largo trayecto histórico. Segundo, no están diseñadas con el único fin de ser divertidas, sino que existe un fundamento neurofisiológico que recomienda el uso de estas aplicando una serie de técnicas y materiales didácticos para apoyar el aprendizaje. Tercero, sus fundamentos pedagógicos han sido probados por diferentes escuelas de la enseñanza y del estudio de la conducta (Vizcaíno, 2008).

Se considera que las metodologías participativas dan mejores resultados cuando los grupos interesados tienen una conducción sólida y un liderazgo innovador. Asimismo, la mejor metodología para planear o administrar un proyecto específico es la que responde a los objetivos, valores y capacidades personales de los participantes que forman parte de un proceso (BarrioNuevo, 2011).

Las técnicas participativas son consideradas como un componente de la metodología, como el medio o procedimiento que se usa para realizar la metodología misma. En otras palabras, las técnicas son sólo uno de los muchos ingredientes interactivos de cualquier metodología participativa. Bajo esta definición, se puede esperar la utilización de una determinada técnica en diferentes metodologías (Vizcaíno, 2008).

Las técnicas participativas están compuestas por diferentes actividades como ser dinámicas de grupo, socio dramas, adecuación de juegos populares con fines de capacitación, títeres, vídeos, dibujos y cualquier otro medio que tenga como objetivo generar la participación, el análisis, la reflexión y un cambio de actitud consiente y duradero en los participantes, que conduzca a una planificación de acciones para la solución de problemas.

Las técnicas participativas se realizarán mediante la conformación de grupos de pertenencia, debido a que las personas participantes son aquellas que pertenecen a los Convenios de

Acuerdo Recíprocos por el Agua. También se realizó con los niños/as de las escuelas pertenecientes a la comunidad de Nudpud, para inculcarles estos conocimientos para que de esta manera sean partícipes del cuidado y la calidad del agua. (Anexo O, P, Q)

Se realizaron dos talleres con las personas que disponen de convenios ARAs, uno al inicio del proyecto de tesis y otro al finalizar el trabajo, se ejecutó mediante metodologías participativas en la junta de agua de Nudpud, se cumplieron también salidas de campo con una o dos personas de la comunidad donde se les enseñó como tomar muestras para analizar la calidad de agua utilizando macroinvertebrados, se complementaron con talleres de trabajo avalados por EMAPAL EP, además de dos talleres con niños estudiantes de escuelas Francisco Mayancela Caiguas y Guillermina Ordoñez.

Para la realización de los talleres participativos se basó en la técnica del Grupo Nominal, la cual consiste en una reunión de varias personas en las que se combina la reflexión individual y la interacción grupal. Los participantes pueden ser personas con experiencia o con conocimiento del problema a tratar, o simplemente interesadas en conocer el estudio, bien porque están afectadas directa o indirectamente por esa situación, o porque son usuarias de un programa de intervención social, por lo que esta técnica se considera ideal para aplicarla en la intervención con la comunidad, por lo tanto el facilitador del taller debe tener experiencia y conocimientos suficientes sobre el tema, para afrontar las dudas de los participantes, además que se comprometerá a trabajar de manera adecuada con responsabilidad y puntualidad.

4. RESULTADOS

4.1. Determinación de la calidad hidromorfológica

4.1.1. Índice de Hábitat Fluvial

4.1.1.1. Índice de Hábitat Fluvial quebrada Nudpud

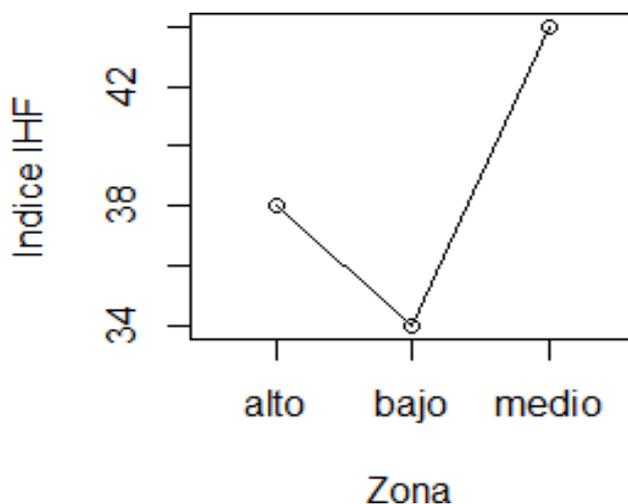


Ilustración 2 índice IHF Nudpud

Fuente: Autor

En la ilustración 2 se observa que el índice de hábitat fluvial dentro de la quebrada de Nudpud presenta valores mayores que en la zona media, seguido de la zona alta, y por último con un valor inferior se encuentra la zona baja. Estos resultados no dan cuenta del mejoramiento la calidad de hábitat fluvial mediante los convenios ARAs. Por lo tanto, se puede deducir que los convenios no están resultando por lo menos a corto plazo y/o que, los propietarios de los terrenos no están cumpliendo con el compromiso adquirido.

Índice IHF por captaciones

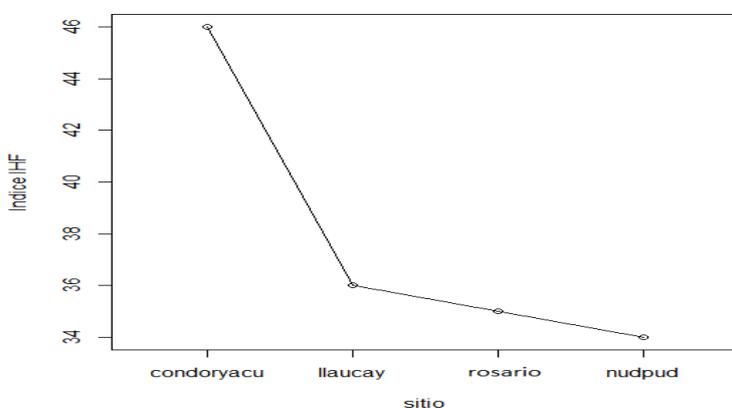


Ilustración 3 índice IHF por captaciones

Fuente: Autor

En la ilustración 3 se puede apreciar que la captación de Córdoryacu obtiene un valor superior de índice IHF, seguido por las captaciones Llaucay, Rosario y Nudpud. Las diferencias existentes entre las diferentes captaciones fueron significativas $p < 2e-16$

Se aplicó un test Tukey para constatar la normalidad de los datos, y por ende la factibilidad de aplicación del test ANOVA; también se contrarrestó con los resultados obtenidos en el mismo, alcanzando diferencias significativas entre todas las combinaciones, con mayor significancia entre las quebradas Nudpud y Córdoryacu.

De igual manera el índice de hábitat fluvial realizado mediante la metodología descrita por Palma et al., (2009); y adaptada por Acosta (2014), como se expresa en la tabla 14; obteniendo resultados que se detallan en la tabla 15, la mejor puntuación la tiene la quebrada de Córdoryacu por que las riberas permanecen cercadas lo que influye en que los índices fluviales sean más altos en comparación a las demás quebradas, donde la actividad antrópica es alta ya que en estas zonas no existe un cuidado adecuado de las mismas.

Tabla 14 Resultado del Índice de Hábitat Fluvial e índice de Biológica de Quebrada de Quebrada

ESTACIONES	INDICE IHF	CALIDAD IHF
Córdoryacu	46	Excelente
Rosario	35	Moderada
Llaucay	36	Buena
Nudpud	34	Moderada
Nudpud 2	44	Excelente
Nudpud 3	38	Buena

Elaborado: autor, 2018

Tabla 15 Criterio ponderado para el índice de hábitat Fluvial

Puntuación	IHF	Color
>45	Excelente	
35-40	Buena	
30-35	Moderada	
25-30	Mala	
0-25	Pésima	

Elaborado: autor, 2018

Los macroinvertebrados fueron identificados en el laboratorio a nivel de familia; como se puede observar en el Anexo N. En total se identificó 8 287 ejemplares, resumidos en 70 familias y 23 ordenes; recolectados en los meses de abril y mayo (estaciones seca y lluviosa);

cada una con 3 repeticiones.

4.1.2. Índice QBR

4.1.2.1. Índice QBR quebrada Nudpud.

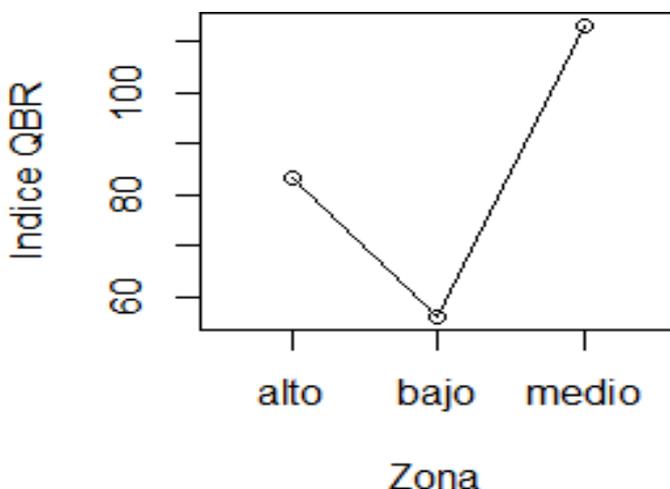


Ilustración 4 índice QBR quebrada Nudpud
Fuente: Autor

En la Ilustración 4 se observa que el índice QBR establece valores mayores en la zona media, seguido de la zona alta, y por último con un valor inferior se encuentran la zona baja; las diferencias existentes entre los mismos fueron significativas de acuerdo a un test anova $p < 2e-16$.

Además, se puede apreciar que las diferencias son significativas y que el sitio mejor conservado es el punto medio, esto se debe a que este sitio se encuentra dentro de convenio ARAS, puesto que sus riberas se encuentran en buen estado no han sido alteradas por lo que será nuestro sitio de referencia. El punto alto a pesar que está dentro de convenios ARAS no riberas en buen estado y se aprecia una intervención antrópica con el cambio de la cubierta vegetal con fines ganaderos, el canal fluvial está modificado cubierto por escombros lo que ha ocasionado alteración y se ve reflejado en la calidad. El punto bajo donde se encuentra la captación de agua de la empresa EMAPAL EP es el más alterado ya que existe una presencia activa antrópica puesto que gran parte de la ribera se encuentra a orillas de un carretero por el cual, transitan diariamente vehículos de la comunidad para poder llegar a la ciudad como se observa en el anexo J.

Análisis convenios ARAS: Fue posible apreciar que las zonas medias alcanzaron mayores puntajes en los diferentes índices aplicados, por otra parte, se pudo observar que las diferencias fueron más marcadas tanto en el índice IHF, como en el índice QBR, por lo que estos fueron más sensibles. En el Ecuador gran parte de los suelos altoandinos han sido

destinados para actividades agropecuarias como la ganadería (Shaharom-Harrison, Suhairi, & Ihwan, 2011). La quebrada de Nudpud entra dentro de este fenómeno, mismo que produce afecciones en ecosistemas fluviales, influyendo en la calidad de agua y estado de conservación de los mismos (Arana et al., 2016).

Basándose en Acosta et al., (2014) para determinar el índice de calidad del bosque de ribera se aplicó la metodología explicada anteriormente mediante la tabla descrita en el anexo H, se determinó el estado de ribera y mediante la tabla 12 descrita en la metodología donde se obtuvo los resultados detallados en la tabla 19; que indican el estado en el que se encuentra las riberas en los puntos estudiados.

4.1.2.2. Índice QBR por captaciones

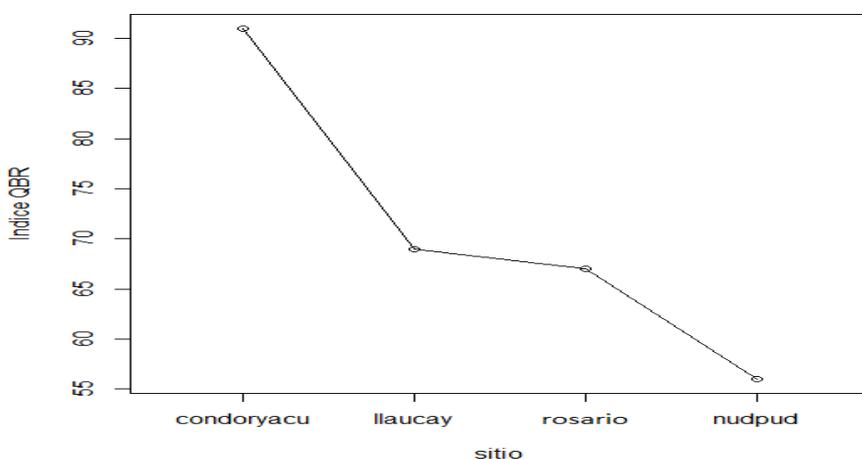


Ilustración 5 índice QBR entre diferentes captaciones

Fuente: Autor

En la ilustración 5 se puede apreciar que la captación de Córdoryacu obtiene un valor superior del índice QBR, seguido por las captaciones Llaucay, Rosario y Nudpud. Además se puede apreciar las diferencias entre sitios en las distintas quebradas de la microcuenca llegando a la conclusión que el sitio mejor conservado está dentro de la quebrada de Córdoryacu por esta razón se considera como sitio de referencia por su conservación y cuidado de las riberas que son protegidas por alambrado lo que impide actividades ganadera, además existe personal de EMAPAL EP que cuida el sitio, por lo que tiene una calidad buena en comparación con la quebrada Llaucay, donde también existe protección del sitio y se restringe el paso de personas o vehículos; pero su calidad se ve alterada por actividades antrópicas como ganaderas, agrícolas y piscicultura en la quebrada de Rosario, presentando una calidad media, en tanto que Nudpud presenta una calidad mala como se observa en el anexo J.

Tabla 16 Índice QBR por quebrada

Tabla 17 Índice QBR por quebrada

ESTACIONES	INDICE QBR	CALIDAD QBR
Cóndoryacu	91.31	Muy buena
Rosario	66.65	Buena
Llaucay	68.65	Buena
Nudpud	55.99	Regular
Nudpud 2	113.35	Muy buena
Nudpud 3	83.32	Buena

Elaborado: autor, 2018

4.2. Determinación de la calidad físico-química

4.2.1. Índice de Calidad del Agua (ICA)

Para la parte inferencial se verificó la aplicación del anova mediante la comprobación de los supuestos: normalidad y homocedasticidad

Normalidad

Para la Normalidad aplicamos un test folmogoy-smirnoy con la finalidad de observar la distribución de los datos, y saber si es posible aplicar un test anova; comprobamos que los datos son normales ligeramente desviados.

Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test

data: ica\$ica

D = 0.14596, p-value = 0.206

Homocedasticidad

Para la homocedasticidad aplicamos un test Bartlett con la misma finalidad, pero según este test los datos son homocedasticos y normales y se puede aplicar un ANOVA.

Bartlett test of homogeneity of variances

data: ica by sitio

Bartlett's K-squared = 5.1665, df = 3, p-value = 0.16

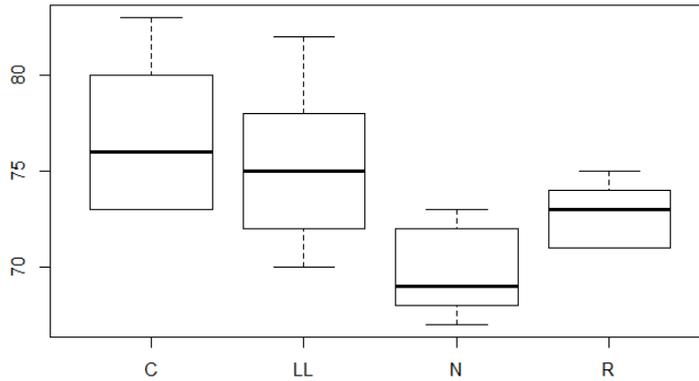


Ilustración 6 Diferencia de valores ICAs entre captaciones.
Fuente: Autor

En la Ilustración 6 se puede apreciar los resultados de los índices de calidad del Agua en donde indica que la captación de Córdoryacu obtiene un valor superior, seguido por las captaciones Llaucay, Rosario y Nudpud.

Donde mediante agrupaciones se observa que las quebradas: Llaucay-Córdoryacu se superponen uno sobre otra al igual que Rosario- Córdoryacu; Rosario- Llaucay; Rosario- Nudpud, demostrando que existe similitud de índices ICA entre estas quebradas, cabe indicar que estos resultados indican la relación entre quebradas y sus índices ICAs.

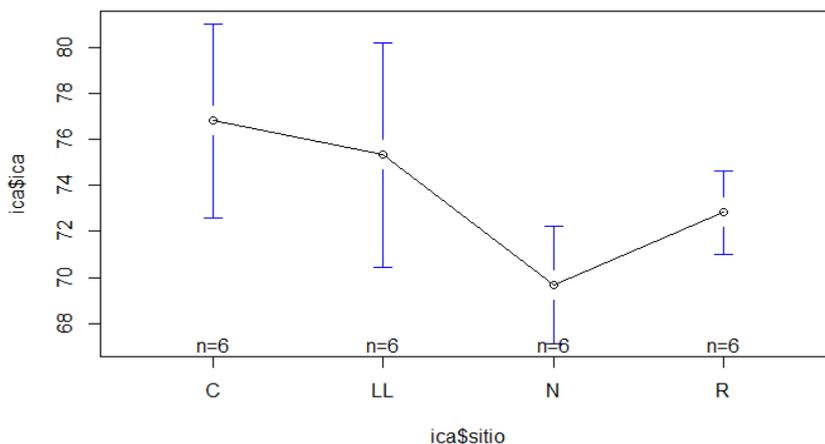


Ilustración 7 línea de tendencia de valores ICA por quebrada
Fuente: Autor

Para el análisis de calidad del agua se realizó una prueba anova de una vía en se puede apreciar en la ilustración 7 se observa una similitud entre las quebradas Llaucay- Córdoryacu, donde su calidad es similar a diferencia de y Rosario- Córdoryacu; Rosario-

Llaucay; Rosario- Nudpud en donde su calidad es menor ya que en estas zonas la actividad ganadera es mayor es mayor según lo determinado por la tabla 17.

Tabla 18 Valores máximos y mínimos relacionando entre quebradas del test Tukey

`sitio`	Diff	Lwr	upr	p adj
LL-C	-1.500.000	-7.031.392	40.313.915	0.8717461
N-C	-7.166.667	12.698.058	-16.352.751	0.0084000
R-C	-4.000.000	-9.531.392	15.313.915	0.2125949
N-LL	-5.666.667	-11.198.058	-0.1352751	0.0434384
R-LL	-2.500.000	-8.031.392	3.313.915	0.5946128
R-N	3.166.667	-2.364.725	86.980.582	0.3997826

Fuente: Autor

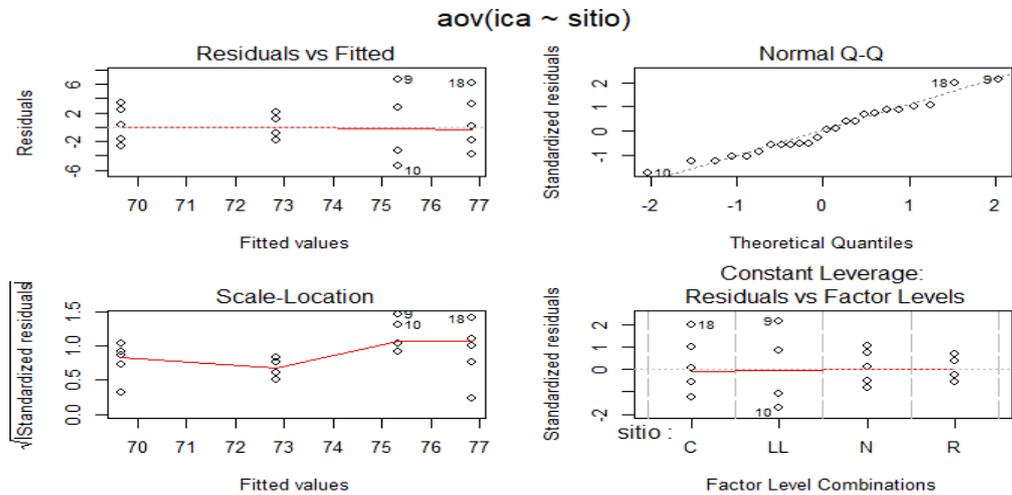


Ilustración 8 Determinación de la calidad del agua en relación con los datos atípicos entre quebradas
Fuente: Autor

Los análisis de residuos como se observa en la ilustración 8 nos indican que la quebrada de Córdoryacu es la menos afectada por actividades antrópicas, además que se capacidad natural de oxigenación es alta por lo que su estado natural no se ve afectada por diversas actividades que se presentan.



Ilustración 9 Análisis POST HOC

Fuente: Autor

En la ilustración 9 se puede detectar la similitud entre las quebradas: Llaucay-Cóndoryacu; Rosario- Cóndoryacu; Rosario- Llaucay; Rosario- Nudpud, ya que sus valores tienen un rango de similitud alto. Los únicos sitios que no presentan similitud son: Nudpud-Cóndoryacu y Nudpud-Llaucay ya que Cóndoryacu es un sitio de mejor calidad que Nudpud que es el que tiene menor calidad.

4.2.2. Índice ABI

Los macroinvertebrados fueron identificados en el laboratorio a nivel de familia; como se puede observar en el Anexo N, en total se identificaron 8 287 ejemplares, resumidos en 70 familias y 23 ordenes; recolectados en los meses de abril y mayo del año 2018 (estaciones seca y lluviosa); cada una con 3 repeticiones.

Según Suárez (2015) los índices bióticos sirven para evaluar la calidad del agua asignando valores numéricos entre 1 y 10 a cada familia; al asignar valores a cada familia de macroinvertebrados como indica la tabla descrita en el Anexo D; estas pueden ser Sensibles (tienen un ABI de 10), Tolerante (posee un ABI de 5) y Resistentes (con un ABI de 1). Los resultados obtenidos de cada una de las quebradas no establecen significativas diferencias en la calidad del agua por estación y por quebrada en este caso se puede determinar que las quebradas se encuentran en un estado óptimo y según Barrientos (2010) categoría I como aguas no contaminadas son Cóndoryacu, Rosario, Llaucay y el punto 2 de Nudpud. De clase II las aguas que presentan algún grado de contaminación están en las quebradas de la zona alta de Nudpud y en la captación o zona baja de la quebrada como indican la tabla 19.

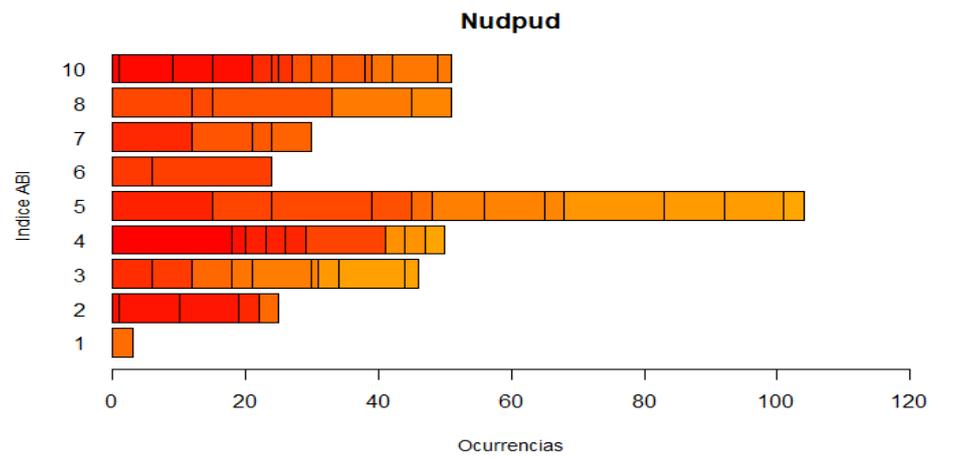


Ilustración 10 Índice ABI quebrada Nudpud

Fuente: Autor

En el análisis de valoración de familias de acuerdo al índice ABI, como indica la ilustración 10, se aprecia la riqueza y la abundancia de familias presentes en la quebrada Nudpud, de acuerdo a la riqueza, la mayor presencia de familias está dentro de un orden de valoración ABI de 10 con 14 familias sensibles, seguida de familias que están dentro de un orden de valoración ABI de 5 son 12 familias tolerantes y 2 familias de valor ABI de 3 y 4 con 9 individuos resistentes a la contaminación. En cuanto a la abundancia es posible apreciar que las familias más abundantes se encuentran dentro del valor 4 de índice ABI y es Baetidae con una abundancia de 18 individuos, con un valor ABI de 6 está la familia Hyalelidae con 18 individuos, Leptoceridae con 18 individuos, con un valor ABI de 5 se encuentran; Elmidae, Scirtidae e Hidropsychidae cada una con 15 individuos respectivamente, por lo que este valor ABI es el que mayor abundancia de individuos presenta.

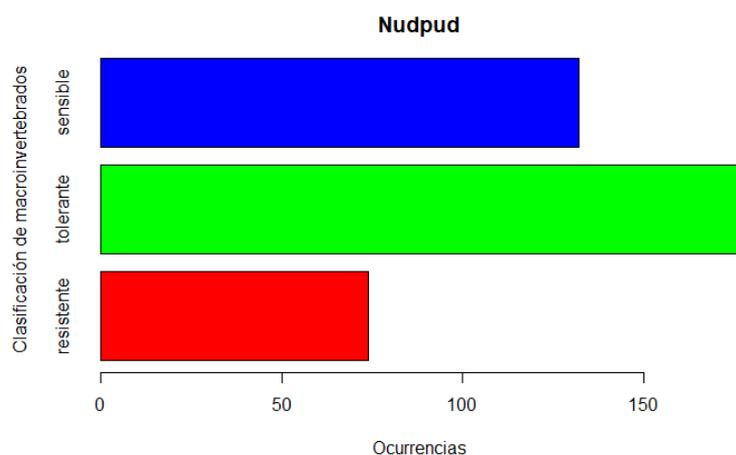


Ilustración 11 Clasificación de macroinvertebrados por rangos de tolerancia de la quebrada de Nudpud

Fuente: Autor

Como se aprecia en la ilustración 11 el mayor número de familias se encuentra rangos tolerantes en esta quebrada, según los estándares del Índice ABI existen un rango mayor de especies tolerantes, donde su valor va desde 4 a 6, seguida de familias sensibles cuyo rango es de 7 a 10, y las especies resistentes donde su valor va desde 1 a 3.

Tabla 19 ABI de la Quebrada de Nudpud

Quebradas	Resistente	tolerante	Sensible
Nudpud	74	178	132

Fuente: Autor

En la tabla 18 se puede apreciar que el rango con mayor abundancia fue el tolerante con 178 individuos seguidos del nivel sensible con 132 individuos y el nivel resistente con 74 individuos.

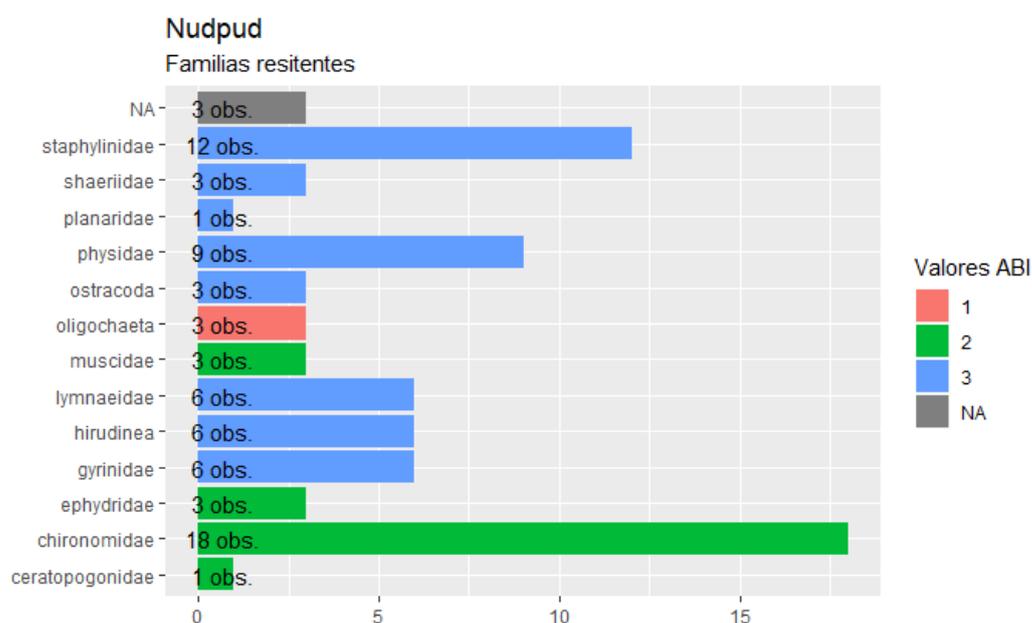


Grafico 3 Especies según el rango ABI resistentes dentro de la quebrada de Nudpud

Fuente: Autor

En el grafico 3 se puede apreciar las especies cuyo rango ABI se consideran resistentes a la contaminación en donde las más representativa fueron Chironomidae con 18 observaciones con un ABI de 2, Staphylinidae con 12 observaciones con un índice ABI de 3, seguida de y Shysidae con 9 observaciones con un ABI de 3.

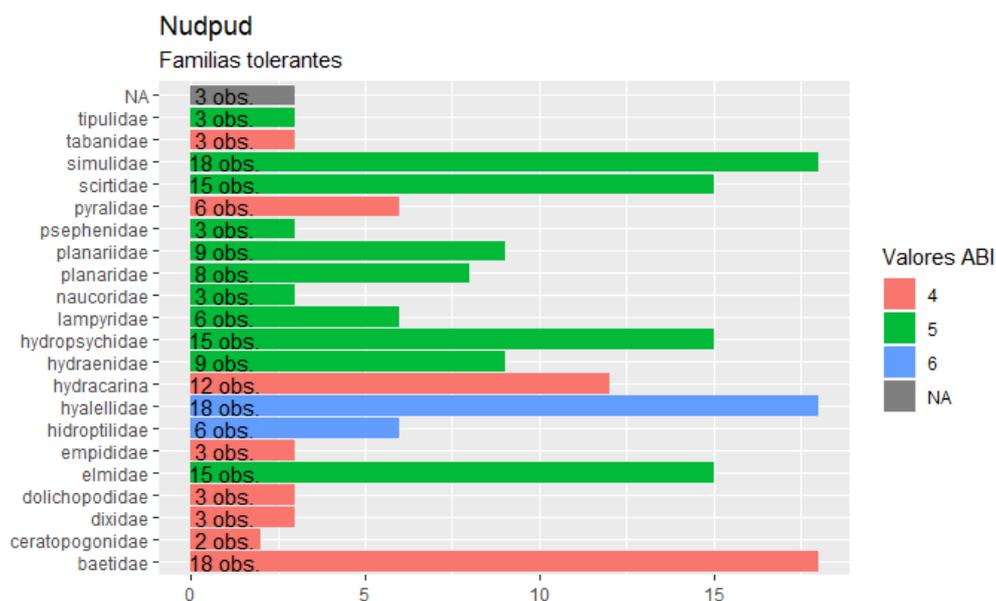


Grafico 4 Especies representativas dentro del rango ABI tolerante en Nudpud

Fuente: Autor

En el grafico 4 se observa a las especies más representativas de las tolerantes a la contaminación en donde las más significativa fue la familia Simulidae con 18 observaciones y un ABI de 5, Hyalellidae con 18 observaciones con un índice ABI de 6, seguida de Baetidae con 18 observaciones con un ABI de 4, Hidropsychidae y Scirtidae con 15 observaciones cada una con una valoración ABI de 5 respectivamente.

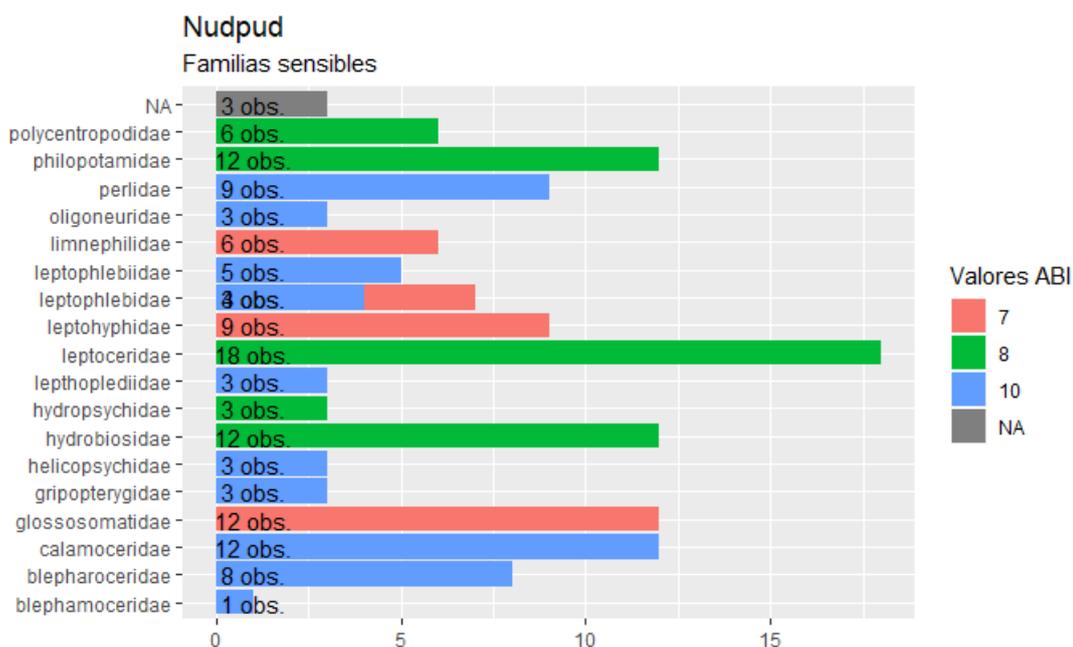


Grafico 5 Familias sensible dentro del rango ABI en la quebrada de Nudpud

Fuente: Autor

En el grafico 5 es posible apreciar que las familias más importantes a establecer el índice de valoración de calidad ABI son las familias sensibles por su alto valor de ponderación, en este grafico se aprecia la familia Leptoceridae con 18 observaciones y un índice ABI de 8, seguida de Glossosomatidae e Hidrobiosidae con 12 observaciones y una ABI de 7 y 8 respectivamente.

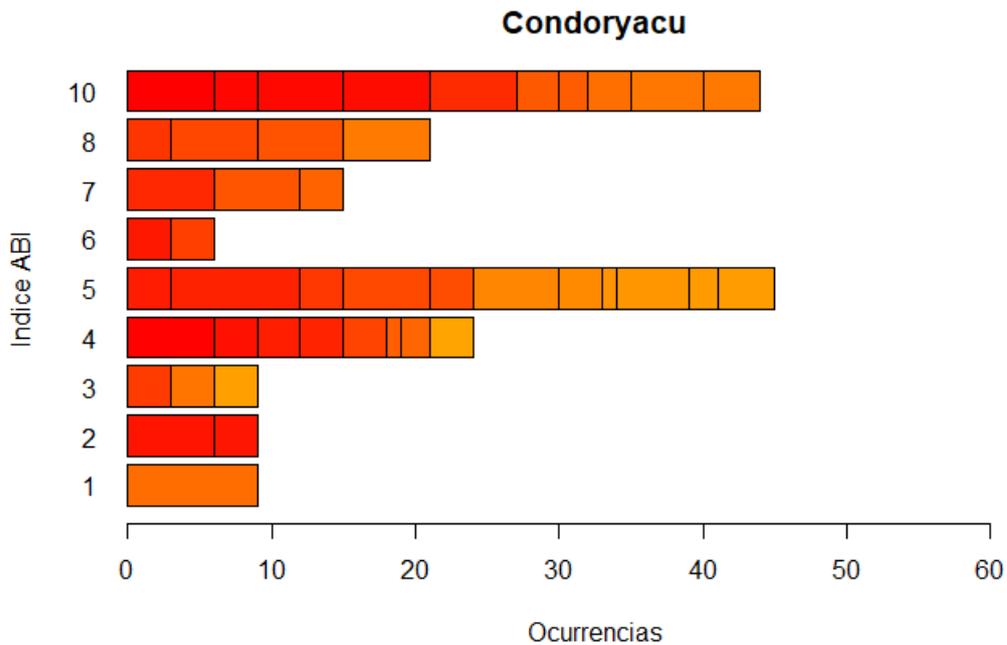


Ilustración 12 Índice ABI quebrada Córdoryacu
Fuente: Autor

De acuerdo a los valores de ABI, se aprecia en la ilustración 12 que la riqueza y abundancia de las familias en la quebrada Córdoryacu, encontrando con una valoración ABI de 5 a 11 familias tolerantes, seguida de familias que están dentro de un orden de valoración ABI de 10 con 10 familias sensibles, y 8 familias de valor ABI 4 de individuos resistentes a la contaminación, la familia más abundante se encuentran dentro del valor ABI 5, siendo Baetidae con una abundancia de 9 individuos, seguida de Oligochaeta con 9 individuos y un ABI de 1.

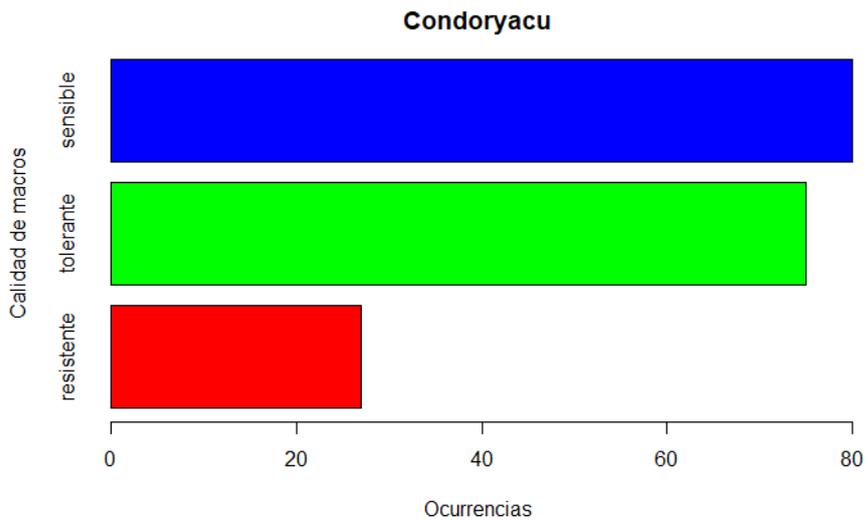


Ilustración 13 Clasificación de macroinvertebrados por rangos de tolerancia de la quebrada de Córdoryacu
Fuente: Autor

Como se aprecia en la ilustración 13 los índices ABI, se observa un rango de familias tolerantes con un valor de 4 a 6, seguida de familias sensibles cuyo rango es de 7 a 10, las especies resistentes con un valor va de 1 a 3, el mayor nivel de agrupación se encuentra en el nivel sensible.

Tabla 20 Rango ABI de la quebrada de Córdoryacu

Quebradas	Resistente	tolerante	Sensible
Cordoryacu	27	75	80

Fuente: Autor

En la tabla 19 se puede ver que el nivel más abundante fue el sensible (80 individuos), seguido del nivel tolerante con 75 individuos y por último el resistente con 27 individuos.

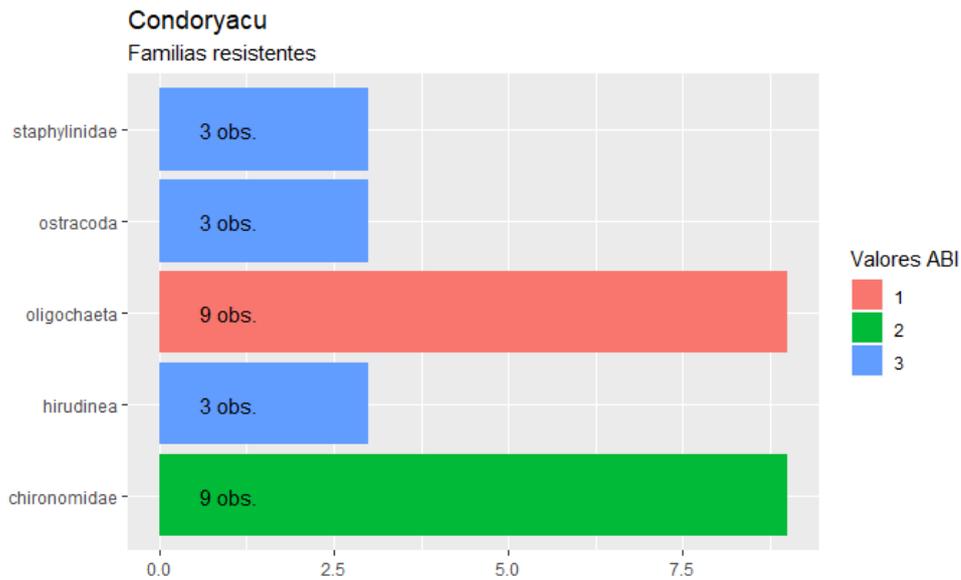


Grafico 6 Familias resistentes dentro del rango ABI dentro en la quebrada de Córdoryacu
Fuente: Autor

En el grafico 6 se puede apreciar las especies cuyo rango ABI se consideran resistentes a la contaminación en donde las más representativas fueron oligochaeta con 9 observaciones con un índice ABI de 1, seguida de Chironomidae con 9 observaciones.

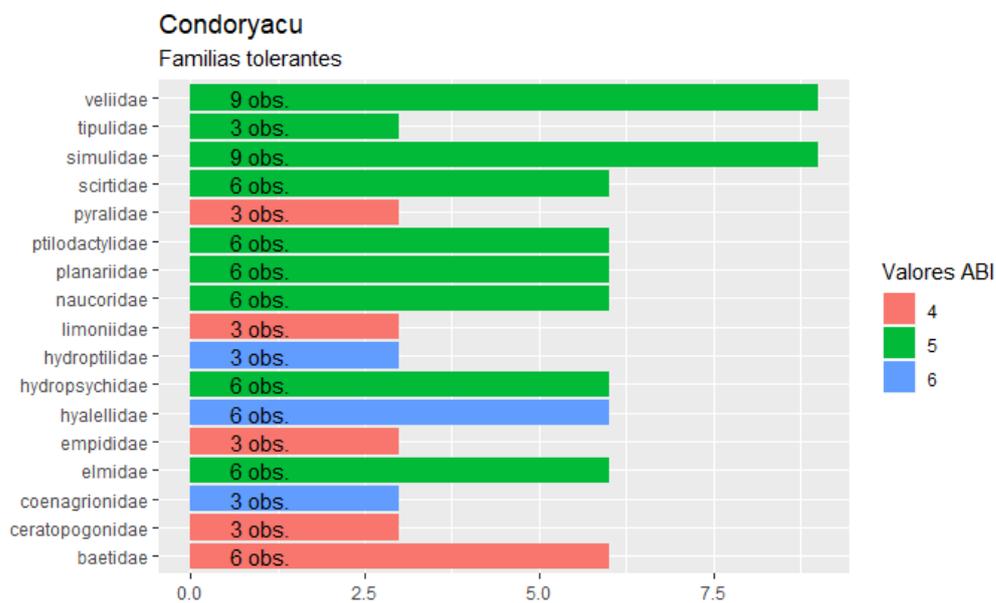


Grafico 7 Familias tolerantes dentro del rango ABI en la quebrada de Córdoryacu
Fuente: Autor

En el grafico 7 se observa a las especies más representativas que según el índice ABI están dentro del rango de familias tolerantes a la contaminación en donde las más representativas fueron Veliidae con 9 observaciones con un índice ABI de 5, seguida de Simuliidae con 9 observaciones y un ABI de 2, seguida Baetidae con 6 individuos un ABI 4, hyalelidae con 6 individuos y un ABI de 6, seguida de elmidae, Hidrpsichydae, Naucaridae, Planaridae Scirtidae, con 6 individuos cada una con una valoración ABI de 5 respectivamente.

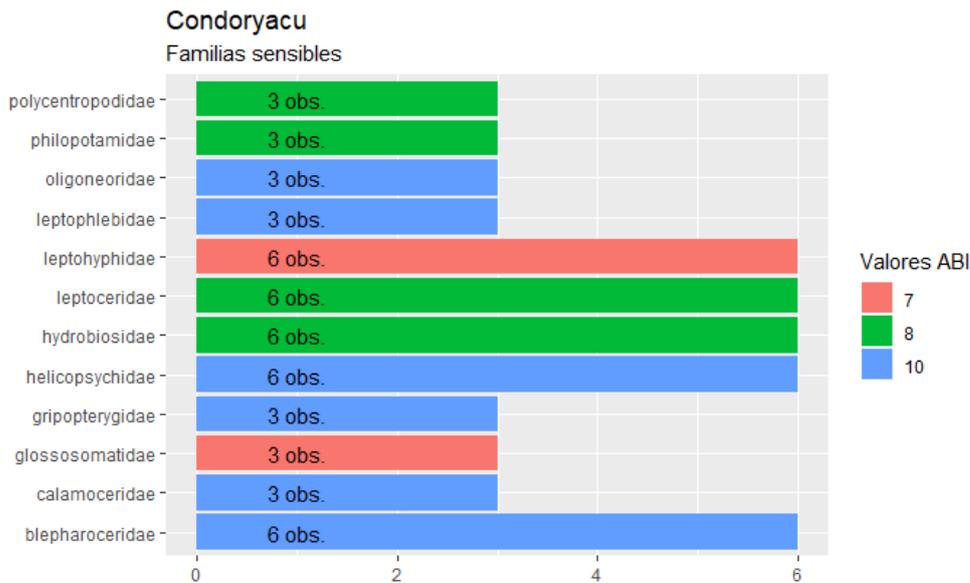


Grafico 8 Familias sensibles dentro del rango ABI en la quebrada de Córdoryacu
Fuente: Autor

Las familias más importantes al establecer el índice de valoración de calidad ABI son las familias sensibles por su alto valor de ponderación, en el grafico 8 se aprecia que la familia más representativa fueron Leptohyphidae con 6 individuos y un ABI 6, seguida de Leptoceridae y Hydrobiosidae con 6 individuos y un ABI 8, y Helicoptsychidae y Blepharoceridae con 6 individuos cada una y un valor ABI de 10.

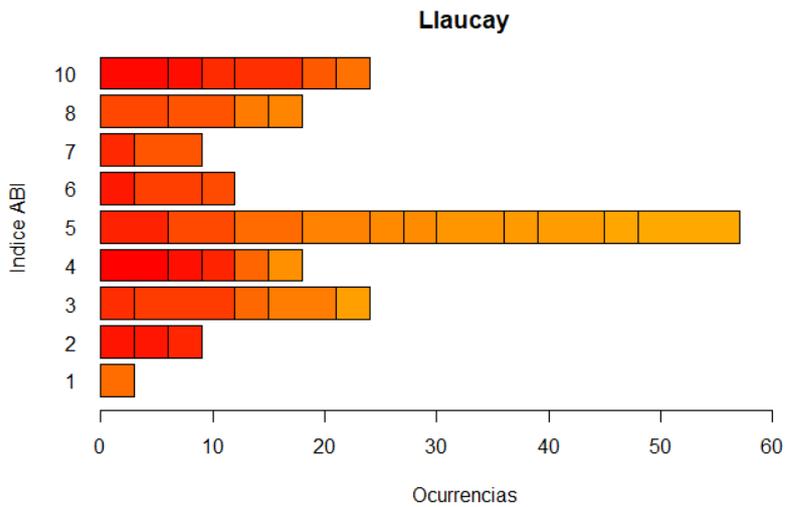


Ilustración 14 Índice ABI quebrada Llaucay
Fuente: Autor

En el análisis de valoración de ABI agrupados, como se observa en la ilustración 14, se aprecia la riqueza y la abundancia de familias presentes en la quebrada Llaucay, de acuerdo a la riqueza la mayor presencia de familias está dentro de un orden de valoración ABI de 5 con 11 familias tolerantes, seguida de familias que están dentro de un orden de valoración ABI de 10 con 6 familias sensibles y dentro del ABI 3 tenemos 5 familias resistentes a la contaminación, la familia más abundante se encuentran dentro del valor ABI 5 y es Veliidae con una abundancia de 9 individuos.

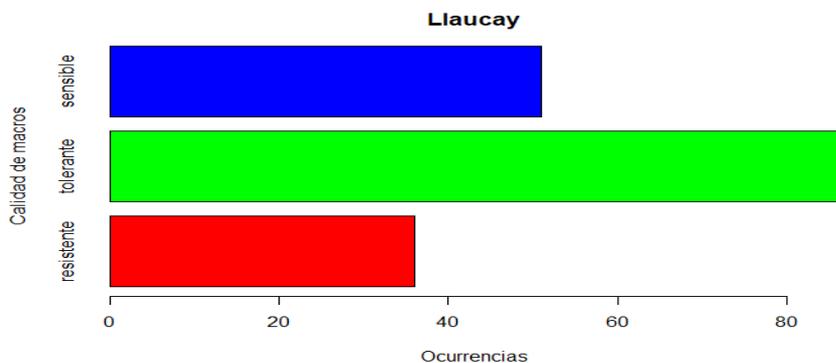


Ilustración 15 Clasificación de macroinvertebrados por rangos de tolerancia de la quebrada de Llaucay
Fuente: Autor

Como se aprecia en la ilustración 15 la mayor cantidad de familias se encuentra en esta quebrada según los estándares que nos del Índice ABI nos indica que existen en un mayor rango las especies tolerantes donde su valor va desde 4 a 6, seguida de familias sensibles cuyo rango es de 7 a 10, seguidas de especies resistentes donde su valor va desde 1 a 3, el mayor nivel de agrupación se encuentra en el nivel tolerante.

Tabla 21 Rango ABI de la quebrada de Llaucay

Quebradas	Resistente	tolerante	Sensible
Llaucay	36	87	51

Fuente: Autor

En la tabla 20 se puede ver que el nivel más abundante fue el tolerante con 87 individuos seguido del sensible con 51 individuos y el nivel resistente 36 con individuos.

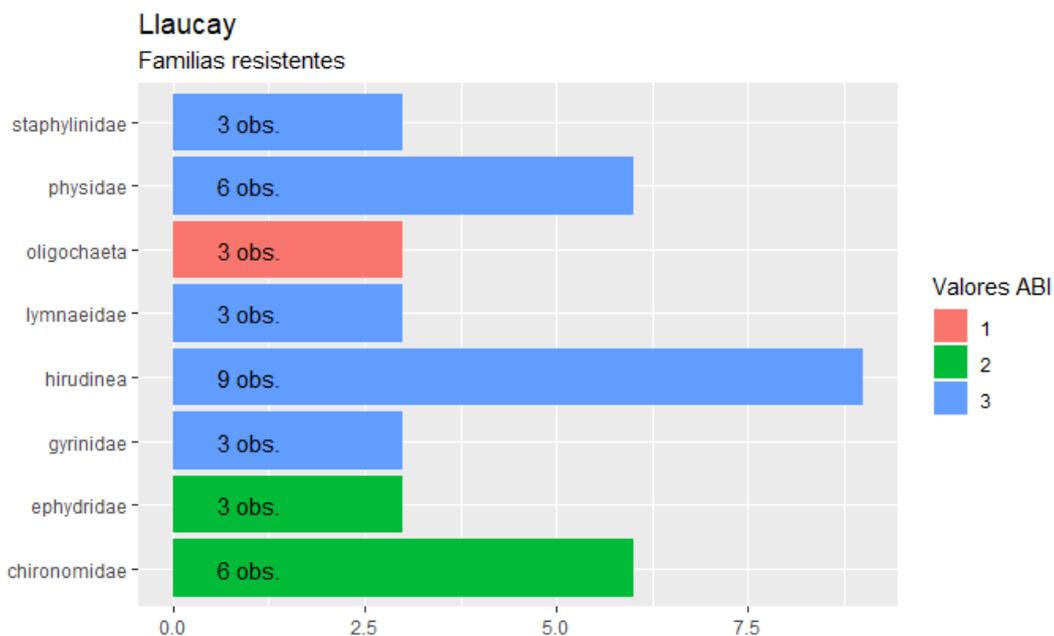


Grafico 9 Familias resistentes dentro del rango ABI en la quebrada de Llaucay

Fuente: Autor

En el grafico 9 se puede apreciar las especies cuyo rango es entre 1-3 ABI se consideran resistentes a la contaminación en donde las más representativa fueron las familias: Hirudinea con 9 observaciones con un índice ABI de 3, seguida de Physidae con 6 observaciones y un ABI de 3, Chironomidae con 6 observaciones y un valor ABI de 2

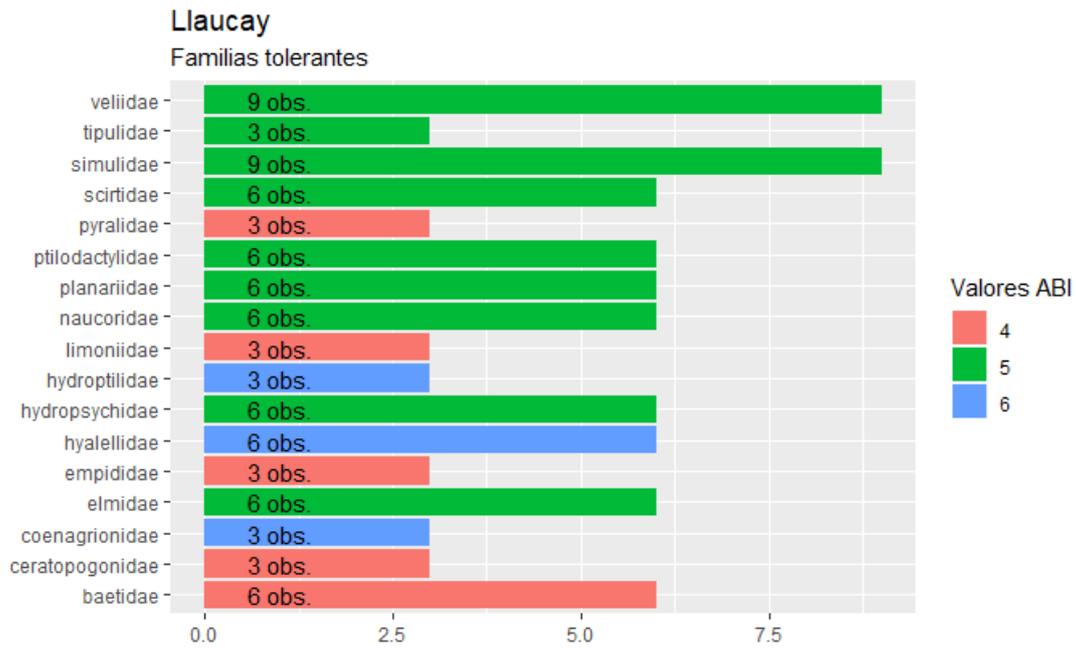


Grafico 10 Familias tolerantes dentro del rango ABI en la quebrada de Llaucay
Fuente: Autor

En el grafico 10 se observa a las familias más representativas de acuerdo al índice ABI están dentro del rango de familias tolerantes a la contaminación en donde las más representativas fueron Veliidae y Simulidae con 9 observaciones cada una y un índice ABI de 5 respectivamente, seguida Baetidae con 6 individuos un ABI 4, hyalellidae con 6 individuos un y un ABI de 6, seguida de elmidae, Hidrosichydae, Naucaridae, Planaridae Scirtidae, con 6 individuos cada una con una valoración ABI de 5 respectiva mente.



Grafico 11 Familias sensibles dentro del rango ABI en la quebrada de Llaucay
Fuente: Autor

En el grafico 11 se observa que, las familias más importantes a la establecer el índice de valoración de calidad ABI son las familias sensibles por su alto valor de ponderación, en este grafico se aprecia que la familia más representativa fueron Helicopsychidae y Blepharoceridae con 6 individuos cada una y un valor ABI de 10, seguida de Leptoceridae y Hydrobiosidae con 6 individuos y un ABI 8, y Leptohyphidae con 6 individuos cada una y un valor ABI de 7.

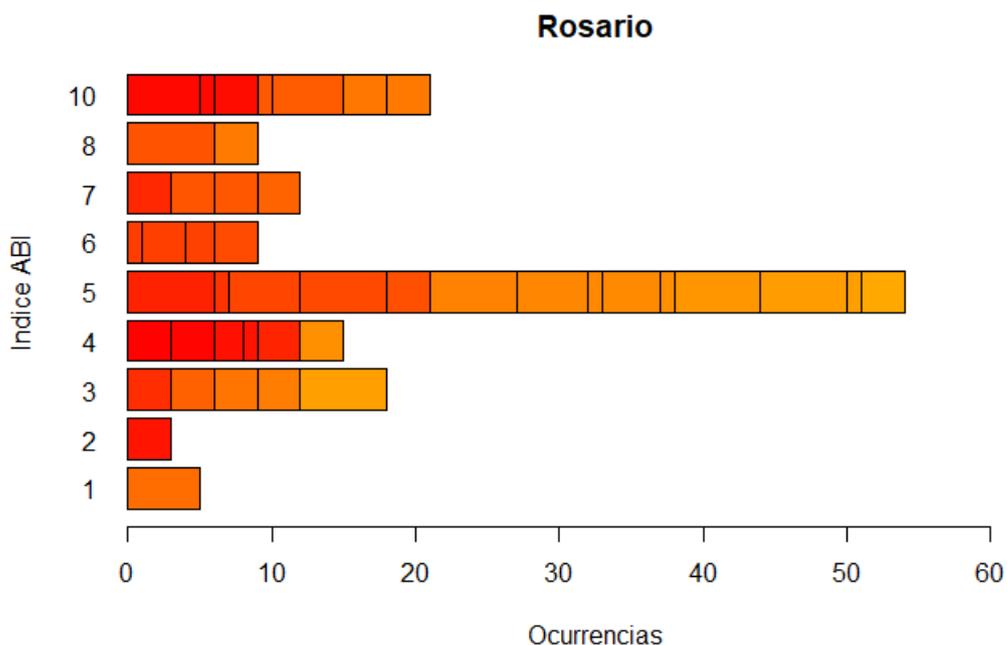


Ilustración 16 Índice ABI quebrada Rosario
Fuente: Autor

En el análisis de valoración de ABI agrupados, se aprecia en la ilustración 16 que la riqueza y la abundancia de familias presentes en la quebrada Rosario, de acuerdo a la riqueza la mayor presencia de familias está dentro de un orden de valoración ABI de 5 con 14 familias tolerantes, seguida de familias que están dentro de un orden de valoración ABI de 10 con 7 familias sensibles y dentro del ABI 4 tenemos 6 familias tolerantes a la contaminación.

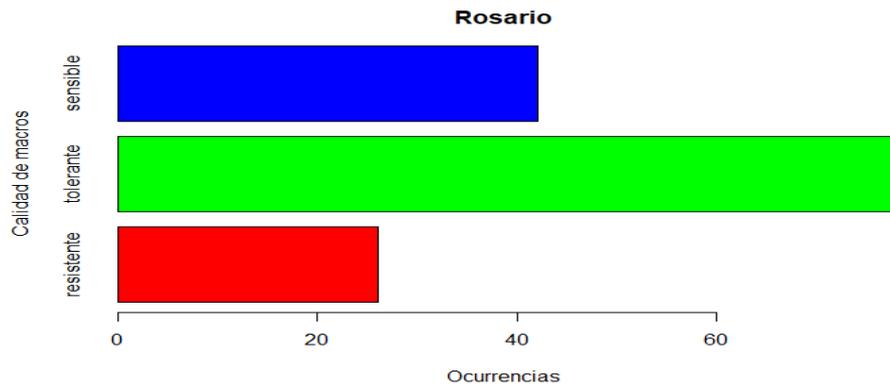


Ilustración 17 Clasificación de macroinvertebrados por rangos de tolerancia de la quebrada de Rosario
Fuente: Autor

Como se aprecia en la ilustración 17 la mayor cantidad de familias se encuentra en el rango tolerante en esta quebrada según los estándares del Índice ABI nos indica que existen en un mayor rango las especies tolerantes donde su valor va desde 4 a 6, seguida de familias sensibles cuyo rango es de 7 a 10, seguidas de especies resistentes donde su valor va desde 1 a 3, el mayor nivel de agrupación se encuentra en el nivel tolerante.

Tabla 22 Rango ABI de la quebrada de Rosario

Quebradas	Resistente	tolerante	Sensible
Rosario	26	78	42

Fuente: Autor

En la tabla 21 se puede ver que el nivel con mayor abundancia fue el tolerante con 78 individuos seguidos del sensible con 42 individuos y el nivel resistente 26 con individuos.

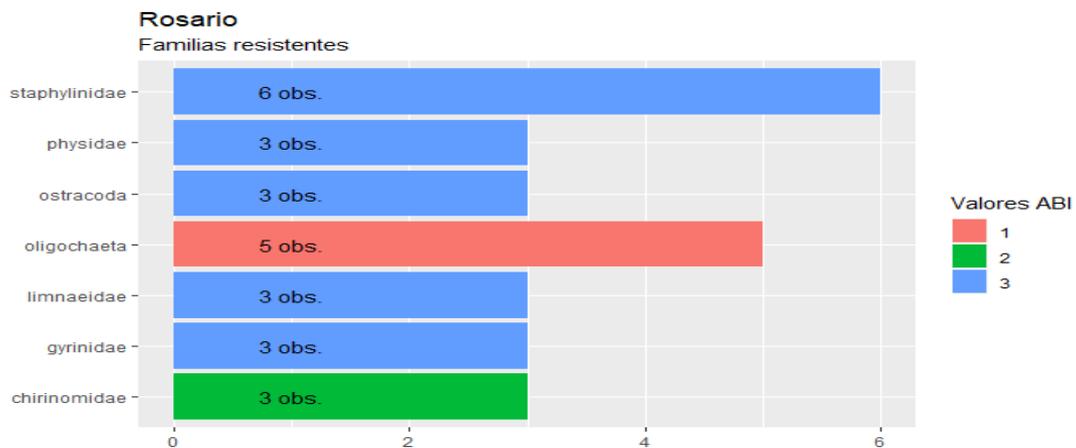


Grafico 12 Familias resistente dentro del rango ABI en la quebrada de Rosario

Fuente: Autor

En el grafico 12 se puede apreciar las familias cuyo rango ABI 1-3 se consideran resistentes a la contaminación en donde las más representativas fueron Staphylinidae con 6 observaciones con un índice ABI de 3, seguida de Oligochaeta con 5 observaciones y un ABI de 1

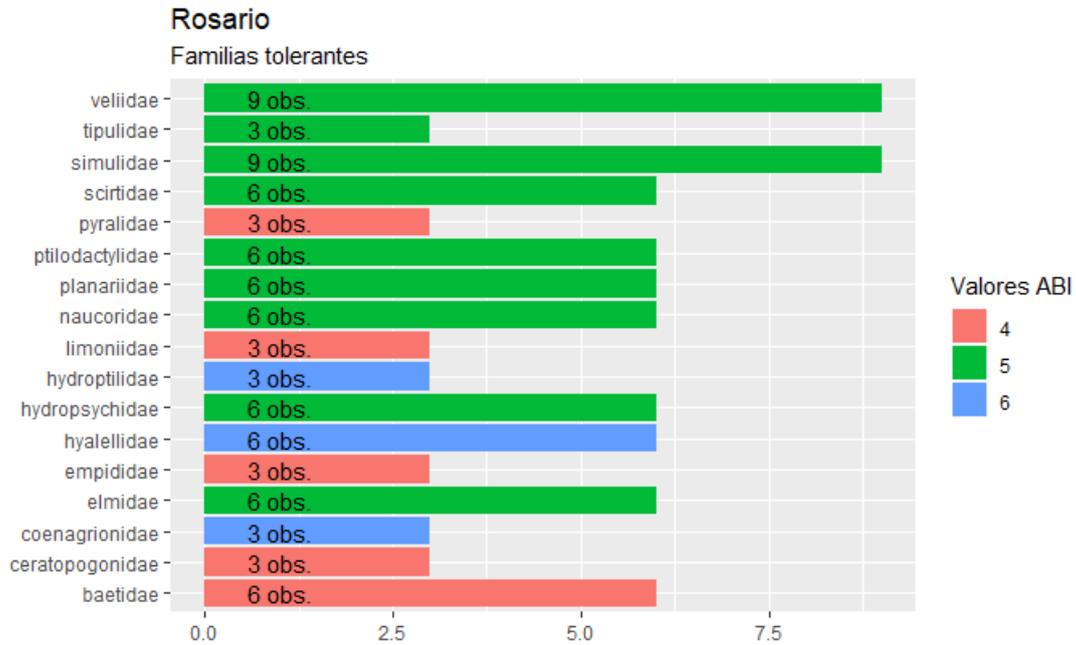


Grafico 13 Familias tolerantes dentro del rango ABI en la quebrada de Rosario
Fuente: Autor

En el grafico 13 se observa a las familias más representativas que según el índice ABI están dentro del rango de familias tolerantes a la contaminación en donde las más representativas fueron Veliidae y Simulidae con 9 observaciones cada una y un índice ABI de 5, seguida Baetidae con 6 individuos un ABI 4, hyalellidae con 6 individuos un y un ABI de 6, seguida de Elmidae, Hidrosichydae, Naucaridae, Planaridae Scirtidae, con 6 individuos cada una con una valoración ABI de 5 respectivamente.

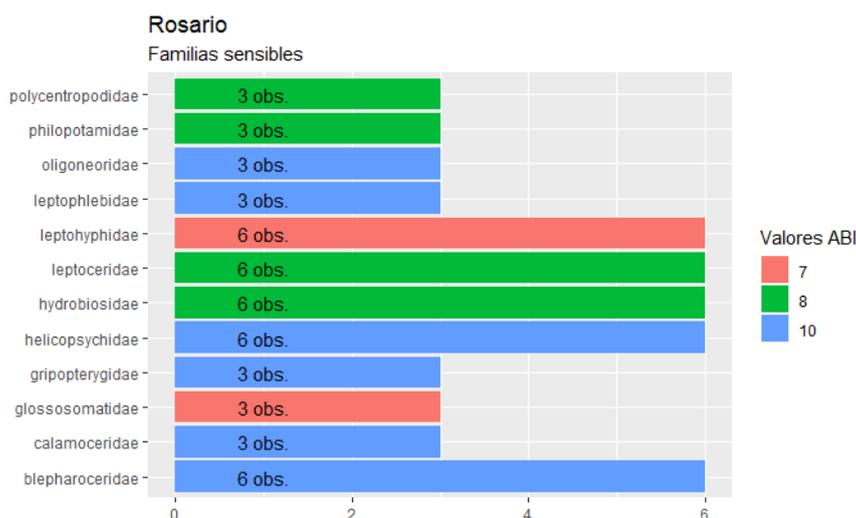


Grafico 14 Familias sensibles dentro del rango ABI en la quebrada de Rosario
Fuente: Autor

Las familias más importantes para establecer el índice de valoración de calidad ABI son las familias sensibles, por su alto valor de ponderación, en este grafico se aprecia que la familia más representativa fueron Helicopsychidae y Blepharoceridae con 6 individuos cada una y un valor ABI de 10, seguida de Leptoceridae y Hydrobiosidae con 6 individuos y un ABI 8, y Leptohidae con 6 individuos cada una y un valor ABI de 7 como se observa la gráfica 15.

Tabla 23 Resultados ABI obtenidos por época y estación de muestreo

Estaciones	Seco	Lluvia	INDICE ABI	ESTADO
Cóndoryacu	112	127	120	Muy Bueno
Rosario	120	112	116	Muy Bueno
Llaucay	106	108	107	Muy Bueno
Nudpud (bajo)	101	86	94	Bueno
Nudpud (medio)	83	113	98	Muy Bueno
Nudpud (alto)	76	78	77	Bueno

Elaborado: Autor, 2018

Índice ABI quebrada Nudpud

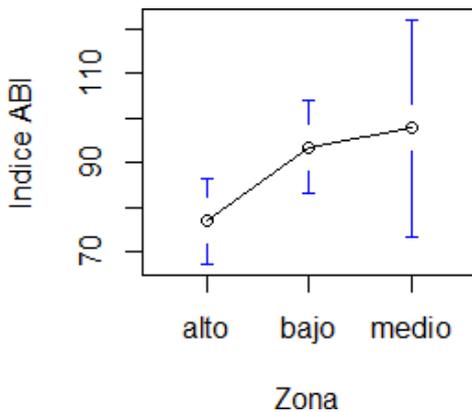


Ilustración 18 índice ABI quebrada Nudpud
Fuente: Autor

En la ilustración 18 es posible apreciar los valores del índice ABI, esto frente a la ubicación de los diferentes puntos (alto, medio, bajo) de muestreo en la captación de Nudpud; se encontró que las diferencias entre puntos no fueron significativas, esto según un test anova $p > 0.0772$. El punto con un valor más alto de índice ABI fue el medio con 83 (época seca); 113 (época lluvia), seguido de los puntos bajo y alto con valores de 101 (época seca); 68 (época lluvia) y 76 (época seca); 78 (época lluvia) respectivamente.

Aplicando un test Tukey constatamos que los datos tienen una distribución normal, siendo posible aplicar el test anova, también se pudo constatar que existen diferencias significativas entre las zonas media y alta.

Índice ABI por captaciones

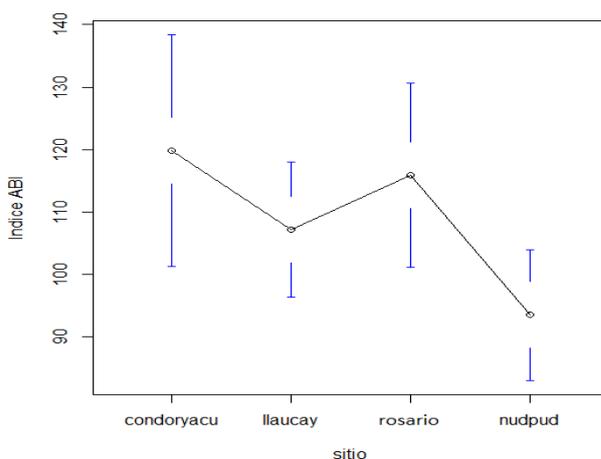


Ilustración 19 índice ABI entre diferentes captaciones
Fuente: Autor

En la ilustración 19 se puede apreciar que la captación de Córdoryacu obtiene un valor superior del índice IHF, seguido por las captaciones Rosario, Llaucay y Nudpud. Las

diferencias existentes entre las diferentes captaciones fueron significativas $p=0.0136$.

Índice ABI entre estación seca y lluvia

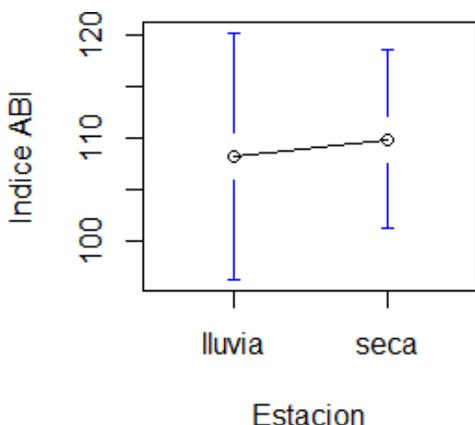


Ilustración 20 índice ABI por estación seca y lluviosa
Fuente: Autor

En la ilustración 20 es posible observar los valores del índice ABI, esto frente a las diferentes épocas con diferencias mínimas y un mayor índice ABI en época seca. Las diferencias existentes entre captaciones fue significativa $p>0.0136$.

Comparacion entre indices ICA y ABI

A continuacion se muestra los resultados de los promedios entre época seca y época de lluviosa del índice de calidad y el índice biológico andino.

Comparacion entre indices ICA Y ABI.

Tabla 24 Comparación entre índices ICA y ABI

PUNTOS DE MUESTREO	ABI	ICA
Nudpud	97	71
Rosario	116	73
Llaucay	107	75
Cóndoryacu	122	77

Elaborado por: Autor

En la tabla 23 se pueden apreciar los valores de cada índice.

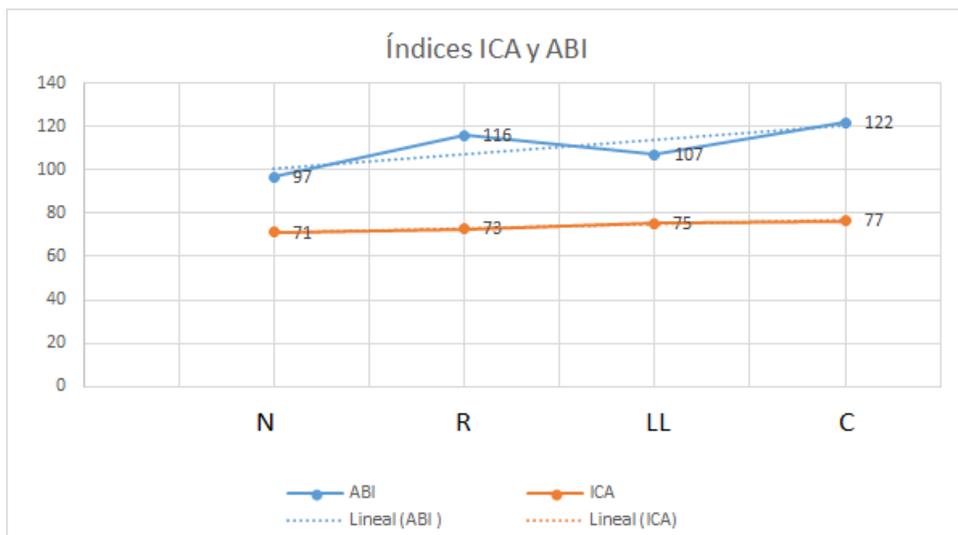


Gráfico 15 Correlación entre índices ICA y ABI
Fuente: Autor

En el gráfico 15 se puede probar que existe una correlación ligeramente fuerte y directa, en cuanto entre índices ICA Y ABI, de las cuatro estaciones de muestreo (N, R, LL y C) su ABI aumenta al igual que su ICA, las condiciones fisicoquímicas es un factor esencial en el desarrollo de los macroinvertebrados, los datos de las quebradas: Rosario y Llaucay, tuvieron desviaciones de la tendencia entre índices.

Esto se puede comprobar con el coeficiente de correlación de Pearson con un valor 0,71711978 afirmando que hay una correlación directa entre ambos índices

Correlación entre índices ICA Y ABI

Tabla 25 Resultado de correlación entre índices ICA y ABI

ABI	Correlación de Pearson	0,7897
ICA	Correlación de Pearson	0,9914

Elaborador por: Autor

En la tabla 24 se puede apreciar los valores obtenidos de la correlación de ambos índices, donde en cada caso se ve una correlación positiva y altamente fuerte con valores cercanos a la correlación lineal y valores superiores al 0,5

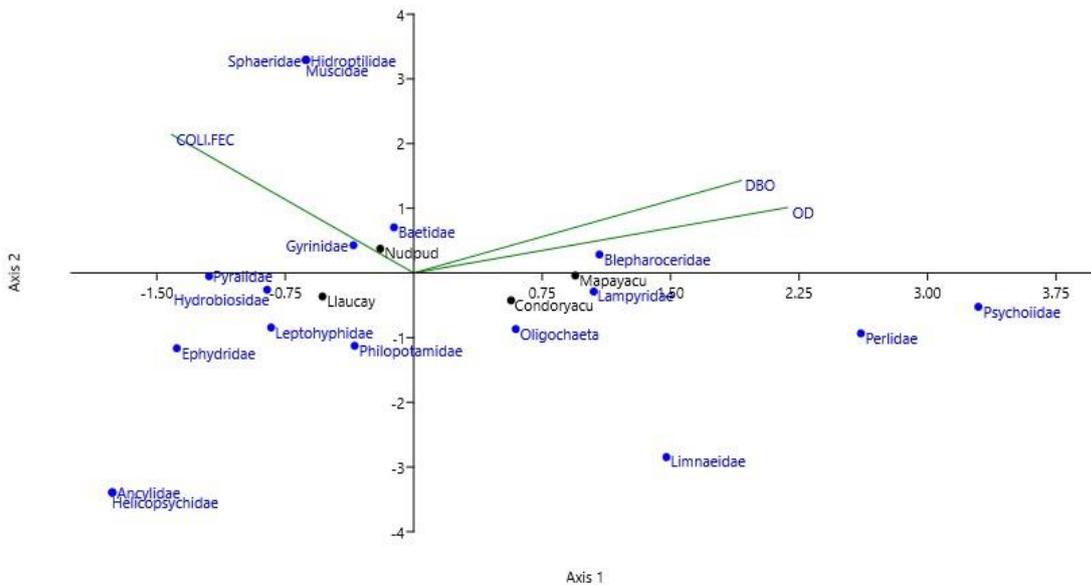


Ilustración 21 AXIS determinado que especies son las más tolerantes y menos tolerantes

Fuente: Autor

En la ilustración 21 es posible apreciar la distribución de las diferentes familias, basándonos en parámetros estratégicos que permiten evaluar la calidad de ecosistemas fluviales (DBO, OD, Coliformes fecales); esto en los diferentes sitios estudiados, es posible apreciar que las familias de macroinvertebrados se encuentra agrupadas en función de las diferentes quebradas, de esto se puede destacar que en ecosistemas con valores que indican contaminación en los sitios de acuerdo a los parámetros antes mencionados se encontraron familias que según la bibliografía consultada son resistentes como (*Oligocheta*), tolerantes a la contaminación(*Gyrinidae*) y en ecosistemas cuyos valores indican un mejor grado de conservación, es posible apreciar familias sensibles (*Blepharoceridar*, *Perlidae*), por lo que se guarda estrecha relación entre integridad de parámetros físico químicos y parámetros bióticos, esto indica presencia y ausencia de familias cuyos parámetros son más altos como los coliformes fecales, están directamente incidiendo sobre la ausencia de familias sensibles a la contaminación.

4.2.3. Índice Biological Monitoring Water Party (BMWP)

Para determinar la calidad del agua en relación a la presencia de macroinvertebrados, se les asigna un puntaje entre 1-10 de acuerdo a cada familia en relación a su tolerancia con los contaminantes como indica la tabla descrita en el Anexo E y los resultados de BMWP por captación se encuentran en el Anexo F.

Para determinar las características ecológicas del medio se correlacionó los valores BMWP, en 5 categorías de calidad de agua y diferentes colores, como lo indica la tabla 13. Las familias identificadas en las zonas de muestreo permitieron establecer los resultados obtenidos plasmados en la tabla 25, los cuales indican que la calidad de las aguas muestra alteración en sus ecosistemas, esto puede ser debido a las diferentes actividades antropogénicas.

Tabla 26 Índice Biological Water Party (BMWP) en la cuenca del Tabacay

Estaciones	Lluvia	Seco	Intervención	Calidad	Color
Nudpud(medio)	151	162	Mínima	Alta	Azul
Llaucay	139	155	Leve	Buena	Verde
Cóndoryacu	134	153	Leve	Buena	Verde
Rosario	119	135	Leve	Buena	Verde
Nudpud(bajo)	100	113	Importante	Media	Amarillo
Nudpud(alto)	98	109	Importante	Media	Amarillo

Elaborado por: Autor

Índice BMWP quebrada Nudpud

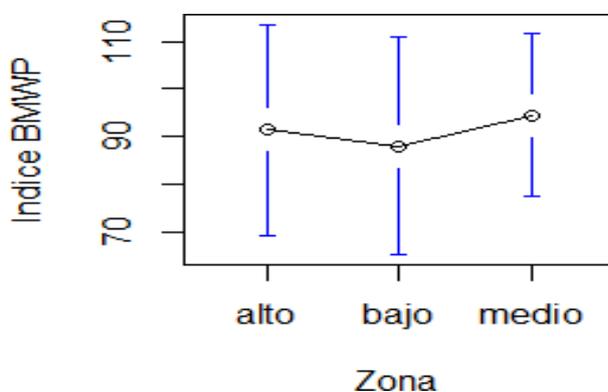


Ilustración 22 índice BMWP quebrada Nudpud

Fuente: Autor

En la ilustración 22 se observa que el índice BMWP alcanza mayores puntajes en la zona media, seguido de la zona alta, y por último la zona baja; no obstante, las diferencias que existen entre los mismos no son significativas $p=0.854$.

Aplicando un test Tukey constatamos que los datos tienen una distribución normal, por lo que fue posible aplicar el test anova y a la vez contrarrestamos los datos; sin obtener diferencias significativas.

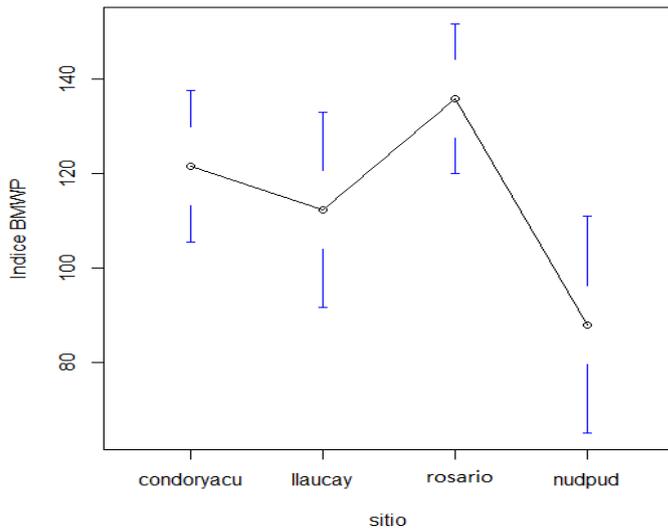


Ilustración 23 Valores BMWP por Quebradas
Fuente: Autor

En la ilustración 23 es posible apreciar que la captación con un valor mayor del índice BMWP es Rosario, seguido de las captaciones Cónoryacu, Llaucay y Nudpud. Se aplicó un test Tukey para constatar la normalidad de los datos, y por ende la factibilidad de aplicación del test anova.

Índice BMWP por estación seca y lluvia

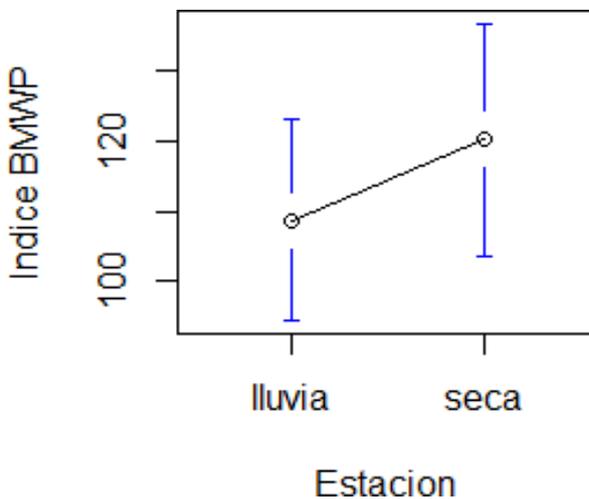


Ilustración 24 índice BMWP quebrada Nudpud

Fuente: Autor

En la ilustración 24 es posible apreciar que la media del índice BMWP fue mayor en la estación seca, las diferencias entre estación seca y lluvia no fueron significativas $p=0.267$.

Comparación

Índice Biological Monitoring Water Party (BMWP) e Índice Biótico Andino (ABI)

Una vez determinado los índices BMWP y ABI en cada uno de los puntos de muestreo nos demuestran que ambos índices tienen una misma relación al indicar que los estados de calidad de aguas en cada uno de los puntos presentan características óptimas; sin embargo, cabe indicar que los resultados en la quebrada de Nudpud los convenios ARAs, determinan un mal manejo o incumplimiento de convenios.

4.2.4. Índice de Shannon

Riqueza quebrada Nudpud

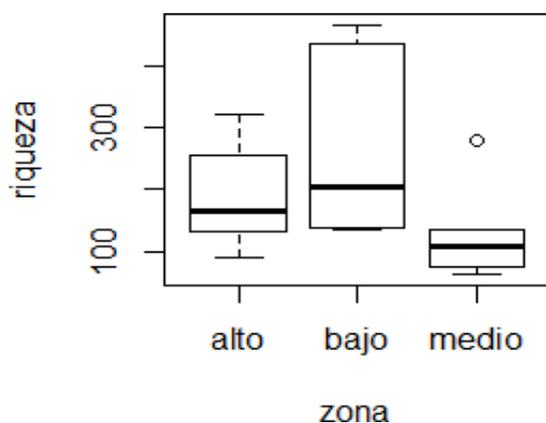


Ilustración 25 Riqueza quebrada Nudpud
Fuente: Autor

Para determinar la riqueza dentro de la quebrada de Nudpud fue dividida en tres zonas (alto, medio, bajo); como se observa en la ilustración 25; el número de individuos varía en relación a la ubicación de muestreo dentro de la quebrada de Nudpud; el punto donde existió gran diversidad de microorganismos fue en el punto 1 que es la zona en donde está ubicada la captación, con 369 (época seca) y 160 (época lluvia) individuos en total. Seguida por el punto alto en donde existe 148 (época seca) y 128 (época lluvia), y del punto medio con 167 y 88 (época seca y de lluvia) respectivamente. Es importante señalar que la diferencia entre puntos fue inferida por un test anova factorial de dos vías. Existen dos clases de poblaciones, la primera en donde la presencia de familias es poca pero el número de individuos tolerantes es mayor es por ellos que predomina al estar sujeto a una contaminación mayor, la segunda en donde las familias más numerosas, pero cuentan con un menor número de individuos, pero son sensibles a la contaminación.

Riqueza por captaciones

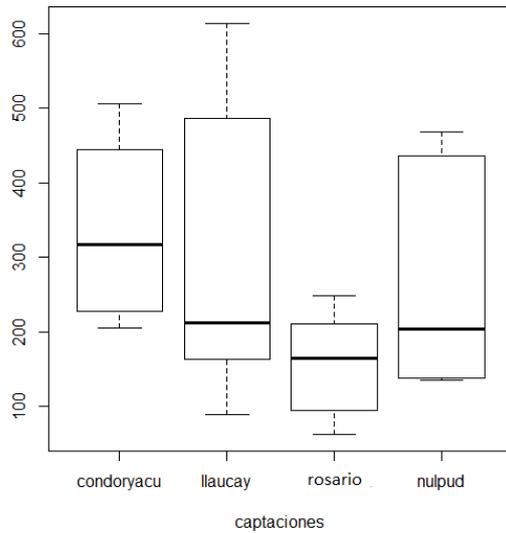


Ilustración 26 riqueza por captaciones

Fuente: Autor

Como puede observarse en la ilustración 26 los puntos que representan a las medias de cada grupo de familias aparecen en diferentes niveles y puntos (Córdoryacu, Llaucay, Rosario, Nudpud); se observa que el número de familias (riqueza), está en relación a la ubicación de muestreo en la quebrada de Nudpud; sobre todo la media del grupo definido por el factor Córdoryacu, con 452 individuos (época seca); 221 (época lluvia) familias en total, seguida de las captaciones de Llaucay y Nudpud con un solapamiento entre sus medias con un total de 367 (época seca); 197 (época lluvia) seres y 369 (época seca); 160 (época lluvia) familias respectivamente, el número de seres más bajo encontrando fue Rosario con 174 (época seca); 141 (época lluvia).

Índice de Shannon quebrada Nudpud

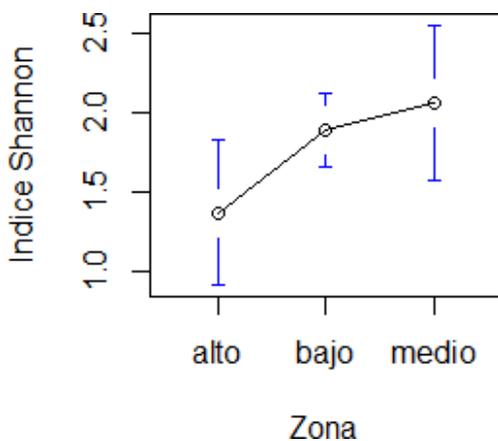


Ilustración 27 Índice de Shannon dentro de los puntos de muestro

Fuente: Autor

En la ilustración 27 se observa los valores del índice Shannon, esto frente a la ubicación de los diferentes puntos (alto, medio, bajo) de muestreo de la quebrada de Nudpud; el índice Shannon mide la composición de familias de un sitio, ponderando el número de familias y la abundancia de las mismas, y obteniendo un valor por sitio, es importante señalar que los puntos muestreados pertenecen a un mismo tipo de ecosistema, descartando así posibles errores. Se encontraron diferencias significativas entre los diferentes puntos $p > 0.0198$, el punto medio obtuvo valores de 1.6 (época seca); 2.5 (época lluvia) superiores a los puntos bajo y alto con valores de 2 (época seca); 1.8 (época lluvia) y 1.0 (época seca); 1.7 (época lluvia) respectivamente.

Índice de Shannon por captaciones

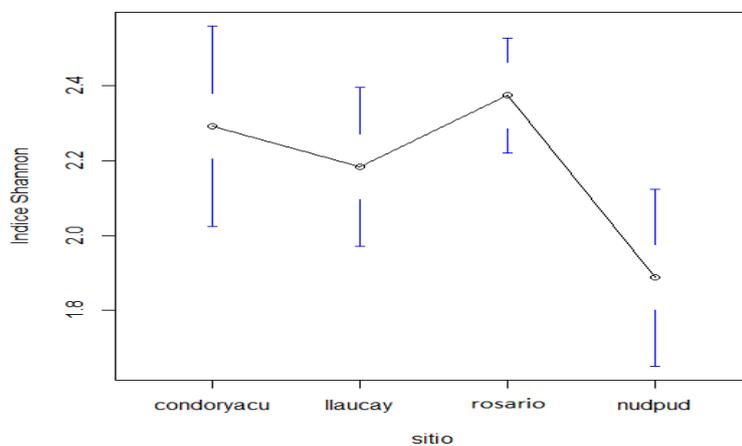


Ilustración 28 índice de Shannon por captaciones
Fuente: Autor

Ilustración 29 índice de Shannon por captaciones

En la ilustración 28 es posible apreciar que la captación con un valor mayor del índice Shannon es Rosario, seguido de las captaciones Córdoryacu, Llaucay y Nudpud; las diferencias que existen entre las diferentes captaciones fueron significativas $p=0.00408$.

Aplicando un test Tukey, se comprueba que es factible aplicar un test anova en los datos, y a la vez comparamos con los resultados de este, obteniendo diferencias significativas entre las quebradas Nudpud-Rosario y Nudpud- Córdoryacu.

En la ilustración 28 se observa los valores del índice Shannon, esto frente a las diferentes captaciones estudiadas (Córdoryacu, Llaucay, Rosario, Nudpud); se encontró que las captaciones fueron Córdoryacu con 2.2 (época seca); 2.4 (época lluvia) y Rosario, seguidas

de las captaciones de Llaucay y Nudpud con valores de 2.2(época seca); 2.2 (época lluvia) y 2.0(época seca); 1.8 (época lluvia) respectivamente. Las diferencias encontradas entre captaciones fueron significativas $p>0.00408$; es importante mencionar que estos valores siguieron la tendencia de los índices ICA y ABI.

Mediante el grafico 16 se puede observar las diferentes familias con dominancia en las diferentes quebradas:

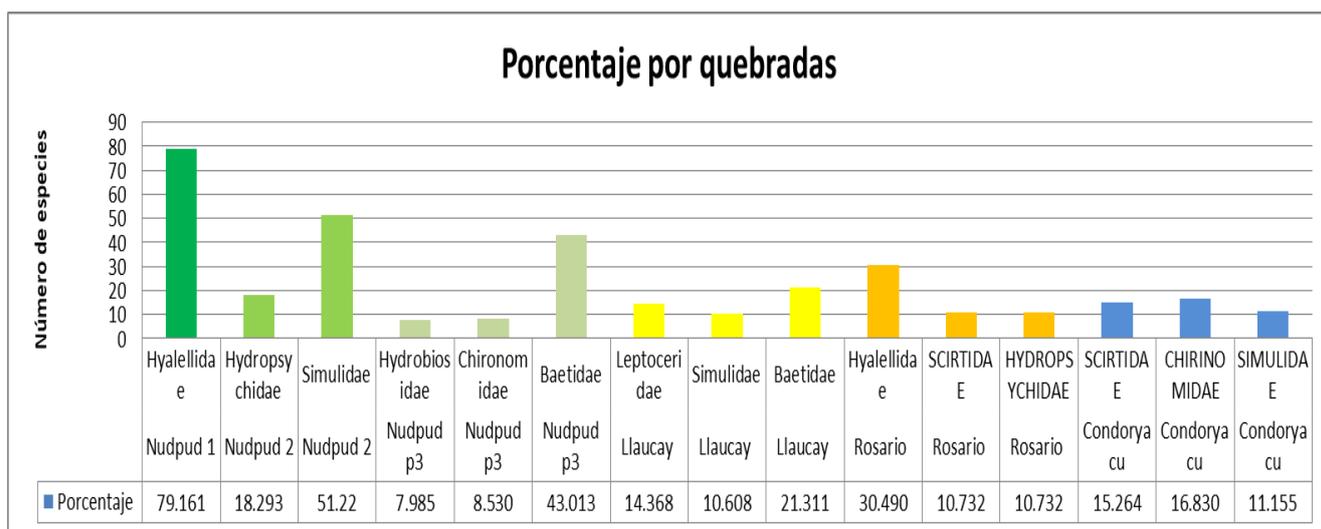


Grafico 16 familias más representativos por quebradas

Fuente: Autor

La abundancia obtenida mediante el índice de Shannon indica que en la quebrada de Nudpud el género más abundante es Hyalelidae; esta se caracteriza por resistir alteraciones en su hábitat; que puede ser provocado por diversas actividades antrópicas como naturales (ganadería, agricultura y piscicultura, lluvia) cuyos contaminantes ingresan por escorrentía alterando la calidad del agua y causando la pérdida de familias sensibles (Sierra, 1999).

Al realizar el análisis respectivo en cada punto de muestreo se puede mencionar que la época de lluvia al tener un mayor arrastre de sólidos el índice de equidad es mayor, esto no significa que sea un factor para determinar que la quebrada tenga una mala la calidad, sino que existen muchos más factores como la riqueza, uniformidad y abundancia como se puede observar en la tabla 26.

Tabla 27 Índice de Shannon por quebrada y por estación

Quebrada	Seco	Lluvia
Nudpud 1	2.306	2.713
Nudpud 2	2.559	3.516
Nudpud 3	3.044	2.836
Cóndoryacu	3.293	3.498
Llaucay	3.199	3.31
Rosario	3.362	3.583

Elaborado por: Autor

Es decir, un ecosistema está en óptimas condiciones al tener un mayor número de familias con un bajo número de individuos. Por el contrario, un ecosistema que se encuentra con una alteración en su sistema se caracteriza por tener un bajo número de familias, pero muchos individuos de las mismas.

Al realizar una línea de tendencia de la abundancia como se puede observar en la ilustración 28 existe una diferencia notable por épocas con un índice de 2,14 en época seca y de 2,22 en la época lluviosa, al realizar el mismo cálculo por quebrada es posible apreciar que la captación con un valor mayor del índice Shannon es Rosario, seguido de las captaciones Cóndoryacu, Llaucay y Nudpud como se puede observar en la tabla 26.

Índice de Shannon entre estación seca y lluviosa.

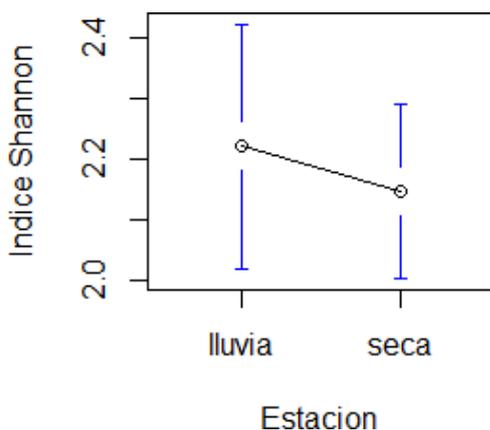


Ilustración 30 índice Shannon entre estación seca y lluvia

Fuente: Autor

En la ilustración 29 es posible apreciar que la media del índice Shannon fue mayor en la estación lluviosa, las diferencias entre estación seca y lluvia no fueron significativas

p=0.513.

4.2.4 Participación Comunitaria en el proyecto

Los talleres prácticos con la comunidad se los realizaron los días 24 de mayo con la Junta de Agua de la comunidad de Nudpud y 25 de mayo con los beneficiarios de los convenios ARAs; con un total de 19 personas capacitadas como indica el anexo M; se realizó un taller práctico que contó con la participación de la mayor parte de la población, se socializó y se dictaron cursos teórico-práctico de la identificación de macroinvertebrados del proyecto tanto en la zona alta y baja de la quebrada de Nudpud en donde la comunidad y los beneficiarios de los convenios ARAs se mostraron muy comprometidos y participativos en cada uno de los talleres.

En cuanto al taller teórico-práctico en las escuelas Francisco Mayancela Jaigua (Anexo R) y Guillermina Ordoñez (Anexo Q), los días 28 y 29 de mayo con un total de 30 niños se realizó la aplicación técnica de biomonitoreo en la quebrada de Nudpud con ambas escuelas, la una se desarrolló en la captación y la otra dentro de las propiedades de los beneficiarios ARAs, tanto los estudiantes como los docentes se mostraron interesados por el proyecto y comprendieron la importancia del biomonitoreo y de mantener las fuentes hídricas en un estado saludable.

4.3. PLAN DE ACCIÓN

Objetivo General:

Desarrollar acciones correctivas y preventivas mediante un plan de manejo acorde al estado actual del recurso agua mediante indicadores bióticos dentro de las 4 quebradas que abastecen de agua a la ciudad de Azogues.

Objetivos específicos:

- Dinamizar una estrategia de monitoreo conjunto de la calidad del agua en las quebradas de microcuenca del Río Tabacay.
- Ampliar las estrategias de protección de riberas desarrolladas por la EMAPAL EP.

Programas	Objetivos por cada programa	Resultados esperados	Actividades	Indicadores
Programa de Cobertura Vegetal	Cuidado y conservación de los bosques	Disminuir el ingreso de excrementos de animales mediante escorrentía.	Siembra de plantas nativas en las riveras de las quebradas	Facturas de compra de semillas.
		Protección del agua con cercos de protección	Creación de corredores bióticos	Listado de planta adquiridas
Programa de	Mitigar los procesos erosivos	Evitar la contaminación por excretas de ganado	Desarrollar técnicas de conservación, como manejo de barreras vivas.	Análisis fisicoquímico de las aguas
		Propuestas para uso de tierras:	Seleccionar usos para las tierras en las	

manejo y conservación de suelos	actuales a optimizar su uso	<ul style="list-style-type: none"> • Agricultura Técnica. • Silvopastoril • Forestal • Entre otros. 	quebradas.	Propuestas unitarias valoradas con diferentes alternativas
	Valorar alternativas de uso y de ocupación de tierras.			
Programa de Educación Ambiental	Implementar proyectos de concientización ambiental	Educación ambiental implementado en Juntas de Agua y establecimientos educativos	Implementación, elaboración y ejecución de talleres y proyectos involucrando a las escuelas conjuntamente con las Juntas de Agua que integran a las comunidades.	Listado de participante, documentos del proyecto, fotografías.
Programa de monitoreo.	Seguimiento Técnico a proyectos implementados	Seguimientos y monitoreos técnicos sobre proyectos implementados	Datos técnicos y económicos sobre proyectos ejecutados	Informe técnico y económico sobre proyectos implementados

5. DISCUSIÓN

Se reportó una amplia diversidad de macroinvertebrados, 35 familias son: (Anomalopsychidae, Baetidae, Blephamoceridae, Calamoceratidae, Ceratopogonidae, Chironomidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Elmidae, Empididae, Glossosomatidae, Gripopterygidae, Hidropsychidae, Hirudinea, Hyalellidae, Hydracarina, Hydrobiosidae, Hydropterygidae, Lamphyridae, Leptoceridae, Leptohiphidae, Leptophlebiidae, Limoniidae, Limnephilidae, Oligochaeta, Ostracoda, Perlidae, Philopotamidae, Psephenidae, Ptilodactylidae, Scirtidae, Simuliidae, Staphylinidae, Tabaniidae) ocho de las cuales coinciden con el "Plan de Manejo de la Microcuenca del Río Tabacay" (EMAPAL, 2014) y son : (Leptohiphidae, Leptophlebiidae, leptoceridae, Elmidae, Chironomidae, Ceratopogonidae, Gripopterygidae, Philopotamidae, Crustacea, Oligochaeta). En la presente investigación se identificaron un mayor número de familias y abundancia de individuos debido a que el levantamiento de información y de aplicación de protocolos de biomonitorio y el esfuerzo de muestre fue mayor, además de la comparación entre épocas que no presenta el Plan de Manejo Ambiental de EMAPAL Ep.

En estudios realizados en un ecosistema similar (microcuenca del río Yanuncay), debido a que posee condiciones de altitud y flora parecidas; podemos recalcar que en la estación denominada "Río Chico Soldados", la cual presente los siguientes índices como son: BMWP (93) que corresponde a una calidad de agua aceptable de acuerdo a la respectiva tabla. Además de un ICA (89) que se considera moderado; similar a lo que sucede con la estación de Córdoryacu (BMWP=144) considerado de buena calidad y un (ICA=77) también de buena calidad. Por otra parte, las familias de buena calidad reportadas en ambas estaciones son similares (*Blephamoceridae*, *Calamoceratidae*, *Perlidae*) (Aguirre, 2011). En otro estudio realizado en el mismo ecosistema en la quebrada de Chaullayacu (microcuenca del río Tarqui), se reportaron niveles de calidad de agua mala o muy contaminada, esto en base a los parámetros medidos: ABI (27) lo cual puede explicarse debido a su cercanía al eco parque industrial (Crespo, 2013). No podemos decir que sucede algo similar en la quebrada de Nudpud, la cual fue la de menor calidad según lo reportado por el estudio, debido a que esta obtuvo una puntuación ABI de 94; sin embargo, se reportaron familias similares: *Chironomidae*, *Baetidae*. Al ser la quebrada de Nudpud la de menor calidad de hábitat, también es posible compararla con la quebrada de La Magdalena ubicada en un ecosistema con características parecidas al sitio de estudio, ubicado en el centro del país (provincia de Tungurahua), en el mismo se evidenció que la quebrada de La Magdalena, ha sido

degradada, esto definido por los índices (IHF=37, QBR=20, BMWP=37); en el estudio es posible observar que sitios con menor calidad de ecosistemas de ribera, se encuentran asociados a una baja calidad biológica del lugar (Calles, 2015). Fenómeno similar al que sucede en la quebrada Nudpud, en donde se reportaron índices de mala calidad en este estudio (IHF=34, QBR=56, BMWP=98). En el estudio desarrollado en la microcuenca del río Yanuncay (Loja, 2013), se obtuvo niveles excelentes de calidad de agua en índices como ICA=92, BMWP=76, a pesar de tener bajos niveles en los índices que evalúan el estado de conservación de ribera (IHF=29). Es importante aclarar que los autores citados en este párrafo, mencionan al cambio de uso del suelo en las riberas de los ecosistemas fluviales, como el principal responsable de la alteración en la calidad de agua.

Con respecto a los análisis físicos-químicos y los índices biológicos que evalúan los ecosistemas fluviales, se puede mencionar que estos dos aspectos de evaluación guardan relación entre sí, como se observa en estudios similares (Pilcurrima, 2017).

Las estaciones Córdoryacu, Rosario, Llaucay y Nudpud presentaron un índice IHF de 46, 35, 36 y 34, y una calidad excelente, moderada, buena y moderada respectivamente.

Las estaciones Córdoryacu, Rosario, Llaucay y Nudpud presentaron un índice QBR de 91, 67, 69 y 56 respectivamente y una calidad equivalente a muy buena, buena, buena y regular respectivamente.

Se determinó que Córdoryacu presenta el mayor índice QBR, esto es debido a que el sitio tiene una mejor vegetación de ribera por factores que favorecen a la conservación de la zona como el cercado de las fuentes hídricas y los guardianes del agua. Además, esto se puede corroborar con el índice ICA de calidad de agua determinado en la ilustración 6 y tabla 7 que indica que la calidad físico-química del agua es mejor en la quebrada de Córdoryacu, algunos autores señalan que existe relación entre calidad de agua y vegetación aledaña de manera que aporta hojarasca lo que favorece el desarrollo de macroinvertebrados (Torre & Arroyo, 2007).

Con respecto a la calidad biológica los índices ABI y BMWP mostraron diferencias de acuerdo al sitio mejor conservado; según el índice ABI la quebrada de Córdoryacu es la de mejor calidad con un valor de 122, mientras que el índice BMWP con un valor de 127 señala que la mejor calidad de agua se encuentra en la quebrada de Rosario por presentar mayor número de familias tolerantes.

En este contexto podemos mencionar que: el Índice ICA mostró mayores diferencias, con

respecto al resto de índices aplicados en las quebradas Nudpud 71, Rosario 73, Llaucay75 y Córdoryacu 77, sin embargo, es importante mencionar que la variación de los resultados de la quebrada con menor puntuación (Nudpud) varió con respecto al índice ICA y los índices de integridad biológica ABI. Esto puede indicar una mayor sensibilidad en los índices de integridad biológica que guardaron relación entre sí, por otra parte los análisis físico químicos pueden ser alterados por efectos de la estacionalidad y las características geográficas del sitio como lo señalan (Samanez, 2014). Esto facilita la toma de decisiones al momento de aplicar medidas de conservación en estas áreas prioritarias.

Con respecto al índice de Shannon, se puede apreciar que Rosario con un valor 3.45 y Córdoryacu con un valor 3.29 son los sitios con mayor puntuación de este índice(Soria & Reinoso, 2016), menciona que la perturbación en el ecosistema fluvial genera la reducción de la diversidad.

Desde un enfoque socio-ambiental, basado en las capacitaciones de concientización ambiental que se realizó con las diferentes comunidades; que se encuentran ubicadas en las diferentes quebradas del río Tabacay. Fue posible constatar que la mayoría de personas que asistieron, estaban conscientes de la importancia de proteger los ecosistemas naturales principalmente aquellos que se encuentran aledaños a ecosistemas fluviales; Sin embargo, los sectores campesinos de Ecuador y Latinoamérica, han sufrido diferentes presiones sociales y económicas, mismas que son responsables de la expansión de la frontera agrícola (Soler, 2012). La expansión de la frontera agrícola se encuentra estrechamente relacionada con la degradación de ecosistemas de bosques de ribera; esto debido a los impactos que son ocasionados por la intensidad de las actividades (Estupiñán, Gómez, Barrantes, & Limas, 2009).

El trabajo social consistió en: brindar cursos prácticos con el tema “biomonitoreo en ecosistemas fluviales”, en la capacitación fue posible constatar que la mayoría de las personas que se ubican dentro de la microcuenca del río Tabacay; dependen principalmente de actividades como la ganadería y la agricultura para asegurar su supervivencia, de acuerdo con los datos del censo del 2010 26,18% de los habitantes de la parroquia Guapán se dedican a estas actividades (INEC, 2010). Es por esto que se vuelve imprescindible generar convenios que permitan un desarrollo sustentable y sostenible para estas personas, una manera de lograr estos objetivos es a través de los convenios (ARAs); la importancia de las capacitaciones principalmente radica en que: los actores principales de los convenios estarían capacitados para realizar biomonitoreo en sus áreas de influencia.

Respuesta a la hipótesis. - No cumple la hipótesis planteada: "La calidad del agua de la quebrada de Nudpud, determinada mediante bio-indicadores (macroinvertebrados bentónicos) será mayor en relación con las otras quebradas, debido a que existe la mayor cantidad de beneficiarios de los convenios ARAs".

6. CONCLUSIONES

En este estudio se reportaron 52 familias son: (Anomalopsychidae, Baetiidae, Blephamoceridae, Calamoceridae, Ceratopogonidae, Chironomidae, Coenagrionidae, Colembo, Corixidae, Dixidae, Dolichopodidae, Elmidae, Empididae, Ephydriidae, Glossosomatidae, Gripopterygidae, Gyrinidae, Helicopsychiidae, Hidroptilidae, Hirudinea, Hyalellidae, Hydraenidae, Hydrobiosidae, Hydropsychidae, Hydroptilidae, Lampyridae, Leptohiphidae, Leptophlebiidae, Limoniidae, Limnaeidae, Limnephilidae, Muscidae, Naucoridae, Oligoneuridae, Ostracoda, Perliidae, Philopotamidae, Physidae, Planaridae, Polycentropodidae, Psephenidae, Ptylodactilae, Pyralidae, Scirtidae, Shaeriidae, Simulidae, Staphypilinidae, Tabanidae, Tipulidae, Veliidae).

En la quebrada de Córdoryacu, la misma que fue la mejor puntuada por los diferentes índices aplicados: ABI, BMWP, IHF, QBR e ICAs.

La quebrada de Rosario, fue la segunda puntuada de acuerdo a los diferentes índices mencionados.

En la quebrada de Llaucay, los valores de los índices aplicados son similares a Rosario.

En la quebrada de Nudpud se encontró el peor estado de conservación o de calidad biológica según los diferentes índices aplicados.

Se constata que la microcuenca del Tabacay posee un estado medio en cuanto a calidad y conservación. Las principales alteraciones en el ecosistema fluvial son de origen antrópico que afectan en las riberas aledañas a las captaciones, a pesar de ello el agua puede ser consumida por los seres humanos siempre y cuando reciba el tratamiento adecuado.

El índice biológico BMWP debido a su versatilidad es muy útil para la gestión de la calidad del agua; una vez sea adaptado y modificado para determinado cuerpo de agua ya que permite una evaluación rápida y acertada. Por lo que resulta más conveniente en este caso la utilización del índice ABI, el mismo que ha sido probado en una región más específica y similar.

En relación a la hipótesis planteada no se pudo comprobar mediante este estudio que la quebrada de Nudpud es la de mejor calidad del agua, debido a que la empresa EMAPAL EP mantiene los convenios ARAs, se debería tener un mayor control en la calidad del agua; ya que estos convenios protegen las riberas, pero el aporte de materia orgánica que es arrastrada por escorrentía llega a los cursos de agua.

7. RECOMENDACIONES

La información obtenida mediante este trabajo de investigación servirá para la realización de futuras investigaciones que permitan la ejecución de inventarios de macroinvertebrados bentónicos.

Implementar análisis de gremios tróficos de macroinvertebrados para profundizar en los estudios a cerca del estado ecológico de los diferentes riachuelos de la microcuenca del río Tabacay.

Continuar con los monitoreos después de la microcuenca en el río Burgay a ver cómo afecta la actividad urbana antrópica a la comunidad de macroinvertebrados.

Elaborar una guía de campo de los macroinvertebrados presentes en la microcuenca del Tabacay.

La empresa EMAPAL EP, debería monitorear continuamente la calidad del agua de cada una de las quebradas mediante los parámetros físico-químicos y macroinvertebrados, para de esta manera tener un registro y resultados más amplios, además de emplear los diversos índices como el ABI y adaptarlos o compararlo con BMWP, tomando en cuenta que no todos los organismos tienen la misma distribución y varían de un lugar a otro.

Ejecutar el plan de acción elaborado para la conservación vegetal con el objetivo de mejorar la calidad de ribera.

Para un futuro trabajo se recomienda efectuar un análisis estructural y funcional a nivel de gremios tróficos, análisis de algas y distintos indicadores biológicos para tener una mejor evidencia de la calidad de los conjuntos de componentes que conforman el ecosistema acuático.

Se recomienda establecer un índice para determinadas condiciones propias de las zonas y estandarizar métricas para tener una idea más completa de las condiciones propias de las áreas de estudio.

Se recomienda que EMAPAL EP motive a la comunidad a la siembra de parcelas para realizar ensilaje como método de auto sustento de animales para tener un ganado estabulado y evitar vertidos que alteran las condiciones naturales de las riberas (coliformes fecales).

8. BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, J. L., Ávila-Pérez, H., Sánchez-Infante, A., Rosas-Acevedo, A. Y., García-Ibañez, S., Sampedro-Rosas, L., ... Juárez-López, A. L. (2013). Índice BMWP, FBI y EPT para determinar la calidad del agua en la laguna de Coyuca de Benítez, Guerrero, México, *I*(2), 8.
- Acosta, Mosquera, G., Sotomayor G, & Galarza. (2014a). Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú, 30.
- Acosta, Mosquera, Sotomayor G, & Galarza. (2014b). Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú, 30.
- Aguirre, J. (2011). *Validación de los indicadores Biológicos (Macroinvertebrados) para el monitoreo de la cuenca del río Yanuncay*. Universidad Politecnica Salesiana, Cuenca.
- Alberich, T., Aranz, L., Basagoiti, M., Belmonte, R., Bru, P., Espinar, C., ... Tenze, A. (2012). METODOLOGÍAS PARTICIPATIVAS, 91.
- Albuja, L. H., Ibarra, M., Urgilés, J., & Barriga, R. (1980). *Estudio Preliminar de los Vertebrados Ecuatorianos*. Escuela Politécnica Nacional. Recuperado de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4798>
- Arana, I. L., Balarezzo, V. H., Eraso, H., Pacheco, F., Ramos, C. E., Muzo, R. G., & Calva, C. J. (2016). Calidad del agua de un río andino ecuatoriano a través del uso de macroinvertebrados. *Research Journal of the Costa Rican Distance Education University (ISSN: 1659-4266)*, 8(1), 69–75.
- Arroyoo, A. (2007). Evaluación de la calidad de agua de las fuentes hidrográficas del Bosque Protector Río Guajalito (BPRG) a través de la utilización de macroinvertebrados acuáticos, Pichincha, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/787>
- BarrioNuevo, M. (2011). Redescipción de los estados preimaginales de *Rachiplusia nu* (Lepidoptera: Noctuidae), 16.
- Calles, J. (2015). *Calidad del agua de los ríos en los páramos de Tunguragua usando bioindicadores acuáticos*.
- Couceiro, S. R., Hamada, N., Luz, S. L., Forsberg, B. R., & Pimentel, T. P. (2007). Deforestation and sewage effects on aquatic macroinvertebrates in urban streams in Manaus, Amazonas, Brazil. *Hydrobiologia*, 575(1), 271–284.
- Crespo. (2013). Informe técnico de muestreo para macroinvertebrados en la quebrada de Chaullayacu. Tarqui- Cuenca.

- Darrigran, F. (2010). Guía para el estudio de macroinvertebrados, 35.
- EMAPAL, E. (2014). *Plan de Manejo Integral de la Microcuenca del Río Tabacay*. Azogues.
- EMAPAL EP. (2014). *PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO TABACAY*. Azogues.
- Encalada, Rieradevall, & Narcís. (2011). *Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA-S): Text ; 2. Làmines*. Proyecto FUCARA.
- Espino, G. de la, & Pulido, S. H. (2000). *Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores)*. Plaza y Valdes.
- Estupiñán, L. H., Gómez, J. E., Barrantes, V. J., & Limas, L. F. (2009). Efecto De Actividades Agropecuarias En Las Características Del Suelo En El Páramo El Granizo, (Cundinamarca - Colombia), 11.
- Fernandez. (2002). *Determinación del tamaño muestral para calcular la significación del coeficiente lineal*. Unidad Epistemiologica Clínica y Bioestadística.
- Galárraga, S. (2017). Estado Y Gestión De Los Recursos Hídricos En El Ecuador [HIDRORED]. Recuperado 20 de noviembre de 2018, de <http://tierra.rediris.es/hidrored/basededatos/docu1.html>
- Garate, E. M. (2008). El Consejo de Gestión de Aguas de la cuenca del Paute Experiencias y lecciones, 4.
- Gonzales. (2016). Fundamento de las metodologías y técnicas participativas. En *Estudio de Validación del Desarrollo Rural Participativo basado en la Conservación de Suelos y Agua* (pp. 30-40).
- Haun, R. S., & Fortes, J. A. (2015). Utilización de los Índices de Hábitat Fluvial, Bosque de Ribera y Macrófitas para la determinación de calidad del Recurso Hídrico del Estero Catapilco, Región de Valparaíso., 28, 103.
- INEC. (2010). *Censo de Población*. Quito-Ecuador: INEC.
- Loja, G. (2013). *Determinación de estrategias de conservación en la subcuenca del río Yanuncay mediante el análisis de indicadores de calidad y cantidad de agua*. Universidad del Azuay, Cuenca.
- Maass Moreno. (2015, junio). El manejo de cuencas desde un enfoque socioecosistémico. Imprenta ABC, S. A., Chatines 54, Col. Tezozómoc, C. P. 02459 Delegación Azcapotzalco, D. F. Recuperado de https://www.riob.org/IMG/pdf/cuencas_de_Mexico_web.pdf
- Martinez. (2012). *Coefficiente de Corelación de los rangos de Spearman categorización*. Mexico.
- MORA. (2017). *Diseño Del Sistema De Monitoreo De Recursos Hídricos En La Zona Alta De La Microcuenca Del Río Tabacay – Azogues*. Universidad De Cuenca, Cuenca.
- Moreno, C. E. (2000). Métodos para medir la biodiversidad, 86.

- Palma, A., Figueroa, R., & Ruiz, V. H. (2009). Evaluación de ribera y hábitat fluvial a través de los índices QBR E IHF. *Gayana (Concepción)*, 73(1), 57-63. <https://doi.org/10.4067/S0717-65382009000100009>
- Pauta, G., Urgilés, P., & Vázquez, G. (2017). Control de calidad del agua e hidrogeoquímica en la microcuenca del río Tabacay, *Volumen 3*, 277-291.
- Pielou, E. C. (1984). The interpretation of ecological data: a primer on classification and ordination. John Wiley & Sons.
- Ramírez, J. E., Andrade, D. L., Rojas, V. D., Sparer, P. A., & Zárate, E. (2016). *Los macroinvertebrados de los ríos del Parque Nacional Cajas*. Cuenca: Universidad del Azuay. Recuperado de http://biblioteca.uazuay.edu.ec/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=79624
- Reyes, C., & Peralbo, K. (2001). *Manual de monitoreo los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua*. EcoCiencia. Recuperado de <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201300087851>
- Rosales, L. E., & Sánchez, S. (2016). Uso de Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad del agua del río Palacagüina, Norte de Nicaragua. *Revista Científica de FAREM-Estelí*, (8), 66. <https://doi.org/10.5377/farem.v0i8.2621>
- Ruiz, N. E. S., Escobar, Y. C., & Escobar, J. C. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Ingeniería e Investigación*, 27(3), 172-181.
- Samanez, V. R. C. I. S. (2014). Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Museo de Historia Natural, Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° N° 2014-16861.
- Sepúlveda, & Sergio. (2008). Metodología para estimar el nivel de desarrollo sostenible de territorios: *biograma 2008*. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
- Shaharom-Harrison, F., Suhairi, M., & Ihwan, M. Z. (2011). Institute of Tropical and Aquaculture (AQUATROP) University Malaysia Terengganu.
- Sheng, T. C. (1992). Manual de campo para la ordenación de cuencas hidrográficas: estudio y planificación de cuencas hidrográficas. FAO.

- Sierra, R. (1999). Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental. Proyecto INEFAN/GEF y EcoCiencia. <https://doi.org/10.13140/2.1.4520.9287>
- Soler, R. S. (2012). La Expansión de la Frontera Agrícola y los Orígenes de la Industrialización Colombiana, 17.
- Soria, & Reinoso. (2016). Evaluación de la Calidad Ecológica del río Jatunhuayco en la zona asociada a la Captación Jatunhuayco (EPMAPS) utilizando comunidades de macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua. *EPN*, 114p.
- Suárez, M. L. (2015). Propuesta de un índice de macrófitos (IM) para evaluar la calidad ecológica de los ríos de la cuenca del Segura, 14.
- Suczhañay, & Guaman. (2017). Efectos del uso del suelo sobre la calidad del agua, en las captaciones Ubicaciones en la microcuenca del río Tabacay, 128p.
- Torre, & Arroyo. (2007). Evaluación de la calidad de agua de las fuentes hidrográficas del Bosque Protector Río Guajalito (BPRG) a través de la utilización de macroinvertebrados acuáticos, Pichincha, Ecuador, (USFQ), 44p.
- Torres, P., Cruz, C. H., & Patiño, P. J. (2010). Índices de calidad de Agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una Revisión Crítica. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 8(15), 16.
- Vizcaíno, M. B. (2008). Caracterización de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos de la microcuenca El Carrizal, Parque Nacional La Tigra, Honduras, 50.

9. ANEXOS

Anexo A Tabla de resultado por captaciones

sitio	epoca	repeticion	ABI	BMWP	INDICE QBR	IHF	ICA	shannon	# de individuos	ubicacion
nudpud	seca	1	98	67	55.986	34	63	2.076	203	captacion
nudpud	seca	2	98	118	55.986	34	63	1.725	436	captacion
nudpud	seca	3	108	97	55.986	34	63	2.229	468	captacion
nudpud	lluvia	1	92	76	55.986	34	75	1.688	135	captacion
nudpud	lluvia	2	82	105	55.986	34	75	1.7	206	captacion
nudpud	lluvia	3	83	65	55.986	34	75	1.911	139	captacion
llaucay	seca	1	89	116	68.6495	36	66	1.879	89	captacion
llaucay	seca	2	118	149	68.6495	36	66	2.347	486	captacion
llaucay	seca	3	112	98	68.6495	36	66	2.248	614	captacion
llaucay	lluvia	1	105	97	68.6495	36	67	2.136	220	captacion
llaucay	lluvia	2	114	113	68.6495	36	67	2.434	206	captacion
llaucay	lluvia	3	105	101	68.6495	36	67	2.059	164	captacion
condoryacu	seca	1	116	132	91.3105	46	84	1.86	506	captacion
condoryacu	seca	2	90	103	91.3105	46	84	2.121	445	captacion
condoryacu	seca	3	131	122	91.3105	46	84	2.482	405	captacion
condoryacu	lluvia	1	137	138	91.3105	46	76	2.358	228	captacion
condoryacu	lluvia	2	112	103	91.3105	46	76	2.396	230	captacion
condoryacu	lluvia	3	133	131	91.3105	46	76	2.535	205	captacion
mapayacu	seca	1	122	132	66.65	35	75	2.341	63	captacion
mapayacu	seca	2	125	153	66.65	35	75	2.239	211	captacion
mapayacu	seca	3	112	154	66.65	35	75	2.219	249	captacion
mapayacu	lluvia	1	91	117	66.65	35	70	2.464	176	captacion
mapayacu	lluvia	2	131	135	66.65	35	70	2.606	95	captacion
mapayacu	lluvia	3	114	124	66.65	35	70	2.377	153	captacion

Anexo B Tabla de resultados por convenios ARAs

sitio	epoca	repeticion	ABI	BMWP	INDICE QBR	IHF	shannon	# de individuos	ZONA
nudpud 1	seca	1	60	82	83.315	38	0.8329	257	alto
nudpud 1	seca	2	86	60	83.315	38	1.345	166	alto
nudpud 1	seca	3	81	119	83.315	38	0.9428	321	alto
nudpud 1	lluvia	1	79	81	83.315	38	1.563	162	alto
nudpud 1	lluvia	2	82	107	83.315	38	1.474	132	alto
nudpud 1	lluvia	3	73	99	83.315	38	2.029	90	alto
nudpud 2	seca	1	109	93	113.305	44	1.46	280	medio
nudpud 2	seca	2	65	72	113.305	44	1.788	86	medio
nudpud 2	seca	3	75	109	113.305	44	1.692	134	medio
nudpud 2	lluvia	1	104	90	113.305	44	2.528	62	medio
nudpud 2	lluvia	2	127	117	113.305	44	2.435	128	medio
nudpud 2	lluvia	3	107	86	113.305	44	2.471	75	medio
nudpud 3	seca	1	98	67	55.986	34	2.076	203	bajo
nudpud 3	seca	2	98	118	55.986	34	1.725	436	bajo
nudpud 3	seca	3	108	97	55.986	34	2.229	468	bajo
nudpud 3	lluvia	1	92	76	55.986	34	1.688	135	bajo
nudpud 3	lluvia	2	82	105	55.986	34	1.7	206	bajo
nudpud 3	lluvia	3	83	65	55.986	34	1.911	139	bajo

Anexo C Clasificación de los macroinvertebrados de acuerdo a su orden y familia.

Orden	Familia
Turbellaria	Planariidae
Hirudinea	
Oligochaeta	
Gasteropoda	Ancylidae Physidae Hydrobiidae Limnaeidae Planorbidae
Bivalvia	Sphaeriidae
Amphipoda	Hyalellidae
Ostracoda	
Hydracarina	
Ephemeroptera	Baetidae Leptophlebiidae Leptohyphidae Oligoneuriidae
Odonata	Aeshnidae Gomphidae Libellulidae Coenagrionidae Calopterygidae Polythoridae
Plecoptera	Perlidae Gripopterygidae
Heteroptera	Veliidae Gerridae Corixidae Notonectidae

	Belostomatidae Naucoridae
Trichoptera	Helicopsychidae Calamoceratidae Odontoceridae Leptoceridae Polycentropodidae Hydroptilidae Xiphocentronidae Hydrobiosidae Glossosomatidae Hidropsychidae Anamalopsychidae Philopotamidae Limnephilidae
Lepidoptera	Pyralidae
Coleoptera	Ptilodactylidae Lampyridae Psephenidae Scirtidae Staphylinidae Elmidae Dryopidae Gyrinidae Dytiscidae Hydrophilidae Hydraenidae
Diptera	Blephroceridae Siuliidae Tabanidae Tipuliidae Limoniidae Ceratopogonidae

	Dixidae Psychodidae Dolichopodidae Stratiomyidae Empididae Chironomidae Culicidae Muscidae Ephyridae Athericidae Syrphidae
--	--

Anexo D Puntuación ABI de acuerdo a la familia de macroinvertebrados.

Orden	Familia	Puntuación ABI
Turbellaria	Planariidae	5
Hirudinea		3
Oligochaeta		1
Gasteropoda	Ancylidae	6
	Physidae	3
	Hydrobiidae	3
	Limnaeidae	3
	Planorbidae	3
Bivalvia	Sphaeriidae	3
Amphipoda	Hyaellidae	6
Ostracoda		3
Hydracarina		4

Ephemeroptera	Baetidae	4
	Leptophlebiidae	10
	Leptohyphidae	7
	Oligoneuriidae	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
	Hidropsychidae	5
	Anamalopsychidae	10
	Philopotamidae	8
	Limnephilidae	7
Lepidoptera	Pyralidae	4
Coleoptera	Ptilodactylidae	5
	Lampyridae	5
	Psephenidae	5
	Scirtidae	5
	Staphylinidae	3
	Elmidae	5
	Dryopidae	5
	Gyrinidae	3
	Dytiscidae	3
	Hydrophilidae	3
	Hydraenidae	5
Diptera	Blephroceridae	10
	Simuliidae	5
	Tabanidae	4
	Tipuliidae	5
	Limoniidae	4
	Ceratopogonidae	4

	Dixidae	4
	Psychodidae	3
	Dolichopodidae	4
	Stratiomyidae	4
	Empididae	4
	Chironomidae	2
	Culicidae	2
	Muscidae	2
	Ephydriidae	2
	Athericidae	10
	Syrphidae	1

Anexo E Puntuación BMWP de acuerdo a la familia de macroinvertebrados.

Familias	Sensibilidad Puntaje BMWP/Col
Anomalopsychidae, Atriplectilidae, Blepharoceridae, Calomacreratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hydridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Psephenidae.	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydraenidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Polymitarcyidae, Xiphocentronidae.	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobilidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaeminidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simulidae, Veliidae.	8
Baetidae, Caenidae, Clopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopsidae, Glossosomatidae, Hyalellidae,	7

Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohyphidae, Naucoridae, Planorbidae, Psychodidae, Scirtidae.	
Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libelullidae, Limnychidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbidae, Perlidae, Tabanidae, Thiaridae.	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolichopodidae, Sphaeriidae, Limnaeidae, Hydrometridae, Noteridae.	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae.	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae, Syrphidae.	2
Tubificidae	1

Anexo F Valores obtenidos de BMWP por cada punto de muestreo.

Muestreo 1																				
Quebrada	Epoca lluviosa										Epoca seca									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nudpud 1	0	1	0	0	0	2	5	0	2	0	0	1	0	0	1	2	5	1	1	1
Nudpud 2	0	1	0	1	1	0	6	2	1	4	0	1	0	0	0	2	7	2	2	1
Nudpud Cap	0	1	0	1	0	2	9	2	0	0	0	1	0	3	1	0	5	2	1	2
Condoryacu	0	1	0	1	0	0	4	0	2	7	0	1	0	0	2	2	4	1	2	6
Llaucay	0	1	1	1	0	2	2	2	3	2	0	1	1	0	0	1	6	3	0	2
Mapayacu	0	1	1	1	1	2	8	2	4	2	0	0	0	0	2	7	2	0	4	
Muestreo 2																				
Quebrada	Epoca lluviosa										Epoca seca									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nudpud 1	0	1	1	0	1	2	5	8	2	1	0	1	0	1	0	1	6	1	2	1
Nudpud 2	0	0	0	0	0	2	3	1	1	2	0	1	1	1	0	2	6	2	2	2
Nudpud Cap	0	2	2	1	1	2	6	1	2	1	0	1	1	1	0	1	5	1	2	1
Condoryacu	0	1	1	1	0	2	4	2	2	2	0	1	1	0	1	2	4	2	0	4
Llaucay	0	1	1	2	1	2	8	2	3	2	0	2	1	1	0	2	7	4	1	0
Mapayacu	0	1	1	1	1	2	6	2	1	6	0	1	1	0	0	1	7	2	1	5
Muestreo 3																				
Quebrada	Epoca lluviosa										Epoca seca									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nudpud 1	0	2	1	0	0	2	5	1	3	0	0	1	0	0	2	5	1	1	1	1
Nudpud 2	1	1	0	0	0	0	3	2	0	2	0	1	0	0	2	5	1	2	3	3
Nudpud Cap	0	1	3	1	1	1	7	2	2	1	0	1	0	0	1	3	2	0	2	2
Condoryacu	0	1	1	3	0	1	6	1	1	5	0	1	0	1	1	2	6	2	0	2
Llaucay	0	2	3	1	0	2	8	1	2	1	0	1	0	0	1	6	4	1	5	5
Mapayacu	0	0	1	2	1	2	7	2	1	3	0	0	0	0	1	2	6	2	1	4

Anexo G evaluación de la calidad de hábitat fluvial en la región austral del Ecuador

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL HABITAT FLUVIAL EN LA REGIÓN AUSTRAL DEL ECUADOR									
1. Inclusión y limitación de sustrato								PUNTA CIÓN	
Piedras y cantos no fijados por sedimentos finos. Inclusión 0-30%									
Piedras y cantos poco fijados por sedimentos finos. Inclusión 30-60%									
Piedras y cantos medianamente fijados por sedimentos finos. Inclusión > 60%									
Sólo sustrato fino (arena y/o limo)									
Sólo grandes bloques									
							TOT AL		
2. Frecuencia de rápidos									
Alta frecuencia de rápidos									
Escasa frecuencia de rápidos									
Ocurrencia ocasional de rápidos									
Constancia de flujo laminar o rápidos someros									
							TOT AL		
3. Composición del sustrato									
	Bloques y Piedras	Cantos y Gravas	Arena	Arcilla y Limo					
Unid. Muest 1									
Unid. Muest 2									
Unid. Muest 3									
Unid. Muest 4									
Unid. Muest 5									
Unid. Muest 6									
Unid. Muest 7									
Unid. Muest 8									
Total de observ.									
% Bloques y Piedras		≤ 2 observaciones							

		>2 observaciones								
% Cantos y grava		≤ 2 observaciones								
		>2 observaciones								
% Arena		≤ 2 observaciones								
		>2 observaciones								
% Arcilla y Limo		≤ 2 observaciones								
		>2 observaciones								
							TOTAL			
4. Regimenes de velocidad/profundidad										
Somero < 0.5m	4 categorías: lento-profundo, lento-somero, rápido-profundo, y rápido-somero									
Lento < 0.3 m/s	Sólo 3 de las 4 categorías									
	Sólo 2 de las 4 categorías									
	Sólo 1 de las 4 categorías									
5. Sombra en el cauce										
Sombreado con ventanas										
Totalmente en sombra										
Grandes Claros										
Expuesto										
							TOTAL			
6. Elementos heterogeneidad (si hay ausencia de alguna categoría, el valor debe ser 0 puntos)										
Hojarasca	10-75%									
	<10%->75%									
Presencia de troncos y ramas										
Raíces espuestas										
Diques naturales										
							TOTAL			
7. Cobertura de vegetación acuática (si hay ausencia de alguna categoría, el valor debe ser 0 puntos)										
Plocon + Briofitos	10-50%									
	<10% o > 50%									
Pecton	10-50%									
	< 10% o > 50%									
Fanerógamas	10-50%									
	<10% o > 50%									

Anexo H Calidad de vegetación de rivera

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA RIBERA EN LA REGIÓN AUSTRAL DEL ECUADOR: ECOSISTEMAS DE BOSQUES DE RIBERA									
									PUNTUACIÓN
1. Grado de cubierta de la zona de ribera									Orilla Izq. Orilla Der.
> 80% de cubierta vegetal de la zona de ribera									
50-80% de cubierta vegetal de la zona de ribera									
10-50% de cubierta vegetal de la zona de ribera									
< 10% de cubierta vegetal de la zona de ribera									
La conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es total									
La conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es > 50%									
La conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es entre 25-50%									
La conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es < 25%									
								SUBTOTAL	
								TOTAL	
2. Estructura de la cubierta de la zona de ribera									
Recubrimiento de árboles es > 75%									
Recubrimiento de árboles es > 75%		entre 50-75%							
recubrimiento de árboles es < 50%									
Sin árboles, arbustos por debajo del 10% o solo vegetación herbácea									
Gradiente de estratificación evidente y conectado: Dosel de árboles, sotobosque arbustivo y vegetación herbácea									
Concentración de arbustos es > 50%									
Concentración de arbustos es entre 25-50%									
Concentración de arbustos es < 25%									
Presencia de epifitas (p. ej Bromelias)									
Árboles y arbustos se distribuyen en manchas, sin continuidad									

Existe una distribución regular (linealidad) en los árboles									
								SUBTOT AL	
								TOTAL	
3. Calidad de la cubierta de la zona de ribera									
Todos los árboles de la zona de ribera autóctonos									
Como máximo un 25% de la cobertura es de árboles introducidos (Pinus, Eucaliptus, y Salix)									
26-50% de los árboles de ribera son especies introducidas									
Más del 51% de los árboles de ribera son especies introducidas									
Presencia de cultivos, pastizales, o de actividad ganadera									
Presencia de construcciones (p. ej casa, industrias)									
Presencia de senderos o caminos									
Presencia de vías asfaltada									
Presencia de otras actividades que modifiquen las riberas (p ej. Dragados, minería informal)									
								SUBTOT AL	
								TOTAL	
4. Grado de naturalidad del canal fluvial									
El canal del río no ha sido modificado									
Modificaciones de las terrazas adyacentes el lecho del río con reducción del canal									
Signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río									
Presencia de alguna presa u otra infraestructura transversal en el lecho del río									
Presencia de alguna estructura sólida dentro del lecho del río (p ej. Columnas de puentes)									
Presencia de pequeños vertidos									
Presencia de grandes vertidos									
Presencia de pequeñas derivaciones del flujo normal del agua									
Presencia de grandes derivaciones del flujo normal del agua									
Presencia de basuras de forma puntual pero abundantes									
Presencia de un basurero permanente en el tramo estudiado									

Anexo J Registro fotográfico del estado actual por Quebradas



Figura 1. Punto 1 de muestreo quebrada Nudpud.

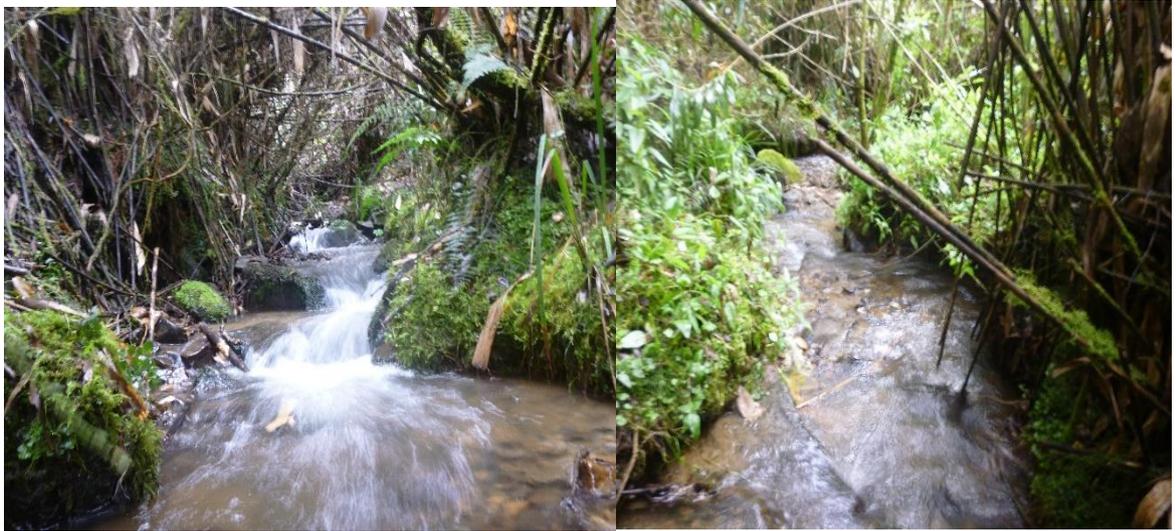
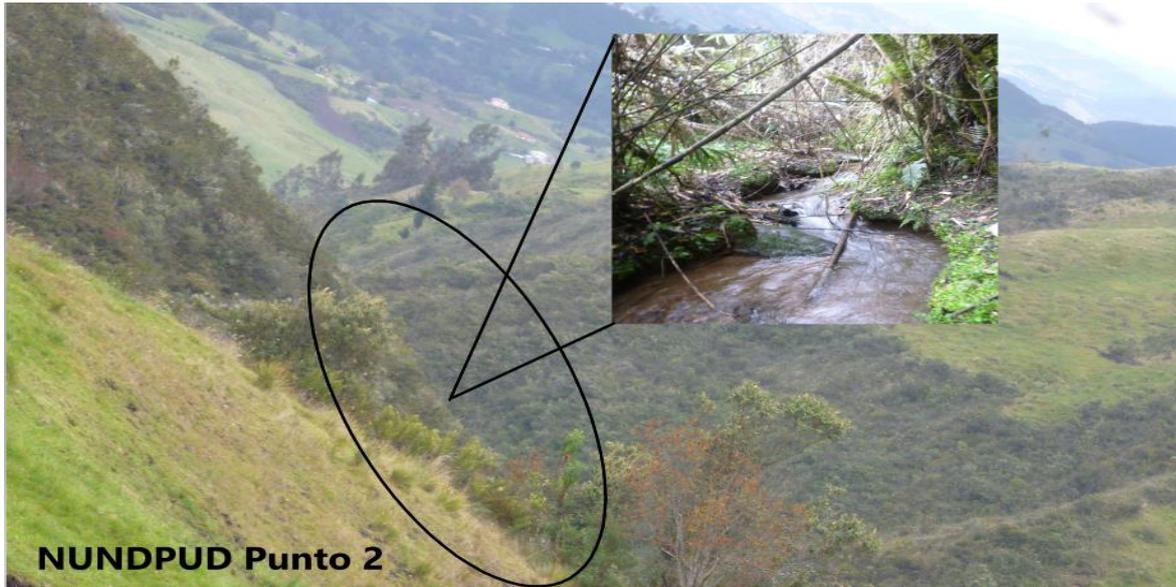


Figura 2: Punto medio de muestreo en la quebrada Nudpud.



Figura 3: Punto bajo de muestreo en la quebrada Nudpud.



Figura 4: Punto de muestreo en la quebrada Llaucay.



Figura 5: Punto de muestreo en la quebrada Rosario.

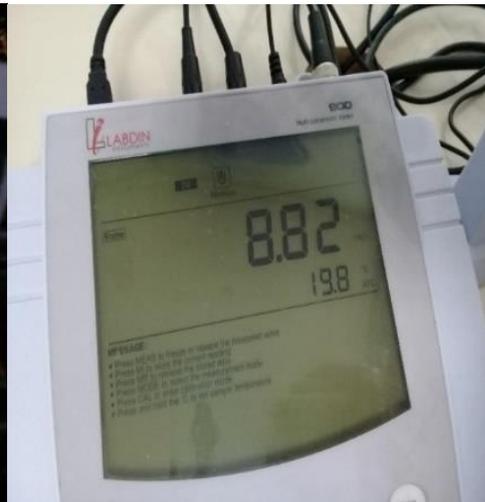


Figura 6: Punto de muestreo en la quebrada Córdoryacu.

Anexo K Medición de parámetros físico químicos.



Toma insitu de parámetro físico-químicos



Equipos utilizados para medición de parámetros

**EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE ALCANTARILLADO Y
SANEAMIENTO AMBIENTAL DEL CANTÓN AZOGUES
"SECCIÓN AMBIENTAL"
MONITOREO DE LAS FUENTES HÍDRICAS**

FECHA: 26 - Julio - 2018

CONDICIONES CLIMÁTICAS
LLUVIOSO: NUBLADO: SOLEADO:

QUEBRADA	LECTURA	ANCHO	PROFUNDIDAD cm			TIEMPO	OXIGENO DISUELTO		
			1	2	3		mg/l	Temp.	Hora
ROSARIO	1	0,70	0,17	0,19	0,11	5,72 5,22	7,39	12,2	09:35
	2	0,63	0,12	0,13	0,15	4,65 5,39			
	3	0,80	0,10	0,09	0,08	6,52			
CONDORYACU	1	1,90	0,32	0,19	0,17	9,46	7,97	9,9	10:15
	2	2,80	0,10	0,11	0,13	9,20			
	3	2,30	0,09	0,21	0,06	9,97			
MAPAYACU	1	1,10	0,10	0,16	0,08	11,88	7,37	13,2	11:10
	2	1,55	0,11	0,14	0,08	11,73 12,52			
	3	1,30	0,07	0,15	0,08	11,45			
LLAUCAY	1	1,90	0,17	0,25	0,16	7,08	7,41	13,2	11:50
	2	2,00	0,16	0,36	0,16	7,33			
	3	1,80	0,11	0,22	0,19	7,38			
NUDPUD	1	1,80	0,13	0,21	0,10	6,44	7,27	14,5	12:35
	2	1,70	0,09	0,23	0,17	6,19			
	3	1,60	0,12	0,17	0,17	6,05			

Técnico responsable: _____

La toma de muestras se realizó el jueves 26 de agosto 2018. corresponde al mes de julio-2018.

Hoja de campo de monitoreo de caudales

Figura 7: Medición de parámetros físico-químicos.

Anexo L Recolección de muestras en las quebradas.



Aplicación de técnica de pata con red surder



Aplicación de técnica con red Dnet



Recolección de muestras en la quebrada de Nudpud, punto más alto (p1)



Recolección de muestras en la quebrada de Nudpud, punto medio (p2)



Recolección de muestras en la quebrada de Nudpud, punto bajo sitio de captación (p3)



Recolección de muestras en la quebrada de Rosario: sitio de captación



Recolección de muestras en la quebrada Cóndoryacu: sitio de captación



Recolección de muestras en la quebrada Llaucay: sitio de captación

Figura 8: Recolección de muestras en las quebradas.

Anexo M Macroinvertebrados identificados en las distintas muestras.

PHILUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	PUNTAJE ABI	IMAGEN
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Anomalopsychidae	Contulma	10	
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Calamoceratidae	No determinado	10	
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Glossosomatidae	No determinado	7	
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Helicopsychidae	Helicopsyche	10	
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	No determinado	5	

Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae Adultos, Aspecto General, Lateral, Pupa	No determinado	5	
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Hydrobiosidae	No determinado	8	
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Hydrobiosidae Intergripal, Marilia Flexuosa Capullo	No determinado	8	
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	Nectopsyche	8	
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Philopotamidae	No determinado	8	

Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Polycentropodidae	No determinado	8	
Arthropoda	Insecta	Diptera	Blepharoceridae	No determinado	10	
Arthropoda	Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	Stilobezzia	4	
Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	No determinado	2	
Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	Metriocnemus	2	
Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	Cardiocladius	2	

Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	Dixella	2	
Arthropoda	Insecta	Diptera	Tipulidae	Dactylolabis	5	
Arthropoda	Insecta	Diptera	Dixidae	No determinado	4	
Arthropoda	Insecta	Diptera	Empididae	No determinado	4	
Arthropoda	Insecta	Diptera	Limoniidae	Limonia	5	

Arthropoda	Insecta	Diptera	Limoniidae	No determinado	4	
Arthropoda	Insecta	Diptera	Simuliidae	No determinado	5	
Arthropoda	Insecta	Diptera	Muscidae <i>Lispe Sp</i>	No determinado		
Arthropoda	Insecta	Diptera	Stratiomyidae	Nemotelus	4	
Arthropoda	Insecta	Diptera	Tabanidae	No determinado	4	

Arthropoda	Insecta	Coleoptero	Elmidea	Austrolimnius (Adulto)	5	
Arthropoda	Insecta	Coleoptero	No determinado	Prionocyphon (Larva)	5	
Arthropoda	Insecta	Coleoptero	Elmidae	Neoelmis (Adulto)	5	
Arthropoda	Insecta	Coleoptero	Elmidae	Heterelmis (Larva)	5	
Arthropoda	Insecta	Coleoptero	Psephenidae (Larva)	No determinado	5	
Arthropoda	Insecta	Coleoptero	Ptilodactylid Ae (Larva)	No determinado	5	

Arthropoda	Insecta	Coleoptero	Scirtidae (Larva)	No determinado	5	
Arthropoda	Insecta	Coleoptero	Lampyridae (Larva)	No determinado	5	
Arthropoda	Insecta	Coleoptero	Dytiscidae (Adulto)	No determinado	3	
Arthropoda	Insecta	Coleoptero	Hydrophilidae (Larva)	No determinado	3	
Arthropoda	Insecta	Coleoptero	Staphylinidae (Adulto)	No determinado	3	
Arthropoda	Insecta	Coleoptero	Larva De <i>Trichobaris Championi</i> Barber.	Curculionidae		

Arthropoda	Insecta	Plecoptera	Perlidae	No determinado	10	
Arthropoda	Insecta	Plecoptera	Gripopterygidae	No determinado	10	
Arthropoda	Insecta	Plecoptera	Leptohiphidae	No determinado	7	
Arthropoda	Insecta	Plecoptera	Gripopterygidae	Neuroperla Schedulingi	10	
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	No determinado	4	
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	No determinado	10	

Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Veliidae	No determinado	5	
Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Gerridae	No determinado	5	
Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Macroveliidae	Microvelia	5	
Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Hyaellidae	Hyaella	6	
Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Bogidiellidae	No determinado		
Arthropoda	Insecta	Odonata	Aeshnidae	No determinado	6	

Platyhelminthes	Turbellaria	Tricladida	Planariidae	No determinado	5	
Mollusca	Bivalvia	Veneroida	Sphaeriidae	No determinado	3	
Mollusca	Basommatophora	Gasteropoda	Planorbidae	Antillorbis	3	
Mollusca	Basommatophora	Gasteropoda	Lymnaeidae	No determinado	3	
Arthropoda	Trombidiformes Suborden: Hydracarina	Arachnida	Familia Limnesidae	No determinado	4	
No determinado	Lepidoptera	No determinado	Pyrilidae	Nocturidae	4	

No determinado	Lepidóptera	No determinado	Pyralidae	Argyractoides Larva	4	
No determinado	Lepidóptera	No determinado	Pyralidae	Crambidae <i>Petrophila Ps</i>	4	
No determinado	Lepidóptera	No determinado	Pyralidae	Arctiidae	4	
No determinado	Lepidóptera	No determinado	Pyralidae	Heliothinae <i>Heliothis Subflexa</i>	4	
Annelida	Hirudinea	No determinado	No determinado	No determinado	3	
Annelida	Oligochaeta	No determinado	No determinado	No determinado	1	

Annelida	Haplotaxidae	No determinado	No determinado	No determinado	1	
Arthropoda	Ostracoda	No determinado	No determinado	No determinado	3	
Arthropoda	Entognatha	Collembola	No determinado	No determinado	5	

Figura 10: Macroinvertebrados encontrados en las diferentes quebradas.

Fuente: Autor, 2018

Anexo N Taller teórico-práctico con la comunidad



Capacitación sobre la importación de los macroinvertebrados



Taller práctico de monitoreo y aplicación de técnicas de muestreo

Figura 11: Talleres teórico-práctico realizado con la comunidad.

REGISTRO DE ASISTENCIA

Tema: Capacitación a la comunidad - Determinación de indicadores bióticos de calidad del agua mediante macroinvertebrados con intervención de la comunidad en la microcuenca del Tabacay.

Fecha: Jueves, 24 de Mayo del 2018

NOMBRE Y APELLIDO	CÉDULA	NÚMERO DE TELÉFONO
José Alberto Cardenas	03 0054434-3	0948861372
Roberto Cardenas		
Sejundo M Suarez Quijano	03 0095156-3	07-3022003
Birgilio Yumbra	030040865-5	07-3022334
Rosa Lía Yumbra	0305301099	07-3022043
Atebaida Cardenas		07 3022027
César Haro Claujo	0301328548	3022380
Santa Sanches	030204748-0	3022033

S. Manuel Zhucoshañay delegado por la junta de agua.

Figura 12 Miembros de la comunidad participantes en el taller.

Anexo O Taller teórico-práctico realizado con personas beneficiarias de los ARAS.



Socialisacion con del proyecto con la comunidad



Taller teorico practico sobre el proyecto socializado

Figura 13: Talleres teórico-práctico realizado con la comunidad

REGISTRO DE ASISTENCIA

Tema: Capacitación a la comunidad - Determinación de indicadores bióticos de calidad del agua mediante macroinvertebrados con intervención de la comunidad en la microcuenca del Tabacay.

Fecha: Viernes 25 de Mayo de 2018

NOMBRE Y APELLIDO	CÉDULA	NÚMERO DE TELÉFONO
David Minchala	0302048434	3022108
María Sigüencia		3022087
Marcelo Espinoza	0302203435	0989098834
Segundo Tawri	0300500733	3022087
Fidel Vega López	0301284162	0984248721
María Tawri Quito		
Carlos Tawri	0354343471	3022068
Ana Lucía Tawri		
Aggel Tawri	0302566930	0969084385
Manuel Tawri	0301653994	0997102463
Ilda Espinoza	0301834453	3022108

Figura 14: Miembros de los Convenios ARAS participantes en el taller.

Anexo P Taller teórico. Práctico realizado con estudiantes de las escuelas de la comunidad.



Intructivo a estudiantes previo a la realización del monitoreo



Eneñando a aplicar las tecnicas de muestreo a los estudiante



Enseñar a separar los macros del sestrato para obtener una buena muestra



Revision de los muestras en el estreo miroscopio y asignación de valores de calidad de familias

Figura 15 Taller teórico-práctico realizado con estudiantes de las ecuelas de las comunidades.

NOMINA DE ESTUDIANTES ESCUELA GUILLERMINA ORDÓÑEZ			
APELLIDOS Y NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES	CÉDULA	FECHA DE NACIMIENTO	
PRIMERO			
TOALONGO CAJAMARCA DAYANA CAMILA	0303136097	20/08/2012	✓
TOALONGO TOALONGO YESSENIA THALÍA	0303062228	20/08/2012	✓
TENEZACA SUCUZHAÑAY DIEGO ALEJANDRO	0303041495	15/01/2012	Talho
SEGUNDO			
CASTILLO LOJA JUAN SEBASTIÁN	03-50381596	08/02/2011	✓
TOALONGO GORDILLO JACKSON ISMAEL	03-01894648	05/05/2011	✓
TERCERO			
TENEZACA SUCUZHAÑAY ARACELY ESTEFANÍA	0303158117	07/04/2010	✓
GORDILLO CÁRDENAS EDDY GEOVANNY	0350329207	16/12/2010	✓
TOALONGO TOALONGO MICHAEL JOEL	0350301487	16/03/2010	Talho
CUARTO			
DELGADO TOALONGO TAMARA GUADALUPE	0350277141	24/09/2009	✓
QUINTO			
TOALONGO GORDILLO KEILY NICOLE	0302826987	01/07/2008	✓
TOALONGO GORDILLO WENDY YAJAIRA	0350023610	15/10/2008	✓
TOALONGO TOALONGO FRANKLIN ARIEL	0303153704	16/08/2008	✓
SEXTO			
DELGADO TOALONGO EMILY LISSETH	0302475298	05/11/2006	✓
TOALONGO CAJAMARCA ERIKA VIVIANA	0302825989	18/06/2007	✓
SEPTIMO			
SUCUZHAÑAY PERALTA JORGE PATRICIO	0350337713	18/11/2004	✓
TOALONGO GORDILLO KEVIN FRANK	0302826979	11/11/2006	✓
TOALONGO GORDILLO MARILYN ZORAIDA	0302474507	02/11/2006	✓
GORDILLO CÁRDENAS JOSELIN LISSETH	0303157630	29/09/2006	✓
TOALONGO TOALONGO JOSELIN XIMENA	0302475041	09/03/2006	Talho
OCTAVO			
GORDILLO CÁRDENASFRANKLIN STALIN.	0302892310	21/04/2005	✓
TOALONGO CÁRDENAS GÉNESIS BELÉN	0302474820	28/10/2005	✓
TOALONGO CÁRDENAS NANCY SELENA	0350318192	17/01/2005	✓
NOVENO			
SUCUZHAÑAY TOALONGO DOMÉNICA MISHELL	0302475165	17/04/2004	✓
DÉCIMO			
TOALONGO GORDILLO JÉSSICA SAMANTHA.	0302474499	23/12/2003	✓
TOALONGO CÁRDENAS BRYAN STEVEN	0302474838	15/02/2004	✓

Figura 16 Lista de estudiantes de la Escuela Guillermina Ordoñez participantes en el taller.

Anexo Q Taller teórico - práctico realizado con estudiantes de las escuelas de la comunidad



Toma de muestra con estudiantes de las escuelas



Capacitacion a la escuela sobre el uso de indicadores bióticos



Capacitacion por parte de ingeniero Jaime Morocho encargado de los convenios ARAS sobre la proteccion y cuidado de las riberas.

Figura 17: Taller teórico-práctico realizado con estudiantes de las escuelas de las comunidades

Anexo R Materiales de campo utilizado



Figura 19: Materiales utilizados en el campo

- a) Bandejas
- b) Redes (red Surber, red Net)
- c) Pinzas
- d) Botas
- e) Pantalón impermeable
- f) Alcohol y formol
- g) Mochila
- h) Hojas de campo
- i) Protocolo para evaluación de riberas y habitas fluviales
- j) Frascos de recolección de las muestras
- k) Caja plástica para trasladar las muestras
- l) Cernidero
- m) Envases para separación de muestra
- n) Ropa extra
- o) Vaso plástico para recolectar muestras en las piedras