

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD ECOLÓGICA DEL RÍO USHIMANA
UTILIZANDO COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS
COMO INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA AMBIENTAL**

INÉS NOEMÍ ROMERO CÁRDENAS
noemines@yahoo.es

TAMIA KARINA ZÚÑIGA ACURIO
karinazu_92@hotmail.com

DIRECTOR: Ing. MSc. NATHALIA VALENCIA BONILLA
nathalia.valencia@epn.edu.ec

Quito, Noviembre 2017

DECLARACIÓN

Nosotras, Inés Noemí Romero Cárdenas y Tamia Karina Zúñiga Acurio, declaramos que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa vigente.

INÉS NOEMÍ ROMERO CÁRDENAS

ZÚÑIGA ACURIO TAMIA KARINA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Inés Noemí Romero Cárdenas y Tamia Karina Zúñiga Acurio bajo mi supervisión.

ING. NATHALIA VALENCIA BONILLA
DIRECTORA DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por estar ahí conmigo en todo momento de mi vida, creo que su sola presencia me ha permitido seguir adelante aun cuando el camino se veía tan oscuro.

A mi mami Alina, por tus enseñanzas, por tus valores, por tu gran amor, pues una gran parte de lo que soy ahora es gracias a que tengo la dicha de tenerte como madre. A mi hermano y mejor amigo Henry por su apoyo incondicional desde que tengo uso de razón.

A mi papito, Francisco, te agradezco por tanto amor con el que me cobijaste cuando era pequeña, que hasta ahora ha trascendido y me sigue abrigando en los días donde el frío duele.

A toda mi familia, en especial a mi Tía Aidita y Tía Marcia, por su cariño y preocupación de madre.

A todos quienes nos ayudaron en los muestreos, decir nombres involucraría una larga lista, pues considero que desde aquellas personas que nos permitieron el paso para llegar a los sitios de estudio, quienes muy amablemente no dudaron en resolvernos una duda o el simple hecho de quien nos abrió una puerta, es digno de agradecer, ya que: *En los pequeños gestos, se ve la grandeza de las personas.*

A mi directora de tesis, la Ingeniera Natalia Valencia por ser una guía y compartir su experiencia y conocimientos para el desarrollo de este proyecto. A Vladimir Carvajal muchísimas gracias por su gran paciencia y predisposición en resolver cualquier inquietud por mínima que sea.

A todos mis amigos y amigas que han compartido conmigo buenos y malos momentos en el trajinar de la vida. En especial a Michu y Gaby, por su valiosa amistad y apoyo y a Kari, mi compañera en el desarrollo de este proyecto, gracias por el esfuerzo, la dedicación y la comprensión.

Noemí

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradezco a Dios por tantas bendiciones recibidas en mi vida, por haberme acompañado y guiado en todo momento.

A mis padres, Luis y Marcia por su infinito amor, paciencia, apoyo y ser mi fortaleza en momentos de debilidad, por guiarnos siempre a mis hermanos y a mí por el mejor camino, por inculcarnos valores, todo lo que somos es gracias a ustedes.

A mis hermanos Gaby, Sebas y Pau que siempre han estado junto a mí dándome ánimos para culminar esta etapa, por siempre llenar mi vida de alegrías. A Fred, mi cuñado, que se ha convertido en un hermano más brindándonos su apoyo y cariño.

A todos quienes de manera directa o indirecta colaboraron en la obtención de información para el desarrollo de este trabajo.

A la Ing. Valencia, directora de este proyecto, por su paciencia, motivación y guía durante esta etapa. Un agradecimiento especial a Vladimir Carvajal por su tiempo, dedicación y valiosos conocimientos impartidos.

A Noe por haber sido una excelente compañera de tesis y amiga, por su constante esfuerzo y dedicación durante la realización de este proyecto.

Karina

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a todos quienes acepten la responsabilidad en el deterioro de los ecosistemas fluviales y de la naturaleza en general, y tengan la valentía y sacrificio de aportar con soluciones para remediar tantos daños que hemos ocasionado a nuestra Pacha Mama.

Noemí

DEDICATORIA

Para las personas más importantes en mi vida, mi mami Marcia y mi papi Luis por su apoyo y motivación para ser mejor cada día. Y para mis hermanos, Gaby, Pau, Sebas por su apoyo y amor incondicional.

Karina

CONTENIDO

DECLARACIÓN	II
CERTIFICACIÓN	III
AGRADECIMIENTOS	IV
AGRADECIMIENTOS	V
DEDICATORIA	VI
DEDICATORIA	VII
CONTENIDO	VIII
RESUMEN	XVI
ABSTRACT	XVIII
PRESENTACIÓN.....	XX
CAPÍTULO 1.....	1
ASPECTOS GENERALES.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. ALCANCE	2
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	3
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	3
CAPÍTULO 2.....	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1. IMPACTO ANTRÓPICO SOBRE ECOSISTEMAS FLUVIALES.....	5
2.1.1. CONTAMINACIÓN PUNTUAL Y DIFUSA	5

2.2. AUTODEPURACIÓN Y RESILIENCIA	8
2.3. EVALUACIÓN ECOLÓGICA	8
2.3.1. CALIDAD FISICOQUÍMICA	9
2.3.2. CALIDAD BIOLÓGICA	10
2.3.3. CALIDAD HIDROMORFOLÓGICA	14
CAPÍTULO 3.....	18
METODOLOGÍA	18
3.1. DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO	18
3.1.1. HIDROLOGÍA.....	19
3.1.2. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS	20
3.1.3. SERVICIOS BÁSICOS	22
3.1.4. USO DE SUELO.....	24
3.1.5. COBERTURA VEGETAL.....	25
3.2. ESTADO DEL RÍO USHIMANA	26
3.2.1. PRINCIPALES FUENTES DE CONTAMINACIÓN	27
3.3. METODOLOGÍA DE MUESTREO	29
3.3.1. TEMPORALIDAD DEL ESTUDIO Y SELECCIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO	29
3.3.2. DESCRIPCIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO	31
3.3.3. PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS.....	37
3.3.4. AFORO DE CAUDAL	39
3.3.5. MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS	41
3.3.6. PARÁMETROS HIDROMORFOLÓGICOS.....	47
CAPÍTULO 4.....	53
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	53

4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS	53
4.1.1. CAUDAL	56
4.1.2. OXÍGENO DISUELTO Y TEMPERATURA	56
4.1.3. NUTRIENTES.....	58
4.1.4. CONDUCTIVIDAD – SÓLIDOS DISUELTOS	59
4.1.5. TURBIDEZ – SÓLIDOS SUSPENDIDOS	61
4.1.6. COLIFORMES FECALES.....	63
4.1.7. ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA	64
4.1.8. ABUNDANCIA DE INDIVIDUOS, RIQUEZA Y COMPOSICIÓN TAXONÓMICA DE MACROINVERTEBRADOS.....	65
4.1.9. ÍNDICES DE DIVERSIDAD	68
4.1.10. COMPOSICIÓN TRÓFICA.....	69
4.1.11. ÍNDICES BIÓTICOS: BMWP, ABI, ASPT	71
4.1.12. % EPT Y % CHIRONOMIDAE.....	73
4.1.13. CALIDAD HIDROMORFOLÓGICA.....	75
4.2. DISCUSIÓN	78
4.2.1. CALIDAD ECOLÓGICA DEL RÍO USHIMANA EN FUNCION DEL USO DEL SUELO.....	78
4.2.2. GRUPOS FUNCIONALES.....	82
4.2.3. MACROINVERTEBRADOS Y PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS ..	84
4.2.4. RESILIENCIA DEL ECOSISTEMA FLUVIAL	87
CAPÍTULO 5.....	89
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	89
5.1. CONCLUSIONES	89
5.2. RECOMENDACIONES	92

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
ANEXOS.....	111
ANEXO N° 1	112
PRINCIPALES PRESIONES ANTRÓPICAS SOBRE EL RÍO USHIMANA	112
ANEXO N° 2	114
HOJAS DE CAMPO	114
ANEXO N° 3	119
ECUACIONES PARA EL CÁLCULO DEL ICA.....	119
ANEXO N° 4	121
PROTOCOLO PARA LA RECOLECCIÓN DE MACROINVERTEBRADOS	121
ANEXO N° 5	126
CALIFICACIÓN POR FAMILIA PARA ÍNDICES BMWP Y ABI.....	126
ANEXO N° 6	129
PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y BIOLÓGICOS DURANTE LAS CAMPAÑAS DE MUESTREO.....	129
ANEXO N° 7	133
PRINCIPALES PLANTAS EN LAS RIBERAS DEL RÍO USHIMANA	133
ANEXO N° 8	139
PRINCIPALES MACROINVERTEBRADOS PRESENTES EN EL RÍO USHIMANA	139
ANEXO N° 9	145
REGISTRO FOTOGRÁFICO JORNADAS DE MUESTREO	145

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.1 PERTURBACIONES HUMANAS EN ECOSISTEMAS FLUVIALES.....	6
TABLA 2.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE MACROINVERTEBRADOS COMO BIOINDICADORES.....	13
TABLA 2.3 PRINCIPALES GRUPOS FUNCIONALES.....	15
TABLA 3.1 LÍMITES DE LA PARROQUIA ALANGASÍ.....	19
TABLA 3.2 PRINCIPALES ACTIVIDADES ECONÓMICAS.....	21
TABLA 3.3 MÉTODOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA.....	22
TABLA 3.4 FORMAS DE ELIMINACIÓN DE BASURA EN LA PARROQUIA.....	23
TABLA 3.5 COBERTURA VEGETAL DE LA PARROQUIA ALANGASÍ, AÑO 2012	26
TABLA 3.6 FACTORES DE INFLUENCIA SOBRE EL RÍO USHIMANA.....	27
TABLA 3.7 CUERPOS HÍDRICOS AFECTADOS EN LA ZONA.....	28
TABLA 3.8 COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO.....	29
TABLA 3.9 DURACIÓN Y PRESERVACIÓN DE MUESTRAS.....	37
TABLA 3.10 MÉTODOS USADOS EN LABORATORIO.....	38
TABLA 3.11 COEFICIENTE DE PONDERACIÓN POR PARÁMETRO.....	39
TABLA 3.12 NIVELES DE TOLERANCIA BMWP Y ABI.....	44
TABLA 3.13 ÍNDICES DE DIVERSIDAD.....	45
TABLA 3.14 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES QUE CONFORMAN EL ÍNDICE IHF Y SU RANGO DE CALIDAD.....	47
TABLA 3.15 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL ÍNDICE QBR Y SU RANGO DE CALIDAD.....	50
TABLA 4.1 PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DURANTE EL PRIMER MUESTREO.....	53
TABLA 4.2 PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DURANTE EL SEGUNDO MUESTREO.....	54
TABLA 4.3 PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN EL SITIO AGUAS ARRIBA ..	55
TABLA 4.4 ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE LOS PUNTOS MUESTREADOS.....	68

TABLA 4.5 ÍNDICES ABI Y BMWP-R POR PUNTO DE MUESTREO.....	73
TABLA 4.6 CALIDAD DE AGUA SEGÚN %EPT.....	74
TABLA 4.7 ÍNDICE IHF POR PUNTO DE MUESTREO	75
TABLA 4.8 ÍNDICE QBR POR PUNTO DE MUESTREO	77
TABLA 4.9 EVALUACIÓN ECOLÓGICA DEL RÍO USHIMANA	80
TABLA 4.10 FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS PRESENTES DE ACUERDO AL USO DEL SUELO	81

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1 EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN EN LA CALIDAD DEL AGUA Y SUS COMUNIDADES ACUÁTICAS.....	9
FIGURA 2.2 VARIABLES QUE INFLUYEN EN LA EVALUACIÓN ECOLÓGICA DEL RÍO	10
FIGURA 2.3 VISTA TRANSVERSAL DE UN RÍO Y SUS COMPONENTES	15
FIGURA 2.4 ORGANIZACIÓN JERÁRQUICA DE UN SISTEMA DE ARROYOS, Y SUS SUBSISTEMAS DE HÁBITAT	17
FIGURA 3.1 UBICACIÓN DE LA PARROQUIA ALANGASÍ EN LA PROVINCIA.	18
FIGURA 3.2 PROMEDIO DE PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA MENSUALES DE 2003 A 2012.....	19
FIGURA 3.3 UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO	30
FIGURA 3.4 ESQUEMA DE LA SECCIÓN DEL RÍO CON SUB-SECCIONES PARA MEDIDA DE VELOCIDAD.....	40
FIGURA 3.5 RECOLECCIÓN DE MACROINVERTEBRADOS CON RED SURBER	42

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA 3.1 PUNTO AA (MAMA TENA)	31
FOTOGRAFÍA 3.2 PUNTO A (TEJARLOMA).....	32
FOTOGRAFÍA 3.3 PUNTO B (CANASTAS DE CARRIZO)	32
FOTOGRAFÍA 3.4 PUNTO C (MECÁNICA).....	33
FOTOGRAFÍA 3.5 PUNTO D (ANGAMARCA).....	34
FOTOGRAFÍA 3.6 PUNTO E (SAN CARLOS)	35
FOTOGRAFÍA 3.7 PUNTO F (HORNADOS).....	35
FOTOGRAFÍA 3.8 PUNTO G (EL TINGO).....	36
FOTOGRAFÍA 3.9 ELEMENTOS DE HETEROGENEIDAD	50

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 3.1 MEDIOS PARA ELIMINACIÓN DE EXCRETAS	23
GRÁFICO 3.2 USO DE SUELO EN LA PARROQUIA ALANGASÍ, AÑO 2012.....	25
GRÁFICO 4.1 VARIACIÓN DE OD, DQO Y T. a) PRIMER MUESTREO, b) SEGUNDO MUESTREO.....	57
GRÁFICO 4.2 VARIACIÓN DE NUTRIENTES. a) PRIMER MUESTREO, b) SEGUNDO MUESTREO.....	59
GRÁFICO 4.3 VARIACIÓN DE CONDUCTIVIDAD Y SÓLIDOS DISUELTOS. a) PRIMER MUESTREO, b) SEGUNDO MUESTREO	60
GRÁFICO 4.4 VARIACIÓN DE CONDUCTIVIDAD Y SÓLIDOS DISUELTOS. a) PRIMER MUESTREO, b) SEGUNDO MUESTREO (Continuación).....	61
GRÁFICO 4.5 VARIACIÓN DE TURBIDEZ Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS. a) PRIMER MUESTREO, b) SEGUNDO MUESTREO	62
GRÁFICO 4.6 CONCENTRACIÓN DE COLIFORMES FECALES.	63
GRÁFICO 4.7 ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA DURANTE LOS DOS MUESTREOS	64
GRÁFICO 4.8 DISTRIBUCIÓN DE LA ABUNDANCIA DE INDIVIDUOS POR PUNTO DE MUESTREO	65
GRÁFICO 4.9 DISTRIBUCIÓN DE RIQUEZA DE TAXONES POR PUNTO DE MUESTREO.....	67
GRÁFICO 4.10 ABUNDANCIA RELATIVA Y RIQUEZA DE TAXONES POR PUNTOS DE MUESTREO.....	67
GRÁFICO 4.11 PORCENTAJE DE ABUNDANCIA TOTAL DE LOS GRUPOS FUNCIONALES ALIMENTICIOS.....	70
GRÁFICO 4.12 VARIACIÓN DE LA ABUNDANCIA RELATIVA DE LOS GRUPOS FUNCIONALES ALIMENTICIOS.....	71
GRÁFICO 4.13 ÍNDICES ABI Y BMWP – R. a) PRIMER MUESTREO, b) SEGUNDO MUESTREO.....	72

GRÁFICO 4.14 % EPT Y % CHIRONOMIDAE TOTALES POR PUNTO DE MUESTREO.....	74
GRÁFICO 4.15 ÍNDICE DE HÁBITAT FLUVIAL POR PUNTO DE MUESTREO..	76
GRÁFICO 4.16 ÍNDICE DE CALIDAD DE RIBERA POR PUNTO DE MUESTREO.	78
GRÁFICO 4.17 RELACIÓN DE LA FAMILIA BAETIDAE CON VALORES DE OD [%] (a), DQO [mg/L] (b).	85
GRÁFICO 4.18 RELACIÓN DE LA FAMILIA SIMULIIDAE CON VALORES DE OD [%] (a), DQO [mg/L] (b).	86
GRÁFICO 4.19 RELACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS CON VALORES DE NITRÓGENO AMONACAL [mg/L]. BAETIDAE (a), SIMULIIDAE (b).....	87

RESUMEN

El presente proyecto de titulación tuvo como objetivo la evaluación de la calidad ecológica del río Ushimana, localizado en la parroquia Alangasí, cantón Quito, el cual presenta características diversas en la longitud estudiada, ya que atraviesa una zona de cambio de uso de suelo, de rural a urbano. La evaluación ecológica se la realizó integrando información físico-química, biológica e hidromorfológica.

Se realizaron dos campañas de muestreo, en 7 puntos distribuidos en el cauce principal y sus afluentes más importantes: (1) época de transición época seca-lluviosa y (2) época lluviosa. Adicionalmente, se caracteriza un punto ubicado aguas arriba de la zona de estudio, con el propósito de contrastar los resultados obtenidos. En cada punto de monitoreo se registraron en campo valores de Oxígeno Disuelto (OD), temperatura, pH, conductividad y turbidez, también se tomaron tres muestras simples de agua y una muestra compuesta, para determinar en laboratorio: contenido de sólidos, Demanda Química de Oxígeno (DQO), nutrientes y coliformes fecales; además, con una red Surber, se recolectaron 9 muestras de macroinvertebrados considerando los tipos de sustratos y hábitats existentes en un tramo de 50 a 75 m.

Con un micromolinete, se miden velocidades en las secciones transversales de los puntos de muestreo y se establece el caudal por punto en cada temporada. Para complementar el estudio, en un transecto de 75 a 100 m se evaluó el Índice de Hábitat Fluvial (IHF) y la calidad de ribera (QBR).

Los resultados obtenidos, indican que la salud ecológica del río se encuentra en un estado grave. Los macroinvertebrados indican este estado al identificarse la presencia principalmente de taxas tolerantes a bajas concentraciones de oxígeno y a altas concentraciones de materia orgánica, como Chironomidae (Chironominae y Orthoclaadiinae), Haplotaenidae y Glossiphonidae. Esta información se complementa con la caracterización físico-química, representada por el Índice de Calidad del Agua (ICA) que ubica al río en la categoría "Contaminado". Sin

embargo, este curso fluvial cuenta con una buena calidad hidromorfológica que se refleja en valores altos y medios de IHF y QBR, los cuales contribuyen a la formación de microhábitats adecuados para los macroinvertebrados, además demuestran la existencia de elementos que favorecen la autodepuración del río.

A partir de este trabajo se puede contar con información base, útil para delimitar el problema y plantear posibles soluciones a la contaminación del río, además para la planificación y confrontación de monitoreos futuros en otros puntos que no han sido considerados en este estudio.

ABSTRACT

The objective of the current project was to evaluate the ecological quality of Ushimana River, located at Alangasí, in the city of Quito, which has different characteristics in the length studied, because it crosses an area of land use change, from rural to urban. The ecological assessment was based on three major components: physico-chemical, biological and hydromorphological information.

Two sampling campaigns were performed, in 7 points, that were distributed along the main channel river's and in its major tributaries: (1) summer-winter transition period and (2) rainy season. In addition, a point located upstream of the study zone is analysed, for making comparisons with the results obtained. At each monitoring point: Dissolved Oxygen (OD), temperature, pH, conductivity and turbidity values are recorded in field. Also three simple water samples and one composite sample are taken in order to define: Solids Content, Chemical Oxygen Demand (COD), Nutrients and Fecal Coliforms. Furthermore, with a Surber network, 9 samples of macroinvertebrates were collected by looking at the types of substrates and habitats in a section from 50 to 75 m. Besides, with a current water meter was measured the discharge per point in each temporality. To complement this study, the River Habitat Index (IHF) and the Index of riparian quality (QBR) were evaluated in a 75 to 100 m transect.

Results show that the ecological health of the river is in a serious state. Macroinvertebrates indicate this state by identifying the existence of mainly taxa tolerant to low oxygen concentrations and high concentrations of organic matter, such as Chironomidae (Chironominae and Orthocladiinae), Haplotaxidae and Glossiphonidae. This information is complemented by the Water Quality Index (ICA) that places the river in the category "Contaminated". However, the river has a good hydromorphological quality reflected in high and medium values of IHF and QBR. They contribute to creation of several micro habitats that are suitable for macroinvertebrates, furthermore they demonstrate the existence of elements that promote the self-purification capacity of the river.

The ecological assessment of Ushimana River provides useful information, to support the approach and proposal of possible alternatives and solutions to the problem of contamination of the river, and also for planning constant monitoring in other points that have not been considered in this study.

PRESENTACIÓN

El presente proyecto se centra en la evaluación: fisicoquímica, biológica e hidromorfológica del río Ushimana; componentes que en conjunto definen la calidad ecológica de este recurso, constantemente afectado por presiones antrópicas que provocan su degradación. Consta de cinco capítulos con el siguiente contenido:

El primer capítulo expone la introducción a la temática en torno al presente proyecto. Se especifican los objetivos, el alcance y los justificativos necesarios para el desarrollo del proyecto.

El segundo capítulo describe, en base a una revisión bibliográfica, los principales factores antrópicos que influyen en el deterioro de los ríos, así como también desglosa los puntos principales que conforman su evaluación ecológica. Además se hace hincapié en la utilización de macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad de los sistemas fluviales.

El tercer capítulo especifica la metodología aplicada para el cumplimiento de los objetivos de investigación. Se detallan los procedimientos utilizados durante las tres fases que comprende este proyecto: muestreo en campo, análisis de laboratorio y procesamiento de datos.

El cuarto capítulo corresponde al análisis y discusión de datos, donde mediante el uso de tablas y gráficas estadísticas se representan los resultados obtenidos y consecuentemente se interpreta su contenido para conocer la calidad ecológica que posee el río Ushimana.

Para finalizar, el quinto capítulo detalla las conclusiones y recomendaciones en base a las experiencias a lo largo del desarrollo de este proyecto.

CAPÍTULO 1

ASPECTOS GENERALES

1.1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el interés en la conservación de ecosistemas fluviales se ha extendido a nivel mundial, especialmente en países de la Unión Europea, cuyo interés ha trascendido en la formulación de políticas más estrictas referentes al cuidado de los cursos fluviales (Acosta et al., 2009).

No obstante, en Latinoamérica la degradación de estos ecosistemas aún es constante y no ha recibido la atención que requiere: predomina su importancia desde el punto de vista de la demanda de agua para consumo y no su importancia desde el punto de vista de su función ecológica (Encalada, 2010).

Los ríos proporcionan una variedad de servicios ambientales, muchos de los cuales aún permanecen desconocidos para una gran parte de la población. El reciclaje de nutrientes, regulación de perturbaciones (inundaciones o sequías extremas), flujo de sedimentos y de gases con efecto invernadero (acumulación de carbono) y belleza escénica natural asociada al turismo, son algunos ejemplos (Soria, 2016).

El río Ushimana, cuerpo principal que atraviesa la parroquia Alangasí en la provincia de Pichincha, es un claro ejemplo del deterioro ecológico de un sistema fluvial, pues a pesar de representar un componente esencial del patrimonio natural de los habitantes de la zona, es víctima de todas las presiones antropogénicas ejercidas por una población, que año con año incrementa en número pero no en conciencia ambiental. La ocupación de las riberas, el inadecuado manejo de desechos domiciliarios, industriales y agropecuarios y el cambio de uso del suelo, influyen en todo su ecosistema (Quiroz et al., 2016).

Para evaluar las condiciones ambientales de ríos como el Ushimana, se han utilizado principalmente parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos. Sin embargo, éstos muestran deficiencias al momento de detectar cambios en las condiciones

naturales del agua (Segnini, 2003). En este contexto, los macroinvertebrados al poseer características, adaptaciones evolutivas y requerimientos especiales a determinadas condiciones ambientales, son uno de los indicadores biológicos más utilizados en la evaluación de la calidad de ecosistemas fluviales (Roldán, 1999).

Cuando surge la necesidad de gestionar integralmente el recurso agua, la evaluación fisicoquímica, en conjunto con el uso de parámetros biológicos como los macroinvertebrados, se constituyen como herramientas fundamentales para evaluar los efectos sobre los componentes y el funcionamiento del ecosistema acuático (Fagúndez, 2012; Soria, 2016).

1.2. ALCANCE

El presente proyecto de titulación busca evaluar la calidad ecológica del río Ushimana en función de tres ejes principales (i) índices biológicos: Biological Monitoring Working Party y Andean Biotic Index, Fisher Alpha, Shannon, Pielou, Simpson y Chao 1, los cuales determinan la riqueza específica, diversidad, uniformidad, dominancia y rareza del ensamble de macroinvertebrados acuáticos. Además, incluye el índice Ephemeroptera – Plecoptera - Trichoptera, porcentaje de Chironomidae y porcentaje de los diferentes Grupos funcionales. (ii) Índices Hidromorfológicos: Índice de Calidad de Ribera e Índice de hábitat fluvial (para evaluar la calidad de los aspectos físicos del cauce y de su ribera). (iii) Índice de calidad del agua (que muestra el grado de contaminación agrupando diferentes parámetros fisicoquímicos en un solo valor porcentual).

Estos índices se determinan durante distintas etapas que comprenden: muestreo, análisis de laboratorio, procesamiento de datos y análisis de la información. Las muestras son obtenidas en una zona rural que está experimentando una rápida conversión en el uso del suelo debido a la expansión de las áreas metropolitanas cercanas y cuya conversión resulta en un mosaico de cobertura agrícola, forestal y urbana.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad ecológica del río Ushimana usando comunidades de macroinvertebrados como indicadores biológicos de calidad del agua.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- i. Determinar la estructura y composición de macroinvertebrados presentes en el Río Ushimana, en puntos estratégicos seleccionados en el cauce principal y en los tributarios.
- ii. Determinar el Índice de Calidad del Agua (ICA) a partir del análisis de los parámetros físico-químicos en cada punto de muestreo.
- iii. Calcular los índices bióticos BMWP-R, ABI, EPT Y ASPT basados en las comunidades de macroinvertebrados analizadas.
- iv. Evaluar las características hidromorfológicas del cuerpo de agua a través del índice de hábitat fluvial (IHF) y del estado de conservación de la vegetación de ribera (índice QBR).
- v. Definir el estado ecológico del sistema fluvial.
- vi. Proponer comunidades bentónicas que pueden ser utilizadas como indicadores de calidad del agua en la zona de estudio.

1.4. JUSTIFICACIÓN

El río Ushimana, principal cuerpo hídrico de la parroquia Alangasí, es el receptor de la contaminación provocada principalmente por descargas domésticas procedentes de toda la parroquia como consecuencia del crecimiento poblacional y la mala gestión ambiental y sanitaria de la zona. A causa de su calidad de agua, no es considerado una fuente de consumo humano; sin embargo, los usos definidos para este cuerpo de agua son: agrícola, estético y preservación de flora y fauna (Cabezas, 2015).

Este estudio se lo realiza con la finalidad de revelar los sitios donde se concentra la mayor contaminación en el río, provocada por las diversas actividades económicas que se desarrollan en la zona, entre las que se destacan agricultura, industria y turismo que combinadas con actividades cotidianas, generan aguas servidas domésticas e industriales descargadas directamente en el ecosistema acuático (Arce & Leiva, 2009; Cabezas, 2015).

Adicionalmente, este proyecto de titulación, busca proporcionar datos acerca del análisis del estado ecológico de ríos que atraviesan por zonas rural-urbanas, vulnerables a descargas de tipo doméstico, agrícola e industrial y de esta forma contribuir con elementos de discusión útiles para definir responsabilidades respecto a los impactos encontrados en cada sitio analizado. A su vez servirá como referencia para la propuesta y desarrollo de estrategias direccionadas a la protección y conservación de esta clase de ecosistemas acuáticos.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1. IMPACTO ANTRÓPICO SOBRE ECOSISTEMAS FLUVIALES

El aprovechamiento de los ríos es un factor preponderante en el desarrollo de la humanidad, no obstante, su uso intensivo conlleva a un deterioro severo en los ecosistemas fluviales (Baron et al., 2002). Hoy en día la probabilidad de encontrar aguas corrientes en condiciones prístinas es cada vez más escasa, incluso ecosistemas que se hallan lejos de centros poblados, como en los páramos, no están exentos de modificaciones en su estructura; un claro ejemplo es la construcción de captaciones de agua para consumo (López, 2016; Soria, 2016).

Las perturbaciones de origen antrópico, son las que producen mayores cambios en los ecosistemas fluviales y su funcionamiento (Correa-Araneda et al., 2010), dentro de éstas, se encuentran por ejemplo canalizaciones y encauzamientos, el dragado de cauces, la construcción de embalses, la tala y extracción de madera, las descargas residuales y el empleo de fertilizantes. Estas perturbaciones implican innumerables efectos negativos en los ríos, como la eutrofización producto de la disminución de oxígeno en el agua, el desplazamiento de la biodiversidad, la pérdida de hábitats y los cambios en los regímenes hidrológicos y térmicos así como también en el transporte de sedimentos (Elosegi & Sabater, 2009). En la Tabla 2.1 se resumen los impactos humanos sobre los ríos agrupados en tres categorías: físicos directos, indirectos y deterioro en la calidad del agua.

2.1.1. CONTAMINACIÓN PUNTUAL Y DIFUSA

2.1.1.1. Contaminación puntual

La contaminación puntual está relacionada con las descargas provenientes de fuentes industriales y municipales que son fácilmente distinguibles (Correa-Araneda et al., 2010). Los contaminantes orgánicos, microorganismos patógenos,

nutrientes y tensoactivos, son los constituyentes principales de las descargas municipales. Los desechos industriales varían dependiendo de la actividad económica que se desarrolle, pudiendo contener metales pesados, hidrocarburos, plaguicidas, compuestos químicos específicos, hasta desechos nucleares (Escobar Llanos, 2002).

TABLA 2.1 PERTURBACIONES HUMANAS EN ECOSISTEMAS FLUVIALES

CATEGORÍAS	IMPACTOS ANTROPOGÉNICOS
Físicos directos (en la cuenca)	Disminución de caudal (captación de agua, canalizaciones y encauzamientos) Escorrentía y dinámica hidrológica alterada (deforestación, cultivos) Erosión (actividad constructora, cultivos)
Físicos directos (en el río)	Canalización y ahondamientos Diques y represas Corte de vegetación acuática Erosión de orillas (aumento escorrentía superficial) Destrucción de vegetación ribereña (construcciones de muros y casas)
Deterioro de la calidad del agua (contaminación)	Acidificación (minería) Sustancias tóxicas y metales pesados (aguas industriales) Materia orgánica (aguas domésticas e industriales) Pesticidas (agricultura y floricultura) Nutrientes (aguas domésticas, agricultura y ganadería)

Fuente: (Jacobsen, 2003).

Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

2.1.1.2. Contaminación difusa

Las fuentes difusas corresponden a aquellas que no poseen un punto fijo de entrada al cuerpo de agua y la más evidente corresponde a la agricultura. Esta se produce por el uso de plaguicidas, el aporte de residuos de insumos agrícolas, restos de vegetales y animales, que ingresan al cauce del río a través de la escorrentía superficial de las aguas pluviales (Chávez & Orantes, 2010).

2.1.1.3. Contaminación de los ríos en Ecuador

La contaminación provocada por el hombre es la que está poniendo en gran peligro la vida acuática (Roldán & Ramírez, 2008). En la mayoría de países en vías de desarrollo, las fuentes de contaminación puntuales y difusas, son uno de los mayores problemas ambientales debido a la escasez o falta de tratamiento para descargas residuales domésticas e industriales, al igual que las inadecuadas prácticas agrícolas (Kobingi et al., 2009). El Ecuador no es la excepción, dado que menos del 10% de aguas residuales municipales e industriales poseen sistemas de tratamiento en el país (INEC, 2013).

Los cursos fluviales de la sierra ecuatoriana se encuentran entre los más sensibles a la contaminación orgánica. En un análisis de 32 ríos localizados en el Valle de los Chillos, provincia de Pichincha, el 56% presenta basura en forma de plásticos, latas, papel, telas y concreto y el 25% está afectado seriamente por contaminación, producto de nutrientes y materia orgánica, lo que genera bajos niveles de oxígeno; existen ríos prácticamente sin oxígeno (22.4% de saturación) sobre todo en las zonas más densamente pobladas (Jacobsen, 2003)

La contaminación es mucho más que un desfogue o descarga sobre un cauce, esta depende de factores determinantes como lo es el cambio de uso del suelo. Es así que las conversiones de las tierras rurales y forestales en zonas urbanas traen consigo la fragmentación del paisaje, pérdida de hábitat ribereño, modificación del sustrato, incremento de la escorrentía, además del aumento de descargas residuales directas al cauce. En consecuencia, se origina una degradación

constante de las corrientes conforme el proceso de urbanización aumenta sin una gestión integral del recurso agua (Kennen et al., 2005).

2.2. AUTODEPURACIÓN Y RESILIENCIA

Los ecosistemas acuáticos generalmente son resilientes, lo que significa que pueden autodepurarse sin mayor intervención exógena, frente a episodios de contaminación como la incorporación de desechos tóxicos.

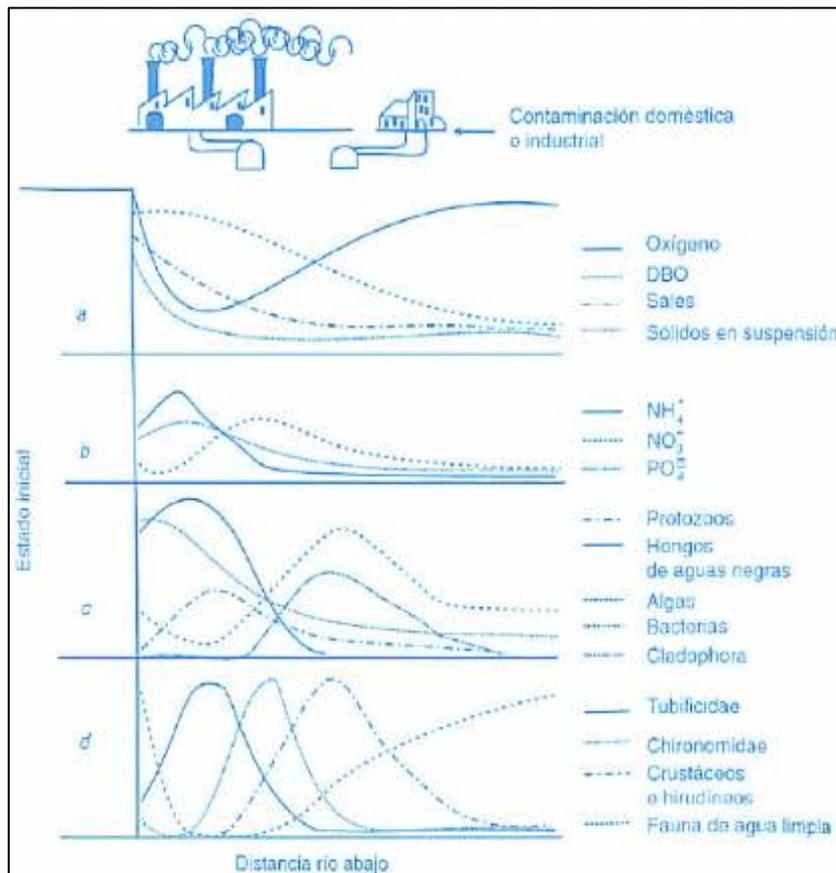
En la figura 2.1 se observa cómo las descargas industriales y domésticas ocasionan un aumento de amoníaco y fósforo en el agua a la vez que disminuye el oxígeno disuelto y la presencia de fauna indicadora de agua limpia. Sin embargo, a medida que el río se autodepura, decrecen los nutrientes y se incrementa la concentración de oxígeno disuelto, favoreciendo la recuperación de las comunidades de macroinvertebrados y algas verdes (Roldán Pérez & Ramírez Restrepo, 2008). Cuando la cantidad y calidad de desechos introducidos superan la capacidad que tiene el río de recuperación, se genera su deterioro permanente (Roldán Pérez & Ramírez Restrepo, 2008).

2.3. EVALUACIÓN ECOLÓGICA

En términos generales, un ecosistema está conformado por su estructura (medios bióticos y abióticos) y funcionamiento (interacciones entre estos medios). Específicamente si se habla de un ecosistema fluvial, su estructura comprende: la diversidad de hábitats y comunidades biológicas, así como su calidad química, la forma y dimensiones del cauce, la vegetación de ribera y los flujos de agua. Las interacciones entre todos estos elementos determinan la calidad de su funcionamiento; por ejemplo, el transporte y retención de sedimentos, nutrientes o materia orgánica (Elosegi & Sabater, 2009). Es así que la evaluación de un ecosistema como tal, que contiene una extensa variedad de elementos y sus respectivas interacciones, debe necesariamente realizarse desde un enfoque que

englobe todos estos conceptos. La evaluación ecológica (Ver Figura 2.2), es el término y proceso adecuado para analizar un ecosistema tan complejo y dinámico como lo es el fluvial. Según la Directiva Marco del Agua Europea comprende la hidromorfología, fisicoquímica y biología del río (Prat et al., 2009).

FIGURA 2.1 EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN EN LA CALIDAD DEL AGUA Y SUS COMUNIDADES ACUÁTICAS



Fuente: (Roldán & Ramírez, 2008).

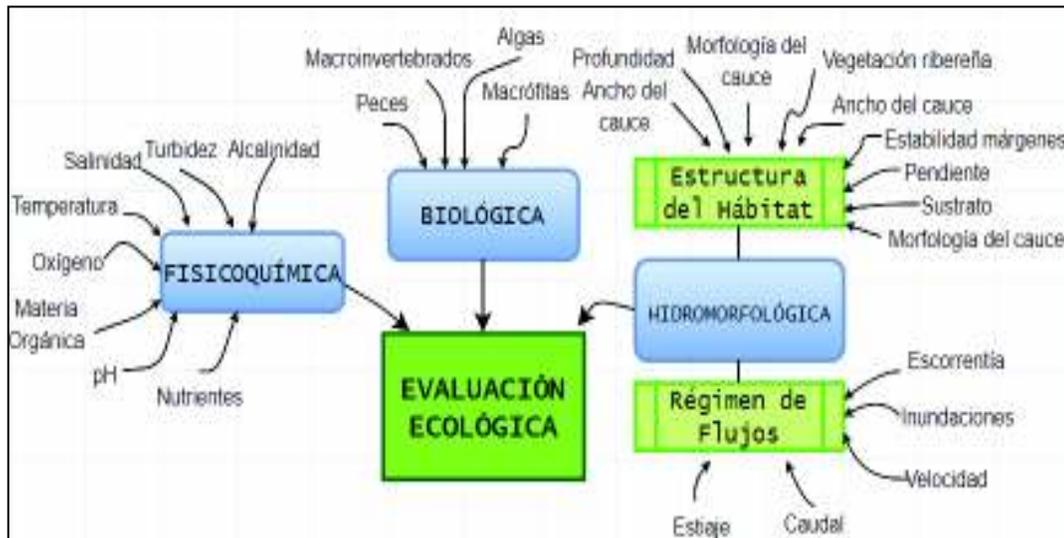
2.3.1. CALIDAD FISICOQUÍMICA

El término calidad del agua, es usado para describir la condición del agua en función de sus características químicas, físicas y biológicas, relacionadas con el uso específico del recurso (Barrenechea, 2005; Diersing, 2009). Generalmente, la determinación de la calidad del agua se la ha realizado mediante la evaluación de

características fisicoquímicas, aunque recientemente se ha incluido a los macroinvertebrados para valorar los ecosistemas acuáticos, generando una relación complementaria entre la biología y la química para la evaluación de aguas naturales y contaminadas (Roldán, 2016).

La caracterización fisicoquímica busca evaluar las condiciones térmicas, de oxigenación, salinidad, contenido de nutrientes y contaminantes específicos según los vertidos en un cuerpo de agua (Cabezas, 2015). Entre las ventajas de los métodos físico-químicos están la determinación precisa de la contaminación y su fácil estandarización, aunque también presentan desventajas como la probable contaminación de muestras, carencia de integración temporal y costos elevados (Roldán, 1999; Soria, 2016).

FIGURA 2.2 VARIABLES QUE INFLUYEN EN LA EVALUACIÓN ECOLÓGICA DEL RÍO



Adaptado de: (Prat et al., 2009)

Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

2.3.2. CALIDAD BIOLÓGICA

El término “calidad biológica” se refiere a la evaluación de la calidad del agua mediante el estudio de la composición y estructura de comunidades de organismos

(Alba-Tercedor, 1996). Este método complementa los análisis físico-químicos ya que con el uso de seres vivos, es posible integrar información de largos periodos de tiempo, al contrario de los métodos físico químicos que proporcionan información más puntual (Zurita, 2016).

2.3.2.1. Índices Biológicos

La calidad del agua se la puede determinar a través de índices biológicos, los cuales evalúan el grado de contaminación de los ecosistemas acuáticos relacionando grupos taxonómicos con su tolerancia a la polución (Arce & Leiva, 2009). Se basan en la presencia o ausencia de organismos bioindicadores sensibles a cambios ambientales y se clasifican en índices de polución, de diversidad, de comparación y bióticos. Los índices de polución toman en cuenta los organismos tolerantes a la contaminación; los de diversidad se fundamentan en el análisis de riqueza, distribución y abundancia de especies; los índices de comparación definen las similitudes entre comunidades en dos lugares y finalmente, los índices bióticos, se basan en los organismos resistentes e intolerantes a la contaminación (Vásconez, 2000).

Los índices biológicos son capaces de evidenciar las condiciones anteriores a la toma de muestras, esto debido a que los contaminantes ocasionan cambios cualitativos y cuantitativos en comunidades del medio acuático, adicionalmente permiten realizar estudios de bioacumulación, biomagnificación o toxicidad aguda (Arce & Leiva, 2009; Soria, 2016). Usualmente se expresan como un valor numérico que combinan la riqueza de taxas, abundancia (índices cuantitativos) y tolerancia a la contaminación (índices cualitativos) (Prat et al., 2009).

2.3.2.2. Bioindicadores

Bioindicador se refiere a un organismo o comunidad de organismos con la capacidad de revelar la presencia de contaminantes o perturbaciones para evaluar la salud de un ecosistema. Proporciona información acerca de las alteraciones al

cambiar su fisiología, química o su comportamiento (Mothersill & Seymour, 2016; Parmar et al., 2016).

El uso de bioindicadores podría llegar a simplificar, pero no reemplazar, las actividades de campo y laboratorio ya que su aplicación consiste en la identificación y cuantificación de organismos basándose en índices de diversidad para calificar la calidad del agua (Vázquez et al., 2006).

Un organismo se considera indicador de calidad si se encuentra de forma invariable dentro de un ecosistema y su población es superior a otros organismos presentes en su hábitat, además es necesario conocer su ciclo de vida, estacionalidad, variaciones naturales y el grado de sensibilidad del mismo ante niveles de contaminación para comparar sus características antes y después de una perturbación ambiental. Entre los organismos que generalmente se usan como bioindicadores de calidad ecosistémica se encuentran las bacterias, algas, macroinvertebrados, peces y plancton (Convenio ANAM-ACP, 2006; Vázquez et al., 2006).

2.3.2.3. Macroinvertebrados como indicadores de calidad del agua

Los macroinvertebrados acuáticos son organismos que se pueden observar a simple vista, con un tamaño mayor a 0.5 mm (Roldán, 2016). Pueden vivir adheridos al sustrato, a plantas acuáticas o troncos (bentos), nadando activamente (necton), sobre la superficie de agua (neuston) o pueden permanecer suspendidos en el agua (plancton) (Arce & Leiva, 2009).

En los ecosistemas acuáticos, los macroinvertebrados desempeñan un papel importante en la transferencia de energía en las redes tróficas, es decir, consumen la materia orgánica producida por organismos fotosintéticos y la originada en el ecosistema terrestre, específicamente el bosque de ribera, y la transfieren a los grandes individuos del ecosistema (Fernández, 2012; Malmqvist, 2002).

Adicionalmente, intervienen en la dinámica de los nutrientes en un ecosistema acuático ya sea léntico o lótico. Estos organismos, al moverse en busca de alimento, oxígeno o protección, remueven los nutrientes contenidos en la materia orgánica que se descompone en el fondo de lagos o ríos; la remoción depende del tamaño de los organismos, de su diversidad, actividad y capacidad de ingresar y moverse en los sedimentos. Los organismos que frecuentemente intervienen en este procesos son oligoquetos, tubificidos, quironómidos y ciertos efemerópteros (Roldán & Ramírez, 2008).

Los macroinvertebrados acuáticos son los organismos más utilizados como indicadores de calidad del agua, ya que pueden evaluar presiones fisicoquímicas e hidromorfológicas como la modificación del caudal y las características del lecho fluvial (Soria, 2016). El uso de macroinvertebrados como bioindicadores se debe a que son notorios a simple vista, su recolección es sencilla y existen técnicas de recolección estandarizadas que no son costosas (Alba-Tercedor, 1996). Estos organismos presentan ventajas y desventajas que se mencionan en la tabla 2.2.

TABLA 2.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE MACROINVERTEBRADOS COMO BIOINDICADORES.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> • Son abundantes y relativamente fáciles de identificar. • Su respuesta es rápida frente a tensiones ambientales. • Sus ciclos de desarrollo son largos por lo cual son capaces de identificar cualquier alteración. • Son sedentarios. 	<ul style="list-style-type: none"> • Para muestreos cuantitativos se necesitan varias réplicas lo cual representa mayor tiempo y costos. • Los análisis pueden dificultarse por la variabilidad estacional. • Se requiere conocimiento de su ciclo de vida.

Fuente: (Roldán, 1999).

Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

La distribución de macroinvertebrados depende de diversos factores tales como:

- Velocidad de la corriente: mientras se incrementa la velocidad de la corriente, la fauna bentónica varía respecto a la encontrada en ambientes con velocidad es menor.
- Tipo de sustrato: los sustratos arenosos poseen baja diversidad, por el contrario, los fondos pedregosos son más ricos en taxas y en abundancia.
- Factores fisicoquímicos: en ambientes contaminados, el oxígeno disuelto puede ser un factor limitante.
- Factores bióticos: como la disponibilidad de alimento que influye en la competencia entre especies (Arce & Leiva, 2009).

En aguas oligotróficas, bien oxigenadas, usualmente se encuentran poblaciones de plecópteros, tricópteros y efemerópteros; y en menor proporción, odonatos, hemípteros, dípteros, neurópteros, ácaros y crustáceos. Por otro lado, en ríos y quebradas que presentan contaminación orgánica, aguas poco oxigenadas y eutrofizadas es posible encontrar comunidades de oligoquetos, quironómidos y algunos moluscos (Roldán, 1999). En general, en las zonas de cabecera se encontrarán taxones que estén adaptados a altas concentraciones de oxígeno, alta velocidad de corriente, sustrato de gran tamaño y bajas temperaturas; en zonas bajas los organismos presentes tendrán adaptaciones a condiciones inversas (Ladrera et al., 2013).

Para evaluar la condición ecológica de un ecosistema acuático, es necesario analizar además las funciones que desempeñan los organismos presentes en él. En la tabla 2.3 se indican los principales grupos funcionales alimenticios que han sido tomados en cuenta en este trabajo.

2.3.3. CALIDAD HIDROMORFOLÓGICA

La calidad hidromorfológica de los ríos contempla el estudio de su régimen hidrológico, como son los caudales e hidrodinámica del flujo de aguas, la continuidad del curso fluvial y las condiciones morfológicas que corresponden a la

estructura y sustrato del cauce y de la zona ribereña (Directiva Marco del Agua, 2013).

TABLA 2.3 PRINCIPALES GRUPOS FUNCIONALES

GRUPO FUNCIONAL	FUENTE DE ALIMENTACIÓN
Trituradores, desmenuzadores o colectores-fragmentadores	Materia orgánica gruesa (tamaño de partícula >1mm)
Detritívoros	Materia orgánica gruesa y microflora del sustrato (esporádicamente macrófitas)
Colectores-raspadores o raspadores	Son herbívoros y consumen perifiton
Colectores-detritívoros o colectores-recolectores	Se alimentan de materia orgánica particulada fina (tamaño de partícula <1mm)
Filtradores o colectores-filtradores	Grupo especial de recolectores que filtran partículas suspendidas en la columna de agua
Predadores	Tejidos de animales, capturan presas vivas

Fuente: (Ambrosio, 2014; González & Fajardo, 2013; Rivera et al., 2013).

Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

FIGURA 2.3 VISTA TRANSVERSAL DE UN RÍO Y SUS COMPONENTES



Fuente: (Arcos, 2005).

El caudal se refiere al volumen de agua que atraviesa una sección determinada de un cauce en un tiempo dado. Además está asociado al transporte de sedimentos

como ramas, hojas, troncos e incluso partes de seres vivos. El régimen hidrológico representa la variabilidad estacional del caudal de un río en particular, por esto existen ríos perennes, que nunca se secan y las fluctuaciones de su caudal son pequeñas a lo largo del año; ríos temporales, que se secan todos los años dependiendo de la estacionalidad en que se encuentren y ríos transitorios, que pueden surgir rápidamente y luego desaparecer por meses hasta incluso años (Elosegi & Sabater, 2009).

La distribución de las épocas lluviosas y secas puede cambiar mucho en función del clima e inducir fenómenos en los ríos que modifican su régimen hidrológico generando caudales extremos, los cuales constituyen el motor de los procesos de cambio en la forma y dimensiones del cauce de tal manera que modela las comunidades que habitan en un río así como su funcionamiento en general (Ballarín & Rodríguez, 2013).

La importancia de la continuidad del curso fluvial radica en el aseguramiento del libre flujo de la biota, aguas y sedimentos respecto al flujo de agua en el eje de su pendiente. Además proporciona información acerca del adecuado funcionamiento e interacción entre las zonas de nacimiento, tramos intermedios, curso bajo y finalmente la desembocadura de un río. Un sistema fluvial “sano”, respecto a la naturalidad de su continuidad, no presenta obstáculos ni barreras transversales, a excepción de las que son propias del ecosistema (cascadas y diques naturales), que generen discontinuidad y por ende una afectación al ecosistema fluvial asociado (Ballarín & Rodríguez, 2013).

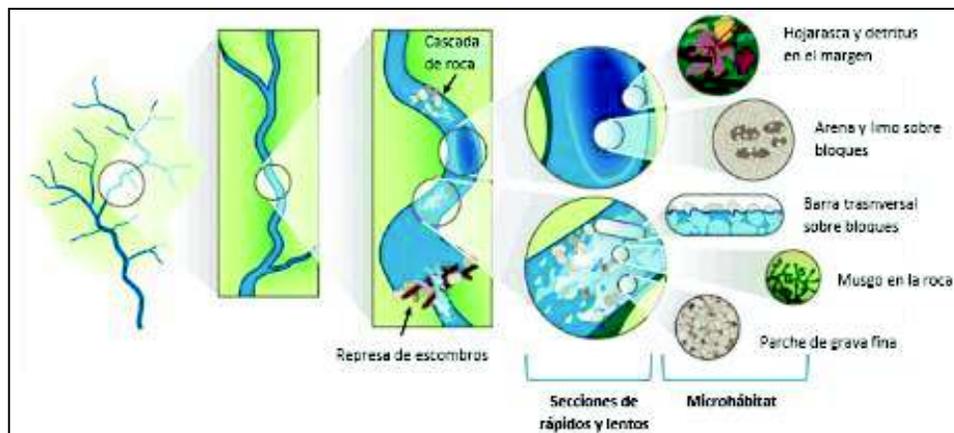
La zona ribereña representa la vegetación natural que se sitúa en los márgenes del río (Ver Figura 2.3). Entre las funciones que destacan su importancia están las raíces ribereñas que se fijan al sustrato para brindar estabilidad a los márgenes del río y prevenir su erosión (Blinn & Kilgore, 2004), proporcionan sombra al cauce, de esta forma evita que las fluctuaciones de temperatura afecten a la vida acuática, proveen refugios y alimento para las comunidades faunísticas presentes y sobretodo actúan como filtros de contaminación, ya que retardan y reducen la

escorrentía superficial cargada preferentemente de contaminación agrícola (Boutin et al., 2003).

El cauce es el lugar por el que circulan, continua o intermitentemente, las aguas de una corriente (Ver Figura 2.3), es producto de la interacción entre las condiciones geomorfológicas del terreno por el que circula, como su litología y pendiente; y de las características que posee el caudal. Está conformado por diversos caracteres, ya sea su sección transversal, sustrato (grava, arena, limo, arcilla o cantos), profundidad, orillas y número de brazos. Cada curso fluvial tiene una forma diferente, puede ser rectilíneo o sinuoso si posee meandros (curvas), simple o en su caso múltiple si posee muchos cauces (Ballarín & Rodríguez, 2013)

En el cauce de un río se forman una diversidad de micro hábitats para distintas especies tanto de flora como de fauna, que son el resultado de las fuerzas físicas que estructuran los sistemas de los ríos (procesos geomorfológicos) (Parsons et al., 2002). Por ejemplo como se observa en la Figura 2.4, en unos lugares hay sombra y en otros sol, unos se caracterizan por tener un sustrato de gravas, otros contienen arena y bloques. En consecuencia, las propiedades ambientales de cualquier hábitat dentro de un sistema de arroyos determinarán los tipos de comunidades de macroinvertebrados que se encuentran allí.

FIGURA 2.4 ORGANIZACIÓN JERÁRQUICA DE UN SISTEMA DE ARROYOS, Y SUS SUBSISTEMAS DE HÁBITAT



Fuente: (Parsons et al., 2002).

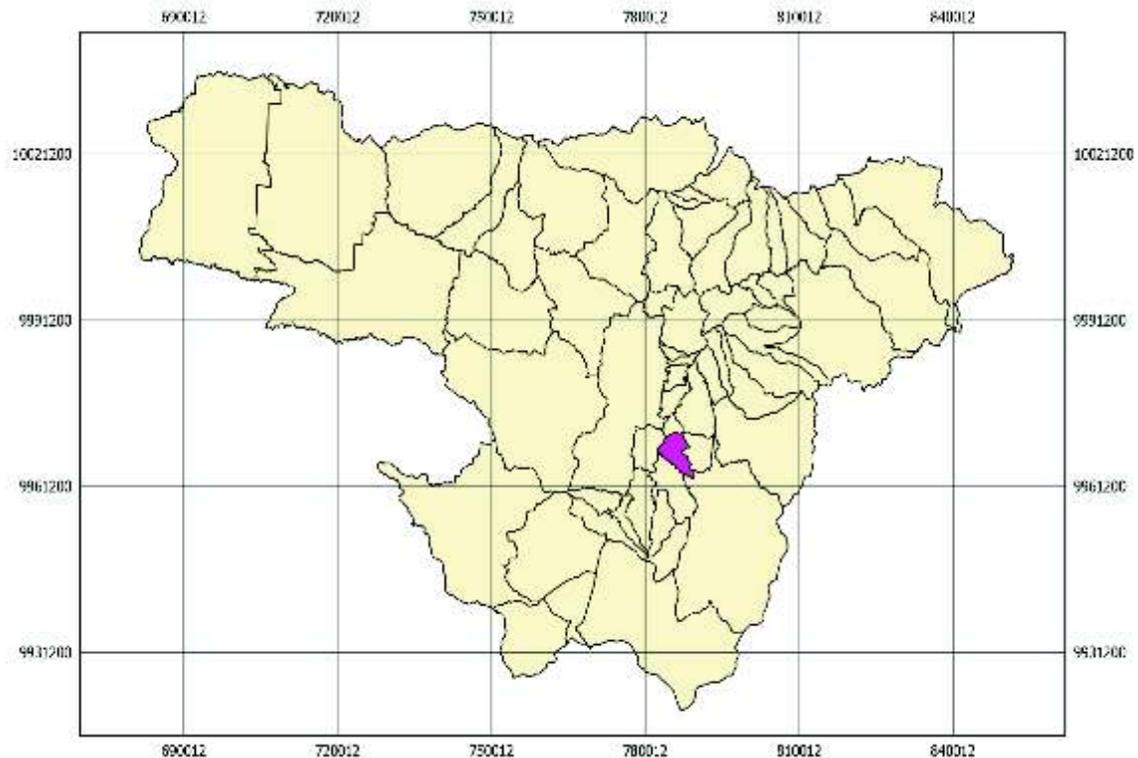
CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA

3.1. DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO

La parroquia Alangasí se encuentra en el Distrito Metropolitano de Quito en la zona del Valle de los Chillos, a 20 km hacia sureste del cantón Quito (Figura 3.1). Tiene una superficie de 44 Km² y se divide en 36 barrios y 3 comunas. Los límites parroquiales se especifican en la Tabla 3.1 (Gobierno Parroquial de Alangasí, 2012).

FIGURA 3.1 UBICACIÓN DE LA PARROQUIA ALANGASÍ EN LA PROVINCIA.



Fuente: Instituto Geográfico Militar.

Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

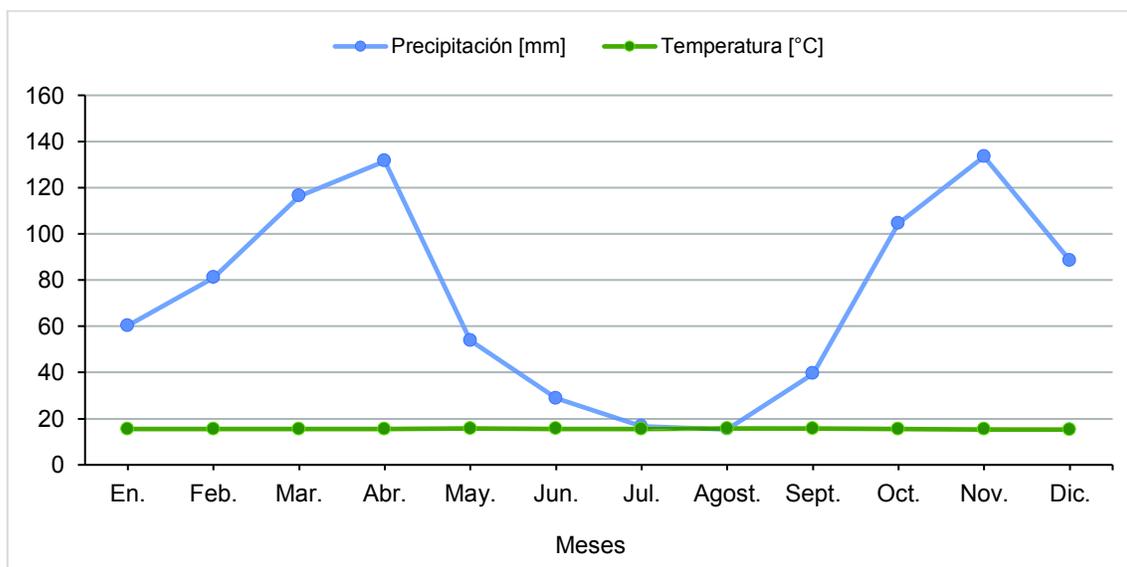
TABLA 3.1 LÍMITES DE LA PARROQUIA ALANGASÍ.

Norte	Parroquias: Guagopolo y Tumbaco
Sur	Parroquia Pintag y Cantón Rumiñahui
Este	Parroquias: La Merced y Pintag
Oeste	Parroquia Conocoto y Cantón Rumiñahui

Fuente: (Gobierno Parroquial de Alangasí, 2012).

Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

El territorio se ubica a 2613 m.s.n.m, la temperatura de la zona varía entre 14,6 °C y 16,7 °C, los niveles de precipitación mensual oscilan entre 134 y 15 mm marcando dos periodos lluviosos en marzo y noviembre. La estación seca es de julio a agosto (ver Figura 3.2) (Gobierno Parroquial de Alangasí, 2012).

FIGURA 3.2 PROMEDIO DE PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA MENSUALES DE 2003 A 2012

Fuente: Anuarios Meteorológicos 2003-2012 (INAMHI).

Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

3.1.1. HIDROLOGÍA

Los principales cuerpos hídricos de la parroquia son los ríos Ushimana, Pita y San Pedro. El río Ushimana cuenta con una superficie de 19.40 km² de cauce principal

y 10.58 km² en importantes quebradas y quebradillas que son drenajes menores. El río proviene de las parroquias de Alangasí y La Merced, a los pies del cerro Ilaló se une con el río San Pedro, finalmente llega a Cumbayá donde desemboca en el río Machángara y este a su vez en la Cuenca 12 (Esmeraldas) (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Alangasí, 2012).

El río Ushimana es alimentado por quebradas, quebradillas y riachuelos. Las principales quebradas son: Q. Huilajueño, Q. Padrehuaycu y Q. Callehuaycu, las cuales están formadas por quebradillas como afluentes que provienen del Este de Alangasí.

3.1.2. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

Según el censo realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC) en el año 2010, Alangasí cuenta con una población de 24 251 habitantes y una densidad poblacional de 831.4 hab/km².

El 55% de la población de la parroquia corresponde a la población económicamente activa (PEA) lo que equivale a 13 213 habitantes. Este porcentaje es alto en comparación con el promedio nacional que alcanza el 43.2% y con el provincial que es de 41.6%. Sólo el 54.8% de la PEA cuenta con una ocupación fija, la mayor parte de la PEA se dedica a actividades de comercio al por mayor y menor, seguido por industrias manufactureras (Tabla 3.2) (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Alangasí, 2012).

Una de las principales actividades productivas de la zona es el turismo ya que la parroquia cuenta con aguas termales, bosques y recursos naturales que contribuyen al desarrollo de esta actividad. En la parroquia además, se realizan actividades agrícolas aunque en menor medida que en años anteriores debido a la escasez de tierra laborable y agua, a pesar de ello, existen espacios destinados a la agricultura y ganadería que en su mayoría son para consumo familiar y local (Cabezas, 2015).

TABLA 3.2 PRINCIPALES ACTIVIDADES ECONÓMICAS

Actividad	Porcentaje de PEA
Comercio al por mayor y menor	16
Industrias manufactureras	14
No declarado	8
Construcción	7
Administración pública y defensa	6
Enseñanza	6
Actividades de los hogares como empleadores	6
Transporte y almacenamiento	5
Actividades profesionales, científicas y técnicas	5
Actividades de alojamiento y servicio de comidas	4
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	3
Otras	20

Fuente: (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Alangasí, 2012).

Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

En la parroquia, la pobreza por Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), abarca un porcentaje de 35%, esto indica que alrededor de un tercio de la población no cuenta con los ingresos suficientes para cubrir sus necesidades (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Alangasí, 2012).

3.1.3. SERVICIOS BÁSICOS

En la Tabla 3.3, se indican los medios por los cuales la población se abastece de agua para su consumo. El 94.74% de las familias de la parroquia, recibe agua a través de red pública, un menor porcentaje (1.99%) se abastece mediante vertientes, acequias o canales lo cual representa un problema para la salud ya que en este tipo de fuente, no existen tratamientos de desinfección del agua.

TABLA 3.3 MÉTODOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

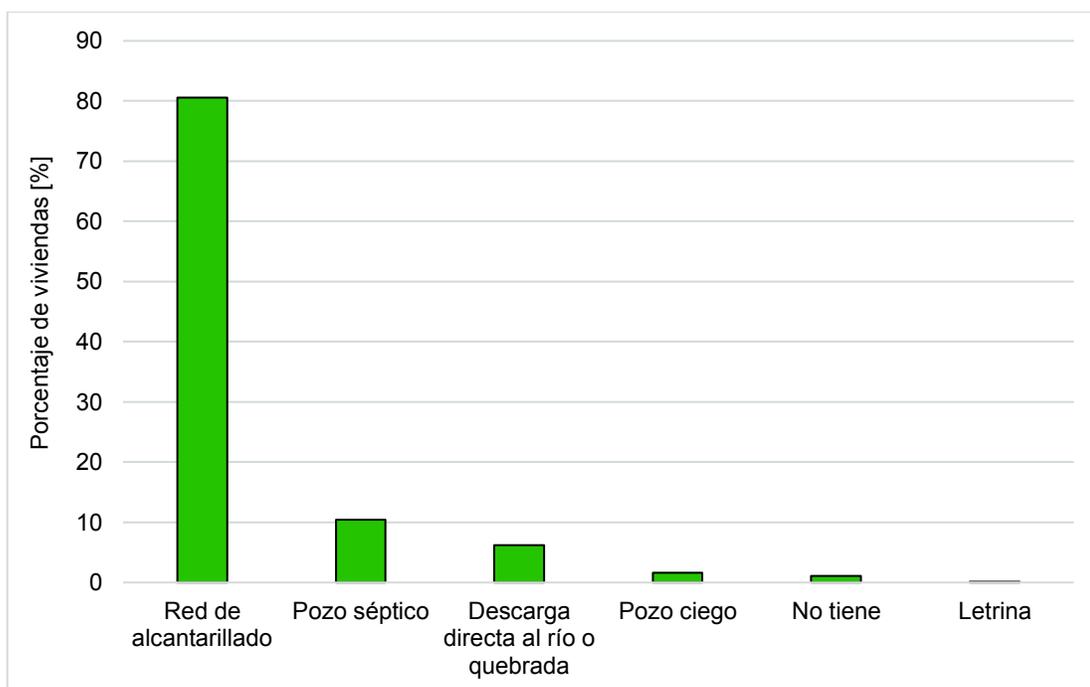
Procedencia del agua de consumo	Porcentaje de viviendas
De red pública	94.74
De pozo	2.36
De río, vertiente, acequia o canal	1.99
De carro repartidor	0.11
Otro (Agua lluvia/albarrada)	0.90

Fuente: (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Alangasí, 2012).

Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

En la parroquia existe un sistema de alcantarillado que cubre el 80,58% de las viviendas, las familias que no cuentan con el servicio usan diversos medios para la eliminación de excretas los cuales se indican en el Gráfico 3.1. A pesar de que existe un sistema de alcantarillado con una amplia cobertura, este no cuenta con un sistema de tratamiento es decir se descarga directamente al río Ushimana. Además un 6.16%, descarga los efluentes de manera directa por tuberías situadas sobre los cuerpos de agua (ver Anexo 1).

GRÁFICO 3.1 MEDIOS PARA ELIMINACIÓN DE EXCRETAS



Fuente: (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Alangasí, 2012).

Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

Para la eliminación de basura, en la parroquia existe un carro recolector que cubre el 95.39% de viviendas, la población restante recurre a incinerar, amontonar o enterrar los desperdicios (Tabla 3.4).

TABLA 3.4 FORMAS DE ELIMINACIÓN DE BASURA EN LA PARROQUIA.

Eliminación de basura	Porcentaje de viviendas
Recolección por carro	95.39
Quema	2.82
Entierra	0.62
Otros	0.6
En terrenos baldíos o quebradas	0.51
En río, acequia o canal	0.05

Fuente: (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Alangasí, 2012).

Elaborado por: Romero N., Zúñiga K

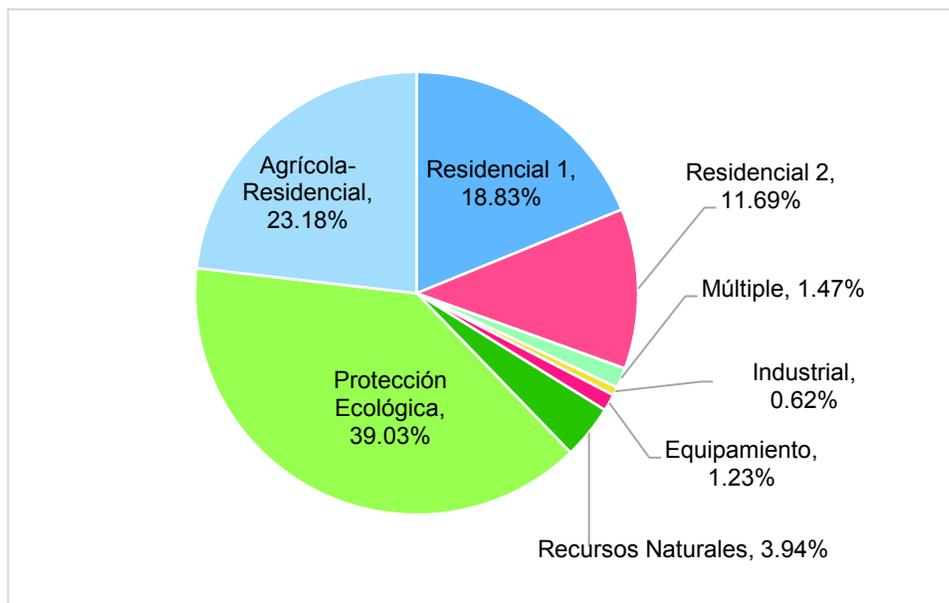
La cobertura de saneamiento completo llega solamente al 66,9% de las viviendas; esto acarrea problemas de salud ya que el resto de las viviendas se ve en la necesidad de buscar otros medios para la obtención de agua o la eliminación de excretas y desechos que a su vez representa un problema de contaminación para los cuerpos hídricos.

3.1.4. USO DE SUELO

Según el Plan de Uso y Ocupación del Suelo del Concejo Metropolitano de Quito, (2002), la parroquia cuenta con los siguientes usos del suelo cuyos porcentajes se indican en el Gráfico 3.2:

- Residencial: suelo destinado exclusivamente a la vivienda o combinado con otros usos de suelo compatibles. Se divide en: *Residencial 1*: de baja densidad, *Residencial 2*: de mediana densidad y *Residencial 3*: de alta densidad.
- Múltiple: áreas céntricas en las que pueden coexistir residencia, comercio, industrias, artesanías y establecimientos compatibles.
- Industrial: suelo destinado para la elaboración, transformación, tratamiento y manipulación de materia primas para la producción de bienes materiales.
- Equipamiento: área destinada a actividades para satisfacer necesidades recreativas, educativas, de transporte y de salud las cuales pueden ser de tipo público o privado.
- Protección Ecológica: zonas enfocadas al mantenimiento de ecosistemas no alterados de manera significativa por actividades humanas y debido a cuestiones de equilibrio ecológico y calidad ambiental deben ser conservadas.
- Recursos Naturales: suelo para el manejo, extracción y transformación de recursos naturales que pueden ser renovables o no renovables.
- Agrícola Residencial: áreas agrícolas con desarrollo de asentamientos rurales de baja densidad.

GRÁFICO 3.2 USO DE SUELO EN LA PARROQUIA ALANGASÍ, AÑO 2010



Fuente: (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Alangasí, 2012).

Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

3.1.5. COBERTURA VEGETAL

En la parroquia se puede diferenciar variada cobertura vegetal como se indica en la Tabla 3.5.

El área correspondiente a pastos se ubica en zonas en la parte media y baja del Cerro Ilaló, especialmente en la parte alta de Santa Rita, Hacienda La Merced y la parte baja de La Alcantarilla.

La zona de cultivos se encuentra mayormente en la parte alta del Cerro Ilaló, específicamente en los barrios La Alcantarilla, Huangal Alto y La Comuna San Francisco de Baños. Las principales plantaciones que se desarrollan en la zona incluyen maíz, papas, fréjol, aguacate, cítricos y guabas (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Alangasí, 2012).

TABLA 3.5 COBERTURA VEGETAL DE LA PARROQUIA ALANGASÍ, AÑO 2010

Cobertura Vegetal	Área (%)
Vegetación arbustiva húmeda	23
Vegetación arbustiva seca	40
Pastos	17
Bosques plantados	10
Cultivos	5
Infraestructura	5

Fuente: (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Alangasí, 2012).

Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

3.2. ESTADO DEL RÍO USHIMANA

El río Ushimana tiene aproximadamente 12.02 km de longitud en su cauce principal convirtiéndose en el principal cuerpo de agua de la parroquia Alangasí (Cabezas, 2015).

La principal problemática del cuerpo hídrico es la alta carga contaminante ya que no existe el debido control de efluentes de aguas residuales domésticas e industriales que son descargados directamente en el río Ushimana y en las quebradas Callehuaycu Huilajueño, Padrehuaycu y La Compañía. Debido a los altos niveles de contaminación, el agua del río no es apta para su uso en recreación y consumo humano (Gobierno Parroquial de Alangasí, 2012).

3.2.1. PRINCIPALES FUENTES DE CONTAMINACIÓN

El crecimiento poblacional sumado al uso indiscriminado de agroquímicos, fertilizantes y la inadecuada disposición de desechos, han provocado una considerable degradación y contaminación de las fuentes hídricas poniendo en riesgo la provisión actual y futura de agua (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Alangasí, 2012). En la mayoría de los sitios, las aguas servidas, residuos industriales y agropecuarios, son descargados al río sin ningún tratamiento previo, generando diversos niveles de contaminación (Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales & Secretaría de Ambiente-DMQ, 2010).

En la Tabla 3.6 se especifican los principales factores que inciden de manera negativa sobre el río Ushimana.

TABLA 3.6 FACTORES DE INFLUENCIA SOBRE EL RÍO USHIMANA

Sector	Factores de influencia
El Tingo	Aguas termales y descargas de aguas residuales
Angamarca	Descarga de aguas residuales
Ushimana	Aguas termales (agua subterránea mineral) y descargas de aguas residuales
Mira Sierra	Piscina pública de agua termal (agua subterránea termal) y descargas de aguas residuales
Av. Ilaló	Uso de agroquímicos, pesticidas, derrame de aceites y aguas con detergentes y descargas de aguas residuales
San Carlos	Industrias, textiles y descargas de aguas residuales
El Tingo y San Carlos	Desposte artesanal y descargadas de aguas residuales

Fuente: (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Alangasí, 2012).

Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

En la zona, debido a la deficiente gestión ambiental y sanitaria, existen tuberías que descargan aguas residuales directamente al río. Adicionalmente, existe acumulación de basura y excrementos de animales que se encuentran en las zonas aledañas. En la tabla 3.7, se detallan el tipo de descargas según el cuerpo hídrico afectado.

TABLA 3.7 CUERPOS HÍDRICOS AFECTADOS EN LA ZONA

CUERPO HÍDRICO	SECTOR	PRINCIPALES DESCARGAS
Quebrada Huilajueño	Cabecera Parroquial, Guairaloma	Descargas domésticas e industriales
Río Ushimana	San Vicente de Paúl, Fuentes Cristalinas, Guairaloma, Carlos María de la Torre, San Carlos, El Tingo	Descargas domésticas, industriales y lixiviados con fertilizantes y pesticidas
Quebrada s/n afluente del río Ushimana	El Rocío, La Ferrara, Cabecera Parroquial, San Vicente de Paúl, La Concepción, La Unión	
Quebrada Padrehuaycu	Mirador del colegio, Chinchiloma, Urbanización Rincón Alemán, Ushimana	Descargas domésticas y lixiviados con fertilizantes y pesticidas
Quebrada Hilahucho	Jerusalén	Descargas domésticas
Quebrada Mama Tena	Paraíso del Ilaló	Lixiviados con fertilizantes y pesticidas
Quebrada Urcuaycu	Paraíso del Ilaló	
Quebrada Callehuaycu	Tejarloma, San Juan Loma, Angamarca A	Descargas domésticas
Quebrada Angamarca	Angamarca A, Angamarca B	
Quebrada Millicuchi	Angamarca A, Angamarca B	
Quebrada el Piñán	San Pedro del Tingo	Descargas industriales

Fuente: (Cabezas, 2015; Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Alangasí, 2012).

Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

3.3. METODOLOGÍA DE MUESTREO

3.3.1. TEMPORALIDAD DEL ESTUDIO Y SELECCIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO

Los puntos de muestreo se seleccionaron de acuerdo a un análisis previo realizado por Cabezas (2015) en el mismo lugar de estudio. De acuerdo a dicho análisis la zona de mayor influencia sobre el río Ushimana abarca un área de 28.92 km² y una longitud de 9.78 km, ubicados en la parte central y sudeste de la parroquia. Engloba 22 barrios que se distribuyen a lo largo del cuerpo principal del río así como también en sus principales tributarios, los cuales ejercen las más importantes presiones antrópicas sobre el curso fluvial. De ahí que Cabezas (2015) determinó tres puntos de muestreo en el cuerpo principal del río y cuatro puntos estratégicamente ubicados a lo largo de las quebradas principales, ya que son estas las que acarrear los desfogues de contaminación de los barrios que no se ubican cerca a las laderas (Figura 3.3). Con lo mencionado, además, de un visita previa al lugar, para determinar su estado actual, rutas de acceso y permisos de ingreso (en caso de que el punto este dentro de propiedad privada), se eligieron los puntos que se señalan en la Tabla 3.8.

TABLA 3.8 COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

CÓDIGO	NOMBRE	X	Y	ALTITUD m.s.n.m
AA	Mama Tena	787621	9968300	2584
A	Tejarloma	788083	9966656	2518
B	Carrizos	786312	9966810	2485
C	Mecánica	786044	9966413	2470
D	Angamarca	785945	9967225	2469
E	San Carlos	785405	9967433	2458
F	Hornados	785282	9967693	2454
G	El Tingo	784953	9968009	2448

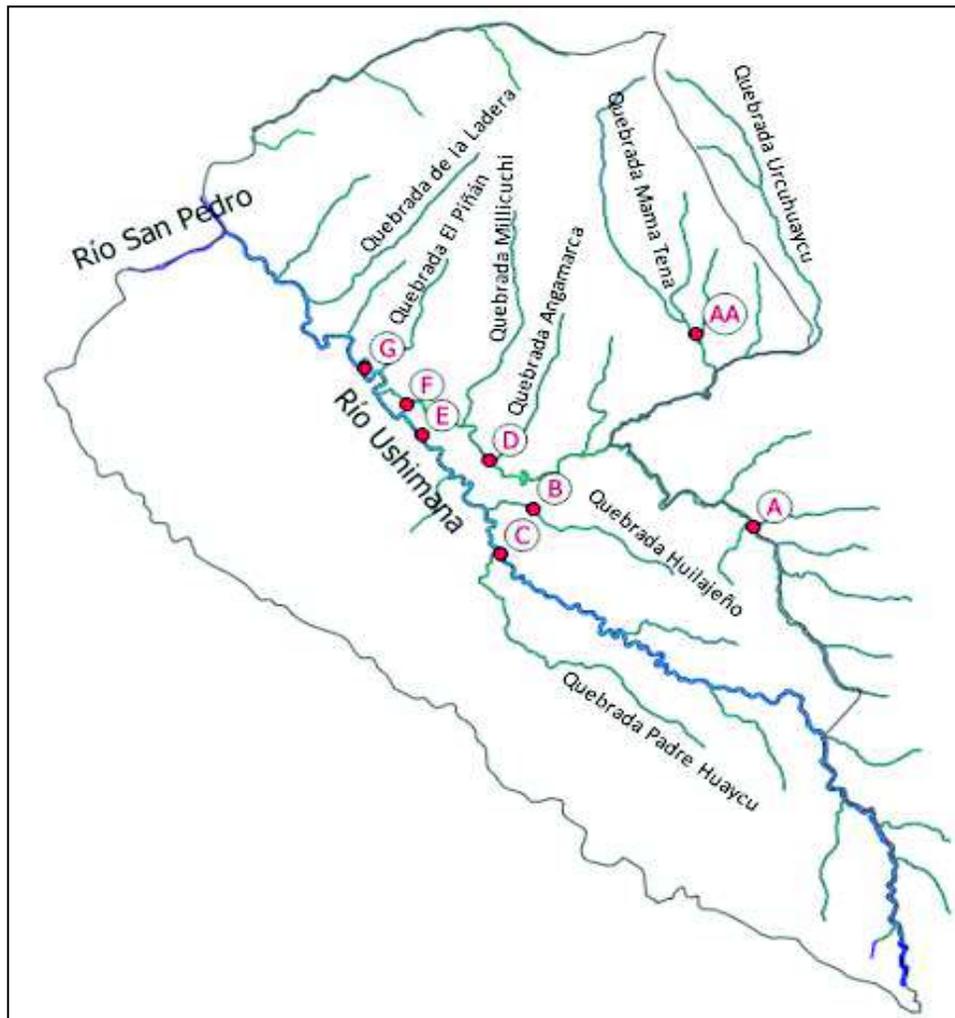
Fuente: Trabajo de campo.

Elaborado por: Romero N., Zúñiga K

Con el fin de cubrir un completo periodo hidroclicmático de la microcuenca del río Ushimana se realizaron dos campañas de muestreo: la primera durante los meses de enero y febrero de 2017, época de transición entre invierno-verano y la segunda campaña en abril de 2017, época lluviosa.

Es importante añadir que se incluye una muestra de mayo de 2017, que corresponde a un punto aguas arriba (AA) del río, con un nivel mínimo de intervención antropogénica. Con esto se pretende tener un sitio de referencia para enfatizar el contraste entre un ecosistema relativamente conservado y uno degradado dentro de un mismo sistema fluvial.

FIGURA 3.3 UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO



Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

3.3.2. DESCRIPCIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

3.3.2.1. AA – Mama Tena

Este punto se localiza dentro de la Comuna Alangasí, 1 km aguas arriba del puente que cruza la Quebrada Mama Tena. El sitio de muestreo no presenta descargas residuales directas o acumulación de basuras en las riberas, a simple vista se supone no intervenido. En los alrededores existe no sólo la presencia de escasas viviendas con caminos de tierra y cultivos familiares, sino también bosques y terrenos de vegetación autóctonos. La Quebrada Mama Tena baja desde el cerro llaló, lugar considerado como uso de suelo para protección ecológica y de recursos naturales.

FOTOGRAFÍA 3.1 PUNTO AA (MAMA TENA)



Fuente: Trabajo de campo.

3.3.2.2. A - Tejarloma

Este punto se ubica en el barrio Tejarloma, a 50 m del puente que da paso a la parroquia la Merced, junto a la Iglesia Schoenstatt Santuario. Las aguas que llegan a este sitio provienen de pequeñas quebradas que bajan desde la Merced hacia la quebrada Callehuaycu, lugar en el que se encuentra la estación de muestreo. Aunque el pastoreo de animales se realiza en un tramo extenso en un lado de la ribera, en ambos lados predominan las casas residenciales, que siguen en continua

expansión. Se debe mencionar además, que el ingreso de maquinaria pesada sobre las riberas ha ocasionado deslizamientos de tierra.

FOTOGRAFÍA 3.2 PUNTO A (TEJARLOMA)



Fuente: Trabajo de campo.

3.3.2.3. B – Elaboración de canastas de carrizo

Se encuentra en la quebrada Huilajueño a 0.4 km de distancia del cuerpo principal del río por el flanco derecho. Para llegar, es necesario cruzar por un pequeño pasaje de tierra hacia la propiedad del Sr. Segundo Genaro Quisaguano, quien se dedica a la elaboración de canastas de carrizo.

FOTOGRAFÍA 3.3 PUNTO B (CANASTAS DE CARRIZO)



Fuente: Trabajo de campo.

El cauce de este punto es pequeño, y se expande en cierta cantidad aguas arriba, hasta que una mezcla de tierra, troncos y basura lo bloquea transversalmente. Alrededor se presenta actividad agrícola aislada a lo largo de la ribera. Cabe señalar que este sitio recibe descargas residuales, tanto de las residencias como de los establecimientos ubicados a lo largo de este tramo en la Av. Ilaló y de la cabecera parroquial.

3.3.2.4. C – Mecánica

El punto C se sitúa en el cauce principal del río Ushimana. Está caracterizado por una intensa ocupación residencial de las riberas con descargas directas al río, que han ocasionado se forme un fango espeso en las orillas del mismo. Para llegar a este punto se ingresa por la calle Ushimana, a mano derecha de la Av. Ilaló, hasta llegar al puente vial que da paso al balneario Fuentes Cristalinas. Dista 6.5 Km aproximadamente desde el nacimiento del río Ushimana y cruza por barrios que se dedican al pequeño comercio y aportan desfuegos de contaminación a siete quebradillas que terminan en el cauce principal.

FOTOGRAFÍA 3.4 PUNTO C (MECÁNICA)



Fuente: Trabajo de campo.

3.3.2.5. D - Angamarca

Este punto se ubica en el barrio Angamarca A, junto a la Av. Ilaló, bajo el puente vial de la calle Paulino Iza. Recibe los aportes de las quebradas Callehuaycu, Millicuchi y Angamarca. Por consiguiente, la quebrada Callehuaycu es la más afectada al recibir vertidos directos de descargas domésticas todo el tiempo. La zona alrededor del punto es residencial, y se dedica principalmente a la agricultura familiar.

FOTOGRAFÍA 3.5 PUNTO D (ANGAMARCA)



Fuente: Trabajo de campo.

3.3.2.6. E – San Carlos

Se localiza en un sector de pequeños comercios y viviendas, debajo del puente del barrio San Carlos. Su ingreso es a través de la vivienda del Sr. Omar López. El cuerpo de agua en este punto, se caracteriza por tener rocas grandes con fuertes rápidos, a pesar que aguas arriba del puente no se visualizan descargas directas dentro del tramo seleccionado, aguas abajo de este existe una gran descarga proveniente de los pequeños comercios (cabinas, internet, tiendas) y sobretodo casas que se ubican en la zona, en sí es un sitio densamente poblado y se considera con un uso de suelo residencial.

FOTOGRAFÍA 3.6 PUNTO E (SAN CARLOS)

Fuente: Trabajo de campo

3.3.2.7. F – Hornados

Este punto se encuentra a 1.12 km del cauce principal. El ingreso es a través del establecimiento Hornados Doña Rosa, situado en la Av. Ilaló. Recibe el arrastre de aguas provenientes de la Quebrada Millicuchi, que nace desde el cerro Ilaló y cruza por zonas que se dedican a la agricultura en pequeña escala. De la misma forma acarrea aguas desde las quebradas principales Callehuaycu y Angamarca, atravesando zonas urbanas en las que parte de las descargas domésticas llegan directamente al río. Por tal motivo es considerado como zona agrícola residencial comercial.

FOTOGRAFÍA 3.7 PUNTO F (HORNADOS)

Fuente: Trabajo de campo.

3.3.2.8. G – El Tingo

El punto se ubica en el parque recreacional de El Tingo, atrás de la plaza de comidas, cerca del balneario del mismo nombre, en la Av. Ilaló. En este punto confluyen todos los desfuegos de contaminación que llegan de las quebradas principales como se observa en la Figura 3.3.

FOTOGRAFÍA 3.8 PUNTO G (EL TINGO)



Fuente: Trabajo de campo.

La quebrada Callehuaycu, contiene el aporte de aguas provenientes de 3 sitios: (1) la quebrada Mama Tena y quebrada Urcuhuaycu, que bajan desde el cerro Ilaló, considerado de protección ecológica, (2) las aguas provenientes del barrio Tejarloma y San Juan Loma, lugares de nacimiento de esta quebrada y (3) las aguas que acarrea desde las quebradas Millichuchi y Angamarca. Además la quebrada El Piñán que se une directamente al cuerpo principal del río desde la zona de protección ecológica del Ilaló. En consecuencia se determina que el mayor aporte hacia este punto proviene de los poblados localizados al noroeste de la parroquia y que en sí engloban un uso variable del suelo: cultivos familiares, casas residenciales, industrias, balnearios y en su mayoría locales comerciales (Cabezas, 2015). Es considerado industrial pues todas las descargas residuales de industrias que se asientan en la parroquia llegan a este sitio.

3.3.3. PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS

La evaluación fisicoquímica del agua se realiza mediante toma de muestras en los puntos definidos tanto en el cauce principal como en los afluentes. Se toman muestras simples de 2 litros en 3 secciones del río: margen izquierdo, centro y margen derecho, esto con la finalidad de realizar análisis de nutrientes y contenido de sólidos en el Laboratorio Docente de Ingeniería Ambiental (LDIA). Adicionalmente, se toma una muestra compuesta por punto para realizar análisis de DQO, y, en una funda estéril se toma una muestra para la determinación de coliformes fecales. La toma de muestras se la realiza siguiendo un protocolo basado en el Manual para muestro de aguas y sedimentos de la Dirección de Medio Ambiente, DMQ, (1998) y las consideraciones mostrada en la Tabla 3.9.

TABLA 3.9 DURACIÓN Y PRESERVACIÓN DE MUESTRAS

Parámetro	Tipo de envase	Preservación	Tiempo máximo de almacenamiento
Coliformes fecales	funda o envase plástico estériles	a 4 °C	8 h
DQO	plástico o vidrio		7 días
Fosfatos			48 h
Nitratos			24 h
Nitrógeno amoniacal			28 días
Sólidos disueltos			24 h
Sólidos suspendidos			48 h
Sólidos totales			24 h

Fuente: (American Public Health Association et al., 1999).

Elaborado por: Romero N. y Zúñiga K.

Mediante el uso de un equipo multiparámetro OAKTON (modelo 650), en campo se determinan los siguientes parámetros: oxígeno disuelto, temperatura, resistividad, conductividad, sólidos disueltos totales y cloruro de sodio (NaCl), cuyos valores son registrados en una hoja de campo (Anexo 2). Los parámetros fisicoquímicos obtenidos tanto en campo como en laboratorio se especifican en el anexo 6 para el primer y segundo muestreo.

Los análisis de laboratorio se realizan siguiendo los procedimientos indicados en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater y los establecidos en los procedimientos HACH, según lo indicado en la Tabla 3.10.

TABLA 3.10 MÉTODOS USADOS EN LABORATORIO

Parámetro	Método
DQO	5220 D
Nitratos	4500 NO ₃ -E
Fosfatos	4500 P-E
Nitrógeno amoniacal	4500 NH ₃ -B
Coliformes fecales	9222 C
Sólidos totales	2540 B
Sólidos disueltos	2540 C
Sólidos suspendidos	2540 D

Fuente: (American Public Health Association et al.1999).

Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

3.3.3.1. Cálculo del Índice de Calidad del Agua

Una vez realizados los análisis en laboratorio, se calcula el Índice de Calidad del Agua (ICA). En este estudio, el cálculo se lo realiza considerando los siguientes parámetros:

- pH
- Turbidez
- Sólidos suspendidos
- Sólidos disueltos
- Conductividad eléctrica
- Nitratos
- Nitrógeno amoniacal
- Fosfatos
- Oxígeno disuelto
- Coliformes fecales

En base a los resultados obtenidos en laboratorio y registrados en campo, se aplican las ecuaciones detalladas en el Anexo 3 según las condiciones especificadas por parámetro. Finalmente se aplica la ecuación 3.1 indicada a continuación:

$$ICA = \frac{\sum_{i=1}^n I_i W_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (3.1)$$

Donde:

ICA: Índice de Calidad del Agua global.

I_i : Índice de calidad para el parámetro i .

W_i : Coeficiente de ponderación del parámetro i .

n : Número total de parámetros.

El coeficiente de ponderación se refiere a una calificación para cada parámetro según su influencia en el grado de contaminación (Tabla 3.11).

TABLA 3.11 COEFICIENTE DE PONDERACIÓN POR PARÁMETRO

Parámetro	W_i	Parámetro	W_i
pH	1.0	Nitratos	2.0
Turbidez	0.5	Nitrógeno amoniacal	2.0
Sólidos Suspendidos	1.0	Fosfatos	2.0
Sólidos Disueltos	0.5	Oxígeno Disuelto	5.0
Conductividad Eléctrica	2.0	Coliformes fecales	4.0

Fuente:(SEMARNAT, 2010).

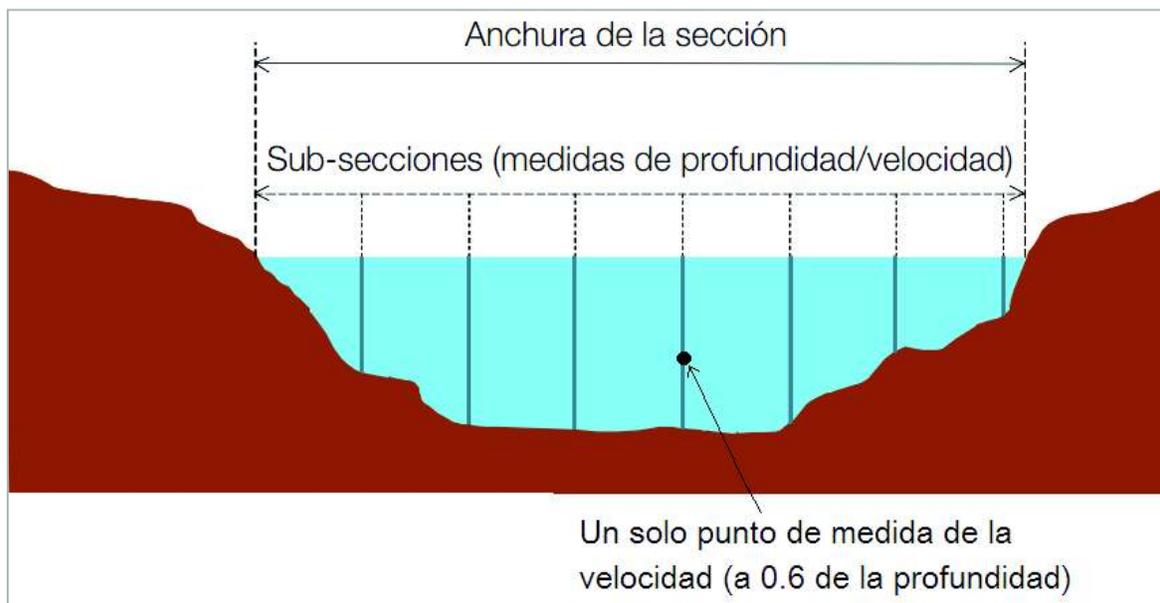
Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

3.3.4. AFORO DE CAUDAL

Complementariamente, se realiza la medición de profundidad y velocidad de la corriente del río en cada punto de muestreo utilizando un micromolinete C2 OTT

con un contador digital OTT Z400 que registra de manera automática el número de revoluciones.

FIGURA 3.4 ESQUEMA DE LA SECCIÓN DEL RÍO CON SUB-SECCIONES PARA MEDIDA DE VELOCIDAD



Adaptado de: (Agència Catalana de l'Aigua, 2006)

Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

Para la medición de velocidades, en un tramo uniforme y estable se marca el área transversal midiendo el ancho y calado en cada sección. La velocidad media se determina a 0,6 de cada uno de los calados (desde la superficie libre) ya que las profundidades del cauce son menores a 0.75 m (Figura 3.4) (FAO, s. f.). La hélice del micromolinete se la debe ubicar en sentido contrario a la corriente del río.

El número de revoluciones (N), determinado por el contador digital, se lo divide para 30 segundos para obtener el valor de revoluciones/segundo (n). El valor de n se reemplaza en la ecuación que corresponda (Ecuaciones 3.2 a 3.10) según el número de hélice que se utiliza y según el rango en el que este valor se encuentre.

Hélice 1

$$n \leq 2.08 \quad v = 0.0618 * n + 0.016 \quad [m/s] \quad (3.2)$$

$$2.08 \leq n \leq 6.25 \quad v = 0.0565 * n + 0.027 \quad [m/s] \quad (3.3)$$

$$6.25 \leq n \leq 17.92 \quad v = 0.0533 * n + 0.047 \quad [m/s] \quad (3.4)$$

Hélice 3

$$n \leq 0.63 \quad v = 0.2279 * n + 0.022 \quad [m/s] \quad (3.5)$$

$$0.63 \leq n \leq 9.80 \quad v = 0.2550 * n + 0.005 \quad [m/s] \quad (3.6)$$

Hélice 5

$$n \leq 7.73 \quad v = 0.0559 * n + 0.033 \quad [m/s] \quad (3.7)$$

$$7.73 \leq n \leq 17.73 \quad v = 0.0537 * n + 0.050 \quad [m/s] \quad (3.8)$$

Hélice 6

$$n \leq 1.41 \quad v = 0.0962 * n + 0.033 \quad [m/s] \quad (3.9)$$

$$1.41 \leq n \leq 19.11 \quad v = 0.1033 * n + 0.023 \quad [m/s] \quad (3.10)$$

El cálculo del caudal parcial (q_i) se lo realiza multiplicando el área de cada subsección por la velocidad media correspondiente. El caudal total (Q) se lo obtiene mediante la sumatoria de los caudales parciales (Ecuaciones 3.11 y 3.12).

$$q_i = a_i * v_i \quad (3.11)$$

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i \quad [m^3/s] \quad (3.12)$$

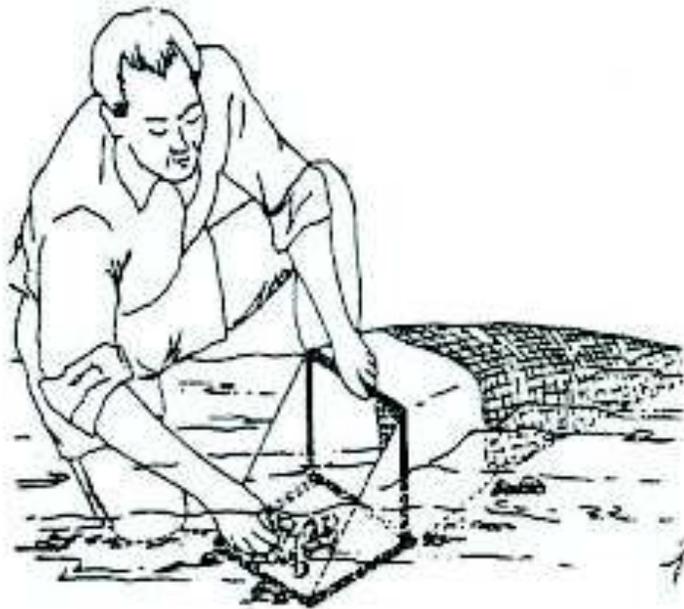
3.3.5. MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS

Los macroinvertebrados se recolectan con la Autorización de Investigación Científica N° 001-017 IC-FAU-DNB/MA, usando una red Surber de 0.33 m x 0.33 m de área colectora y 250 μ m de abertura de malla. Por cada estación se toma una muestra compuesta de nueve submuestras que en conjunto suman 1 m² de área

total (Moya et al., 2011), en un transecto de 50 - 75 m, en el cual, previamente, se han identificado todos los hábitats y microhábitats que pueden refugiar organismos.

El muestreo consiste en colocar la red en el fondo del agua en contra corriente, mientras que dentro de su marco se lavan los elementos de heterogeneidad (troncos, piedras, hojarasca) y se remueve el sustrato en una profundidad de 5 cm (Ver Figura 3.5). De esta forma se asegura que los individuos sean extraídos y queden atrapados en la malla. Las muestras recolectadas se colocan en una funda ziplock con alcohol al 99.5%, para su preservación. En el Anexo 4 se detalla el proceso aplicado para la recolección de los macroinvertebrados acuáticos.

FIGURA 3.5 RECOLECCIÓN DE MACROINVERTEBRADOS CON RED SURBER



Fuente: (Roldán, 2003).

En el laboratorio se separa, identifica con el uso de un estereoscopio y contabiliza los macroinvertebrados bentónicos recolectados. La identificación se realiza en base a la bibliografía especializada y la metodología de observación adecuada para cada grupo de acuerdo a las guías de Domínguez & Fernández (2009); Prat (2012)

y Roldán (1989). La menor resolución taxonómica que se presenta es a nivel de familia, a excepción de Chironomidae, que se identifica hasta el nivel de subfamilia.

3.3.5.1. Índices Biológicos

Los índices bióticos expresan en un sólo valor numérico las características de todas las especies presentes en un sitio de acuerdo a su tolerancia/intolerancia a la contaminación (Prat et al., 2009) de los cuales se aplica los siguientes:

- *Biological Monitoring Working Party (BMWP)*

El índice BMWP se desarrolló para los ríos de Europa y su aplicación se adaptó a varios países en todo el mundo como Inglaterra, Colombia, Chile y para la Península Ibérica (Roldán, 2016).

En el presente estudio se escoge la adaptación realizada por Roldán (2003) para los ríos de Colombia, debido a las características biológicas similares que comparte con Ecuador por encontrarse en regiones concordantes. Para su aplicación es necesario llegar a nivel de familia y en base al Anexo 5 se le asigna el valor correspondiente al organismo en función de su tolerancia. Por ejemplo aquellas familias que son extremadamente sensibles a la contaminación tienen un valor de 10, en cambio las familias más resistentes se les califica con 1. Por lo que cuanto mayor es su tolerancia a la contaminación, menor es la puntuación BMWP (Varnosfaderany et al., 2010). Al final se suma el valor de cada familia y se determina su resultado de acuerdo con la Tabla 3.12.

- *Andean Biological Party*

El índice ABI es una adaptación del BMWP-R para ríos altoandinos (> 2000 m.s.n.m.) (Acosta et al., 2009) de Ecuador y Perú. Su forma de aplicación es la misma: asignación de diferentes puntajes a las familias de macroinvertebrados (Ver

Anexo 5) en un sitio para obtener un único valor final que represente la calidad del ecosistema de acuerdo a la Tabla 3.12.

TABLA 3.12 NIVELES DE TOLERANCIA BMWP Y ABI

Calidad	BMWP/Col	ABI	Significado	Color
Buena	100	96	Aguas muy limpias a limpias	Azul
Aceptable	61-100	56-96	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
Dudosa	36-60	35-58	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
Crítica	16-35	14-34	Aguas muy contaminadas	Naranja
Muy Crítica	16	14	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Fuente: (Acosta et al., 2009; Roldán, 2003).

Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

También se calcula el ASPT (Average Score Per Taxon) y AASTP (Andean Average Score Per Taxon) para el BMWP y ABI respectivamente; dividiendo el valor final del índice por el número de familias encontradas, lo que representa el valor medio de tolerancia de la comunidad.

3.3.5.2. Índices de Diversidad

La diversidad alfa evalúa la relación de la riqueza y abundancia de especies dentro de una comunidad, para determinarla se obtienen los índices de diversidad en el programa estadístico *Past*. Los conceptos y fórmulas en los cuales se basan estos índices se detallan en la Tabla 3.13.

TABLA 3.13 ÍNDICES DE DIVERSIDAD

ÍNDICES	FÓRMULA	INTERPRETACIÓN
Fisher Alpha	$\alpha = \frac{N(1 - x)}{x}$	Mide la riqueza específica a través de predecir en números, los organismos que presenta cada especie en la muestra y sumando los individuos de todas las especies, como una función del tamaño total de la muestra.
Shannon	$H' = \sum_{i=1}^S \left(\frac{ni}{N}\right) \ln\left(\frac{ni}{N}\right)$	Representa el promedio de incertidumbre en predecir, en una muestra, a qué especie pertenecería un individuo que se escoge aleatoriamente. Toma valores que por lo general varían entre 1 y 4.5. Un valor de 3 podría considerarse “diverso”
Pieolu	$J' = \frac{H'}{\ln(S)}$	Determina la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Es decir indica la uniformidad o equitatividad de la abundancia de distintas especies que habitan un sitio.
Simpson	$D = \frac{\sum_{i=1}^S ni(ni - 1)}{N(N - 1)}$	Es un estimador de la dominancia de la especie más abundante en la muestra, sin evaluar la contribución del resto de las especies. Por lo tanto, el valor máximo que puede tomar sucede cuando todas las especies tienen un individuo solamente.

TABLA 3.13 ÍNDICES DE DIVERSIDAD (Continuación)

ÍNDICES	FÓRMULA	INTERPRETACIÓN
Chao – 1	$Chao\ 1 = S + \frac{a^2}{2b}$	<p>Este índice está basado en la abundancia de especies raras; donde <i>a</i> es el número de especies representadas por sólo un individuo y <i>b</i> es el número de especies representadas por exactamente dos individuos en la muestra. El valor de Chao 1 aumenta conforme incrementa el número de especies con uno y dos individuos por muestra.</p>
<p>*S= número de especies (riqueza específica) **N = número total de individuos ***(<i>n_i</i>) = número de individuos por taxón en una muestra de una población.</p>		

Fuente: (García, 2014; Lorea et al., 2008; Moreno, 2001).

Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

3.3.5.3. Métricas Adicionales

- % *Ch* y % *EPT*

De igual manera se calcula el porcentaje de Chironomidae (%Ch) y porcentaje de Ephemeroptera, Plecóptera y Trichóptera (% EPT), dentro de los índices fundamentados en la dominancia de taxones que responden a las perturbaciones antropogénicas de forma totalmente opuesta. Mientras que sitios afectados tienden a favorecer la dominancia de quironómidos, los bajos niveles de perturbación permiten el desarrollo de diferentes familias de EPT (Ladrera, 2012; Moya et al., 2009). El %EPT puede ser calculado siempre y cuando al menos las familias Ephemeroptera y Trichóptera estén presentes en una muestra determinada. Cabe destacar que esta condición solamente se cumple en un sitio de muestreo (AA).

- *Grupos Funcionales*

Además para complementar el análisis, dentro de los rasgos biológicos que poseen los macroinvertebrados, se define su grupo de alimentación en función de los resultados obtenidos por Rivera et al. (2013) en base a un estudio de los tractos digestivos de los macroinvertebrados.

3.3.6. PARÁMETROS HIDROMORFOLÓGICOS

Para evaluar la calidad del cauce fluvial se utiliza el Índice de Hábitat Fluvial (IHF) propuesto por Pardo et al. (2002), el cual tiene como objetivo estimar la aptitud del sitio de muestreo para generar micro hábitats que permitan el desarrollo de las diferentes comunidades de macroinvertebrados (Carvacho, 2012).

TABLA 3.14 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES QUE CONFORMAN EL ÍNDICE IHF Y SU RANGO DE CALIDAD

BLOQUE	DESCRIPCIÓN
Inclusión rápidos - sedimentación pozas	La inclusión hace referencia al fenómeno de rellenado de los espacios intersticiales que se forman entre las piedras y el sedimento en zonas de corriente o rápidos. Si las piedras se encuentran totalmente fijadas unas con otras el valor del apartado es el máximo, caso contrario, si estas están totalmente sueltas el valor es el menor posible.
Frecuencia de rápidos	Mide la heterogeneidad del curso fluvial, en función de la presencia de rápidos en comparación a las zonas remansadas.
Composición del sustrato	En base al diámetro de partícula se estima la composición del sustrato en el lecho del río <ul style="list-style-type: none"> • Bloques y piedras: > 64 mm • Cantos y gravas: 2 – 64 mm • Arena: 0,6 – 2 mm Limos y arcillas: < 0,6 mm

TABLA 3.14 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES QUE CONFORMAN EL ÍNDICE IHF Y SU RANGO DE CALIDAD (Continuación)

BLOQUE	DESCRIPCIÓN
<p>Regímenes de velocidad/ profundidad</p>	<p>Acorde a la siguiente clasificación se obtiene los regímenes de velocidad profundidad presentes en el tramo seleccionado</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rápido > 0.3 m/s • Lento < 0.3 m/s • Somero > 0.5 m • Profundo < 0.5 m
<p>Porcentaje de sombra en el cauce</p>	<p>En forma visual se determina el porcentaje de sombra que proyecta la cubierta vegetal sobre el cauce fluvial. De este modo permite estimar la cantidad de luz que influye en el desarrollo de productores primarios.</p>
<p>Elementos de heterogeneidad</p>	<p>Evalúa la dominancia de elementos de heterogeneidad de origen alóctono: Troncos, hojarasca, raíces o ramas, que se encuentran dentro del cauce del río (Fotografía 3.9).</p>
<p>Cobertura y diversidad de vegetación acuática</p>	<p>Mide la presencia de diversos grupos morfológicos de productores primarios, que a la vez que incrementan las fuentes de alimento, crean hábitats para la colonización de organismos.</p> <p>Plocon: Fijos al sustrato por un extremo y flotando el resto del cuerpo</p> <p>Pecton: Adheridos al sustrato formando una almohadilla compacta</p> <p>Fanerógamas: Plantas superiores con semillas y flores visibles</p> <p>Charales: Algas macroscópicas de aguas continentales</p> <p>Briofitos: Plantas pequeñas no vasculares, engloban a los musgos y hepáticas.</p> 

TABLA 3.14 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES QUE CONFORMAN EL ÍNDICE IHF Y SU RANGO DE CALIDAD (Continuación)

Rango	Nivel de Calidad	Color
≥ 60	<i>Adecuado</i>	Azul 
40-60	<i>Con Limitaciones</i>	Verde 
≤40	<i>Malo</i>	Rojo 

Fuente: (Pardo et al., 2002; Prat et al., 2012).

Elaborado por: Romero N. y Zúñiga K.

En función de la ficha de campo modificada por Pardo et al. (2002), que se encuentra en el Anexo 2, se valora de manera independiente la presencia de los factores que componen al cauce fluvial (Tabla 3.14), en un tramo de río de 75 m por cada punto de muestreo. El resultado final del índice corresponde a la suma total del puntaje que se obtiene en cada apartado. El máximo valor que se puede registrar es de 100 puntos, lo que indica un cauce fluvial idóneo, con gran potencial y heterogeneidad para el desarrollo de macroinvertebrados, en contraste, el mínimo valor que se puede obtener es 11 que significa una escasa o nula heterogeneidad del hábitat con un inadecuado potencial colonizador (Carvacho, 2012).

El Índice de Calidad del Bosque de Ribera (QBR) se utiliza para evaluar la estructura y composición de la ribera como factores importantes en el funcionamiento del río. Para su aplicación se utiliza la hoja guía desarrollada por Munné et al., (2003) (Anexo 2), en la que se presentan cuatro bloques valorados de forma independiente y que se describen en la Tabla (3.15). Para cada punto de monitoreo se escoge un tramo de río de alrededor de 75 m, que considere en su mayoría los principales elementos que componen la ribera.

FOTOGRAFÍA 3.9 ELEMENTOS DE HETEROGENEIDAD



Fuente: Trabajo de campo.

TABLA 3.15 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL ÍNDICE QBR Y SU RANGO DE CALIDAD

BLOQUE	DESCRIPCIÓN
<p>Grado de cobertura riparia</p>	<p>Evalúa la horizontalidad de recubrimiento de la ribera por cualquier tipo de vegetación, a excepción de las plantas anuales como el pasto. De igual forma se toma en consideración la conexión entre la ribera y el bosque adyacente, que puede aumentar o restar puntos.</p>
<p>Estructura de la cobertura</p>	<p>Valora la complejidad de la vegetación según el porcentaje de árboles y/o arbustos que recubren la ribera, situación que está relacionada con una mayor biodiversidad de flora y fauna en la zona de estudio.</p>
<p>Grado de naturalidad del canal fluvial</p>	<p>Mide las modificaciones que afectan a la sinuosidad del canal del río como construcción de terrazas adyacentes, paredes, muros, represas o canalizaciones del cauce en general.</p>

TABLA 3.15 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL ÍNDICE QBR Y SU RANGO DE CALIDAD (Continuación)

BLOQUE	DESCRIPCIÓN	
Calidad de la cobertura	<p>Determina la presencia de plantas nativas que conforman la ribera en función del tipo geomorfológico de esta. Especies autóctonas que se disponen en forma de túnel incrementan la valoración, en contraste especies introducidas y que forman comunidades como <i>Ecualiptus sp.</i>, lo disminuyen.</p> <p>El tipo geomorfológico se obtiene a partir del desnivel, forma de la ribera, y de la capacidad del suelo para enraizar una buena vegetación ribereña.</p>	
Nivel de Calidad	Rango	Color Representativo
≥ 95	<i>Bosque de ribera sin alteraciones, calidad muy buena, estado natural.</i>	Azul 
75-90	<i>Bosque ligeramente perturbado, calidad buena.</i>	Verde 
55-70	<i>Inicio de alteración importante, calidad intermedia.</i>	Amarillo 
30-50	<i>Alteración fuerte, mala calidad.</i>	Naranja 
≤ 25	<i>Degradación extrema, calidad pésima.</i>	Rojo 

Fuente: (Munné et al., 2003; Prat et al., 2012).

Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

Es importante resaltar que para determinar la calidad de la cobertura de ribera, previamente se realiza una revisión bibliográfica acerca de las especies vegetales tanto nativas como introducidas presentes en la zona de estudio, para ello se utiliza la guía de Oleas et al. (2016). Las principales plantas que conforman las riberas del río Ushimana se encuentran en el Anexo 7.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En las tablas 4.1 y 4.2 se presentan los valores medios registrados en campo y laboratorio de los puntos de muestreo en la época de transición y lluviosa. Durante el primer muestreo en el punto B y G se presentan los valores más altos de sólidos totales (369.33 – 384 mg/L), demanda química de oxígeno (31– 107 mg/L), ortofosfatos (8.1 – 14.9 mg/L) y nitrógeno amoniacal (11 – 3.17 mg/L). El punto G tiene la menor saturación de oxígeno con 36.63%, mientras que el punto A posee la mayor saturación, con un porcentaje de 96.83%.

TABLA 4.1 PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DURANTE EL PRIMER MUESTREO

	PARÁMETRO	A	B	C	D	E	F	G
CAMPO	Caudal (L/s)	234.78	5.00	444.00	100.81	499.44	127.50	208.00
	Temperatura (°C)	14.1	17.00	16.03	17.00	16.73	15.73	17.83
	Turbidez (NTU)	44.67	24.53	15.03	50.83	14.67	17.50	18.47
	Conductividad (uS/cm)	353.13	268.57	324.10	369.30	352.73	259.07	535.43
	pH	8.10	8.77	7.57	7.70	7.83	9.03	8.43
	OD (%)	96.83	65.83	64.80	64.90	46.03	43.50	36.63
	OD (mg/L)	7.45	6.75	6.59	6.14	4.34	6.03	4.54
	Na Cl (ppm)	174.33	314.03	159.6	181.83	175.27	270.43	273.77
	Resistividad (kΩ)	2.70	1.41	2.99	2.61	2.75	1.79	1.79
	SDT(ppm)	183.23	354.89	167.1	186.73	181.57	280.07	274.00
LABORATORIO	ST (mg/L)	256.00	369.33	163.33	264.67	154.67	318.67	384.00
	STv (mg/L)	106.67	116.00	138.67	128.00	154.00	88.00	142.00
	STf (mg/L)	149.33	253.33	24.67	136.67	65.33	230.67	242
	SD (mg/L)	253.33	370.67	127.33	318.67	150	306.67	328.67
	SS (mg/L)	81.33	3.33	22.67	74.67	16.00	6.67	18.00
	DQO (mg/L)	23.00	31.00	16.00	22.00	29.00	10.00	107.00
	NO ₃ -N (mg/L)	2.13	0.57	2.20	1.33	1.80	1.70	0.97

TABLA 4.1 PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DURANTE EL PRIMER MUESTREO (Continuación)

	PARAMETRO	A	B	C	D	E	F	G
LABORATORIO	NH ₃ -N (mg/L)	1.01	11.00	1.10	1.33	2.37	3.67	3.71
	(PO ₄) ⁻³ (mg/L)	1.74	8.61	1.83	2.63	4.33	2.92	14.29
	Coliformes fecales (NMP/100mL)	2.80*10 ³	1.60*10 ⁵	2.30*10 ⁵	4.60*10 ⁴	2.30*10 ⁵	4.30*10 ³	2.30*10 ⁵

Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

En el segundo muestreo los valores de sólidos totales en los sitios B, F y G (461.33, 366.67 y 360.67 mg/L) son los más altos, el nitrógeno amoniacal disminuye su concentración en la mayoría de sitios a excepción del punto E que aumenta de 2.37 a 2.92 mg/L, en el punto B su cantidad es la más alta 3.40 mg/L. Respecto a los ortofosfatos, los puntos E y F poseen los valores más altos (11.99 y 9.81mg/L). El porcentaje de saturación de oxígeno disminuye en todos los sitios respecto al primer muestreo, se destacan los menores valores en los puntos B, F y G (44.33, 48.47, 48.87 mg/L), en el resto de sitios varía entre 52 a 58 %. Los coliformes fecales se mantienen mayores a 2.80×10^3 NMP/100mL en todas las estaciones analizadas en las dos épocas.

TABLA 4.2 PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DURANTE EL SEGUNDO MUESTREO

	PARÁMETRO	A	B	C	D	E	F	G
CAMPO	Caudal (L/s)	293.90	6.02	484.32	448.45	667.04	130.75	234.46
	Temperatura (°C)	14.07	16.23	16.30	18.97	15.30	14.13	18.67
	Turbidez (NTU)	12.89	26.57	79.03	16.23	15.93	11.93	27.30
	Conductividad (uS/cm)	488.93	535.70	353.00	396.77	412.33	454.77	476.17
	pH	7.00	6.67	7.50	7.33	7.50	7.50	7.50
	OD (%)	58.37	44.33	58.40	57.13	52.83	48.47	48.87
	OD (mg/L)	6.01	4.07	5.78	5.24	5.47	5.05	4.64
	Na Cl (ppm)	240.37	315.83	173.57	194.77	202.53	221.17	236.03
	Resistividad (kΩ)	1.99	1.52	2.75	2.47	2.35	2.14	2.07
SDT (ppm)	251.63	327.40	181.37	204.23	212.50	232.50	243.07	
LAB.	ST (mg/L)	340.67	461.33	354.67	294.67	324.00	366.67	360.67
	STv (mg/L)	140.67	105.33	146.67	104.00	136.67	70.67	189.33

TABLA 4.2 PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DURANTE EL SEGUNDO MUESTREO (Continuación)

	PARÁMETRO	A	B	C	D	E	F	G
LABORATORIO	STf (mg/L)	200.00	356.00	208.00	190.67	187.33	296.00	171.33
	SD (mg/L)	288.33	421.00	266.00	270.67	295.33	331.33	319.33
	SS (mg/L)	36.67	45.33	110.67	25.00	33.33	45.33	21.33
	DQO (mg/L)	25.00	38.00	18.00	36.00	31.00	108.00	96.00
	NO ₃ -N (mg/L)	0.50	1.10	1.17	0.90	0.90	1.43	1.03
	NH ₃ -N (mg/L)	0.61	3.40	1.04	1.13	2.92	1.33	0.75
	(PO ₄) ⁻³ (mg/L)	3.07	3.46	8.24	4.88	11.99	9.81	7.65
	Coliformes fecales (NMP/100mL)	9.40*10 ³	2.30*10 ⁵	9.20*10 ⁴	2.40*10 ⁴	9.20*10 ⁴	9.40*10 ³	2.30*10 ⁵

Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

La tabla 4.3. contiene los valores medios del punto localizado aguas arriba. Esta estación presenta un baja cantidad de nutrientes, DQO, sólidos y coliformes fecales en comparación con las estaciones analizadas durante las campañas de muestreo.

TABLA 4.3 PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN EL SITIO AGUAS ARRIBA

CAMPO	PARÁMETRO	AA	LABORATORIO	PARÁMETRO	AA
	Caudal (L/s)	64.15		ST (mg/L)	166
	Temperatura (°C)	13.2		STv (mg/L)	78
	Turbidez (NTU)	23.87		STf (mg/L)	88
	Conductividad (uS/cm)	122.07		SD (mg/L)	174
	pH	7.13		SS (mg/L)	10
	OD (%)	70.07		DQO (mg/L)	9
	OD (mg/L)	7.15		NO ₃ -N (mg/L)	1.27
	Na Cl (ppm)	60.15		NH ₃ -N (mg/L)	0.37
	Resistividad (kΩ)	8.04		(PO ₄) ⁻³ (mg/L)	2.25
	SDT (ppm)	246.63		Coliformes fecales (NMP/100mL)	33

Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

A continuación se realiza un análisis a detalle de los principales parámetros físicoquímicos que influyen en este estudio.

4.1.1. CAUDAL

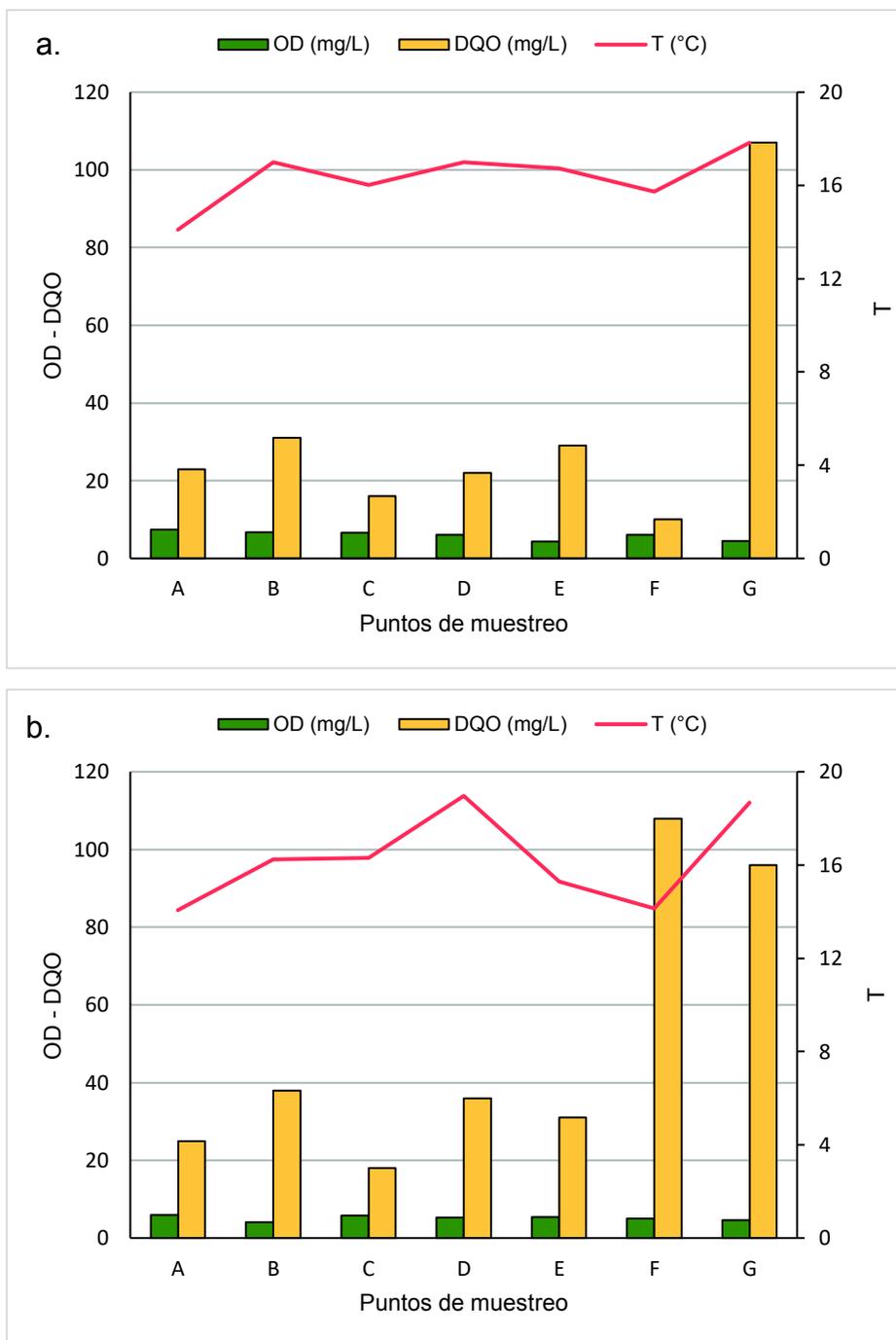
El caudal del río Ushimana es mayor en la segunda campaña de muestreo en todas las estaciones, producto de las precipitaciones días previos al muestreo. El punto B presenta los menores caudales durante ambos muestreos con 5 L/s y 6.02 L/s. Por su parte, el punto F posee el más elevado caudal tanto en la época de transición de estacionalidad con 499.44 L/s que incrementa en 667.04 L/s en la época lluviosa.

4.1.2. OXÍGENO DISUELTO Y TEMPERATURA

Durante el primer muestreo (Gráfico 4.1 a.), se observa que la concentración de OD disminuye a lo largo de los puntos analizados oscilando entre 7.45 y 4.34 mg/L, lo que provoca graves consecuencias para el mantenimiento de comunidades acuáticas (Roldán & Ramírez, 2008), a la vez, la concentración de DQO se incrementa variando entre valores de 10 y 107 mg/L; esto evidencia que en los puntos de muestreo existe contaminación orgánica e inorgánica.

Durante el primer y segundo muestreo, la concentración de DQO presenta un incremento en el punto G con valores de 107 y 96 mg/L respectivamente, al ser el lugar en el que confluyen todos los contaminantes vertidos en el río. En el segundo muestreo (Gráfico 4.1 b.), en el punto F se evidencia un incremento significativo en la concentración de DQO respecto al primer muestreo, esto se debe a que en el sitio, existen descargas domésticas directas sobre el cuerpo de agua. En el segundo muestreo, la concentración de OD se mantiene casi constante en todos los puntos oscilando entre 6.01 y 4.07 mg/L, lo cual indica que el río presenta constantes procesos de oxigenación. La disponibilidad de oxígeno se relaciona a su vez con la temperatura y altitud, en las zonas más altas (AA y A), los valores de saturación de oxígeno son los mayores (70.07% para el punto AA; 96.83 y 58.37% en el punto A para el primer y segundo muestreo respectivamente).

GRÁFICO 4.1 VARIACIÓN DE OD, DQO Y T. a) PRIMER MUESTREO, b) SEGUNDO MUESTREO



Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

Según el libro VI, anexo I del TULSMA, para *Preservación de la flora y fauna*, el OD necesario no debe ser menor al 80% de saturación y 6 mg/L, de tal manera que, únicamente el punto A, durante el primer muestreo, cumple con estas condiciones. Para el caso de *Uso estético*, la normativa refiere que la concentración de OD será no menor al 60% saturación y 6 mg/L, con lo que solamente los puntos AA, A, B, C y D se encuentran dentro de dichas especificaciones.

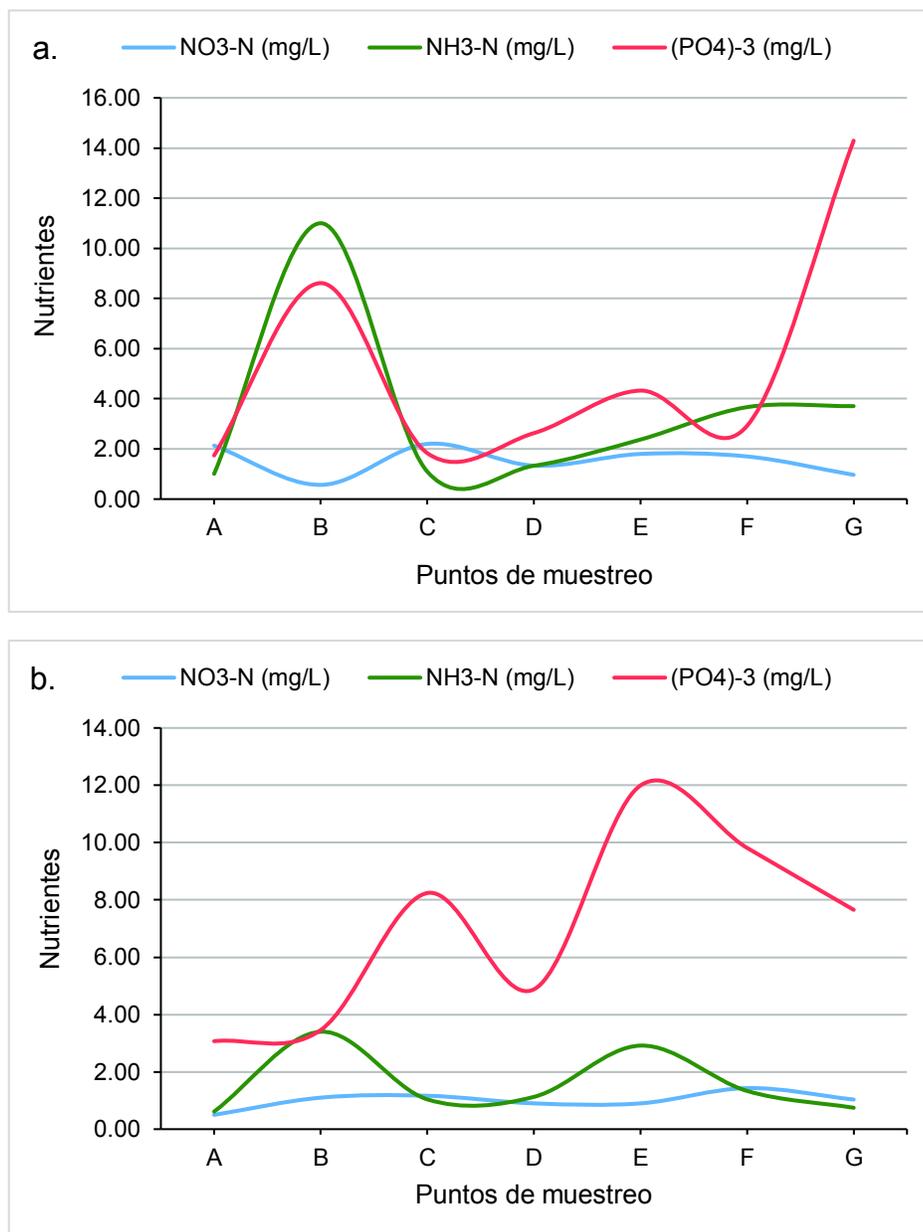
4.1.3. NUTRIENTES

El punto Aguas Arriba (AA) tiene una concentración de nitrógeno amoniacal de 0.37mg/L, esta cantidad se considera la menor en contraste con el resto de puntos de muestreo que presentan una cantidad que oscila entre 0.50 - 11 mg/L. El punto B es el que tiene la mayor concentración de nitrógeno amoniacal durante ambos periodos de muestreo: 11 mg/L y 3.40 mg/L, situación que se relaciona con los procesos de lixiviación provenientes de la cría de animales y agricultura que está extendida en la zona ribereña de este lugar.

Los fosfatos en el río Ushimana llegan a igualar la cantidad de nitrógeno amoniacal y nitritos en el primer muestreo (Gráfico 4.2 a.) e inclusive superarlos durante el segundo muestreo (Gráfico 4.2 b.), en el punto G se puede observar una marcada diferencia, pues los valores de fosfatos alcanzan los 14.29 mg/L. Esta situación se presenta por el uso intensivo de detergentes con fosfatos (Vásconez, 2000) que forman parte de las descargas domésticas que llegan directamente al cauce del río.

Los valores de nitratos en general se presentan más altos en la época de transición verano-invierno, que durante la época invernal; con un valor máximo de 2.20 mg/L en el punto A. Según los criterios de calidad para *Preservación de vida acuática y silvestre*, el límite máximo permisible de nitratos en el agua es de 13 mg/L, valor que no sobrepasa ningún punto de muestreo en ambas épocas.

GRÁFICO 4.2 VARIACIÓN DE NUTRIENTES. a) PRIMER MUESTREO, b) SEGUNDO MUESTREO



Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

4.1.4. CONDUCTIVIDAD – SÓLIDOS DISUELTOS

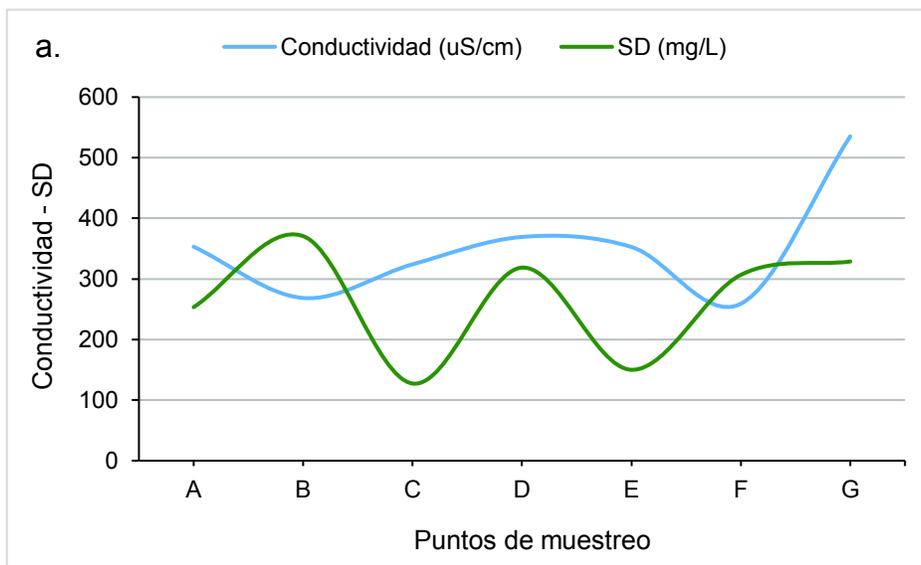
Los valores varían entre 259.07 y 535.43 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para el primer muestreo (Gráfico 4.3 a.) y entre 353.00 y 535.70 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para el segundo (Gráfico 4.3 b.). En términos generales el agua presenta altos valores de conductividad. En el punto G y E las

aguas se encuentran los mayores valores, ya que se encuentran en el cauce principal y reciben descargas de una zona bastante urbanizada.

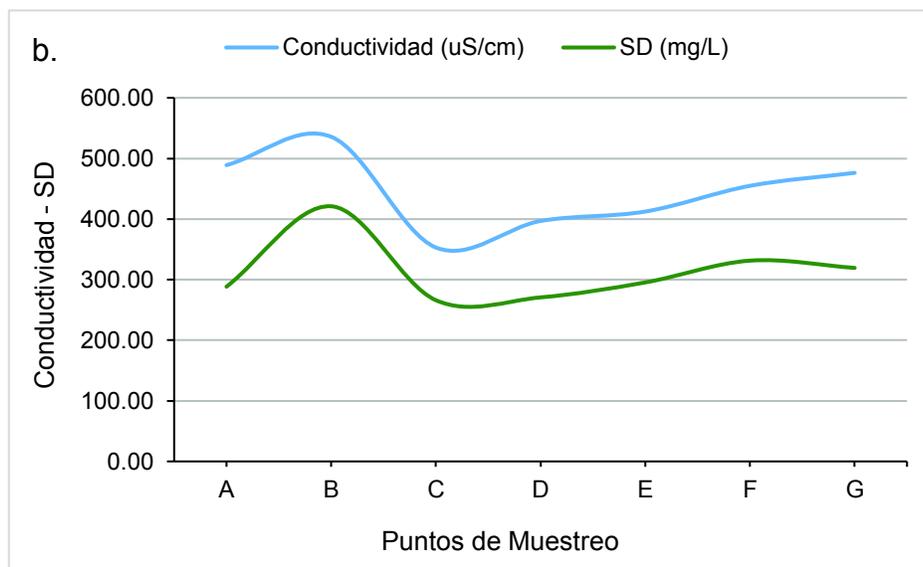
Los sólidos disueltos totales oscilaron entre 127.33 y 370.67 mg/L para el primer muestreo y entre 266 y 421 mg/L para el segundo. Los valores de sólidos disueltos aumentaron para la segunda época, pues bajo la premisa que las descargas residuales domésticas e industriales son constantes, el incremento es producto de las crecientes precipitaciones, lo que produce mayor escorrentía superficial sumado a fenómenos abrasivos que generan una mayor erosión del cauce e incremento del quimismo del río (Roldán & Ramírez, 2008).

La conductividad está relacionada estrechamente con los sólidos disueltos, sin embargo en los puntos B y F, en el primer muestreo, la conductividad es menor que los sólidos disueltos (Gráfico 4.3 b), esto puede darse porque el agua circuló rápidamente por la superficie del lecho del río, sin un contacto geológico directo con la zona hiporréica, por lo tanto el aporte a los sólidos disueltos se debe más sedimentos finos (Elosegi & Sabater, 2009) y fuentes orgánicas producto de las descargas residuales domésticas.

GRÁFICO 4.3 VARIACIÓN DE CONDUCTIVIDAD Y SÓLIDOS DISUELTOS.
a) PRIMER MUESTREO, b) SEGUNDO MUESTREO



**GRÁFICO 4.4 VARIACIÓN DE CONDUCTIVIDAD Y SÓLIDOS DISUELTOS.
a) PRIMER MUESTREO, b) SEGUNDO MUESTREO (Continuación)**



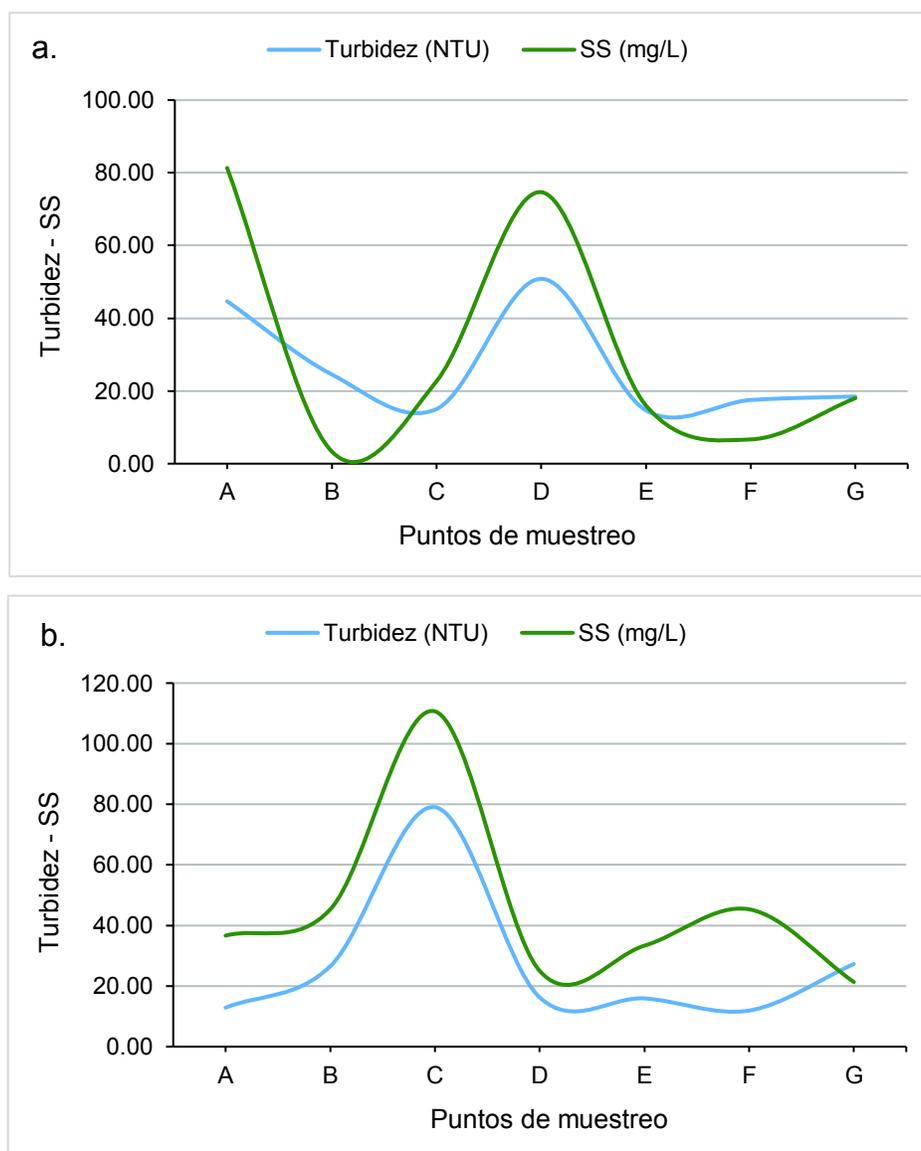
Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

4.1.5. TURBIDEZ – SÓLIDOS SUSPENDIDOS

En el primer muestreo (Gráfico 4.4 a.), los puntos A y D evidencian valores elevados de turbidez y sólidos suspendidos respecto a los otros puntos, con 44.67 y 50.83 NTU; 81.33 y 74.67 mg/L respectivamente, lo cual se debe a actividades agrícolas y ganaderas que se desarrollan en sectores aledaños. En el punto C, para el segundo muestreo (Gráfico 4.4 b.), se evidencia un incremento significativo de turbidez y sólidos suspendidos respecto al primero, esto se atribuye a que en la zona, para el segundo muestreo, las lluvias suscitadas en los días previos, produjeron deslizamientos de tierra lo que provocó mayor presencia de sólidos en suspensión (Roldán & Ramírez, 2008). En cambio en el punto D la turbidez decrece, a pesar que el arrastre de sedimentos ocasionado por las lluvias genera más sólidos; esto demuestra que en general, entre el primer y segundo muestreo, se presentan fluctuaciones significativas lo que indica que la turbidez no es un parámetro estable.

En la normativa respectiva, para *Uso estético*, el LMP es de 20 NTU, de tal manera que, tomando en cuenta el primer muestreo, los puntos que cumplen con esta condición son C, E, F y G. Para el caso del segundo muestreo, la situación cambia, siendo los puntos A, D, E y F los que cumplen con lo reglamentado.

GRÁFICO 4.5 VARIACIÓN DE TURBIDEZ Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS. a) PRIMER MUESTREO, b) SEGUNDO MUESTREO



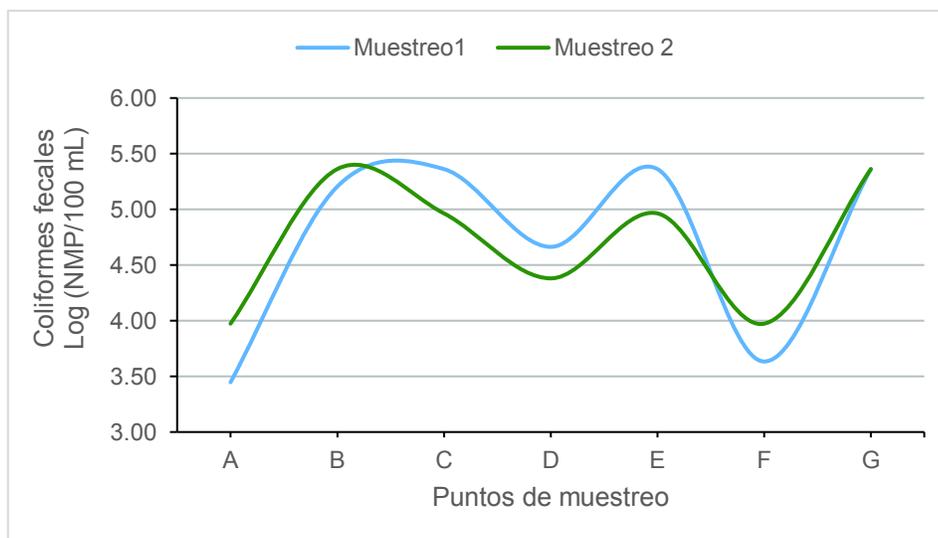
Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

4.1.6. COLIFORMES FECALES

La menor concentración de coliformes fecales durante el primer y segundo muestreo, se registra en el punto A con valores de 2.3×10^3 y 9.4×10^3 NMP/100 mL respectivamente (Gráfico 4.5). Para el caso del primer muestreo, los puntos con mayor concentración de coliformes son C, E y G con valores de 2.3×10^5 NMP/100mL en cada punto. Durante el segundo muestreo se registra un valor de 2.3×10^5 NMP/100mL en los puntos B y G.

El punto G, tanto en el primer como segundo muestreo, registra los valores más altos, ya que las descargas que llegan hasta este punto son principalmente de origen doméstico. En el punto de referencia AA, se registra un valor de 33 NMP/100 mL que es el menor obtenido durante todo el muestreo; este valor bajo se debe a que el punto se encuentra en una zona de protección ecológica sin ganado ni influencia antrópica directa.

GRÁFICO 4.6 CONCENTRACIÓN DE COLIFORMES FECALES.



Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

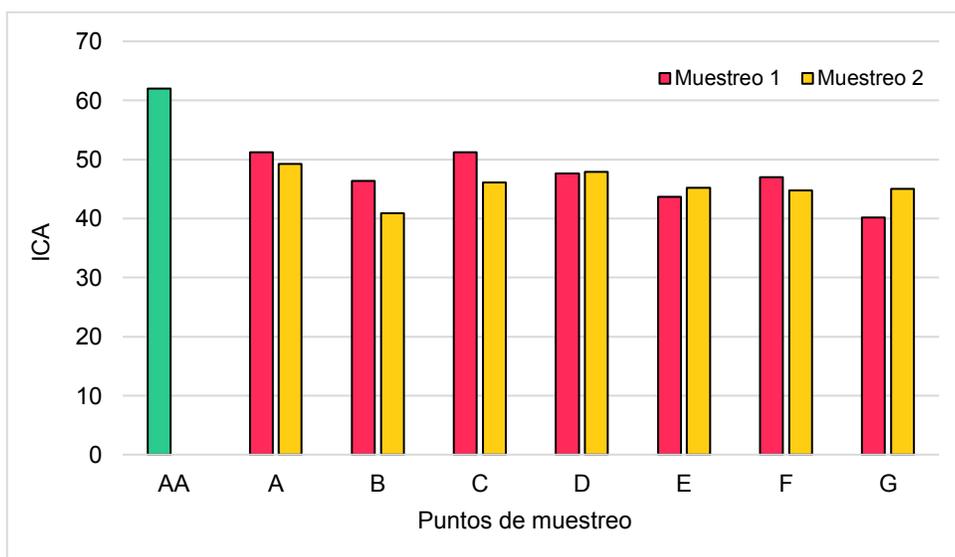
En el TULSMA, se indica que para *Preservación de Flora y Fauna* el valor de coliformes fecales debe ser menor a 200 NMP/100 mL, tomando en cuenta esta

especificación, únicamente el punto AA cumple con la normativa referente al mencionado uso de agua.

4.1.7. ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA

Durante el primer y segundo muestreo, según el ICA, el río se ubica en la categoría “Contaminado” a excepción de los puntos A y C en el primer muestreo los cuales corresponden a la categoría “Poco Contaminado”. Los valores del índice, entre los dos muestreos varían en un rango de 40.21 a 51.23 (Gráfico 4.6). El punto AA, al encontrarse en una zona de Protección Ecológica, presenta un ICA mayor respecto a los otros puntos con un valor de 62.59, se ubica en la categoría “Poco Contaminado”, es decir, refiriéndose al uso para Vida Acuática, su calidad es dudosa para especies sensibles mientras que en los otros puntos, con categoría “Contaminado”, existirán solamente organismos muy resistentes a la contaminación. Tomando en cuenta el uso Agrícola, los puntos AA, A y C son aptos para riego de cultivos consumidos sin cáscara o que requieran de un proceso previo al consumo; el resto de puntos tienen un uso restringido, solo para ciertos cultivos (Marín et al., 2007).

GRÁFICO 4.7 ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA DURANTE LOS DOS MUESTREOS

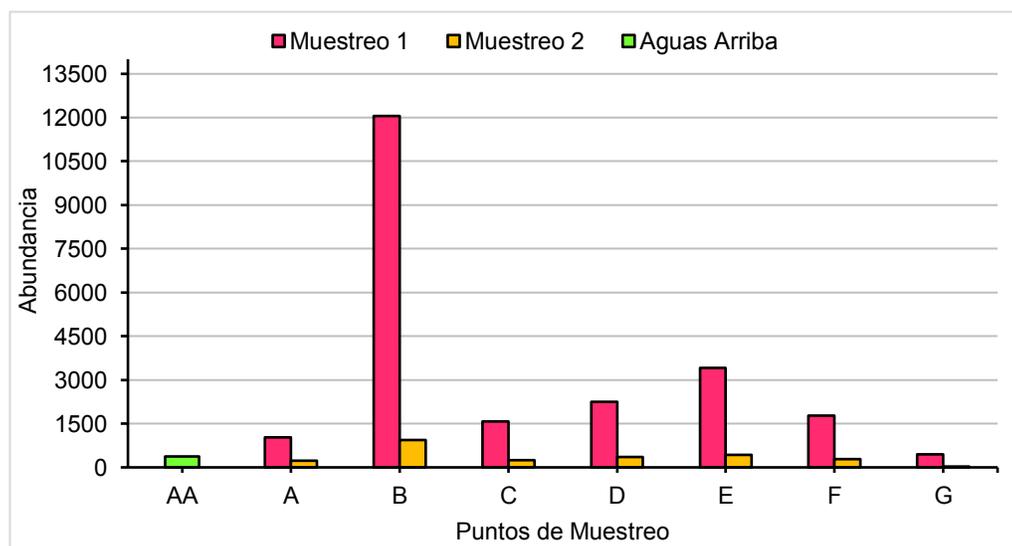


Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

4.1.8. ABUNDANCIA DE INDIVIDUOS, RIQUEZA Y COMPOSICIÓN TAXONÓMICA DE MACROINVERTEBRADOS

Se contabilizan un total de 25 450 individuos, distribuidos en el primer muestreo con 22 541; 2 528 en el segundo y 381 en la estación (AA). Se registran 13 órdenes, 28 familias y 5 subfamilias de Chironomidae (Anexo 6). Las taxas más representativas son Chironomidae (84.66%) y Haplotaxidae (8.82%) en todas las estaciones de muestreo, Glossiphoniidae (2.69%) en los puntos D, E, F y G y se evidencia la presencia de Simuliidae (2.73%) principalmente en la estación A y D. Estas cuatro familias suman el 98.9% de todos los individuos observados. Las zonas urbanas y periurbanas presentan en general pocos taxas que responden a situaciones de tolerancia a la contaminación, es el caso de oligoquetos y quironómidos (Correa-Araneda et al., 2010). Situación acorde con el presente estudio, ya que solo tres familias tolerantes (Chironomidae, Glossiphoniidae y Haplotaxidae) reúnen el 96.17% del total de la abundancia. La abundancia y la riqueza del ensamble de macroinvertebrados se presentan en los gráficos 4.7 y 4.8. El punto B se mantiene como el más abundante y con menor riqueza durante ambos muestreos.

GRÁFICO 4.8 DISTRIBUCIÓN DE LA ABUNDANCIA DE INDIVIDUOS POR PUNTO DE MUESTREO



Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

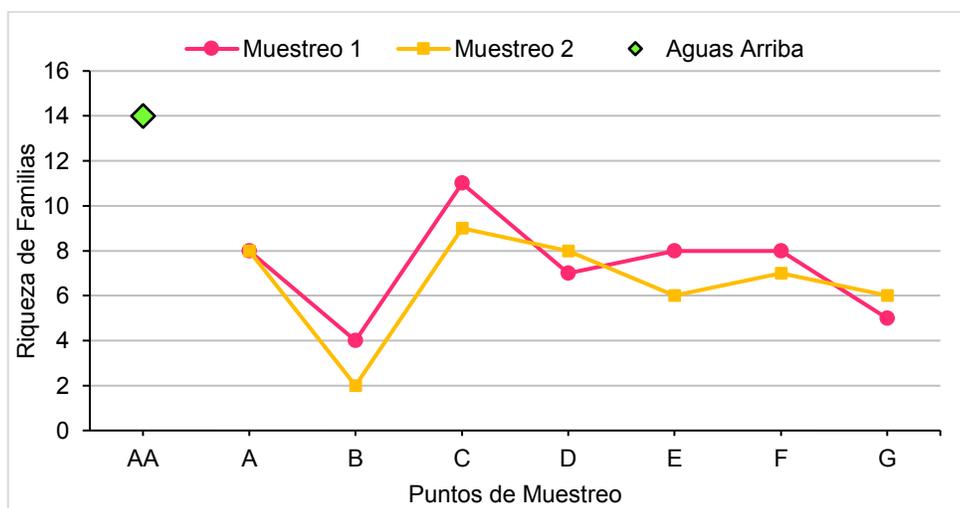
El Gráfico 4.7 evidencia claramente una disminución representativa de la abundancia de macroinvertebrados por punto entre las diferentes épocas de muestreo, esto en razón de que el segundo muestreo se realizó después de días de intensas lluvias. El punto B fue el que varía en mayor medida su abundancia entre el primer y segundo muestreo, pues su número se reduce de 12 047 individuos a 947 respectivamente. El punto G presenta el menor registro de individuos durante ambas épocas, 431 para el primero y 31 durante el segundo muestreo.

Entre los dos muestreos se presenta una variación entre una y dos familias por punto (Gráfico 4.8). El punto B posee el menor número de taxones, durante el primer muestreo presenta 4 familias, que luego se reducen a 2 en la época lluviosa. El punto C posee la mayor riqueza durante ambos muestreos, con un valor de 11 familias que posteriormente se reducen a 9. Entre los puntos D a G la tendencia es de aumento de familias durante el primer muestreo, que decaen hasta llegar al punto G, sitio que se encuentra en la menor altitud. Durante el segundo muestreo la tendencia es la misma que la anterior, sólo que el número de familias tanto para el punto E como el F decrece ligeramente. El punto AA tiene la más alta riqueza taxonómica con 14 familias, a pesar de que su muestreo fue extemporáneo (solamente en una época).

Como se puede observar en el Gráfico 4.9, la composición y estructura de macroinvertebrados durante ambas campañas de muestreo indica que la familia Chironomidae es la más representativa en todos los sitios; dentro de sus subfamilias, Chironominae es la dominante en los puntos B, F y G; en cambio Orthocladiinae predomina en el resto de puntos. Además en el punto AA la distribución de subfamilias de Chironomidae es más equitativa y heterogénea, inclusive Tanypodinae forma parte importante de la estructura taxonómica de este punto. Por su parte Baetidae y Simuliidae se encuentran en mayor presencia en los puntos AA y A. Asimismo Chironomidae, Haplotaxidae y Glossiphoniidae predominan en los lugares más bajos (D - G), sitios en los que las descargas directas de los hogares que se sitúan al borde de la ribera, la escorrentía superficial

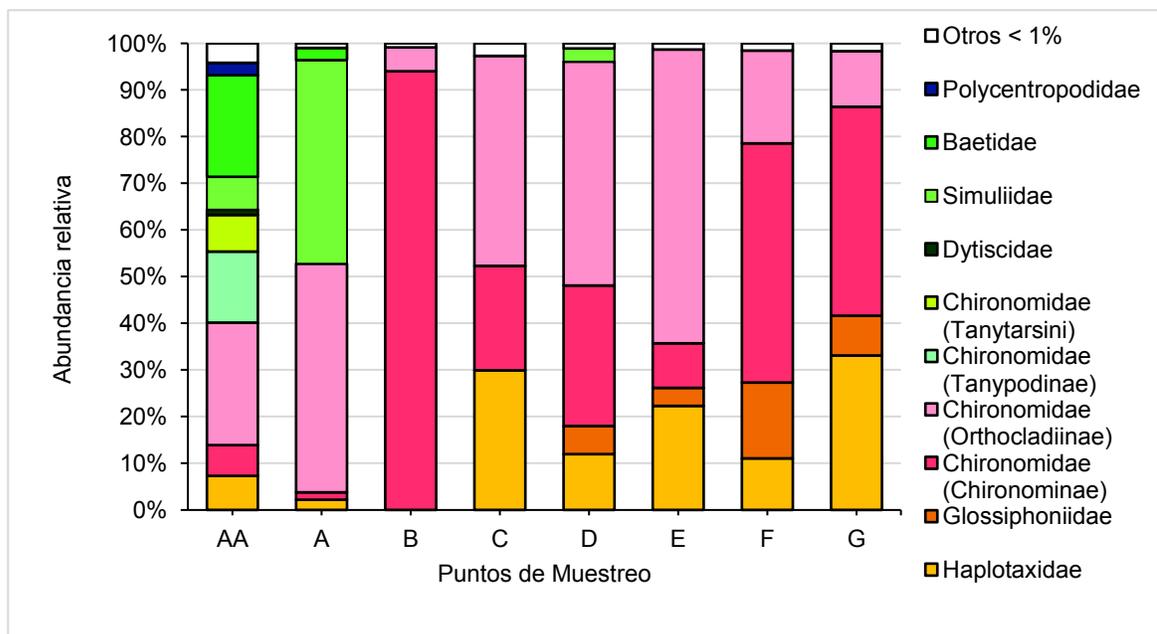
cargada de nutrientes producto de la agricultura familiar y las descargas industriales aledañas crean un ambiente nocivo para el desarrollo de otros organismos, que no sean los mayormente tolerantes.

GRÁFICO 4.9 DISTRIBUCIÓN DE RIQUEZA DE TAXONES POR PUNTO DE MUESTREO



Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

GRÁFICO 4.10 ABUNDANCIA RELATIVA Y RIQUEZA DE TAXONES POR PUNTOS DE MUESTREO



Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

4.1.9. ÍNDICES DE DIVERSIDAD

El cálculo de los índices de diversidad indica en base a análisis cuantitativos, cómo está estructurada una comunidad de organismos. En la Tabla 4.4 se presentan los resultados de la diversidad alfa de los lugares de estudio.

En general, todos los índices de diversidad (a excepción de Chao-1) incrementaron durante el segundo muestreo, debido a que las abundancias que se registran en todos los sitios decrecieron mientras que su taxonomía permaneció relativamente constante.

El punto G se mantiene con el mayor índice Shannon, Simpson y Pielou sobre ambas épocas, no obstante estos resultados están más relacionados con que posee el menor número de individuos en comparación al resto de puntos, que se distribuyen de una manera más uniforme en cuanto a las familias presentes en el ecosistema, de este modo, en el segundo muestreo este valor llega inclusive a 1.51, pero con 31 individuos y 6 familias.

TABLA 4.4 ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE LOS PUNTOS MUESTREADOS

Índices	MUESTREO 1							MUESTREO 2							AA
	A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	E	F	G	
Riqueza	8	4	11	7	8	8	5	8	2	11	8	6	7	6	14
Abundancia	1033	12047	1570	2243	3412	1780	456	238	947	247	349	428	290	31	381
Fisher alpha	1.18	0.39	1.60	0.89	0.98	1.08	0.79	1.60	0.24	2.36	1.46	0.99	1.29	2.22	2.86
Shannon	0.91	0.03	0.75	0.65	0.71	0.62	0.92	1.03	0.19	0.86	1.15	1.04	0.96	1.51	1.40
Pielou	0.44	0.02	0.31	0.33	0.34	0.30	0.57	0.49	0.28	0.36	0.55	0.58	0.49	0.84	0.53
Simpson	0.54	0.01	0.45	0.30	0.40	0.30	0.55	0.58	0.09	0.44	0.63	0.57	0.56	0.74	0.63
Chao-1	8.33	4	16	7	14	9	6	14	2	16	8.5	6	7.5	6	15

Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

El índice Fisher alpha que se relaciona con la riqueza específica, es el mayor en el punto C tanto en el primero como segundo muestreo. De igual forma en este sitio Chao-1, el cual representa la rareza de familias obtiene su mayor valor durante ambos muestreos pues presenta una superior cantidad de familias con uno o dos individuos como Syrphidae, Phoridae, Sminthuridae, Piralidae, Hyalellidae y Ceratopogonidae.

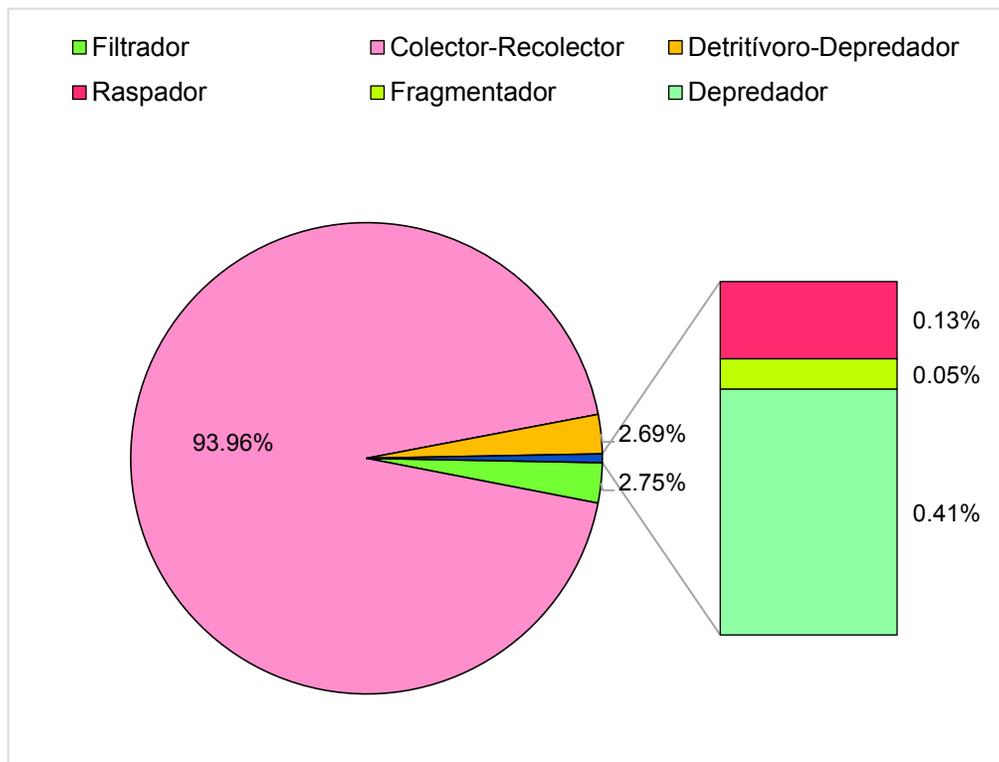
El punto B en general registra los menores valores en todos los índices de diversidad en todo el estudio, producto de su reducida taxonomía y gran número de individuos, pues en sí está dominado por una sola familia (Chironomidae) que abarca el 99.53% y 95.25% de su ensamble de macroinvertebrados en el primer y segundo muestreo respectivamente.

4.1.10. COMPOSICIÓN TRÓFICA

Se identifican seis grupos funcionales alimenticios, de los cuales tres predominan en el río Ushimana (Colector-Recolector, Filtrador y Detritívoro-Depredador). El grupo Colector-Recolector llega a una abundancia del 93.6%, representado por diez familias y cuatro subfamilias de Chironominae. La mayor abundancia es aportada por Orthoclaadiinae y Chironominae. Los depredadores están compuestos por diez familias y una subfamilia de Chironomidae (Tanypodinae), a pesar que poseen mayor riqueza taxonómica a nivel de familia, su abundancia es pequeña, pues apenas llega al 0.41% del total (Gráfico 4.10).

Los raspadores y fragmentadores están escasamente representados por dos y cuatro familias respectivamente, en conjunto suman el 0.18% del total. En riqueza de taxones los filtradores al igual que los raspadores son los menos representativos, sin embargo contrario a los últimos, la abundancia de los filtradores, principalmente con Simuliidae, llegan al 2.75% del total. Los detritívoros-depredadores a pesar de estar conformados solamente por una familia (Glossiphoniidae), su abundancia es igual de relevante que los filtradores (2.69%).

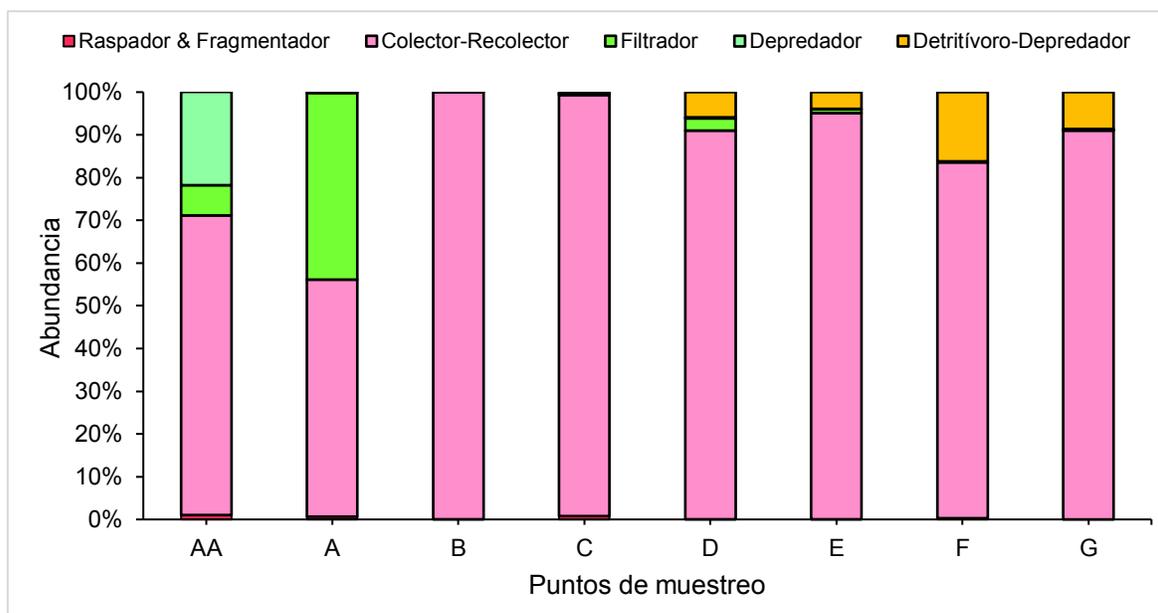
GRÁFICO 4.11 PORCENTAJE DE ABUNDANCIA TOTAL DE LOS GRUPOS FUNCIONALES ALIMENTICIOS



Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

En todos los puntos el grupo colector-recolector es el dominante, en el punto B y C prácticamente es el único grupo que existe (Gráfico 4.11). Los filtradores se distribuyen principalmente en el punto AA y A, y en menor grado en los puntos D y E. En el punto AA, se observa relativamente una mayor heterogeneidad en la distribución de grupos que en el resto de sitios, inclusive los predadores, forman parte importante del ensamble de macroinvertebrados del lugar. Los detritívoros-depredadores tienen relevancia en los puntos D al G, este grupo engloba solamente a la familia Glossiphoniidae caracterizada por resistir cierto grado de contaminación.

GRÁFICO 4.12 VARIACIÓN DE LA ABUNDANCIA RELATIVA DE LOS GRUPOS FUNCIONALES ALIMENTICIOS



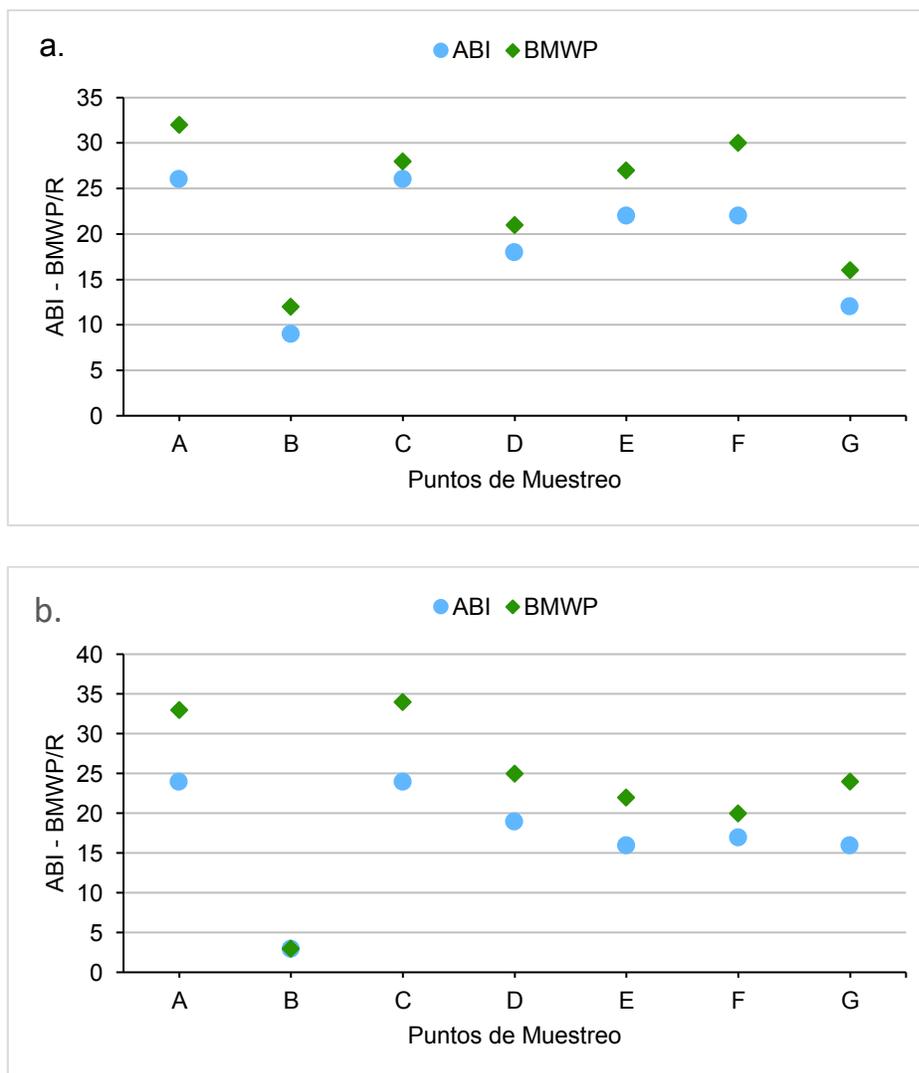
Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

4.1.11. ÍNDICES BIÓTICOS: BMWP, ABI, ASPT

En el gráfico 4.12, se observa que durante los dos muestreos, en todos los puntos, los valores de BMWP-R son mayores que el índice ABI a excepción del punto B en el segundo muestreo donde los dos índices tienen el mismo valor. En el caso del segundo muestreo (Gráfico 4.12 b.), para los puntos A, C y G, la diferencia entre índices es mayor, esto indica que los valores del índice ABI son más exigentes que los del índice BMWP y asignan puntajes inferiores a las familias de macroinvertebrados; además se evidencia que la variación entre estos índices no es muy notoria cuando la calidad del agua es muy baja (punto B).

En general, los valores de ABI se encuentran en un rango de 3 a 26 mientras que el índice BMWP oscila entre 3 y 34, considerando estos valores, el río se encuentra entre las categorías “*Muy Crítica*” y “*Crítica*” (Tabla 4.5). Para el caso del punto AA, el índice ABI registra un valor de 59 mientras que BMWP un valor de 76 lo que corresponde a categoría “*Aceptable*”.

GRÁFICO 4.13 ÍNDICES ABI Y BMWP – R. a) PRIMER MUESTREO, b) SEGUNDO MUESTREO



Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

En referencia al índice ASTP, durante el primer muestreo, el mayor valor (4.00) se registra en el punto A, mientras que el menor (3.00) se obtiene en los puntos B y D. Para el caso del segundo muestreo, en los puntos A, C y G se registran valores de 4.13, 4.25 y 4.00 respectivamente, los cuales son los mayores obtenidos durante este muestreo. El valor más bajo (3.00) se registra en los puntos B y D para el caso del primer muestreo; para el segundo, los puntos B y F obtienen valores de 1.50 y 2.86. Los valores bajos de ASTP están asociados a bajos valores del índice BMWP en los puntos B y F lo que significa que existen condiciones graves de

contaminación. El índice ASTP en el punto AA, es relativamente alto en comparación con los otros puntos, el cual registra un valor de 5.43, esto demuestra que, existen taxones que no son resistentes a eventos de contaminación. La métrica AASTP se asocia al promedio de sensibilidad a la contaminación de los taxones presentes considerando el índice ABI. Los valores más bajos de este índice se encuentran en los puntos B y G (2.25 y 2.40) para el primer muestreo y B y F (1.50 y 2.43) para el caso del segundo muestreo lo cual coincide con lo obtenido en ASTP.

TABLA 4.5 ÍNDICES ABI Y BMWP-R POR PUNTO DE MUESTREO

Puntos de Muestreo	Muestreo 1				Muestreo 2			
	ABI	AASTP	BMWP	ASTP	ABI	AASTP	BMWP	ASTP
A	26	3.25	32	4.00	24	3.00	33	4.13
B	9	2.25	12	3.00	3	1.50	3	1.50
C	26	2.89	28	3.11	24	3.00	34	4.25
D	18	2.57	21	3.00	19	2.71	25	3.57
E	22	3.14	27	3.86	16	2.67	22	3.67
F	22	2.75	30	3.75	17	2.43	20	2.86
G	12	2.40	16	3.20	16	2.67	24	4.00

Aguas Arriba - AA			
ABI	AASTP	BMWP	ASTP
59	4.21	76	5.43

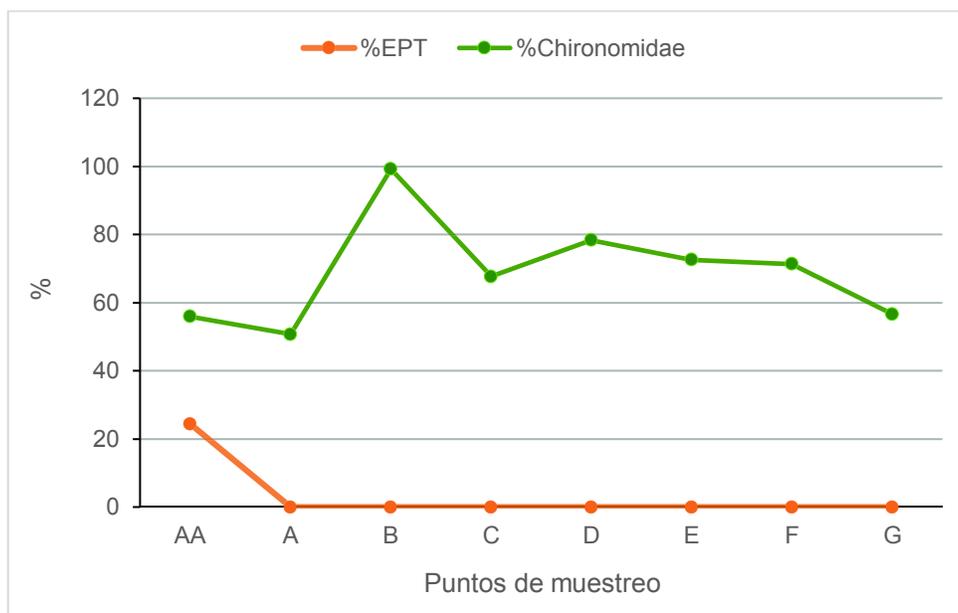
Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

4.1.12. % EPT Y % CHIRONOMIDAE

En el Gráfico 4.13 se puede evidenciar que la abundancia de la familia Chironomidae es evidentemente mayor que la abundancia de las familias EPT, situación que indica que, en general, el río tiene una baja calidad. Tomando en cuenta que el %EPT representa la cantidad de organismos indicadores de aguas de buena calidad y demandantes de altos niveles de oxígeno, como lo son Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera (Ortega et al., 2010), únicamente el punto AA, que registra un valor diferente de cero en esta métrica, se encuentra en mejores

condiciones que los otros puntos muestreados, aunque el porcentaje obtenido lo ubica en la categoría “Regular” (Tabla 4.6).

GRÁFICO 4.14 % EPT Y % CHIRONOMIDAE TOTALES POR PUNTO DE MUESTREO



Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

TABLA 4.6 CALIDAD DE AGUA SEGÚN %EPT

%EPT	CATEGORÍA
75-100	Muy buena
50-74	Buena
25-49	Regular
0-24	Mala

Fuente: (Carrera & Fierro, 2001).

4.1.13. CALIDAD HIDROMORFOLÓGICA

4.1.13.1. Índice de Hábitat Fluvial (IHF)

Los valores de IHF, varían en un rango de 46 a 70 siendo el punto A con el mayor valor y el punto C con el menor, considerando dichos valores, el río se encuentra entre las categorías “*Con Limitaciones*” y “*Adecuado*” (Tabla 4.7). En el punto AA se registra un valor de 81 lo que corresponde a la categoría de calidad “*Adecuado*”.

En el gráfico 4.14, se observa claramente que el apartado *Composición del substrato* es el que tiene una mayor influencia respecto a los otros parámetros. La mayoría de los puntos cuenta con sustratos conformados por grava y arena, cantos y rocas lo que favorece a la formación de diversos hábitats.

TABLA 4.7 ÍNDICE IHF POR PUNTO DE MUESTREO

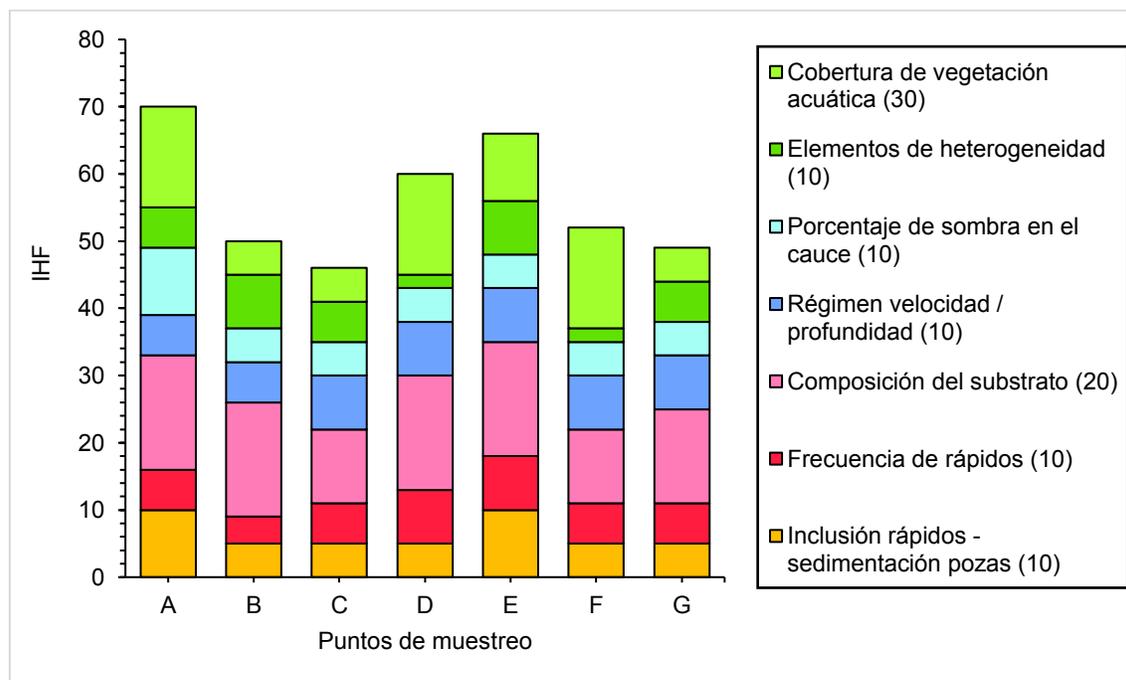
IHF	AA	A	B	C	D	E	F	G
Inclusión rápidos - sedimentación pozas (10)	10	10	5	5	5	10	5	5
Frecuencia de rápidos (10)	10	6	4	6	8	8	6	6
Composición del substrato (20)	20	17	17	11	17	17	11	14
Régimen velocidad / profundidad (10)	10	6	6		8	8	8	8
Porcentaje de sombra en el cauce (10)	10	10	5	5	5	5	5	5
Elementos de heterogeneidad (10)	6	6	8	6	2	8	2	6
Cobertura de vegetación acuática (30)	15	15	5	5	15	10	15	5
TOTAL	81	70	50	46	60	66	52	49

Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

Los sitios D y F obtienen el menor puntaje respecto a *Elementos de heterogeneidad*, lo que significa que en estos puntos no existen los suficientes

atributos para favorecer la presencia de micro hábitats tales como hojarasca, troncos o ramas, raíces expuestas o diques.

GRÁFICO 4.15 ÍNDICE DE HÁBITAT FLUVIAL POR PUNTO DE MUESTREO



Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

En lo que se refiere a *Cobertura de vegetación acuática*, las estaciones que obtienen mayor puntaje son AA, A, D y F, a pesar de que su valor alcanza tan solo la mitad del establecido para este parámetro, esto en vista de que en los puntos mencionados, solo existe cobertura de alrededor del 10% de pecton, plocon y briofitas.

4.1.13.2. Índice de Calidad de Ribera (QBR)

En la Tabla 4.8 se presentan los valores del índice y se distribuyen en tres rangos resultantes: AA y A “*Calidad Buena*” (QBR entre 76-90); D, E, F, G, “*Calidad Aceptable*” (mayor a 55-70), B y C “*Calidad Mala*” (30-50).

El grado de cobertura riparia varía entre 25 y 15 en todos los puntos de muestreo, ya que en la mayor parte de los tramos seleccionados existe alguna clase de vegetación presente. Los puntos que tienen un valor de 15 en este apartado presentan ventanas de pastizales de kikuyo, construcciones (muros de viviendas), agricultura familiar o cría de animales.

TABLA 4.8 ÍNDICE QBR POR PUNTO DE MUESTREO

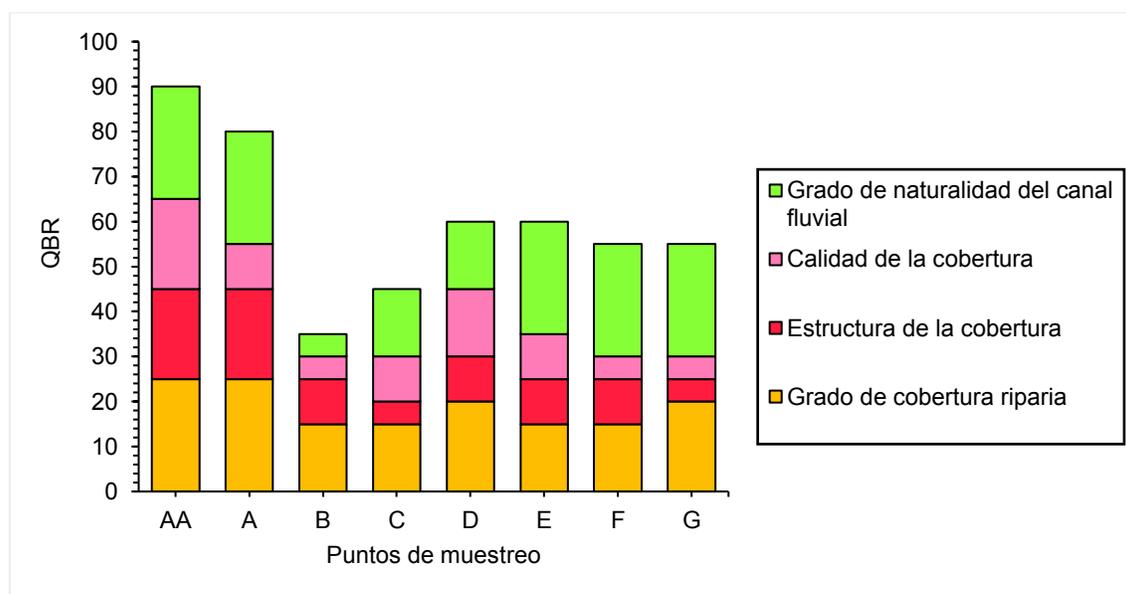
QBR	AA	A	B	C	D	E	F	G
Grado de cobertura riparia (25)	25	25	15	15	20	15	15	20
Estructura de la cobertura (25)	20	20	10	5	10	10	10	5
Calidad de la cobertura (25)	20	10	5	10	15	10	5	5
Grado de naturalidad del canal fluvial (25)	25	25	5	15	15	25	25	25
TOTAL	90	80	35	45	60	60	55	55

Elaborado por: Romero N. y Zúñiga K.

Según el Gráfico 4.15 el punto AA tiene la mayor puntuación en cuanto a la calidad y estructura de la cobertura por la presencia de diferentes especies de árboles nativos como: Guaba (*Inga edulis*), Garcita (*Cleome anómala*) y Colca (*Leandra subseriata*); lo que se corrobora al encontrarse en una zona de protección ecológica y recursos naturales, sin embargo no se excluye la presencia de la especie introducida *Eucalyptus globulos* que se ha expandido formando comunidades en la parte alta de la ribera y asimismo se encuentra en el resto de puntos analizados. En las otras estaciones predominan arbustos nativos como el Lechero (*Sapium glandulosum*), chilca (*Baccharis latifolia*) y algarrobo (*Mimosa quitensis*) y las plantas introducidas producto de la agricultura familiar y del comercio de carrizo (*Phragmites australis*) en las riberas como zambo (*Cucurbita ficifolia*) y fréjol (*Phaseolus vulgaris*). Además existe de manera abundante una enredadera ornamental comúnmente llamada ojos de poeta (*Thunbergia alata*). Cabe señalar que un factor fundamental que influye en la degradación de las riberas es la acumulación de basura en forma de depósitos clandestinos en puntos AA, B, C y en menor medida en el resto de sitios.

El punto B se encuentra modificado transversalmente su cauce por una apilación de tierra, basura y troncos, razón por la cual el grado de naturalidad del canal fluvial tiene el menor puntaje. El punto C y D presentan construcciones de concreto dentro del cauce modificando totalmente el sustrato del lecho del río y por ende la generación de micro hábitats decrece.

GRÁFICO 4.16 ÍNDICE DE CALIDAD DE RIBERA POR PUNTO DE MUESTREO.



Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

4.2. DISCUSIÓN

4.2.1. CALIDAD ECOLÓGICA DEL RÍO USHIMANA EN FUNCION DEL USO DEL SUELO

Las diferencias observadas en la química del agua entre los 8 sitios de muestreo se relacionan con fuentes de contaminación puntuales, principalmente descargas directas residenciales y no puntuales, producto de la escorrentía superficial con carga de contaminantes de origen agrícola. La elevada demanda química de oxígeno, relacionada con un alto rango de nutrientes que se obtuvieron en este

estudio ratifica esta información. Sin embargo dentro de los tres pilares fundamentales que conforman una evaluación ecológica, los macroinvertebrados jugaron un papel fundamental en reafirmar el deterioro del río Ushimana; en determinados puntos de muestreo más que en otros, ya que se ubican en diferentes usos de suelo.

Los puntos de muestreo estratégicamente ubicados, proporcionan información importante respecto a la calidad ecológica en función de su localización (Shieh et al., 2003). En el punto AA, cuya clasificación corresponde a Protección Ecológica – Recursos Naturales, acorde con la tabla 4.9 los índices biológicos e hidromorfológicos señalan una calidad *Aceptable*. A pesar que el ICA determina que esta estación se encuentra *Poco Contaminada*, la presencia de Polycentropodidae con un valor de sensibilidad a perturbaciones exógenas de 9 y 8 en los índices BMWP y ABI respectivamente, reivindica a este sitio como de referencia ante un escenario de contaminación extendida. Otro factor importante que se evidenció en el sitio AA, es el alto aporte de individuos de la subfamilia Tanypodinae, según Bojsen & Jacobsen (2003), este organismo se relaciona positivamente con la cubierta de dosel, lo que concuerda con el uso del suelo al que pertenece el lugar.

Los puntos D y C que se localizan en una zona agrícola, presentan la mayor cantidad de familias (Ver tabla 4.10), por lo que el índice de riqueza de Fisher alpha totaliza el valor más alto de 2.36 para el punto C, sin embargo esto no significa que su calidad sea aceptable, pues esta clase de índices tan solo son descriptores de la estructura cuantitativa de una taxa y no valoran las cualidades específicas de cada organismo (Ramírez, 1999). El incremento de los valores de los índices de diversidad para el segundo muestreo, fue ocasionado por el drástico descenso de las abundancias de individuos producto del aumento del caudal y nivel del agua a raíz de las intensas precipitaciones en la zona, esto en conformidad con estudios realizados por Ladrera (2012); Molina et al., (2008), que han determinado que los mencionados factores son los que más influencia aportan sobre las densidades de macroinvertebrados en ríos neotropicales, así como en su composición.

TABLA 4.9 EVALUACIÓN ECOLÓGICA DEL RÍO USHIMANA

Punto de muestreo	ICA		BMWP		ABI		QBR	IHF
	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 1	Muestreo 2		
AA	Poco Contaminado (62.59)		Aceptable (76)		Aceptable (59)		Bueno (90)	Adecuado (81)
A	Poco Contaminado (51.23)	Contaminado (49.23)	Crítica (32)	Crítica (33)	Crítica (26)	Crítica (24)	Bueno (80)	Adecuado (70)
B	Contaminado (46.4)	Contaminado (40.92)	Muy Crítica (12)	Muy Crítica (3)	Muy Crítica (9)	Muy Crítica (3)	Malo (35)	Con Limitaciones (50)
C	Poco Contaminado (51.22)	Contaminado (46.07)	Crítica (28)	Crítica (34)	Crítica (26)	Crítica (24)	Malo (45)	Con Limitaciones (46)
D	Contaminado (47.63)	Contaminado (47.89)	Crítica (21)	Crítica (25)	Crítica (18)	Crítica (19)	Intermedio (60)	Adecuado (60)
E	Contaminado (43.68)	Contaminado (45.23)	Crítica (27)	Crítica (22)	Crítica (22)	Crítica (16)	Intermedio (60)	Adecuado (66)
F	Contaminado (47)	Contaminado (44.77)	Crítica (30)	Crítica (20)	Crítica (22)	Crítica (17)	Intermedio (55)	Con Limitaciones (52)
G	Contaminado (40.21)	Contaminado (45.01)	Muy Crítica (16)	Crítica (24)	Muy Crítica (12)	Muy Crítica (16)	Intermedio (55)	Con Limitaciones (49)

Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

Acorde a los índices bióticos ABI y BMWP, se puede inferir la mala calidad de los puntos D y C debido a la presencia de familias tolerantes (Physidae, Lymnaeidae, Sphaeriidae, Glossiphonidae) y muy tolerantes a la contaminación (Tubificidae, Haplotaxida, Syrphidae, Hyalellidae, Muscidae, Chironomidae). Dentro de estas familias las más abundantes fueron Haplotaxidae y Chironomidae (Orthocladiinae y Chironominae).

En concordancia con Pave & Marchese (2005), Azrina, Yap, Rahim Ismail, Ismail, & Tan (2006), Correa-Araneda et al. (2010) y Chang et al., (2014) el orden Oligochaeta es un buen indicador de altas concentraciones de contaminantes, pues se ha demostrado su capacidad de tolerar condiciones muy desfavorables. Respecto a la familia Chironomidae, sus eficientes mecanismos de recolonización

frente a condiciones fluctuantes, la han permitido habitar en todo tipo de hábitats acuáticos (Acosta, 2009).

TABLA 4.10 FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS PRESENTES DE ACUERDO AL USO DEL SUELO

USO DE SUELO	FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS
INDUSTRIAL (B-G)	Haplotaixidae, Chironomidae, Staphylinidae, Physidae, Glossiphoniidae, Psychodidae, Hidrophilidae, Baetidae, Sphaeriidae.
RESIDENCIAL (E-A)	Haplotaixidae, Chironomidae, Baetidae, Physidae, Lymnaeidae, Sphaeriidae, Simuliidae, Glossiphonidae, Psychodidae*, Tipulidae, Sminthuridae, Tubificidae, Baetidae, Hidrophilidae, Gerridae.
AGRÍCOLA (D-C)	Haplotaixidae, Chironomidae, Glossiphoniidae, Tubificidae, Simuliidae, Empididae*, Muscidae, Syrphidae*, Psychodidae, Phoridae*, Physidae, Hyalellidae, Hydrachnidae, Lymnaeidae, Pyralidae*, Baetidae, Ceratopogonidae*, Sphaeriidae, Sminthuridae.
AGRÍCOLA - RESIDENCIAL(F)	Haplotaixidae, Chironomidae, Glossiphonidae, Tubificidae, Simuliidae, Psychodidae, Pyralidae*, Physidae, Baetidae, Sphaeriidae, Certapogonidae*.
PROTECCIÓN ECOLÓGICA (AA)	Haplotaixidae, Simuliidae, Chironomidae, Tipulidae, Psicodidae, Ceratopogonidae, Empididae, Dolichopodidae, Baetidae, Dysticidae, Scirtidae, Gerridae, Plocentropodidae, Aeshinae.

(*familias con un solo individuo)

Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

Los sectores residencial (E y A) y agrícola-residencial (F), también presentan una calidad crítica. De igual forma el predominio de Chironomidae (Orthocladiinae y Chironominae) y Haplotaixida, estuvo en función de las descargas directas por tuberías de las viviendas que se localizan en la zona. Además la construcción de muros y en menor medida, la deforestación de las riberas por la siembra de cultivos en los puntos E y F, en relación con una calidad intermedia del QBR, influyen en la

presencia del orden Oligochaeta así lo demuestran estudios en los que estos organismos incrementaron su densidad con la disminución de la cubierta del dosel (Bojsen & Jacobsen, 2003).

Los puntos G y B, que se ubican en una zona industrial, son los más afectados por los impactos antropogénicos. La reducción de la diversidad y el aumento del dominio de un sitio por un solo grupo de especies (Azrina et al., 2006) es característica en el punto B. La presencia de 12.217 individuos del quironómido rojo (*Chironomus cf. plumosus*) (Ver Anexo 8), que por su característica particular de poseer hemoglobina y poder explotar hábitats pobres en oxígeno; indica una muy crítica degradación del ecosistema acuático. En cuanto al punto G, como se ha mencionado anteriormente, es el sitio más crítico para las dos épocas del estudio pues al estar situado en el cauce principal y en la zona más baja y por ende mayormente urbanizada, los afluentes con carga contaminante proveniente de las quebradas principales llegan a este lugar, es así, que su abundancia es la menor durante ambos muestreos (456 y 31), además que está representada por las familias mayormente tolerantes a la contaminación. Esto revela que el ecosistema está en un proceso de deterioro continuo, pues incluso los organismos más tolerantes comienzan a desaparecer.

4.2.2. GRUPOS FUNCIONALES

Autores como Ferru & Fierro (2015); Gutiérrez-López et al., (2017); Rodríguez-Barrios et al., (2011) sugieren que los grupos de colectores-recolectores dominan en abundancia en ríos del Hemisferio Sur, tal como se evidenció en el río Ushimana, en el cual las subfamilias Orthoclaadiinae y Chironominae, representan el 93.9% del total del ensamble de macroinvertebrados. Su dieta es básicamente la misma: abundante presencia de materia orgánica en forma de detritus fino, fragmentos de hojarasca y madera y hongos (Henriques-Oliveira et al., 2003). Al igual que lo afirmado por Ambrosio (2014), se pudo evidenciar que el dominio de este grupo indica una seria afectación del río Ushimana por contaminación orgánica e inorgánica.

Los filtradores se encuentran en segundo lugar de relevancia con el 2.75% de aporte de individuos. Su alimento esencial es el detritus fino que se encuentra en suspensión. Del mismo modo que los Colectores- Recolectores, se relacionan con la presencia de contaminación orgánica, pero en lugares donde el flujo sea alto, para capturar con mayor facilidad la materia orgánica particulada fina (Tomanova et al., 2007). La principal familia que se encuentra en este grupo es Simuliidae, catalogada como indicador de aguas relativamente limpias (Ciadamidaro et al., 2016). Por tal razón, esta familia aprovechó los aumentos de materia orgánica suspendida en el río Ushimana para alimentarse e incremento su número, sobretodo en el punto A, en el cual la calidad fisicoquímica del agua de acuerdo al ICA indica poca contaminación.

Los predadores-detritívoros que registraron el 2.69% de la abundancia, están representados por una única familia: Glossiphoniidae, Mazzoni et al., (2014), afirman que si bien Glossiphoniidae puede encontrarse en todo tipo de calidad de agua, en sitios muy contaminados su abundancia es mayor. En varios estudios de zonas templadas, esta taxa está clasificada como depredadora de pequeños moluscos, quironómidos y oligoquetos (Ambrosio, 2014; Confederación Hidrográfica del Ebro, 2009; Wrona et al., 1979). Por otro lado, Rivera et al. (2013), en función del análisis de su tracto digestivo, la cataloga como detritívora. En el río Ushimana se presentan ambos tipos de alimento, que contribuyeron a una elevada abundancia de Glossiphoniidae en los puntos D, E, F y G.

De acuerdo con el concepto del río continuo, que describe la función y estructura de las comunidades bénticas a lo largo de una corriente, el río Ushimana debería estar representado principalmente por colectores y raspadores, situación que no se cumple, pues los raspadores representan un pequeño porcentaje (0.13%), esto se da porque los sólidos suspendidos provocan un aumento de la sedimentación en la superficie del sustrato, por lo tanto la producción de perifiton, su principal alimento, se ve afectada (Fossati et al., 2003). De igual forma los depredadores apenas representan el 0.41 %, ya que responden negativamente al incremento de detritus (Reynaga & Dos Santos, 2012) y a la dificultad para moverse y buscar sus presas

en un ecosistema altamente perturbado con gran presencia de sólidos en suspensión, y detergentes que afectan a la tensión superficial (Ambrosio, 2014).

Los trituradores son el grupo más escasamente representado en el neotrópico, condición atribuida principalmente al reemplazo de su función por parte de los colectores (Rodríguez-Barrios et al., 2011), la inexistencia de suficiente materia gruesa (Ferru & Fierro, 2015); la presencia de una elevada concentración de taninos en las hojas de la flora de la zona de estudio que les resulta tóxico (Bojsen & Jacobsen, 2003) o a su vez las hojas de los árboles no nativos (*Eucalyptus globulus*) les resultan menos apetecibles (Bücker, Sondermann, Frede, & Breuer, 2010). Además, la mala calidad físico-química del agua pudo influir en su reducida presencia (Bücker et al., 2010).

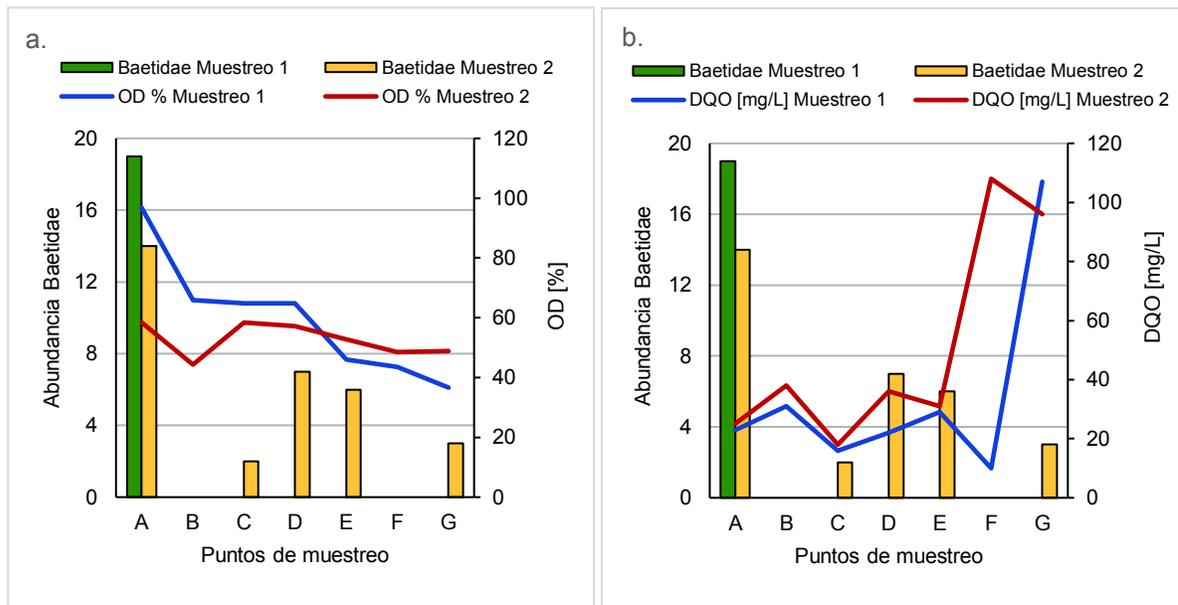
4.2.3. MACROINVERTEBRADOS Y PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS

Como se puede observar en los Gráficos 4.16 y 4.17, al relacionar la abundancia de las diferentes familias con los parámetros fisicoquímicos obtenidos, se determina que las familias Baetidae y Simuliidae responden negativamente al decrecimiento de oxígeno disuelto en el agua y al incremento de DQO y nitrógeno amoniacal (Gráfico 4.18).

Los resultados obtenidos, coinciden con lo realizado por Gil (2014); Yépez et al. (2017) donde el porcentaje de saturación de oxígeno y la demanda química de oxígeno fueron los parámetros que más influenciaron sobre la abundancia de macroinvertebrados, específicamente de la familia Baetidae en un sitio con descargas agrícolas-industriales. No obstante esto no indica que Baetidae al igual que Simulidae se consideren familias indicadores de aguas limpias, sino que muestra su rango de tolerancia a cierto grado de contaminación (Ríos-Touma et al., 2014), es así que se la encuentra en lugares con saturación de oxígeno de alrededor 35 - 65%. Otros factores con los que se puede relacionar su presencia en sitios muy contaminados son la velocidad de la corriente y la deriva en aguas en

movimiento la cual puede arrastrar especies desde la parte alta del río (Forero Céspedes et al., 2017; Yépez et al., 2017)

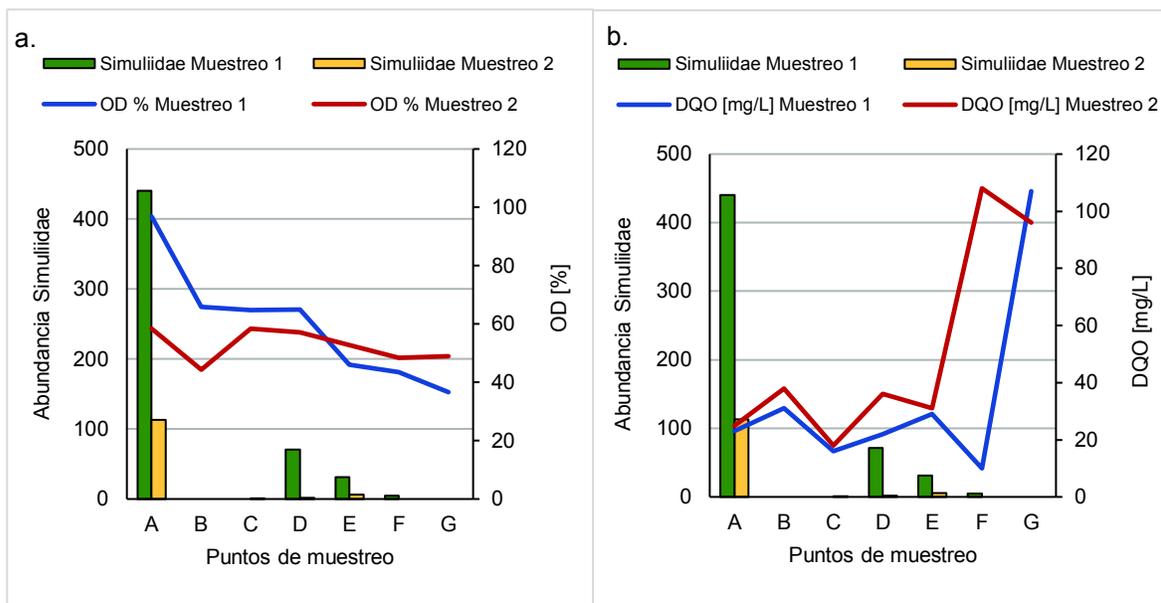
GRÁFICO 4.17 RELACIÓN DE LA FAMILIA BAETIDAE CON VALORES DE OD [%] (a), DQO [mg/L] (b).



Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

En estudios desarrollados en ríos ecuatorianos por Rosero et al. (2008), se determinó que la subfamilia Chironominae fue la más abundante, tanto en época seca como en época lluviosa, situación similar a la obtenida en este análisis ya que se registró un valor de 50% como abundancia mínima y 99% como abundancia máxima de esta subfamilia tomando en cuenta los dos muestreos realizados en distintas temporadas. Estudios realizados por Chalar (1994), determinaron la presencia de la subfamilia Chironominae en una estación de muestreo con niveles elevados de contaminación por vertidos orgánicos industriales y desechos químicos; de manera similar, en el presente estudio, dicha subfamilia tuvo una relación directa específicamente con el incremento de la concentración de nitrógeno amoniacal el cual consume oxígeno para oxidarse a nitratos lo que reduce la disponibilidad de oxígeno en el agua (Ronzano & Dapena, 2003).

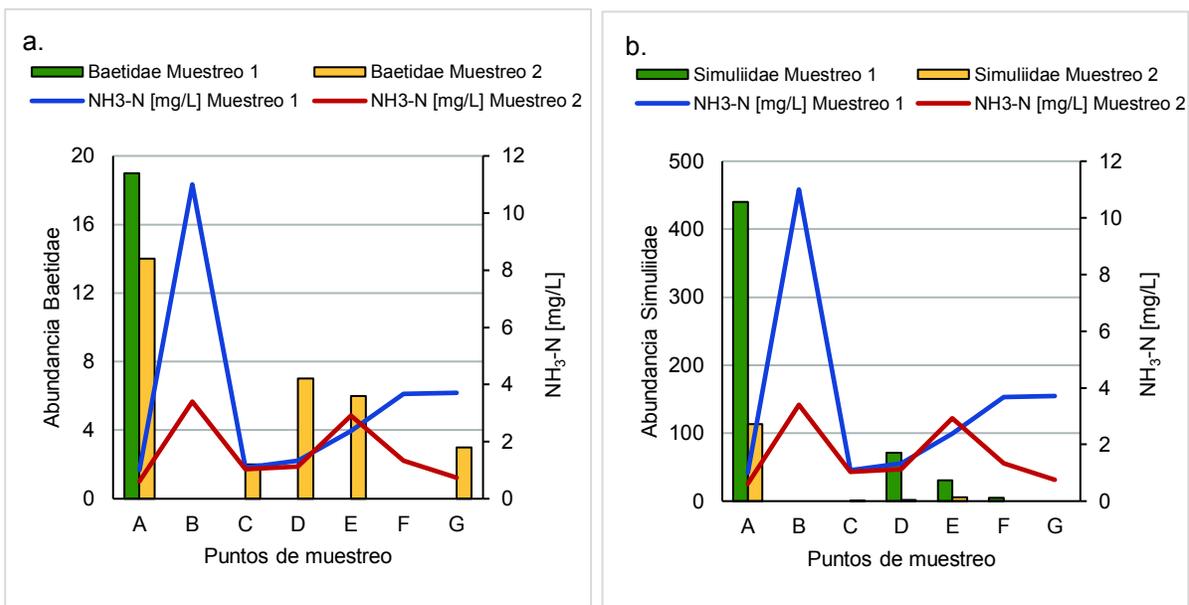
GRÁFICO 4.18 RELACIÓN DE LA FAMILIA SIMULIIDAE CON VALORES DE OD [%] (a), DQO [mg/L] (b).



Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

La subfamilia Tanypodinae, perteneciente a la familia Chironomidae, se encuentra en aguas lentas, existen algunos géneros que se han readaptado a aguas que fluyen rápidamente y que cuentan con buena oxigenación (Greeson, 1982) es así que en el sitio de referencia de este estudio, donde se registró la menor concentración de nitrógeno amoniacal y consecuentemente mayor concentración de oxígeno disuelto, la abundancia de esta subfamilia se incrementó significativamente en relación a la abundancia registrada en los otros puntos de monitoreo. En el punto de referencia se encontraron 58 individuos mientras que en los otros puntos, durante el primer y segundo muestreo, se registraron tan solo 12 individuos entre todos los sitios.

GRÁFICO 4.19 RELACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS CON VALORES DE NITRÓGENO AMONIACAL [mg/L]. BAETIDAE (a), SIMULIIDAE (b)



Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

4.2.4. RESILIENCIA DEL ECOSISTEMA FLUVIAL

Es importante mencionar que en el ecosistema acuático analizado, se pueden evidenciar procesos de autodepuración en ciertos tramos como en el punto A el cual a pesar de la existencia de eventos de contaminación, cuenta con niveles altos de oxígeno disuelto, situación que se ve favorecida por la morfología del sitio que contribuye a la formación de zonas de turbulencia, de tal manera que se consigue una mayor superficie de contacto entre el aire y el agua, incrementando la velocidad a la que el oxígeno se disuelve (Suárez, 2008).

Al existir alteraciones antrópicas, los organismos presentes en ecosistemas acuáticos tienden a disminuir su diversidad y composición ya que usualmente no poseen mecanismos de respuesta ante este tipo de alteraciones, aun así, tratan de llegar a una estabilidad comunitaria a través de la resiliencia, que se refiere a absorber las perturbaciones de tal manera que sea posible el retorno a las condiciones previas a la perturbación (Rader et al., 2008). Los factores que inciden

en dicho estado de resiliencia en el río Ushimana, son principalmente la morfología del cauce y en menor medida el hábitat ribereño. Los valores del IHF que se relacionan con el primer factor, varían entre *Adecuado* y *Con Limitaciones* en sitios donde ABI y BWMP muestran una calidad crítica del recurso. Por lo tanto el río presenta una potencialidad en la generación de micro hábitats para los macroinvertebrados, sin embargo la contaminación no permite que estos nichos sean ocupados por organismos sensibles, situación se asemeja al estudio realizado por Acosta (2009) en los ríos Pita y San Pedro.

Por otra parte, el QBR se encuentra entre *Buena*, *Intermedia* y *Mala Calidad*, principalmente por la presencia de basura, la introducción de la especie erosiva *Eucalyptus globulos*, en prácticamente toda la microcuenca, el desarrollo de actividades de agricultura y cría de animales en zonas aledañas así como también construcciones de viviendas cerca al río. A pesar de que estos factores influyen negativamente en las riberas, estas aún conservan cierto grado de cobertura vegetal representada principalmente por arbustos nativos y plantas trepadoras que colaboran con sombra al cauce y la estabilización de los márgenes.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

El ICA calculado, demuestra que el río Ushimana se encuentra en un estado de contaminación grave ya que los valores obtenidos en todos los puntos se encuentran categorizados como “*Contaminados*” a excepción del sitio de referencia el cual se encuentra “*Poco contaminado*”. Considerando dichas categorías, el río es apto para la vida de organismos acuáticos que sean muy resistentes a la contaminación, además puede ser utilizado para riego de ciertos cultivos que requieran un proceso previo a su consumo.

La contaminación del cuerpo hídrico, evidenciada en los parámetros físico-químicos, es consecuencia de las actividades desarrolladas en la zona sumada a una deficiente gestión sanitaria en la parroquia Alangasí. Las zonas con uso de suelo residencial, agrícola e industrial por las que atraviesa el río Ushimana se encuentran en un estado grave de contaminación, evidenciado por las altas concentraciones de DQO y nutrientes. Por su parte, en la zona de uso de suelo correspondiente a protección ecológica, la calidad fisicoquímica del agua mejora, al presentarse bajos registros para las variables nitrógeno amoniacal y ortofosfatos y valores aceptables de oxígeno disuelto.

Se identifican 13 órdenes, 28 familias y 5 subfamilias de Chironomidae. La familia Chironomidae es la predominante, con una abundancia relativa de 84.66%, porcentaje que indica que el río presenta una situación de contaminación crítica tomando en cuenta que esta familia es tolerante a la polución y es característica de aguas anóxicas. Otras familias abundantes son Haplotaxidae (8.82%) y Glossiphoniidae (2.69%) que toleran bajos niveles de oxígeno, y son consideradas indicadores de aguas eutroficadas.

En el sitio de referencia (AA), se registra un mayor número de taxones respecto a los otros puntos analizados, en este punto, las familias Baetidae y Polycentropodidae evidencian un incremento de su abundancia en comparación a las otras estaciones de muestreo, lo obtenido refiere que las condiciones ambientales son mejores en este punto ya que estas familias generalmente se las encuentra en quebradas y ríos sin contaminación significativa.

Las familias de macroinvertebrados más abundantes proporcionan la mayor información acerca de la biología del río, sin embargo, en el presente estudio solo 6 de las 28 familias que se registran son representativas a lo largo de los sitios de muestreo (Polycentropodidae, Baetidae, Simuliidae, Dytiscidae, Chironomidae, Glossiphoniidae y Haplotaxidae); las 22 familias restantes corresponden a menos del 1% de la abundancia relativa por estación; esto significa que los grupos menos favorecidos además de ser sensibles durante los procesos de contaminación, sus nichos ecológicos se ven rápidamente ocupados por los organismos oportunistas en este caso Chironomidae.

Dentro de los grupos funcionales alimenticios, los Colectores - Recolectores corresponden al 93,96% de individuos, los Filtradores y Detritívoros-Depredadores representan el 2,75% y 2,69% respectivamente, esto indica una alta carga orgánica presente en el ecosistema fluvial compuesta principalmente por detritus fino.

Polycentropodidae y Chironomidae (Tanypodinae) se evidencian como familias que pueden ser indicadoras de ecosistemas acuáticos relativamente "sanos" dentro de la microcuenca del río Ushimana. Las familias Baetidae y Simuliidae indican aguas medianamente contaminadas, o a su vez pueden representar un ecosistema fluvial que está en proceso de restauración, por su parte Oligochaeta y Chironomidae (Chironominae), evidencian ecosistemas realmente perturbados.

El alto % Chironomidae (entre 50% y 91%) en todas las estaciones de muestreo, en contraste con el % EPT de 24,42% de la estación AA, evidencian la dominancia de la familia Chironomidae, tolerante a la contaminación, a lo largo de todo el tramo

analizado en el río Ushimana, a la vez que demuestra en el resto de sitios analizados, no existe la calidad ecológica adecuada para mantener en el mismo hábitat a los organismos mayormente sensibles a las perturbaciones antropocéntricas: ephemeropteras, plecópteras y tricópteras.

La gran variabilidad de abundancias de individuos entre sitios y temporadas de muestreo, en este estudio, es un factor que incide en sesgos al momento de la interpretación de los índices de diversidad, por lo tanto no resultaría eficaz basar el análisis de calidad del recurso solamente en sus resultados.

En base a los resultados de los índices ABI, BMWP y ASTP, se determina que el río se encuentra con altos niveles de contaminación en todos los puntos analizados ya que los valores obtenidos lo ubican entre las categorías “*Pésimo*” y “*Malo*” para el caso de ABI y entre “*Muy Crítica*” y “*Crítica*” para el caso de BMWP. Los resultados bajos en estos índices, se deben a la dominancia de familias de macroinvertebrados tolerantes a la contaminación. En el sitio de referencia, los índices son mayores y se categoriza como “*Bueno*” y “*Aceptable*” para ABI y BMWP respectivamente, esto ocurre por una mayor riqueza de taxones intolerantes a la polución, situación que se ve favorecida por mejores características físico-químicas del agua respecto a los otros sitios.

La calidad hidromorfológica del río Ushimana en función del índice QBR establece una “Buena” calidad en los puntos de muestreo más altos (AA - A) debido a la presencia de árboles y arbustos nativos que recubren en su mayoría los sitios de análisis. Se presenta una calidad “Intermedia” y “Mala” en el resto de lugares, producto de la ocupación de las riberas por cultivos familiares, viviendas, pastizales para el pastoreo de animales y depósitos de basura.

Respecto al cauce fluvial, el índice IHF evidencia una “Adecuada” y “Adecuada con limitaciones” calidad, esto sugiere que el río Ushimana tiene una gran capacidad para generar micro hábitats que sirven como refugio para los macroinvertebrados

acuáticos, así como también revela su potencialidad de re-oxigenación producto de la variedad de zonas rápidas y presencia de rocas grandes.

5.2. RECOMENDACIONES

Una franja riparia de vegetación natural autóctona de la zona, debe implementarse o en su caso mantenerse con el fin de reducir la contaminación difusa proveniente la escorrentía superficial de las actividades agrícolas que se desarrollan, además de aumentar la conectividad local y favorecer en la diversidad de especies, no solo de macroinvertebrados, sino de pequeños mamíferos y aves autóctonas de los valles interandinos.

Para mejorar la gestión del recurso hídrico es importante desarrollar un índice de calidad biológica multimétrico para el Ecuador, que muestre la realidad de la fauna béntica propia del país, en función de los diversos ecosistemas que se presentan a lo largo de los diferentes pisos altitudinales.

Es indispensable crear una red de información entre las instituciones públicas y privadas que se dediquen al estudio ecológico de cuerpos hídricos en el país, de esta forma se podría normalizar protocolos de muestreo en cada región, además de tener conocimiento de las comunidades relevantes de acuerdo a un sitio geográfico específico o a un tipo de impacto antropogénico en particular.

En general los resultados de este proyecto muestran la necesidad urgente de que las autoridades municipales de la parroquia Alangasí regulen las descargas residuales directas al río, las cuales se presentan en prácticamente toda la microcuenca, y con mayor intensidad en las áreas densamente pobladas. Asimismo deben realizar programas de monitoreo que contemplen la evaluación de parámetros fisicoquímicos, biológicos e hidromorfológicos. De esta forma se puede aplicar medidas correctivas en sitios donde los impactos antrópicos se presenten con mayor intensidad y conservar los sitios levemente afectados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, R. (2009). *Estudio de la cuenca altoandina del río Cañete (Perú): distribución altitudinal de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y caracterización hidroquímica de sus cabeceras cársticas. Universitat de Barcelona. Recuperado el 29 de julio de 2017, a partir de <http://www.ub.edu/fem/index.php/es/publicaciones/tesisdoctorales>*
- Acosta, R., Ríos-Touma, B., Rieradevall, M., & Prat, N. (2009). *Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. 28, 1(Limnetica), 35-64. Recuperado el 7 de abril de 2017, a partir de [http://www.ub.edu/riosandes/docs/Limnetica%2028\(1\)%2004%20Acosta.pdf](http://www.ub.edu/riosandes/docs/Limnetica%2028(1)%2004%20Acosta.pdf)*
- Agència Catalana de l'Aigua. (2006). *Protocolo para la valoración de la calidad hidromorfológica de los ríos. Recuperado el 30 de mayo de 2017, a partir de https://aca-web.gencat.cat/aca/documents/ca/directiva_marc/manual_hidri_cas.pdf*
- Alba-Tercedor, J. (1996). *Macroinvertebrados acuáticos y calidad del agua de los ríos, IV Simposio del Agua en Andalucía.*
- Ambrosio, E. (2014). *Hábitat y grupos funcionales alimentarios de los macroinvertebrados bentónicos en la costa Bonaerense del río de La Plata: relación con la contaminación. UNLP. Recuperado el 15 de junio de 2017, a partir de*

http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/33628/Documento_completo__S.%20Tesis%20Doctoral.pdf?sequence=1

American Public Health Association, American Water Works Association, & Water Environmental Federation. (1999). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Recuperado el 3 de junio de 2017, a partir de <http://www.translatorscafe.com/cafe/file/?id=73622>

Arce, M. F., & Leiva, M. A. (2009). Determinación de la calidad de agua de los ríos de la ciudad de Loja y diseño de líneas generales de acción para su recuperación y manejo. UTPL, Loja. Recuperado el 8 de abril de 2017, a partir de

https://www.google.com/search?q=utpl+maria+fernanda+arce&ie=utf-8&oe=utf-8&client=firefox-b-ab&gfe_rd=cr&ei=gUE-WJKSEvSw8wf1i6SICA#

Arcos, I. (2005). Efecto del ancho de los ecosistemas riparios en la conservación de la calidad del agua y la biodiversidad en la subcuenca del Río Copán, Honduras (Tesis Msc.). CATIE. Recuperado el 15 de mayo de 2017, a partir de <http://www.sidalc.net/repdoc/a0683e/a0683e.pdf>

*Azrina, M. Z., Yap, C. K., Rahim Ismail, A., Ismail, A., & Tan, S. G. (2006). Anthropogenic impacts on the distribution and biodiversity of benthic macroinvertebrates and water quality of the Langat River, Peninsular Malaysia. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 64(3), 337-347. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2005.04.003>*

Ballarín, D., & Rodríguez, I. (2013). Hidromorfología fluvial: algunos apuntes aplicados a la restauración de ríos en la cuenca del Duero. Valladolid.

- Baron, J. S., Poff, N. L., Angermeier, P. L., Dahm, C. N., Gleick, P. H., Hairston, N. G., ... Steinman, A. D. (2002). *Meeting Ecological and Societal Needs for Freshwater. Ecological Applications*, 12(5), 1247.
<https://doi.org/10.2307/3099968>
- Barrenechea, A. (2005). *Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua. Recuperado el 5 de mayo de 2017, a partir de*
<http://www.ingenieroambiental.com/4014/uno.pdf>
- Blinn, C. R., & Kilgore, M. A. (2004). *Riparian Management Practices in the Eastern U.S.: A Summary of State Timber Harvesting Guidelines. Water, Air and Soil Pollution: Focus*, 4(1), 187-201.
<https://doi.org/10.1023/B:WAFO.0000012819.24003.16>
- Bojsen, B. H., & Jacobsen, D. (2003). *Effects of deforestation on macroinvertebrate diversity and assemblage structure in Ecuadorian Amazon streams. Archiv Für Hydrobiologie*, 158(3), 317-342.
<https://doi.org/10.1127/0003-9136/2003/0158-0317>
- Boutin, C., Jobin, B., & Bélanger, L. (2003). *Importance of riparian habitats to flora conservation in farming landscapes of southern Québec, Canada. Agriculture, Ecosystems & Environment*, 94(1), 73-87.
[https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(02\)00014-2](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(02)00014-2)
- Bücker, A., Sondermann, M., Frede, H.-G., & Breuer, L. (2010). *The influence of land-use on macroinvertebrate communities in montane tropical streams – a case study from Ecuador. Fundamental and Applied Limnology / Archiv Für Hydrobiologie*, 177(4), 267-282. <https://doi.org/10.1127/1863-9135/2010/0177-0267>

- Cabezas, V. (2015). *Evaluación de la calidad del agua del río Ushimana en el área de influencia de la parroquia Alangasí y propuesta del plan de gestión de las descargas contaminantes de la zona de estudio. (Thesis)*. Quito, 2015. Recuperado a partir de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/11927>
- Carrera Reyes, C., & Fierro Peralbo, K. (Eds.). (2001). *Manual de monitoreo los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua (1. ed)*. Quito, Ecuador: EcoCiencia.
- Carvacho, C. (2012). *Estudio de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos y desarrollo de un índice multimétrico para evaluar el estado ecológico de los ríos de la cuenca del Limar en Chile*. Instituto del Agua, Barcelona. Recuperado el 4 de junio de 2017, a partir de http://www.ub.edu/fem/docs/treballs/TESIS_MASTER_Caroline%20Carvacho.pdf
- Chang, F.-H., Lawrence, J. E., Rios-Touma, B., & Resh, V. H. (2014). *Tolerance values of benthic macroinvertebrates for stream biomonitoring: assessment of assumptions underlying scoring systems worldwide*. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186(4), 2135-2149. <https://doi.org/10.1007/s10661-013-3523-6>
- Chávez Sifontes, J. M., & Orantes Guerrero, E. E. (2010). *Reconocimiento de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos como alternativa para determinar la calidad del agua del Río Sensunapán, departamento de Sonsonate, El Salvador, CA*. Universidad de El Salvador. Recuperado el 12 de abril de 2017, a partir de <http://ri.ues.edu.sv/935/>

- Ciadamidaro, S., Mancini, L., & Rivosecchi, L. (2016). *Black flies (Diptera, Simuliidae) as ecological indicators of stream ecosystem health in an urbanizing area (Rome, Italy)*. *Annali Dell'Istituto Superiore Di Sanità*, (2). https://doi.org/10.4415/ANN_16_02_20
- Concejo Metropolitano de Quito. (2002). *Plan de Uso y Ocupación del Suelo*. Recuperado el 2 de junio de 2017, a partir de http://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/Ordenanzas/ORDENANZAS%20A%C3%91OS%20ANTERIORES/ORDZ-008%20-%20PUOS%20-%20PLAN%20DE%20USO%20Y%20OCUPACION%20DEL%20SUELO.pdf
- Confederación Hidrográfica del Ebro. (2009). *Guía de campo Macroinvertebrados de la cuenca del Ebro*. Recuperado el 17 de julio de 2017, a partir de <http://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/materialesdidacticos/otros/guia-macroinvertebrados.pdf>
- Convenio ANAM-ACP. (2006). *Monitoreo de la cuenca hidrográfica del Canal de Panamá*. Recuperado el 8 de mayo de 2017, a partir de <http://www.cich.org/Publicaciones/05/diagnostico-socioambiental-san-cristobal.pdf>
- Correa-Araneda, F., Rivera, R., Urrutia, J., De Los Rios, P., Contreras, Á., & Encina-Montoya, F. (2010). *Efectos de una zona urbana sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos de un ecosistema fuvial del sur de Chile*. *Limnetica*, 29(2).
- Couceiro, S. R. M., Hamada, N., Forsberg, B. R., Pimentel, T. P., & Luz, S. L. B. (2012). *A macroinvertebrate multimetric index to evaluate the biological*

- condition of streams in the Central Amazon region of Brazil. Ecological Indicators, 18, 118-125. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.11.001>*
- Diersing, N. (2009). Water quality: frequently asked questions. Recuperado el 3 de julio de 2017, a partir de <http://floridakeys.noaa.gov/scisummaries/wqfaq.pdf>*
- Dirección de Medio Ambiente, DMQ. (1998). Manual para muestreo de aguas y sedimentos. Recopilación bibliográfica (Primera edición). Quito, Ecuador.*
- Directiva Marco del Agua. (2013). Metodología para el establecimiento del Estado Ecológico según la Directiva Marco del Agua.*
- Domínguez, E., & Fernández, H. R. (Eds.). (2009). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología. Tucumán, Argentina: Fundación Miguel Lillo.*
- Elosegi, A., & Sabater, S. (2009). Conceptos y técnicas en ecología fluvial. Bilbao: Fundación BBVA.*
- Encalada, A. (2010). Funciones ecosistémicas y diversidad de los ríos: Reflexiones sobre el concepto de caudal ecológico y su aplicación en el Ecuador. Polémika, 5(1). Recuperado el 15 de mayo de 2017, a partir de <http://revistas.usfq.edu.ec/index.php/polemika/article/view/370>*
- Escobar Llanos, J. (2002). La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar. Santiago de Chile: CEPAL, División de Recursos Naturales e Infraestructura.*
- Fagúndez, S. (2012). Evaluación de la calidad de agua del Arroyo Flores (San José, Uruguay) mediante macroinvertebrados bentónicos como indicadores de contaminación orgánica. Uruguay. Recuperado el 9 de abril de 2017, a*

partir de

https://www.google.com/search?q=evaluaci%C3%B3n+de+la+calidad+de+agua+del+arroyo+flores&ie=utf-8&oe=utf-8&client=firefox-b-ab&gfe_rd=cr&ei=gGo6WMf7J-uw8wfms7OABg#

FAO. (s. f.). Caudal. Recuperado el 22 de julio de 2017, a partir de

<http://www.fao.org/docrep/T0848S/t0848s06.htm>

Fernández, R. L. (2012). Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del

estado ecológico de los ríos. Páginas de información ambiental, (39), 24–

29. Recuperado el 7 de mayo de 2017, a partir de

<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4015812.pdf>

Ferru, M., & Fierro, P. (2015). Estructura de macroinvertebrados acuáticos y

grupos funcionales tróficos en la cuenca del río Lluta, desierto de Atacama,

Arica y Parinacota, Chile. Idesia (Arica), 33(4), 47-54.

<https://doi.org/10.4067/S0718-34292015000400007>

Forero Céspedes, A. M., Gutiérrez, C., & Reinoso Flórez, G. (2017). Composición

y estructura de la familia Baetidae (Insecta: Ephemeroptera) en una cuenca

andina colombiana. Hidrobiológica, 26(3). Recuperado el 4 de agosto de

2017 a partir de <http://www.redalyc.org/html/578/57851062010/>

Fossati, O., Dumas, P., Archaimbault, V., ROCABADO, G., FERNÁNDEZ, H., &

others. (2003). Deriving life traits from habitat characteristics: an initial

application for neotropical invertebrates. Journal de Recherche

Océanographique, 28, 158–162. Recuperado el 1 de agosto de 2017, a

partir de [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers12-](http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers12-11/010046562.pdf)

11/010046562.pdf

Gamarra Hernández, Y., Restrepo Manrique, R., & Cajigas Cerón, A. A. (2012).

Guía de campo de los macroinvertebrados acuáticos de la quebrada Menzuly- Santander-Colombia. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana.

García Nieto, M. H. (2014). *Aportaciones sobre las distribuciones del bastón roto y de pielou. Recuperado el 24 de mayo de 2017, a partir de*

<https://gredos.usal.es/jspui/handle/10366/125453>

Gil Gómez, J. (2014). *Determinación de la calidad del agua mediante variables físico-químicas, y la comunidad de macroinvertebrados como*

bioindicadores de calidad del agua en la cuenca del río Garagoa.

Universidad de Manizales. Recuperado el 29 de julio de 2017, a partir de

<http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/1803/tesisJAGG.pdf?sequence=1>

Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Alangasí. (2012). *Plan de*

Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Alangasí 2012-2025.

Recuperado el 7 de mayo de 2017, a partir de

http://www.pichincha.gob.ec/phocadownload/leytransparencia/literal_k/ppot/dmq/ppdot_san_antonio.pdf

Gobierno Parroquial de Alangasí. (2012). *Plan de Desarrollo Estratégico*

Parroquial - Alangasí 2012 - 2025.

González, M., & Fajardo, L. C. (2013). *Asociación de grupos funcionales de*

macroinvertebrados acuáticos a Juncus effusus-Typha latifolia y Eichornia

crassipes-Limnobium laevigatum, en el tercio Alto del humedal Juan

Amarillo, Bogotá-Colombia. Investigación y Ciencia del Gimnasio

Campestre. Revista el Astrolabio. Recuperado el 15 de junio de 2017, a partir de

http://astrolabio.phipages.com/storage/.instance_29987/ASTROLABIO_12-2_Art.1.pdf

Greeson, P. (1982). Biota and Biological Principles of the Aquatic Environment. Geological survey circular 848-A.

Gutiérrez-López, A., Meza-Salazar, A. M., & Guevara, G. (2017). Descomposición de hojas y colonización de macroinvertebrados acuáticos en dos microcuencas tropicales (Manizales, Colombia). Hidrobiológica, 26(3), 347–357. Recuperado el 30 de julio de 2017, a partir de <http://hidrobiologica.izt.uam.mx/index.php/revHidro/article/view/1158>

Henriques-Oliveira, A. L., Nessimian, J. L., & Dorvillé, L. F. M. (2003). Feeding habits of Chironomid larvae (Insecta: Diptera) from a stream in the Floresta da Tijuca, Rio de Janeiro, Brazil. Brazilian Journal of Biology, 63(2), 269–281. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842003000200012>

INEC. (2013). Censo de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales. Recuperado el 4 de mayo de 2017, a partir de http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_ConsProvinciales_2013/Municipios-2013/Presentacion_Principales_Resultados_Municipios.pdf

Jacobsen, D. (2003). Los ríos de la Sierra ecuatoriana son más sensibles a la contaminación. Recuperado el 10 de abril de 2017, a partir de <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/handle/28000/614>

- Kennen, J. G., Chang, M., Tracy, B. H., Brown, L., Gray, R., & others. (2005). *Effects of landscape change on fish assemblage structure in a rapidly growing metropolitan area in North Carolina, USA*. En *American Fisheries Society Symposium* (Vol. 47, pp. 39–52). Recuperado el 13 de junio de 2017, a partir de https://www.researchgate.net/profile/Jonathan_Kennen/publication/228345594_Effects_of_landscape_change_on_fish_assemblage_structure_in_a_rapidly_growing_metropolitan_area_in_North_Carolina_USA/links/0c9605159d17374077000000.pdf
- Kobingi, N., Raburu, P. O., Masese, F. O., & Gichuki, J. (2009). *Assessment of pollution impacts on the ecological integrity of the Kisian and Kisat rivers in Lake Victoria drainage basin, Kenya*. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 3(4), 097–107. Recuperado el 12 de junio de 2017, a partir de <https://www.ajol.info/index.php/ajest/article/view/135222>
- Ladrera, R. (2012). *Estudio del estado ecológico de los cursos fluviales del parque natural Sierra de Cebollera (La Rioja) en base a la comunidad de macroinvertebrados acuáticos*. Recuperado el 25 de mayo de 2017, a partir de http://www.ub.edu/fem/docs/treballs/memoria_Ruben_Ladrera1.pdf
- Ladrera, R., Rieradevall, M., & Prat, N. (2013). *Macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos: Una herramienta didáctica*. Recuperado el 18 de mayo de 2017, a partir de http://www.ehu.es/ikastorratza/11_alea/macro.pdf
- López, J. L. (2016). *Análisis de la sensibilidad de macroinvertebrados a la variación de parámetros físico químicos de calidad del agua en el río*

- Jatunhuayco - EPMAPS. Escuela Politécnica Nacional. Recuperado a partir de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/16739/1/CD-7335.pdf>*
- Lorea, L., Brassiolo, M. M., & Gomez, C. (2008). Abundancia y diversidad de lianas en un bosque del Chaco húmedo argentino. Quebracho-Revista de Ciencias Forestales, (16). Recuperado 24 de mayo de 2017, a partir de <http://www.redalyc.org/html/481/48112952004/>*
- Malmqvist, B. (2002). Aquatic invertebrates in riverine landscapes, Freshwater Biology, 679-694. Recuperado el 14 de mayo de 2017, a partir de https://www.researchgate.net/publication/227704226_Aquatic_invertebrate_in_riverine_landscapes*
- Marín, G., María, A., Naranjo Fernández, D., Martínez, A. A., Suárez, G., & Jesús, D. de. (2007). Calidad del agua en la parte alta de las cuencas Juan Cojo y El Salado (Girardota - Antioquía, Colombia). Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín, 60(1), 3735-3749. Recuperado el 27 de junio de 2017, a partir de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0304-28472007000100008&lng=en&nrm=iso&tlng=es*
- Molina, C. I., Gibon, F.-M., Pinto, J., & Rosales, C. (2008). Estructura de macroinvertebrados acuáticos en un río altoandino de la Cordillera Real, Bolivia: variación anual y longitudinal en relación a factores ambientales. Ecología aplicada, 7(1-2). Recuperado el 23 de julio de 2017, a partir de <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v7n1-2/a13v7n1-2.pdf>*
- Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. Recuperado el 24 de mayo de 2017, a partir de*

https://www.researchgate.net/profile/Claudia_Moreno7/publication/304346666_Metodos_para_medir_la_biodiversidad/links/576c346e08aedb18f3eb262a/Metodos-para-medir-la-biodiversidad.pdf

- Mothersill, C., & Seymour, C. (2016). *Genomic Instability and the Spectrum of Response to Low Radiation Doses*. En *Genome Stability* (pp. 601-614). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803309-8.00035-5>
- Moya, N., Domínguez, E., Goitia, E., & Oberdorff, T. (2011). *Desarrollo de un índice multimétrico basado en macroinvertebrados acuáticos para evaluar la integridad biológica en ríos de los valles interandinos de Bolivia*. *Ecología austral*, 21(2), 135-147. Recuperado el 17 de junio de 2017, a partir de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1667-782X2011000200002&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Munné, A., Prat, N., Solà, C., Bonada, N., & Rieradevall, M. (2003). *A simple field method for assessing the ecological quality of riparian habitat in rivers and streams: QBR index: ECOLOGICAL QUALITY OF RIPARIAN HABITAT*. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 13(2), 147-163. <https://doi.org/10.1002/aqc.529>
- Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales, & Secretaría de Ambiente-DMQ. (2010). *Áreas naturales del Distrito Metropolitano de Quito: diagnóstico bioecológico y socioambiental*; Patricio Mena Valenzuela, Marco Altamirano Benavides, Alicia Granda Loza, editores. Quito, Ecuador: Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales.
- Oleas, N., Ríos-Touma, B., Peña Altamirano, P., Bustamante, M. R., Universidad Tecnológica Indoamérica, Quito (Ecuador), ... Fondo Ambiental del DMQ y

- FONAG. (2016). *Plantas de las quebradas de Quito: guía práctica de identificación de plantas de ribera.*
- Ortega, H., Chocano, L., Palma, C., & Samanez, I. (2010). *Biota acuática en la Amazonía Peruana: diversidad y usos como indicadores ambientales en el Bajo Urubamba (Cusco-Ucayali).* *Revista Peruana de Biología*, 17(1), 29–36. Recuperado el 13 de julio de 2017, a partir de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1727-99332010000100003&script=sci_arttext&lng=en
- Pardo, I., Álvarez, M., Casas, J., Moreno, J. L., Vivas, S., Bonada, N., ... others. (2002). *El hábitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de hábitat.* *Limnetica*, 21(3-4), 115–133. Recuperado el 5 de mayo de 2017, a partir de <http://ocw.um.es/ciencias/avances-ecologicos-para-la-sostenibilidad-de-los/lectura-obligatoria-1/leccion12/ihf.pdf>
- Parmar, T. K., Rawtani, D., & Agrawal, Y. K. (2016). *Bioindicators: the natural indicator of environmental pollution.* *Frontiers in Life Science*, 9(2), 110-118. <https://doi.org/10.1080/21553769.2016.1162753>
- Parsons, M., Thoms, M., & Norris, R. (2002). *Australian River Assessment System: AusRivAS Physical Assessment Protocol.* University of Canberra. Recuperado el 16 de mayo de 2017, a partir de <http://www.ausrivas.ewater.org.au/protocol/Download/protocol-1.pdf>
- Pave, P. J., & Marchese, M. (2005). *Invertebrados bentónicos como indicadores de calidad del agua en ríos urbanos (Paraná-Entre Ríos, Argentina).* *Ecología austral*, 15(2), 183-197.

- Prat, N., Acosta, R., Villamarín, C., & Rieradevall, M. (2012). *Guía para el reconocimiento de las larvas de Chironomidae (Díptera) de los ríos altoandinos de Ecuador y Perú*. Universidad de Barcelona. Recuperado el 7 de junio de 2017, a partir de <http://www.ub.edu/riosandes/docs/CLAVE%20MACROMORFOLOGIA%20LARVAS%20V4.pdf>
- Prat, N., Rieradevall, M., & Fortuño, P. (2012). *Metodología F.E.M para la evaluación del estado ecológico de los ríos Mediterráneos*. Recuperado el 4 de junio de 2017, a partir de http://www.ub.edu/fem/docs/protocols/fem_%20prot_cast_2012.pdf
- Prat, N., Rios, B., Acosta, R., & Rieradevall, M. (2009). *Macroinvertebrados como indicadores de la calidad de las aguas*. En *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: Sistemática y biología* (pp. 631-657). Tucumán, Argentina: Fundación Miguel Lillo.
- Quiroz, L., Izquierdo, E., & Menéndez, C. (2016). *Modelación Matemática de la capacidad de autodepuración de corrientes superficiales. Caso de estudio: Río Portoviejo, Ecuador*. *Revista Cubana de Ingeniería*, 7(2), 64-70. <https://doi.org/10.1234/rci.v7i2.396>
- Rader, R. B., Voelz, N. J., & Ward, J. V. (2008). *Post-Flood Recovery of a Macroinvertebrate Community in a Regulated River: Resilience of an Anthropogenically Altered Ecosystem*. *Restoration Ecology*, 16(1), 24-33. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2007.00258.x>
- Reynaga, M. C., & Dos Santos, D. A. (2012). *Rasgos biológicos de macroinvertebrados de ríos subtropicales: patrones de variación a lo largo*

de gradientes ambientales espacio-temporales. *Ecología austral*, 22(2), 112–120. Recuperado el 2 de agosto de 2017, a partir de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1667-782X2012000200004&script=sci_arttext&lng=pt

Ríos-Touma, B., Acosta, R., & Prat, N. (2014). *The Andean Biotic Index (ABI): revised tolerance to pollution values for macroinvertebrate families and index performance evaluation*. *Revista de Biología Tropical*, 62, 249-273. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i0.15791>

Rivera Usme, J. J., Pinilla Agudelo, G., & Camacho Pinzón, D. L. (2013). *Grupos tróficos de macroinvertebrados acuáticos en un humedal urbano andino de Colombia*. *Acta Biológica Colombiana*, 18(2), 279–292. Recuperado el 15 de junio de 2017, a partir de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-548X2013000200006

Rodríguez-Barrios, J., Ospina-Tórres, R., & Turizo-Correa, R. (2011). *Grupos funcionales alimentarios de macroinvertebrados acuáticos en el río Gaira, Colombia*. *Revista de Biología Tropical*, 59(4), 1537–1552. Recuperado el 11 de junio de 2017, a partir de http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442011000400009&script=sci_arttext

Roldán, G. (1999). *Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua*. *Rev. Acad. Colomb. Cienc*, 23(88), 375-387. Recuperado el 7 de abril de 2017, a partir de

<https://es.scribd.com/document/66696971/Los-Macroinvertebrados-y-Su-Valor-Como-Indicadores-de-La-Calidad-Del-Agua>

- Roldán Pérez, G. (1989). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia (Universidad de Antioquia)*.
- Roldán Pérez, G. (2003). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: propuesta para el uso del método BMWP/Col (1. ed)*. Medellín, Colombia: Editorial Universidad de Antioquia.
- Roldán Pérez, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 40(155), 254. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.335>
- Roldán Pérez, G., & Ramírez Restrepo, J. J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical (2a. ed)*. Medellín, Colombia: Editorial Universidad de Antioquia.
- Ronzano, E., & Dapena, J. (2003). *Eliminación de la contaminación nitrogenada*. Recuperado el 5 de agosto de 2017, a partir de http://cidta.usal.es/residuales/libros/logo/pdf/Eliminacion_contaminacion_nitrogenada.pdf
- Rosero, D., Calvez, R., Gordillo, M. E., & Fossati, O. (2008). *Diversidad de macroinvertebrados en ríos de altura en el páramo de Papallacta-Ecuador*. Recuperado el 10 de agosto de 2017, a partir de <http://www.jstor.org/stable/23641496>
- Segnini, S. (2003). *El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente*. 16, 2, 45-63.

- SEMARNAT. (2010). *Compendio de Estadísticas Ambientales*. Recuperado 1 de agosto de 2017, a partir de http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/10.100.13.5_8080/ibj_apps/WFServlet28b9.html
- Shieh, S.-H., Ward, J. V., & Kondratieff, B. C. (2003). Longitudinal changes in macroinvertebrate production in a stream affected by urban and agricultural activities. *Archiv Für Hydrobiologie*, 157(4), 483-503. <https://doi.org/10.1127/0003-9136/2003/0157-0483>
- Soria, I. (2016). *Evaluación de la calidad ecológica del Río Jatunhuayco en la zona asociada a la captación de Jatunhuayco (EPMAPS) utilizando comunidades de macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua*. Escuela Politécnica Nacional, Quito. Recuperado a partir de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/16736/1/CD-7332.pdf>
- Suárez, J. (2008). *Calidad de aguas en ríos. Autodepuración*. Universidade da Coruña. Recuperado a partir de ftp://ceres.udc.es/Master_en_Ingenieria_del_Agua/master%20antiguo_antes%20del%202012/Segundo_Curso/Modelos_de_Calidad_de_Aguas/material%202010-2011/MCA_Tema_5__MODELOS_DE_CALIDAD_DE_AGUAS_EN_RIOS.pdf
- Tomanova, S., Tedesco, P. A., Campero, M., Van Damme, P. A., Moya, N., & Oberdorff, T. (2007). Longitudinal and altitudinal changes of macroinvertebrate functional feeding groups in neotropical streams: a test of the River Continuum Concept. *Fundamental and Applied Limnology* /

Archiv Für Hydrobiologie, 170(3), 233-241. <https://doi.org/10.1127/1863-9135/2007/0170-0233>

Varnosfaderany, M. N., Ebrahimi, E., Mirghaffary, N., & Safyanian, A. (2010).

Biological assessment of the Zayandeh Rud River, Iran, using benthic macroinvertebrates. Limnologica - Ecology and Management of Inland Waters, 40(3), 226-232. <https://doi.org/10.1016/j.limno.2009.10.002>

Vásconez, J. J. (2000). *Resistencia de macroinvertebrados bentónicos a la contaminación orgánica en ríos de altura y de tierras bajas en Ecuador (Tesis de Licenciatura)*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.

Vázquez, G., Castro, G., González, I., Pérez, R., & Castro, T. (2006).

Bioindicadores como herramientas para determinar la calidad del agua.

Recuperado el 8 de mayo de 2017, a partir de

<http://www.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n60ne/Bio-agua.pdf>

Yépez Rosado, Á., Yépez Yáñez, Á., Urdánigo, J., Morales, D., Guerrero, N., &

TayHing, C. (2017). *Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad hídrica en áreas de descargas residuales al río Quevedo, Ecuador.*

Ciencias Ambientales. Recuperado el 3 de agosto de 2017, a partir de

<http://www.uteq.edu.ec/revistacyt/publico/archivos/V10%20N1%204Yepez%20et%20al%202017.pdf>

Zurita, E. (2016). *Aplicación combinada del método BMWP-ABI-ICA para la*

evaluación de la calidad del agua de la microcuenca del río Atapo-

Pomachaca parroquia Palmira. Recuperado el 7 de mayo de 2017, a partir de

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6259/1/236T0241.PDF>

ANEXOS

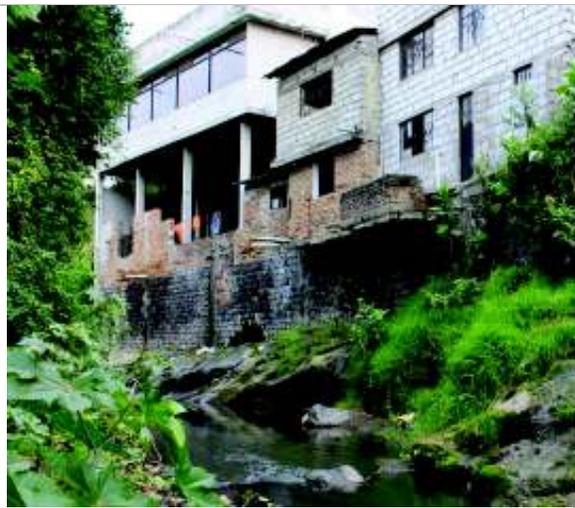
ANEXO N° 1

PRINCIPALES PRESIONES ANTRÓPICAS SOBRE EL RÍO

USHIMANA



Descarga doméstica directa al cauce principal



Construcciones de casas en la zona ribereña



Modificación del sustrato del lecho



Encauzamiento trasnversal del río



Presencia de Tensoactivos



Presencia de basura en la ribera



Agricultura familiar en las riberas



Presencia de tintes industriales



Descarga residual de concreto



Acumulación de basura en el cauce



Formación de comunidades de Eucaliptos



Botaderos de basura clandestinos

ANEXO N° 2
HOJAS DE CAMPO

ANEXO 2.1 IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO

N° Estación:	Fecha:	Hora:	Observador:
Localización:	Coordenadas: X: _____ Y: _____ Z: _____		N° Muestra: _____ Tipo muestreo: _____

CALIDAD DEL AGUA

Temperatura [°C]			pH			Turbidez [NTU]			Conductividad [uS/cm]			OD[mg/L- %Sat]		
Izq.	Cent.	Der.	Izq.	Cent.	Der.	Izq.	Cent.	Der.	Izq.	Cent.	Der.	Izq.	Cent.	Der.
Olor en el agua			Normal <input type="checkbox"/> Residuales domésticas <input type="checkbox"/> Residuales industriales <input type="checkbox"/>			Otros _____								
Superficie con aceites			No <input type="checkbox"/> Brillo <input type="checkbox"/> Globos <input type="checkbox"/> Manchas <input type="checkbox"/>											
Claridad			Claro <input type="checkbox"/> Ligeramente Turbio <input type="checkbox"/> Turbio <input type="checkbox"/> Opaco <input type="checkbox"/>											
Color														
Condiciones climáticas			Sol: ____ Nublado: ____ Lluvia: ____			Lluvia en los últimos 3 días			Sí: ____ No: ____					

AREA TRANSVERSAL – AFORO DE CAUDAL

Ancho (cm)																	
Profundidad (cm)																	
0.6 * Profundidad (cm)																	
Revoluciones	Fondo																
	0,6																

MACROINVERTEBRADOS

Velocidad de la corriente	Muy rápida <input type="checkbox"/>	Rápida <input type="checkbox"/>	Moderada <input type="checkbox"/>	Baja <input type="checkbox"/>	Quieta <input type="checkbox"/>
Tipo de sustrato	Piedras [>20 mm] <input type="checkbox"/>	Grava [2-20 mm] <input type="checkbox"/>	Arena [0.2-2 mm] <input type="checkbox"/>	Barro [<0.2 mm] <input type="checkbox"/>	
Vegetación Acuática	Raíces sumergidas de árboles		Alrededores		
Inexistente	Inexistente		Limpios		
Escasa	Escasa		Descargas directas		
Moderada	Moderada		Residuos Urbanos		
Abundante	Abundante		Espuma y/o Aceite		
Observaciones Generales:				Código Reg. Fotográfico	

Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

ANEXO 2.2 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL HÁBITAT FLUVIAL (IHF).

HOJA DE CAMPO: Evaluación del Hábitat Fluvial para Ríos Mediterráneos. Índice IHF			
		Estación	
		Fecha	
		Operador	
Bloques	Puntuación		
1. Inclusión rápidos-sedimentación pozas			
Rápidos	Piedras, cantos y gravas no fijadas por sedimentos finos. Inclusión 0 - 30%.	10	
	Piedras, cantos y gravas poco fijadas por sedimentos finos. Inclusión 30 - 60%.	5	
	Piedras, cantos y gravas medianamente fijadas por sedimentos finos. Inclusión > 60%.	0	
Sólo pozas	Sedimentación 0 - 30%	10	
	Sedimentación 30 - 60%	5	
	Sedimentación > 60%	0	
TOTAL (una categoría)			
2. Frecuencia de rápidos			
Alta frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río < 7		10	
Escasa frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 7 - 15		8	
Ocurrencia ocasional de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 15 - 25		6	
Constancia de flujo laminar o rápidos someros. Relación distancia entre rápidos/anchura del río >25		4	
Sólo pozas		2	
TOTAL (una categoría)			
3. Composición del sustrato			
% Bloques y piedras	1 - 10%	2	
	> 10%	5	
% Cantos y gravas	1 - 10%	2	
	> 10%	5	
% Arena	1 - 10%	2	
	> 10%	5	
% Limo y arcilla	1 - 10%	2	
	> 10%	5	
TOTAL (sumar categorías)			
4. Regímenes de velocidad / profundidad			
<i>somero: < 0.5 m</i>	4 categorías. Lento-profundo, lento-somero, rápido-profundo y rápido-somero.	10	
<i>lento: < 0.3 m/s</i>	Sólo 3 de las 4 categorías	8	
	Sólo 2 de las 4	6	
	Sólo 1 de las cuatro	4	
TOTAL (una categoría)			
5. Porcentaje de sombra en el cauce			
Sombreado con ventanas		10	
Totalmente en sombra		7	
Grandes claros		5	
Expuesto		3	
TOTAL (una categoría)			
6. Elementos heterogeneidad			
Hojarasca	> 10% ó < 75%	4	
	1 - 10% ó > 75%	2	
Presencia de troncos y ramas		2	
Raíces expuestas		2	
Diques naturales		2	
TOTAL (sumar categorías)			
7. Cobertura de vegetación acuática			
% Plocon + briófitos	10 - 50%	10	
	1 - 10% ó > 50%	5	
% Pecton	10 - 50%	10	
	1 - 10% ó > 50%	5	
% Fanerógamas + Charales	10 - 50%	10	
	1 - 10% ó > 50%	5	
TOTAL (sumar categorías)			
PUNTUACIÓN FINAL (suma de las puntuaciones anteriores)			

La puntuación de cada uno de los apartados no puede exceder la expresada en la siguiente tabla:



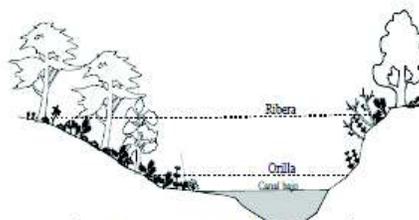
Inclusión rápidos - sedimentación pozas	10
Frecuencia de rápidos	10
Composición del sustrato	20
Régimen velocidad / profundidad	10
Porcentaje de sombra en el cauce	10
Elementos de heterogeneidad	10
Cobertura de vegetación acuática	30

Fuente: (Pardo et al., 2002).

ANEXO 2.3 HOJA DE CAMPO DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL BOSQUE DE RIBERA PARA RÍOS MEDITERRÁNEOS

ÍNDICE QBR

Hoja de campo
Calidad del
bosque de ribera



Estación	
Situación	
Técnico	
Fecha	
Hora	

	Estima longitud de la ribera	
	%cobertura real	

La puntuación de cada uno de los 4 apartados no puede ser negativa ni exceder de 25

Grado de cubierta de la zona de ribera		Puntuación bloque QBR1
Puntuación		
25	> 80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera (las plantas anuales no se contabilizan)	
10	50-80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera	
5	10-50 % de cubierta vegetal de la zona de ribera	
0	< 10 % de cubierta vegetal de la zona de ribera	
+ 10	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema natural adyacente es total	
+ 5	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema natural adyacente es superior al 50%	
- 5	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema natural adyacente es entre el 25 y 50%	
- 10	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema natural adyacente es inferior al 25%	

Estructura de la vegetación en la zona de ribera		Puntuación bloque QBR2
Puntuación		
25	recubrimiento de árboles superior al 75 %	
10	recubrimiento de árboles entre el 50 y 75 % o recubrimiento de árboles entre el 25 y 50 % y en el resto de la cubierta los arbustos superan el 25 %	
5	recubrimiento de árboles inferior al 50 % y el resto de la cubierta con arbustos entre 10 y 25 %	
0	sin árboles y arbustos por debajo del 10 %	
+ 10	si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es superior al 50 %	
+ 5	si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es entre 25 y 50 %	
+ 5	si existe una buena conexión entre la zona de arbustos y árboles con un sotobosque.	
- 5	si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es > 50 %	
- 5	si los árboles y arbustos se distribuyen en manchas, sin una continuidad	
- 10	si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es < 50 %	

Calidad de la cubierta (depende del tipo geomorfológico de la zona de ribera*)		Puntuación bloque QBR3		
Puntuación		Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
25	número de especies diferentes de árboles autóctonos	> 1	> 2	> 3
10	número de especies diferentes de árboles autóctonos	1	2	3
5	número de especies diferentes de árboles autóctonos	-	1	1 - 2
0	sin árboles autóctonos			
+ 10	si existe una continuidad de la comunidad a lo largo del río como mínimo de 3 m de ancho, uniforme y ocupando > 75 % de la ribera			
+ 5	si existe una continuidad en la comunidad a lo largo del río (entre 50 - 75 % de la ribera)			
+ 5	si existe una disposición en galería de diferentes comunidades			
+ 5	si el número diferente de especies de arbustos es:	> 2	> 3	> 4
- 5	si existen estructuras construidas por el hombre			
- 5	si existe alguna sp. de árbol introducida (alóctona)** aislada			
- 10	si existen sp. de árboles alóctonas** formando comunidades			
- 10	si existen vertidos de basuras			

ANEXO 2.3 HOJA DE CAMPO DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL BOSQUE DE RIBERA PARA RÍOS MEDITERRÁNEOS (Continuación)

<i>Grado de naturalidad del canal fluvial</i>		Puntuación bloque QBR4
Puntuación		
25	el canal del río no ha estado modificado	
10	modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal	
5	signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río	
0	río canalizado en la totalidad del tramo	
- 10	si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del río	
- 10	si existe alguna presa o otra infraestructura transversal en el lecho del río	
Puntuación final (suma de las anteriores puntuaciones) QBR total		

Fuente: (Munné et al., 2003).

ANEXO N° 3
ECUACIONES PARA EL CÁLCULO DEL ICA

ANEXO 3. CÁLCULO DEL ICA POR PARÁMETRO

Índice por parámetro	Ecuación	Condición
I_{pH}	$10^{0.2334pH+0.44}$	$pH < 6.7$
	100	$6.7 < pH < 7.3$
	$10^{4.22-0.293pH}$	$pH > 7.3$
I_T	$108(T)^{-0.178}$	Para $T < 1.54$ UTJ, ICA=100
I_{SS}	$266.5(SS)^{-0.37}$	Para $SS < 14.144$ mg/L, ICA=100
I_{SD}	109.1-	Para $SD < 520$ mg/L, ICA=100
	$0.0175(SD)$	Para $SD > 5234$ mg/L, ICA=0
I_{CE}	$540(CE)^{-0.379}$	Para $CE < 85.60$ mhos/cm, ICA=100
I_{N-NO_3}	$162.2(N-NO_3)^{-0.343}$	Para $N-NO_3 < 4.097$ mg/L, ICA=100
I_{NH_3}	$45.8(NH_3)^{-0.343}$	Para $NH_3 < 0.11$ mg/L, ICA=100
I_{PO_4}	$34.215(PO_4)^{-0.46}$	Para $PO_4 < 0.0971$ mg/L, ICA=100
I_{OD}	$OD/OD_{sat} * 100$	OD: Oxígeno disuelto en mg/L y a temperatura de campo (T_c) OD _{sat} : Oxígeno disuelto de saturación en mg/L a $T_{sat}=T_c$
I_{CF}	$97.5[5(CF)]^{-0.27}$	Para $CF=0$ NMP/100mL, ICA=100

ANEXO N° 4

**PROTOCOLO PARA LA RECOLECCIÓN DE
MACROINVERTEBRADOS**

1. Planificación del muestreo

- a. Realizar una visita previa a la zona de estudio, para determinar las rutas de acceso, los permisos de ingreso, el transporte y personal necesario así como también definir un recorrido lógico del muestreo, todo ello con el fin de optimizar el tiempo y recursos a utilizarse por día de muestreo.
- b. Estructurar una hoja/ficha de campo que permita recolectar toda la información básica: geográfica y ambiental, de cada sitio de muestreo; de una manera rápida y eficiente (Ver Anexo 2).
- c. Verificar que los permisos ambientales tanto de recolección como de movilización de fauna estén al día, según reglamenta el Ministerio de Ambiente del Ecuador.

2. Preparación de materiales

El muestreo de macroinvertebrados involucra la utilización de varios materiales que deben estar preparados con antelación al día de muestreo y se presentan en la tabla siguiente. Se recomienda realizar una Lista de chequeo, con el objetivo de verificar la disponibilidad de cada uno de ellos previo a la salida de campo.

- Botas de caucho
- Guantes
- Red Surber
- Fundas Ziplock
- Alcohol Etilico al 99.5%
- Pinzas Entomológicas
- Bandeja Blanca de 60cmx60cm
- Tamices de diámetro fino
- Piseta
- Etiquetas de cartulina y lápiz
- Goteros para especímenes aislados
- Cooler
- Cámara Fotográfica

3. Indicaciones generales antes del muestreo

- a. Empezar el muestreo en dirección de aguas abajo hacia aguas arriba del tramo delimitado (50 - 75 m), en razón de no levantar sedimentos que enturbien el agua aún no muestreada al igual que evitar que se generen vibraciones que
- b. Antes de iniciar el muestreo se localizar y capturar los animales esquivos que viven en la superficie y al más mínimo movimiento huyen rápidamente, lo que les haría pasar desapercibidos, un ejemplo claro de ellos es Gerridae



Fotografía. Gerridae en etapa adulta

- c. Identificar los todos los hábitats posibles que puedan albergar macroinvertebrados en el punto de muestreo en el tramo seleccionado: Sustrato del fondo (rocas grandes, gravas, arenas y limos), macrófitas acuáticas (Flotantes, emergentes y sumergidas) y raíces sumergidas de árboles y sustratos artificiales (restos de piezas de metales o fundas plásticas)

4. Indicaciones durante el muestreo

- a. Ubicar la red Surber paralela a la corriente con la manga aguas abajo en un sitio con sustrato uniforme, sostener el marco sumergido pisándolo con un pie.
- b. Dentro del marco recoger todos los elementos que puedan contener macroinvertebrados tales como piedras, hojarasca y restos de tronco, lavarlos con las manos suavemente para evitar dañar sus estructuras y así permitir que suelten del sitio en que estén adheridos y queden capturados en la red. Antes de descartar estos elementos verificar siempre que ya no queden organismos sujetos a ellos.



- c. El sustrato fino que queda en los espacios intersticiales entre las rocas grandes como la arena, grava y arcilla, removerlo con las manos hasta una profundidad de 5cm dentro del marco de la red. En conjunto con el paso b estandarizar un tiempo de manipulación de 5 minutos por cada sitio.
- d. Levantar la red y llevarla a la orilla con el fin de extraer el material obtenido. Ubicar la red en una bandeja blanca y empujar con la mano la manga desde su cara externa para así depositar todo el material. Con una piseta llena de alcohol lavar poco a poco la red para así desprender los organismos que hayan quedado adheridos a la manga



- c. En honor al tiempo es preferible guardar toda la muestra obtenida directamente en la funda ziploc con alcohol al 90% o más, para realizar la identificación y separación de los macroinvertebrados en laboratorio.



- f. Repetir el proceso del a-e durante nueve veces, para así completar el metro cuadrado de muestra por sitio, ya que cada marco mide aproximadamente $0.33\text{m} \times 0.33\text{m}$.

5. Indicaciones después del muestreo

- Guardar las muestras recolectadas en el cooler, evitando que se sitúen una encima de otra, pues esto puede ocasionar una sobrepresión en las fundas con su inminente abertura y pérdida de la muestra.
- Lavar la Red Surber y dejarla secar por un momento antes de guardarla
- Registrar todas las fotografías posibles alrededor del punto muestreado.
- Separar e identificar las muestras en el laboratorio.



ANEXO N° 5**CALIFICACIÓN POR FAMILIA PARA ÍNDICES BMWP Y ABI**

ANEXO 5.1 PUNTUACIONES DEL BIOLOGICAL MONITORING WORKING PARTY (BMWP) PARA LAS FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS DE LOS RÍOS DE COLOMBIA.

Familias	Puntajes
Anomalopsychidae, Artriptectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Chordodidae, Ghomphidae, Hydridae, Lamoyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Olineuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae.	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydraenidae, Hydrobiosidae, Leptoplebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Polymitarcyidae, Xiphocentronidae.	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lesidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelphusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossossomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elimidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Sthaphylinidae.	6
Belastomidae, Gelastocoridae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae	5
Chrysomelidae, Stratiomidae, Haliplidae, Empididae, Dolochoptodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydrometidae, Noteridae	4
Ceratopogonidae, Glossophoniidae, Cyclobdellidae, Hyrophilidae, Physidae, Tipulidae.	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae, Syrphidae.	2
Tubificidae	1

Fuente: (Roldán et al. 2003).

ANEXO 5.2 PUNTUACIONES DEL ÍNDICE ABI PARA FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS DE LOS ANDES TROPICALES DISTRIBUIDOS DESDE LOS 2.000 msnm HASTA EL LÍMITE CON LAS NIEVES PERPETUAS.

Grupos taxonómicos		Puntaje	Grupos taxonómicos		Puntaje	
Turbellaria		5	Coleóptera	Ptilodactylidae	5	
Hirudinea		3		Lampyridae	5	
Oligochaeta		1		Psephenidae	5	
Gasterópoda	Ancylidae	6		Scirtidae (Helodidae)	5	
	Physidae	3		Staphylinidae	3	
	Hydrobiidae	3		Elmidae	5	
	Limnaeidae	3		Dryopidae	5	
	Planorbidae	3		Gyrinidae	3	
Bivalvia	Sphaeriidae	3		Dytiscidae	3	
Amphipoda	Hyalellidae	6		Hydrophilidae	3	
Ostracoda		3	Hydraenidae	5		
Hydracarina		4	Díptera	Blepharoceridae	10	
Ephemeroptera	Baetidae	4		Simuliidae	5	
	Leptophlebiidae	10		Tabanidae	4	
	Leptohyphidae	7		Tipulidae	5	
	Oligoneuridae	10		Limoniidae	4	
Odonata	Aeshnidae	6		Ceratopogonidae	4	
	Gomphidae	8		Dixidae	4	
	Libellulidae	6		Psychodidae	3	
	Coenagrionidae	6		Dolichopodidae	4	
	Calopterygidae	8		Stratiomyidae	4	
	Polythoridae	10		Empididae	4	
Trichoptera	Helicopsychidae	10		Chironomidae	2	
	Calamoceratidae	10		Culicidae	2	
	Odontoceridae	10		Muscidae	2	
	Leptoceridae	8		Ephydriidae	2	
	Polycentropodidae	8		Athericidae	10	
	Hydroptilidae	6		Syrphidae	1	
	Xiphocentronidae	8		Plecóptera	Perlidae	10
	Hydrobiosidae	8			Gripopterygidae	10
	Glossosomatidae	7	Heteróptera	Veliidae	5	
	Hydropsychidae	5		Gerridae	5	
	Anomalopsychidae	10		Corixidae	5	
Philopotamidae	8	Notonectidae		5		
Limnephilidae	7	Belostomatidae		4		
Lepidoptera	Pyalidae	4		Naucoridae	5	

Fuente: (Ríos-Touma *et al.*, 2014).

ANEXO N° 6**PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y BIOLÓGICOS DURANTE LAS
CAMPAÑAS DE MUESTREO**

PÁRAMETRO (Primer muestreo)	A			B			C			D			E			F			G		
	Izq.	Centro	Der.																		
Caudal (L/s)	234.78			5.00			444.00			100.80			499.44			127.50			208.00		
Temperatura (°C)	14.40	14.00	13.90	16.90	17.10	17.00	16.10	15.70	16.30	17.20	16.90	16.90	16.40	16.80	17.00	15.40	16.30	15.50	17.90	17.80	17.80
Turbidez (NTU)	43.10	45.90	45.00	24.30	21.60	27.70	15.30	13.30	16.50	50.40	51.70	50.40	14.80	13.10	16.10	12.40	21.20	18.90	19.80	16.40	19.20
Conductividad (uS/cm)	352.70	353.50	353.20	268.90	271.50	265.30	324.50	325.00	322.80	366.80	367.30	373.80	353.00	353.50	351.70	257.90	257.30	262.00	537.10	533.10	536.10
pH	8.00	8.20	8.10	8.70	8.80	8.80	7.20	8.00	7.50	8.10	7.00	8.00	8.00	7.50	8.00	9.20	9.00	8.90	8.40	8.40	8.50
OD (%)	97.20	96.70	96.60	63.00	67.50	67.00	63.90	65.20	65.30	62.60	65.60	66.50	44.70	46.10	47.30	43.10	43.80	43.60	34.60	35.50	39.80
OD (mg/L)	7.43	7.46	7.46	6.75	6.74	6.76	6.53	6.55	6.68	6.18	6.17	6.06	4.19	4.30	4.52	6.86	6.46	4.77	3.49	5.10	5.02
NaCl (ppm)	174.00	174.40	174.60	344.80	344.80	252.50	160.30	160.60	157.90	181.90	181.30	182.30	174.90	174.40	176.50	270.10	270.10	271.10	274.50	272.70	274.10
Resistividad (kΩ)	2.70	2.69	2.69	1.41	1.41	1.42	2.99	2.99	2.98	2.62	2.61	2.60	2.76	2.75	2.73	1.79	1.79	1.80	1.79	1.80	1.79
SDT (ppm)	181.60	183.30	184.80	355.00	354.88	354.80	167.00	167.30	167.00	177.70	190.70	191.80	181.40	181.90	181.40	280.20	280.30	279.70	280.10	266.90	275.00
ST (mg/L)	234.00	276.00	258.00	420.00	406.00	282.00	162.00	176.00	152.00	272.00	258.00	264.00	128.00	156.00	180.00	310.00	316.00	330.00	342.00	384.00	426.00
STv (mg/L)	110.00	108.00	102.00	120.00	116.00	112.00	126.00	142.00	148.00	140.00	120.00	124.00	156.00	162.00	144.00	80.00	78.00	106.00	122.00	164.00	140.00
STf (mg/L)	124.00	168.00	156.00	300.00	290.00	170.00	36.00	34.00	4.00	132.00	138.00	140.00	72.00	88.00	36.00	230.00	238.00	224.00	220.00	220.00	286.00
SD (mg/L)	234.00	294.00	232.00	342.00	356.00	414.00	116.00	118.00	148.00	302.00	350.00	304.00	134.00	172.00	144.00	282.00	318.00	320.00	302.00	358.00	326.00
SS (mg/L)	63.00	80.00	101.00	2.00	2.00	6.00	2.00	22.00	44.00	70.00	70.00	84.00	22.00	4.00	22.00	12.00	4.00	4.00	40.00	10.00	4.00
DQO (mg/L)	23.00			31.00			16.00			22.00			29.00			10.00			107.00		
NO ₃ -N (mg/L)	2.70	2.10	1.60	0.30	0.80	0.60	2.20	2.30	2.10	1.40	0.60	2.00	1.80	1.60	2.00	1.50	1.70	1.90	0.90	1.10	0.90
NH ₃ -N (mg/L)	0.96	0.96	1.10	10.36	11.24	11.40	1.40	1.05	0.84	1.45	1.29	1.25	2.36	2.38	2.38	4.22	3.64	3.14	3.92	3.52	3.68
(PO ₄) ³⁻ (mg/L)	1.11	2.40	1.71	8.08	10.80	6.96	1.84	1.93	1.73	3.27	1.98	2.64	4.74	3.88	4.36	3.10	3.14	2.52	18.96	10.64	13.28
Coliformes fecales (NMP/100mL)	2.8*10 ³			1.6*10 ⁵			2.3*10 ⁵			4.6*10 ⁴			2.3*10 ⁵			4.3*10 ³			2.3*10 ⁵		

CAMPO

LABORATORIO

PARÁMETRO (Segundo muestreo)	A			B			C			D			E			F			G		
	Izq.	Centro	Der.																		
Caudal (L/s)	293.90			6.02			484.32			448.45			667.04			130.75			234.46		
Temperatura (°C)	14.10	14.00	14.10	16.30	16.10	16.30	16.30	16.30	16.30	18.80	19.20	18.90	15.40	15.30	15.20	14.20	14.10	14.10	19.00	18.50	18.50
Turbidez (NTU)	16.10	9.66	12.90	30.90	26.00	22.80	76.40	85.00	75.70	16.10	16.30	16.30	13.10	13.10	21.60	10.80	12.30	12.70	35.40	27.70	18.80
Conductividad (uS/cm)	496.50	486.80	483.50	338.10	631.20	637.80	353.00	349.20	356.80	395.30	395.80	399.20	407.60	408.90	420.50	450.40	455.60	458.30	531.50	467.60	429.40
pH	7.00	7.00	7.00	7.00	6.50	6.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.00	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50
OD (%)	56.90	62.20	56.00	43.50	43.00	46.50	56.60	57.30	61.30	53.60	56.80	61.00	50.70	52.40	55.40	47.40	46.60	51.40	44.50	45.40	56.70
OD (mg/L)	5.85	6.47	5.70	4.17	3.94	4.09	5.71	5.78	5.86	5.08	5.13	5.51	5.23	5.50	5.69	4.94	4.89	5.33	4.28	4.36	5.27
Na Cl (ppm)	242.60	242.50	236.00	317.80	311.90	317.80	173.10	171.50	176.10	192.30	195.60	196.40	201.00	201.10	205.50	220.60	222.40	220.50	262.20	231.40	214.50
Resistencia (kΩ)	1.96	1.99	2.01	1.52	1.53	1.52	2.75	2.78	2.73	2.47	2.45	2.47	2.37	2.36	2.31	2.15	2.12	2.15	1.83	2.10	2.26
SDT(ppm)	255.50	250.60	248.80	328.30	325.40	328.50	181.90	179.80	182.40	203.50	203.70	205.50	210.00	211.30	216.20	232.10	234.60	230.80	273.40	236.10	219.70
ST (mg/L)	388.00	290.00	344.00	470.00	440.00	474.00	346.00	360.00	358.00	276.00	292.00	316.00	312.00	316.00	344.00	362.00	354.00	384.00	312.00	460.00	310.00
STv (mg/L)	198.00	84.00	140.00	112.00	110.00	94.00	140.00	144.00	156.00	74.00	92.00	146.00	132.00	134.00	144.00	72.00	62.00	78.00	124.00	302.00	142.00
STf (mg/L)	190.00	206.00	204.00	358.00	364.00	346.00	206.00	216.00	202.00	202.00	200.00	170.00	180.00	182.00	200.00	290.00	292.00	306.00	188.00	158.00	168.00
SD (mg/L)	340.00	238.00	287.00	438.00	417.00	408.00	270.00	280.00	248.00	258.00	280.00	274.00	281.00	287.00	318.00	336.00	328.00	330.00	252.00	352.00	354.00
SS (mg/L)	44.00	32.00	34.00	56.00	58.00	22.00	122.00	96.00	114.00	17.00	28.00	30.00	26.00	38.00	36.00	54.00	44.00	38.00	18.00	24.00	22.00
DQO (mg/L)	25.00			38.00			18.00			36.00			31.00			108.00			96.00		
NO ₃ -N (mg/L)	0.40	0.20	0.90	1.00	1.10	1.20	1.50	0.80	1.20	0.80	0.90	1.00	1.00	0.80	0.90	0.70	1.70	1.90	1.10	1.50	0.50
NH ₄ -N (mg/L)	0.72	0.52	0.60	4.08	1.92	4.20	0.80	1.12	1.20	1.28	0.91	1.19	3.10	2.80	2.85	1.84	0.48	1.68	0.96	0.16	1.12
(PO ₄) ³⁻ (mg/L)	2.37	4.16	2.68	2.58	3.18	4.62	4.64	7.28	12.80	5.12	6.09	3.43	6.70	10.24	19.04	15.44	10.80	3.20	5.84	5.52	11.60
Coliformes fecales (NMP/ 100mL)	9.4*10 ³			2.3*10 ⁵			9.2*10 ⁴			2.4*10 ⁴			9.2*10 ⁴			9.4*10 ³			2.3*10 ⁵		

CAMPO

LABORATORIO

FILO	CLASE/ SUBCLASE	ORDEN	FAMILIA	SUBFAMILIA	MUESTREO 1							TOTAL 1	MUESTREO 2							TOTAL 2	AGUAS ARRIBA	TOTAL	GRUPO ALIMENTACIÓN			
					A	B	C	D	E	F	G		A	B	C	D	E	F	G							
Annelida	Oligochaeta	Haplodaxida	Haplodaxidae		27	44	482	181	724	99	151	1708	1	45	60	130	131	131	10	508	28	2244	Colector			
	Hirudinea	Rhynchobdellida	Tubificidae		0			11		8		19	1			2	5		8			27	Colector- Detritívoro			
Arthropoda	Insecta	Diptera	Glossiphoniidae		0		5	108	111	195	38	457				46	37	141	4	228		685	Predador			
			Simuliidae		440			71	31	5		547	113	1	2	6				122	27	696	Filtrador			
			Chironominae		12	11580	373	770	363	1055	218		14371	8	637	34	13	5	9		706	25	15102	Colector-Raspador		
			Orthocladinae		526	407	677	1094	2176	413	47		5340	96	265	140	148	238		11	898	100	6338	Filtrador		
			Chironomidae		1	3	1	1	2				8				1	3			4	58	70	Predador		
			Tanytopodinae		0								0								0	0	30	30	Filtradores	
			Tanitarsinili		0								0								0	0		10	Filtradores	
			Podonominae		2		3	4	1				10								0	0		10	Filtradores	
			Tipulidae		2				1				3								0	0	1	4	Colector-Triturador	
			Psychodidae		0		12		1	3	1		17					1		1	2	4	1	22	Colector	
			Ceratopogonidae		0								0							1		2	2	4	Detritívoro	
			Empididae		0				1				1										2	3	Predador	
			Syrphidae		0		1						1					1				1		2	Predador	
			Dolichopodidae		0								0											3	Predador	
			Phoridae		0		1						1									1		2	Predador	
			Muscidae		0		1						0										3	3	Predador	
			Baetidae		19				2				2				2					2		4	Colector	
			Dytiscidae		0								19	14	19	14	2	7	6		3	32	83	134	Colector	
			Scirtidae		0								0									0		4	4	Predador
			Hidrophilidae		0								0								1			1	1	Raspador
			Staphylinidae		0								1	1	1	1	1					1		2	Predador	
			Gerridae		0		2						2		2									2	Predador	
			Polycentropodidae		0								0		0	1						1	3	4	Predador	
			Aeshinae		0								0		0							0	10	10	Predador	
			Pyrallidae		0		1					1			0									3	3	Predador
			Sminthuridae		0								2		2									2	2	Colector- fragmentador
			Hydrachnidae		0							1			1							1		2	Colector	
Hyalellidae		0		2						2		2									1	1	Colectores- Depredadores			
Physidae		2	11	10	1	1	1	1	1	25	3	25	3	1	2				6		31	Raspador				
Lymnaeidae		1		1						2		2									2	2	Raspador			
Sphaeriidae		1								1		1							4		5	Filtrador				
ABUNDANCIA DE INDIVIDUOS					1033	12047	1570	2243	3412	1780	456	22541	238	947	245	349	428	290	31	2528	381	25450				
RIQUEZA TOTAL DE FAMILIAS					8	4	11	7	8	8	5	17	8	2	9	8	6	7	6	15	14	28				

ANEXO N° 7

PRINCIPALES PLANTAS EN LAS RIBERAS DEL RÍO USHIMANA



Cucurbita ficifolia - Zambo



Leandra subseriata - Colca



Baccharis latifolia - Chilca



Mimosa quitensis - Algarrobo



Adiantum concinnum – Culantrillo



Rubus adenotrichos - Mora silvestre



Sapium glandulosum - Lechero



Leonotis nepetifolia - Cola de León



Cleome anomala - Garcita



Dalea coerulea - Iso



Thunbergia alata - Ojos de Poeta



Rumex crispus - Lengua de Vaca



Orilla Predominate



Phaseolus vulgaris - Fréjol



Inga edulis - Guaba



Phragmites australis - Carrizos



Ipomoea indica - Petunia



Hydrocotyle bonplandii – Urpi Papa macho



Musa paradisiaca - Platano



Cyperus odoratus L.



Bidens pilosa L.- Amor seco



Sida rhombifolia L - .Escobilla



Duranta triacantha - Espino chivo



Elaphoglossum cuspidatum - Orejas de conejo



Salvia scutellarioides - Callanayuyo



Margyricarpus pinnatus - Nigua



Eucalyptus globulus - Eucalypto



Clematis haenkeana – Barbas de viejo



Phyllanthus salviifolius – Cedrillo de Quito



Mimosa - Algarrobo

Fuente: Trabajo de campo.

Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

ANEXO N° 8

PRINCIPALES MACROINVERTEBRADOS PRESENTES EN EL RÍO

USHIMANA

		<p>Cuando se observa lateralmente esta subfamilia, dos ojos (a veces cuatro) son visibles, uno encima de otro. Presenta antenas no retráctiles. Son indicadores de contaminación orgánica sobre todo si presentan hemoglobina, lo que les permite sobrevivir en ambientes anóxicos.</p>
<p>Chironomidae (Chironominae)</p>		<p>Dos ojos colocados horizontalmente son visibles en su vista lateral, el ojo posterior es más grande que el anterior, pueden estar en contacto (fundidos). Se encuentra en prácticamente todos los hábitats, se caracterizan por ser organismos consumidores de detritus, algas y hongos.</p>
		<p>Chironomidae (Orthocladinae)</p>
		<p>Presentan un solo ojo visible cuando se lo observa lateralmente. Su tórax es marcado, en la cabeza posee antenas retráctiles. Son depredadores y pueden ser encontradas en aguas limpias</p>
<p>Chironomidae (Tanypodinae)</p>		<p>Este grupo pertenece a las lombrices de agua, Viven en aguas remansadas y eutrofizadas con abundante materia orgánica en descomposición. Se encuentran en sedimentos suaves, inclusive pueden habitar en zonas de fango y lodo</p>
		<p>Haplotaxida</p>

	<p>Son sanguijuelas que miden entre 5mm – 45 mm. Su cuerpo está conformado por 32 segmentos. Poseen una ventosa capaz de succionar tejidos y sangre. Se las encuentra en aguas quietas y de poco movimiento. Toleran altas concentraciones de materia orgánica en descomposición.</p>	
Glossiphonidae		
	<p>Se encuentran en zonas de corriente fuerte fijados sobre piedras y sustratos duros. Son filtradores de detritus por medio de una adaptación en su aparato bucal. Son indicadores de agua oxigenada</p>	
Simuliidae		
	<p>Es la familia más frecuente de todas las ephemeropteras. Miden entre 5mm y 8mm. Su hábitat se caracteriza por ser de aguas rápidas, debajo de troncos, hojas y rocas. Se alimentan de perifiton y materia vegetal. Su presencia indica agua meso oligotrófica</p>	
Baetidae		
		<p>Miden entre 6 y 8mm, en la parte dorsal de la cabeza presentan unos puntos oscuros. Se alimentan de pequeños invertebrados mediante la construcción de sedas, en las que los atrapan. Viven en corrientes encima de residuos vegetales y sustratos pedregosos</p>
Polycentropodidae		



Caracoles pequeños de agua dulce que pueden medir hasta 15mm. Se alimentan de perifiton: algas diatomeas. Viven sobre el sustrato o sobre macrófitas. Se encuentran en todo tipo de aguas, preferentemente lentas o estancadas. Tienen tolerancia a contaminantes orgánicos

Physidae



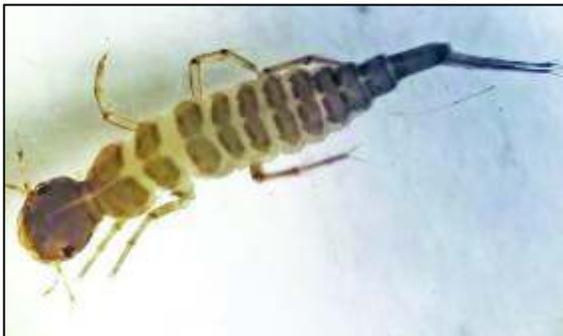
Su concha es pequeña, de alrededor de 5mm, tiene una forma redonda - ovalada. Se encuentran en una gran variedad de hábitats acuáticos, semienterrados o enterrados en sustratos finos o arenosos

Sphaeriidae



Su cuerpo está recubierto de finas cerdas y placas en el dorso, además de un sifón situado en el extremo, a través del cual respiran. Se encuentran en una variedad de hábitats ricos en materia orgánica, principalmente en sedimentos en las zonas remansadas. Su presencia indica aguas medianamente contaminadas.

Psychodidae



Son alargados con patas largas y cubiertas de cerdas, las cuales utilizad como remos. Sus grandes mandíbulas los caracterizan como depredadores. Habitan áreas lenticas y loticas resguardados con buena vegetación

Dytiscidae



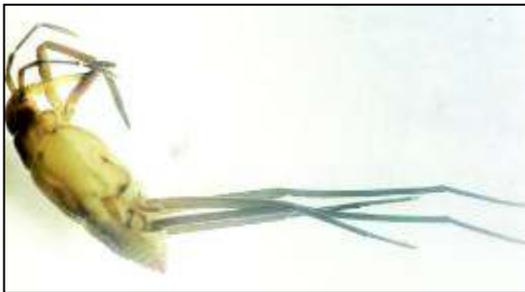
Su cuerpo mide entre 1mm y 30mm de longitud, tienen el abdomen flexible. Es un cazador activo pues posee mandíbulas fuertes y prominentes. Son indicadores de aguas mesotróficas.

Staphylinidae



Miden entre 4mm y 6mm, son blancas, vermiformes y tienen la cabeza reducida. Se encuentran en los márgenes de corrientes lentas adheridos a la vegetación. Pueden ser depredadores y detritívoros. Son indicadores de agua meso eutrófica

Empididae



Viven en pequeñas quebradas y patinan en el agua con sus largas patas sin sumergirse. Habitan las orillas en las zonas lénticas. Su modo de alimentación es a través de succionar los jugos de pequeños invertebrados.

Gerridae



También conocidos como larva cola de ratón, estos organismos pueden soportar condiciones de anoxia total del agua, debido precisamente a esta adaptación que se asemeja a una cola, con la cual pueden obtener oxígeno atmosférico sin necesidad de salir del agua. Por lo tanto, toleran hábitats muy contaminados.

Syrphidae

	<p>Miden menos de 20mm de largo y Se adaptan a diferentes ambientes pero prefieren aguas lénticas, charcos y lagos con material vegetal en descomposición. Se alimentan principalmente de detritus, aunque algunas especies son carnívoras. Soportan cierto grado de incremento de materia orgánica.</p>
	<p>Pueden medir hasta 15mm. Fabrican capullos sedosos a través de los cuales filtran fitoplancton. Su hábitat se encuentra en aguas lenticas y loticas, encima de fondos pedregosos y vegetación sumergida</p>
	<p>Mide entre 2, 5mm y 30mm. También conocidos como camarones de laguna. Su cuerpo esta dividido en 13 segmentos entre la cabeza, el torax y el abdomen. Su coloración es amarillenta o blanquecina. Su hábitat se encuentra en los márgenes de aguas corrientes y remansos de pequeñas quebradas, en zonas de materia orgánica en descomposición, ya que se caracterizan por ser detritívoras.</p>

Fuente: (Confederación Hidrográfica del Ebro, 2009; Gamarra Hernández, Restrepo Manrique, & Cajigas Cerón, 2012; Roldán Pérez, 2003).

Elaborado por: Romero N., Zúñiga K.

ANEXO N° 9

REGISTRO FOTOGRAFICO JORNADAS DE MUESTREO



Recolección de la muestra de agua para mediciones en laboratorio



Recolección de la muestra para mediciones en campo



Medición con el equipo multiparámetro



Medición de parámetros hidráulicos



Recolección de la muestra de agua para determinar coliformes



Quironómidos rojos colectados en la red Surber