

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

Escuela de Biología Aplicada

**TRABAJO DE TITULACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
BIÓLOGA AMBIENTAL**

TEMA:

**Evaluación del estado de salud ecológica de la microcuenca del río Pita (sector
Molinuco, canteras y antiguo botadero Cashapamba) utilizando
macroinvertebrados como bioindicadores de calidad de agua**

AUTOR:

Paola Cristina Quiñónez Vera

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Esteban Terneus

QUITO, ECUADOR

2015

CERTIFICACIÓN

Yo, Paola Cristina Quiñónez Vera, con cédula de identidad N° 080272709-9, declaro que soy el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal mía. Todos los efectos académicos y legales que se desprenden de la presente investigación, serán de mi sola y exclusiva responsabilidad. Además, cedo los derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador para que sea publicado y divulgado en internet.

Paola Cristina Quiñónez Vera

Yo, Héctor Esteban Terneus Jácome, declaro que, en lo que yo personalmente conozco, a la señorita, Paola Cristina Quiñónez Vera, es la autora exclusiva de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal.

Dr. Héctor Esteban Terneus Jácome

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por creer en mí y apoyarme no solo en estos seis años de universidad sino en todos mis estudios, porque gracias a ustedes he llegado hasta donde estoy ahora y soy la mujer que soy. A ti mami Sina por amarme tanto y por no dejar que me derrumbe cuando he sentido que no podía más, por enseñarme todo lo que he necesitado para ir por el camino correcto, por perdonar mis locuras y amarme más aun sabiendo que había hecho las cosas mal, pues eso y mucho más han permitido que este aquí. Papi Ronny, a ti que me haz amado en tu forma tan extraña y particular, y que con el tiempo has aprendido a criar y educar a una niña poco normal y sabemos que no ha sido nada fácil, y mucho menos verla crecer y convertirse en una mujer ante tus ojos, te agradezco tanto por todo.

A mi director de tesis, Esteban Terneus, o “Doc” como le decimos de cariño, que con sus ideas y su don de educador me guio por el camino correcto para llegar a culminar mi carrera y el trabajo de tesis, permitiéndome llegar a ser una buena profesional porque me enseñó a amar lo que hago y a hacerlo de la manera correcta.

A mi amiga Jojis, por su amistad que ha pasado las cosas más raras que he podido imaginar y me he aprendido lo que es amistad, y que gracias a sus conocimientos, experiencia y toda su solidaridad, me enseñó mucho de la biología y sé que seguiré aprendiendo de ella.

A mi lector de tesis, Pablo, que además de ser mi profesor lo considero mi amigo, le agradezco por todo el conocimiento que ha sabido transmitir en cada una de sus clases y sobre sus historias de las salidas de campo, y que alguna vez en la vida quise ser un poquito como él jaja, pues el saber educar como lo hace no es fácil y al mismo tiempo ser el amigo que uno necesita.

A mis compañeros “biologuitos”, todos y cada uno de ellos ha jugado un papel importante en mi carrera, bueno, malo, feo, loco, bonito y lo mejor de todo lleno de experiencias en las aulas y mucho más en el campo que es donde somos felices.

A mi familia, que con alguna palabra o frase de aliento, amor o alguna locura también me dieron todo lo que necesitaba para seguir adelante.

ÍNDICES DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	3
JUSTIFICACIÓN	6
PROBLEMA.....	7
ANTECEDENTES	7
OBJETIVO GENERAL.....	9
Objetivos Específicos	9
HIPÓTESIS	9
Hipótesis Nula.....	10
CAPÍTULO II	
METODOLOGÍA.....	11
ÁREA DE ESTUDIO	11
Sector Molinuco	14
Punto 1 Primera cascada del sendero (MP1)	14
Punto 2 Segunda cascada del sendero (MP2).....	15
Punto 3 Playón del sendero (MP3).....	15
Sector Canteras.....	16
Punto 1 Inicio de la cantera (CP1).....	16
Punto 2 Mitad de la cantera (CP2).....	17
Punto 3 Puente en la salida de la cantera (CP3)	18
Sector Cashapamba	18
Punto 1 Aguas arriba del antiguo botadero (P1).....	18
Punto 2 Sector antiguo botadero (P2).....	19
Punto 3 Aguas abajo del antiguo botadero (P3)	20
LEVANTAMIENTO INFORMACIÓN EN EL CAMPO	21

ANÁLISIS DE MUESTRA EN EL LABORATORIO	23
ANÁLISIS DE DATOS.....	24
1. Índice de diversidad de Shannon-Wiener.....	24
2. Método del Déficit de especies de Kothé.....	24
3. BMWP.....	25
4. Índice QBR.....	25
5. Índice de distancia euclidiana	25
6. Índice de disimilitud de Bray-Curtis	25
CAPÍTULO III	
MARCO TEÓRICO	26
1. Ecosistemas fluviales andinos de agua dulce	26
1.1. Río continuo	27
2. Efectos de las actividades antropogénicas en los ríos	29
2.1. Ecoturismo	30
2.2. Explotación pétreas.....	31
2.3. Manejo de residuos sólidos	31
2.4. Descarga de aguas residuales	32
3. Bioindicador	33
3.1. Bioindicadores de calidad de agua.....	35
4. Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores.....	38
4.1. Características generales	38
4.1.1. Hábitat y locomoción.....	39
4.1.2. Alimentación.....	41
4.2. Importancia ecológica	43
4.2.1. Deriva.....	43
4.3. Clasificación, tamaño y forma, de los macroinvertebrados más comunes en el área de estudio	44
Filo Platyhelminthes.....	44
1. Clase Turbellaria	44
a. Orden Tricladida.....	44
Filo Nematomorpha.....	45

1. Clase Nematomorpha	45
a. Orden Gordioidea	45
Filo Annelida.....	45
1. Clase Oligochaeta.....	45
a. Orden Haplotaxidae	45
Filo Mollusca.....	46
1. Clase Gasterópoda.....	46
a. Orden Basommatophora	46
2. Clase Bivalvia	46
a. Orden Veneroida.....	46
Filo Arthropoda	47
1. Clase Malacostraca.....	47
a. Orden Amphipoda	47
2. Clase Insecta.....	47
a. Orden Ephemeroptera.....	47
b. Orden Plecóptera	48
c. Orden Odonata.....	48
d. Orden Neuróptera	49
e. Orden Hemíptera	49
f. Orden Coleóptera.....	49
g. Orden Trichoptera.....	50
h. Orden Lepidóptera.....	50
i. Orden Díptera	51
5. Relación de la condiciones bióticas y abióticas.....	51
5.1. Variables bióticas	52
Abundancia.....	52
Riqueza	52
Diversidad.....	52
5.2. Variables abióticas	52
Temperatura.....	52
Oxígeno Disuelto	52

pH.....	
.53	
Conductividad eléctrica.....	53
Sólidos totales disueltos	53
Velocidad de corriente.....	53
CAPITULO IV	
RESULTADOS	54
Abundancia de individuos y riqueza de especies.....	54
Método de Déficit de especies de Kothé (1962).....	59
Índice BMWP/Col.	60
Índice de calidad del bosque de ribera (QBR).....	61
Distancia Euclidiana	63
Disimilitud de Bray y Curtis	64
CAPITULO V	
DISCUSIÓN.....	66
Abundancia de individuos y riqueza de especies.....	66
Método de Déficit de especies de Kothé (1962).....	69
Índice BMWP/Col.	69
Índice de calidad del bosque de ribera (QBR).....	70
Análisis de similitud	72
Distancia Euclidiana	72
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
LITERATURA CITADA.....	75
ANEXOS	87
GLOSARIO.....	111

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Ubicación del área de estudio, microcuenca del río Pita y sus tres áreas de muestreo (Molinuco, canteras y Antiguo Botadero).....	12
Figura 2. Punto 1 de muestreo, sector Molinuco	14
Figura 3. Punto 2 de muestreo, sector Molinuco	15
Figura 4. Punto 3 de muestreo, sector Molinuco	16
Figura 5. Punto 1 de muestreo, sector canteras	17
Figura 6. Punto 2 de muestreo, sector canteras	17
Figura 7. Punto 3 de muestreo, sector canteras	18
Figura 8. Punto 1 de muestreo sector Cashapamba	19
Figura 9. Punto 2 de muestreo sector Cashapamba.	20
Figura 10. Descarga de aguas servidas en el punto 2, sector Cashapamba.	20
Figura 11. Punto 3 de muestreo sector Cashapamba	21
Figura 12. Red “D” muestreo cualitativo.	22
Figura 13. Red “Surber” muestreo cuantitativo	22
Figura 14. Preservación de muestra para almacenamiento y transporte.....	22
Figura 15.1. Multi-parámetros (izq.) y medidor de oxígeno (der.).	23
Figura 15.2. Medidor de velocidad de corriente.....	23
Figura 16. Estéreo microscopio.	23
Figura 17. Registros de abundancia total de macroinvertebrados acuáticos, en todos los puntos de muestreo	55
Figura 18. Registros de riqueza total de macroinvertebrados acuáticos, en todos los puntos de muestreo.	56
Figura 19. Índice de diversidad de Shannon-Wiener, para macroinvertebrados acuáticos, por sitios y por estacionalidad	58
Figura 20. Dendrograma de similitud de los sitios muestreados en diferentes épocas; basado en los datos abióticos registrados, a través del método aglomerativo de enlace completo, utilizando medidas de distancia euclidiana.....	63

Figura 21. Dendrograma de similitud entre sitios de muestreo en diferentes épocas, basado en las abundancias de macroinvertebrados, a través del método aglomerativo de enlace completo, utilizando el Índice de Bray y Curtis.	64
--	----

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1.- Coordenadas y rangos altitudinales de los puntos de muestreo.	13
Tabla 2. Valores de abundancia, riqueza e índice de Shannon, por punto y estacionalidad en los sectores de Molinuco, canteras y Cashapamba.	57
Tabla 3. Método de Déficit de especies de Kothé, por sector y estacionalidad.	59
Tabla 4. Índice BMWP, por sitio y estacionalidad en los sectores de Molinuco, Canteras y Cashapamba.	60
Tabla 5. Índice QBR, evaluación de la estructura y cobertura vegetal en la zona de ribera de los sitios de muestreo, Molinuco, Canteras y Cashapamba.	62

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO N° 1. Registro de datos abióticos tomados en el campo, de todos los puntos muestreados en todas las estaciones, del río Pita.	87
ANEXO N° 2. Registro y clasificación de macroinvertebrados acuáticos, ordenados por clase, orden, familia y género, por punto de muestreo y en todas las estaciones, con abundancia, riqueza y el índice de Shannon, muestreados en el río Pita.	88
ANEXO N° 3. Valores de sensibilidad de las familias de macroinvertebrados para el índice BMWP/Col. (Modificado de Roldán, 2003 por Álvarez, 2006)	97
ANEXO 4. Imágenes de la vegetación de ribera de todos los puntos muestreados en el río Pita, para el índice QBR.	99
Anexo 4a. Vegetación de ribera del sector Molinuco, MP1, QBR: calidad muy buena. .	99
Anexo 4b. Vegetación de ribera del sector Molinuco, MP2, QBR: calidad buena.	99
Anexo 4c. Vegetación de ribera del sector Molinuco, MP3, QBR: calidad muy buena. .	100
Anexo 4d. Vegetación de ribera del sector canteras, CP1, QBR: calidad pésima.	100

Anexo 4e. Vegetación de ribera del sector canteras, CP2, QBR: calidad pésima.	101
Anexo 4f. Vegetación de ribera del sector canteras, CP3, QBR: calidad pésima.	101
Anexo 4g. Vegetación de ribera del sector Cashapamba, BP1, QBR: calidad pésima...	102
Anexo 4h. Vegetación de ribera del sector Cashapamba, BP2, QBR: calidad intermedia.	102
Anexo 4i. Vegetación de ribera del sector Cashapamba, BP3, QBR: calidad pésima. ..	103
ANEXO 5. Fotos de los macroinvertebrados acuáticos encontrados en las muestras, con orden, familia y género.	104

RESUMEN

Las actividades antropogénicas han alterado la microcuenca del río Pita, ocasionan un deterioro del ecosistema. Por la carencia de investigaciones suficientes en la zona es importante determinar el estado de salud ecológica del río en las zonas de Molinuco, Canteras y antiguo botadero de Cashapamba, por medio del uso de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad de agua. Se realizaron muestreos en tres puntos de cada uno de los tres sectores escogidos, en las épocas de invierno (Abril, 2014), transición (Junio, 2014) y verano (Agosto, 2014), se usó la red Surber y D-net, en aguas loticas y lenticas, un total de 108 muestras (36 muestras por época, 12 por sector, cuatro por punto), para conocer como varía la población de macroinvertebrados en cada sitio, con distintos tipos de intervención antrópica (turismo, explotación pétreo, botadero de basura y descarga de aguas servidas), adicionalmente se tomaron muestras de datos abióticos. Se analizó la información obtenida con los índices de Shannon, Déficit de especies de Kothé, BMWP, QBR, índice de distancia Euclidiana y disimilitud de Bray-Curtis. Entre las familias de macroinvertebrados más representativas encontradas en los muestreos están Chironomidae como la más abundante (63%), seguida de Baetidae (15%) y por último Hydroptilidae (4%), las cuales, por su tolerancia, se las asocia con la presencia de carga orgánica en los cuerpos de agua. Los mejores valores de abundancia de individuos y riqueza de especies se encontraron en el sector de Molinuco. Los índices utilizados demuestran que existe un deterioro de la calidad del agua a medida que el río continúa su curso hacia aguas abajo. Este deterioro es consecuencia de las fuertes y continuas actividades antropogénicas que se realizan en la ribera del río Pita, las mismas que tiene efectos distintos en la población de macroinvertebrados acuáticos, evidenciándose segmentos de autodepuración transitoria del sistema, por lo que se necesitan estudios periódicos para entenderlo. Se le recomienda al Municipio de Rumiñahui realizar campañas de concientización ciudadana con respecto a la adecuada disposición y mejoramiento de sistemas de recolección de residuos y la construcción de plantas de tratamiento de agua a lo largo del cauce del río.

Palabras clave: calidad de agua, macroinvertebrados, bioindicadores, carga orgánica, abundancia, estacionalidad.

ABSTRACT

Anthropogenic activities have altered the watershed of the Pita River, causing a deterioration of the ecosystem. Due to the lack of sufficient research in the area is important to determine the ecological health of the river; Through the use of macroinvertebrates as bioindicators of water quality, samples were taken at the Molinuco zone, the quarries, and the Cashapamba's old dump, during winter season (April, 2014), transition (June, 2014) and summer season (August, 2014). Using Surber net and D-net in lotic and lentic waters the total of 108 samples (36 samples per day, 12 per sector, four per point) was recollected to know how the macroinvertebrate community varies at each point with different types of human intervention (tourism, stony farm dump garbage and sewage discharge). Further samples of abiotic data were taken. The obtained information was analyzed using Shannon index, species Deficit Kothe, BMWP, QBR, Euclidean distance index and Bray-Curtis dissimilarity. The most representative families of macroinvertebrates among the samples were Chironomidae, which is the most abundant (63%), Baetidae (15%) and finally Hydroptilidae (4%), which, by tolerance are associated with presence of organic load in water bodies. The best values of individuals' abundance and species richness were found in the Molinuco area. The indices used show that there is deterioration in water's quality as the river continues its course downstream. This deterioration is the result of the continued strong anthropogenic activities taking place on the banks of Pita river, the same that has different effects on the community of aquatic macroinvertebrates, showing segments of transient self-purification system; periodic studies are needed to understand it. The Municipality of Rumiñahui is recommended to produce public campaigns regarding the awareness of proper wastes' disposal, the improvement of waste collection systems and construction of water treatment plants along the river-board.

Keywords: Water quality, macroinvertebrates, bioindicators, organic load, abundance, seasonality.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Los efectos de las actividades antropogénicas en las cuencas hidrográficas causan grandes problemas al hombre y a los ecosistemas donde habitan. En muchos casos estas actividades generan un “estrés hídrico”, que se produce *“cuando la demanda de agua es más importante que la cantidad disponible durante un periodo determinado o cuando su uso se ve restringido por su baja calidad”*. Lo que deriva en un deterioro de los recursos de agua dulce en términos de cantidad por sobreexplotación, ríos secos y otros y de calidad como eutrofización o presencia de contaminantes alóctonos (PNUMA, 2013).

Es de gran interés conocer, evaluar y monitorear el estado de salud de los cuerpos de agua a través del tiempo, con la finalidad de elaborar un estándar definido del término “Calidad de Agua” y así lograr saciar los conocimientos sobre este recurso. Todo esto permitirá preservar la integridad de las fuentes de agua, en estructura, función, condiciones químicas, físicas y biológicas (Hahn-vonHessberg *et al.*, 2009; Arango *et al.*, 2008). La “Calidad del Agua” es un valor que se otorga a este recurso, tomando en cuenta sus características: físicas, químicas y biológicas, que deben estar dentro de un rango óptimo para que no afecte a la salud de los seres vivos. Pero cabe recalcar que todo esto es relativo ya que el término depende del uso que se le dé al agua como: servicio ecosistémico, uso humano doméstico, riego, etc. (Villaruel *et al.*, 2011).

El Ecuador es un país rico en cantidad de agua, pero no en calidad, ya que aproximadamente el 70% de sus ríos se encuentran en procesos críticos de contaminación, teniendo como principal causa los residuos domésticos (FLACSO, 2008). Para esto las autoridades deben presentar programas de manejo sostenible del recurso e invertir en el mejoramiento y rehabilitación de cuencas hidrográficas importantes para la

agricultura, pesca y otros sectores productivos, y también debe fomentarse el cumplimiento de las leyes, acompañados de monitoreos de los cuerpos de agua.

Realizar estudios y monitoreos a ecosistemas acuáticos usando macroinvertebrados acuáticos en conjunto con índices biológicos, es una metodología innovadora que ha arrojado buenos resultados, en algunos casos diagnosticando de manera efectiva la calidad del agua. Además esta metodología va de la mano con análisis físicos y químicos del agua, que proveen una base sólida para garantizar que los resultados obtenidos estén bien sustentados, y así brindar información suficiente para tomar decisiones sobre la calidad del agua (Roldán, 1999).

La estructura y función de las comunidades bióticas expresan la integración de factores que acontecen durante cierta escala de tiempo y espacio. Respuestas y/o alteraciones estructurales, fisiológicas, morfológicas, entre otras, a nivel individuo, población o comunidad, pueden indicar cambios en los ecosistemas acuáticos, la estructura y composición de la biota, debido el impacto que el hombre es capaz de infringirles (Terneus *et al.*, 2012). Un sistema biológico puede ser considerado sano cuando su condición es estable, su capacidad de auto-depuración es preservada y un mínimo suministro externo es requerido para su manejo. Por lo tanto la biota resulta un preciado indicador para el conocimiento del estado ecológico, reduciendo la información ambiental a un conjunto de variables relevantes que evidencian los cambios del ecosistema (Domínguez & Fernández, 2009). En tal sentido nos permiten evaluar condiciones actuales y pasadas, comparar situaciones en el tiempo y espacio, anticipar tendencias y condiciones futuras entre otros aspectos. Por lo tanto, el uso de los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua se fundamenta en el hecho de que dichos organismos ocupan un hábitat a cuyas exigencias ambientales se encuentran adaptados. Cualquier cambio en las condiciones ambientales se reflejará en la estructura y composición de las comunidades de insectos acuáticos que allí habitan (Roldán, 1992).

El estudio ecológico de los sistemas acuáticos que presentan una continuidad de flujo tiene como objetivo principal entender los mecanismos y procesos responsables de las diferencias y similitudes entre las comunidades y la relación con las características fisicoquímicas del agua donde se desarrollan (Machado & Roldán, 1981). Las principales comunidades bióticas zoológicas que se desarrollan en las aguas continentales son las de macroinvertebrados acuáticos y peces (Roldán, 1992). Estas comunidades han adquirido una creciente importancia en los estudios de los ecosistemas acuáticos debido a que las variables fisicoquímicas solo dan una idea puntual sobre la calidad del agua y no informan sobre las variaciones en el tiempo (Alba-Tercedor, 1996).

En América Latina hay pocos estudios en el área de los macroinvertebrados acuáticos y solo existen trabajos puntuales en Venezuela, Colombia, México, Colombia, Ecuador, Bolivia, Argentina y Chile, en algunos países estos estudios son más profundos y detallados que en otros. En el Ecuador la información que se refiere a índices biológicos, taxonomía y metodología probadas para el estudio de la comunidad bentónica es relativamente escasa, pues los macroinvertebrados no son usados de manera oficial para evaluar ríos y a esto se suma que los únicos trabajos en este ámbito son en regiones ubicadas sobre los 2000 msnm, dejando vacíos de información en las zonas bajas (Arroyo & Encalada, 2009).

Los macroinvertebrados acuáticos han sido seleccionadas como uno de los grupos de organismos más relevantes a la hora de valorar la integridad del estado ecológico de las masas de agua, la estructura y la composición de sus poblaciones, han demostrado ser buenos bioindicadores de la calidad del medio al cumplir con algunos requisitos deseados; como sensibilidad, factibilidad, rentabilidad, validez científica, entre otras, por las exigencia ambientales a las que se encuentran adaptados (Terneus *et al.*, 2012).

En ocasiones, la gran variabilidad natural que presentan las poblaciones de macroinvertebrados no permite utilizar el mismo criterio para evaluar las que se encuentran

presentes en dos tramos diferentes, así como en dos épocas distintas, generando un cierto grado de incertidumbre en los procesos de evaluación de la calidad del medio (Loeb & Spacie, 1994).

La presencia de una población en un cuerpo de agua es un índice inequívoco de las condiciones que allí prevalecen y también indica que las fluctuaciones de contaminación que puedan presentarse no son lo suficientemente fuertes como para provocar un cambio significativo en la misma (Roldán, 1999).

JUSTIFICACIÓN

La microcuenca del río Pita es de suma importancia para el Municipio de Rumiñahui, pues este atraviesa los centros poblados del cantón Sangolquí y San Rafael y en esta área, en la que se enfoca este estudio, se encuentran zonas con actividades antropogénicas: el antiguo botadero de Cashapamba, continuas descargas de aguas servidas que van directamente al río, canteras que operan en la ribera y varias hosterías, centros turísticos entre otros, por lo tanto el personal de control ambiental del municipio debe tener conocimiento del estado del ecosistema y determinar qué sector está siendo más afectado y así poder cumplir con la normativa vigente y recuperar la salud ecológica del río. También esto sería un gran aporte a la comunidad científica al relacionar la composición de la población de macroinvertebrados directamente con estas actividades antropogénicas. El uso de macroinvertebrados acuáticos es una actividad aprobada por el MAE en el Plan de Cierre Técnico del Ex Botadero de Cashapamba (Meza, 2010), y desde el punto de vista técnico estos organismos ofrecen varias ventajas para este tipo de proyectos, pues se encuentran en todos los sistemas acuáticos continentales, al ser sedentarios permite realizar análisis de perturbaciones ambientales porque responden rápidamente a estas, muestrearlos es fácil y de bajo costo y existen varios índices que permite analizar los datos que se obtienen con ellos en campo. Por lo tanto monitorear, conocer y evaluar el estado de esta microcuenca usando macroinvertebrados permitirá generar insumos técnicos necesarios

para el apoyo en la toma de decisiones a las autoridades locales y un aporte significativo a la información existente de este sitio.

PROBLEMA

Los macroinvertebrados acuáticos son muy útiles para conocer la calidad de agua de los ecosistemas acuáticos con la finalidad de cumplir con las normas de control ambiental, y en el río Pita, específicamente en el área de estudio escogida, la microcuenca está siendo alterada por algunas actividades antropogénicas típicas como: el turismo (sector Molinuco) a causa de los basuras y otros elementos que se arrojan al río; la explotación pétreo (sector canteras) con vibraciones, material que se arroja al río desviando su cauce original y alterando su funcionalidad; por último las continuas descargas de aguas servidas y la presencia del antiguo botadero de basuras de la zona (Cashapamba) (Muñoz *et al.*, 2012). Además de esto también se desconoce la capacidad de autodepuración que tiene el río Pita ante toda la contaminación que recibe y por falta de programas de monitoreo y estrategias de manejo este río a través del tiempo debería mejorar y no empeorar su estado de contaminación (Montoya *et al.*, 2011).

ANTECEDENTES

Han sido pocos los investigadores que han hecho estudios sobre diversidad biológica acuática y también manejo de cuencas en el Ecuador (Pila, 2011). Una de las investigaciones realizadas en la línea de los macroinvertebrados para la zona de intervención, es la del Laboratorio de Recursos Acuáticos de la ESPE, dentro del proyecto de “Caracterización Sanitaria y Productiva de la Cuenca Hidrográfica del río Pita”, en donde se presenta información del comportamiento de parámetros bióticos y abióticos y muestra una línea base preliminar del comportamiento temporal de los macroinvertebrados acuáticos, desde el mes de junio del 2010 a Enero del 2011, en la cota de 2600 a 2900 msnm (Muñoz *et al.*, 2012). Otro trabajo en la misma microcuenca, se realizó con el

objetivo de inventariar las especies de insectos acuáticos de la microcuenca del río Pita y del río Mataquí, para evaluar la diversidad de insectos acuáticos en las diferentes riberas y determinar los patrones de mayor diversidad, tomando en cuenta la contaminación como elemento restrictivo (Aguilar *et al.*, 2009). Por último un trabajo realizado en los ríos Pita, San Pedro y Machángara (Ríos *et al.*, 2004) en el cual determinan las comunidades de macroinvertebrados y condiciones ambientales relacionadas con la altitud y la vegetación y también estudian la relación entre los macroinvertebrados y los factores fisicoquímicos, hidrológicos, geomorfológicos y vegetación original, generando información de base que forma parte del “Estudio de las condiciones de referencia de las cuencas de los ríos Pita, San Pedro y Machángara”.

En Colombia se han realizado trabajos similares a este, existe un trabajo que consiste en la comparación de dos estudios realizados en la misma cuenca hidrográfica del Río Negro, el cual concluye que con la aplicación de índices biológicos (BMWP) a través del tiempo (2002 y 2007) se demostró que el río pudo autorecuperarse por el aumento de las plantas de tratamiento instaladas por los municipios a lo largo del río y que a pesar de todas las variaciones ambientales, no existe diferencia significativa en la estadística (Evaluación de la calidad del agua en el río Negro y sus principales tributarios empleando como indicadores los índices ICA, el BMWP/Col y el ASPT) (Montoya *et al.*, 2011). Otro trabajo es la “Evaluación de la calidad del agua del río Cauca con base en poblaciones de macroinvertebrados bentónicos, tramo Salvajina – La Virginia” (Ballesteros *et al.*, 2007) que compara tres tramos del río Cauca, en el periodo 1996 – 2004, y uno de ellos tiene descargas de aguas residuales domésticas e industriales, los resultados de este trabajo indican que los primeros tramos del río tienen calidad de agua buena hasta llegar a estas zonas de intervención en donde los valores disminuyen drásticamente y luego se recuperan pero no llegan al nivel de recuperación de la calidad de agua reportado aguas arriba.

OBJETIVO GENERAL

Determinar el estado de salud ecológica del río Pita en las zonas de Molinuco, canteras y antiguo botadero de Cashapamba, por medio del uso de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad de agua, con la finalidad de apoyar al municipio de Rumiñahui en alcanzar los parámetros de cumplimiento establecidos para la recuperación ecológica del río Pita.

Objetivos Específicos

- Evaluar el estado de salud del río Pita (sector Molinuco, Canteras y Cashapamba) usando macroinvertebrados acuáticos.
- Determinar la estructura y la composición de la población de macroinvertebrados en las tres áreas de estudio (Molinuco, Canteras y Cashapamba) del Río Pita.
- Sugerir actividades de manejo que le permitan al municipio de Rumiñahui recuperar y/o preservar este tramo de cuerpo de agua, tomando como base, condiciones de referencia del cuerpo de agua más saludable.

HIPÓTESIS

El río Pita a pesar de las continuas actividades antropogénicas que se realizan en sus riberas, logra autodepurarse satisfactoriamente, mostrando tramos de recuperación de su calidad de agua, influenciados por la hidrodinámica y geología del cuerpo de agua.

Hipótesis Nula

El río Pita a pesar del tiempo transcurrido, no ha logrado autodepurarse de las continuas actividades antropogénicas que se realizan en sus riberas, registrando un deterioro en la calidad de sus aguas a medida que el río recorre tierras bajas.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

ÁREA DE ESTUDIO

El río Pita está ubicado al suroeste de Quito-Pichincha, es parte de la microcuenca del río Guayllabamba, la zona de muestreo pertenece a la parroquia Sangolquí, Cotogchoa y San Fernando, cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha, Ecuador, en la zona turística de Molinuco, seguido del área de explotación pétreo y el antiguo botadero en el sector Cashapamba.

La microcuenca del río Pita experimenta una variación altitudinal que va de los 2480 a los 5880 msnm, tiene sus orígenes en el sur en el Cotopaxi (5897 msnm), Sincholagua (4783 msnm), en el noroccidente en el Pasochoa (4199 msnm) y el Ilaló (3188 msnm), teniendo como únicos afluentes a los ríos Guapal y Gualpaloma (FONAG, 2003). El mapa de los ecosistemas terrestres originales del Ecuador en su última modificación (MAE, 2010), el área de estudio está compuesta por “bosque húmedo montano occidental” y “paramo húmedo”. La vegetación está formada por pastos naturales o cultivados, páramo de pajonal, bosques remanentes y secundarios con árboles nativos y exóticos, matorrales, donde se encuentran achupallas, chilcas, huaicundo, pumamaquis, alisos, pinos, eucaliptos, ciprés, orquídeas, bromelias, etc. Según Sierra (1999) este sector se lo denomina “bosque de neblina montano”, del sector norte y centro de la cordillera oriental, el cual ocurre de 2000 a 2900 msnm, con árboles cargados de musgo, con una gran diversidad de epífitas, en especial orquídeas, helechos y bromelias; en la última publicación del MAE (2013) esta zona corresponde al arbustal siempreverde montano del norte de los Andes, a una altitud de 2000 a 3100 msnm, son ecosistemas discontinuos en quebradas y áreas de difícil acceso con pendientes de 60°, con vegetación sucesional, donde los bosques fueron convertidos en

cultivos con remanentes de arbustos de 5 m y sotobosque arbustivo hasta 2 m, con algunas especies andinas y algunas espinosas.

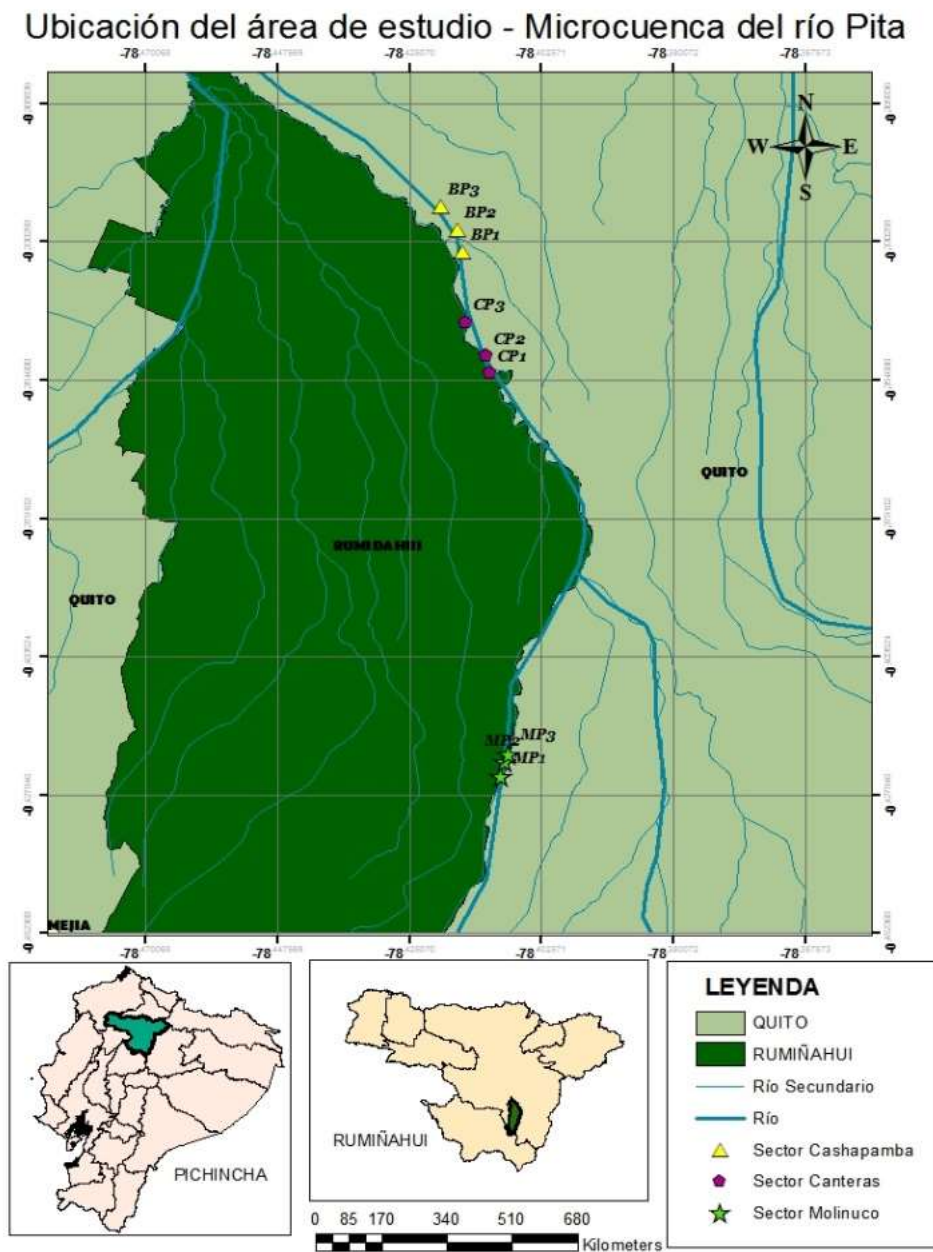


Figura 1.- Ubicación del área de estudio, microcuenca del río Pita y sus tres áreas de muestreo (Molinuco, Canteras y Antiguo Botadero).

En los pisos zoogeográficos del Ecuador este sector se ubica en el piso “Templado”, que está ubicado en las estribaciones y valles andinos con una altitud de 800 y 1000 hasta 1800 y 3000 msnm (Albuja, 2011), dentro de lo que se corrobora que la fauna representativa es en su mayoría de aves como: colibríes, jilgueros, mirlos, tórtolas, búhos y curiangués, y hay mamíferos como conejos, zorros, raposas, lobos y chucuris (Verduga *et al.*, 2008).

Tabla 1.- Coordenadas y rangos altitudinales de los puntos de muestreo (Coordenadas UTM WGS- 84 Zona 17).

Sector	Punto	Norte	Este	Altitud
Molinuco	MP1	0788355	9953010	2577 msnm
	MP2	0788448	9953309	2577 msnm
	MP3	0788504	9953432	2802 msnm
Canteras	CP1	0788144	9960915	2561 msnm
	CP2	0788078	9961262	2619 msnm
	CP3	0787694	9961911	2588msnm
Cashapamba	BP1	0787648	9963259	2573 msnm
	BP2	0787539	9963676	2552 msnm
	BP3	0787229	9964148	2538 msnm

Sector Molinuco

El sector consiste en una zona de hostería la cual ofrece varias opciones para el entretenimiento y descanso turístico, cuenta con hospedaje, pesca deportiva, caminatas en senderos, camping, juego recreacionales y restaurante. Recibe un aproximado de 600 turistas mensuales y su principal atracción son las caminatas en el sendero junto al río Pita, que cuenta con paisajes típicos de la zona. Tomando en cuenta la afluencia de turistas y las actividades que se realizan se escogieron los puntos estratégicos para ser muestreados.

- **Punto 1 Primera cascada del sendero (MP1):** Zona donde el sendero de la hostería Molinuco se encuentra con el río. Es un área con abundante bosque primario (Figura 2). Después de la cascada el río forma dos brazos de agua, uno grande relativamente más grande que el otro, dejando en el centro una isla que al parecer cierta parte de la misma se cubre de agua en grandes crecidas y al final toda el agua se vuelve un solo cauce. El tipo de sustrato que se encuentra es mixto (rocoso, hojarasca, vegetación), se encuentran aguas rápidas y lentas, como zonas profundas y muy superficiales, es un ecosistema muy heterogéneo.



Figura 2. Punto 1 de muestreo, sector Molinuco

- **Punto 2 Segunda cascada del sendero (MP2):** Zona de mayor afluencia turística al ser una de las zonas con mayor atractivo por el acceso a la cascada; en este lugar predomina el bosque primario y vegetación de ribera escasamente modificada, con profundidades heterogéneas (Figura 3). Una vez más el río toma dos cauces diferentes, uno de mayor tamaño que el otro, esta vez forma una isla grande y con gran cantidad de vegetación pionera y algo modificada por ser un área de recreación turística y en algunos casos con basura. Se encuentra sustrato predominantemente rocoso pero aún hay una gran heterogeneidad en la zona con arena, hojarasca, vegetación, etc.



Figura 3. Punto 2 de muestreo, sector Molinuco

- **Punto 3 Playón del sendero (MP3):** Zona de balneario de turistas por tener un playón en la morfología del río. Se mantiene la vegetación primaria predominante en el sector una de las riberas se encuentra modificada el sustrato de suelo en donde se encuentra arena y piedras pequeñas para adaptarla al turismo (Figura 4). El río continúa su curso en un área menos accidentada por lo que aumenta el ancho del espejo de agua y disminuye la profundidad y muy homogénea. En este sector encontramos sustratos rocosos, arena, hojarasca, etc.



Figura 4. Punto 3 de muestreo, sector Molinuco

Sector Canteras

Este sector es una zona de explotación y extracción de material pétreo, que se trata de 8km² junto al Río Pita, en donde practica minería aluvial (operaciones mineras avanzadas en riberas o causes de los ríos), con desbroce en canteras y cauce del río, es esta zona la última con presencia de canteras junto al río Pita. Se encuentran en toda el sector movimiento constante de material, maquinaria trabajando, flujos de agua, instalaciones como oficinas, baños, contenedores de gasolina, aceite, etc. Así se escogieron los puntos a ser muestreados.

- **Punto 1 Inicio de la cantera (CP1):** Zona en donde empieza la explotación pétreo de la empresa CONSERMIN y otras empresas, hay abundante ruido y vibraciones a causa del movimiento y descarga continua de material pétreo junto al río (Figura 5). Es una zona totalmente alterada por movimiento de suelo y piedras, siendo un cauce de río estrecho. Abundante golpe de agua por la heterogeneidad de la morfología del río con rocas grandes y de una profundidad considerable. Presencia de basura en las orillas y entre las rocas, una vegetación totalmente intervenida y ausencia de vegetación de ribera. Existe un sustrato mixto de arena y piedras de diferentes tamaños.



Figura 5. Punto 1 de muestreo, sector canteras

- **Punto 2 Mitad de la cantera (CP2):** Zona ubicada junto a la carretera de la cantera, hay menos ruido, se observa una aparente desviación o modificación del cauce del río (Figura 6). Sector con alta alteración, abundante roca, arena y material pétreo en la zona de ribera, el cauce es angosto, profundo y muy poca corriente. La vegetación del sector es escasa y en algunas zonas es nula, la vegetación es totalmente intervenida. El sustrato del lecho del río es abundante arena y algo de piedra.



Figura 6. Punto 2 de muestreo, sector canteras

- **Punto 3 Puente en la salida de la cantera (CP3):** Zona aguas abajo de la cantera, junto a la carretera y un puente con paso continuo de volquetes y empieza a aparecer población (Figura 7). Se observa alteración, presencia de basura en los alrededores, abundante roca y material pétreo en la zona de ribera y se observan rastros de volquetes que al parecer ingresan a la orilla a descargar material pétreo directamente al río. El cauce es amplio, hay heterogeneidad de profundidades y de corrientes. Existe vegetación intervenida y muy escasa en la ribera en los alrededores. El tipo de sustrato es arena y rocas.



Figura 7. Punto 3 de muestreo, sector canteras

Sector Cashapamba

El sector es una zona muy intervenida, presencia del antiguo Botadero de Cashapamba, descargas de aguas servidas, una carretera con un puente sobre el río Pita, la constante presencia de basura en la rivera de río, ganado, etc. Al igual que en los anteriores zonas se observaron y escogieron los puntos a ser muestreados.

- **Punto 1 Aguas arriba del antiguo botadero (P1):** Zona bajo el puente, con abundantes escombros, el área corresponde a una zona alterada e intervenida (Figura 8). Se

encuentra en la ribera abundante presencia de material pétreo, rocas de diferentes tamaños, sedimentación de arena y se encuentra basura en los alrededores del río, en la ribera y en el río. El cauce del río es angosto y su profundidad es heterogénea y tiene un alto golpe de agua. Ausencia de bosque y de vegetación ribereña. El tipo de sustrato es de arena, cemento, piedras de construcción y de canteras.



Figura 8. Punto 1 de muestreo sector Cashapamba

- **Punto 2 Sector antiguo botadero (P2):** Zona del antiguo botadero y descarga de aguas servidas, abundante acumulación de basura en los alrededores, orillas del río y en el río, es una zona alterada e intervenida, la descarga está directamente hacia el río causando olores desagradables en la zona, también existe ganado que está libre por el área (Figura 9-10). El cauce del río es amplio y de profundidad considerable y la corriente y el golpe de agua es muy fuerte. En la ribera se encuentra también la construcción de un muro de rocas para evitar el deslice de tierra y basura que se observa en el perfil del suelo. La ausencia de bosque fue reemplazada por vegetación arbustiva y hierbas en la ribera del río. El sustrato es arenoso y abundantes piedras.



Figura 9. Punto 2 de muestreo sector Cashapamba.



Figura 10. Descarga de aguas servidas en el punto 2, sector Cashapamba.

- **Punto 3 Aguas abajo del antiguo botadero (P3):** Zona de pastizal, hacienda e intervenida, con presencia de ganado. El cauce del río se amplía y la profundidad disminuye, la corriente es fuerte y el golpe de agua es considerable (Figura 11). Hay vegetación intervenida, predomina el pastizal y en ciertos sectores hay parches de arbustos. El tipo de sustrato que encontramos en esta área es arenoso y rocoso.



Figura 11. Punto 3 de muestreo sector Cashapamba

LEVANTAMIENTO INFORMACIÓN EN EL CAMPO

La recolección de macroinvertebrados se realizó en aguas lenticas y loticas. La importancia de estos dos tipos de microhábitats está determinada por la gran riqueza de macroinvertebrados acuáticos que se pueden encontrar en ríos y esteros y sus diferentes adaptaciones ecológicas y morfológicas, dependiendo del caudal, la textura y tipo de lecho existente en la zona donde se tomó la muestra (Encalada *et al.*, 2011).

Se tomaron muestras compuestas, dos muestras con la red “D” (Figura 12) y dos muestras con la red Surber (Figura 13) en cada punto de muestreo, siendo cuatro muestras por punto, 12 por sector (Molinuco, Canteras y Cashapamba) y al ser tres campañas, invierno (Abril-2014), transición (Junio-2014) y verano (Agosto-2014), finalmente se obtuvieron un total de 108 muestras para analizar.



Figura 12. Red “D” muestreo cualitativo.



Figura 13. Red “Surber” muestreo cuantitativo

Realizar un muestreo con red Surber (cuantitativo) posee un marco de 30 x 30 cm, este cuadrante permite muestrear a lo ancho del río y así se obtiene una medida de superficie con la cual relacionar la cantidad de individuos encontrados en relación a una unidad de área. De esta manera se obtiene una representación de todos los taxones relativamente abundantes y se estima su densidad para cada punto de muestreo. Mientras que el muestreo con D-net (cualitativo), proporciona una información más general sobre la riqueza de taxones de todo el tramo, e incluso da una idea de las abundancias de los diferentes taxones, por unidad de tiempo (Barbour *et al.*, 1999).

Todas las muestras fueron almacenadas en frascos plásticos de 500 ml (Figura 14), con su respectiva etiqueta y fijadas con formalina al 4% (un 96% de alcohol y 4% de formol), para después ser llevadas a Quito al laboratorio de la Universidad Internacional del Ecuador (UIDE), para su análisis e identificación.



Figura 14. Preservación de muestra para almacenamiento y transporte.

En todos los puntos muestreados se recopiló información fisicoquímica de: pH, concentración y saturación de oxígeno, temperatura del agua, conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos, velocidad de corriente. Los equipos usados fueron: un multi-parámetros para el pH, sólidos totales y conductividad eléctrica; un medidor de oxígeno (Figura 15.1) para medir la concentración y saturación de oxígeno; un termómetro para la temperatura; y un medidor de velocidad de corriente (Figura 15.2).



Figura 15.1. Multi-parámetros (izq.) y medidor de oxígeno (der.).



Figura 15.2. Medidor de velocidad de corriente.

ANÁLISIS DE MUESTRA EN EL LABORATORIO

Una vez en el laboratorio se limpiaron las muestras y se separaron los macroinvertebrados del sustrato, el trabajo de reconocimiento se realizó utilizando un estéreo microscopio de marca “Bill Xpx-3C” (Figura 16).



Figura 16. Estéreo microscopio.

La identificación de los especímenes se realizó hasta el nivel más fino posible, familia y en algunos casos género, con la ayuda de las claves taxonómicas de Merritt y Cummins (1996); Roldán, (1999); Domínguez y Fernández, (2009).

Al final del proceso los especímenes serán almacenados en tubos de vidrio de 10 ml y preservados en una solución de alcohol al 70%, con su etiqueta correspondiente, para luego ser depositados en la colección de invertebrados del Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales.

ANÁLISIS DE DATOS

Se analizaron los datos obtenidos en campo con la finalidad de obtener patrones de diversidad, estimación de calidad de agua, estado de salud de vegetación de ribera y otros.

1. Índice de diversidad de Shannon-Wiener, estudia la diversidad alfa α , indica la riqueza y la equidad de las especies que se encuentran en un sistema y mientras más regular es la distribución de las especies en las comunidades, mayor deberá ser el valor numérico obtenido, su sensibilidad a los cambios en la abundancia de las especies raras es aplicable en los estudios de conservación de la naturaleza. Se trabaja con la siguiente fórmula $H' = -\sum_{i=1}^S (ni/n) \ln(ni/n)$ en donde ni es el número de individuos por especie, n es el número total de individuos y \ln es logaritmo natural (Moreno, 2001; Roldan, 1999).
2. Método del Déficit de especies de Kothé, usa la densidad de las especies, tomando en cuenta solo el número total de especies más no las especies de las que se trata, se observa si decrece el número luego de la influencia de contaminaciones orgánicas y tóxicas, porque todos los organismos funcionan según este criterio. La fórmula es la siguiente $I = \frac{Su-Sd}{Su} \times 100$, en donde Su es el número de especies aguas arriba y Sd es el número de especies aguas debajo de la descarga (Roldan, 1999).

3. BMWP (Biological Monitoring Working Party) es usado para valorar la calidad del agua, en el cual a cada familia se le asigna un valor de tolerancia o sensibilidad a la contaminación o perturbaciones (Anexo 3), entre 1 y 10 y siendo 1 la puntuación más baja y 10 la más alta y la suma de estos puntajes dan un valor que se lo compara con los rangos de calidad de agua (Roldan, 2003).
4. Índice QBR (Índice de Calidad del Bosque de Ribera), sirve para cuantificar la calidad ambiental de las riberas usando como indicador biológico la vegetación arbórea, arbustiva y el matorral perenne, tomando en cuenta cuatro componentes y atributos de las riberas: cubierta vegetal, estructura de la vegetación, naturalidad y complejidad del bosque ribereño y grado de alteración del canal fluvial, usando cinco rangos de calidad de >95 a <25 (Fraile & Arrate, 2011).
5. Índice de distancia euclidiana, permite analizar las características abióticas entre sitios de muestreo, especificando en valores numéricos las similitudes entre puntos y cuan diferentes son entre ellos. La fórmula es $D = \left[\sum (X_{ij} - X_{ik})^2 \right]^{1/2}$, en donde X_{ij} y X_{ik} son los valores de la especie i en la estación j y k (Montaigne, 2000).
6. Índice de disimilitud de Bray-Curtis, toma en cuenta la presencia y la abundancia de organismos en los sitios, para determinar cuan parecidos son los sitios o muestras, todo esto dependerá de cuales sean los valores de abundancia para cada especie en cada sitio. La fórmula de similitud es: $S_{jk} = 2\sum \min(X_{ij}, X_{ik}) / \sum (X_{ij} + X_{ik})$ y la de disimilitud es $D_{jk} = \sum |X_{ij} - X_{ik}| / \sum (X_{ij} + X_{ik})$, en donde X_{ij} y X_{ik} son los valores de la especie i en la estación j y k y finalmente se obtiene un valor que va de 0 a 1, cuando los sitios o muestras son idénticos el valor va a ser 1 y cuando son totalmente diferentes será 0 (Bocard, 2010).

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

1. Ecosistemas fluviales andinos de agua dulce

Una red hidrográfica andina está constituida por sistemas exorreicos de flujo constante, sin importar las circunstancias climáticas para llegar al mar y algunos endorreicos como el de los Andes Centrales. Los más característicos son los ríos de cabecera que se forman del deshielo de los glaciares, precipitaciones, manantiales, etc. No tienen una morfología determinada, pues se los encuentra desde afluentes de alta pendiente hasta llegar a zonas de poca gradiente e incluso formando canales anastomosados en las planicies (Herzog *et al.*, 2011).

Los ecosistemas andinos están totalmente influenciados por la altitud, rangos entre 1000 y 3500 msnm, pero a pesar de todo no se establece un rango altitudinal definido, a causa de las condiciones ambientales de cada sitio y las corrientes de aire húmedo. Toda esta variedad de condiciones ambientales, físicas y geográficas permiten que se desarrollen ecosistemas variados (Tobón, 2009).

Los bosques andinos radican su importancia al ser ambientes de alta energía y abundancia de agua en forma de humedales y complejas redes hídricas que recorren todas las cuencas, en donde se asienta gran parte de la población, es el caso de los países andinos. También tienen formaciones vegetales únicas, particular composición florística, altos niveles de endemismo y diversidad biológica (Tobón, 2009).

Estos ecosistemas andinos se caracterizan por tener cobertura persistente o estacional de nubes, lo que reduce la radiación solar y el déficit de vapor y en algunos casos

se suprime la evapotranspiración, las precipitaciones incrementan por la niebla atrapada por la vegetación. En cuestiones hidrológicas estos bosques están influenciados por precipitaciones altas y una baja evapotranspiración. Estas zonas tienen un rendimiento hídrico (caudal/precipitación total) de 57% (Tobón, 2009).

Una cuenca hidrográfica es el espacio de territorio delimitado por la línea divisoria que crean las aguas, la cual está conformada por un sistema hídrico, dirigido hacia un río principal, a un río mucho más grande, a un lago o al mar, formada por varias subcuencas o microcuencas. Las cuencas funcionan con una característica altitudinal muy importante, implicando la relación directa de zonas altas (nacimiento de aguas), medias y bajas (deposición y desembocadura), en donde la parte alta afecta directamente a la parte baja. Por esta razón se distinguen tres sectores característicos: cuenca alta, que corresponde generalmente a las áreas montañosas o cabeceras, cuenca media, que es donde se juntan las aguas recogidas de todas las partes altas y el río mantiene un cauce algo definido y cuenca baja o zona transicionales, que es la desembocadura a ríos mayores o a zonas más bajas como estuarios y humedales. Toda esta clasificación permite conocer el comportamiento de los componentes del balance hídrico y delimitar zonas funcionales de la cuenca (Ordoñez, 2011).

1.1. Río continuo

Describe el aporte de energía, según la gradiente de condiciones físicas y químicas y la respuesta biótica en los ecosistemas fluviales desde la cabecera hasta el sitio de desembocadura. Vannote *et al.*, (1980) explica que los ríos son sistemas con cambios y aun así el río sigue su recorrido, que va desde los pequeños arroyos de cabecera hasta bosques de grandes ríos, en donde hay variaciones de agua, profundidad, temperatura, cantidad y tipo de materia transportada y todo esto asociado con la comunidad biótica (Dodds, 2002).

Los ríos se inician en zonas de cabecera, en donde las pendientes son altas, una zona cubierta del dosel denso y cerrado, con un ingreso de luz muy bajo, baja fotosíntesis y el ingreso de hojarasca es importante en los pequeños arroyos como fuente de carbono primaria y se encuentra una comunidad de trituradores. En el transcurso del río, la corriente, el ancho y la luz aumentan y el ingreso de hojarasca disminuye, por lo que la productividad de algas bentónicas y del material orgánico que llega lavado, contribuye a la producción de carbono disponible y los invertebrados acuáticos recolectores son los que dominan, llegando finalmente a formar ríos grandes, en donde la producción bentónica decrece, aumenta el material particulado en suspensión y con gran cantidad de sedimentos, permitiendo que el zooplancton y fitoplancton se ubiquen en la columna de agua y aquí los colectores son los dominantes (Dodds, 2002).

La materia orgánica que ingresa en la cabecera del río, sufre cambios graduales a medida que el río continúa su recorrido, ya que esta debe ser acarreada aguas abajo para que los organismos puedan utilizarla plenamente y así mantenerse en equilibrio. Toda esta energía fluye dentro de las cadenas alimenticias, por lo que los macroinvertebrados se agrupan en gremios de dietas específicas, permitiendo explotar toda la variedad de recursos orgánicos que se encuentran en la columna de agua.

Al conocer este sistema, se intenta predecir el funcionamiento biológico de los sistemas según sus variaciones estructurales y funcionales, a las cuales las comunidades deben adaptarse y de esta manera se puede tener una visión más amplia de la ecología del sistema tomando en cuenta la presencia y abundancia de los gremios encontradas en cada sitio (Dodds, 2002; Rivera *et al.*, 2013).

2. Efectos de las actividades antropogénicas en los ríos

El recurso agua es ampliamente utilizado en la vida cotidiana del ser humano: agricultura, industria, uso doméstico, captaciones, hidroeléctricas, entre otras. Por lo que el desarrollo de todas estas actividades sin ningún criterio ambiental está afectando el estado de los sistemas acuáticos y por consiguiente la salud del hombre (Custodio & Pantoja, 2012).

Los efluentes de industrias y ciudades van directamente al agua, los residuos sólidos que se depositan a cielo abierto por acción de la lluvia se lavan y generan contaminantes que a través de la escorrentía llegan a los cursos de agua. La actividad agrícola con canales de riego, fertilizantes industriales y agroquímicos o pesticidas contaminan las aguas superficiales al estar depositados en el suelo (Almeida-Leñero *et al.*, 2007).

Cualquier cambio en las condiciones físicas, químicas y biológicas pueden resultar en modificaciones en la composición de especies, en la estructura trófica, en el número de individuos de un gremio u otro (carnívoros, omnívoros, detritívoros) y algunas veces, en la aparición de formas especializadas o generalistas en sus comportamientos alimenticios, causando cambios drásticos en ciertos grupos tróficos (Rivera *et al.*, 2013).

Las cuencas hidrográficas son una fuente importante de servicios ambientales de los cuales se beneficia directamente el ser humano y por eso es importante saber que los ecosistemas son indispensables para su bienestar, por lo tanto es relevante llevar a cabo un buen manejo de los recursos hidrológicos, para evitar el deterioro de los bienes y servicios ambientales (Menchaca & Alvarado, 2011; Almeida-Leñero *et al.*, 2007).

El río Pita, en el área de estudio escogida, está intervenido por actividades ecoturísticas, explotación pétreo, acumulación de residuos sólidos y descarga de aguas servidas, por lo que a continuación se realiza una breve descripción de estas actividades.

2.1. Ecoturismo

En algunas zonas se practica “el ecoturismo” el cual es una modalidad de turismo selectivo el que tiene como característica principal una experiencia de visita distinta, en áreas naturales, para conocer, aprender y así comprender la historia natural y la cultura local del área, y en conjunto con la interpretación y educación ambiental, mantener los ecosistemas naturales relativamente intactos. Esta modificación turística parece ser factible mientras la planificación sea adecuada y se cumpla a cabalidad, de lo contrario se puede derivar en la degradación de los espacios naturales al crear impactos ambientales negativos sobre el recurso (agua, suelo, aire, fauna, vegetación, etc.) (Cuadrado, 2013).

Pero siguen existiendo riesgos de impactos sobre las cuencas hidrográficas, los cuales pueden ser: acumulación de basura en la ribera y dentro del río a causa de los desechos de los turistas y mal manejo de la misma, derrames de combustibles de los automóviles que se encuentran cerca del río, lo que modifica las condiciones físicas y químicas del agua, alterando el ecosistema; la destrucción de la vegetación de ribera en las caminatas por los senderos, disminuye la disponibilidad de hábitats para especies macrobentónicas que dependen de la vegetación; bloqueo de las aguas por construcciones sobre el río, remoción de material de fondo del río por pisoteo que termina en destrucción de la fauna bentónica por modificación de sus hábitats y ausencia de sustrato (Galvão & Cândido, 2010).

2.2. Explotación pétreo

La explotación de material pétreo en cualquier zona en la que se realice causa cierto grado de molestias al entorno, puede ser a los componentes físicos, bióticos, socioeconómicos y culturales, y la magnitud de este daño será dependiendo del tamaño de la actividad minera (Guevara, 2012).

Algunos de los efectos ambientales negativos causados por esta actividad son los siguientes: generación de gases, polvo, ruido, vibraciones, basura, residuos, depósito de material pétreo, efectos sobre la fauna, desviación del cauce del río, eliminación de cobertura vegetal, descargas de material pétreo al río, descarga de aguas de procesos al río, etc. y los efectos directos sobre el ecosistema fluvial son el aumento de sedimentos a consecuencia de la eliminación de la cobertura vegetal y riesgos de derrames de contaminantes, y todas estas actividades alteran la riqueza y abundancia de los macroinvertebrados acuáticos (Cornejo, 2014; Guevara, 2012; Terneus *et al.*, 2012).

Los efluentes que normalmente se producen en una zona de explotación pétreo son de aguas residuales domésticas y de hidrocarburos, ya que este tipo de canteras normalmente no cuentan con un sistema de alcantarillado público y van a pozos sépticos y los desechos de hidrocarburos que salen de la limpieza y recambio de aceites de las máquinas, se recopilan en tanques para luego ser trasladados con los gestores autorizados (Nieto, 2012).

2.3. Manejo de residuos sólidos

En los últimos años la producción de basura ha aumentado de una manera descontrolada, siendo no solo desechos domésticos, materiales no degradables y en muchos casos tóxicos. La disposición inadecuada de los desechos sólidos es un gran problema tanto

ambiental como social y con el tiempo este se descontrola con el crecimiento demográfico (Acosta, 2005).

Los efectos negativos sobre el ambiente causado por los rellenos sanitarios y botaderos mal administrados son los siguientes: eliminación de cubierta vegetal, movimiento de suelo, alteración del drenaje, producción de ruido y vibraciones, generación y/o recolección de lixiviados, malos olores, quema de basura, emisión de vapores, humo y polvo, presencia de animales como roedores, aves e insectos, etc. (Vettorazzi & Francisca, 2002).

En efectos sobre el recurso hídrico, están la contaminación de aguas superficiales y subterráneas al tener presencia de lluvias o escurrimiento hay filtraciones de lixiviados y se arrastran sustancias tóxicas y gérmenes patógenos a través del suelo, membranas y capas aislantes si es que existen, llegando a las aguas freáticas. También la presencia de materia orgánica en conjunto con bacterias y oxígeno acidifica el agua y consumen el oxígeno, y en algunos casos el exceso de basura causa taponamiento y represamiento del caudal. Por lo tanto la población de macroinvertebrados podría disminuir su riqueza y abundancia, aumentando el número de individuos tolerantes y disminuyendo o ausentando a los grupos intolerantes y considerados indicadores de calidad de agua buena (Vettorazzi & Francisca, 2002).

2.4. Descarga de aguas residuales

Las aguas residuales han sido un gran problema en los últimos años, pues producen alteraciones en los cursos de agua, debido a la variedad de productos que la componen, y mucho más si las áreas receptoras son cada vez menos capaces de asimilar todos estos efluentes (Gallardo *et al.*, 2004).

Estos vertidos con el paso del tiempo no se detienen y van en aumento y al ser la capacidad de auto depuración de las aguas muy limitada, es un grave problema compensar las diferencias de volúmenes y así permitir una buena autodepuración en los ríos (Menchaca & Alvarado, 2011).

El crecimiento urbano y el aumento del consumo hídrico, traen como consecuencia la dilatación proporcional de las aguas residuales que se generan. Pues son aproximadamente el 70 y 80% de las aguas recibidas en los domicilios, las que se transforman en aguas residuales, que bien van a plantas de tratamiento o a drenajes que terminan amplificando los cuerpos de agua naturales (Gallardo *et al.*, 2004).

Todos estos efluentes vertidos modifican las características habituales de los sistemas hídricos, específicamente cambian el contenido y composición de las sales, la cantidad de materia orgánica, gases disueltos, producen variaciones de temperatura, color, turbidez, alteraciones del pH, y se introducen elementos extraños, que finalmente suelen ser agresivos para los organismos del lugar. Convirtiéndose en un problema crítico que trae como resultado la degradación creciente y la destrucción de los recursos biológicos en ellos o a su alrededor (Custodio & Pantoja, 2012; Gallardo *et al.*, 2004).

Por estas actividades y muchas más, ya existen razones, ambientales, sociales, sanitarias e incluso económicas, que promueven sumar esfuerzos para aumentar los esfuerzos en la tarea de evitar la contaminación de las cuencas hidrológicas y recuperar las contaminadas (Custodio & Pantoja, 2012).

3. Bioindicador

El término se refiere a especies escogidas por su sensibilidad o tolerancia a varios parámetros, específicamente la contaminación, es decir su presencia o ausencia demuestra

la existencia de ciertas condiciones en el medio o la alteración de estas condiciones, ya que son muy específicos y fáciles de monitorear. Por ejemplo cuando una especie desaparece por alguna alteración causada por el hombre es respuesta a que la calidad del hábitat o la combinación de algunos factores la están afectando (Vázquez *et al.*, 2006).

Existen algunas ventajas en el uso de bioindicadores para determinar la calidad del ambiente:

- La recolección puede ser realizada por personas ajenas al campo, ya que pueden guiarse con manuales de los métodos.
- Las comunidades biológicas manifiestan las condiciones físicas, químicas, biológicas y ecológicas del sistema.
- Realizar biomonitoreos permanentes son de bajo costo comparados con los fisicoquímicos.
- La información obtenida se puede expresar con índices bióticos para determinar la calidad del ecosistema.

No se puede dejar de lado algunos problemas que tiene el uso de bioindicadores, como ajustar los índices bióticos para distintas regiones, los muestreos llevan mayor tiempo, la información obtenida es cualitativa y para la identificación taxonómica se necesita experiencia (Vázquez *et al.*, 2006).

3.1. Bioindicadores de calidad de agua

Desde el siglo XIX, Kolenati (1848) y Cohn (1853), iniciaron los intentos por determinar los daños ecológicos en los cuerpos de agua causados por los efluentes vertidos por el hombre. Mez en 1898 usó microorganismos y para el siglo XX Kolkowitz & Marsson (1908, 1909) sentaron las bases para el sistema saprobio en Alemania, que aún sigue siendo usado en países europeos. Mientras que Patrick en 1949-1950 propuso métodos biológicos, Gaufin y Tarzwell (1952) apuntaron a los macroinvertebrados como indicadores de contaminación de las aguas. Posteriormente se discute el concepto de *diversidad de especies* usando métodos matemáticos (Shannon, Simpson, Margalef, Sheldon, etc.), el que dice que mientras mayor información se tenga de la situación, será más preciso el entendimiento del mismo (Roldan, 2012).

Finalmente Hynes (1959, 1963) presentó los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua e integró la biología a la contaminación acuática. Después de varios análisis, revisiones y más investigaciones sobre índices, teorías y más, Prat *et al.*, (1986), realizó una comparación de índices de calidad del agua, en España, con parámetros fisicoquímicos y biológicos y descubrió que hubo una baja correlación entre ellos. Barbour *et al.*, (1995) presentaron algunas mediciones de evaluación rápida y entre ellos ya se encontraba el BMWP y el índice de saprobiedad. Alba-Tercedor (1996) adaptó la utilización del BMWP para la península ibérica y ya en 1998, Jacobsen habló de los efectos de la contaminación sobre los macroinvertebrados en el Ecuador.

Como la cronología histórica lo muestra, llegar a establecer los bioindicadores de calidad del agua ha sido un trabajo arduo, lo que ha permitido en la actualidad tener una lista de grupos de organismos que han sido catalogados como bioindicadores y se detallan a continuación.

a) **Bacterias.-** Son aquellas que tienen un comportamiento similar a los patógenos, concentración y reacción a los factores ambientales, pero estos son más fáciles, rápidos y económicos de identificar. Las que han ganado protagonismo en este grupo son las bacterias coliformes, pues indican que hay contaminación fecal por descarga reciente de desechos. Las características indispensables de estos organismos son: no debe ser patógeno, debe ser constituyente normal de la flora intestinal de individuos sanos, estar presente de forma exclusiva en las heces de animales homeotérmicos y debe ser incapaz de reproducirse fuera de ellos, estar presente cuando existan microorganismos patógenos, deben presentarse en número elevado, facilitando su aislamiento e identificación, debe resistir a los factores ambientales y a través del tiempo mucho más que un patógeno. El muestreo tiene una metodología bien desarrollada y da respuesta rápida a cambios ambientales, específicamente descargas domésticas o municipales (Arcos *et al.*, 2005; Vázquez *et al.*, 2006).

b) **Fitoplancton.-** Tienen un ciclo de vida corto, por lo que pueden responder rápidamente a los cambios ambientales, los cuales alteran la estructura de estas comunidades y específicamente en su papel de productores primarios. Sus distribuciones van de ser muy amplias, a preferir ciertos ambientes que incluso algunas son muy frecuentes en aguas fuertemente contaminadas, por preferir algún compuesto existente en estas. Existen casos en los que el fitoplancton se vuelve resistente a diversas sustancias lo que incrementa su desarrollo y causa eutrofización de las aguas; otras permiten tener conocimiento de las fluctuaciones que se dan en las masas de agua, lo que permite caracterizar las especies tolerantes o compatibles con la materia orgánica. Dentro de este grupo las diatomeas son las preferidas por su fácil identificación, son cosmopolitas, el muestreo es sencillo y rápido, algunas especies son sensibles a cambios ambientales y otras muy tolerantes, inclusive se pueden cultivar para hacer estudios experimentales (Vázquez *et al.*, 2006).

- c) **Macroinvertebrados acuáticos.**- Las comunidades de este grupo llegan a ser muy similares a pesar de estar en dos lugares distintos, y las características y la abundancia de los organismos en las comunidades de un sistema acuático están muy relacionadas con las condiciones del medio. Los insectos son el grupo más representativo de los macroinvertebrados y al ser los más diversos son muy importantes en comparación con los peces. Su muestreo es relativamente fácil y su tamaño los hace visibles a simple vista, son universales, sedentarios, extremadamente sensibles, ciclos de vida largos y su respuesta ante un impacto es inmediata. Por ejemplo, los crustáceos decaen cuando en la zona hay agricultura y/o silvicultura, por problemas de lixiviación y arrastre de pesticidas y herbicidas; los isópodos actúan como bioacumuladores de metales pesados (Lanza *et al.*, 2000; Vázquez *et al.*, 2006).
- d) **Peces.**- Fueron los primeros con los que se realizó el primer sistema multimétrico para conocer la calidad del agua y se usó de modelo para otros organismos. Se los ha considerado como buenos bioindicadores porque una gran diversidad y abundancia de peces en los cuerpos de agua indican que es un lugar sano para todas las formas de vida y así mismo un número alto de muertes o peces enfermos podrían ser por causa de contaminación. Los peces deben ser fáciles de capturar e identificar y debe haber información suficiente sobre la especie para ser considerados como indicadores. Las ventajas que tienen son: la amplia variedad de especies que representan distintos niveles tróficos, son bioacumuladores al estar en la parte alta de la cadena trófica, son los organismos mejor conocidos de hábitats acuáticos y algunos están presentes en pequeños cuerpos de agua incluso si estos están contaminados. La presencia de un 5% de peces carnívoros indican un ecosistema saludable pero si hay un 1% o menos el ecosistema está en mala salud (Vázquez *et al.*, 2006).

En este trabajo se usaron macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de calidad del agua por todas las ventajas antes mencionadas y por ser un trabajo en conjunto con la Municipalidad de Rumiñahui, en cuyo plan de manejo y monitoreo ambiental, establecen el uso de este grupo como bioindicadores de calidad ambiental para sus campañas de monitoreo bioacuático.

4. Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores

Lo macroinvertebrados acuáticos son considerados como los mejores bioindicadores de calidad del agua, en orden de importancia les siguen las algas, protozoos, bacterias y en menor grado, los peces, macrófitas, hongos y virus (Roldan, 2012).

A continuación se mencionan las razones por las que se los considera los mejores indicadores de calidad del agua: son abundantes, de amplia distribución, fáciles de recolectar, son sedentarios en su mayoría por lo que pueden reflejar las condiciones locales, relativamente fáciles de identificar, si se comparan con otros grupos, como bacterias y virus, también manifiestan los efectos de las variaciones ambientales en un corto periodo de tiempo, poseen ciclos de vida largos, son apreciables a simple vista y se pueden cultivar en el laboratorio (Roldan, 2012).

El uso de macroinvertebrados como bioindicadores en los trópicos se inició usando métodos europeos y norteamericanos, sin tener idea de las condiciones propias de este ecosistema.

4.1. Características generales

Al ser un grupo de bioindicadores tan diverso, es necesario realizar una descripción de sus hábitats en los que se encuentran, locomoción, hábitos alimenticios, etc.

4.1.1. Hábitat y locomoción

Los macroinvertebrados tienen distintos modos de vida, pueden permanecer en la superficie, en el fondo o pueden nadar libremente. Neuston, es el nombre que se le da a los organismos que viven en la superficie del agua, ya sea caminando, patinando o brincando, porque el recubrimiento de cera que tienen en todo su cuerpo (uñas, patas y exoesqueleto), les permite vencer la tensión superficial; Necton, son los organismos que nadan libremente en la columna de agua; y Bentos, son aquellos organismos que viven en el fondo, adheridos a piedras, rocas, troncos, restos vegetales y otros sustratos (Roldan, 2012).

Otra clasificación se basa en el lugar en el que se encuentran en el cuerpo de agua y su manera de moverse en el mismo, ya que estos viven sobre algún sustrato (Hanson *et al.*, 2010).

- a) **Epineuston.**- Son los organismos que viven sobre la película de agua, algunas familias como los chinches son patinadores y otros se mueven brincando o caminando, y a pesar de ser semiacuáticos muestran adaptaciones para moverse en la superficie del agua, por lo que se los incluye en los estudios acuáticos. Los adultos de algunos coleópteros (Gyrinidae) viven en la superficie pero son capaces de nadar y bucear.
- b) **Hiponeuston.**- Se trata de organismos que viven justo debajo de la superficie, porque necesitan estar en este sitio por su modo de respiración, se trata de larvas de zancudos (Culicidae).
- c) **Plancton.**- Es un grupo que requiere una amplia superficie corporal para mantenerse en la columna de agua y utilizan apéndices para actuar en contra de la

tendencia a hundirse, dentro de estos los Chaboridae (Diptera) son tal vez los únicos insectos planctónicos.

- d) **Buceadores.-** Organismos que toman el oxígeno en la superficie del agua y para conseguir alimento bucean y nadan en la columna, su cuerpo es hidrodinámico y las patas traseras en forma de remo con pelos natatorios (Dystiscidae e Hydrophilidae).
- e) **Nadadores.-** Se pasan sumergidos permanentemente y nadan con movimientos de peces, cuando no tienen arranques breves de natación pasan agarrados a rocas, tallos de plantas acuáticas y otros objetos. Dentro del grupo están Baetidae, Isonychiidae, Leptophlebiidae y Hydrachnidiae.
- f) **Agarradores.-** Individuos que poseen adaptaciones para sujetarse al sustrato en áreas de corriente fuerte, sus cuerpos funcionan como ventosas (Psephenidae), uñas largas y fuertes (adulto de Elmidae y Dryopidae), ganchos abdominales (Megaloptera y Trichoptera), ventosas en la parte ventral (Blephariceridae y Psychodidae), algunos usan seda para construir casas y pegarlas al sustrato (Lepidoptera, Chironomidae y Trichoptera), otros tienen cuerpo aplanado y patas proyectadas lateralmente para minimizar la resistencia a la corriente del agua (Plecoptera y Ephemeroptera).
- g) **Reptadores.-** En hábitats o micro hábitats de baja corriente los organismos (Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera y Trichoptera) se arrastran en la superficie del sustrato, sobre rocas, sedimentos, hojarasca o madera.
- h) **Trepadores.-** Viven en las partes sumergidas de las plantas acuáticas, aunque no se alimenten de ellas (Odonata).

- i) **Excavadores.**- Algunos macroinvertebrados se entierran en los sedimentos blandos, por lo que tienen setas en la parte dorsal de su cuerpo, cabeza aplanada y patas anteriores para excavar; algunos construyen túneles (Ephemeroptera), otros solo se entierran (Diptera, cangrejos, almejas, oligoquetos).

4.1.2. Alimentación

Los alimentos de los macroinvertebrados pueden ser autóctonos (se originan dentro del ecosistema acuático) o alóctonos (tienen origen terrestre), y pueden ser organismos vivos o materia orgánica en descomposición. Se crean categorías para distinguir los diferentes grupos funcionales según el hábito alimenticio y sus subdivisiones (Hanson *et al.*, 2010).

Herbívoros.- Este grupo se alimenta de plantas vasculares o algas filamentosas.

- a) Los fragmentadores, generalmente toman pedazos >1mm.
- b) Los minadores, se alimentan de la parte interna de tallos u hojas (Chironomidae), otros comen raíces enterradas (Curculionidae), y un pequeño grupo (Hemiptera) succiona la savia.
- c) Están aquellos que se alimentan de algas microscópicas y seleccionan su alimento por el tamaño y la disponibilidad.
- d) Filtradores de partículas en suspensión, para lo que tienen adaptaciones como cepillos bucales o redes de seda.

- e) Raspadores, quienes comen perifiton (algas) y microbios adheridos a las rocas (Heprageniidae, Glossosomatidae y caracoles).

Carnívoros.- Son aquellos que se alimentan de otros animales.

- a) Los depredadores, son los más comunes, unos mastican la presa, algunos inyectan enzimas y succionan su contenido (Gyrinidae y Dysticidae). Estos poseen adaptaciones morfológicas para capturar a su presa, patas raptorales (chinchas) y labio extensible (Odonata).
- b) Hay filtradores que son considerados depredadores porque comen zooplancton.
- c) Parasitoides, se los denomina a los organismos que viven en una íntima asociación con un solo hospedero y siempre lo mata. Este grupo es muy escaso, un ejemplo de ellos son las avispas (Hymenoptera) que ponen huevos en un insecto acuático o en sus huevos para que ahí se desarrolle la larva.
- d) Los parásitos, tienen una relación íntima con un hospedero pero a diferencia de los parasitoides, estos normalmente no lo matan. Los Sisyridae (Neuroptera) parasitan a las esponjas, y Branchiura y Copépoda están en peces, etc.

Detritívoros.- Estos organismos se alimentan de detritus (materia orgánica muerta).

- a) Los fragmentadores, toman los pedazos de hojas en descomposición o fragmentos de madera, se encuentra dentro de su dieta, también toman microorganismos como bacterias y hongos, y estos pedazos son convertidos en partículas más finas de materia orgánica.

- b) Los filtradores, organismos con adaptaciones como cepillos bucales, brochas de setas, branquias ciliadas o redes de seda, para remover partículas finas del agua, preferiblemente de corrientes fuertes, muchos de estos son omnívoros.

- c) Los recolectores, toman las partículas más finas, con un tamaño $<1\text{mm}$, que se encuentran en el agua.

4.2. Importancia ecológica

La presencia de los macroinvertebrados en todos los cuerpos de agua, les da un papel en todos los procesos ecológicos de los sistemas acuáticos. En cuestiones de energía, las redes tróficas tienen el primer ingreso de energía de material autóctono o alóctono y los macroinvertebrados se encargan de mover esta energía a todos los niveles tróficos (Hanson *et al.*, 2010).

También son importantes para la productividad primaria, porque los fragmentadores utilizan las partículas de gran tamaño y las degradan en fragmentos más pequeños que son accesibles para otros organismos como los recolectores y filtradores que a su vez remueven estas partículas finas y las convierten en partículas fecales, más densas que se hunden y sirven de alimento para otros organismos, todo este proceso evita que la energía no se vaya con la corriente sino que sea aprovechada en todo el cuerpo de agua, cumpliendo con la teoría del río continuo (Hanson *et al.*, 2010).

4.2.1. Deriva

El movimiento río abajo de los macroinvertebrados en la columna de agua o también llamado deriva, es un proceso muy común y de suma importancia en los ecosistemas lóticos. En sitios en donde hay abundancia de peces, la deriva llega a ser muy

alta y tiene una periodicidad nocturna. Las razones por las cuales se da la deriva de los macroinvertebrados pueden ser por comportamiento ya que algunos escapan de los depredadores, por dispersión, constante o casual, con la finalidad de buscar nuevos sitios de alimentación, catastrófica como resultado de los disturbios de la cuenca, crecidas o cambios de la calidad del agua, ésta última, está ligada a modificaciones del sustrato, altas descargas de agua, bajas precipitaciones, altas temperaturas, actividades humanas y otras. Entonces si se mide esta dinámica en términos de abundancia y/o biomasa se pueden describir alteraciones en los ecosistemas loticos. Adicionalmente existe una compensación a este movimiento, y se da cuando los individuos están en el estadio adulto y en otros casos algunas larvas se mueven río arriba (Hanson *et al.*, 2010; Tamaris *et al.*, 2013).

La gran variabilidad de los horarios de deriva y el comportamiento al derivar de los macroinvertebrados, no permiten que al muestrear se conozca la comunidad de organismo propiamente establecida en el tramo, por lo tanto se debe conocer todo acerca de los organismo derivantes. El proceso de deriva y el vuelo o movimiento de los insectos adultos son de gran importancia para la recuperación y recolonización de los ecosistemas de ríos luego de cualquier tipo de disturbios (Hanson *et al.*, 2010; Tamaris *et al.*, 2013).

4.3. Clasificación, tamaño y forma, de los macroinvertebrados más comunes en el área de estudio

Filo Platyhelminthes

1. Clase Turbellaria

a. Orden Tricladida

Son organismos de cuerpo alargado y plano, un tamaño máximo de 30mm de longitud, su cabeza es triangular y marcada, con dos ojos y proyecciones auriculares prominentes, cuerpo cubierto por una mucosidad secretada por glándulas subepidérmicas.



De colores grises, pardos, amarillentos, blancos o negros y muchas veces tienen manchas de varios colores. Son hermafroditas, de reproducción sexual, sus huevos se depositan en capullos y unidos al sustrato con un pedúnculo. Se mueven sobre el sustrato o nadan, son carnívoras, otras comen animales muertos o algas. Respiran a través de la epidermis y la gastrodermis. Habitan debajo de rocas, troncos, ramas, hojas, en aguas poco profundas corrientes o estancadas, pero casi siempre en aguas oxigenadas pero hay alguna que pueden resistir cierto grado de contaminación (Roldán, 1996).

Filo Nematomorpha

1. Clase Nematomorpha

a. Orden Gordioidea

Son conocidos como “gusanos gordianos” o “gusanos crin de caballo”, a causa de su forma delgada y alargada, se los encuentra hecho nudo, llegan a medir entre 10 y 70 cm, de colores blanco amarillento a pardo o gris oscuro, y están recubiertos por una cutícula lamelada y fibrosa. No poseen aparato circulatorio, excretor ni respiratorio, propiamente dicho. Se los encuentra en corrientes limpias adheridos a la vegetación o debajo de piedras en las orillas de los ríos o arroyos (Roldán, 1996).



Filo Annelida

1. Clase Oligochaeta

a. Orden Haplotaxidae

La estructura de este grupo de oligoquetos acuáticos es igual que la de los terrestres, su tamaño va de 1 a 30mm, tienen setas quitinoideas que pueden ser de diferentes formas y

su número puede variar. La mayoría de ellos se mueve arrastrándose sobre el sustrato y unos pocos han logrado nadar. Se alimentan de algas filamentosas, diatomeas y detritus. Su reproducción puede ser asexual o sexual, esto depende de la especie, respiran por su piel que esta irrigada por muchos capilares. Son típicos de agua eutróficas, se encuentran en fondos fangosos y con altos niveles de detritus, a varios metros de profundidad donde hay escasas de oxígeno, ríos contaminados con materia orgánica y aguas negras (Roldán, 1996).



Filo Mollusca

1. Clase Gasterópoda

a. Orden Basommatophora

Son caracoles de agua dulce, su característica es tener conchas y cuerpos blandos dentro de las mismas, su tamaño va desde 2 hasta 30 mm, son pulmonados. Se alimentan de algas unicelulares (perifiton), bacterias adheridas a los sustratos y detritus. Son capaces de tolerar una variedad de condiciones ambientales (Hanson *et al.*, 2010).



2. Clase Bivalvia

a. Orden Veneroida

Son llamadas almejas o conchas, su tamaño es de 2 a 180mm, con valvas gruesas y simétricas, de forma globosa, con umbos prominentes, sus colores pueden ser pardo claro, verde, cobrizo o negro, usan las branquias para respirar y para filtrar el fitoplancton y detritus del agua. Incuban sus huevos entre las branquias, y algunas liberan las almejas miniatura. Es común encontrarlas enterradas en el sustrato o fijados a la vegetación



acuática. Son comunes en aguas contaminadas (Araujo 1995; Hanson *et al.*, 2010).

Filo Arthropoda

1. Clase Malacostraca

a. Orden Amphipoda

Estos crustáceos miden entre 5 y 20 mm, se incuban los embriones y no existen etapas larvianas libres. Habitan en aguas subterráneas o en la vegetación acuática, siendo herbívoros, detritívoros, depredadores u omnívoros (Hanson *et al.*, 2010).



2. Clase Insecta

a. Orden Ephemeroptera

Son larvas exclusivamente acuáticas que viven hasta dos años, mientras que la vida del adulto es muy efímera, por eso su nombre, llegando a vivir pocas horas o incluso minutos. Su respiración se realiza por branquias abdominales relativamente bien desarrolladas y en su mayor parte son detritívoros y herbívoros. Sus huevos son colocados



en la superficie del agua y gracias a unas estructuras pueden fijarse al sustrato, su respiración se da por agallas abdominales. Son regulares en aguas corrientes, limpias y bien oxigenadas y pocas especies suelen resistir cierto grado de contaminación, y a pesar de que presentan diferencias en cuanto a su tolerancia a bajas concentraciones de oxígeno, un gran número de familias de este orden son buenos indicadores de la calidad del ecosistema y poseen generalmente gran sensibilidad a condiciones ácidas (Roldán, 1996).

b. Orden Plecóptera

Larvas exclusivamente acuáticas y los adultos presentan un vuelo torpe y suele pasar gran parte del tiempo entre las rocas, por eso también son conocidos como “moscas de las piedras”. Se caracterizan por tener dos cerci, largas antenas, agallas torácicas y a veces anales, pueden medir entre 10 y 30 mm, sus colores pueden ser amarillo pálido, pardos, hasta café oscuro o negros. Respiran por medio de agallas y a través de la superficie corporal. Los huevos son depositados por las ninfas en el vuelo. Viven en el fondo de cauces de aguas frías, bien oxigenadas y libres de contaminación, por lo que son ampliamente utilizados como bioindicadores de la calidad del ecosistema acuático. De acuerdo a su régimen alimenticio pueden ser fragmentadores de materia orgánica gruesa o depredadores (Roldán, 1996).



c. Orden Odonata

Aquí encontramos a las libélulas y caballitos del diablo, sus larvas son acuáticas sin excepción. Estas son zoófagas, atacan a diferentes animales con los que comparten territorio, como oligoquetos, efemerópteros o dípteros e incluso pueden llegar a atacar a renacuajos y alevines de peces, por eso su labro está transformado en un órgano prensil o máscara dentada que es desplegado bruscamente y lanzado hacia adelante para capturar las presas, que quedan atrapadas en los ganchos móviles de las piezas bucales. Ponen sus huevos sobre la vegetación flotante o emergente. Su respiración se da a través de agallas y la piel. Tienen una amplia variedad de hábitats para vivir, pero son más frecuentes en las zonas con poca velocidad de corriente de los cursos fluviales, como pozos, pantanos, márgenes de lagos, rodeados siempre de abundante vegetación acuática, las aguas normalmente son limpias o ligeramente eutrofizadas (Ladrera, 2012; Roldán, 1996).



d. Orden Neuróptera

Es el orden de los Megaloptera, llegan a medir de 10 a 70 mm, son tal vez los insectos más grandes, tienen un par de mandíbulas fuertes y grandes y un par de propatas anales, su coloración es normalmente oscura. Ponen huevos en la vegetación semiacuática. Viven en aguas corrientes limpias, bajo piedras, troncos y vegetación sumergida y son grandes depredadores. Son indicadores de aguas oligotróficas o levemente mesotróficas (Roldán, 1996).



e. Orden Hemíptera

En este grupo se encuentran las “chinchas de agua”, tienen un aparato bucal modificado en “pico chupador” insertado cerca del extremo anterior de la cabeza, sus alas anteriores son hemiélitros, de consistencia dura en la porción basal y las alas posteriores son membranosas. Ponen los huevos sobre el sustrato, suelos, plantas y en algunos casos sobre el dorso de los machos. Son depredadores de insectos acuáticos y terrestres y los más grandes llegan a alimentarse de peces pequeños y crustáceos. Su respiración no es exclusivamente acuática y tienen adaptaciones para tomar oxígeno del aire, como tubos anales, canales abdominales y reservorios dorsales en donde se encuentran los espiráculos. Sus hábitats son remansos de ríos y quebradas, de corrientes lentas la mayoría, están también en lagos, Ciénegas y pantanos (Roldán, 1996).



f. Orden Coleóptera

Los adultos acuáticos de este grupo tienen cuerpo compacto, sus aparatos bucales son muy visibles y permite determinar su nicho, antenas visibles y de diferente forma y

número de segmentos, su primer par de alas se modificaron a élitros y estas cubren dorsalmente el tórax y abdomen. Las larvas son de formas muy diversas, con aparatos bucales visibles y su cabeza tiene una capsula esclerotizada, abdomen con agallas laterales o ventrales, el abdomen está dividido en esternitos y el último suele tener un opérculo. Los huevos se depositan en el agua sobre vegetación, troncos, rocas o grava. Se encuentran en todos los tipos de aguas continentales, típicos en troncos, hojarasca, grava, piedras, arena y vegetación emergente cuando se trata de aguas loticas y en aguas lenticas son las riberas, charcas temporales (Roldán, 1996).



g. Orden Trichoptera

Sus larvas exclusivamente acuáticas, con la característica de que fabrican casas o refugios con materiales tan diversos como arena, grava o restos vegetales y en el interior del mismo desarrollan su ciclo larvario, estos al estar fijos al sustrato les sirve de protección y captura de alimentos. Las hembras depositan los huevos en el agua y los encierran en una masa gelatinosa. Su modo de alimentación es muy variado, con especies herbívoras, detritívoras y depredadoras. Viven en aguas corrientes, limpias y oxigenadas, bajo piedras, troncos y material vegetal, otras especies viven en remansos y aguas quietas, y presentan en general cierta exigencia en cuanto a la calidad del agua (Roldán, 1996).



h. Orden Lepidóptera

Son conocidos como habitantes de las rocas, se alimentan de diatomeas y algas. Estas larvas fabrican una especie de capullo de seda permeable, poseen propatas abdominales rodeadas de ganchos curvos en posición ventral y otras propatas son anales, y tienen algunas agallas en el abdomen.



Depositan los huevos sobre rocas y en corrientes rápidas. Son típicas de aguas muy oxigenadas, debajo de telas tejidas bajo las rocas. Son consideradas indicadores de aguas oligotróficas (Roldán, 1996).

i. Orden Díptera

Conocidos también como moscas verdaderas, es uno de los grupos más ampliamente distribuidos y con mayor diversidad, en el que muchas especies presentan



larvas acuáticas como los mosquitos, tábanos, entre otros. Las características principales de las larvas es que carecen de patas torácicas, su cuerpo tiene tres segmentos torácicos y nueve abdominales, son blandos y con cerdas, espinas apicales o corona, los cuales ayudan a la locomoción y fijación al sustrato, sus colores son amarillentos, blancos o negro. Los

huevos son puestos bajo la superficie del agua, adheridos a rocas o vegetación flotante. Respiran a través de la cutícula o por sifones aéreos, otros por agallas traqueales. Algunas especies viven en zonas con elevadas corrientes y concentraciones de oxígeno, mientras que otras son especies oportunistas, adaptadas a vivir en ecosistemas con ciertas perturbaciones e incluso en condiciones extremas, por lo que hay especies con requerimientos muy diferentes en cuanto a la calidad del agua, lo cual es usado frecuentemente como indicador de la misma (Ladrera, 2012; Roldán, 1996).

5. Relación de la condiciones bióticas y abióticas

La recolección de información biótica por medio del muestreo de los macroinvertebrados acuáticos es de suma importancia pero siempre debe ir respaldada con información fisicoquímica del ecosistema acuático, por lo tanto es importante describir cuales son las variables bióticas y abióticas.

5.1. Variables bióticas

Abundancia.- Es el número de individuos de una población o de una especie, que se encuentran en un determinado ecosistema, muestra, sitio o superficie. Es importante porque muestra si está creciendo o no, una población y esto puede indicar alteraciones en el ecosistema (Morlans, 2004).

Riqueza.- Es el número de especies diferentes que se encuentran en un determinado ecosistema, muestra, sitio o superficie, en un determinado tiempo, nos sirve para conocer cuan diverso es el ecosistema y así conocer que pasa a través del tiempo (Melic, 1993).

Diversidad.- Es la variabilidad entre los organismos vivientes de todas las fuentes, incluyendo los organismos de todos los ecosistemas, así como los complejos ecológico de los que forman parte, es decir, diversidad dentro de las especies, entre especies y de ecosistemas (UNEP, 1992).

5.2. Variables abióticas

Temperatura.- Se considera como un parámetro muy importante ya que afecta las mediciones de otros como pH, conductividad, oxígeno, etc., todos los procesos químicos y biológicos se ven directamente influenciados por este factor. El crecimiento y respiración incrementan según como va aumentando la temperatura, los macroinvertebrados según el sitio en la zona en la que se encuentren pueden o no soportar cambios bruscos de temperatura, pudiendo así disminuir o eliminar el funcionamiento del sistema del individuo (Roldan, 2012; Severiche *et al.*, 2013).

Oxígeno Disuelto.- Es muy importante en procesos de respiración, fotosíntesis, oxido-reducción, solubilidad de minerales y la descomposición de materia orgánica, por lo que si se encuentra en bajas concentraciones, la mortalidad de las especies aumenta, porque alterar la distribución y reducir la tasa de crecimiento. Este parámetro tiene como determinante la temperatura, presión atmosférica y salinidad (Alberta Environment, 2006).

pH.- Es un parámetro que mide la concentración de iones hidronio en el agua. Es muy importante para las funciones fisiológicas de los macroinvertebrados acuáticos, las cuales se dan en un rango amplio que va de 4 – 10, pero se da la mejor productividad dentro de los 6.5 a 8.5. Se conoce que un pH muy ácido puede afectar a la respiración branquial de los organismos, porque dificulta el intercambio gaseoso y de iones; *Gammarus* spp. resiste valores de pH de 2.2 y algunas larvas de mosquitos 2.4. A su vez el pH muy básico puede causar efectos nocivos, se dan efectos como temperaturas altas y sobresaturación de gases disueltos. El pH está relacionado con la variación de temperatura y oxígeno disuelto, lo que a su vez influye sobre la producción primaria (Severiche *et al.*, 2013).

Conductividad eléctrica.- Es la capacidad que tiene el agua para transportar la corriente eléctrica, es decir cuál es la cantidad de iones disueltos en la misma. Los cambios o alteraciones que se den en este parámetro causan problemas en los procesos osmóticos de los organismos y así determinar si existen adaptaciones en algunos organismos. La razón por la que se dan variaciones en la conductividad en el agua es por resultado de procesos físico-químicos, precipitación e intercambio de iones (Turk, 2001).

Sólidos totales disueltos.- Son las partículas disueltas y/o en ciertos casos suspendidas en una cantidad de agua, su origen puede ser orgánico e inorgánico. Este parámetro es importante ya que es un indicador de carga orgánica o inorgánica y también puede estar asociado a procesos de contaminación (Alberta Environment, 2006).

Velocidad de corriente.- Se trata de las revoluciones por minuto a la que va el agua en el cauce del río, es importante porque influye de manera significativa sobre el ensamblaje de macroinvertebrados a lo largo de todas las variaciones en los tramos del río, porque se sabe que a mayor velocidad de corriente (en zonas de rápidos) hay la mayor riqueza y diversidad de taxones del bentos (Eyes *et al.*, 2012).

CAPITULO IV

RESULTADOS

Se colectó un total de 7577 individuos de macroinvertebrados acuáticos durante las tres campañas de muestreo, lo que representa una riqueza de 60 taxones, divididos en 38 familias correspondientes 56 géneros. De las familias encontradas las más abundantes dentro de todo el estudio fueron: Chironomidae con 4804 individuos como la más abundante, seguido de Baetidae con 1163 individuos y la siguiente fue la familia Hydroptilidae con 292 individuos (Anexo 2).

Abundancia de individuos y riqueza de especies

Los valores de abundancia (Tabla 2) en la época de invierno fueron los más altos; el sector de Molinuco (MP1-I) registró la mayor abundancia, con 863 individuos, en todos los puntos y en todas las estacionalidades, seguido por MP2-I con 775 individuos. En contraste, las abundancias más bajas fueron de 85 individuos en canteras (CP3-I) y la misma cantidad en botadero (BP1-I). La siguiente época más abundante fue la de verano, una vez más Molinuco registró los valores más altos MP2-V con 507 y MP3-V con 491 individuos. Canteras registró los valores de abundancias más bajos, CP1-V (66) y CP2-V con 29 individuos, no solo entre los puntos de muestreo sino entre las estacionalidades. Finalmente la época de transición fue la que menor abundancia registró; Molinuco (MP2-T) registró una abundancia de 460 individuos seguido por el punto de muestreo MP1-T con 425 individuos, mientras que CP3-T con 51 individuos y BP1-T con 46 individuos fueron los de menor abundancia entre los puntos de esta época.

Los valores de abundancia más bajos se encuentran en su mayoría en los puntos del sector de Cashapamba y Canteras los cuales no superan los 200 individuos (Figura 17), con

la excepción de BP3-V, CP1-I, BP2-V, BP2-I y BP3-I, estos puntos son de las épocas de invierno y verano y se agrupan con todos puntos del sector de Molinuco, con valores que van desde 241 hasta 863 individuos.

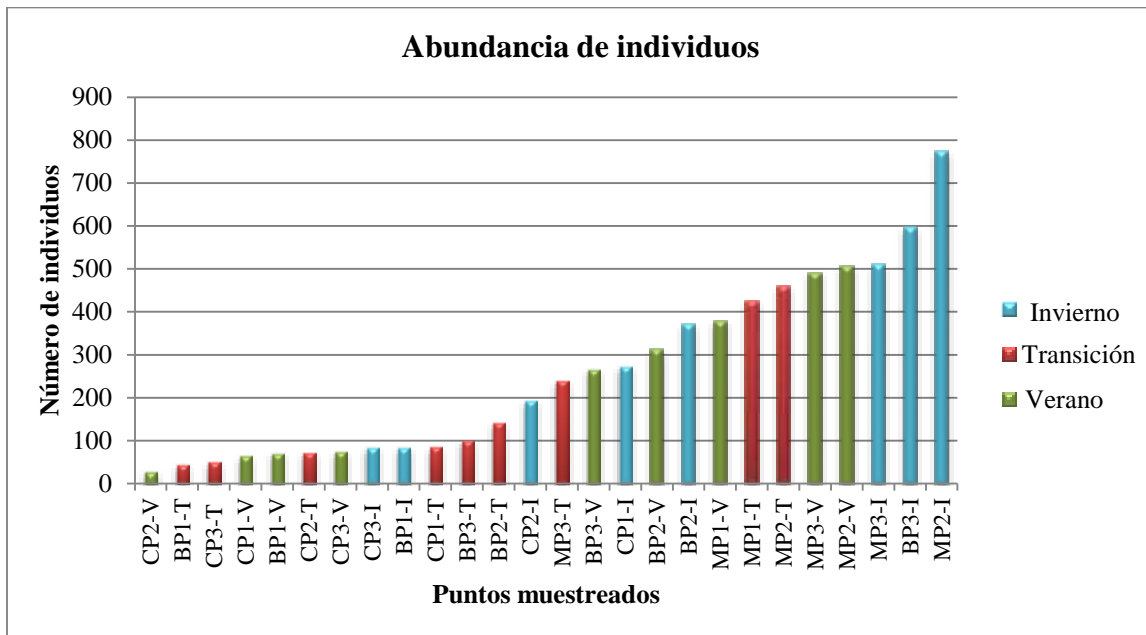


Figura 17. Registros de abundancia total de macroinvertebrados acuáticos, en todos los puntos de muestreo (MP: puntos de Molinuco, CP: puntos de Canteras y BP: puntos de Cashapamba) durante el verano (verde), invierno (azul) y transición (rojo).

En cuanto a la riqueza de especies (Tabla 2), ésta fue mayor en la época de invierno; Molinuco tiene el valor más alto, en donde MP1-I registró 27 especies, seguido de MP2-I (775 especies), mientras que BP2-I registró 11 especies y CP2-I (10 especies) obtuvieron los valores más bajos. En la estación de transición, Molinuco sigue siendo el sitio con mayor riqueza, MP1-T y MP2-T con 23 especies, mientras que CP1-T (9 especies) es el de menor riqueza. En la estación de verano Molinuco es nuevamente el sitio de mayor riqueza, al que pertenece MP1-V (24 especies) que tiene la riqueza más alta de la época seguido de MP3-V (22 especies), mientras que BP1-V (9 especies) y CP3-V (7 especies) son los de

menor riqueza. El patrón de abundancia se mantiene en Molinuco con los valores más altos y canteras con los más bajos.

Los valores de riqueza obtenidos se agrupan de manera muy particular, la riqueza más baja se encuentran en todos los puntos de Cashapamba y Canteras (Figura 18), desde 7 hasta 16, mientras que los puntos pertenecientes a Molinuco tienen la riqueza más altas que va desde 20 a 27 especies.

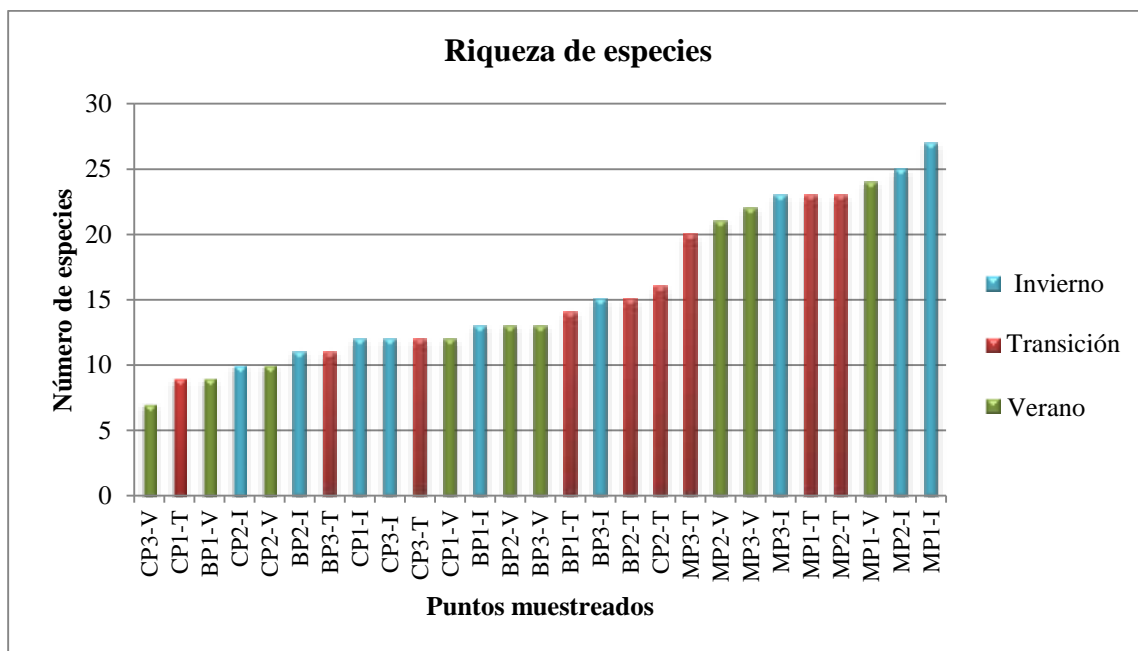


Figura 18. Registros de riqueza total de macroinvertebrados acuáticos, en todos los puntos de muestreo (MP: puntos de Molinuco, CP: puntos de Canteras y BP: puntos de Cashapamba) durante el verano (verde), invierno (celeste) y transición (rojo).

Tabla 2. Valores de abundancia, riqueza e índice de Shannon, por punto y estacionalidad (Invierno-celeste; Transición-rojo; Verano-verde) en los sectores de Molinuco, canteras y Cashapamba (altos valores – números amarillos; bajos valores – números rojos).

	Abundancia	Riqueza	Shannon
MP1-I	863	27	1,81
MP2-I	775	25	1,56
MP3-I	511	23	1,68
CP1-I	274	12	1,27
CP2-I	194	10	1,47
CP3-I	85	12	1,01
BP1-I	85	13	1,95
BP2-I	370	11	0,54
BP3-I	596	15	1,13
MP1-T	425	23	1,65
MP2-T	460	23	1,32
MP3-T	241	20	1,26
CP1-T	86	9	1,55
CP2-T	73	16	2,36
CP3-T	51	12	1,21
BP1-T	46	14	1,56
BP2-T	143	15	1,42
BP3-T	101	11	1,66
MP1-V	379	24	1,71
MP2-V	507	21	1,48
MP3-V	491	22	1,44
CP1-V	66	12	1,80
CP2-V	29	10	1,85
CP3-V	76	7	1,17
BP1-V	71	9	1,22
BP2-V	312	13	0,58
BP3-V	267	13	0,67

El índice de diversidad de Shannon (Tabla 2 y Figura 19) indica que, en la época de transición se obtuvieron diversidades similares en todos los puntos, que van entre 1,66 y 1,21 excepto el pico del punto más diverso, CP2-T de 2,36, seguido por el valor 1,95 de BP1-I, y en tercer lugar está CP2-V con 1,85, ubicando a Canteras con los mejores valores de diversidad, en contraste, están los sitios menos diversos BP2-I con 0,54, seguido de BP2-V con 0,58 y BP3-V con 0,67, caracterizando al sector de Cashapamba con la diversidad más baja.

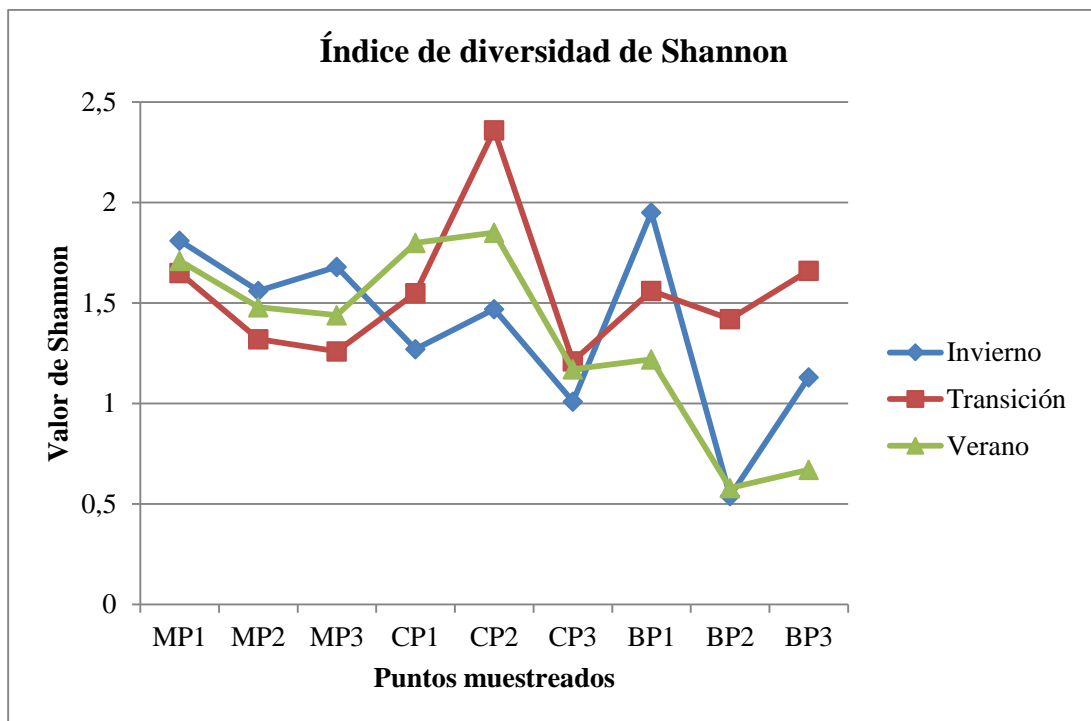


Figura 19. Índice de diversidad de Shannon-Wiener, para macroinvertebrados acuáticos, por sitios (Molinuco: MP1, MP2 y MP3; Canteras: CP1, CP2 y CP3; y Cashapamba: BP1, BP2 y BP3) y por estacionalidad (Invierno, Transición y Verano).

Método de Déficit de especies de Kothé (1962)

El método del Déficit de especies de Kothé (1962) (Tabla 3), muestra que en época de invierno se registra el menor déficit. Representado por Molinuco con la “pérdida” de especies más alta en todas las épocas, (14,81%). Canteras no “pierde” especies, y Cashapamba “gana” un 15,38% de especies; seguido por la época de transición donde Molinuco “pierde” 13,04% de especies, Canteras “gana” 33,33% y Cashapamba, por única vez, “pierde” un 21,43% de especies; la época de verano es la que mayor “pérdida” de especies tiene, Molinuco solo “pierde” un 8,33%, Canteras “pierde” un 41,67% que es su mayor “pérdida” entre las épocas y Cashapamba tiene la mayor “ganancia” de todos con el 44,44% de especies.

Tabla 3. Método de Déficit de especies de Kothé (1962), por sector y estacionalidad.

	$I = \frac{Su - Sd}{Su} \times 100$	Su = N° Especies Antes	Sd = N° Especies Después	I = Déficit Especies (%)
Invierno	Molinuco	27	23	14,81
	Canteras	12	12	0,00
	Cashapamba	13	15	-15,38
Transición	Molinuco	23	20	13,04
	Canteras	9	12	-33,33
	Cashapamba	14	11	21,43
Verano	Molinuco	24	22	8,33
	Canteras	12	7	41,67
	Cashapamba	9	13	-44,44

Índice BMWP/Col.

El índice BMWP/Col., muestra que predominan la calidad de agua clase III Aceptable, aguas medianamente contaminadas, y la clase IV Dudosa, aguas contaminadas (Tabla 4), seguido de la clase V Crítica, aguas muy contaminadas. En las tres épocas el sector de Molinuco registra en todos sus puntos una calidad de agua clase III Aceptable, mientras que en el sector de Canteras, sólo CP2-T (transición) logra alcanzar esta calidad de agua, al igual que en el sector de Cashapamba, el punto BP1-I (invierno). La mayoría de los puntos de Canteras (CP1-I, CP2-I, CP3-I, CP3-T, CP1-V y CP2-V) tienen una calidad de agua clase IV Dudosa, lo mismo sucede en el sector de Cashapamba pues BP2-I, BP3-I, BP1-T, BP2-T y BP3-V también fueron calificadas con esta calidad de agua. Finalmente sólo CP1-T y CP3-V tienen calidad de agua clase V Crítica, y en el sector de Cashapamba son BP3-T, BP1-V y BP2-V los puntos calificados en esta misma clase.

Tabla 4. Índice BMWP, por sitio y estacionalidad en los sectores de Molinuco, Canteras y Cashapamba.

BMWP/Col.								
MP1-I	89	III Aceptable	MP1-T	64	III Aceptable	MP1-V	79	III Aceptable
MP2-I	85	III Aceptable	MP2-T	76	III Aceptable	MP2-V	70	III Aceptable
MP3-I	84	III Aceptable	MP3-T	78	III Aceptable	MP3-V	98	III Aceptable
CP1-I	39	IV Dudosa	CP1-T	30	V Crítica	CP1-V	53	IV Dudosa
CP2-I	33	IV Dudosa	CP2-T	66	III Aceptable	CP2-V	37	IV Dudosa
CP3-I	47	IV Dudosa	CP3-T	53	IV Dudosa	CP3-V	19	V Crítica
BP1-I	67	III Aceptable	BP1-T	59	IV Dudosa	BP1-V	26	V Crítica
BP2-I	42	IV Dudosa	BP2-T	60	IV Dudosa	BP2-V	25	V Crítica
BP3-I	47	IV Dudosa	BP3-T	25	V Crítica	BP3-V	46	IV Dudosa

Clase	Calidad	BMWP	Significado
I	Muy Buena	≥ 121	Aguas muy limpias
II	Buena	101-120	Aguas limpias
III	Aceptable	61-100	Aguas medianamente contaminadas
IV	Dudosa	36-60	Aguas Contaminadas
V	Crítica	16-35	Aguas muy contaminadas
VI	Muy crítica	≤ 15	Aguas fuertemente contaminadas

(Modificado de Roldán, 2003 por Álvarez, 2006)

Índice de calidad del bosque de ribera (QBR)

El índice QBR (Tabla 5) determina que la calidad de la vegetación de ribera en Molinuco (MP1 y MP2) es Muy buena (95 puntos) en términos de cobertura, evidenciando que el bosque está sin alteraciones o en estado natural, luego MP2 con 90 puntos tiene una calidad buena, es decir que el bosque casi no tiene alteración (Anexo 4a-4c), seguido de Cashapamba (BP2) con 60 puntos, evidenciando indicios de una alteración importante, por lo que su calidad es intermedia (Anexo 4d-4f). Finalmente los puntos ubicados en Canteras (CP1, CP2, CP3) y Cashapamba (BP1 y BP3) tienen valores menores o iguales a 25 puntos, situación que los cataloga como degradación extrema de la vegetación por lo que la calidad del bosque es crítica en su estructura y composición (Anexo 4g-4i).

Tabla 5. Índice QBR, evaluación de la estructura y cobertura vegetal en la zona de ribera de los sitios de muestreo, Molinuco (MP1, MP2 y MP3), Canteras (CP1, CP2 y CP3) y Cashapamba (BP1, BP2 y BP3).

	MP1	MP2	MP3	CP1	CP2	CP3	BP1	BP2	BP3
Grado de cubierta de la zona de ribera (25 pto.)	25	20	25	0	0	0	0	15	0
Estructura de la cubierta (25 pto.)	20	25	20	0	5	0	0	15	5
Calidad de la cubierta (25 pto.)	25	20	25	0	0	0	0	20	10
Grado de naturalidad del canal fluvial (25 pto.)	25	25	25	5	5	5	5	10	25
Puntuación final (100 pto.)	95	90	95	5	10	5	5	60	25

Calidad	QBR (pto.)	Descripción
Muy buena	≥ 95	Bosque de ribera sin alteraciones, estado natural
Buena	75 - 90	Bosque ligeramente perturbado
Intermedia	55 - 70	Inicio de alteración importante
Mala	30 - 50	Alteración fuerte
Pésima	≤ 25	Degradación extrema

(Munné *et al.*, 2003).

Distancia Euclidiana

Se realizó un análisis de conglomerados utilizando el índice de distancia euclidiana, con la finalidad de identificar aquellos sitios similares en cuanto a condiciones abióticas se refiere (calidad de agua, estructura del lecho etc.) y de esta manera establecer los patrones de variación entre sitios para determinar los elementos causantes de alteración ambiental.

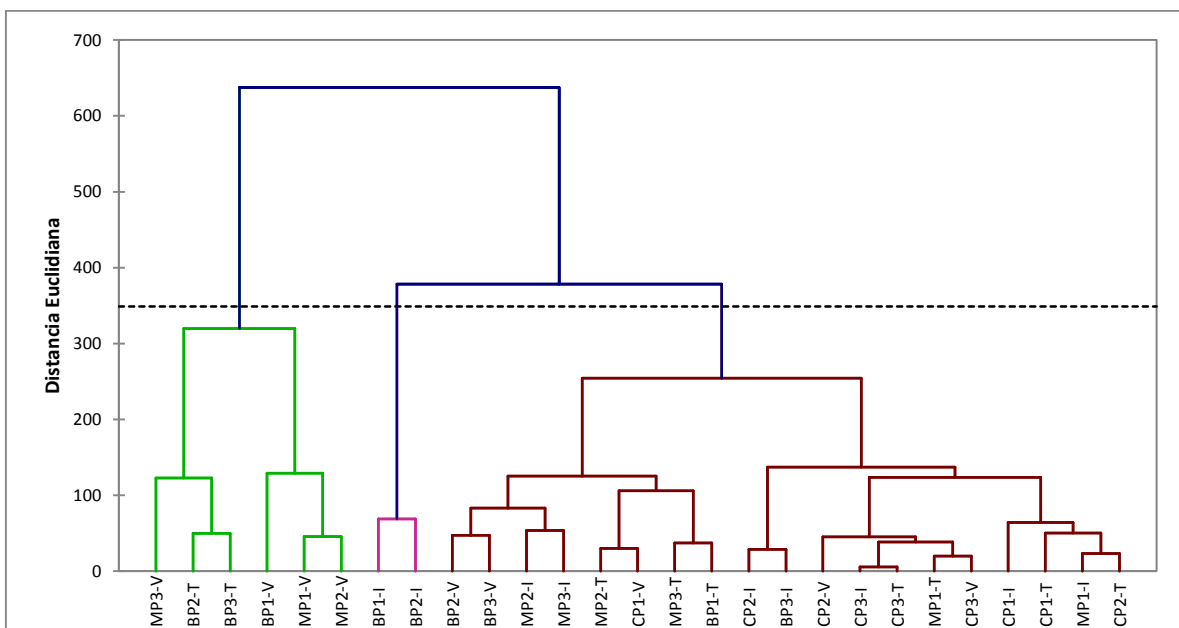


Figura 20. Dendrograma de similitud de los sitios muestreados en diferentes épocas; basado en los datos abióticos registrados (Anexo 1), a través del método aglomerativo de enlace completo, utilizando medidas de distancia euclidiana.

Los tres grupos formados en el dendrograma, se basan en las similitudes que existen entre las variables abióticas de conductividad, sólidos totales y la corriente de agua. La primera división de los grupos se da por la corriente, el primer conglomerado, de color verde, se separa por los valores de corriente y ancho del río, en la siguiente rama se da una división formando dos conglomerados, separados por valores de conductividad y sólidos

totales, y de uno de estos se da una nueva división, el conglomerado de color café se divide por los valores de la corriente.

Disimilitud de Bray y Curtis

Se realizó un análisis de conglomerados utilizando el índice de disimilitud de Bray y Curtis para identificar sitios similares según las abundancias de las familias encontradas y así conocer la composición biótica de cada sitio y si alguno tiene una alteración ambiental.

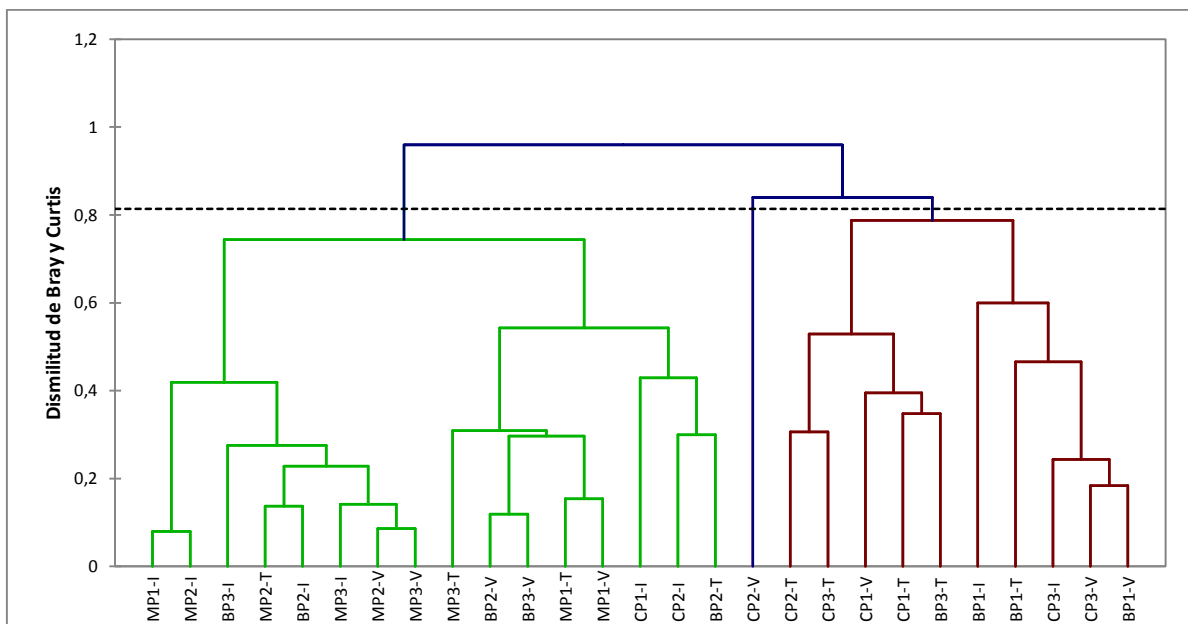


Figura 21. Dendrograma de similitud entre sitios de muestreo en diferentes épocas, basado en las abundancias de macroinvertebrados (Anexo 2), a través del método aglomerativo de enlace completo, utilizando el Índice de Bray y Curtis.

Se forman tres grupos, los cuales responden a similitudes que existen en cuanto a presencia, ausencia y abundancia de las familias de macroinvertebrados. La primera división la determina la abundancia de la familia Chironomidae, el conglomerado de color verde se divide en dos grupos y más subdivisiones, en los que influye la abundancia de la

familia Chironomidae, Baetidae, Hydroptilidae y Blephariceridae; en la segunda división principal se encuentra el punto CP2-V que se separa del resto del conglomerado es por la abundancia de la familia Chironomidae, Baetidae, Tricorythidae y Lumbricidae; y finalmente el último conglomerado, color café, se forma por la abundancia de Chironomidae, Baetidae y en menor proporción Tubificidae.

CAPITULO V

DISCUSIÓN

Según esta investigación, en la microcuenca estudiada del río Pita, se registra la presencia de materia orgánica, la cual varía dependiendo de cada sitio, y en este caso se lo corrobora con la estructura y composición de macroinvertebrados en los puntos de muestreo, ya que las familias encontradas con mayor abundancia son tolerantes a altos niveles de materia orgánica (descomposición de materia vegetal y descarga de aguas servidas). La familia Chironomidae fue la más abundante con el 63%, esta familia es detritívora, depredadora y fungívora, en consecuencia pueden tolerar condiciones de extrema falta de oxígeno (Flowers & De la Rosa, 2010; Roldán, 1996), le sigue la familia Baetidae con un 15%, este grupo tiene géneros adaptados a vivir en ambientes muy heterogéneos, unos son muy sensibles a la contaminación (*Camelobaetidius*) y otros son tolerantes a niveles moderados de contaminación orgánica (*Baetis*), pero no sobreviven a niveles altos de contaminación (Flowers & De la Rosa, 2010) y por último la familia Hydroptilidae se la encuentra en un 4%, ésta es típica de corriente moderada, crecen fijas al sustrato o macrófitas y pueden soportar cierta carga orgánica (Flowers & De la Rosa, 2010; Roldán, 1996).

Abundancia de individuos y riqueza de especies

En relación a la abundancia de individuos en cada sitio, la mayoría de los puntos con menores valores pertenecen a los sectores de Cashapamba y Canteras, que son zonas de intervención y alteración muy altas (ex botadero, descarga de aguas servidas y explotación pétreo), los demás puntos se agrupan con los del sector de Molinuco, que se considera el menos alterado (ecoturismo) y está ubicado en la zona más alta de los tres sitios. Así mismo al hablar de riqueza los puntos que se encuentran en el sector de Cashapamba y Canteras tienen los valores más bajos de riqueza en todas las estaciones, a diferencia del sector de

Molinuco, el cual tiene valores de riqueza más altos. En la zona de Cashapamba se encuentra el antiguo botadero y una descarga de aguas servidas y en Canteras existe una constante explotación pétreo, toda esta combinación de diferentes actividades humanas resultan en deterioro del hábitat causando una disminución en la riqueza y abundancia, lo cual concuerda con los hallazgos de Montoya *et al.*, (2011), en donde se obtuvieron variaciones en la composición y estructura de la población de macroinvertebrados en sitios en donde se encontraban alteraciones del mismo tipo. Por su parte, Terneus *et al.*, (2012) en su estudio realizado en el río Lliquino, menciona que los mejores valores de riqueza y abundancia se registran en los puntos ubicados en zonas anteriores a las intervenciones mineras, pero que si bien existe impacto sobre la población de macroinvertebrados en el río, este no tiene las mismas consecuencias ocasionadas por los impactos de contaminación por carga orgánica o vertidos de elementos exógenos, permitiéndole a la comunidad bentónica recuperarse en tiempos cortos.

En los ecosistemas acuáticos existe una amplia variabilidad natural, y la estructura y composición de la población de macroinvertebrados no sólo cambia como consecuencia del estrés originado por las alteraciones antrópicas, sino que también varía de manera natural tanto espacial, como temporalmente. Por lo tanto, esta variabilidad natural representa un problema para establecer programas de monitoreo de alto nivel de certeza, ya que puede enmascarar el efecto generado por las presiones antrópicas (Vannote *et al.*, 1980). Según Jacobsen y Encalada (1998), el número de individuos y especies es significativamente más alto en la estación seca que en la estación lluviosa, por lo que recomiendan realizar muestreos cuando no hayan excesivas lluvias, lo que no concuerda con el presente trabajo, ya que sucedió todo lo contrario, en donde se obtuvieron los valores más altos fue en la época lluviosa, por lo que se debería continuar con más muestreos durante el resto del año y seguir observando los patrones de variación en otros años. En otro caso, Longo *et al.*, (2010) encontró que en la época seca disminuye y cesa el flujo hídrico causando cambios en variables físicas, químicas y en la composición y estructura de los macroinvertebrados (disminuyendo la abundancia), pero no lo pueden considerar como un evento catastrófico

pues la población se recupera cuando vuelven las lluvias, siendo esto muy similar a lo que sucedió en este estudio, y ante esto se afirma que la población en cuanto a estabilidad es resistente y resiliente, porque a pesar de disturbios estacionales la población se recupera en composición y estructura. Es importante recalcar que según varios estudios (Furse *et al.*, 1984; Longo *et al.*, 2010), estudios a corto plazo serán insuficientes para establecer la dinámica y estabilidad real de las poblaciones.

Uno de los índices usados para determinar los patrones de variación en la diversidad (en cuanto a su riqueza y equidad de composición de especies) es el de Shannon, el cual tuvo grandes variaciones (0,54 - 2,36). Los más bajos índices de diversidad fueron registrados en los puntos que corresponden al sitio del ex botadero de Cashapamba, mientras que los puntos con valores más altos pertenecen a Canteras en su mayoría, lo que indica que esta población se encuentra mejor distribuida en cuanto a equidad (Moreno, 2001). Al ser Shannon un índice que toma en cuenta la abundancia y cuan uniformemente están distribuidos los individuos, los valores de abundancia de la familia Chironomidae y Baetidae, varían entre cada punto, en algunos de ellos son muy abundantes, lo que provoca que en muchos puntos los valores obtenidos en el índice sean bajos. Para lo cual Fernández & Springer (2008) afirman que cuando las aguas son limpias y presentan baja carga orgánica, los resultados esperados en este índice deben ser los más altos, con mayor diversidad y baja dominancia, por lo tanto en este caso solo se puede afirmar que en el sector de Canteras hay bajos niveles de carga orgánica pero no son aguas limpias. Así mismo Segnini (2003) dice que el uso de este índice como método de bioindicación ha disminuido a causa de su incapacidad de diferenciar las interacciones biológicas y taxonómicas que existen entre las especies, lo que explicaría las inconsistencias de los bajos valores de este índice en el sector de Molinuco (1,26 – 1,81) a causa de las abundancias altas de Chironomidae y Baetidae.

Método de Déficit de especies de Kothé (1962)

Para comprobar la capacidad de autodepuración del Río Pita se empleó el déficit de Kothé (1962), que muestra que en el sector de Molinuco se da una “pérdida” de especies en todas las épocas, en Canteras, hay “perdida” (verano) y “ganancia” (transición) de especies, y en el sector de Cashapamba hay una “ganancia” de especies en invierno y verano y una “perdida” en transición. Este índice de déficit de especies demostró que sí existe algún tipo de autodepuración en el sector estudiado del río Pita, ya que si se encuentra un mayor número de especies en la parte alta del río, quiere decir que algunas de ellas se “pierden” hasta llegar aguas abajo y si sucede lo contrario, como en algunas ocasiones en este trabajo, esto se podría dar por deriva o porque en realidad el río se recupera entre el tramo inicial hasta el final, como lo demuestra la cantidad de especies aguas arriba y aguas abajo, pero esto no se puede comprobar totalmente, por lo que se necesitan estudios a largo plazo.

Índice BMWP/Col.

En el sector estudiado del Río Pita, la calidad del agua va desde una clase III Aceptable en la parte alta (sector Molinuco), aguas medianamente contaminadas, y al llegar a la parte baja (sector Cashapamba) la calidad del agua es de clase V Crítica, aguas muy contaminadas, según el índice BMWP/Col. La calidad de agua del río disminuye a medida que desciende, lo que concuerda con el trabajo de Montoya *et al.*, (2011), en donde se evidencia una tendencia de disminución de valores del índice con respecto a la gradiente altitudinal. Tampoco se encontraron variaciones extremas entre una y otra estacionalidad en cada uno de los sitios, en especial en Molinuco, al ser un ecosistema más estable, algo similar sucede en el trabajo de Montoya *et al.*, (2011) y Zamora *et al.*, (1995), a quienes los valores máximos y mínimos del índice entre un muestreo varía de manera mínima, y esto revela que los cambios fuertes responden a contaminación y no tanto a la estacionalidad. El índice BMWP/Col. realizado en el río Pita por Ríos *et al.*, (2004) y luego por Muñoz *et al.*, (2009), demuestran que en el transcurso de cinco años la calidad de agua del río se ha

deteriorado, pero no ha sido tan notorio, pues los resultados obtenidos en este trabajo son muy similares a los obtenidos en el trabajo de Muñoz *et al.*, (2009).

Barriga (2014), en su tesis realizada en el sector de Canteras realizó un análisis microbiológico (macroinvertebrados), índice BMWP/Col., antes de la intervención (Sendero Rumibosque) y después de la intervención (Puente del Río Pita), en donde obtuvo como resultado una calidad de agua clase III Aceptable en la parte alta y clase V Muy Crítica en la parte baja y según los individuos encontrados, esto es similar al resultado del presente trabajo, con excepciones de algunos individuos (Perlidae, Gammaridae y Blephariceridae) que se encuentran mal identificados, por lo tanto los resultados no son comparables. Otro trabajo es un informe biótico del Botadero de basura de Cashapamba, realizado por Meza (2010), el cual presenta resultados que no coinciden absolutamente con el presente trabajo, incluso no existen especificaciones de la metodología de muestreo. Estos dos trabajos no tienen un estándar específico de muestreo, ni de identificación de los individuos encontrados en los muestreos, lo que los hace poco confiables para realizar comparaciones.

Índice de calidad del bosque de ribera (QBR)

Longo *et al.*, (2010) cita que es de gran importancia conservar las zonas de ribera, ya que estas permiten que la población de macroinvertebrados se estructure y establezca de manera adecuada, pues estas áreas terrestres transicionales en las orillas de un cuerpo de agua permiten la interacción del sistema acuático y el componente terrestre del paisaje; Kutschker *et al.* (2009), también dice que estos ecosistemas ribereños actúan como zona de transición o interface haciendo las veces de filtro, evitando erosión y amortiguando el ingreso de contaminantes, por ende el índice QBR es tan importante, y recopila información de cubierta vegetal, estructura de la vegetación, naturalidad y complejidad del bosque ribereño y grado de alteración del canal fluvial.

En el área de estudio el sector de Molinuco cuenta con muy buena calidad de bosque de ribera, sin alteraciones y en estado natural. Sin embargo, en muy pocas zonas se encuentra ligeramente perturbado. Por su parte, en Canteras, la vegetación de ribera se destruye, por las actividades invasivas provocando una degradación extrema, mientras que el bosque de ribera en Cashapamba se encuentra en una zona destruida por la construcción del puente sobre el río, la presencia del ex botadero y una zona de pastizales, por lo tanto tiene una degradación extrema y algo de vegetación remanente. Es normal en zonas cercanas a poblados, cultivos y pastizales que la conectividad de la vegetación de ribera disminuya notablemente, encontrando la presencia de algunos árboles y apenas arbustos desconectados del bosque adyacente y los sitios con calidad muy buena corresponden a tramos en zonas altas, según Vieira *et al.*, (2010), Smith & Armesto (2002) aseveran que las estructuras transversales (puentes, muros, etc.) contribuyen a la erosión de los suelos alteran la naturalidad del canal fluvial y facilitan el ingreso de especies exóticas, Merrit & Cummins (1996), reportan que la pérdida de vegetación de ribera equivale a pérdida de protección, sombreado y aporte de materia orgánica gruesa, Naiman & Decamps (1993) defienden que las modificaciones en el cauce, aumentan la sedimentación y la formación de bancos de arena reducen la biodiversidad y alteran hábitats. Lo obtenido en este índice está muy relacionado con los resultados del índice BMWP/Col., por lo que la importancia de las interacciones entre los ecosistemas dulceacuícolas y terrestres adyacentes y las alteraciones que se den tanto en la cuenca como en la zona de ribera afecta en el equilibrio de los mismos (Prat & Ward, 1994). Por todo lo antes mencionado es indispensable que se desarrollen políticas y planes de manejo de las riberas para asegurar la integridad ecológica del sistema fluvial del Río Pita, como lo recomienda Rodríguez *et al.*, (2012) y Palma *et al.*, (2009).

Análisis de similitud

Distancia Euclidiana

La corriente del agua es una condición importante que causa un efecto directo en la biota acuática, muchas veces limitando la disponibilidad y estabilidad de hábitats, causando baja abundancia y diversidad de grupos como Trichoptera y Coleoptera, dejando espacio para Ephemeroptera en mayor densidad y riqueza (Buss *et al.*, 2002). Los puntos ubicados en el conglomerado de color verde son los que poseen valores altos de corriente, se encuentran organismos adaptados a corrientes rápidas, como Ephemeroptera, Blephariceridae y Oligoneuridae (Oscoz, 2009). El siguiente conglomerado, de sólo dos puntos, se formó por los valores altos de conductividad y según Roldan (1992), la conductividad es uno de los parámetros a los cuales son más sensibles los organismos, también Torres *et al.*, (2006) afirma que el aumento de la conductividad disminuye la riqueza y diversidad de macroinvertebrados acuáticos, lo que se da ligeramente en estos dos puntos. El tercer conglomerado se forma por características similares pero valores de distintos rangos para los que se aplica la misma incidencia de la corriente y conductividad.

Bray y Curtis

Las familias que predominaron en la clasificación de los puntos muestreados en los conglomerados formados en el dendrograma son Chironomidae como la más abundante, seguida de Baetidae, Hydroptilidae, Lumbricidae, Hyalellidae, Blephariceridae y Simuliidae. La abundancia de Chironomidae y Lumbricidae (Oligochaeta) se asocian con sitios con alto contenido de materia orgánica (Gallardo *et al.*, 2004). La familia Baetidae es típica en corrientes muy rápidas y algunos géneros como *Baetodes* y *Camelobaetidius* pueden tolerar cierto grado de contaminación y alteración de su hábitat y localmente llegar a ser muy abundantes (Flowers & De la Rosa, 2010), patrón que se manifiesta en esta investigación. En cuanto a la familia Hydroptilidae, Posada & Roldán (2003) dicen que

habitan ecosistemas loticos con corrientes fuertes, en remansos o en zonas de salpicadura, sobre sustrato pedregoso o en vegetación donde se presentan algas, para su alimentación, lo que concuerda parcialmente con las características del sector de Canteras, que es el lugar en donde se encuentran con mayor abundancia.

Existe una marcada coincidencia de las familias encontradas en este estudio con las que encontró Ríos *et al.*, (2004) en la microcuenca del río Pita (cuenca baja, 2800 m.s.n.m.), Elmidae, Hyalellidae, Chironomidae, Ceratopogonidae, Simuliidae, Psychodidae, Tipulidae, Blephariceridae, Empididae, Baetidae, Oligoneuriidae, Physidae, Leptoceridae, Hydroptilidae y Glossosomatidae son algunas de las familias que coinciden con las del presente estudio. Lo mismo sucede con el trabajo de Muñoz *et al.*, (2009), Chironomidae, Simuliidae, Ceratopogonidae, Leptoceridae, Elmidae, Blephariceridae, Baetidae, Hydrobiosidae, Hydropsychidae, Hydroptilidae, Muscidae y Scirtidae, son algunas de las familias que coinciden con las del presente trabajo, lo que nos muestra que la diversidad de este tramo del río aún se mantiene a través del paso del tiempo y cabe recalcar que en la zona alta (Molinuco) tiene mejor calidad de agua que en la zona baja (Cashapamba) como lo demuestra los valores bióticos, lo que contribuye a la base de datos de taxones de macroinvertebrados de la zona. Pero cabe recalcar que a pesar de que exista una coincidencia de familias encontradas entre los estudios pasados y el presente trabajo, no se puede hacer una comparación, pues las abundancias de los grupos en cada sitio se desconoce en los trabajos antiguos, es más en este trabajo se intenta conocer la población de macroinvertebrados en cada uno de los sectores estudiados y como se relacionan con el tipo de intervención antrópica que existe en cada uno de ellos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con todos los resultados obtenidos se determina que el río Pita, en el tramo estudiado, tiene una calidad de agua aceptable (poca contaminación), en la zona alta y en las zonas más bajas llega a tener aguas críticas (muy contaminadas), en consecuencia de

que en las zonas bajas se encuentra el antiguo botadero de Cashapamba y descarga de aguas servidas lo que deteriora la calidad del ecosistema acuático.

La población de macroinvertebrados acuáticos está compuesta en su mayoría (82%) por las familias de Chironomidae, Baetidae e Hidroptilidae, organismos resistentes a ciertos niveles de carga orgánica, de corrientes moderadas. En Molinuco hay números elevados de las tres familias, seguido del sector Cashapamba que casi no tiene presencia de la familia Hidroptilidae por la existencia de algún tipo de contaminación y por último el sector de canteras tiene los valores más bajos de Chironomidae e Hidroptilidae por la presencia de sustrato pedregoso y material particulado.

Se sugiere al Municipio de Rumiñahui realizar campañas de concientización sobre la adecuada disposición de los residuos sólidos, mejoramiento de sistemas de recolección de residuos y también la construcción de plantas de tratamiento y así tener el mejoramiento gradual de las condiciones del río, siguiendo el ejemplo de países vecinos como Colombia. Adicionalmente se proponen realizar muestreos en distintas épocas del año para poder caracterizar la variabilidad estacional del ecosistema dulceacuícola y a su vez elaborar bases de datos que contengan registros de más de 10 años para recopilar información sobre la variabilidad intra e interanual de las poblaciones de macroinvertebrados.

Finalmente con la información recopilada con el índice de Déficit de especie de Kothé (1962), se aprueba la hipótesis nula, la cual dice que “el río Pita a pesar del tiempo transcurrido, no ha logrado autodepurarse de las continuas actividades antropogénicas que se realizan en sus riberas, registrando un deterioro en la calidad de sus aguas a medida que el río recorre tierras bajas”, pues a pesar de que en algunas ocasiones el punto más bajo posee una ganancia de especies, este índice no es suficiente para comprobar la hipótesis.

LITERATURA CITADA

Acosta L.M.C. 2005. Propuesta para la gestión integral de residuos sólidos en la ciudad de Vinces, provincia de Los Ríos – Ecuador. Tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Geógrafo y del Medio Ambiente, Escuela Politécnica del Ejército. 150 pp.

Aguilar O., Bolagay I., Carrera A. & Vilaña R. 2009. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en la cuenca de los ríos Pita y Mataquí, Serranía ecuatoriana. Laboratorios IASA. Boletín Técnico 8. Serie Zoológica 4-5: 117-120.

Alba-Tercedor J. 1996. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los Ríos. IV Simposio del agua en Andalucía (SIAGA). Almería vol. II: 203 – 213.

Albuja L. 2011. Lista de mamíferos actuales de Ecuador. Escuela Politécnica Nacional. 27 pp.

Almeida-Leñero L., Nava M., Ramos A., Espinosa M., Ordoñez M.J. & Jujnovsky J. 2007. Servicios ecosistémicos en la cuenca del río Magdalena, Distrito Federal, México. Gaceta ecológica número especial 84-85: 53-64.

Álvarez L.F. 2006. Metodología para la utilización de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. Instituto Alexander von Humboldt, en proceso de publicación.

Arango M.C., Álvarez L.F., Arango G.A., Torres O.E. & Monsalve A.J. 2008. Calidad del agua de las quebradas La Cristalina y La Risaralda, San Luis, Antioquia. Colombia. Revista EIA (9) 124-141. ISSN 1794-1237.

Araujo R. 1995. Contribución a la taxonomía y biogeografía de la familia Sphaeriidae (Mollusca: Bivalvia) en la Península Ibérica e Islas Baleares con especial referencia a la biología de *Pisidium amnicum*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. 393 pp.

Arcos P.M.P., Ávila N.S.L., Estupiñán T.S.M. & Gómez P.A.C. 2005. Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. NOVA- Publicación Científica Vol. 3 (4): 69-79. ISSN: 1794-2470

Arroyo J.D.C. & Encalada A.C. 2009. Evaluación de la calidad de agua través de macroinvertebrados bentónicos e índices biológicos en ríos tropicales en bosque de neblina montano. Coleg. Cienc. Biol. Amb. USFQ. 11-16.

Ballesteros Y., Mondragón C., Flórez P., Barba H.L., Ramírez C. & Patiño P. 2007. Evaluación de la calidad del agua del río Cauca con base en comunidades de macroinvertebrados bentónicos tramo Salvajina – La Virginia. Seminario Internacional: Visión Integral en el Mejoramiento de la Calidad del Agua. Universidad del Valle. 8 pp.

Barriga T.L.A. 2014. La contaminación ambiental por extracción de material pétreo en el barrio de Cashapamba. Trabajo previo a la obtención del título de Ingeniero Ambiental y Manejo de Riesgos Naturales de la Universidad Tecnológica Equinoccial. 231 pp.

Bocard D. 2010. Introduction à l'analyse multidimensionnelle. Analyse multidimensionnelle. Bio-2042. 45 pp.

Buss D.F., Baptista D.F., Silveira M.P., Nessimian J.L. & Dorvillé L.F.M. 2002. Influence of water chemistry and environmental degradation on macroinvertebrate assemblages in a river basin in south-east Brazil. *Hydrobiologia* 481: 125-136.

Cornejo A. 2014. Estructura de la comunidad de macroinvertebrados dulceacuícolas en el área de concesión minera Cerro Petaquilla, Colón, Panamá. *Scientia* Vol. 24 (2): 15-35.

Cuadrado A.M.L. 2013. Estudio de impacto ambiental generado por las actividades turísticas en la “Zona de turismo de mínimo impacto” del territorio ancestral Siona, Reserva de Producción Faunística Cuyabeno. Tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniera en Ecoturismo, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 194 pp.

Custodio V.M. & Pantoja E.R. 2012. Impactos antropogénicos en la calidad del agua del río Cunas. *Apunt. Cienc. Soc.* Vol. 02 (02). 130-175.

De La Lanza E.G, Hernández P.S. & Carbajal P.J.L. 2000. Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores). Plaza y Valdés, S.A. de C.V. Manuel María Contreras No. 73. 633 pp. ISBN: 968-856-853-8.

Dodds W.K. 2002. *Freshwater Ecology. Concepts and Environmental Applications.* ACADEMIC PRESS. 569 pp.

Domínguez E. & Fernández H. 2009. *Macroinvertebrados bentónicos Sudamericanos, biología y sistemática.* Fundación Miguel Lillo. Tucumán, Argentina. 656 pp.

Eyes E.M., Rodríguez B.J. & Gutiérrez M.L. 2012. Descomposición de la hojarasca y su relación con los macroinvertebrados acuáticos del río Gaira (Santa Marta-Colombia). *Acta Biol. Colomb.* Vol.17. (1): 77-91.

Fernández L. & Springer M. 2008. El efecto del beneficiado del café sobre los insectos acuáticos en tres ríos del Valle Central (Alajuela) de Costa Rica. *Revista Biología Tropical.* Vol. 56 (4): 237-256.

FLACSO Sede Ecuador, Ministerio del Ambiente de Ecuador & Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. 2008. *GEO Ecuador 2008: informe sobre el estado del medio ambiente.* Capítulo 3: Estado del Agua. 55-72.

Flowers R.W. & De la Rosa C. 2010. Capítulo 4. Ephemeroptera. *Rev. Biol. Trop.* Vol. 58 (4): 63-93. ISSN 0034-7744.

Fraile H. & Arrate J.A. 2011. La vegetación fluvial de la CAPV. Análisis de su estado de conservación. Informe no publicado de Anbiotek S.L. para URA (Ur Agentzia/Agencia Vasca del Agua). 677 pp.

Fundación Natura, FONAG. 2003. Diagnóstico de la situación actual de las subcuencas de los ríos San Pedro y Pita. 161 pp.

Furse M.T., Moss D., Wright J.F. & Armitage P.D. 1984. The Influence of Seasonal and Taxonomic Factors on the Ordination and Classification of Running-Water Sites in Great-Britain and on the Prediction of Their Macroinvertebrate Communities. *Freshwater Biology* 14: 257-280.

Gallardo-Mayenco A., Macías S. & Toja J. 2004. Efectos de la descarga en la calidad del agua a lo largo de un río mediterráneo: el río Guadaria (Sevilla). *Limnetica* 23 (1-2): 65-78.

Galvão V. & Cândido S.J. 2010. Impactos ambientales de la actividad turística en los sistemas fluviales. Una propuesta metodológica para el Alto Curso del Río Paraná – Porto Rico. *Estudios y Perspectiva en Turismo* vol. 19: 994-1010.

Guevara, J. 2012. Borrador del estudio de impacto ambiental y plan de manejo ambiental para el proyecto: libre aprovechamiento temporal de material de construcción para obra pública, Canelos – Río Bobonaza, código 290379. Gobierno autónomo descentralizado provincial de Pastaza 201pp.

Hahn-von Hessberg C.M., Toro D.R., Grajales-Quintero A., Duque-Quintero G.M. & Serna-Uribe L. 2009. Determinación de la calidad de agua mediante indicadores biológicos y físicoquímicos, en la estación piscícola. Universidad de Caldas. Colombia. *Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural* Vol. 13 (2): 89-105.

Hanson P., Springer M. & Ramirez A. 2010. Capítulo 1. Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Rev. Biol. Trop.* Vol. 58 (4) 3-37.

Herzog S.K., Martínez R., Jørgensen P.M. & Tiessen H. 2011. *Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes*. Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) and Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE): 348 pp.

Jacobsen D. & Encalada A.C. 1998. The macroinvertebrate fauna of Ecuadorian highland streams in wet and dry seasons. *Archiv für Hydrobiologie*, 142 (1): 53-70.

Josse C. & Aguirre Z. 2013. Ministerio del Ambiente de Ecuador. Sistema de Clasificación de Ecosistemas del Ecuador Continental. Subsecretaría de Patrimonio Natural. 76-77.

Kutschker A., Brand C. & Miserendino M.L. 2009. Evaluación de la calidad de los bosques de ribera en ríos del NO del Chubut sometidos a distintos usos de la tierra. Asociación Argentina de Ecología. *Ecología Austral* 19:19-34.

Ladrera R. 2012. Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos. *Páginas de Información Ambiental*. N° 39: 24-29.

Loeb S.L. & Spacie A. 1994. *Biological Monitoring of Aquatic Systems*. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida 33431. 381.

Longo S.M., Zamora G.H., Guisande G.C. & Ramírez R.J. 2010. Dinámica de la comunidad de macroinvertebrados en la quebrada Patrerillos (Colombia): Respuesta a los cambios estacionales de caudal. *Limnetica* 29 (2): 195-210.

Machado T. & Roldan G. 1981. Estudio de las características físico químicas y biológicas de Río Anori y sus principales afluentes. *Rev. Actual Biol.* 10(35): 3-9.

MIC Manejo Integrado de Cuencas en la Región Andina. 2009. Aportes del Programa MIC a la gestión y generación de conocimientos. Sistematización de la experiencia (2005-2008).

Menchaca D.M.S. & Alvarado M.E.L. 2011. Efectos antropogénicos provocados por los usuarios del agua en la microcuenca del río Pixquiac. *Rev. Mexic. Cienc. Agric.* (1): 85-96.

Melic A. 1993. Biodiversidad y riqueza biológica. Paradojas y problemas. ZAPATERI Revta. Aragon. Ent., (3): 97-104. ISSN 1131-933X.

Merrit R.W. & Cummins K.W. 1996. An introduction to the aquatic insects of North America. Kendall-Hunt. Dubuque. 862 pp.

Meza T. 2010. Informe Biótico del Botadero de basura de Cashapamba. AMBIENCONSUL CIA. LTDA.

MAE Ministerio del Ambiente de Ecuador. 2010. Cuarto Informe Nacional para el Convenio sobre la Diversidad Biológica. 291 pp.

Montaigne M. 2000. Capítulo 4: Medidas de afinidad. La clasificación numérica y su aplicación en la ecología. Universidad INTEC. Programa EcoMar, Inc. Editorial Sanmenycar.: 26-43.

Montoya M.Y., Acosta Y. & Zuluaga E. 2011. Evolución de la calidad del agua en el río Negro y sus principales tributarios empleando como indicadores los índices ICA, el BMWP/Col y el ASPT. Caldasia 33 (1): 193-210.

Moreno C.E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T – Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza: 84pp.

Morlans M.C. 2004. Introducción a la Ecología de Poblaciones. Editorial Científica Universitaria – Universidad Nacional de Catamarca. ISSN: 1852-3013.

Munné A., Prat N., Sola C., Bonada N. & Rieradevall M. 2003. A simple field method for assessing the ecological quality of riparian hábitat in rivers and streams: QBR index. *Aquatic Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.*, 13: 147-163.

Muñoz D., Giacometti J. & Ortiz J. 2012. Caracterización de macroinvertebrados acuáticos de la cuenca alta del Río Pita Cantón Rumiñahui – Ecuador. Laboratorio de Acuicultura y Recursos Bioacuáticos, Escuela Politécnica del Ejercito. Sangolquí. 9 pp.

Naiman R.J. & Decamps H. 1993. The role of riparian corridors in maintaining biodiversity. *Ecological applications* 2: 209-212.

Nieto G.O., Garofalo P.S., Matamoros R.L. & Noboa B.D. 2012. Estudio de Impactos Ambiental Conjunto Ex Post Áreas Mineras Hermanos García y Hermanos García 2. 106 pp.

Ordoñez G.J.J. 2011. ¿Qué es cuenca hidrológica? Cartilla Técnica: Aguas Subterráneas – Acuíferos. SENAMHI. Foro Peruano para el Agua – GWP Perú. 41 pp.

Oscoz E.J. 2009. Guía de campo Macro-invertebrados de la Cuenca del Ebro. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Gobierno de España. Confederación Hidrográfica del Ebro. 126 pp.

Palma A., Figueroa R. & Ruiz V.H. 2009. Evaluación de ribera y hábitat fluvial a través de los índices QBR e IHF. *Gayana* 73 (1): 57-63.

Pila Q.G. 2011. Análisis de los parámetros de la demanda hídrica: casos de estudio cuencas del Pita y San Pedro. Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Civil. Escuela Politécnica Nacional. Quito: 30-39.

Posada G.J.A. & Roldán P.G. 2003. Clave ilustrada y diversidad de las larvas de Trichoptera en el Nor-Occidente de Colombia. *Caldasia* 25(1):169-192.

Prat N. & Ward J.V. 1994. The tamed river. *Limnology now: A paradigm of planetary problems*. Elsevier Science. 219-236.

PNUMA. 2013. Freshwater in Europa. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

Ríos T.B., Prat F.N. & Terneus J.E. 2004. Estudio de las condiciones de referencia de las cuencas de los ríos Pita, San Pedro y Machangara. Informe 3: Informe Final de la fase I, estudio de las estaciones durante la época estival. 71 pp.

Rivera U.J.J., Pinilla A.G. & Camacho P.D.L. 2013. Grupos tróficos de macroinvertebrados acuáticos en un humedal urbano andino de Colombia. *Acta Biol. Colomb.* 18 (2): 279-292.

Rodríguez T.E., Domínguez C.P., Pompa G.M., Quiroz A.J. & Pérez L.M. 2012. Calidad del bosque de ribera del río El Tunal, Durango, México; mediante la aplicación del índice QBR. *Gayana* 69 (1): 147-151.

Roldán G. 1992. Fundamentos de Limnología Neotropical. Universidad de Antioquia. Medellín, 529 pp.

Roldán G. 1996. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. 217 pp.

Roldán G. 1999. Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 23 (88): 375-387. ISSN 0370-3908.

Roldán G. 2003. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: Uso del método BMWP/Col. Editorial Universidad Antioquia. Colombia. 170 pp.

Roldán G. 2012. Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. 148 pp.

Segnini, S. 2003. El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. *Ecotropicos*, 16: 45-63.

Severiche S.C.A., Casillo B.M.E. & Acevedo B.R.L. 2013. Manual de Métodos Analíticos para la Determinación de Parámetros Físicoquímicos Básicos en Aguas. Fundación Universitaria Andaluz Inca Garcilaso. 102 pp.

Sierra R. 1999. (Ed.) Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia. 174 pp.

Smith C. & Armesto J. 2002. Importancia biológica de los bosques costeros de la Décima Región: el impacto de la Carretera Costera Sur. *Ambiente y Desarrollo* 23: 6-14.

Tamaris T.C., Rodríguez B.J. & Ospina T.R. 2013. Deriva de macroinvertebrados acuáticos a lo largo del río Gaira, vertiente noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Caldasia* 35(1): 149-163.

Terneus E., Hernández K. & Racines M. 2012. Evaluación ecológica del río Lliquino a través de macroinvertebrados acuáticos, Pastaza-Ecuador. *Revista de Ciencias, Universidad del Valle* Vol.16: 31-46.

Tobón C. 2009. Los bosques andinos y el agua. Serie investigación y sistematización #4. Programa Regional ECOBONA – INTERCOOPERATION, CONDESAN. Quito. 122 pp.

Torres Y., Roldán G., Asprilla S. & Rivas T.S. 2006. Estudio preliminar de algunos aspectos ambientales y ecológicos de las comunidades de peces y macroinvertebrados acuáticos en el río Tutunendo, Chocó, Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 30 (114): 67-76. ISSN 0370-3908.

Turk J.T. 2001. Field Guide for Surface Water Sample and Data Collection. Air Program. USDA Forest Service. 67pp.

UNEP. 1992. Convention on biological diversity. United Nations Environmental Program, Environmental Law and Institutions Program Activity Centre. Nairobi.

Vannote R.L., Minshall G.W., Cummins K.W., Sedell J.R. & Cushing C.E. 1980. River Continuum Concept. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 37: 130-137.

Vázquez S.G., Castro M.G., González M.I., Pérez R.R. & Castro B.T. 2006. Bioindicadores como herramientas para determinar la calidad del agua. Contactos 60: 41-48.

Vettorazzi M. & Francisca F.M. 2002. Vertido de residuos sólidos urbanos en la ciudad de río Cuarto. Reunión Nacional sobre Gestión Ambiental de Residuos, ASAGAI: 1-15.

Vieira L.R., Servia M.J., Barca S., Couto M.T., Rivas S., Sánchez J., Nachón D., Silva S., Gómez S.P., Morquecho C., Lago L. & Cobo F. 2010. Índices de calidad de la vegetación de ribera y del hábitat fluvial en los afluentes de la margen española del Baixo Miño. Actas V Simpósio Ibérico Sobre a Bacia Hidrográfica do Rio Minho, 79-88.

Villarroel M., Calderón M.J., Flachier A., Rivadeneira J.F. & Calles L.J. 2011. Diagnóstico sobre calidad y cantidad de agua en la Cuenca del río Dashino, cantón Gonzalo Pizarro. EcoCiencia. Quito-Ecuador. 65 pp.

Zamora M.C., Sainz C.C., Sanchez O.A. & Alba-Tercedor J. 1995. Are biological indices BMWP and ASPT and their significance regarding water quality seasonally dependent factors explaining their variations. Water Research 29: 285-290.

ANEXOS

ANEXO N° 1. Registro de datos abióticos tomados en el campo, de todos los puntos muestreados en todas las estaciones, del río Pita.

	ABIOTICOS	Saturación de O2 (%)	Concentración de O2 (ppm)	Temperatura (°C)	Conductividad (µS)	Sólidos totales (ppm)	pH	Corriente (rpm)	Ancho del río (m)
Invierno	MP1-I	96,3	6,05	12,2	256	123	6,87	212	8,55
	MP2-I	89,8	5,67	12,6	245	123	7,14	412	9,25
	MP3-I	91,3	5,79	12,8	216	104	7,65	371	11,3
	CP1-I	90,3	5,41	15,3	288	142	6,92	185	4,60
	CP2-I	88,3	4,92	15,7	284	145	6,91	289	8,15
	CP3-I	96,4	5,51	17,0	219	112	7,26	241	9,50
	BP1-I	98,6	5,98	16,8	446	219	6,90	254	7,60
	BP2-I	98,8	4,83	17,6	455	286	6,03	241	8,30
	BP3-I	97,1	5,73	17,2	307	154	6,52	277	9,40
Transición	MP1-T	97,6	5,95	10,8	187	99	8,57	241	8,90
	MP2-T	97,3	5,75	11,2	197	92	8,64	329	12,10
	MP3-T	97,3	5,70	11,7	178	90	8,20	408	11,30
	CP1-T	91,8	5,61	12,7	236	114	8,30	167	4,45
	CP2-T	87,7	5,36	12,7	236	115	8,00	211	8,00
	CP3-T	95,7	6,11	13,3	223	113	8,53	242	9,30
	BP1-T	92,2	5,17	15,1	181	85	8,60	372	6,90
	BP2-T	85,6	5,12	13,7	184	88	8,35	710	8,30
	BP3-T	96,6	5,20	13,0	177	84	8,97	662	8,80
Verano	MP1-V	105,0	5,96	11,3	178	89	7,94	523	6,60
	MP2-V	92,1	5,43	11,9	178	90	8,43	567	7,10
	MP3-V	105,9	6,17	12,8	183	92	7,62	784	11,30
	CP1-V	111,2	7,21	11,2	208	103	8,25	308	7,90
	CP2-V	80,4	4,74	12,2	200	99	7,98	213	8,80
	CP3-V	97,7	5,69	13,1	201	100	8,17	255	10,20
	BP1-V	100,2	5,70	16,6	260	130	7,33	476	6,90
	BP2-V	77,8	4,32	15,2	287	143	7,48	383	7,60
	BP3-V	82,3	5,16	14,4	269	135	9,24	340	8,50

ANEXO N° 2. Registro y clasificación de macroinvertebrados acuáticos, ordenados por clase, orden, familia y género, por punto de muestreo y en todas las estaciones, con abundancia, riqueza y el índice de Shannon, muestreados en el río Pita.

CLASE	ORDEN	Familia	Genero	MP1-I	MP2-I	MP3-I	CP1-I	CP2-I	CP3-I	BP1-I	BP2-I	BP3-I	
INSECTA	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis</i> sp.	17	24	24	19	14	6	15	3	121	
			<i>Baetodes</i> sp.	36	28	35	85	16	3	9	13	73	
			<i>Camelobaetidius</i> sp.	17	23	10	9	5	1	0	0	0	
		Oligoneuridae	<i>Lachlania</i> sp.	2	1	1	1	0	1	0	0	0	
		Tricorythidae	<i>Tricorythodes</i> sp.	4	2	0	0	1	0	0	0	0	
			<i>Leptohyphes</i> sp.	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
	Trichoptera	Glossosomatidae	<i>Glossosoma</i> sp.	0	0	0	6	22	0	0	0	0	
			Casa	0	0	0	2	0	0	0	0	0	
		Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i> sp.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
		Hidropsychidae	<i>Smicridea</i> sp.	0	0	0	0	0	1	1	0	1	
		Hidroptilidae	<i>Metrichia</i> morfotipo 1	78	65	19	0	0	0	0	0	0	3
			<i>Metrichia</i> morfotipo 1 casa	4	0	7	0	0	0	0	0	0	0
			<i>Metrichia</i> morfotipo 2	26	16	6	0	0	0	0	0	0	2
			<i>Neotrichia</i> sp.	0	1	0	1	0	0	0	0	1	2
			Casa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Leptoceridae	<i>Atanotolica</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			<i>Oecetissp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Casa	4	4	4	0	0	1	0	0	0	

Continúa → ↓

CLASE	ORDEN	Familia	Genero	MP1-I	MP2-I	MP3-I	CP1-I	CP2-I	CP3-I	BP1-I	BP2-I	BP3-I	
INSECTA	Trichoptera	Limnephilidae	<i>Chyranda</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Odontoceridae	Casa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Polycentropodidae	<i>Polycentropus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Morfotipo 1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Lepidoptera	Nepticulidae			0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Noctuidae	<i>Bellura</i> sp.		0	0	0	0	0	1	0	0	0
		Crambidae			0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Arctiidae			0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Coleoptera	Elmidae	<i>Macrelmis</i> sp.		4	0	2	0	0	0	0	0	0
			<i>Cylloepus</i> sp.		1	2	0	0	0	0	0	0	0
			<i>Disersus</i> sp.		2	5	1	0	0	0	0	0	0
			Morfotipo		0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Hydrophilidae			1	0	0	0	0	0	0	0	0
		Scirtidae	<i>Elodes</i> sp.		0	0	0	1	0	0	0	2	0
	Diptera	Blephariceridae	<i>Paltostoma</i> sp.		1	0	0	0	0	0	0	0	0
			<i>Limonicola</i> sp1.		0	1	7	0	0	1	1	4	0
			<i>Limonicola</i> sp3.		0	0	0	0	0	0	0	0	0
			<i>Limonicola</i> morfotipo 1		0	1	0	0	0	0	0	0	0
			<i>Limonicola</i> morfotipo 2		0	0	6	0	0	0	0	0	0
			Morfotipo 1		0	2	2	0	0	0	0	0	0
		Ceratopogonidae			42	26	15	1	9	2	0	2	3
Chironomidae				482	490	314	145	112	66	21	331	374	

Continúa → ↓

CLASE	ORDEN	Familia	Genero	MP1-I	MP2-I	MP3-I	CPI-I	CP2-I	CP3-I	BP1-I	BP2-I	BP3-I		
INSECTA	Diptera	Dolichopodidae		1	0	0	0	0	0	0	0	0		
		Empididae	<i>Chelifera sp.</i>	10	13	15	0	2	0	0	0	2	2	
			<i>Henerodromia sp.</i>	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	
		Muscidae			0	0	0	0	0	0	20	0	3	
		Simulidae	<i>Simullium sp.</i>		7	3	2	1	0	0	1	0	1	
		Tabanidae			0	0	0	0	0	0	2	0	0	
		Tipulidae	<i>Limonia sp.</i>		0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
			<i>Tipula sp.</i>		0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
			<i>Molophilus sp.</i>		7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Psychodidae	<i>Maruina sp.</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0			
MALACOSTRACA	Amphipoda	Hyallellidae		67	46	23	0	0	0	0	0	0		
BIVALVIA	Veneroidea	Shaeridae		2	0	0	0	0	0	1	0	0		
GASTEROPODA	Basommatophora	Ancylidae		0	0	0	0	0	0	1	0	0		
		Physidae		3	1	0	0	0	0	1	10	2		
		Planorbidae		0	0	1	0	0	0	1	0	0		
OLIGOCHAETA	Haplotaxida	Lumbricidae		28	14	11	3	12	1	11	1	3		
		Tubificidae		2	4	2	0	0	0	0	0	4		
TURBELLARIA	Tricladida	Dugesiidae		11	1	0	0	0	0	0	0	0		
NEMATOMORPHA	Gordioidea	Gordiidae		4	1	0	0	0	0	0	1	2		
ABUNDANCIA				863	775	511	274	194	85	85	370	596		
RIQUEZA				27	25	23	12	10	12	13	11	15		
SHANNON				1,81	1,56	1,68	1,27	1,47	1,01	1,95	0,54	1,13		

Continúa →

CLASE	ORDEN	Familia	Genero	MP1-T	MP2-T	MP3-T	CP1-T	CP2-T	CP3-T	BP1-T	BP2-T	BP3-T
INSECTA	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis</i> sp.	6	8	2	9	12	10	1	3	10
			<i>Baetodes</i> sp.	19	23	16	40	2	9	1	3	3
			<i>Camelobaetidius</i> sp.	5	8	2	11	8	4	1	23	34
		Oligoneuridae	<i>Lachlania</i> sp.	0	1	1	0	1	2	0	1	0
		Tricorythidae	<i>Tricorythodes</i> sp.	0	1	0	0	6	1	0	0	1
			<i>Leptohyphes</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Trichoptera	Glossosomatidae	<i>Glossosoma</i> sp.	0	0	0	2	6	1	0	0	0
			Casa	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i> sp.	0	0	0	0	1	0	0	0	0
		Hidropsychidae	<i>Smicridea</i> sp.	0	0	0	0	0	0	1	1	0
		Hidroptilidae	<i>Metrichia</i> morfotipo 1	4	7	2	0	0	0	1	0	0
			<i>Metrichia</i> morfotipo 1 casa	4	1	0	0	0	0	0	0	0
			<i>Metrichia</i> morfotipo 2	2	0	0	0	2	4	0	0	0
			<i>Neotrichia</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	1	0
			Casa	0	3	0	0	0	0	0	0	0
		Leptoceridae	<i>Atanatolica</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			<i>Oecetis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Casa	1	1	3	1	1	0	1	1	0

Continúa → ↓

CLASE	ORDEN	Familia	Genero	MP1-T	MP2-T	MP3-T	CP1-T	CP2-T	CP3-T	BP1-T	BP2-T	BP3-T	
INSECTA	Trichoptera	Limnephilidae	<i>Chyranda</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Odontoceridae	Casa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Polycentropodidae	<i>Polycentropus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Morfotipo 1		0	0	0	1	0	0	0	0	0	
	Lepidoptera	Nepticulidae			1	0	0	0	0	0	0	0	0
		Noctuidae	<i>Bellura</i> sp.		0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Crambidae			0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Arctiidae			0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Coleoptera	Elmidae	<i>Macrelmis</i> sp.		0	0	1	0	0	0	0	0	0
			<i>Cylloepus</i> sp.		0	0	1	0	0	0	0	0	0
			<i>Disersus</i> sp.		0	0	0	0	3	0	0	0	0
			Morfotipo		1	0	0	0	0	0	0	0	0
		Hydrophilidae			0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Scirtidae	<i>Elodes</i> sp.		0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Diptera	Blephariceridae	<i>Paltostoma</i> sp.		11	2	0	0	0	0	0	0	0
			<i>Limonicola</i> sp1.		13	14	2	0	0	1	0	0	0
			<i>Limonicola</i> sp3.		6	4	2	0	0	0	0	0	0
			<i>Limonicola</i> morfotipo 1		8	0	0	0	0	0	0	0	0
			<i>Limonicola</i> morfotipo 2		0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Morfotipo 1		11	6	1	0	0	0	0	0	0
		Ceratopogonidae			2	5	5	1	1	0	1	0	0
Chironomidae				272	336	176	8	9	11	29	87	37	

Continúa → ↓

CLASE	ORDEN	Familia	Genero	MP1-T	MP2-T	MP3-T	CP1-T	CP2-T	CP3-T	BP1-T	BP2-T	BP3-T
INSECTA	Diptera	Dolichopodidae		0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Empididae	<i>Chelifera sp.</i>	14	5	3	0	2	0	1	1	2
			<i>Henerodromia sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Muscidae		0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Simulidae	<i>Simullium sp.</i>	21	9	8	0	0	0	1	3	2
		Tabanidae		0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Tipulidae	<i>Limonia sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			<i>Tipula sp.</i>	0	2	0	0	0	0	0	1	0
			<i>Molophilus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Psychodidae	<i>Maruina sp.</i>	0	0	0	0	0	1	4	2	2		
MALACOSTRACA	Amphipoda	Hyallellidae		6	8	5	0	2	1	0	0	
BIVALVIA	Veneroidea	Shaeridae		0	0	1	0	0	0	0	0	
GASTEROPODA	Basommatophora	Ancylidae		0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Physidae		0	0	0	0	0	0	2	2	3
		Planorbidae		0	0	0	0	0	0	0	0	0
OLIGOCHAETA	Haplotaxida	Lumbricidae		5	3	8	0	1	0	0	1	1
		Tubificidae		10	1	0	13	16	6	1	13	6
TURBELLARIA	Tricladida	Dugesidae		1	11	1	0	0	0	1	0	0
NEMATOMORPHA	Gordioidea	Gordiidae		2	1	1	0	0	0	0	0	0
ABUNDANCIA				425	460	241	86	73	51	46	143	101
RIQUEZA				23	23	20	9	16	12	14	15	11
SHANNON				1,65	1,32	1,26	1,55	2,36	1,21	1,56	1,42	1,66

Continúa →

CLASE	ORDEN	Familia	Genero	MP1-V	MP2-V	MP3-V	CP1-V	CP2-V	CP3-V	BP1-V	BP2-V	BP3-V	Total		
INSECTA	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis</i> sp.	12	18	34	8	5	6	5	3	1	396		
			<i>Baetodes</i> sp.	35	50	33	26	2	6	4	4	1	575		
			<i>Camelobaetidius</i> sp.	5	6	11	2	1	0	3	2	0	191		
		Oligoneuridae	<i>Lachlania</i> sp.	0	2	1	0	1	0	1	0	0	17		
		Tricorythidae	<i>Tricorythodes</i> sp.	2	1	2	5	5	6	0	0	0	37		
			<i>Leptohyphes</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
	Trichoptera	Glossosomatidae	<i>Glossosoma</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	
			Casa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
		Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i> sp.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	
		Hidropsychidae	<i>Smicridea</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
		Hidroptilidae	<i>Metrichia</i> morfotipo 1	3	6	13	0	0	0	0	0	0	0	0	201
			<i>Metrichia</i> morfotipo 1 casa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
			<i>Metrichia</i> morfotipo 2	1	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	65
			<i>Neotrichia</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
			Casa	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
		Leptoceridae	<i>Atanatolica</i> sp.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
			<i>Oecetis</i> sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
			Casa	2	0	4	2	1	0	0	0	0	0	0	31

Continúa ↓

CLASE	ORDEN	Familia	Genero	MPI-V	MP2-V	MP3-V	CP1-V	CP2-V	CP3-V	BP1-V	BP2-V	BP3-V	Total		
INSECTA	Trichoptera	Limnephilidae	<i>Chyranda sp.</i>	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2		
		Odontoceridae	Casa	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2		
		Polycentropodidae	<i>Polycentropus sp.</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
		Morfotipo 1		0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	
	Lepidoptera	Nepticulidae			0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
		Noctuidae	<i>Bellura sp.</i>		0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	
		Crambidae			0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	
		Arctiidae			1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	Coleoptera	Elmidae	<i>Macrelmis sp.</i>		2	6	7	1	1	1	0	0	0	25	
			<i>Cylloepus sp.</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	
			<i>Disersus sp.</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
			Morfotipo		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		Hydrophilidae			0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
		Scirtidae	<i>Elodes sp.</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
	Diptera	Blephariceridae	<i>Paltostoma sp.</i>		6	5	0	0	0	0	0	0	1	26	
			<i>Limonicola sp1.</i>		18	3	1	0	0	0	0	0	0	66	
			<i>Limonicola sp3.</i>		1	0	0	2	0	0	0	0	0	15	
			<i>Limonicola morfotipo 1</i>		9	2	0	0	0	0	0	0	0	20	
			<i>Limonicola morfotipo 2</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	
			Morfotipo 1		10	3	0	0	0	0	0	0	0	0	35
Ceratopogonidae				1	1	2	0	1	2	0	0	4	126		
Chironomidae				223	324	329	16	1	51	48	279	233	4804		

Continúa ↓

CLASE	ORDEN	Familia	Genero	MP1-V	MP2-V	MP3-V	CP1-V	CP2-V	CP3-V	BP1-V	BP2-V	BP3-V	Total		
INSECTA	Diptera	Dolichopodidae		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
		Empididae	<i>Chelifera sp.</i>	5	8	7	0	0	0	0	0	5	6	103	
			<i>Henerodromia sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	5	
		Muscidae		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	
		Simulidae	<i>Simullium sp.</i>	26	45	18	0	0	0	0	0	0	0	148	
		Tabanidae		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
		Tipulidae	<i>Limonia sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
			<i>Tipula sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
<i>Molophilus sp.</i>	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7		
Psychodidae	<i>Maruina sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	7	3	6	25			
MALACOSTRACA	Amphipoda	Hyalaelidae		4	9	12	0	0	0	0	1	1	185		
BIVALVIA	Veneroidea	Shaeridae		0	0	0	0	0	0	0	0	0	4		
GASTEROPODA	Basommatophora	Ancylidae		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
		Physidae		0	0	2	0	0	0	1	1	3	31		
		Planorbidae		0	0	1	0	0	0	0	0	0	3		
OLIGOCHAETA	Haplotaxida	Lumbricidae		4	10	2	0	11	4	0	4	2	140		
		Tubificidae		0	0	0	0	0	0	0	3	3	84		
TURBELLARIA	Tricladida	Dugesiidae		6	4	3	0	0	0	0	0	2	41		
NEMATOMORPHA	Gordioidea	Gordiidae		1	2	1	0	0	0	0	5	4	25		
ABUNDANCIA				379	507	491	66	29	76	71	312	267	7577		
RIQUEZA				24	21	22	12	10	7	9	13	13	59		
SHANNON				1,71	1,48	1,44	1,80	1,85	1,17	1,22	0,58	0,67			

ANEXO N° 3. Valores de sensibilidad de las familias de macroinvertebrados para el índice BMWP/Col. (Modificado de Roldán, 2003 por Álvarez, 2006)

Órdenes	Familias	Puntaje
Plecoptera Trichoptera Coleoptera Odonata Diptera Ephemeroptera Gordioidae	Perlidae, Gripopterygidae Odontoceridae, Anomalopsychidae, Atriplectididae Psephenidae, Lampyridae, Ptilodactylidae Polythoridae, Blephariceridae Polymitarcyidae Chordodidae (Cl: Nematomorpha)	10
Ephemeroptera Trichoptera Odonata	Leptophlebiidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Oligoneuridae, Coryphoridae Hydrobiosidae, Philopotamidae, Xiphocentronidae, Polycentropodidae Gomphidae, Platystictidae	9
Trichoptera Mesogastropoda Hemiptera Coleoptera Gasteropoda Sphaeriidae Decápoda	Leptoceridae, Helicopsychidae, Calamoceratidae, Hydroptilidae, Limnephilidae Hydrobiidae (Cl: Gastrópoda) Saldidae, Hebridae, Naucoridae Hydraenidae Lymnaeidae, Planorbidae (cuando es dominante Biomphalaria) (Cl: Bivalvia) Palaemonidae, Pseudothelpusidae, Atyidae (Cl: Crustácea)	8
Ephemeroptera Trichoptera Anphipoda Odonata Hemiptera Lepidoptera Gasteropoda Diptera	Leptohyphidae, Baetidae Glossosomatidae, Hidropsychidae Hyalellidae (Cl. Crustácea) Calopterygidae, Coenagrionidae, Dicteriadidae, Lestidae Naucoridae, Veliidae Pyrilidae Ancyliidae, Hydrobiidae Dixidae, Simuliidae	7
Ephemeroptera Coleoptera Hemiptera Mesogastropoda Odonata Tricladida Megalóptera Unionidae Basommatophora	Caenida Limnichidae, Lutrochidae, Staphylinidae, Elmidae, Dryopidae Pleidae Ampullariidae (Cl: Gastrópoda) Aeshnidae, Megapodagrionidae Dugesiiidae Corydalidae Mycetopodidae (Cl: Bivalvia) Ancyliidae (Cl: Gastrópoda)	6
Diptera Hemiptera	Tabanidae, Ceratopogonidae Mesolveiidae, Gelastocoridae, Nepidae, Corixidae, Notonectidae	5

Coleoptera	Gyrinidae	
Odonata	Libellulidae	
Glossiphoniphormes	Glossiphoniidae	
Basommatophora	Thiraridae (Cl: Gastrópoda)	
Coleoptera	Noteridae, Curculionidae, Scirtidae	4
Diptera	Chrysomelidae, Haliplidae	
Hemiptera	Empididae, Dolichopodidae, Ephydriidae, Muscidae, Sciomyzidae	
Hydroida	Hydrometridae, Belostomatidae	
Diptera	Hydridae	
Diptera	Tipulidae, Stratiomyidae, Chaoboridae,	3
Coleoptera	Hidrophilidae (larvas)	
Basommatophora	Physidae (Cl: Gastrópoda)	
Glossiphoniphormes	Cyclobdellidae	
Diptera	Chironomidae (cuando no es la familia dominante, si domina es 1)	2
	Culícidae, Syrohidae	
Haplotaxida	Tubificidae	1

ANEXO 4. Imágenes de la vegetación de ribera de todos los puntos muestreados en el río Pita, para el índice QBR.



Anexo 4a. Vegetación de ribera del sector Molinuco, MP1, QBR: calidad muy buena.



Anexo 4b. Vegetación de ribera del sector Molinuco, MP2, QBR: calidad buena.



Anexo 4c. Vegetación de ribera del sector Molinuco, MP3, QBR: calidad muy buena.



Anexo 4d. Vegetación de ribera del sector Canteras, CP1, QBR: calidad pésima.



Anexo 4e. Vegetación de ribera del sector Canteras, CP2, QBR: calidad pésima.



Anexo 4f. Vegetación de ribera del sector Canteras, CP3, QBR: calidad pésima.



Anexo 4g. Vegetación de ribera del sector Cashapamba, BP1, QBR: calidad pésima.



Anexo 4h. Vegetación de ribera del sector Cashapamba, BP2, QBR: calidad intermedia.



Anexo 4i. Vegetación de ribera del sector Cashapamba, BP3, QBR: calidad pésima.

ANEXO 5. Fotos de los macroinvertebrados acuáticos encontrados en las muestras, con orden, familia y género.











Orden - Diptera
Familia - Blephariceridae
Paltostoma sp.



Orden - Diptera
Familia - Blephariceridae
Limnicola sp1.



Orden - Diptera
Familia - Blephariceridae
Limnicola sp3.



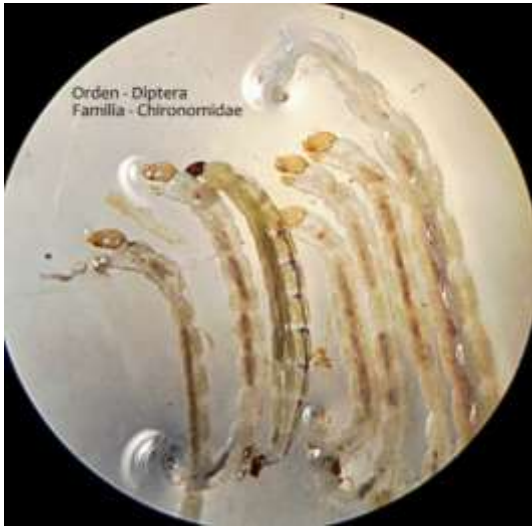
Orden - Diptera
Familia - Blephariceridae
Limnicola morfotipo 1



Orden - Diptera
Familia Blephariceridae
Limnicola morfotipo 2



Orden - Diptera
Familia - Ceratopogonidae



Orden - Diptera
Familia - Chironomidae



Orden - Diptera
Familia - Empididae
Chelifera sp.



Orden - Diptera
Familia - Simuliidae
Simulium sp.



Orden - Diptera
Familia - Tabanidae



Orden - Diptera
Familia - Tipulidae
Tipula sp.



Orden - Diptera
Familia - Tipulidae
Molophilus sp.



GLOSARIO

Abiótico: Factores inertes que no forman parte de los seres vivos; Luz, agua, pH etc.

Autodepuración de las aguas: Es un conjunto de fenómenos físicos, químicos y biológicos, que se da de modo natural y provocan la destrucción de materias extrañas incorporadas en un río.

Biótico: Son los seres vivos de un ecosistema.

Calidad del agua: Es a condición en la que se encuentra el agua respecto a sus características físicas, químicas y biológicas, en su estado natural o después de ser alteradas.

Cerci o cerco: Es un apéndice localizado en el extremo final del abdomen de los insectos.

Cutícula: Es la capa más exterior del tegumento, inmediatamente por encima de la epidermis, es una estructura acelular, compuesta principalmente por quitina.

Élitros: Son alas anteriores, modificadas por endurecimiento, esclerotización.

Esclerotizado: Es el endurecimiento de un tejido u órgano por la formación de escleroproteínas.

Esternito: Es el lado ventral del mesosoma de un insecto.

Hemiélitros: Son alas anteriores, modificadas por su endurecimiento parcial, esclerotización, una porción es membranosa y otra endurecida.

Impactos ambientales antrópicos: Alteraciones que son originadas o causadas por el hombre.

Lentico: Hábitat acuático de aguas sin corriente.

Lotico: Hábitat acuático de aguas corrientes.

Propatas: Son patas caminadoras extra ubicadas en los segmentos abdominales, y normalmente se encuentran presentes en larvas.

Resiliencia: Es la capacidad de un ecosistema para retornar a las condiciones previas a la perturbación. Capacidad de recuperarse

Salud ecológica: Es el estado o condiciones de un ecosistema, tanto factores físicos, químicos, ambientales y las interrelaciones de los seres vivos y su entorno.

Vegetación de ribera: Es también llamada vegetación riparia, es una vegetación adaptada a las características del lecho del río y depende fundamentalmente de la humedad del suelo, pero no es independiente de los factores climáticos como precipitación y temperatura.