



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

**“PREVALENCIA DE FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS
COMO BIOINDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA EN DOS
ECOSISTEMAS DEL ECUADOR CONTINENTAL”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

**AUTORES: PRISCILA ESTEFANIA BUSTAMANTE GUERRERO
ALEXANDER MANUEL ANGULO VALENCIA**

TUTOR: ING. ANDRÉS AGUSTIN BELTRÁN DAVALOS

Orellana - Ecuador

2018

© 2018, Priscila Estefania Bustamante Guerrero y Alexander Manuel Angulo Valencia

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo técnico: **“PREVALENCIA DE FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS COMO BIOINDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA EN DOS ECOSISTEMAS DEL ECUADOR CONTINENTAL”**, de responsabilidad de los señores Alexander Angulo Valencia y Priscila Bustamante Guerrero, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Andrés Beltrán DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN
Dr. Gerardo León ASESOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Priscila Estefania Bustamante Guerrero y Alexander Manuel Angulo Valencia, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados del presente trabajo de titulación, y el patrimonio intelectual del trabajo de titulación, pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. Los textos constantes que son utilizados como guías en el documento están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos del presente trabajo de titulación.

Riobamba, 12 de marzo de 2018.

Alexander Manuel Angulo Valencia
C.I. 220023915-6

Priscila Estefania Bustamante Guerrero
C.I. 220011227-0

DEDICATORIA

Los autores, dedicamos este trabajo de investigación a Dios, por habernos dado la vida y permitirnos haber culminado con éxito nuestra formación profesional.

A nuestros padres quienes, a lo largo de nuestra vida estudiantil, han velado por nuestro bienestar y educación depositando su entera confianza en cada reto que se nos presentaba; ellos a pesar de la distancia física nos han brindado sus palabras de aliento para salir adelante y superar las adversidades que se nos han presentado. Gracias a ellos somos lo que somos ahora.

A nuestros compañeros de promoción, valió la pena luchar juntos y alcanzar esa meta tan anhelada y tan solo queda la satisfacción de haber compartido con ustedes momentos valiosos que marcan un icono en nuestras vidas.

A nuestro director Ing. Andrés Beltrán, maestro y amigo quien impartió sus conocimientos para realizar de mejor manera nuestro trabajo de titulación.

Los Autores

AGRADECIMIENTO

Agradecemos profundamente a Dios, por guiarnos en cada paso que damos, a él que con su infinito amor nos ha dado la sabiduría suficiente para culminar con éxito nuestra carrera universitaria.

A nuestros padres, quienes con su demostración nos han enseñado a no desfallecer ni rendirnos ante nada, gracias por los sacrificios y la paciencia que han demostrado todos estos años.

Nuestro eterno agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a través de la Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas, y a toda su planta docente por habernos impartido todos los conocimientos que pondremos en práctica en nuestra vida profesional.

Nuestro más amplio agradecimiento al Ing. Andrés Beltrán, director de tesis, sin el cual no hubiésemos podido salir adelante; este es el resultado del esfuerzo conjunto de quienes formamos el equipo de trabajo de este nuevo tema de investigación.

Los Autores

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	xv
SUMMARY	xvi
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS.....	4
CAPITULO I	
1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	5
1.1 Macroinvertebrados bentónicos.....	5
1.2 Importancia de los macroinvertebrados bentónicos	5
1.2.1 <i>Importancia ecológica</i>	6
1.2.2 <i>Importancia económica</i>	6
1.3 Modos de vida de los macroinvertebrados acuáticos.....	7
1.3.1 <i>Neuston</i>	7
1.4 La prevalencia de macroinvertebrados bentónicos en la zona alto andina.....	9
1.5 La prevalencia de macroinvertebrados bentónicos en zonas tropicales ...	9
1.6 Calidad del agua	10
1.7 Índices de calidad de agua	11
1.7.1 <i>Estimación del índice de calidad de agua general ICA</i>	12
1.8 Índice Biológico Andino (ABI)	13
1.8.1 <i>Índice BMWP/Col</i>	14
1.8.2 <i>Índices de diversidad de Simpson (IDS)</i>	14
1.8.3 <i>Índice de Diversidad de Shannon</i>	15
1.8.4 <i>Índice de Sorensen</i>	16
1.9 Cuencas hidrográficas.....	16
1.9.1 <i>Elementos de una cuenca hidrográfica</i>	17
1.9.2 <i>Funciones de la cuenca</i>	17
1.9.3 <i>Microcuenca del río Chimborazo (MCRCh)</i>	18

1.9.4	<i>Microcuenca del río Payamino (MCRPy)</i>	19
-------	---	----

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	19
2.1	Zona de estudio	19
2.1.1	<i>Materiales y equipos</i>	20
2.2	Tipo y diseño de la investigación	20
2.3	Unidad de análisis	21
2.4	Población de estudio	21
2.5	Tamaño de muestra	21
2.6	Selección de los puntos de muestreo	22
2.7	Técnicas de recolección de datos	22
2.8	Caracterización físico-química y microbiológica	22
2.9	Análisis de parámetros físico-químicos in situ	23
2.10	Recolección y muestreo de macro invertebrados	24
2.10.1	<i>Análisis de muestras en laboratorio</i>	26
2.11	Determinación de la calidad del agua	28
2.11.1	<i>Índice biológico andino (ABI)</i>	28
2.11.2	<i>Índice biológico BMWP/Col</i>	29
2.12	Índices de diversidad biológica	29
2.12.1	<i>Índice de diversidad de Simpson (IDS)</i>	29
2.12.2	<i>Índice de Diversidad de Shannon</i>	30
2.12.3	<i>Índice de diversidad de Sorensen</i>	30
2.13	Análisis de datos mediante el software SPSS	31
2.13.1	<i>Análisis de normalidad y varianzas (ANOVA)</i>	31
2.13.2	<i>Análisis factorial</i>	31

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	32
3.1	Microcuenca del río Chimborazo	32
3.1.1	<i>Puntos de monitoreo</i>	33
3.2	Microcuenca del río Payamino	35

3.2.1	<i>Clima</i>	36
3.2.2	<i>Ecología</i>	36
3.2.3	<i>Biodiversidad</i>	36
3.2.4	<i>Descripción de los puntos de monitoreo</i>	37
3.3	Análisis de parámetros para evaluación de calidad de agua ICA	38
3.3.1	<i>Resultados físico-químicos y microbiológicos de la microcuenca del río Chimborazo</i>	38
3.3.2	<i>Resultados físico-químicos y microbiológicos de la microcuenca del río Payamino</i>	41
3.4	Valoración ICA río Chimborazo vs río Payamino	46
3.5	Índice de Calidad de Agua (ICA)	48
3.5.1	<i>Microcuenca del río Chimborazo</i>	48
3.5.2	<i>Microcuenca del río Payamino</i>	51
3.6	Análisis de Prevalencia	54
3.7	Evaluación ecológica de los macroinvertebrados acuáticos del río Chimborazo	54
3.7.1	<i>Análisis de prevalencia de la familia de macroinvertebrados acuáticos del río Chimborazo</i>	56
3.7.2	<i>Índices de diversidad de la familia de macroinvertebrados acuáticos del río Chimborazo</i>	58
3.7.3	<i>Evaluación ecológica de la familia de macroinvertebrados acuáticos del río Payamino</i>	58
3.7.4	<i>Valor de Abundancia de la familia de macroinvertebrados acuáticos del río Payamino</i>	59
3.8	Índices de diversidad de la familia de macroinvertebrados acuáticos del río Payamino	61
3.9	Índices de similitud de la familia de macroinvertebrados acuáticos del río Chimborazo y Payamino	61
3.10	Análisis Clúster de las microcuencas del río Chimborazo - Payamino ...	62
3.11	Análisis de normalidad y varianza (ANOVA)	64
3.11.1	<i>pH</i>	64
3.11.2	<i>Oxígeno disuelto OD</i>	65
3.11.3	<i>Fosfatos</i>	65
3.11.4	<i>Nitratos</i>	66

3.12	Análisis de los componentes del río Chimborazo	67
3.13	Análisis de los componentes principales del río Payamino	69
	CONCLUSIONES	71
	RECOMENDACIONES	73
	BIBLIOGRAFIA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1- 1. Pesos relativos para cada parámetro del ICA NSF.....	12
Tabla 1- 2. Clasificación del ICA	12
Tabla 1- 3. Significado de los valores del Índice Biológico Andino (A.B.I.)	14
Tabla 1-4. Valores de referencia del índice BMWP/Col	14
Tabla 3- 5. Puntos de monitoreo, microcuenca del río Chimborazo	33
Tabla 3- 6. Puntos de monitoreo, microcuenca del río Payamino	37
Tabla 3- 7. Parámetros físicos-químicos y microbiológicos del río Chimborazo.....	37
Tabla 3- 8. Parámetros físicos-químicos y microbiológicos del Río Payamino	42
Tabla 3- 9. Pesos de los parámetros evaluados ICA.....	46
Tabla 3- 10. Valores medios de parámetros físico-químicos y microbiológicos de la MCRCh y MCRPy.....	47
Tabla 3- 11. Índice de calidad del agua MRCh	49
Tabla 3- 12. Índice Biológico Andino en cada punto de monitoreo	50
Tabla 3- 13. Índice de calidad del agua	51
Tabla 3- 14. Índice BMWP/Col	53
Tabla 3- 15. Familias presentes en la microcuenca del río Chimborazo	54
Tabla 3- 16. Densidad relativa de la familia de macroinvertebrados acuáticos del río Chimborazo.....	56
Tabla 3- 17. Índices de diversidad de macroinvertebrados acuáticos del río Chimborazo	58

Tabla 3- 18. Familias presentes en la microcuenca del río Payamino	59
Tabla 3- 19. Densidad relativa de la familia de macroinvertebrados acuáticos del río Payamino	60
Tabla 3- 20. Índices de diversidad de la familia de macroinvertebrados acuáticos del río Payamino	61
Tabla 3- 21. Índices de similitud de la familia de macroinvertebrados acuáticos del río Chimborazo y Payamino.....	62
Tabla 3- 22. Análisis ANOVA de pH.....	64
Tabla 3- 23. Análisis ANOVA de OD	65
Tabla 3-24. Análisis ANOVA de fosfatos	65
Tabla 3- 25 Análisis ANOVA de nitratos.....	66
Tabla 3- 26. Matriz de componentes rotados.....	67
Tabla 3- 27. Varianza total explicada del río Chimborazo	67
Tabla 3- 28. Matriz de componentes ^a del río Chimborazo	68
Tabla 3- 29. Matriz de componentes rotados ^a del río Chimborazo.....	68
Tabla 3- 30. Matriz de transformación de las componentes del río Chimborazo	69
Tabla 3- 31. Método de extracción: Análisis de Componentes principales del río Payamino	69
Tabla 3- 32. Varianza total explicada del río Payamino	70
Tabla 3- 33. Matriz de componentes rotados del río Payamino	70
Tabla 3- 34. Matriz de transformación de las componentes del río Payamino.....	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- 1. Macroinvertebrados representantes del neuston en un ecosistema acuático Necton.....	7
Figura 1- 2. Macroinvertebrados representantes del necton en un ecosistema acuático .	8
Figura 1- 3. Macroinvertebrados representantes del necton en un ecosistema acuático .	8
Figura 2- 4. Determinación de pH in situ.	23
Figura 2- 5. Determinación de oxígeno disuelto in-situ	24
Figura 2- 6. Recolección de muestras de macros	25
Figura 2- 7. Recolección de muestras de macros	26
Figura 2- 8. Filtrado de las muestras de agua	26
Figura 2- 9. Obtención de muestra	27
Figura 2- 10. Separación de muestras.....	27
Figura 2- 11. Estereomicroscopio.....	28
Figura 2- 12. Familia Hyalellidae	28
Figura 2- 13. Familia Chironomidae	28
Figura 3- 14. Puntos de monitoreo de la microcuenca del río Chimborazo	34
Figura 3- 15. Microcuenca del río Payamino	35

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 3- 1. ICA río Chimborazo vs río Payamino	48
Gráfico 3- 2. Análisis clúster río Chimborazo	63
Gráfico 3- 3. Análisis clúster río Payamino	64

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Valores de sensibilidad a la contaminación establecidos por el Índice Biótico Andino (Acosta et al. 2009)	
ANEXO B: Valores de sensibilidad a la contaminación establecidos por el índice BMWP/Col (Roldan 2003)	
ANEXO C: REPORTES ICA Test para el Rio Payamino	
ANEXO D: REPORTES ICA Test para el Rio Payamino	
ANEXO E: Densidad de macroinvertebrados PUNTO 1 - Quebrada Totorillas (MCRCh)	
ANEXO F: Densidad de macroinvertebrados PUNTO 2 - Loma Yanarrumi (MCRCh)	
ANEXO G: Densidad de macroinvertebrados PUNTO 3 - Calera San Francisco (MCRCh)	
ANEXO H: Densidad de macroinvertebrados PUNTO 4 - Puente UCEM (MCRCh)	
ANEXO I. Densidad de macroinvertebrados PUNTO 1 - San José Nuevo (MCRPy)	
ANEXO J: Densidad de macroinvertebrados PUNTO 2 - San Francisco (MCRPy)	
ANEXO K: Densidad de macroinvertebrados PUNTO 3 - Sumaco (MCRPy)	
ANEXO L: Densidad de macroinvertebrados PUNTO 4 - Orellana (MCRPy)	

RESUMEN

El interés por conocer la prevalencia de las especies en un amplio rango de distribución, ha generado interés científico por relacionar variables ecológicas y físico-químicas en la evaluación de macro invertebrados. El presente trabajo tuvo como objetivo, la evaluación de la prevalencia de familias de macro invertebrados como bioindicadores de la calidad del agua en dos ecosistemas fluviales Sierra (río Chimborazo) y Amazonía (río Payamino). La metodología se desarrolló en dos fases: la primera se basa en el análisis de datos recolectados en campo para determinar los índices de evaluación de calidad ICA y biológico ABI; en la segunda fase se estableció un análisis estadístico de la prevalencia de las especies en diferente distribución geográfica. Nuestro estudio determinó que las especies que poseen amplia distribución geográfica, se deben considerar como especies indicadoras de mala calidad de agua, y factores que van de la mano con la persistencia de macro invertebrados sensibles a las variaciones del entorno; se determinó la ausencia de cuatro familias en el río Payamino (Neucoridae, Lethoplebelidae, Tabanidae, Psephenidae), mientras que en el río Chimborazo, se determinó la ausencia de 12 especies de las familias (Tipulidae, Hidrobisidae, Glossomatidae, Polycentropodidae, Blepharoceridae, Leptoceridae, Limonidae, Simuliidae, Hidrobisidae, Tubificidae, Musidae, Sharidae), con un alto valor ABI/BMWP, pero muy sensibles a las variaciones del ICA, concluyendo que se debe considerar las especies de alto valor ecológico descritos en el ABI/BMWP, en función de la calidad de agua ICA, y su correlación en la pérdida de estas especies.

Palabras claves: <CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES>, <BIODIVERSIDAD>, <CALIDAD DE AGUA>, <MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS>, <RECURSOS HÍDRICOS>.

SUMMARY

The interest in the prevalence of species in a wide range of distribution has generated scientific interest in relating ecological and physico-chemical variables in the macroinvertebrates assessment. This work was aimed to evaluate the prevalence of macroinvertebrates families as bioindicators of water quality in two fluvial ecosystems such as Chimborazo River in Sierra region and Payamino River in Amazon region. The methodology was developed in two phases: the methodology was developed in 2 phases: the first is based on the analysis of data collected in the field in order to determine ICA (Quality Assessment Index) and biological ABI (Andean Biotic Index), in the second phase, a statistical analysis of the prevalence of the species in different geographical distribution was established. Species that have a wide geographic distribution should be considered as indicator species of poor water quality and factors that go together with the persistence of macroinvertebrates sensitive to environmental variations were determined in our research. In Payamino River, it was determined that 4 species from the following families were extended (*Neucoridea*, *Lethoplebelidae*, *Tabanhidae*, *Psephenidae*), while in Chimborazo river, it was determined that 12 species from the following families were extended (*Tipulidae*, *Hidrobisidae*, *Glossomatidae*, *Polycentropodidae*, *Blepharocerodae*, *Leptoceriadae*, *Limonidae*, *Simulidae*, *Hidrobisidae*, *Tubificidae*, *Musidae*, *Sharidae*) with a high value of ABI (Andean Biotic Index) and BMWP (Biological Monitoring Working Party), but very sensitive to variations of ICA (Quality Assessment Index). It is concluded that species with high ecological value described in the ABI/BMWP must be considered on the basis of water quality ICA and their correlation to lack of these species.

KEYWORDS: <NATURAL AND EXACT SCIENCES>, <BIODIVERSITY>, <WATER QUALITY>, <MACROINVERTEBRATES BENTHIC>, <WATER RESOURCES>.

INTRODUCCIÓN

Los medios acuáticos desde hace varios años, han sido empleados por el ser humano como fuente de recursos. Sin embargo, a pesar de que poseen una gran utilidad como uso doméstico, industrial y recreativo; en las últimas décadas, el rápido crecimiento poblacional, la industrialización y los cambios en el uso del suelo, han provocado un progresivo aumento de las presiones sobre este recurso, incidiendo en una paulatina degradación del mismo.

Dichos escenarios, fueron el inicio para que se desarrollen varios estudios que permitieran establecer el estado actual del recurso agua y así poder valorar el impacto de las perturbaciones antropogénicas sobre este recurso. Sin embargo, a través de ello solo podemos obtener datos puntuales en la dimensión cronológica y no dejan ver la evolución (disolución) de una carga contaminante y la capacidad de resiliencia de los hábitats acuáticos.

Como una alternativa a estos procedimientos, varios países han desarrollado técnicas y procedimientos de biomonitorio para complementar los datos físico-químicos, a través de la valoración de reacciones e índices de sensibilidad de organismos vivos ante la presencia de sustancias contaminantes en los cauces de agua (Segnini, 2003).

En los últimos años el uso de Macro invertebrados acuáticos, como bioindicadores de la calidad del agua ha ganado protagonismo, en virtud de que se han convertido en una herramienta ideal para la determinación biológica de este recurso. Funcionan como un instrumento importante al momento de analizar el estado actual de preservación del ecosistema (Roldán, 2003).

En términos de su valor biológico, los ecosistemas alto andinos; al igual que los de la Amazonía Ecuatoriana, se destacan por poseer una biota rica y variada de MIB, quienes están representados por un gran número de especies y que cumplen un rol fundamental en la cadena trófica de este tipo de ecosistemas.

A pesar de la importancia que tienen los macro invertebrados para los ecosistemas acuícolas, vienen sufriendo grandes impactos fruto de las actividades antropogénicas; entre ellas la remoción de la vegetación presente en los contornos de la microcuenca (cambios de uso del suelo), el represamiento de las aguas para construcción de represas y riego, las cuales alteran el caudal, el mismo que se ve afectado en la composición, riqueza y abundancia de la biota acuática y que a su vez también se ve reflejada en la composición físico química del agua.

Estas valoraciones presentan ventajas en relación a otro tipo de medidas de calidad de agua, por cuanto se utilizan organismos indicadores del medio en que habitan y estos a su vez responden a las características propias del estado actual de las condiciones del agua.

De ahí la importancia de conocer y estudiar los ecosistemas acuícolas de diferentes áreas los mismos que permitirán desarrollar criterios biológicos para estimar el efecto de las intervenciones antropogénicas en este tipo de ecosistemas. Una de las formas más utilizadas para evaluar, la calidad del agua en su estado natural es mediante los parámetros físico-químicos, los cuales proporcionan resultados momentáneos de su condición al momento de su análisis y los indicadores biológicos a través de los MIB, quienes proporcionan datos integrales del medio a través del tiempo (Déley & Santillán, 2016).

Dado el papel fundamental que desempeñan los macroinvertebrados en los sistemas fluviales, el presente estudio tiene como objetivo evaluar la prevalencia de familias de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua en dos ecosistemas del Ecuador Continental, a fin de presentar y sintetizar el estado actual de la biodiversidad a nivel comunitario en los dos sistemas fluviales.

1.1. Justificación de la investigación

El manejo y conservación de las unidades hidrográficas es una parte de las acciones de gestión ambiental, que se debe llevar a cabo con el propósito de contrarrestar efectos ambientales perjudiciales producto de las actividades antropogénicas. Estudiar los cuerpos de agua y sus elementos bióticos y abióticos es de vital importancia en el campo científico actual. Esta importancia radica especialmente en la necesidad imperante de la sociedad para vincularse al recurso hídrico, ya sea para obtener beneficio económico, de servicio, alimenticio y otros; o para conservar sus componentes biológicos.

De ahí surge el interés por conocer el estado del recurso hídrico y su evolución en el tiempo, lo que ha generado una sublección en el uso de varias especies como indicadores biológicos en Ecuador. Por tanto, los macroinvertebrados acuáticos son uno de los organismos con mayor acogimiento debido a que presentan características propias convirtiéndolas en elementos claves y factibles para establecer con relativa premura la calidad de agua de un ecosistema.

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en virtud de que no se ha realizado un estudio que permita evaluar la prevalencia de familias de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua en las microcuencas del río Chimborazo (Chimborazo) y Payamino (Orellana).

Utilizar a los MIB, como indicadores de calidad, ha demostrado total validez en la detección de puntos de cambio a lo largo de su cauce principal. Esto se debe básicamente a que, gran parte de los macroinvertebrados responden rápidamente a cambios en la composición y estructura del agua.

En los casos donde es necesario tener un diagnóstico rápido del estado de salud de los cuerpos de agua; una de las formas de evaluar el ecosistema, es mediante la utilización de bioindicadores acuáticos (macroinvertebrados); los mismos que constituye una de las técnicas más acertadas, rápidas y de gran confiabilidad, al momento de su evaluación. Además, cabe indicar que este tipo de estudios, aborda un mayor número de estaciones y/o ríos, que a su vez también permiten mantener un seguimiento temporal entre ellos.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Evaluar la prevalencia de familias de macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua en dos ecosistemas del Ecuador continental

Objetivos Específicos

- Analizar la influencia de las variables abióticas y bióticas sobre la organización de los grupos de macro invertebrados en la; microcuenca del río Chimborazo (Chimborazo) y Payamino (Orellana).
- Estudiar la variabilidad de los grupos de macroinvertebrados muestreados en las microcuencas del río Payamino (Orellana) y río Chimborazo (Chimborazo) como bioindicadores de la calidad del agua.
- Evaluar la riqueza y abundancia de macroinvertebrados acuáticos de los cuerpos de agua muestreados.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1 Macroinvertebrados bentónicos

Los MIB, se definen como aquellos organismos que se pueden ver a simple vista. Se llaman macros porque tienen un tamaño superior a 2 mm de longitud e invertebrados porque no poseen columna vertebral, es decir carecen de un esqueleto interno articulado y acuáticos porque su ciclo de vida lo desarrollan parcial o totalmente en el ecosistema hídrico de esteros, ríos, lagos o lagunas (Carrera & Fierro, 2001).

Los MIB, son los más utilizados en la evaluación de ecosistemas fluviales a nivel mundial, gracias a que representan grandes superioridades con relación a otros componentes de la biota acuática, lo que facilita la comparación entre este tipo de estudios. Otra de las ventajas, es que se pueden desarrollar muestreos cuantitativos, con materiales simples y de bajo costo. Además de contar con la disponibilidad de la técnica de análisis para una correcta comparación entre datos y su posterior validación mediante la generación de índices de calidad de agua, quienes han sido validados en diferentes partes del mundo (Rosales & Sánchez, 2016).

1.2 Importancia de los macroinvertebrados bentónicos

Los MIB, son considerados actualmente como los mejores bioindicadores, debido a que nos proporcionan excelentes señales del estado actual de la calidad del agua. Algunos de ellos se desarrollan en aguas de buena calidad, en cambio otros se han adaptado a condiciones adversas de contaminación; por lo que cada individuo, independientemente de su medio, se ha convertido en un verdadero indicador. Cabe indicar de que en los últimos años, la terminología de la calidad del agua ha ido cambiando, a medida de que se han integrado nuevas variables (bióticas-abióticas), que complementan la información (Lozano, 2005). De ahí la importancia de considerar a los MIB, como los protagonistas que definen el momento actual de la calidad del agua y de la conformación dentro de la cadena trófica como constructores del componente de biomasa animal

más importante en muchos trechos del cauce, generando materia y energía necesaria para la nutrición de los consumidores superiores (González, et al., 2012).

1.2.1 Importancia ecológica

Los MIB, juegan un papel importante en todos los procesos ecológicos de los sistemas acuícolas, son un vínculo importante para poder mover la energía a diversos niveles tróficos en la cadena alimenticia acuática; además de ser los encargados de controlar la producción primaria en dicho ecosistema. Estos procesos garantizan que los nutrientes presentes en las partículas no sean removidos del ecosistema y llevados por la corriente aguas abajo (Hanson, et al., 2010). También cabe mencionar que los MIB, sirve de alimento para muchos animales terrestres como: arañas, aves y murciélagos. Es así que una gran diversidad de artrópodos terrestres, se pueden convertir en depredadores de insectos adultos acuáticos cuando estos salen del agua, lo que pueden traer como consecuencia un efecto negativo en el número de individuos, al momento de contabilizar sus poblaciones (Hanson, et al., 2010).

1.2.2 Importancia económica

Existen diferentes tipos de MIB, que se consideran como plagas en especial los del orden Díptera. También ciertos adultos de la familia Culicidae, Simuliidae y Tabanidae, que viven fuera del agua, su modo de alimentación es chupar la sangre de los animales vertebrados. Estos casos son los que han resultado ser una molestia para el ser humano cuando tienen especies de animales domésticos (ovinos, bovinos, porcinos), cerca de las fuentes hídricas (Hanson, et al., 2010).

Otro de los problemas que han ocasionado sin duda alguna es la transmisión de enfermedades a través de especies vectoras como el dengue y la fiebre amarilla. Pero no todos los MIB, son negativos, por lo que es importante mencionar que ciertos organismos tienen una importancia económica positiva para el ser humano. Es el caso de algunas especies de camarones dulceacuícolas los mismos que son cultivados en cautiverios para proveer alimento a los seres humanos y garantizar la seguridad y soberanía alimentaria (Hanson, et al., 2010).

1.3 Modos de vida de los macroinvertebrados acuáticos

En términos generales los MIB, pueden vivir en la superficie del agua, en el fondo o nadar libremente; lo que les permite adaptarse a diferentes condiciones y de acuerdo a esto reciben diferentes denominaciones. En cambio, algunos animales de agua dulce se pueden clasificar de acuerdo al sitio donde se desarrollan y a la forma de movilizarse. De ahí que ciertos MIB viven en la superficie del agua, en cambio otros permanecen suspendidos en el lecho acuático o bien nadan activamente. Pero la gran mayoría MIB, viven sobre algún tipo de sustrato ya sea en el fondo (bentos), o en los tallos de plantas acuáticas, madera o rocas (Hanson, et al., 2010).

1.3.1 Neuston

Son aquellos organismos que habitan sobre la superficie del agua ya sea caminando, patinando o brincando (Figura 1-1). Sus uñas, patas y exoesqueleto están recubiertos por una especie de cera que los hace impermeables, así que, en vez de hundirse, doblan la superficie del agua venciendo la tensión superficial. Entre los representantes están las familias Gerridae, Veliidae, Collembola, Hemiptera, Gyrinidae y Hidrometridae (Hanson, et al., 2010).

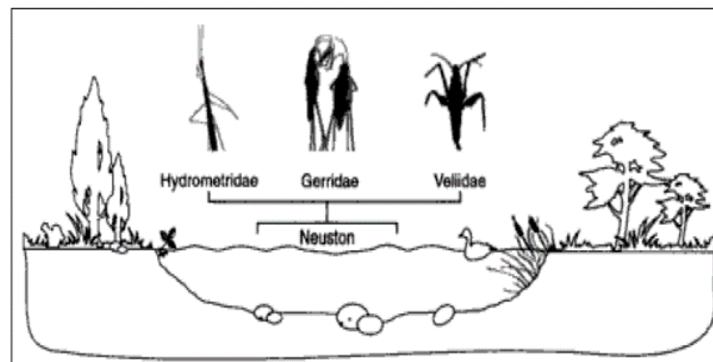


Figura 1- 1. Macroinvertebrados representantes del neuston en un ecosistema acuático Necton

Fuente: Medina, (2011)

Además, existen otros organismos que nadan libremente en el agua (Figura 1-2). Entre ellos se encuentran el orden: Hemiptera, Coleoptera y Ephemeroptera (Hanson, et al., 2010).

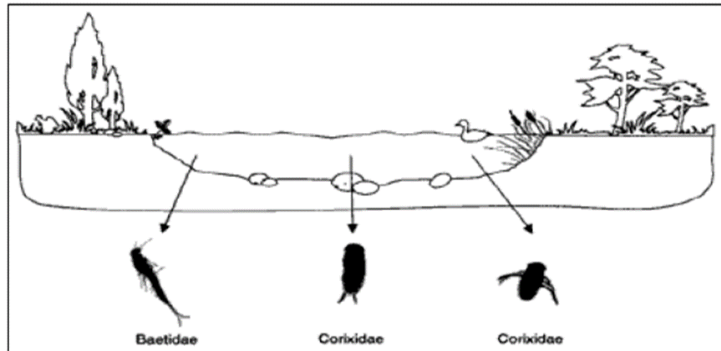


Figura 1- 2. Macroinvertebrados representantes del necton en un ecosistema acuático

Fuente: Medina, (2011)

1.3.2 Bentos

Se refiere a todos aquellos organismos que viven en el fondo de los ríos y lagos, adheridos a piedras, rocas, troncos, restos de vegetación y sustratos similares (Figura 1-3). Los principales órdenes representantes son: Ephemeroptera, Plecóptera, Trichoptera, Megaloptera y Díptera. También pueden encontrarse algunos enterrados en el fondo a varios centímetros de profundidad, como la familia Euthyplociidae Ephemeroptera. Otros, como la familia Blephariceridae, Díptera, se adhieren fuertemente a rocas mediante un sistema de ventosas en el abdomen (Hanson, et al., 2010).

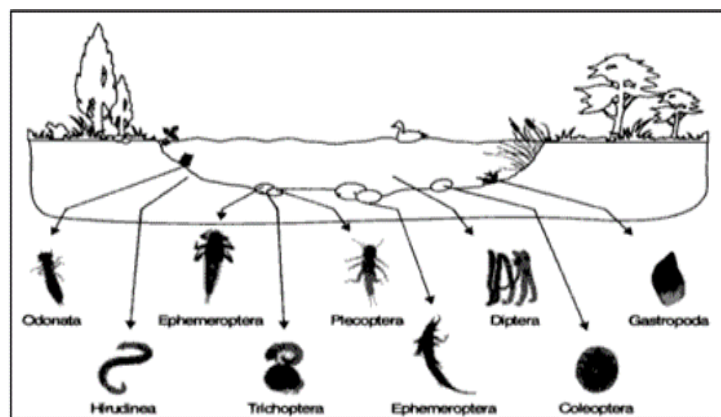


Figura 1- 3. Macroinvertebrados representantes del necton en un ecosistema acuático

Fuente: Medina, (2011)

1.4 La prevalencia de macroinvertebrados bentónicos en la zona alto andina

Actualmente a nivel mundial existe un creciente interés por estudiar a los MIB y su comportamiento con los ecosistemas acuícolas. De ahí que en la parte alto andina se ha convertido en una verdadera área de investigación por parte de diferentes instituciones públicas y privadas. Este tipo de iniciativas permite conocer el estado actual, frente a la constante degradación que sufren estos ecosistemas por la sobre explotación y contaminación del agua (Acosta, et al., 2009).

Uno de los intereses por conservar los recursos fluviales alto andinos, es que nos proporcionan agua para consumo humano tanto para los centros urbanos como para las zonas rurales. Además este recurso es utilizado para la generación de energía eléctrica y como suministro de agua para riego (Acosta, et al., 2009). Es también importante destacar que las diferentes realidades sociales y de crecimiento económico, ocasionan situaciones de conflicto al no encontrar un equilibrio entre estas dos realidades; las mismas que van a incidir de manera directa en la preservación del medio ambiente. Esta problemática ambiental traerá como consecuencia una pérdida de la biodiversidad acuática; lo que se convierte a futuro en una amenaza para los sistemas hídricos alto andinos (Acosta, et al., 2009).

Considerando la fisiografía que presenta la región andina, es importante considerar todas y cada una de las quebradas pequeñas que alimentan al cause principal, ya que todas aportan con un conocimiento ecológico, el mismo que debe ser tomado en cuenta al momento de su evaluación. Toda la información generada debe ser socializada y compartida con la población local, para crear conciencia en la gente acerca del impacto que ocasionan las actividades antropogénicas sobre la comunidad de MIB, en las microcuencas de la zona andina (Acosta, et al., 2009).

1.5 La prevalencia de macroinvertebrados bentónicos en zonas tropicales

Los ecosistemas tropicales se localizan entre los ambientes más amenazados del mundo, especialmente en países en desarrollo. En las últimas décadas, estos entornos han experimentado, cambios en su estructura, debido a una mala planificación en el uso del territorio. Estas modificaciones incluyen la sustitución de la vegetación nativa, por cultivos de ciclo corto o incluso implementación de pasturas para la producción de especies pecuarias (Mesa, 2010).

Sin embargo, en la gran mayoría de estudios respecto a la determinación de la biota acuática solo se ha utilizado como herramienta de diagnóstico de la calidad ambiental, sin tener en cuenta el papel trófico y otros aspectos ecológicos y funcionales que tienen los MIB, en uno de los ecosistemas fluviales tropicales. Es por esta razón que es importante realizar estudios, para conocer la diversidad de la biota en este tipo de ecosistemas, los mismos que nos permitirán tener un conocimiento más amplio sobre la estructura, composición y distribución de las comunidades de MIB (Mesa, 2010).

Los cambios en el uso del suelo, especialmente en las zonas ribereñas, producen una degradación física del hábitat y un crecimiento en el volumen de sedimentos; esto trae como consecuencia cambios y variaciones de la temperatura del agua. Estos cambios influyen en la producción y disponibilidad de nutrientes alimenticios para los MIB. Por lo tanto los estudios sobre el impacto de los cambios en el flujo de energía y las relaciones tróficas en los ambientes acuáticos son esenciales para tomar decisiones acertadas sobre el control y regulación de los entornos en los ecosistemas (Mesa, 2010).

1.6 Calidad del agua

El agua es uno de los recursos naturales más importantes para el desarrollo de la vida en el planeta. La calidad depende de las diferentes características físico-químicas y biológicas que presente. Los requerimientos de una buena calidad dependen en gran medida del uso al que este destinado; es así que el agua para consumo humano no tiene los mismos requerimientos que el agua destinada para uso agrícola como es el riego (Ayers & Westcot, 2015).

Evaluar la calidad del agua de un sistema hídrico es muy importante, debido a que se centra básicamente en las características físicas, químicas y biológicas (Demin, 2013). Sin embargo para una evaluación completa se consideran otros factores como las condiciones climáticas, uso actual y potencial del suelo, fisiografía y asentamiento humanos (Babaei, et al., 2011); (Ban, et al., 2014). Esto por cuanto la calidad del agua de un río, es un indicador del estado actual en el que se encuentra (Jaramillo, et al., 2011); (Martínez, 2017).

1.7 Índices de calidad de agua

La valoración de la calidad del agua, puede ser entendida como la evaluación de su naturaleza física, química y biológica, en relación con quienes la usan y forman parte de ella. Para simplificar la interpretación de los datos existen índices de evaluación, tanto para el monitoreo del agua en los sistemas lóticos (ríos y riachuelos) como en los lénticos (lagos, lagunas) (Torres, et al., 2010).

Sin embargo, en los últimos años varios países han tomado la decisión de utilizar a las comunidades de macroinvertebrados acuáticas como una herramienta importante para evaluar la calidad del ecosistema. Esta iniciativa es particularmente importante para quienes tienen la responsabilidad de ejercer la autoridad, al momento de tomar decisiones sobre el uso actual del agua (Torres, et al., 2010).

Es por esta razón que actualmente, el índice de calidad del agua (ICA), es uno de los más ampliamente utilizados a nivel mundial; debido a que presenta una cualificación frecuente del estado del agua lo que resulta un instrumento que permite identificar su deterioro o mejora de la calidad (Coello, et al., 2013); (Morales, et al., 2014). Este índice manipula 9 características, como variables de respuesta: potencial de hidrógeno (pH), oxígeno disuelto, turbiedad, coliformes fecales (de forma cuantitativa), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), fósforo total, nitratos y sólidos suspendidos totales (Aguirre, et al., 2016).

Para calcular el índice se puede utilizar una suma lineal ponderada de los subíndices (ICA).

Esta ecuación se expresa matemáticamente de la siguiente manera:

$$ICA = \sum_{i=1}^9 (I_i * W_i)$$

Dónde:

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

I_i: Valor determinado del cada parámetro

Tabla 1- 1. Pesos relativos para cada parámetro del ICA NSF

I	ii	Wi
1	Coliformes Fecales	0,15
2	pH	0,12
3	DBO5	0,10
4	Nitratos	0,10
5	Fosfatos	0,10
6	Temperatura	0,10
7	Turbidez	0,08
8	Sólidos disueltos Totales	0,08
9	Oxígeno Disuelto (%)	0,17

Realizado por: Priscila Bustamante & Alexander Angulo, 2018.

Fuente: SNET, (2004)

1.7.1 Estimación del índice de calidad de agua general ICA

El ICA en condiciones óptimas adopta un valor máximo de 100, y que va disminuyendo a medida que va aumento la contaminación del curso de agua (SNET, 2004). Luego al cálculo el índice de calidad de agua de tipo “General” se clasifica la calidad del agua con base a la siguiente tabla:

Tabla 1- 2. Clasificación del ICA

Valor de calidad	Calidad de agua	USO: Consumo humano
91-100	Excelente	No requiere purificación
90	Buena	Ligera purificación
51-70	Regular	Consumo dudoso sin purificación
26-50	Mala	Tratamiento potabilizador
0-25	Pésima	Dudosa para consumo

Realizado por: Priscila Bustamante & Alexander Angulo, 2018

Fuente: Brown, (1970)

1.7.1.1 ICA como herramienta de evaluación de calidad de agua

a. Ventajas

- Consienten mostrar la variación espacial y temporal de la calidad del agua.
- Método simple, conciso y válido para expresar la importancia de los datos generados regularmente en el laboratorio.

- Útiles en la evaluación de la calidad del agua para usos generales.
- Permiten a los usuarios una fácil interpretación de los datos.
- Pueden identificar tendencias de la calidad del agua y áreas problemáticas.
- Permiten priorizar para evaluaciones de calidad del agua más detalladas.
- Mejoran la comunicación con el público y aumentan su conciencia sobre las condiciones de calidad del agua.
- Ayudan en la definición de prioridades con fines de gestión.

b. Limitaciones

- Proporcionan un resumen de los datos.
- No proporcionan información completa sobre la calidad del agua.
- No pueden evaluar todos los riesgos presentes en el agua.
- Pueden ser subjetivos y sesgados en su formulación.
- No son de aplicación universal debido a las diferentes condiciones ambientales que presentan las cuencas de una región a otra.
- Se basan en generalizaciones conceptuales que no son de aplicación universal.
- Algunos científicos y estadísticos tienden a rechazar y criticar su metodología, lo que afecta la credibilidad de los ICA como una herramienta para la gestión (Torres, et al., 2009).

1.8 Índice Biológico Andino (ABI)

El Índice Biológico Andino (ABI), es utilizado para evaluar la calidad del agua, en la zona alto andina (>2000 m.s.n.m.), (Acosta, et al., 2009). El ABI interpreta de mejor forma a las comunidades de macro invertebrados presentes en los sistemas acuícolas de los páramos de América del Sur (Roldán, 2003); por lo que se convierte en un método sencillo, de poca inversión económica y se lo desarrolla en un corto tiempo. Este índice relaciona la presencia o ausencia de grupos de organismos identificados hasta el nivel taxonómico de familia y su nivel de tolerancia a la contaminación hídrica. Permite determinar una escala de valores para la comunidad en estudio y resume los puntajes en categorías de calidad ambiental basadas en información regional de tipo

fisicoquímica. Debe tenerse en cuenta variaciones de tipo ecológico para definir las familias predominantes de la comunidad y sus niveles de sensibilidad al ICA (Roldán, 2003).

Tabla 1- 3. Significado de los valores del Índice Biológico Andino (A.B.I.)

VALOR	CALIDAD	COLOR
>74	MUY BUENO	
45 – 74	BUENO	
27 – 44	REGULAR	
< 27	MALA	

Realizado por: Priscila Bustamante & Alexander Angulo, 2018

Fuente: Acosta, et al., (2009)

1.8.1 Índice BMWP/Col

El índice Biological Monitoring Water Party (BMWP/Col), es el resultado de la adaptación y modificación del BMWP, para Colombia. Toma en cuenta la presencia y dominancia de los tipos de macroinvertebrados acuáticos. Los valores de sensibilidad por familia van de 1 a 10 y la calidad del agua está dentro del rango de muy crítica hasta buena (Roldán, 2003).

Tabla 1-4. Valores de referencia del índice BMWP/Col

CLASE	CALIDAD	BMWP/Col	SIGNIFICADO	COLOR
I	Buena	> 150 101 - 120	Aguas muy limpias, no contaminadas o poco alteradas	Azul
II	Aceptable	61 - 100	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
III	Dudosa	36 - 60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Crítica	16 - 35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy Crítica	> 15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Realizado por: Priscila Bustamante & Alexander Angulo, 2018

Fuente: Carrera & Fierro, (2001)

1.8.2 Índices de diversidad de Simpson (IDS)

Manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes (Marrugan, 1988).

$$D = \frac{\sum_{i=1}^S n_i (n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Dónde:

D = Índice de Simpson

S = Número de especies

n_i = Número total de individuos presentes, i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i)

N = Número de individuos por especie

1.8.3 Índice de Diversidad de Shannon

Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Moreno, 2001). Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo # de individuos (Marrugan, 1988).

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

Dónde:

H' = Índice de Shannon

S = Número de especies

p_i = proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i)

1.8.4 Índice de Sorensen

El índice de Sorensen es el más utilizado para el análisis de comunidades y permite comparar dos comunidades mediante la presencia/ausencia de especies en cada una de ellas. Los datos utilizados en este índice son de tipo cualitativos, de todos los coeficientes con datos cualitativos, el índice de Sorensen es el más satisfactorio (Gutiérrez & Morales, 2016).

$$IS = \frac{2c}{a + b}$$

IS = Índice de Sorensen

a = número de especies presentes exclusivamente en la localidad a

b = número de especies presentes exclusivamente en la localidad b

c = número de especies comunes en ambas localidades

1.9 Cuencas hidrográficas

Las cuencas hidrográficas son espacios territoriales delimitados por la propia naturaleza y donde el agua que proviene de las montañas o del deshielo, descienda por la depresión hasta llegar al mar. En estos territorios existe una interrelación e interdependencia espacial y temporal entre el medio biofísico (suelo, ecosistemas acuáticos y terrestres, cultivos, agua, biodiversidad, estructura geomorfológica y geológica), los modos de apropiación (tecnología y/o mercados) y las instituciones (organización social, cultura, reglas y/o leyes) (Pérez & Quisphi, 2016).

Físicamente, representa una fuente natural de captación y concentración de agua superficial y subterránea. Al mismo tiempo, tanto la cuenca como, sobre todo, el agua captada por ella, es una fuente de vida para el hombre. Pero también es origen de riesgo cuando ocurren fenómenos naturales extremos o se producen alteraciones por contaminación (Breña, 2006).

Las cuencas hidrográficas permiten entender espacialmente el ciclo hidrológico, así como también los recursos naturales y la infraestructura creada por el hombre en las cuales desarrollan sus actividades económicas que afectan positiva o negativamente la calidad y cantidad del agua, la capacidad de adaptación de los ecosistemas y la calidad de vida de sus habitantes (Ordoñez, 2011).

1.9.1 Elementos de una cuenca hidrográfica

Una cuenca hidrográfica posee los siguientes elementos (Gálvez, 2012):

- **Línea divisoria de agua:** es una línea imaginaria que delimita la cuenca hidrográfica. Una divisoria de aguas marca el límite entre una cuenca hidrográfica y las cuencas vecinas. El agua precipitada a cada lado de la divisoria desemboca generalmente en ríos distintos. Otro término utilizado para esta línea se denomina parteaguas.
- **Tributarios:** curso de agua secundario o llamado tributario, que desemboca en otro río más importante con el cual se une en un lugar llamado confluencia. En principio, de dos ríos que se unen es considerado como afluente el de menor importancia (por su caudal, su longitud o la superficie de su cuenca).
- **Cauce principal:** El cauce (río) principal suele ser definido como el curso con mayor caudal de agua (medio o máximo) o bien con mayor longitud. Tanto el concepto de río principal como el nacimiento del río son arbitrarios.

Sin embargo, la mayoría de cuencas de drenaje presentan un río principal bien definido desde la desembocadura hasta cerca de la divisoria de aguas. El río principal tiene un curso, que es la distancia entre su nacimiento y su desembocadura.

1.9.2 Funciones de la cuenca

Los procesos de los ecosistemas que describen el intercambio de materia y flujo de energía a través de la vinculación de los elementos estructurales del ecosistema pueden ser vistos como un sistema: Dentro de la cuenca, se tienen los componentes hidrológicos, ecológicos, ambientales y socioeconómicos (Aguirre, 2007).

1.9.2.1 Función hidrológica

- Captación de agua de las diferentes fuentes de precipitación para formar el escurrimiento de manantiales, ríos y arroyos.
- Almacenamiento del agua en sus diferentes formas y tiempos de duración.
- Descarga del agua como escurrimiento (Aguirre, 2007).

1.9.2.2 Función ecológica

- Provee diversidad de sitios y rutas a lo largo de la cual se llevan a cabo interacciones entre las características de calidad física y química del agua.
- Proporciona el hábitat para la flora y fauna que constituyen los elementos biológicos del ecosistema y sus interacciones entre los seres bióticos y abióticos (Aguirre, 2007).

1.9.2.3 Función ambiental

- Constituyen sumideros de CO₂.
- Alberga bancos de germoplasma.
- Regula la recarga hídrica y los ciclos biogeoquímicos.
- Conserva la biodiversidad.
- Mantiene la integridad y la diversidad de los suelos (Aguirre, 2007).

1.9.2.4 Función socioeconómica

- Suministra recursos naturales para el desarrollo de actividades productivas que dan sustento a la población.
- Provee espacio para el desarrollo social y cultural de la sociedad (Aguirre, 2007).

1.9.3 Microcuenca del río Chimborazo (MCRCh)

La MCRCh, que es parte de la cuenca del Pastaza, tiene una superficie total de 12491 hectáreas, enmarcadas dentro de un rango altitudinal que va desde los 3200 hasta los 6300 m.s.n.m., y donde se asientan más de veinte comunidades, cuya actividad principal es la agricultura y de la cual se puede evidenciar un abuso excesivo de insumos químicos que posteriormente se acumulan en el suelo.

Otra de las actividades en el sector es la quema del pajonal, el sobre pastoreo para la ganadería y la extracción de turba; todas estas acciones conllevan al incremento desmesurado de la frontera agropecuaria, hacia las zonas de páramo lo cual provocando una reducción de este tipo de ecosistema que es de vital importancia para la regulación del recurso hídrico (Toledo, 2015).

Dichas prácticas de manejo, justificadas en nombre del ingreso económico de las familias, son un reflejo de que la cultura ancestral se ha ido subvalorando, principalmente porque los pobladores aparentemente no tienen otra alternativa de subsistencia. Varios agricultores han abandonado prácticas tradicionales o ancestrales de manejo que aparentemente fueron más amigables con el ambiente (Toledo, 2015).

1.9.4 Microcuenca del río Payamino (MCRPy)

La MCRPy, que nace en las faldas del volcán Sumaco tiene una longitud de 82 km, de los cuales un 70% se encuentra dentro de concesiones de exploración y explotación petrolera. Bloque 17, lastimosamente esta actividad trae consigo impactos ambientales letales como la contaminación del agua, aire y suelo, afectando de sobremanera a la fauna y flora del lugar. Estos problemas ambientales en su mayoría son irreversibles dañando completamente el equilibrio ecosistémico y la calidad de vida de la población de la zona de influencia (PDOT, 2015).

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1 Zona de estudio

En el desarrollo de nuestra investigación se identificó dos sistemas fluviales, con mucha importancia en nuestra región. El primero ubicado en la zona alto andina y que corresponde a la MCRCh y un segundo sistema fluvial situado en la región tropical y que corresponde a la MCRPy; con la finalidad de evaluar la diversidad y abundancia de macroinvertebrados bentónicos, como

indicadores de calidad del agua en estos ecosistemas.

2.1.1 Materiales y equipos

- Botas de caucho.
- Guantes de látex.
- Frascos Plástico de 100 cc, de boca ancha, con tapa de rosca y material inoxidable.
- Fundas de plástico ziploc. En muchos casos pueden reemplazar los frascos.
- Pinzas entomológicas.
- Bandeja de fondo blanco.
- Red Surber, de 30 X 30 cm, con un ojo de malla de 0,5 a 1 milímetro.
- Fichas de papel resistente al agua, para elaboración de matriz de registro de información.
- Libreta para campo.
- Alcohol al 70 %.
- Botellas Color ámbar.
- Un cooler.
- Tablero y lápiz.
- Cajas Petri
- Computadora
- Software ArcMap 10.2.2.
- Microscopio estereoscópico CZM6.

2.2 Tipo y diseño de la investigación

El tipo de estudio de la investigación es: aplicada, de campo, de laboratorio, cualitativa, cuantitativa, correlacional, documental e histórica.

- Por el nivel de profundidad - Solución de problemas.
- Por la aplicación del conocimiento - Aplicativo.
- Por la secuencia de estudio - transversal.

- Por el tipo de datos a analizar - Descriptivo - cualitativo.
- Por las condiciones de estudio - Laboratorio y Campo.
- Por la rigurosidad del método implementado - Tecnológico.

2.3 Unidad de análisis

La unidad de análisis del proyecto de titulación tiene como objetivo determinar la composición y abundancia, considerando la espacialidad cartográfica, para determinar la prevalencia de las comunidades de macro invertebrados acuáticos de la MCRCh y MCRPy.

2.4 Población de estudio

Las microcuencas del río Chimborazo y Payamino, en donde existen múltiples comunidades de macro invertebrados bentónicos, por lo tanto, el problema representa la calidad del agua del ecosistema fluvial correspondiente al ecosistema páramo y bosque húmedo tropical.

2.5 Tamaño de muestra

Se estableció una red de puntos, considerando el tamaño de la muestra, la longitud de los ríos evitando eliminar el efecto de borde con la interacción antrópica y después de una red o nivel de tributario o convergencia de un aportante. También se consideró características similares como flujo laminar o turbulento, tipo de sustrato o material de arrastre, para los dos sistemas fluviales en donde ubicados en la provincia de Chimborazo y Orellana.

$$n = \frac{N}{e^2N - 1 + 1}$$

n = Tamaño de la muestra

N = Tamaño de la población (longitud del río km)

e = Error admisible (0.25)

2.6 Selección de los puntos de muestreo

Para seleccionar los puntos adecuadamente en los dos sistemas fluviales fue necesario considerar varios aspectos como: localización, ubicación geográfica, condiciones climáticas y usos de suelo. Para ubicar los puntos de muestreo nos ayudamos de la herramienta ArcGis 10.x; la misma que sirvió para construir los mapas de ubicación de las dos microcuencas y la georreferenciación del cauce principal, donde se ubicaron los puntos de monitoreo teóricos. Ya en campo se utilizó un GPS (proyección WGS84), para proceder a ubicar los puntos definitivos de monitoreo.

2.7 Técnicas de recolección de datos

El muestreo de los dos sistemas fluviales se realizó, tomando en cuenta los puntos representativos de monitoreo y en un periodo de cuatro meses. Se recolectaron muestras para análisis físico-químicos, microbiológicos e identificación de macroinvertebrados acuáticos.

2.8 Caracterización físico-química y microbiológica

Para determinar los parámetros físico-químicos fue necesario recolectar 1 litro de agua en cada punto de los ríos. La recolección de las muestras se lo realizó mediante un muestreo puntual en cada uno de los puntos una vez cada fin de mes (junio a septiembre). Las muestras de agua fueron colocadas en botellas plásticas con cierre hermético.

Cada recipiente fue previamente lavado y esterilizado con agua del sector, tratando de que las muestras sean lo más representativas. Para la recolección de la muestra de agua las botellas de plástico fueron sumergidas contracorriente y en dirección a la superficie (Déley & Santillán, 2016).

La muestra de agua destinada para el análisis microbiológico se lo recolecto en un frasco estéril de plástico de 150 ml, la misma que fue tomada del cauce principal, evitando la parte superficial. El traslado de las muestras se lo realizó en un cooler previamente aclimatado con hielo, para evitar variación en los resultados hasta su llegada al laboratorio. Los análisis físico-químicos y microbiológicos se realizaron en el laboratorio de servicios ambientales de la UNACH; los

parámetros analizados fueron: Nitratos, Fosfatos, Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días), Coliformes Fecales y Turbidez.

2.9 Análisis de parámetros físico-químicos in situ

Para la medición de parámetros físico-químicos como: Temperatura, pH, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto (OD), se utilizó el equipo multiparámetro HACH.

Procedimiento:

- Encendido y calibración del equipo multiparámetro HACH.
- Colocación del electrodo y la sonda de medición.
- Tomar la muestra de agua del río en el envase y colocar el electrodo y la sonda.
- Presionar el botón de medir, dejar que se estabilice y registrar el valor de la lectura de temperatura, conductividad eléctrica, pH y oxígeno disuelto.



Figura 2- 4. Determinación de pH in situ.
Realizado por: Priscila Bustamante & Alexander Angulo, 2018.



Figura 2- 5. Determinación de oxígeno disuelto in-situ
Realizado por: Priscila Bustamante & Alexander Angulo, 2018.

2.10 Recolección y muestreo de macro invertebrados

La determinación de los puntos de muestreo se lo realizo en el aportante principal de las dos microcuencas, tomando en cuenta diferentes aspectos, como altitud, cercanía a centros poblados, los cuales puedan influir en la calidad del agua, vías de acceso, vegetación ribereña y uso actual del suelo (Déley & Santillán, 2016).

Para el muestreo de MIB, se seleccionó un tramo del río lo más representativo posible, evitando sitios que hayan sido alterados por algún tipo de perturbación antrópica o natural. Se trató que en cada punto existiese la mayor diversidad de hábitats posibles, y que la muestra sea representativa del lugar de monitoreo. Estas condiciones favorecen a una alta fiabilidad de los datos en el tramo seleccionado.

Para la captura de los especímenes se utilizó una red-D de 32 cm de ancho y 22 cm de profundidad, con luz de malla de 500 μm . La recolección se realizó sumergiendo la red en diferentes sitios y removiendo diferentes sustratos acuáticos.

Una vez obtenida la muestra se colocó en una bandeja blanca y con la ayuda de una pinza se procedió a separar ramas, hojarasca y rocas, con la finalidad de evitar algún tipo de afectación a los especímenes al momento de su traslado al laboratorio.

Los especímenes capturados fueron preservados en una solución de formol al 5% y transportados en envases plásticos debidamente rotulados, hasta el laboratorio para su correspondiente identificación (Déley & Santillán, 2016).



Figura 2- 6. Recolección de muestras de macros
Realizado por: Priscila Bustamante & Alexander Angulo, 2018.



Figura 2- 7. Recolección de muestras de macros
Realizado por: Priscila Bustamante & Alexander Angulo, 2018.

2.10.1 Análisis de muestras en laboratorio

La muestra de MIB, preservada es colocada en un tamiz artesanal de tela fina de nylon; esto con la finalidad de filtrar y colocar en una bandeja blanca, para facilitar la detección de los individuos presentes. Para el caso de aquellos organismos pequeños se utilizó una lupa, lo que facilito su detección (Déley & Santillán, 2016).



Figura 2- 8. Filtrado de las muestras de agua
Realizado por: Priscila Bustamante & Alexander Angulo, 2018.



Figura 2- 9. Obtención de muestra
Realizado por: Priscila Bustamante & Alexander Angulo, 2018.

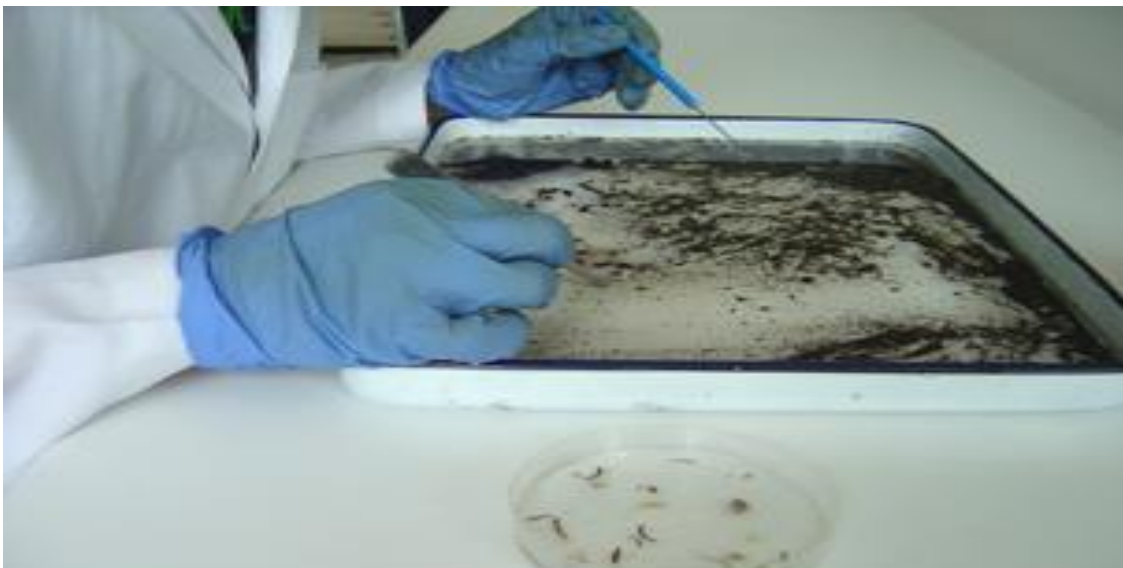
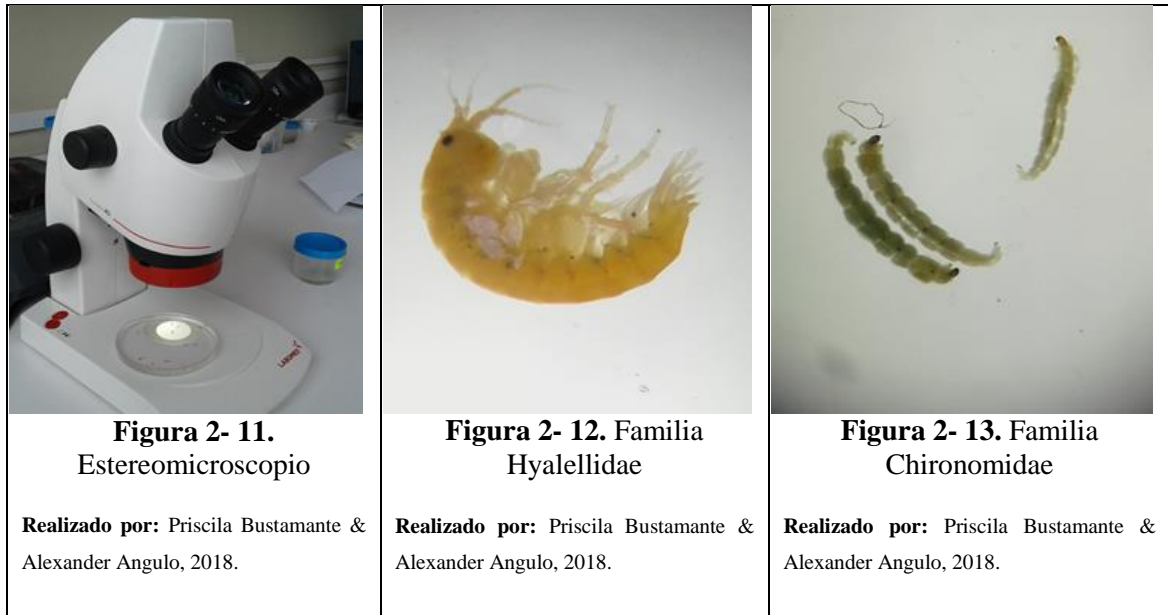


Figura 2- 10. Separación de muestras
Realizado por: Priscila Bustamante & Alexander Angulo, 2018.

2.10.1.1 *Identificación*

Una vez separados los macroinvertebrados acuáticos, son colocados en una caja Petri con alcohol al 85-90%. Para la identificación nos ayudamos de un microscopio estereoscópico CZM6 y libros como: “Manual de identificación de macroinvertebrados bentónicos de las microcuencas Jubal, Ozogoche y Zula, Parque Nacional Sangay – Ecuador” (Déley & Santillán, 2016); Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia” (Roldán, 2003).



2.10.1.2 Registro

En el formulario de registro se colocó el número total de individuos de cada grupo junto con las observaciones realizadas al momento del muestreo. Estos valores posteriormente fueron registrados en una base de datos electrónica para efectuar los respectivos análisis y cálculos requeridos de acuerdo a los objetivos planteados en la presente investigación.

2.11 Determinación de la calidad del agua

2.11.1 Índice biológico andino (ABI)

Este índice relaciona el grado de sensibilidad que tienen las diferentes familias de macroinvertebrados a los contaminantes (Anexo 1-a). Determinando la presencia de los diferentes grupos de macroinvertebrados, y no el número de individuos (Abundancia); el cálculo del índice se adiciona las puntuaciones parciales que obtienen de la presencia de cada familia de macroinvertebrados, para obtener la puntuación global del punto de muestreo. Se debe tener un registro por cada área de muestreo (Carrera & Fierro, 2001).

2.11.2 Índice biológico BMWP/Col

Para establecer el índice BMWP/Col, se sumó el total de individuos de una muestra y se asigna un valor de acuerdo a sensibilidad, la misma que va de 1 a 10 (Anexo 1-b). Este índice establece un rango de calidad desde muy crítica hasta buena teniendo como valor máximo un puntaje mayor a 150 y como mínimo un puntaje menor a 15 (Roldán, 2003).

2.12 Índices de diversidad biológica

Para determinar la diversidad biológica de los macroinvertebrados se utilizaron índices. Para los análisis cuantitativos y cualitativos de los datos; se calcularon las siguientes variables relativas: dominancia de Simpson, equidad de Shannon-Wiener y similitud de Sorensen, utilizado para comparar la similitud entre dos comunidades (Cottam & Curtis, 1956).

2.12.1 Índice de diversidad de Simpson (IDS)

Es la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes (Marrugan, 1988).

$$D = \frac{\sum_{i=1}^S n_i (n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Dónde:

D = Índice de Simpson

S = Número de especies

n_i = Número total de individuos presentes, i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i)

N = Número de individuos por especie

Los valores están dentro de 0,1 y 1, valores inferiores a 0,5 se consideran bajos en diversidad y superiores a 0,7 son altos en diversidad de especies. Es importante mencionar que los ecosistemas

con mayores valores son los arrecifes de coral, y los menores se encuentran en las zonas desérticas.

2.12.2 *Índice de Diversidad de Shannon*

La similaridad de los valores de importancia de todas las especies de la muestra, el cual evalúa el promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Moreno, 2001). Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra (Marrugan, 1988).

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

Dónde:

H' = Índice de Shannon

S = Número de especies

p_i = proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i).

2.12.3 *Índice de diversidad de Sorensen*

El índice de Sorensen es el más utilizado para el análisis de comunidades ya que permite comparar entre las dos mediante la presencia/ausencia de especies (Gutiérrez & Morales, 2016).

$$IS = \frac{2c}{a + b}$$

IS = Índice de Sorensen

a = número de especies presentes exclusivamente en la localidad a

b = número de especies presentes exclusivamente en la localidad b

c = número de especies comunes en ambas localidades

2.13 Análisis de datos mediante el software SPSS

2.13.1 Análisis de normalidad y varianzas (ANOVA)

Se utiliza este método de análisis estadístico para conocer si existe diferencias significativas en la acumulación de los diferentes individuos con respecto a las estaciones o puntos de monitoreo.

2.13.2 Análisis factorial

Es el método estadístico de reducción de datos, donde a partir de un conjunto grande de variables se puede encontrar grupos homogéneos, los cuales están formados por variables que se correlacionan. La finalidad de este método es encontrar un número mínimo de variables que expliquen gran parte de la información.

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

3.1 Microcuenca del río Chimborazo

La MCRCh, está ubicada al noreste de la provincia de Chimborazo, en el cantón Riobamba, parroquia San Juan. Su afluente principal nace de los deshielos del nevado Chimborazo, y en su recorrido atraviesa la parroquia San Juan, hasta unirse con el río Sicalpa, justo a la altura de la fábrica de cemento UCEM. Aguas abajo alcanza la ciudad de Riobamba y adquiere el nombre de río Chibunga, que continuando con su recorrido; surte el cauce principal del río Chambo perteneciente a la cuenca hidrográfica del río Pastaza, que desemboca en los afluentes del río Amazonas (Mapa 1-4), (PDOT, 2015). Los principales productos que se cultivan son: papas, habas y pastos, seguido de otros cultivos de granos y cereales como: maíz, quinua, avena, trigo, centeno y hortalizas. Los pastizales son destinados para la producción pecuaria de especies bovinas, especialmente ganado lechero.

Para el desarrollo de estas actividades el uso de agua es fundamental por lo que los comuneros han diseñado sistemas de riego por gravedad y riego bajo aspersión como alternativa de optimización de este recurso (PDOT, 2015). El uso de insumos químicos como alternativa para combatir las plagas y enfermedades de los cultivos aledaños a la MCRCh, son arrastrados por el agua lluvia hacia el cauce principal, ocasionado un deterioro del estado actual en la calidad del agua. A esto se suma la contaminación por desechos sólidos, lo cual es un hecho lamentable que a simple vista se evidencia a lo largo de su cauce principal.

3.1.1 Puntos de monitoreo

El monitoreo se da como una necesidad de realizar un seguimiento, verificación y evaluación de la calidad del agua de la MCRCh, tomando en cuenta variables físico-químicas, biológicas y microbiológicas que nos permitieron conocer las tendencias o cambios en el sistema fluvial. De ahí que se consideró varios criterios para establecer los puntos a monitorear, los mismos que sirvieron de referente para conocer su estado actual y de acuerdo a los resultados obtenidos, se tomaron diferentes medidas pertinentes de conservación y recuperación.

Tabla 3- 5. Puntos de monitoreo, microcuenca del río Chimborazo

Punto de monitoreo	Código	COOR_X	COOR_Y	Altitud (m.s.n.m.)
Quebrada Totorillas	P1QT	740170,00	9831454,00	3952
Loma Yanarrumi	P2LY	744077,00	9828294,00	3520
Calera San Francisco	P3CSF	745637,00	9820647,00	3228
Puente UCEM	P4PU	749649,00	9816544,00	3027

Realizado por: Priscila Bustamante & Alexander Angulo, 2018.

3.1.1.1 Descripción de los puntos de monitoreo

Punto 1 (P1QT)

Este punto de monitoreo se encuentra ubicado en el sector conocido como Quebrada Totorillas, entre las coordenadas UTM: 740170,00 E y 9831454,00 N, a una altitud de 3952 m.s.n.m. (Mapa 1-4). El punto está ubicado dentro de la reserva de producción faunística Chimborazo, de ahí que la influencia de la actividad antropogénica es a pequeña escala, donde sus principales actividades son el pastoreo de ovinos y la crianza de ganado bravo.

Punto 2 (P2LY)

El punto 2 ubicado en el sector conocido como Loma Yanarrumi, entre las coordenadas UTM: 744077,00 E y 9828294,00 N, a una altitud de 3520 m.s.n.m., (Mapa 1-4). En este punto el cauce principal recibe el aporte de 3 vertientes subterráneas, lo que hace que el río se recupere parcialmente. Las actividades que realizan en este sector son principalmente de tipo agrícola y pecuaria, producto de la fuerte presión que ha ejercido el ser humano sobre los páramos.

Punto 3 (P3CSF)

El punto 3 ubicado en el sector conocido como calera San Francisco, entre las coordenadas UTM:

745637,00 E y 9820647,00 N, a una altitud de 3228 m.s.n.m., (Mapa 1-4). Esta zona está influenciada por asentamientos humanos de la parroquia de San Juan, lo que genera vertientes de aguas residuales y domésticas que desembocan en el cauce principal ocasionando una fuerte contaminación. Además, es evidente observar un creciente aumento de las actividades principalmente como: agricultura, ganadería y plantaciones forestales.

Punto 4 (P4PU)

Se encuentra ubicado en el sector conocido como puente cemento Chimborazo, entre las coordenadas UTM: 749649,00 E y 9816544,00 N, a una altitud de 3027 m.s.n.m., (Mapa 1-4), antes de unirse con el río Sicalpa. En esta zona al igual que la anterior está influenciada por los asentamientos humanos, donde sus principales actividades son la agricultura y ganadería. Estas actividades son las más significativas del medio rural ya que se enmarcan dentro de un contexto exploratorio donde trazan distintas alternativas que les permiten a estas personas escapar de la pobreza en un mundo cambiante.

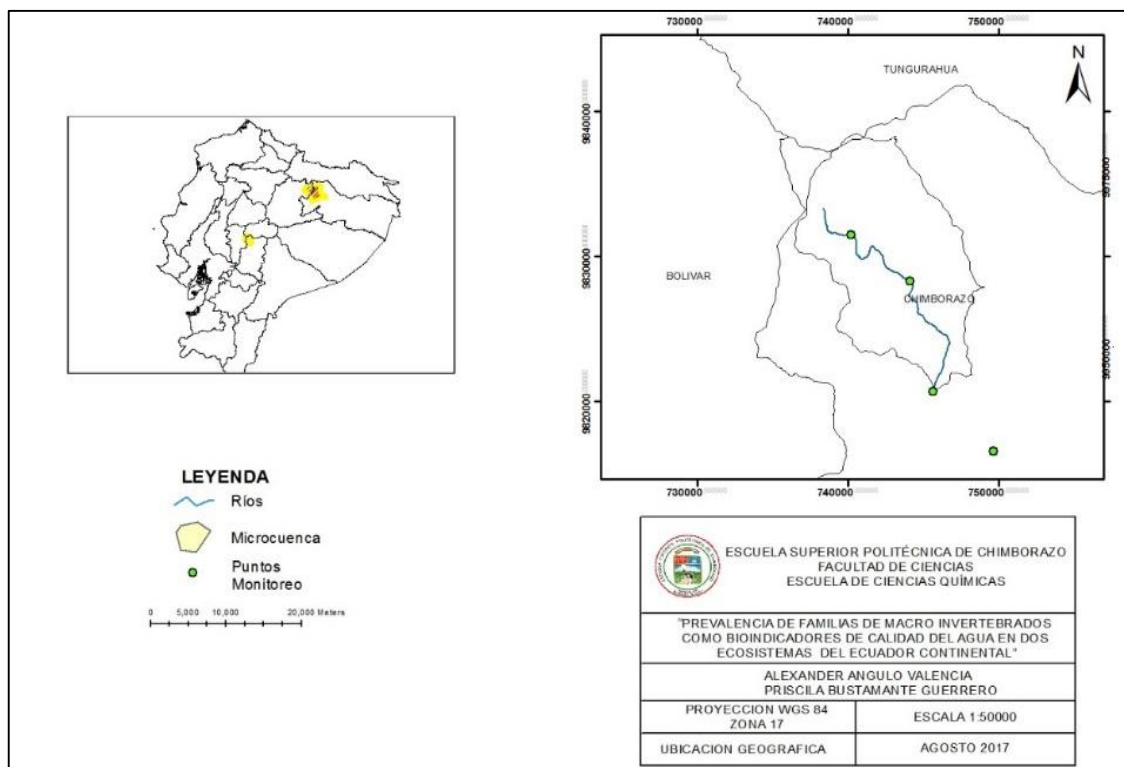


Figura 3- 14. Puntos de monitoreo de la microcuenca del río Chimborazo
Realizado por: Priscila Bustamante & Alexander Angulo, 2018.

3.2 Microcuenca del río Payamino

El río Payamino, se origina al oriente del volcán Sumaco, es el producto del aporte de varios ríos tributarios, entre los que destacan están: Punino, Biguno, Huachito y Acorano (Mapa 2-4). Sus aguas son utilizadas en actividades domésticas, paseos y recreación. También cabe indicar que en la temporada seca en sus orillas se forman playas que son utilizadas por la gente del sector en actividades turísticas.

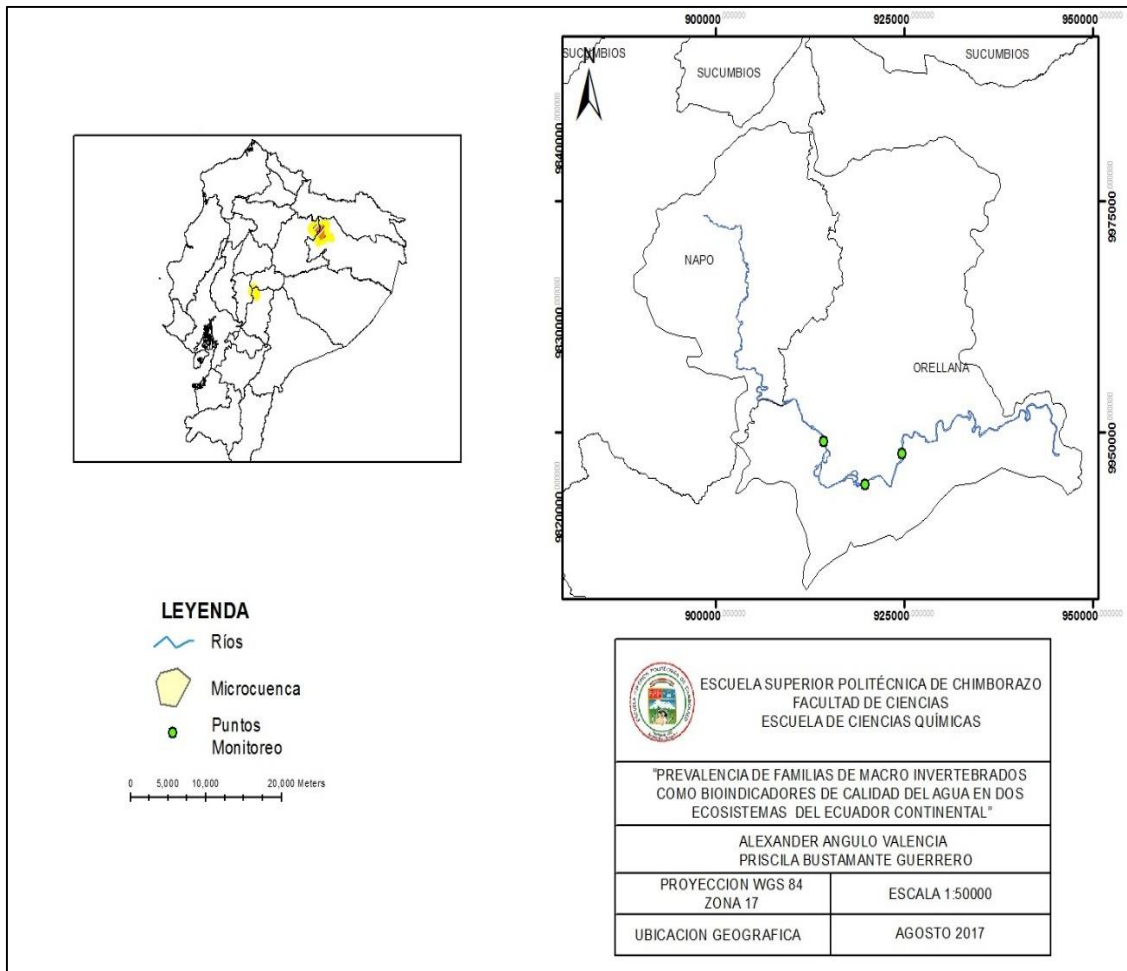


Figura 3- 15. Microcuenca del río Payamino
Realizado por: Priscila Bustamante & Alexander Angulo, 2018.

3.2.1 *Clima*

La temperatura promedio anual en el sector es de 16 a 26 °C. A través de isotermas que son líneas que unen puntos de igual temperatura, se pueden determinar zonas que tengan temperatura similar, clasificada en diferentes rangos (PDOT, 2015).

3.2.2 *Ecología*

La zona de vida que presenta el sector es un Bosque siempre verde de tierras bajas de la Amazonia Ecuatoriana, en donde la mayor parte del territorio suele ser utilizado para la siembra de yuca, plátano, maíz, café y cacao (Sierra, 1999).

3.2.3 *Biodiversidad*

3.2.3.1 *Flora*

La flora representativa de la zona es propia de la región Amazónica en el contorno del río Payamino, se evidencia el bosque nativo en donde encontramos una variedad de plantas que dan realce al paisaje entre las cuales están: Achiote (*Bixa orellana*); Ayahuasca (*Banisteriopsis caapi*); Amaruncaspi (*Cespedesia spathulata*) Chonta (*Bactris gasipaes*); Guarumo (*Cecropia sp.*); Guayusa (*Ilex Guayusa*); Ortiga (*Urtica sp.*); Papaya (*Carica papaya*); Paja toquilla (*Carludovica palmati*) Pambil (*Iriartea deltoidea*); Camacho (*Xanthosoma undipes*); Guadua (*Guadua angustifolia*); Morete (*Mauritia flexuosa*) Heliconia (*Heliconia latispatha*); Hoja de bijao (*Calathea lutea*), entre otras.

3.2.3.2 *Fauna*

Entre las especies más representativas tenemos: Guatusa (*Dasyprocta fuliginosa*); Huangana (*Tayassu pecari*); Pecari tajacu, Pecari de collar, Venado (*Mazama sp*); Guanta (*Agouti paca*), Capibara (*Hydrochoerus hydrochaeris*); Tapir amazónico (*Tapirus terrestres*); Mono

araña(*Ateles belzebuth*); Mono Chorongo (*Lagothrix lagotricha*); Oso hormiguero (*Myrmecophaga tridactyla*); Perezoso (*Bradypus variegatus*); Ardilla (*Sciurus sp*); Chichico (*Saguinus graellsi*); Bocachico (*Prochilodus nigricans*); Bagre (*Pimelodus altissimus*); Sábalo (*Bryconatro caudatus*); Pacos (*Piaractus brachypomus*); Guanchiche (*Hoplias microlepis*) Pirañá (*Serrasalmus sp*); Palometa (*Myleus sp*) y Cachama negra (*Colossoma macroponum*).

Tabla 3- 6. Puntos de monitoreo, microcuenca del río Payamino

Punto de monitoreo	Código	COOR_X	COOR_Y	Altitud (m.s.n.m)
San José Nuevo	P1SJN	914301.50	9948932.87	306
San Francisco	P2SF	919750.57	9944477.16	267
Sumaco	P3S	924744.76	9947658.02	265
Orellana	P4O	938235.46	9950821.85	254

Realizado por: Priscila Bustamante & Alexander Angulo, 2018.

3.2.4 Descripción de los puntos de monitoreo

Punto 1 (P1SJN)

Este punto de monitoreo se encuentra ubicado en el sector conocido como San José Nuevo, el punto está ubicado dentro de la comunidad del mismo nombre, el acceso es por vía terrestre en una carretera de tercer orden, la actividad principal de este sector es la agricultura de subsistencia y ganadería.

Punto 2 (P2SF)

El punto 2 ubicado en el sector conocido como San Francisco de Payamino, en el sector de Loreto, estos sectores están bajo amenaza de la incesante actividad de monitoreo para extracción de petróleo, la actividad principal en este sector es la agricultura, extracción de productos forestales no maderables y la extracción forestal sin la elaboración de planes de manejo y aprovechamiento de este recurso.

Punto 3 (P3S)

El punto 3 se puede acceder desde la cooperativa el Rocío, se accede por una vía de tercer orden, en estos sectores se están incrementando las explotaciones mineras de material pétreo, sin las medidas adecuadas, además se ha evidenciado un incremento de la actividad agrícola, con la implementación de Palma Africana y plantaciones forestales, existe una explotación desmedida del bosque nativo.

Punto 4 (P4O)

Este sector está muy intervenido, debido a la actividad antrópica, se accede por una vía de segundo orden, por la cooperativa Unión Imbabureña, en este lugar existe una actividad extractiva petrolera, hay presencia de piscinas de sedimentación de suelos contaminados con hidrocarburos, extracción de material pétreo y asentamientos humanos, lo cual representa una vulnerabilidad, aguas abajo por la posible contaminación ya que el afluente tiene una direccionalidad hacia la ciudad de Orellana.

3.3 Análisis de parámetros para evaluación de calidad de agua ICA

Se analizaron nueve parámetros indicadores estandarizados para implementar el análisis de calidad de agua ICA (Coello, et al., 2013), los resultados del análisis de laboratorio, fueron evaluados utilizando el software ICA-TEST V1.1., (Fernández, et al., 2004), la herramienta computacional es un programa que evalúa una gran cantidad de índices de calidad de agua, en nuestro estudio utilizamos la evaluación americana NSF, con 9 parámetros, la característica principal de este software es la de dar ponderaciones, establecidas bajo normativas internacionales y acordes a los indicadores evaluados, permite generar reportes y establecer rangos con características de calidad para cada parámetro.

3.3.1 Resultados físico-químicos y microbiológicos de la microcuenca del río Chimborazo

Los valores que se han establecido en laboratorio fueron sometidos a comparaciones, las variables utilizadas fueron valoradas con los límites permisibles (MAE, 2003); que establece condiciones

para evaluar la calidad de agua de acuerdo al contenido físico-químico de materiales y compuestos presentes en el agua.

Se ha establecido un análisis descriptivo de los promedios y la desviación estándar de los parámetros en cuatro puntos de monitoreo, en los meses de (junio-julio-agosto-septiembre), del presente año, manifestando la siguiente nomenclatura: P1 Quebrada Totorillas (**P1QT**); P2 Loma Yanarrumi (**P2LY**); P3 Calera San Francisco (**P3CSF**); y el P4 Puente UCEM (**P4PU**).

Los parámetros físico-químicos son fundamentales para este análisis se realizaron en el Laboratorio de Servicios Ambientales UNACH, mediante la metodología del libro Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (Federation & American., 2005)

Tabla 3- 7. Parámetros físicos-químicos y microbiológicos del río Chimborazo

Parámetros	U	P1QT				P2LY				P3CSF				P4PU				X̄	Limite Permissible	Referencia
		Jun	Jul	Ago	Sep	Jun	Jul	Ago	Sept	Jun	Jul	Ago	Sept	Jun	Jul	Ago	Sept			
pH	U	7.80	8.24	7.45	7.14	8.15	8.65	8.42	8.55	8.68	8.22	7.98	8.12	8.80	7.90	8.12	7.87	<u>8.13</u>	6.50–9.00	TULSMA
Turbidez	UNT	1.50	4.45	10.8	5.31	2.80	12.5	15.4	13.54	2.60	7.90	22.8	12.6	15.4	16.5	18.6	16.7	<u>11.21</u>		
Temperatura Ambiente	°C	15.2	15.2	13.8	14.7	12.5	16.8	15.5	14.43	16.4	18.4	18.7	18.1	20.6	19.2	20.2	20.0	<u>16.86</u>	Condiciones naturales +3	TULSMA
Temperatura Agua	°C	13.4	12.7	11.4	12.5	11.2	13.4	12.2	14.7	13.8	12.2	13.6	11.4	14.3	14.9	14.3	10.8	<u>12.93</u>	Condiciones naturales +3	TULSMA
Cambio temperatura	°C	2	3	2	2	1	3	3	2	3	6	5	4	6	4	6	3	<u>4</u>	10	TULSMA
Solidos Disueltos Totales	mg/L	142	118	98.5	119.5	240	384	180	320	273	238	234	204	346	379	345	312	<u>246</u>	400	TULSMA
Conductividad Eléctrica	µs/cm	184.8	122	145	150.6	320	380	285	297	418.5	410	320	345	436	425	380	324	<u>308.93</u>	No menor a 6 mg/L	TULSMA
Oxígeno Disuelto	mg/L	82	78	82	81	78	82	78	81	74	76	81	79	81	87	80	68.0	<u>79</u>	250	TULSMA
DBO5	mg/L	1.12	1.9	1.2	1.4	1.84	2.3	2.2	2.1	1.78	2.8	3	2.9	2.5	2.3	5	3.20	<u>2.35</u>	100	TULSMA
Fosfatos	mg/L	0.25	2.4	0.31	0.89	0.18	0.90	0.75	0.67	2.60	0.84	1.1	1.12	0.98	0.91	8.2	5.5	<u>1.65</u>	10	TULSMA
Nitratos	mg/L	1.12	1.8	0.22	1.1	1.26	2.8	1.42	1.65	1.08	2.45	2.8	2.2	1.98	1.72	3.02	2.07	<u>1.79</u>	1	TULSMA
Coliformes Fecales	UFC/100m L	30	35	25	30	180	140	380	243	220	360	300	240	380	390	500	450	<u>244</u>	600	INEN

Realizado por: Priscila Bustamante & Alexander Angulo, 2018.

Los valores: Subrayado corresponde a los promedios; **cursiva** representa a los valores máximos y la **negrita** representa a los valores mínimos

3.3.1.1 Potencial hidrógeno pH

La tabla 3-4, muestra el valor del pH medido en cada punto de monitoreo durante los meses de estudio. Al inicio de la medición (P1QT), tenemos un valor de 7,80, y a medida que descendemos, los valores se incrementan, debido a que, en los flancos de la MCRCh, se desarrollan actividades agrícolas y pecuarias que provocan una alteración en los iones de hidrógeno del agua. Un pH alto, reduce la cantidad de nutrientes, en especial, los micronutrientes como el Fe, lo cual dificulta utilizarlo como agua de riego por la alta concentración de sales (Sarabia, et al., 2011).

3.1.1.2 Turbidez (UNT)

La turbidez es una medida del grado, en la cual el agua pierde su transparencia, debido a la presencia de partículas en suspensión (Olivero, et al., 2013), La tabla 3-4, muestra los valores promedios de la turbidez a lo largo de MCRCh; en donde dichos resultados revelan una ligera variación en los resultados especialmente en los puntos P3CSF y P4PU. Esta variación se da debido a que dichas muestras fueron tomadas aguas abajo del centro poblado de la parroquia de San Juan; lo que hace notar, que existen varias descargas de aguas residuales producto de las actividades antropogénicas, ocasionando un impacto a este tipo de recursos (Olivero, et al., 2013).

3.1.1.3 Temperatura ambiente (°C)

La temperatura ambiente en la zona alto andina es muy variable y si a esto le sumamos la variación del rango altitudinal a la que se encuentra la MCRCh, podemos darnos cuenta que existen valores promedios que van desde 14,73 a 19,70 °C, (Alvarez, et al., 2006). La posibilidad de encontrar en la naturaleza, rangos de temperatura constante durante todo el año es muy escasa en este tipo de zonas; por lo que es importante mencionar que la temperatura mínima nocturna llega a registrar valores bajo cero a diferencia de la del día en donde el cielo está despejado, el sol es brillante e intenso lo que hace que el ambiente se caliente (Aguirre, 2011).

3.3.1.4 Temperatura del agua (°C)

Medir la temperatura del agua es fundamental, al momento de realizar este tipo de estudios, debido a que guarda una estrecha relación con la cantidad de oxígeno disuelto en el agua. Además

permiten tener una idea clara de los tipos de microorganismos que habitan en aguas frías propias de la región andina y son aquellos organismos que requieren más oxígeno para su supervivencia (Alvarez, et al., 2006).

La tabla 3-4, muestra el promedio de la variación de temperatura del agua en los distintos puntos de estudio de la MCRCh, estas variaciones no son muy altas debido a que la temperatura del ambiente influye mucho en la temperatura del río, el agua al tratarse de un líquido tarda mucho más tiempo en variar la temperatura con respecto al aire y es por este motivo que se tiene variación de temperatura (Alvarez, et al., 2006).

3.3.1.5 Sólidos Disueltos Totales (mg/l)

Los sólidos disueltos totales son la suma de los minerales, sales, metales, cationes o aniones disueltos en el agua. Estas partículas o sustancias en suspensión no se disuelven ni se asientan en el agua (Rubio, et al., 2014). En la tabla 3-4, muestra la concentración de los sólidos totales a lo largo de la MCRCh, en donde se puede apreciar que va incrementando a medida que el río desciende; esto se debe básicamente a que el río recibe aguas receptoras producto de la escorrentía agrícola y residencial.

3.3.1.6 Conductividad eléctrica ($\mu\text{s}/\text{cm}$)

La conductividad eléctrica del agua es una variable muy utilizada para determinar el contenido de sales disueltas y tiene la capacidad de una sustancia de conducir corriente eléctrica. El valor de la conductividad es directamente proporcional a la concentración de sólidos disueltos, por tanto a mayor concentración de sólidos, mayor será la conductividad (Rubio, et al., 2014).

Los valores registrados en los puntos de monitoreo de la MCRCh, para el parámetro de conductividad eléctrica, se muestran en la tabla 3-4, en donde se puede apreciar que el valor más bajo se presentó en el PIQT, durante el mes de julio ($122 \mu\text{s}/\text{cm}$) y el valor más alto lo registró el P4PU, durante el mes de junio con $436 \mu\text{s}/\text{cm}$.

Este incremento es producto de las actividades antrópicas que se desarrollan a los contornos de la MCRCh, así como los cambios en los usos de suelo, lo que causa gran impacto sobre las aguas del cauce principal del río afectando su calidad y cantidad.

3.3.1.7 *Oxígeno Disuelto (%)*

Este parámetro permite conocer la cantidad de oxígeno que esta disuelto en el agua. Su concentración es esencial para el desarrollo de la biota vegetal y animal; además su valor es un indicador de cuan contaminada o saludable está el agua (Rubio, et al., 2014). En la tabla 3-4 se muestra los valores de oxígeno disuelto (OD), registrados por punto de muestreo en la MCRCh, en donde el valor más bajo (68,0) y más alto (87,0) lo presenta el P4PU.

El OD adecuado es un indicador de una buena calidad de agua, pero hay que mencionar que uno de los principales factores que afecta estos valores es el constante incremento de los residuos orgánicos especialmente en la época seca. Es importante también mencionar que las aguas más cálidas son capaces de disolver menos cantidad de O₂; por lo que una descarga de agua caliente puede significar una disminución de este elemento, a niveles por debajo de los permisibles lo que disminuiría el desarrollo de algunas formas de vida.

3.3.1.8 *Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l)*

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO), es un parámetro usado para la determinación de los requerimientos de O₂ para la degradación bioquímica de la materia orgánica en las aguas de la MCRCh (Rubio, et al., 2014). Los valores que se muestran en la tabla 3-4, son el producto de un monitoreo periódico durante cuatro meses, a lo largo de la MCRCh. El menor valor de DBO, se presentó en P1QT con 1,12 mg/l y el más alto, en el P4PU con 5 mg/l. Altos valores registrados a lo largo del cauce del río, nos indican que el agua está contaminada mayoritariamente por restos orgánicos.

3.3.1.9 *Fosfatos (mg/l)*

Los fosfatos son compuestos formados por fósforo, elemento cuyo átomo se encuentra rodeado en una disposición de átomos de oxígeno. La concentración de fosforo en cada punto de muestreo (Tabla 3-4), se debe básicamente al uso desmedido de fertilizantes y abonos orgánicos en los cultivos que están distribuidos en los flancos de la MCRCh; los mismos que mediante el proceso de escorrentía y percolación son arrastrados hasta el cauce principal afectando su estado natural (Rubio, et al., 2014). También es importante mencionar que el fosforo es un componente habitual del agua, pero su presencia se incrementa a medida que el río atraviesa el centro poblado de San Juan (Rubio, et al., 2014).

3.3.1.10 Nitritos (mg/l)

Los nitritos son iones que existen de manera natural en el agua superficial y que forman parte del ciclo del nitrógeno, no tienen color ni sabor. Sin embargo en la MCRCh, las altas concentraciones se debe fundamentalmente a un excesivo uso de abonos nitrogenados y a su posterior arrastre por las aguas de lluvia o riego (Rubio, et al., 2014). Los nitritos son el producto tanto de las actividades naturales como antropogénicas. Esta última es el resultado de una agricultura intensiva o por el sobrepastoreo producto de los excrementos de los animales. Estos valores se entrelazan específicamente con el punto 3 por cuanto en sus alrededores se pudieron evidenciar el desarrollo de estas dos actividades (Rubio, et al., 2014).

3.3.1.11 Coliformes Fecales (UFC/100ml)

Los coliformes fecales son un grupo de bacterias que tienen la característica en común de ser indicadores de contaminación del agua. En la MCRCh podemos evidenciar que su presencia se incrementa a medida que el río desciende. El aumento de este tipo de microorganismos está relacionado con cambios dramáticos en el ambiente y en la población por procesos de urbanización no controlados (Rubio, et al., 2014). La variabilidad registrada para este parámetro por punto de monitoreo se puede observar en la tabla 3-3, en donde el valor más bajo lo registra el P1QT con 25 UFC y el valor más alto se evidencia en el P4PU con 500 UFC; el mismo que se encuentra al final del monitoreo. Con estos valores podemos darnos cuenta de cuán contaminada se encuentra la MCRCh, especialmente en el P4PU; por lo que utilizar estas aguas para consumo o riego se convierte en un riesgo sanitario latente para los seres humanos y animales que consumen este líquido vital (Rubio, et al., 2014).

3.3.2 Resultados físico-químicos y microbiológicos de la microcuenca del río Payamino

Se analizaron cuatro muestras, en diferentes puntos de monitoreo, las muestras de laboratorio fueron sometidas a comparaciones, las variables utilizadas fueron valoradas con los límites permisibles (MAE, 2003). Los parámetros físico-químicos se realizaron en el Laboratorio de Servicios Ambientales UNACH, mediante el método Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (Federation & American., 2005). Se estableció un análisis descriptivo de los promedios y desviación estándar de los cuatro puntos de monitoreo: P1 San José Nuevo (**P1SJN**); P2 San Francisco (**P2SF**); P3 Sumaco (**P3S**); y el P4 Orellana (**P4O**), en los meses de (junio-julio-agosto-septiembre), del presente año.

Tabla 3- 8. Parámetros físicos-químicos y microbiológicos del Río Payamino

Parámetros	U	P1SJN				P2SF				P3S				P4O				X̄	Limite Permissible	REF
		JUN	JUL	AGO	SEP	JUN	JUL	AGO	SEP	JUN	JUL	AGO	SEP	JUN	JUL	AGO	SEP			
pH	U	7.32	6.91	7.05	7.27	6.54	7.31	7.13	6.92	8.06	7.05	7.45	7.5	6.90	7.30	6.60	7.25	<u>7.16</u>	6.50–9.00	TULSMA
Turbidez	UNT	12.50	10.43	11.23	12.53	7.90	11.52	9.45	10.1	15.40	9.55	11.23	12.06	9.52	9.45	11.22	11.00	<u>10.94</u>		
Temperatura Ambiente	°C	22.10	22.11	21.02	22.70	23.50	20.46	22.46	22.45	25.20	22.25	23.13	23.86	23.23	21.70	22.80	22.65	<u>22.60</u>	Condiciones naturales +3	TULSMA
Temperatura del Agua	°C	18.9	18.1	19.6	19.52	21.7	19.6	19.1	20.49	23.5	20.4	22.1	21.1	17.2	18.0	19.4	20.0	<u>19.92</u>	Condiciones naturales +3	TULSMA
Cambio de temperatura	°C	3	4	1	3	2	1	3	2	2	2	1	3	6	4	3	3	<u>3</u>	10	
Solidos Disueltos Totales	mg/L	19.3	21.3	22.1	20.87	17.9	18.3	15.1	17.11	19.5	23.7	23.4	21.19	18.8	19.1	18.6	19.9	<u>19.76</u>	100	TULSMA
Conductividad Eléctrica	µs/cm	38.2	35.1	37.1	36.80	31.5	35.4	33.5	33.47	37.1	33.3	35.6	35.4	32.4	33.8	33.2	34.8	<u>34.79</u>	400	OMS
Oxígeno Disuelto	%	52	64	66	69	67	72	68	68	67	77	79	74	65	69	66	71	<u>60.73</u>	No menor a 6 mg/L	TULSMA
DBO5	mg/L	9.2	12.2	10.2	10.63	25.1	22.8	23.3	23.7	41.2	44.6	43.6	43.1	34.5	31.6	37.9	39.4	<u>28.31</u>	250	TULSMA
Fosfatos	mg/L	1.70	2.25	2.12	2.10	0.87	2.15	1.33	1.45	0.09	1.23	1.01	0.78	0.05	0.08	1.34	1.30	<u>1.24</u>	10	
Nitratos	mg/L	0.012	0.027	0.023	0.01	0.007	0.012	0.008	0.01	0.011	0.120	0.045	0.059	0.011	0.038	0.067	0.053	<u>0.03</u>	1	TULSMA
Coliformes Fecales	UFC/100mL	320	280	360	320	250	230	340	270	740	760	600	700	320	230	260	250	<u>389.38</u>	600	INEN

Realizado por: Priscila Bustamante & Alexander Angulo, 2018.

Los valores: Subrayado corresponde a los promedios; **cursiva** representa a los valores máximos y la **negrita** representa a los valores mínimos

3.3.2.1 *Potencial Hidrógeno (pH)*

El valor promedio de pH del agua en la MCRPy, es de 7,16 con un valor máximo en el mes de Junio en el punto de monitoreo P3S de 7,45; mientras que el valor mínimo se registró en el mes de junio en el P2SF con 6,54 (Tabla 4-4); Según el Reglamento de Calidad de Agua Potable N° 32327 de la Presidencia de la República y el Ministerio de Salud, el pH se encuentra en el primer nivel de control de calidad y se le establece un valor recomendado mínimo de 6,5 y un máximo admisible de 8,5 (Rodríguez, 2009).

3.3.2.2 *Turbidez (UNT)*

La turbidez es una medida del grado, en la cual el agua pierde su transparencia, debido a la presencia de partículas en suspensión (Olivero, et al., 2013). La tabla 4-4, muestra los valores promedios de la turbidez a lo largo de MCRPy; el valor máximo se encontró en el P3S, con 15,40, mientras que en el P2SF encontramos el valor mínimo de 7,90, esto se debe a que existen zonas en la cual hay aportantes principales en el P2SF que mejoran la coloración del agua. La presencia de aportantes naturales a lo largo del río mejoran significativamente la calidad del agua, ayudando a el estado de resiliencia de un cauce fluvial, mientras que el aumento de turbidez debido a descargas de aguas residuales producto de las actividades antropogénicas, incrementan los impactos adversos sobre este tipo de recursos (Marcó, et al., 2004).

3.3.2.3 *Temperatura ambiente (°C)*

La temperatura ambiente en la región tropical es casi estable por lo que la **MCRPy**, registró un valor máximo de 25,2°C en el P3S y un valor mínimo de 19,46 °C en el P2SF. El valor medio registrado en el área de estudio fue de 22,36 °C (Tabla 4-4); valores similares a los encontramos en sitios de latitudes bajas, en donde la temperatura oscila entre 18-25 °C (Alvarez, et al., 2006).

3.3.2.4 *Temperatura del agua (°C)*

La temperatura del agua en la amazonia por lo general es cálida, por encontrarse en la selva ecuatoriana. Hay que tener siempre en cuenta que la temperatura promedio en la época seca (mayo - octubre) oscila entre 30 °C a 37 °C y durante la época lluviosa (noviembre - abril), la temperatura

es de 28 °C a 33 °C. Esta última época la presencia de lluvias es fuerte y frecuente, acompañada de tormentas tropicales que incluso pueden durar varios días. Otra de las características de conocer la temperatura del agua es que nos permite tener una idea clara de los tipos de MIB que aquí habitan (Rodríguez, 2009). Los resultados de la temperatura media del agua en la MCRPy se observan en la tabla 4-4. Esta variación no es muy marcada debido a que la temperatura del ambiente influye en la temperatura del río; es así que el recurso hídrico al contener un gran volumen tarda mucho más tiempo en variar su T° (Rodríguez, 2009).

3.3.2.5 Sólidos Disueltos Totales (mg/l)

El valor más bajo de este parámetro, lo registra el P2SF con 15,1 mg/l y el valor máximo es de 23,4 mg/l en el P3S. La presencia de bajas temperaturas en el sector, se debe básicamente a los aportantes de agua; quienes a medida que van alimentando el cauce principal, van reduciendo la temperatura del flujo principal (Rubio, et al., 2014). La presencia de los sólidos totales a lo largo de la MCRPy, evidencia un incrementando a medida que el río desciende; esto se debe básicamente a que la MCRPy, en su inicio se alimenta de varios aportantes naturales que mejoran la calidad del agua; sin embargo, en el P3S, existe intervención antrópica lo que hace que los sólidos totales se incrementen.

3.3.2.6 Conductividad Eléctrica (µs/cm)

El valor de la conductividad es directamente proporcional a la concentración de sólidos disueltos, por tanto a mayor concentración de sólidos, mayor será la conductividad (Rubio, et al., 2014); es así que los valores máximos se han encontrado en los puntos P1SJM y P3S con 38,2 y 37,1 (µs/cm), en los meses de Junio y Julio respectivamente. El valor mínimo de 31,5 (µs/cm), lo registro el P2SF en el mes de junio. Los altos valores en este parámetro son producto de las actividades antrópicas y elementos acarreados por la escorrentía de la roca madre que compone este tipo de sectores; así como los cambios en los usos de suelo, lo que causa gran impacto sobre las aguas del cauce principal del río afectando su calidad y cantidad.

3.3.2.7 Oxígeno Disuelto (%)

El oxígeno disuelto (DO) es la cantidad de oxígeno que esta disuelta en el agua y que es esencial para el desarrollo de la vida acuática. En la tabla 4-4 se muestra los valores de oxígeno disuelto

(OD), de la MCRPy, por punto de muestreo, en la en donde el valor más bajo (6,5 mg/l) lo presenta el P1SJN, en el mes de junio, mientras que en el P3S, registró el valor máximo de 7,9 mg/l, en el mes de agosto; dando así un valor promedio del área de estudio de 7,05 mg/l; lo que da como resultado un agua de calidad media (Rubio, et al., 2014).

Un valor considerable de oxígeno disuelto en el agua es de 5,0 mg/l, lo que se convierte en una de las concentraciones más adecuadas para el buen desarrollo de la vida acuática. En la zona de estudio por ser una región cálida la concentración de oxígeno disminuye a medida que la temperatura se incrementa, lo que concuerda con los valores expuestos en la tabla 4-3, donde se observa que la temperatura del agua se incrementa a medida que descendemos por el cauce principal.

3.3.2.8 *Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l)*

Los resultados del análisis de la variable Demanda Bioquímica de Oxígeno en la MCRPy, se muestran en la tabla 4-4, donde el valor máximo es de 44,6 mg/l registrado en el mes de julio en el P3S; no obstante, el valor más bajo se ubicó en el P1SJN en el mes de junio con un valor de 9,2 mg/l y el valor promedio registrado en la zona de estudio es de 25,80 mg/l.

Los valores de DBO, registrados a lo largo del cauce del río, nos muestran un claro ejemplo de que la microcuenca acumulo gran cantidad de materia orgánica producto del acarreo de sedimentos en especial cuando existen crecidas fuertes producto de las altas precipitaciones que son características en la región amazónica (Rubio, et al., 2014).

3.3.2.9 *Fosfatos (mg/l)*

Los valores de fósforo encontrados en la MCRPy son concentraciones altas, especialmente en el P1SJN, donde su valor es de 2,25 mg/L para el mes de julio, mientras que el valor más bajo se encontró en el P3S en el mes de junio. Las altas concentraciones de este elemento se deben al uso de fertilizantes o abonos orgánicos utilizados en los cultivos y que por escorrentía o infiltración llegan hasta el cauce principal del río (Rubio, et al., 2014).

También hay que mencionar que el fósforo es un componente habitual del agua, que se presenta en mayor cantidad debido a las altas precipitaciones que existe en la zona alta de la microcuenca en especial en el primer aportante (Rubio, et al., 2014).

3.3.2.10 Nitritos (mg/l)

La concentración de nitritos reporto valores por debajo del límite máximo permisible; donde el valor mínimo (0,007 mg/l) se ubicó en el mes de junio en el punto P2SF y el valor más alto se registró en el P3S con 0,102 mg/l en el mes de agosto. Los resultados muestran un valor por debajo de la media para mala calidad de agua, el contenido de estos elementos resultan de la actividad antropogénica, pero el arrastre del material parental (Rubio, et al., 2014).

3.3.2.11 Coliformes Fecales (UFC/100ml)

En la MCRPy se puede evidenciar un elevado incremento de la cantidad de estas bacterias la cercanía de la población en el último punto y las diferentes actividades que se realizan en las riberas del río pueden evidenciarse en los siguientes valores, un valor máximo se reportó en el P3S con 760 UFC/100ml; mientras que el valor mínimo se encontró en el P2SF con 230 UFC/100ml. La variabilidad registrada para este parámetro se debe a las actividades antropogénicas presentes en las orillas del río; lo que impide que haya un proceso de depuración de este indicador en el agua.

3.4 Valoración ICA río Chimborazo vs río Payamino

La comparación de los parámetros físico-químicos, están valorados de acuerdo a la ponderación que realiza el software ICATest V1.1; tomando en cuenta los límites permisibles que están basados mediante los sistemas de regulación de calidad de agua (MAE, 2003). El gráfico 1-4, muestra la valoración de calidad de agua según los parámetros que evalúa el ICATest, para cada una de las localidades Chimborazo y Payamino.

Tabla 3- 9. Pesos de los parámetros evaluados ICA

Parámetro indicador de calidad de agua	Unidades	Peso relativo W_i
Oxígeno disuelto	% de saturación	0.17
Coliformes fecales	Colonias/10 ml	0.15
Ph	u.a.	0.12
BOD ₅	mgL ⁻¹	0.10
Nitratos (NO ₃)	mgL ⁻¹ (N)	0.10
Fosfatos totales	mgL ⁻¹ (P)	0.10
Temperatura	°C	0.10
Turbidez	NTU	0.08
Sólidos disueltos totales	mgL ⁻¹	0.08

Realizado por: Priscila Bustamante & Alexander Angulo, 2018.

El Índice de Calidad del Agua (ICA), es una forma de agrupación simplificada de algunos parámetros que nos indican el grado de contaminación del agua, al momento del monitoreo y esta expresada en porcentaje de agua pura. De ahí que valores cercanos a cero nos indican un agua totalmente contaminada y por lo contrario valores cercanos al 100 %, tendremos aguas de excelente calidad.

Tabla 3- 10. Valores medios de parámetros físico-químicos y microbiológicos de la MCRCh y MCRPy

Parámetros	Unidades	ICA Río Chimborazo	ICA Río Payamino	Límites permisibles	Referencia
Ph		8.13	7.16	6.50–9.00	TULSMA
Turbidez	U	11.21	10.94		
Temperatura Ambiente	UNT	16.86	22.60	Condiciones naturales +3	TULSMA
Temperatura del Agua	°C	12.93	19.92	Condiciones naturales +3	TULSMA
Cambio de temperatura	°C	4	3	1000	TULSMA
Solidos Disueltos Totales	mg/L	246	19.76	400	OMS
Conductividad Eléctrica	mg/L	308.93	34.79	No menor a 6 mg/L	TULSMA
Oxígeno Disuelto	µs/cm	79	68.38	250	TULSMA
DBO5	mg/L	2.35	28.31		
Fosfatos	mg/L	1.72	1.24	10	TULSMA
Nitratos	mg/L	1.79	0.03	1	TULSMA
Coliformes Fecales	mg/L	244	389.38	600	INEN

Realizado por: Priscila Bustamante & Alexander Angulo, 2018.

El software ICA test, evalúa los parámetros considerando pesos relativo (Tabla 3-9), las expresiones analíticas e incertidumbre en una predicción del valor con un margen de confianza del 95% de variables predictoras usadas en las estimaciones del WQI_{NSF} ; son consideradas como favorables (Behar, et al., 1997); en nuestro caso tiene cinco escalas de evaluación, que van de excelente hasta muy malo. De ahí que el ICA de la MCRCh es de 33,84 y el de la MCRPy es de 29,13, los mismos que recaen en una escala correspondiente al color naranja que se clasifica en la gráfica 3-1, obtenida como mala, con el cual se indica que la calidad del recurso hídrico es baja. La importancia de aplicar este índice es muy significativo debido a que permite evaluar y comprar valores entre dos o más ríos; funciona como una herramienta de gestión de los recursos hídricos (Aguirre, et al., 2016).

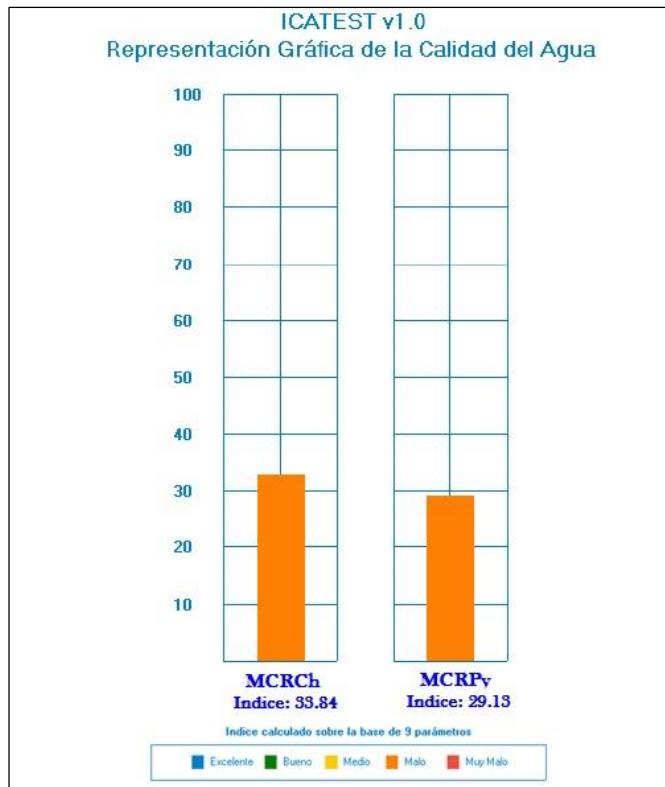


Gráfico 3- 1. ICA río Chimborazo vs río Payamino
 Realizado por: Priscila Bustamante & Alexander Angulo, 2018.

3.5 Índice de Calidad de Agua (ICA)

3.5.1 Microcuenca del río Chimborazo

El análisis del ICA en la MCRCh, toma en cuenta los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos; el mismo que permite dar un estado de calidad de agua en cada uno de los puntos de muestreo, ubicados a lo largo del cauce natural. Los valores del ICA (Tabla 3-11); son el resultado de los análisis de las muestras de agua en laboratorio por mes de muestreo. Los valores medios calculados del ICA, para los puntos P1QT, P2LY, P3CSF y P4PU son de mala calidad (Brown, et al., 1970), este tipo de agua para consumo humano requiere de un tratamiento potabilizador. La MCRCh, atraviesa el centro poblado de San Juan, en ella se realizan diversas actividades socioeconómicas, las mismas que inciden en un deterioro paulatino del río por la descarga de todo tipo de residuos naturales o antrópicos.

Esta progresiva contaminación limita su uso para consumo humano o como agua para riego agrícola; por lo que es importante tomar medidas de control y mitigación ante la constante contaminación que sufre esta microcuenca. Además es importante mencionar que las aguas superficiales están sometidas a contaminación natural o antrópica ya sea por arrastre de materiales o descarga de aguas residuales domésticas, escorrentía agrícola entre otras (Montoya, et al., 2011).

Tabla 3- 11. Índice de calidad del agua MRCh

Punto de monitoreo	ICA (%)	Calidad de agua
P1QT	44,81	Mala X̄ 46,28
	<u>43,10</u>	
	41,83	
	42,09	
P2LY	42,10	Mala X̄ 38,36
	<u>38,00</u>	
	34,46	
	34,91	
P3CSF	37,25	Mala X̄ 35,45
	<u>33,50</u>	
	33,46	
	37,65	
P4PU	31,82	Mala X̄ 33,15
	<u>33,50</u>	
	36,75	
	30,39	

Realizado por: Priscila Bustamante & Alexander Angulo, 2018.

3.5.1.1 Índice Biológico Andino ABI

El Índice Biológico Andino (ABI) fue modificado y adaptado específicamente para ríos alto andinos entre los 2000 y 4000 m.s.n.m; con la finalidad de interpretar mejor las comunidades de macroinvertebrados que se encuentran en los páramos de la región andina a nivel de Sudamérica. En estas áreas la gradiente altitudinal juega un papel muy importante al momento de evaluar este índice. Cabe indicar también que el ABI relaciona la presencia o ausencia de grupos de organismos identificados hasta el nivel taxonómico de familia y su nivel de tolerancia a la contaminación hídrica (Acosta, et al., 2009).

Los ríos alto andinos por estar atravesados por la cordillera de los andes presentan variadas formas de relieve (complejidad fisiográfica), lo que señala como un factor determinante de la variabilidad en las características físicas y químicas de este tipo de ecosistemas (Villamarín, et al., 2014). Además cabe indicar que la inestabilidad natural de una microcuenca, puede estar también modificada por la actividad humana, alterando los valores de los parámetros físicos químicos

(Acosta, et al., 2009); (Prat, et al., 2009), así como también las características hidromorfológicas del río como es la reducción de la vegetación natural ribereña para sustituirlo por pasto o cultivos (Villamarín, et al., 2014).

Los resultados de calidad de agua (ABI), en los puntos P1QT y P2LY, y el BMWP registran un agua de calidad dudosa a aceptable; en los puntos P3CSF y P3PU, el agua es de una calidad crítica a dudosa. Estos resultados son producto del impacto significativos que generan las actividades antrópicas por estar ubicada cerca al centro poblado de San Juan; donde es evidente notar la presencia de desechos en el río y descargas de aguas residuales de las viviendas (Tabla 3-12).

Tabla 3- 12. Índice Biológico Andino en cada punto de monitoreo

Punto de monitoreo	Código	ABI (Acosta et al. 2009)	BMWP (Roldan 2003)	Clase	Calidad de agua
Quebrada Totorillas	P1QT	82	80	II	ACEPTABLE
		76	78	II	ACEPTABLE
		46	42	III	DUDOSA
		57	50	III	DUDOSA
Loma Yanarrumi	P2LY	63	71	II	ACEPTABLE
		48	55	III	DUDOSA
		37	45	III	DUDOSA
		45	45	III	DUDOSA
Calera San Francisco	P3CSF	42	41	III	DUDOSA
		22	15	IV	CRITICA
		30	30	IV	CRITICA
		39	40	III	DUDOSA
Puente UCEM	P4PU	58	51	IV	DUDOSA
		53	51	III	DUDOSA
		43	42	III	DUDOSA
		56	54	III	DUDOSA

Realizado por: Priscila Bustamante & Alexander Angulo, 2018.

3.5.1.2 Índice BMWP/Col

El índice BMWP/Col, es una modificación del índice BMWP, aplicado para Colombia, es un método sencillo y rápido para evaluar la calidad del agua utilizando MIB como indicadores de su estado actual. Los datos analizados son cualitativos y las puntuaciones son determinadas en función de la sensibilidad o tolerancia a la contaminación (Naranjo & López, 2013).

Siempre hay que considerar que el agua es uno de los recursos naturales más vulnerables a los cambios producidos por las actividades antrópicas de orden cotidiano e industrial. Es importante también destacar que los resultados obtenidos en el presente estudio son el fruto y esfuerzo de un monitoreo continuo durante cuatro meses en los cuatro puntos de muestreo en la MCRCh.

Los valores del índice BMWP/Col, para los puntos P1QT y P2LY, presentaron un agua de clase II a II la cual es dudosa a aceptable respectivamente; y para los puntos P3CSF y P4PU, la clase es III y IV dando una calidad dudosa y crítica (Tabla 3-12). En esta evaluación se consideraron las comunidades de MIB con énfasis en uno de los órdenes más representativos como lo son los insectos los mismos que contribuyeron de forma significativa en este tipo de estudio. Hay que tener presente siempre que estos grupos de invertebrados pueden distribuirse en diferentes condiciones ambientales indistintamente de una buena o mala calidad del agua, lo que les pone en ventaja frente a otros microorganismos que componen la biota acuática (Pérez, et al., 2015).

3.5.2 Microcuenca del río Payamino

Se han tomado en cuenta 9 variables para el análisis de calidad de agua, mediante el uso del software ICA Test V1.0 que tiene un lenguaje de programación que permite calcular el ICA con porcentaje de ponderaciones (Carrera & Fierro, 2001). Todos los parámetros se evalúan en función a las características poderdantes para la calidad del agua y el desarrollo adecuado de la biota en los cauces fluviales, la nueva concepción de valorar de manera integral los parámetros físico-químicos y biológicos es fundamental para evaluar la dinámica de los ríos y la afección que causa la actividad antrópica, logrando así tomar un punto de partida para establecer la capacidad de resiliencia y tomar medidas de prevención ante el cambio del comportamiento y la adaptación de las especies que forman este tipo de ecosistema.

Tabla 3- 13. Índice de calidad del agua

Punto de monitoreo	ICA (%)	Calidad de agua
P1SJN	30,28	Mala
	<u>60,56</u>	Media
	<i>54,14</i>	\bar{X} 46,28
	<u>38,03</u>	Mala
P2SF	39,83	Mala \bar{X} 38,36
	<u>39,98</u>	
	<i>37,68</i>	
	<u>36,94</u>	
P3S	36,11	Mala \bar{X} 37,89
	<u>37,35</u>	

	39,92	
	38,16	
P40	35,62	Mala X̄ 36,31
	34,20	
	36,14	
	39,26	

Realizado por: Priscila Bustamante & Alexander Angulo, 2018.

La escala comprendida entre 26-50, manifiesta una mala calidad de agua para consumo humano; es claro evidenciar como a lo largo del río van ocurriendo un sinnúmero de procesos que a la final no han recuperado en su totalidad su característica de sanidad unido a esto las actividades antrópicas que pobladores ejercen en las orillas del río afectan directamente a la calidad de agua de este lugar si le sumamos a una época climática extrema de invierno dificultaron las lecturas en estos sectores.

3.5.2.1 Calidad de agua del río Payamino

La calidad de manera general se la puede catalogar de acuerdo a un análisis que se interpretan con el promedio de las diferentes variables analizadas, de esta manera se pueden tomar medidas que correspondan a un manejo ambiental de los recursos hídricos, el siguiente gráfico muestra la evolución de la calidad de agua de manera general en la zona de estudio.

Hay que considerar que existen variables de suma importancia que deben ser analizados para evaluar la calidad de agua en función a la biota que está a su alrededor; es así que para la variable de oxígeno disuelto OD se ubicó en los rangos adecuados para un desarrollo de biota acuática, estudios realizados por (Lenntch, 2012); manifiestan que las concentraciones mínimas para la vida acuática están en los rangos de 4-5 mg/l que en términos de saturación muestran un valor no menor al 60% de saturación, límites en los cuales se puede desarrollar un ecosistema acuático de manera adecuada, podemos observar el análisis de todos los valores medios de cada punto para estimar el estado actual del río en sus diferentes tramos y en cada variable, dándonos como resultado un índice de calidad malo y medio, según la normativa de límites permisibles vigente para consumo humano.

3.5.2.2 Índice BMWP/Col

Se debe considerar etapas en el análisis de prevalencia en los datos a analizar según el lugar del área de estudio, de esta manera podemos evitar hacer conjeturas que no estén alineadas con la hipótesis planteada, es por esta razón que, en la MRP, solo se establecerá el análisis de este índice en función al lugar donde se encuentra el río Payamino. El índice BMWP/Col, es una modificación del índice BMWP, aplicado para Colombia, es un método sencillo y rápido para evaluar la calidad del agua utilizando MIB como indicadores de su estado actual. Los datos analizados son cualitativos y las puntuaciones son determinadas en función de la sensibilidad o tolerancia a la contaminación (Naranjo & López, 2013).

Los muestreos en la tabla determinan la variabilidad de recuento de las especies, de esta manera se puede evaluar una tendencia de los datos en las tres fechas que se monitorearon, el resultado cataloga a los puntos de monitoreo en rangos con valores estimados en una variación de II (36-60), aguas de calidad DUDOSAS, que representan aguas claramente contaminadas y II (61-100), aguas de calidad ACEPTABLE, que representan aguas con algún signo evidente de contaminación y IV; con rangos de (16-35), aguas de calidad CRITICA, que representan aguas muy contaminadas (Hahn-vonHessberg, et al., 2009).

Tabla 3- 14. Índice BMWP/Col

Punto de monitoreo	Sitio	ABI (Acosta et al. 2009)	BMWP (Roldan 2003)	Clase	Calidad de agua
P1SJN	San Juan Nuevo	66	76	II	ACEPTABLE
		45	55	III	DUDOSA
		37	42	III	DUDOSA
		50	55		
P2SF	San Francisco	58	74	III/II	DUDOSA/ACEPTABLE
		49	63	III/II	DUDOSA/ACEPTABLE
		37	49	III	DUDOSA
		51	66	III/II	DUDOSA/ACEPTABLE
P3S	Sumaco	19	25	IV	CRITICA
		38	47	II	DUDOSA
		28	34	IV	CRITICA
		33	40	III/IV	DUDOSA/CRITICA
P4O	Orellana	51	69	III/II	DUDOSA/ACEPTABLE

		51	67	III/II	DUDOSA/ACEPTABLE
		27	42	II	DUDOSA
		47	57	II	DUDOSA

Realizado por: Priscila Bustamante & Alexander Angulo, 2018.

Los valores del índice BMWP/Col, muestran un valor de aceptable de clase II; en los primeros dos puntos P1SJM y P2SF (Roldán, 2003), esto se debe a que existen aportantes considerables, que funcionan como aliviaderos en los ríos en zonas de bajas latitudes, mientras que el P3S muestra un rango IV que corresponde a una calidad crítica (Acosta, et al., 2009); en las cercanías a centros poblados, de manera especial en riveras donde se establecen actividades antrópicas son fuente de generación de zonas de contaminación que un río no puede recuperarse de manera natural (Naranjo & López, 2013).

3.6 Análisis de Prevalencia

La supervivencia y prevalencia de individuos dentro de un ecosistema, está ligado al impacto que tienen estos lugares ante la intervención antrópica, la evaluación de diversidad, dominancia y similitud, se han limitado a tramos cortos de un cauce, donde no se puede reflejar la dinámica de movilidad y prevalencia de las comunidades de macroinvertebrados del agua, misma que constituye una característica que servirá para evaluar el estado ecosistémico de un cauce fluvial.

3.7 Evaluación ecológica de los macroinvertebrados acuáticos del río Chimborazo

La calidad del agua de la MCRCh, se evaluó mediante el uso de macroinvertebrados bentónicos; la cual se fundamenta en la adaptación de ciertos organismos a las diferentes condiciones del medio en que habitan.

Tabla 3- 15. Familias presentes en la microcuenca del río Chimborazo

N°	ORDEN	FAMILIA	TOTAL
		<i>Tipulidae</i>	20
		<i>Muscidae</i>	14
		<i>Blepharoceridae</i>	12
1	Diptera	<i>Limoniidae</i>	11
		<i>Simuliidae</i>	85
		<i>Ceratopogonidae</i>	34
		<i>Blepharoceridae</i>	29
		<i>Chironomidae</i>	130

2	Plecoptera	<i>Gripopterygidae</i>	13
		<i>Haliplidae</i>	4
		<i>Elmidae</i>	102
3	Coleoptera	<i>Scirtidae</i>	18
		<i>Ptilodactylidae</i>	5
		<i>Dytiscidae</i>	1
4	Ephemeroptera	<i>Baetidae</i>	307
		<i>Limnephilidae</i>	79
		<i>Calamoceratidae</i>	1
		<i>Hydropsychidae</i>	5
		<i>Hydrobiosidae</i>	29
5	Trichoptera	<i>Hydroptilidae</i>	3
		<i>Polycentropodidae</i>	10
		<i>Leptoceridae</i>	13
		<i>Glossosomatidae</i>	92
6	Amphipoda	<i>Hyaellidae</i>	96
7	Haplotaxida	<i>Tubificidae</i>	65
8	Hydracarina	<i>Hydrachnidae</i>	8
9	Veneroidea	<i>Sphaeriidae</i>	2
10	Tricladida	<i>Planariidae</i>	30
11	Rhynchobdellida	<i>Glossiphoniidae</i>	52
12	Lepidoptera	<i>Pyralidae</i>	2
		<i>Physidae</i>	50
13	Basommatophora	<i>Lymnaeidae</i>	14
TOTAL			1336

Realizado por: Priscila Bustamante & Alexander Angulo, 2018.

En la tabla 3-15, se observa la distribución de las diferentes especies de macroinvertebrados para la MCRCh, en sus cuatro puntos de monitoreo; registrando 13 ordenes, con 32 familias y un total de 1336 individuos, en los cuatro puntos de monitoreo; siendo orden Ephemeroptera y dentro de este la familia *Baetidae*; la más abundante con 307 individuos, mientras que el orden Coleoptera, con la familia *Dytiscidae*, con menor cantidad de individuos (1).

Estudios reportados por (Forero, et al., 2013), manifiestan que la presencia de estos organismos suele relacionarlas debido a diversos mecanismos de adaptación para vivir bajo las condiciones especiales del hábitat donde la cantidad de nutrientes y la calidad de agua están determinada por la intervención antrópica. Varios estudios manifiestan la importancia que tienen los diferentes aportantes como aliviaderos, mismos que permiten mejorar las condiciones de hábitat para este tipo de organismos.

3.7.1 Análisis de prevalencia de la familia de macroinvertebrados acuáticos del río Chimborazo

La abundancia de las especies, se estableció en función del total de especies y el porcentaje que le corresponde en cantidad de los individuos encontrados para cada punto de monitoreo; es así que el orden Ephemeroptera, con la familia Baetidae; poseen el mayor valor de abundancia (17,80 %), la presencia de esta especie está asociada a la capacidad de movilidad que poseen, las adaptaciones de buenos nadadores y la capacidad de arrastrarse, influyen en la amplia distribución de estos individuos en los diferentes puntos de monitoreo; (Dély & Santillan, 2016), manifiestan que esta familia tiene la capacidad de ser tolerante a las aguas contaminadas y es una de las más numerosas en los monitoreos realizados.

La frecuencia se analizó en función a las 32 familias tomados en los cuatro puntos de monitoreo (P01QT; P02LY; P3CSF; P3PU), de esta manera se puede evaluar la persistencia de las familias de macroinvertebrados en el río Chimborazo.

La prevalencia se identificó en seis familias de macroinvertebrados (Simuliidae, Chironomidae, Elmidae, Baetidae, Hyalellidae, Tubificidae); con un promedio de 1:1 en cada punto de monitoreo, la prevalencia de estas especies está relacionada con ciertas adaptaciones que se han desarrollado en sus estructuras, capacidad de arrastre, tolerancia en ambientes poco favorables, número de individuos, etc., (Reyes, et al., 2015).

Tabla 3- 16. Densidad relativa de la familia de macroinvertebrados acuáticos del río Chimborazo

ORDEN	FAMILIA	#	% ABUN	FREC
Diptera	Tipulidae	8	1.69	0.75
	Muscidae	6	1.27	0.5
	Blepharoceridae	12	2.54	0.25
	Limoniidae	7	1.48	0.75
	Simuliidae	25	5.30	1
	Ceratopogonidae	11	2.33	0.75
	Blepharoceridae	10	2.12	0.25
	Chironomidae	36	7.63	1
Plecoptera	Gripopterygidae	7	1.48	0.25
Coleoptera	Haliplidae	4	0.85	0.25
	Elmidae	34	7.20	1
	Scirtidae	8	1.69	0.5
	Ptilodactylidae	2	0.42	0.25

	Dytiscidae	1	0.21	0.25
Ephemeroptera	Baetidae	84	17.80	1
Trichoptera	Limnephilidae	22	4.66	0.5
	Calamoceratidae	1	0.21	0.25
	Hydropsychidae	3	0.64	0.25
	Hydrobiosidae	12	2.54	0.75
	Hydroptilidae	3	0.64	0.25
	Polycentropodidae	5	1.06	0.25
	Leptoceridae	5	1.06	0.5
	Glossosomatidae	31	6.57	0.25
Amphipoda	Hyaellidae	45	9.53	1
Haplotaxida	Tubificidae	38	8.05	1
Hydracarina	Hydrachnidae	3	0.64	0.25
Veneroidea	Sphaeriidae	1	0.21	0.25
Tricladida	Planariidae	9	1.91	0.75
Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	17	3.60	0.75
Lepidoptera	Pyralidae	2	0.42	0.25
Basommatophora	Physidae	13	2.75	0.5
	Lymnaeidae	7	1.48	0.5
TOTAL		472	100.00	17

Realizado por: Priscila Bustamante & Alexander Angulo, 2018.

El ecosistema adecuado para establecer mecanismos de conservación en estos sectores de páramo, son importantes, debido a que conserva los principales aportantes para el uso adecuado de los recursos hídricos y a la vez mantiene la diversidad de las especies, para establecer una cadena trófica y una capacidad de resiliencia de los cauces fluviales (Perrone, 2001).

3.7.2 Índices de diversidad de la familia de macroinvertebrados acuáticos del río Chimborazo

Los índices de Shannon y Simpson son aquellos que consideran el número de especies y número de individuos presentes en un sitio determinado. Según (Alvizu, 2004), manifiesta que existen al menos dos importantes tendencias que pretenden describir el modelo de riqueza de especies a lo largo de un gradiente altitudinal. La una manifiesta que a medida que se va ascendiendo en altitud la diversidad disminuye la misma que sirve como ejemplo para explicar la gran diversidad que poseen los trópicos y la otra plantea que se presentan especies en un número máximo en el lugar medio de cualquier gradiente ambiental.

Tabla 3- 17. Índices de diversidad de macroinvertebrados acuáticos del río Chimborazo

INDEX	P01QT	P02LY	P03CSF	P04PU
Simpson	0.88	0.91*	0.64	0.82
Shannon	0.58	0.73	0.42	0.51

Realizado por: Priscila Bustamante & Alexander Angulo, 2018.

El índice de Shannon presenta una diversidad media en los cuatro puntos de monitoreo, (P01QT; P02LY; P3CSF; P3PU) y el índice de Simpson registró el valor más alto en el punto **P02LY**, (**0.91**) (tabla 3-17). Según (Zambrano & Ortiz, 2009), la diversidad que se encuentra en el rango de 0,35 - 0,75 es media y estudios realizados por (Smith, 2007), corrobora que la dominancia es inversa a la diversidad. En base a este análisis se puede indicar que la diversidad de especies en el sector está entre media a alta.

3.7.3 Evaluación ecológica de la familia de macroinvertebrados acuáticos del río Payamino

En la tabla (3-18), se observa la distribución de las diferentes especies de macroinvertebrados para la MCRPy en sus cuatro puntos de monitoreo; registrando 10 ordenes, con 17 familias y un total de 1569 individuos, siendo orden Trichoptera y dentro de este la familia *Leptoceridae*; la más abundante con 313 individuos, mientras que el orden Ephemeroptera, con la familia *Leptophlebiidae*, con menor cantidad de individuos (4).

Según (Lozano Ortiz, 2005), manifiestan durante los últimos años se ha visto una diferenciación de individuos considerados como bioindicadores, debido no solamente a la intervención antrópica directa, ya que el temporal exceso y escasa precipitación, a causa del cambio climático, han alterado el desarrollo de estas comunidades de macroinvertebrados; sumado a esto la intervención antrópica, minería, agricultura y sobre todo la actividad industrial, causan un impacto en estos organismos.

Tabla 3- 18. Familias presentes en la microcuenca del río Payamino

N°	Orden	Familia	TOTAL
1	Coleoptera	<i>Hydrophilidae</i>	34
		<i>Elmidae</i>	93
		<i>Psephenidae</i>	90
2	Ephemeroptera	<i>Leptophlebiidae</i>	4
		<i>Baetidae</i>	188
3	Trichoptera	<i>Leptoceridae</i>	313
		<i>Hidropsychidae</i>	101
4	Diptera	<i>Tipulidae</i>	32
		<i>Tabanidae</i>	48
		<i>Chironomidae</i>	124
5	Plecoptera	<i>Perlidae</i>	248
6	Tricladida	<i>Dugesiiidae</i>	51
7	Heteroptera	<i>Naucoridae</i>	20
8	Odonata	<i>Polythoridae</i>	66
		<i>Gomphidae</i>	33
9	Megaloptera	<i>Corydalidae</i>	96
10	Lepidoptera	<i>Pyralidae</i>	28
	Total		1569

Realizado por: Priscila Bustamante & Alexander Angulo, 2018.

3.7.4 Valor de Abundancia de la familia de macroinvertebrados acuáticos del río Payamino

La abundancia de las familias, se estableció en función del total de individuos y el porcentaje que le corresponde en cantidad de los individuos encontrados para cada punto de monitoreo; es así que el orden Trichoptera, con la familia Leptoceridae; poseen el mayor valor de abundancia

(15,77 %), la presencia de esta especie está asociada a la capacidad de alimentación ya que son especies omnívoras, que influyen en la amplia distribución de estos individuos en los diferentes puntos de monitoreo (Dély & Santillan, 2016). Esta familia se encuentra en ecosistemas loticos como lénticos y es una de las más numerosas en los monitoreos realizados.

La frecuencia se analizó en función a las 17 familias tomados en los cuatro puntos de monitoreo (P01PSJN; P02SF; P03S; P04O) y de esta forma permitió evaluar la persistencia de las familias de macroinvertebrados en el río Payamino.

En base a lo anterior se pudo identificar seis familias de macroinvertebrados (Baetidae, Hidropsychidae, Chironomidae, Perlidae Polythoridae, Gomphidae); con un promedio de 1:1 en cada punto de monitoreo.

Tabla 3- 19. Densidad relativa de la familia de macroinvertebrados acuáticos del río Payamino

ORDEN	FAMILIA	#	% ABUN	ORDEN
Coleoptera	Hydrophilidae	9	1.61	0.25
	Elmidae	35	6.27	0.75
	Psephenidae	27	4.84	0.75
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	2	0.36	0.25
	Baetidae	80	14.34	1
Trichoptera	Leptoceridae	88	15.77	0.75
	Hidropsychidae	34	6.09	1
Diptera	Tipulidae	12	2.15	0.5
	Tabanidae	20	3.58	0.5
	Chironomidae	72	12.90	1
Plecoptera	Perlidae	67	12.01	1
Tricladida	Dugesiiidae	18	3.23	0.75
Heteroptera	Naucoridae	10	1.79	0.25
Odonata	Polythoridae	26	4.66	1
	Gomphidae	17	3.05	1
Megaloptera	Corydalidae	31	5.56	0.5
Lepidoptera	Pyralidae	10	1.79	0.75
TOTAL		558	100.00	12

Realizado por: Priscila Bustamante & Alexander Angulo, 2018.

Los ecosistemas tropicales son diferentes en condiciones de flujo de caudal y arrastre de material, lo cual hace preponderante tener como indicador al momento de evaluar la prevalencia en estos lugares (Aguirre, et al., 2016).

3.8 Índices de diversidad de la familia de macroinvertebrados acuáticos del río Payamino

El índice de Shannon presenta una diversidad media en los cuatro puntos de monitoreo, (P01PSJN; P02SF; P03S; P04O) y el índice de Simpson registró el valor más alto en el punto **P02SF, (0.70)** (Tabla 16-3). Según (Zambrano & Ortiz, 2009), la diversidad que se encuentra en el rango de 0,35 - 0,75 es media y estudios realizados por (Smith, 2007), corrobora que la dominancia es inversa a la diversidad. En base a este análisis se puede indicar que la diversidad de especies en el sector está entre media a alta.

Tabla 3- 20. Índices de diversidad de la familia de macroinvertebrados acuáticos del río Payamino

INDEX	P01PSJN	P02SF	P03S	P04O
Simpson	0.67	0.70*	0.61	0.63
Shannon	0.55	0.54	0.70	0.75*

Realizado por: Priscila Bustamante & Alexander Angulo, 2018.

3.9 Índices de similitud de la familia de macroinvertebrados acuáticos del río Chimborazo y Payamino

Este índice analiza la semejanza de especies entre los puntos de muestreo del área de estudio y muestran que las variaciones existentes en los ríos se ven influenciados directamente por la actividad antrópica que alteran el ecosistema donde se desarrollan los macroinvertebrados, quienes son indicadores de vulnerabilidad de las especies ante la intervención humana. El índice de Sorensen muestra una disimilitud (**0,46**), entre las dos zonas de estudio, debido a que poseen tan solo seis especies comunes entre estos lugares.

Tabla 3- 21. Índices de similitud de la familia de macroinvertebrados acuáticos del río Chimborazo y Payamino

SIMILITUD			
Sorensen	Especies comunes	INDEX	
MCRCh - MCRPy	6	0.46	Disimilares

Realizado por: Priscila Bustamante & Alexander Angulo, 2018.

3.10 Análisis Clúster de las microcuencas del río Chimborazo - Payamino

El análisis de grupos muestra cuatro grupos en función a la frecuencia y la prevalencia de las familias, es decir que para el río Chimborazo existe marcado una agrupación de 2:4 especies por cada punto de monitoreo, mientras que para la familia con rango 1:4 existe 6 especies que se pueden evaluar como indicadores del estado de conservación del ecosistema de páramo.

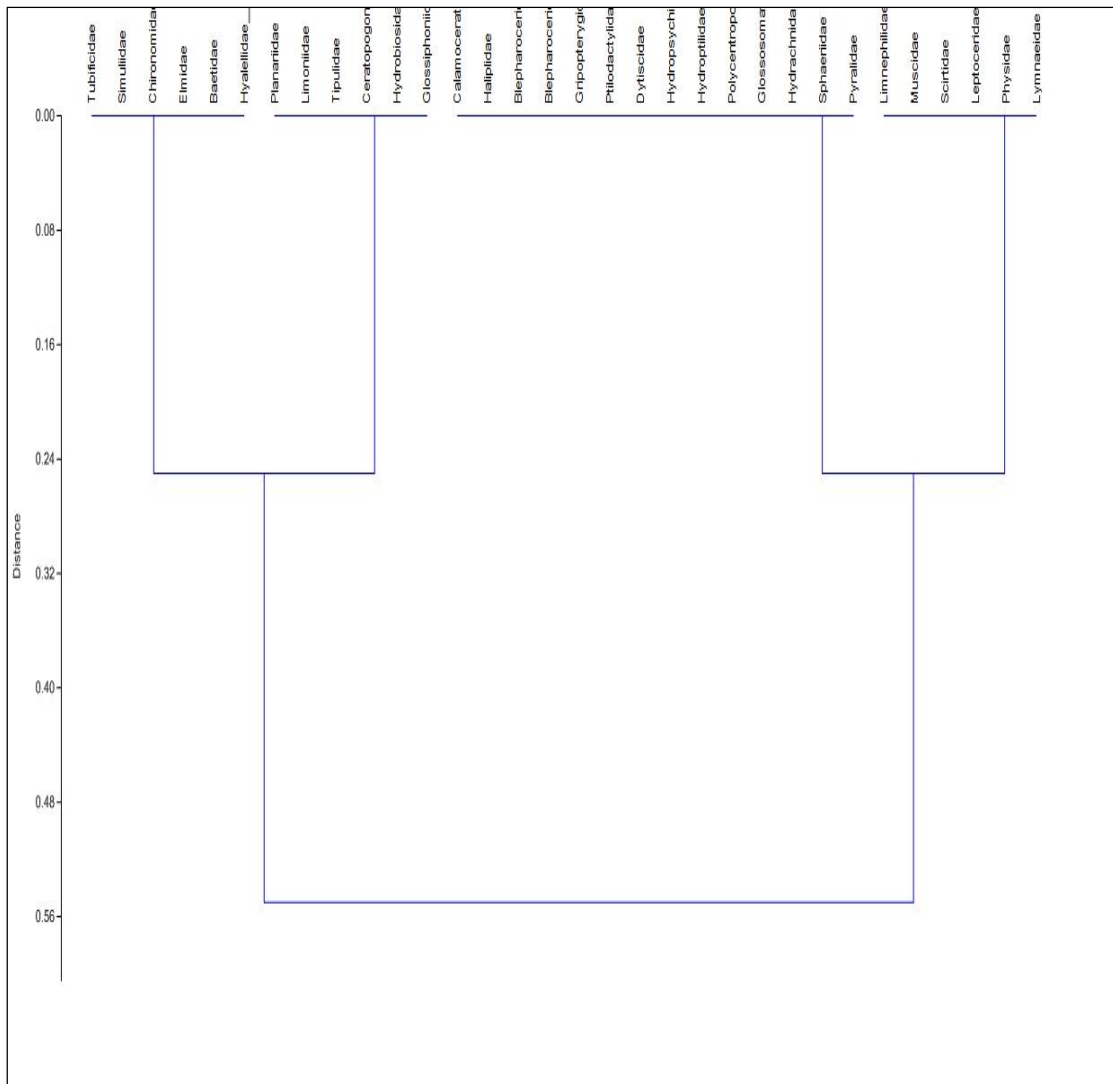


Gráfico 3- 2. Análisis clúster río Chimborazo
Realizado por: Priscila Bustamante & Alexander Angulo, 2018

El análisis de grupos muestra cuatro grupos en función a la frecuencia y la prevalencia de las familias, es decir que para el río Payamino existe marcado una agrupación de 3:4 especies por cada punto de monitoreo, mientras que para la familia con rango 1:4 existe 3 especies que se pueden evaluar como indicadores del estado de conservación del ecosistema tropical.

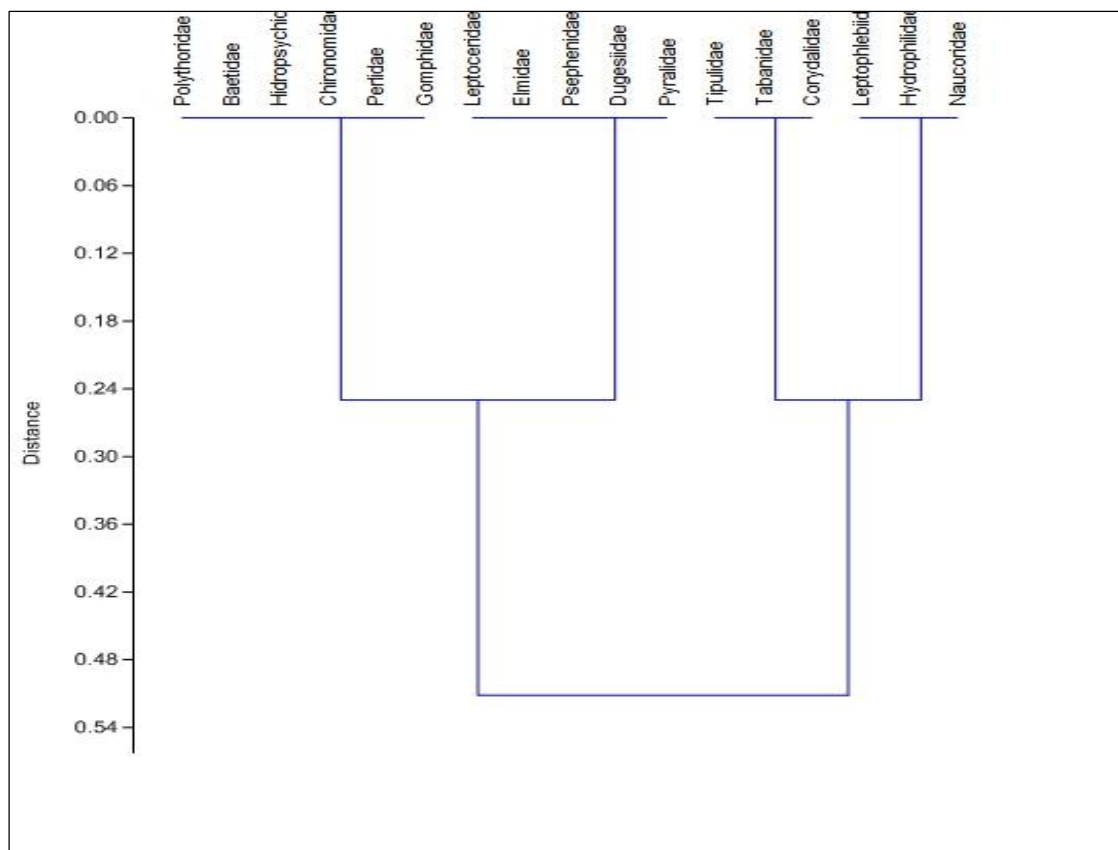


Gráfico 3- 3. Análisis clúster río Payamino
Realizado por: Priscila Bustamante & Alexander Angulo, 2018.

3.11 Análisis de normalidad y varianza (ANOVA)

3.11.1 pH

Para establecer la relación entre las variables y la prevalencia de macroinvertebrados en los dos ecosistemas acuáticos, utilizamos los promedios de calidad de agua ICA de la MCRCh y MCRPy; considerando las variables que se mantenían en un mismo rango con el fin de evaluar los valores de significancia de estas variables, se tomaron todos los puntos de monitoreo.

Tabla 3- 22. Análisis ANOVA de pH

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	7.5369	1	7.5369	45.17	0.5161
Intra-grupos	5.00589	30	0.166863		
Total	12.5428	31			

Realizado por: Priscila Bustamante & Alexander Angulo, 2018.

Planteamiento de la hipótesis

Ho: No existen diferencias significativas en los puntos de monitoreo con respecto al pH con $p \geq 0,05$

Hi: Existen diferencias significativas en los puntos de monitoreo con respecto al pH con $p < 0,05$

Decisión: Como $p > 0,05$, no se puede desechar H_0 , por tanto, no existen diferencias significativas en la acumulación de pH en los puntos de monitoreo.

3.11.2 Oxígeno disuelto OD

Tabla 3- 23. Análisis ANOVA de OD

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	946.125	1	946.125	34.67	0.4217
Intra-grupos	818.75	30	27.2917		
Total	1764.875	31			

Realizado por: Priscila Bustamante & Alexander Angulo, 2018.

Planteamiento de la hipótesis

Ho: No existen diferencias significativas en los puntos de monitoreo con respecto al OD con $p \geq 0,05$.

Hi: Existen diferencias significativas en los puntos de monitoreo con respecto al OD con $p < 0,05$.

Decisión: Como $p < 0,05$, no se debe considerar OD, por tanto, existen diferencias significativas en la acumulación de OD en los puntos de monitoreo.

3.11.3 Fosfatos

Tabla 3-24. Análisis ANOVA de fosfatos

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	1.87695	1	1.87695	0.7192	0.4031
Intra-grupos	78.2883	30	2.60961		
Total	80.1652	31			

Realizado por: Priscila Bustamante & Alexander Angulo, 2018.

Planteamiento de la hipótesis

H₀: No existen diferencias significativas en los puntos de monitoreo con respecto a fosfatos con $p \geq 0,05$

H₁: Existen diferencias significativas en los puntos de monitoreo con respecto a fosfatos con $p < 0,05$

Decisión: Como $p < 0,05$, no se debe considerar los fosfatos, por tanto, existen diferencias significativas en la acumulación de fosfatos en los puntos de monitoreo.

3.11.4 Nitratos

Tabla 3- 25 Análisis ANOVA de nitratos

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	24.8107	1	24.8107	86.33	2.463 ⁻¹⁰
Intra-grupos	8.62184	30	0.287395		
Total	33.4326	31			

Realizado por: Priscila Bustamante & Alexander Angulo, 2018.

Planteamiento de la hipótesis

H₀: No existen diferencias significativas en los puntos de monitoreo con respecto a nitratos con $p \geq 0,05$.

H₁: Existen diferencias significativas en los puntos de monitoreo con respecto a nitratos con $p < 0,05$.

Decisión: Como $p < 0,05$, no se debe considerar los nitratos, por tanto, existen diferencias significativas en la acumulación de nitratos en los puntos de monitoreo.

Se logró determinar en la evaluación de los cuatro componentes, un valor de significancia $< 0,5$; a excepción del pH, que mostró un nivel de correlación > 5 ; lo cual nos lleva a determinar que el pH es un indicador de la prevalencia en los ríos. Según (Moya, et al., 2009), manifiestan que la distribución y prevalencia de las especies en los siguientes grupos fueron los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera, Diptera y Trichoptera, considerando los principales factores controladores de los ecosistemas lóticos el pH, conductividad y oxígeno disuelto.

3.12 Análisis de los componentes del río Chimborazo

Tabla 3- 26. Matriz de componentes rotados

Comunalidades		
	Inicial	Extracción
Baetidae	1,000	,975
Chironomidae	1,000	,994
Elmidae	1,000	,917
Pyralidae	1,000	,975
Blepharicieridae	1,000	,978
Scirtidae	1,000	,841
Dytiscidae	1,000	,978
Limnephilidae	1,000	,989
Calamoceratidae	1,000	,975
Hyaellidae	1,000	,975
Ceratopogonidae	1,000	,978
Hidrachnidae	1,000	,884
Planariidae	1,000	,853

Realizado por: Priscila Bustamante & Alexander Angulo, 2018.

Tabla 3- 27. Varianza total explicada del río Chimborazo

Comp.	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	7,172	55,172	55,172	7,172	55,172	55,172	6,603	50,793	50,793
2	5,140	39,541	94,713	5,140	39,541	94,713	5,710	43,920	94,713
3	,687	5,287	100,000						
4	2,676E-5	2,058E-14	100,000						
5	6,242E-16	4,802E-15	100,000						
6	3,130E-16	2,407E-15	100,000						
7	1,249E-16	9,605E-16	100,000						
8	-9,494E-18	-7,303E-17	100,000						
9	-1,049E-16	-8,071E-16	100,000						
10	-1,740E-16	-1,339E-15	100,000						
11	-2,625E-16	-2,019E-15	100,000						
12	-4,908E-16	-3,775E-15	100,000						
13	-7,810E-16	-6,008E-15	100,000						

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

Realizado por: Priscila Bustamante & Alexander Angulo, 2018.

La matriz de varianza total explicada del río Chimborazo, muestra que las especies analizadas se distribuyeron en 2 componentes, los cuales explican el 94,713% de prevalencia de los individuos.

Tabla 3- 28. Matriz de componentes^a del río Chimborazo

Matriz de componentes^a		
	Componente	
	1	2
Planariidae	,908	,169
Dytiscidae	,898	,413
Blepharicieridae	,898	,413
Ceratopogonidae	,898	,413
Scirtidae	,888	,228
Hyalellidae	,879	,449
Baetidae	-,712	,684
Calamoceratidae	-,712	,684
Pyralidae	-,712	,684
Hidrachnidae	,155	,928
Chironomidae	-,490	,868
Elmidae	,424	,859
Limnephilidae	-,633	,767
Método de extracción: Análisis de componentes principales.		
a. 2 componentes extraídos		

Realizado por: Priscila Bustamante & Alexander Angulo, 2018.

Tabla 3- 29. Matriz de componentes rotados^a del río Chimborazo

Matriz de componentes rotados^a		
	Componente	
	1	2
Hyalellidae	,984	
Blepharicieridae	,981	-,125
Ceratopogonidae	,981	-,125
Dytiscidae	,981	-,125
Scirtidae	,874	-,276
Planariidae	,860	-,337
Elmidae	,814	,504
Chironomidae		,996
Limnephilidae	-,131	,986
Baetidae	-,242	,958
Calamoceratidae	-,242	,958
Pyralidae	-,242	,958
Hidrachnidae	,622	,705
Método de extracción: Análisis de componentes principales.		
Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.		

a. La rotación ha convergido en 3 iteraciones.

Realizado por: Priscila Bustamante & Alexander Angulo, 2018.

Tabla 3- 30. Matriz de transformación de las componentes del río Chimborazo

Matriz de transformación de las componentes		
Componente	1	2
1	,848	-,529
2	,529	,848

Método de extracción: Análisis de componentes principales.
Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.

Realizado por: Priscila Bustamante & Alexander Angulo, 2018.

3.13 Análisis de los componentes principales del río Payamino

Las comunales muestran que todos los elementos son susceptibles de analizarse juntos con otros, formando componentes.

Tabla 3- 31. Método de extracción: Análisis de Componentes principales del río Payamino

Comunalidades		
	Inicial	Extracción
Hidrophilidae	1,000	,996
Baetidae	1,000	,989
Leptoceridae	1,000	,902
Hidropsychidae	1,000	,654
Perlidae	1,000	,980
Dugesiiidae	1,000	,829
Polythoridae	1,000	,999
Gomphidae	1,000	,951
Elmidae	1,000	,958

Tipulidae	1,000	,971
Corydalidae	1,000	,992
Pyralidae	1,000	,965

Realizado por: Priscila Bustamante & Alexander Angulo, 2018.

Tabla 3- 32. Varianza total explicada del río Payamino

Comp.	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	7,510	62,581	62,581	7,510	62,581	62,581	5,765	48,045	48,045
2	3,677	30,643	93,224	3,677	30,643	93,224	5,421	45,179	93,224
3	,813	6,776	100,000						
4	1,328E-15	1,107E-14	100,000						
5	8,902E-16	7,418E-15	100,000						
6	5,416E-16	4,513E-15	100,000						
7	6,617E-17	5,514E-16	100,000						
8	5,902E-17	4,918E-16	100,000						
9	1,230E-17	1,025E-16	100,000						
10	-7,844E-17	-6,537E-16	100,000						
11	-1,878E-16	-1,565E-15	100,000						
12	-3,728E-16	-3,107E-15	100,000						

Realizado por: Priscila Bustamante & Alexander Angulo, 2018.

La matriz de varianza total explicada del río Payamino, muestra que las especies analizadas se distribuyeron en 2 componentes, los cuales explican el 93.147% de prevalencia de los individuos.

Tabla 3- 33. Matriz de componentes rotados del río Payamino

Matriz de componentes rotados ^a		
	Componente	
	1	2
Tipulidae	,970	,173
Polythoridae	,964	-,264
Corydalidae	,947	,309
Dugesiiidae	,903	-,118
Baetidae	,862	,495
Gomphidae	-,115	,968

Pyralidae	-,324	,927
Elmidae	,365	,908
Perlidae	,499	,855
Hidropsychidae	,109	,802
Hidrophilidae	,695	,716
Leptoceridae	,666	,677

Realizado por: Priscila Bustamante & Alexander Angulo, 2018.

El método de extracción: mediante el análisis de componentes principales.

Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser. a. La rotación ha convergido en 3 iteraciones.

Tabla 3- 34. Matriz de transformación de las componentes del rio Payamino

Matriz de transformación de las componentes		
Componente	1	2
1	,738	,675
2	-,675	,738

Realizado por: Priscila Bustamante & Alexander Angulo, 2018.

CONCLUSIONES

- En la MCRCh y MCRPy se implementaron cuatro puntos de muestreo, debidamente georreferenciados y ubicados de acuerdo a la topografía del lugar, la accesibilidad, fuentes de

contaminación y dentro de un rango de elevación que va desde los 3027 a 3952 m.s.n.m., para el río Chimborazo y de 254 a 306 m.s.n.m., para el río Payamino.

- La calidad de agua en la MCRCh, mediante el índice ABI, registran un agua de calidad dudosa a aceptable en los puntos P1QT y P2LY, al igual que el índice BMWP. En los puntos P3CSF y P3PU, el agua es de una calidad crítica a dudosa. Esta disminución se ve influenciado por las actividades antropogénicas y el asentamiento de comunidades en los flancos de la microcuenca.
- En la MCRPy el índice BMWP/Col, muestra un valor de aceptable en los dos primeros puntos (P1SJN y P2SF), esto se debe a que existen aportantes considerables, que funcionan como aliviaderos en los ríos en zonas de bajas latitudes, mientras que el P3SF muestra una calidad crítica, esto se debe a las cercanías a centros poblados.
- Con relación a los macroinvertebrados bentónicos en la MCRCh se registraron 1336 individuos distribuidos en 32 familias y 13 órdenes y en la microcuenca del río Payamino se registraron 10 órdenes, con 17 familias y un total de 1569 individuos.
- El índice de Shannon de la MCRCh, presenta una diversidad media en los cuatro puntos de monitoreo, (P01QT; P02LY; P3CSF; P3PU) y el índice de Simpson registró el valor más alto en el punto **P02LY, (0.91)**.
- El índice de Shannon en la MCRPy, presenta una diversidad media en los cuatro puntos de monitoreo, (P01PSJN; P02SF; P03S; P04O) y el índice de Simpson registró el valor más alto en el punto **P02SF, (0.70)**.
- El índice de Sorensen muestra una disimilitud (**0,46**), entre las dos zonas de estudio, debido a que posee tan solo seis especies comunes entre estos lugares.
- Las especies que poseen amplia distribución geográfica, tienen la tendencia a adaptarse con mayor facilidad al entorno, además se deben considerar como especies indicadoras de mala calidad de agua, debido a que las condiciones de turbidez, sólidos disueltos, pH, cadena trófica, son factores que van de la mano con la persistencia de macroinvertebrados sensibles a las variaciones del entorno; nuestro estudio determino la ausencia de cuatro familias en el río Payamino (Neucoridea, Lethoplebelidae, Tabanidae, Psephenidae), mientras que en el río Chimborazo, se determinó la ausencia de 12 especies de las familias (Tipulidae, Hidrobisidae, Glossomatidae, Polycentropodidae, Blepharoceridae, Leptoceridae, Limonidae, Simuliidae, Hidrobisidae, Tubificidae, Musidae, Sharidae), que poseen un alto valor ABI/BMWP, pero que son muy sensibles a las variaciones del ICA, cuando se realice

estudios de prevalencia, se debe considerar las especies de alto valor ecológico descritos en el ABI/BMWP, en función de la calidad de agua ICA, con el fin de correlacionar la pérdida de estas especies vulnerables y las que indican mala calidad de agua.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar monitoreos continuos de este tipo de estudios a fin de poder obtener información de épocas secas y lluviosa la misma que permitirá conocer el comportamiento de la calidad de agua en estos periodos.
- Es importante implementar proyectos y programas de reforestación en las riberas de los ríos en especial en la MCRCh en donde existen fuertes pendientes y el arrastre de materiales

producto de la erosión hídrica ocasiona una disminución de la capa superficial del suelo y por ende una destrucción de la vegetación.

- La protección y conservación de las microcuencas deben enfocarse en mejorar la calidad del agua debido a que este recurso es utilizado en muchos casos para riego, consumo humano y animal.
- La implementación de las prácticas de manejo de la microcuenca da mayores posibilidades de aumentar la producción agrícola, pecuaria y los ingresos económicos de las familias.

BIBLIOGRAFIA

ACOSTA, Raúl. et al., Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. 2009. *Limnetica*, 28(1), pp. 35-64. [Consulta: 5 de Junio de 2017]. Disponible en: [http://www.ub.edu/riosandes/docs/Limnetica%2028\(1\)%2004%20Acosta.pdf](http://www.ub.edu/riosandes/docs/Limnetica%2028(1)%2004%20Acosta.pdf).

AGUIRRE, Jorge. Validación de los indicadores biológicos (Macroinvertebrados) para el monitoreo de la cuenca del río Yanucay. [En línea] (Tesis) (Titulación). Universidad Técnica Salesiana (sede Cuenca) 2011. [Citado el: 18 de Julio de 2017]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1197/14/UPS-CT002208.pdf>.

AGUIRRE, Maritza. et al., Aplicación del Índice de Calidad del Agua (ICA). Caso de estudio: Lago de Izabal, Guatemala. 2016. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 25(2), pp. 39-43. [Consulta: 6 de Junio de 2017]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542016000200006&lng=es&tlng=es.

AGUIRRE, Nicolay. 2007. Manual para el manejo sustentable de cuencas hídricas. Loja: Universidad Nacional de Loja. [En línea] 2007. [Consulta: 5 de Junio de 2017]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/273150002/Manual-Cuencas>.

ALVAREZ, Amado. et al., Índice de calidad del agua en la cuenca del río Amajac, Hidalgo, México: Diagnóstico y Predicción. 2006. *Phyton (Buenos Aires)*, Volumen 75, pp. 71-83. [Consulta: 8 de Junio de 2017]. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-56572006000100007.

ALVIZU, Pablo. Complejidad y respuesta funcional de la vegetación de páramo a lo largo de gradientes altitudinales. Trabajo para optar al grado de Doctor en Ecología Tropical. Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas. Postgrado en Ecología Tropical. Universidad de los Andes. Mérida. Venezuela. 2004. [Citado el: 14 de Agosto de 2017]. Disponible en: https://www.academia.edu/3050267/tesis_doctoral_COMPLEJIDAD_Y_RESPUESTA_FUNCIONAL_DE_LA_VEGETACION_DE_PARAMO_A_LO_LARGO_DE_GRADIENTES_ALTITUDINALES.

AYERS, R. S. Y WESTCOT, D. W. Calidad de agua para la Agricultura. 2015. [Consulta: 9 de Junio de 2017]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/44423958_La_calidad_del_agua_en_la_agricultura_R_S_Ayers_y_D_W_Westcot.

BABAEI, S. et al., Evolution of a new surface water quality index for Karoon catchment in Iran. 2011. *Water Science & Technology*, 64(12), pp. 2483-2491. [Consulta: 8 de agosto de 2017]. Disponible en: <http://wst.iwaponline.com/content/64/12/2483>.

BAN, X. et al., Application of Composite Water Quality Identification Index on the water quality evaluation in spatial and temporal variations: a case study in Honghu Lake, China. 2014. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186(7), pp. 4237-4247. [Consulta: 8 de agosto de 2017]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-014-3694-9>.

BAUTISTA, Karina. *Estudio del aprovechamiento Hídrico de la microcuenca del río Alao desde los usos de concesión.* [En línea] (Tesis) (Titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba-Ecuador 2009. [Citado el: 25 de agosto de 2017]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/358>.

BEHAR, R. et al., Análisis y Valoración del Índice de Calidad de Agua (ICA) de la NSF: Casos Ríos Cali y Meléndez. 1997. *Ingeniería y Competitividad*, 1(1). [Citado el: 25 de agosto de 2017]. Disponible en: <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/handle/10893/1489>.

BREÑA, A. *Principios y fundamentos de la hidrología superficial.* 2006. Mexico: Universidad Autónoma Metropolitana, pp. 20.

BROWN, P., et al., “A Water Quality Index – Do We Dare?” *Water and Sewage Works*, vol. 11, pp. 339 - 343, 1970.

BROWN, R. A Water Quality Index – Do We Dare. *Water and Sewage Works*. 1970. Volumen 11, pp. 339-343.

CAMPO, A. & DUAL, V. Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural Parque Nacional Lihué Calel (Argentina). 2014. *Anales de Geografía*, v. 34(2), pp. 25-42. [Consulta: 27 de julio de 2017]. Disponible en: <https://search.proquest.com/openview/eb42adf9504cd1479c634534c91e171/1?pq-origsite=gscholar&cbl=54860>.

CARRERA, R. C. & FIERRO, P. K. *Manual de monitoreo. Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua.* Quito-Ecuador: EcoCiencia. 2001. [Consulta: 24 de julio de 2017]. Disponible en: <http://www.sheffieldfamilylifecenter.org/download-pdf-manual-de-monitoreo-los-macroinvertebrados-acuticos-como-indicadores-de-la-calidad-del-agua-book>.

COELLO, J. et al., Aplicación del ICA-NSF para determinar la calidad del agua de los ríos Ozogoche, Pichahuiña y Pomacocho-Parque Nacional Sangay-Ecuador. 2013. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y*

Geográfica, 16(31), pp. 66-71. [Consulta: 28 de julio de 2017]. Disponible en: <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/11281>.

COTTAM, G. & CURTIS, J. The use of distance measures in phytosociological sampling. 1956. *Ecology*, Volumen 37 (3), pp. 451-460.

DÉLEY, R. & SANTILLÁN, P. Macroinvertebrados Bentónicos de las Microcuencas Jubal, Ozogoché y Zula Parque Nacional Sangay. 2016. Riobamba-Ecuador: El Telegrafo EP.

DEMIN, P. Caracterización preliminar de la calidad del agua en la cuenca superior del río Del Valle (Catamarca). 2013. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 45(1). [Consulta: 28 de julio de 2017]. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-86652013000100005.

FEDERATION, W. E. & AMERICAN, P. H. A. Standard methods for the examination of water and wastewater. 2005. 21th Edition ed. Washington: American Public Health Association (APHA): Washington, DC, USA.

FERNÁNDEZ, Nelson. et al., ICATEST V1.1 Una herramienta informática para el análisis y valoración del agua. 2004. *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 2(02), pp. 88-97. [Consulta: 12 de septiembre de 2017]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/903/90320212.pdf>.

FORERO, Adriana. et al., Estudio de la familia Baetidae (Ephemeroptera: Insecta) en una cuenca con influencia de la urbanización y agricultura: río Alvarado- Tolima. 2013. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 1(25), pp. 12-21.

GÁLVEZ, Juan. *Cartilla Técnica: Aguas Subterráneas-acuíferos*, Lima: Sociedad Geográfica de Lima. 2012. pp. 25-37

GONZÁLEZ, Sulay. et al., Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua de quebradas abastecedoras del municipio de Manizales. 2012. *Boletín Científico del Museo de Historia Natural*, 16(2), pp. 135-148. [Consulta: 31 de julio de 2017]. Disponible en: [http://200.21.104.25/boletincientifico/downloads/Boletin\(16\)2_12.pdf](http://200.21.104.25/boletincientifico/downloads/Boletin(16)2_12.pdf).

GUTIÉRREZ, K. & MORALES, D. Caracterización de la calidad del agua de la quebrada Los Cáquezas, mediante la utilización de macroinvertebrados acuáticos. 2016. Bogotá: Universidad Distrital san Francisco José de Caldas.

HAHN-VONHESSBERG, Christine. et al., Determinación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos y fisicoquímicos, en la estación piscícola, Universidad de Caldas, Municipio de Palestina, Colombia. 2009. *Boletín Científico, Centro de Museos*. 13(2), pp. 89-105. [Consulta: 30 de julio de 2017]. Disponible en: [http://200.21.104.25/boletincentifico/downloads/Boletin13\(2\)_COMPLETO.pdf#page=89](http://200.21.104.25/boletincentifico/downloads/Boletin13(2)_COMPLETO.pdf#page=89).

HANSON, Paul. et al., Capítulo 1: Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. 2010. *Revista de Biología Tropical*, Volumen 58, pp. 1-38. [Consulta: 01 de agosto de 2017]. Disponible en: <http://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v58s4/a01v58s4.pdf>.

JARAMILLO, Carlos. et al., Índices de escasez y de calidad del agua para la priorización de cuerpos de agua en los planes de ordenación del recurso hídrico. Aplicación en la jurisdicción de Corantioquia. 2011. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 10(19), p. 33-45. [Consulta: 01 de agosto de 2017]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/750/75022317003/>.

LENNTCH. Water Treatment Solution. 2012. [Consulta: 15 de agosto de 2017]. Disponible en: Available at: <https://www.lenntech.es/ph-y-alcalinidad.htm>.

LOZANO, Liz. La bioindicación de la calidad del agua: Importancia de los macroinvertebrados en la cuenca alta del Río Juan Amarillo, Cerros Orientales de Bogotá. 2005. *Umbral científico*, Volumen 7, pp. 5-11. [Consulta: 01 de agosto de 2017]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/304/30400702>.

MAE. Texto Unificado de Legislación Secundaria, Medio Ambiente Libro VI Anexo 1. En: *Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua*. Quito: MAE. 2003. [Consulta: 02 de agosto de 2017]. Disponible en: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180>.

MARCÓ, Leandro. et al., La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadas a partir de fuentes superficiales. Propuestas a propósito del estudio del sistema de potabilización y distribución en la ciudad de Concepción del Uruguay (Entre Ríos, Argentina). *Revista de higiene y sanidad ambiental*, 4, pp. 72-82.

MARGALEF, R. *Limnología*. Barcelona: Omega. 1983.

MARRUGAN, A. Ecological diversity and its measurement. 1988. Princeton University Press, p. 2000.

MARTÍNEZ, Diana. Calidad del agua. *Boletín Científico de la Escuela Superior de Atotonilco de Tula*, 4(7). 2017. [Consulta: 02 de agosto de 2017]. Disponible en: <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/atotonilco/article/view/2202/2201>.

MEDINA, Yasmmy. Macroinvertebrados bentónicos indicadores de contaminación en el río Chili entre Junio a Agosto de 2011, Arequipa Perú. [En línea] (Tesis) (Titulación). Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú. 2011. [Citado el: 18 de septiembre de 2017]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/316585320/MACROINVERTEBRADOS-BENTONICOS-INDICADOR-docx>.

MESA, Leticia. Effect of spates and land use on macroinvertebrate community in Neotropical Andean streams. 2010. *Hydrobiologia*, 641(1), pp. 85-95. [Consulta: 06 de septiembre de 2017]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10750-009-0059-4>.

MONTOYA, Yimmy. et al., 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. 2011. *Caldasia*, 33(11), pp. 193-210. [Consulta: 04 de septiembre de 2017]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/cal/v33n1/v33n1a12.pdf>.

MORALES, Miguel. et al., Vanegas, E. & García, N. Uso de la tierra y calidad del agua superficial en la cuenca periurbana río Platanitos, Guatemala. 2014. *Revista Ingeniería Agrícola*, 4(4), p. 19–23. [Consulta: 05 de septiembre de 2017]. Disponible en: <http://revistas.unah.edu.cu/index.php/IAgric/article/view/661/662>.

MORENO, Claudia. *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T–Manuales y Tesis SEA. Vol.1 Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe. 2001. [Consulta: 28 de julio de 2017]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Claudia_Moreno7/publication/304346666_Metodos_para_medir_la_biodiversidad/links/576c346e08aedb18f3eb262a/Metodos-para-medir-la-biodiversidad.pdf.

MOYA, C. et al., Patrones de distribución espacial de ensamblajes de macroinvertebrados bentónicos de un sistema fluvial Andino Patagónico. 2009. *Revista chilena de historia natural*, pp. 425-422.

NARANJO, Juan. Y LÓPEZ, Pedro. Biological monitoring working party, Un índice biótico con potencialidades para evaluar la calidad de las aguas en ríos cubanos. 2013. *Ciencia en su PC*, Volumen 2, pp. 15-25. [Consulta: 28 de julio de 2017]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/1813/181328708003.pdf>.

OLIVERO, Rafael. et al., Remoción de la turbidez del agua del río Magdalena usando el mucílago del nopal *Opuntia ficus-indica*. 2013. *Producción+ Limpia*, 8(1), pp. 19-27. [Consulta: 31 de julio de 2017]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v8n1/v8n1a03.pdf>.

ORDOÑEZ, Juan. Contribuyendo al desarrollo de una cultura del agua y la gestión integral de recurso hídrico. 2011. Lima-Perú: SENAMHI. [Consulta: 31 de julio de 2017]. Disponible en: http://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/ciclo_hidrologico.pdf.

PAZMIÑO, Nicole. *Caracterización físico-química, biológica e hidromorfológica del río Itambi como afluente del lago San Pablo (Imbabura-Ecuador).* [En línea] (Tesis) (Titulación). Universidad de las Américas, Quito-Ecuador. 2016. [Citado el: 18 de septiembre de 2017]. Disponible en: <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/5986/1/UDLA-EC-TIAM-2016-09.pdf>.

PDOT. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia San Juan. Riobamba: Centros de Estudios para la Gestión Pública (CEGESPU). 2015. [Consulta: 10 de julio de 2017]. Disponible en: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0660823500001_ACTUALIZACI%C3%92N%20PDYOT%20SAN%20JUAN%202015-2019_30-10-2015_22-28-53.pdf.

PDOT. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia: San José de Payamino, Napo: SERVICOCA. 2015. [Consulta: 10 de julio de 2017]. Disponible en: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1560508300001_PDYOT_PAYAMINO_FINAL_30-10-2015_11-02-43.pdf.

PÉREZ, Norma. et al., Estudio de la correlación entre el índice biótico BMWP-CUB y parámetros físicoquímicos en el río Gascón de Santiago de Cuba. 2015. Revista Cubana de Química, 24(3), pp. 231-242. [Consulta: 02 de agosto de 2017]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/4435/443543727005/>.

PÉREZ, Pedro. Y QUISPFI, Ángel. Análisis de la calidad de agua de los ríos, Nagsiche y Pumacunchi, pertenecientes a la subcuenca del río Patate, de la provincia de Cotopaxi. [En línea] (Tesis). (Titulación). Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2016. [Citado el: 30 de agosto de 2017]. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/2853>.

PERRONE, A. 2001. La sostenibilidad del ecoturismo en el Ecuador. Quito: Serie Páramo (Ecoturismo) 9: 23-37.

PRAT, Narcís. et al., *Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas. Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología.* 631-654. 2009. [Consulta: 10 de julio de 2017]. Disponible en: <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=bibunfa.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=020496>.

REYES, Ana. Estudio de la diversidad florística del páramo de la comunidad de Guangopud, provincia de Chimborazo, Ecuador. 2016. *Rev. Perspectiva*, 16(18), pp. 75-82.

RODRÍGUEZ, Johel. Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, Conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto, (ASADAS), de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela, noviembre del 2008. *Pensamiento Actual, Universidad de Costa Rica*, 9(12-13), pp. 125-134. [Consulta: 14 de julio de 2017]. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/pensamiento-actual/article/view/2842/2764>.

ROLDÁN, G. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: Propuesta para el uso del método BMWP/Col. 2003. En: Medellín: Ed. Universidad de Antioquia, p. 175.

ROSALES, Luis Y SÁNCHEZ, Sonia. Uso de Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad del agua del río Palacagüina, Norte de Nicaragua. 2016. Revista Científica de FAREM-Estelí, Volumen 8, pp. 66-75. [Consulta: 10 de julio de 2017]. Disponible en: <https://www.lamjol.info/index.php/FAREM/article/view/2621/2371>

RUBIO, Héctor. et al., Índice de calidad de agua (ICA) en la presa la boquilla en Chihuahua, México. 2014. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 1(2), pp. 139-150. [Consulta: 30 de agosto de 2017]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/era/v1n2/v1n2a5.pdf>.

SARABIA, Irma. et al., Calidad del agua de riego en suelos agrícolas y cultivos del Valle de San Luis Potosí, México. 2011. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 27(2), pp. 103-113. [Consulta: 30 de agosto de 2017]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v27n2/v27n2a2.pdf>.

SEGNINI, S. El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. 2003. *Ecotropicos*, 16(2), pp. 45-63.

SMITH, S. Ecología: Comunidades. 2007. Eds. Capella, F. 4 ed., Madrid, ES. P 350-356.: Editorial Pearson Educación S.A.

SNET, S. Índice de calidad del agua general. 2004. "ICA", pp. 1-14.

TOLEDO, Margarita. Determinación de la calidad del agua mediante el uso de Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores en la microcuenca del río Chimborazo. [En línea] (Tesis) (Titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 2015. [Citado el: 14 de agosto de 2017]. Disponible en: <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/4774/1/236T0141.pdf>.

TORRES, P. et al., Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano: Una revisión crítica. 2009. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 8(15), pp. 79-94. [Consulta: 30 de agosto de 2017]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v8n15s1/v8n15s1a09.pdf>.

TORRES, Patricia. et al., Aplicación de índices de calidad de agua-ICA orientados al uso de la fuente para consumo humano. 2010. *Ingeniería e Investigación*, 30(3), pp. 86-95. [Consulta: 04 de septiembre de 2017]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v30n3/v30n3a07.pdf>.

VILLAMARÍN, Christian. et al., Caracterización física, química e hidromorfológica de los ríos altoandinos tropicales de Ecuador y Perú. 2014. *Latin american journal of aquatic research*, 42(5), pp. 1072-1086. [Consulta: 01 de septiembre de 2017]. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/lajar/v42n5/art12.pdf>.

ANEXOS

ANEXO A: Valores de sensibilidad a la contaminación establecidos por el Índice Biótico Andino (Acosta et al. 2009)

Orden	Familia	Puntuación	Orden	Familia	Puntuación
				Helicopsychidae	10
Turbellaria		5		Calamoceratidae	10
Hirudinea		3		Odontoceridae	10
Oligochaeta		1		Leptoceridae	8
	Ancyliidae	6	Trichoptera	Polycentropodidae	8
	Physidae	3		Hydroptilidae	6
Gasteropoda	Hydrobiidae	3		Xiphocentronidae	8
	Limnaeidae	3		Hydrobiosidae	8
	Planorbidae	3		Glossosomatidae	7
Bivalvia	Sphaeriidae	3		Hydropsychidae	5
Amphipoda	Hyaellidae	6		Anomalopsychidae	10
Ostracoda		3		Philopotamidae	8

Hydracarina	4		Limnephilidae	7	
Ephemeroptera	Baetidae	4	Lepidoptera	Pyralidae	4
	Leptophlebiidae	10		Ptilodactylidae	5
	Leptohyphidae	7		Lampyridae	5
	Oligoneuridae	10		Psephenidae	5
Odonata	Aeshnidae	6	Coleoptera	Scirtidae (Helodidae)	5
	Gomphidae	8		Staphylinidae	3
	Libellulidae	6		Elmidae	5
	Coenagrionidae	6		Dryopidae	5
	Calopterygidae	8		Gyrinidae	3
Plecoptera	Polythoridae	10		Dytiscidae	3
	Perlidae	10		Hydrophilidae	3
Heteroptera	Gripopterygidae	10		Hydraenidae	5
	Veliidae	5		Blepharoceridae	10
	Gerridae	5		Simuliidae	5
	Corixidae	5	Tabanidae	4	
	Notonectidae	5	Tipulidae	5	
	Belostomatidae	4	Limoniidae	4	
	Naucoridae	5	Ceratopogonidae	4	
			Diptera	Dixidae	4
				Psychodidae	3
				Dolichopodidae	4
				Stratiomyidae	4
				Empididae	4
				Chironomidae	2
				Culicidae	2
				Muscidae	2
				Ephydriidae	2
				Athericidae	10
				Syrphidae	1

ANEXO B: Valores de sensibilidad a la contaminación establecidos por el índice BMWP/Col (Roldan 2003)

Orden	Familia	Puntuación	Orden	Familia	Puntuación
Turbellaria		7	Trichoptera	Helicopsychidae	8
Hirudinea	Glossiphoniidae	3		Calamoceratidae	10
	Cyclobdellidae	3		Odontoceridae	10
Oligochaeta	Tubificidae	1		Leptoceridae	8
Gasteropoda	Thiaridae	5		Polycentropodidae	9
	Physidae	3		Hydroptilidae	7
	Hydrobiidae	8		Glossosomatidae	7
	Lymnaedidae	4		Hydrobiosidae	9
	Sphaeriidae	4		Hydropsychidae	7
	Ampullariidae	9			
	Ancylidae	6			
Bivalvia	Planorbidae	5			
	Sphaeriidae	3			

Amphipoda	Hyalellidae	7			
CRUSTACEA:	Palaemonidae	8			
Decapoda	Pseudothelphusidae	8			
HYDROZOA:				Anomalopsychidae	10
Hidroida	Hydridae	10			
HYDRACARINA :				Philopotamidae	9
Acari	Lymnesiidae	10			
NEMATOMORPHA				Atriplectididae	10
: Gordioidea	Chordodidae	10			
	Baetidae	7		Xiphocentronidae	9
	Leptophlebiidae	9			
	Ephemeridae	9			
	Euthyplociidae	9	Lepidoptera	Pyralidae	5
Ephemeroptera	Polymirtarcydae	9			
	Leptohyphidae	7		Ptilodactylidae	10
	Caenidae	7		Noteridae	4
	Oligoneuridae	10		Limnichidae	6
	Aeshnidae	6		Lampyridae	10
	Gomphidae	10		Psephenidae	10
	Lestidae	8		Scirtidae (Helodidae)	7
Odonata	Libellulidae	6	Coleoptera	Halplidae	4
	Megapodagrionidae	6		Lutrochidae	6
	Coenagrionidae	7		Staphylinidae	6
	Calopterygidae	7		Chrysomelidae	4
	Polythoridae	10		Elmidae	6
	Perlidae	10		Dryopidae	7
Plecoptera	Gripopterygidae	10		Gyrinidae	9
	Veliidae	8		Dytiscidae	9
Heteroptera	Gerridae	8	Diptera	Hydrophilidae	3
				Hydraenidae	9
				Simuliidae	8

ANEXO C: Reportes ICA Test para el Rio Payamino



ICATest v1.0 - Reporte NSF

Fecha: 21/11/2017
Hora: 15:10:22 p. m.
Lugar: MCRCh
Analista: Alexander Angulo

Valor del índice: 33.84
Número de parámetros: 9
Clasificación: Mala
Rango: 26-50
Color: Naranja

Detalles:

Parámetro	Resultado	Valor Q	Factor de pond.	Subíndice
DBO	2,35	5	0.11	0.55
Oxígeno disuelto	79	85.83	0.17	14.59
Coliformes fecales	244	35.24	0.16	5.64
Nitratos	1,79	1	0.1	0.1
pH	8,13	0	0.11	0
Temperatura	4	77	0.1	7.7
Sólidos totales	246	66.52	0.07	4.66
Fosfatos totales	1,72	2	0.1	0.2
Turbidez	11,21	5	0.08	0.4



ICATest v1.0 - Reporte NSF

Fecha: 24/11/2017
Hora: 08:46:14 p. m.
Lugar: MCRPy
Analista: Priscila Bustamante

Valor del índice: 29.13
Número de parámetros: 9
Clasificación: Mala
Rango: 26-50
Color: Naranja

Detalles:

Parámetro	Resultado	Valor Q	Factor de pond.	Subíndice
DBO	28,31	5	0.11	0.55
Oxígeno disuelto	68,38	50	0.17	8.5
Coliformes fecales	389,38	6.11	0.16	0.98
Nitratos	0,03	90	0.1	9
pH	7,16	0	0.11	0
Temperatura	3	81	0.1	8.1
Sólidos totales	19,76	20	0.07	1.4
Fosfatos totales	1,24	2	0.1	0.2
Turbidez	10,94	5	0.08	0.4

ANEXO E: Densidad de macroinvertebrados PUNTO 1 - Quebrada Totorillas (MCRCh)

ORDEN	FAMILIA	JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				PROMEDIO	
		Total	%	ABI	BMWP	Total	%	ABI	BMWP	Total	%	ABI	BMWP	Total	%	ABI	BMWP	Total	%
Diptera	Tipulidae	2	1.32	5	3	1	0.68	5	3					5	4.81	5	3	3	1.46
	Muscidae	2	1.32	2	2									4	3.85	2	2	3	1.64
	Blepharoceridae									12	16.67	10	10					12	6.55
	Limoniidae									2	2.78	4						2	1.09
	Simuliidae									2	2.78	5	8					2	1.09
	Blepharoceridae	14	9.21	10	10	12	8.11	10	10					3	2.88	10	10	10	5.28
	Chironomidae	17	11.18	2	2	6	4.05	2	2	5	6.94	2	2					9	5.10
Plecoptera	Gripopterygidae					1	0.68	10	10					12	11.54	10	10	7	3.55
Coleoptera	Elmidae	20	13.16	5	6	28	18.92	5	6	15	20.83	5	6					21	11.47
	Scirtidae					7	4.73	5	7	4	5.56	5	7					6	3.00
	Dytiscidae					1	0.68	3	9									1	0.55
Ephemeroptera	Baetidae	9	5.92	4	7													9	4.92
Trichoptera	Limnephilidae	42	27.63	7		12	8.11	7		10	13.89	7		7	6.73	7		18	9.70
	Calamoceratidae	1	0.66	10	10													1	0.55
	Hydrobiosidae	5	3.29	8	9	3	2.03	8	9					15	14.42	8	9	8	4.19
	Polycentropodidae	4	2.63	8	9									6	5.77	8	9	5	2.73
	Leptoceridae	2	1.32	8	8	3	2.03	8	8	5	6.94	8	8					3	1.82
	Glossosomatidae	12	7.89	7	7	28	18.92	7	7					52	50.00	7	7	31	16.75
Amphipoda	Hyalellidae	22	14.47	6	7	46	31.08	6	7									34	18.57
Haplotaaxida	Tubificidae									17	23.61		1					17	9.29
TOTAL		152	100.00	82	80	148	100.00	76	78	72	100.00	46	42	104	100.00	57	50	183	100.00

ANEXO F: Densidad de macroinvertebrados PUNTO 2 - Loma Yanarrumi (MCRCh)

ORDEN	FAMILIA	JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				PROMEDIO	
		Total	%	ABI	BMWP	Total	%	ABI	BMWP	Total	%	ABI	BMWP	Total	%	ABI	BMWP	Total	%
Coleoptera	Elmidae	6	9.68	5	6	1	2.17	5	6	9	23.68	5	6	4	11.76	5	6	5	7.88
	Scirtidae	2	3.23	5	7	2	4.35	5	7	3	7.89	5	7					2	3.68
	Ptilodactylidae	2	3.23	5	10	1	2.17	5	10					2	5.88	5	10	2	2.63
Diptera	Tipulidae	2	3.23	5	3	5	10.87	5	3					1	2.94	5	3	3	4.20
	Limoniidae					1	2.17	4						4	11.76	4		3	3.94
	Muscidae					5	10.87	2	2	2	5.26	2	2	1	2.94	2	2	3	4.20
	Ceratopogonidae					2	4.35	4	3									2	3.15
	Chironomidae	3	4.84	2	2	2	4.35	2	2					2	5.88	2	2	2	3.68
	Simuliidae	6	9.68	5	8	9	19.57	5	8					4	11.76	5	8	6	9.99
Ephemeroptera	Baetidae	2	3.23	4	7	7	15.22	4	7	5	13.16	4	7	3	8.82	4	7	4	6.70
Trichoptera	Hydropsychidae	2	3.23	8	9					3	7.89	8	9					3	3.94
	Hydrobiosidae	1	1.61	8	9													1	1.58
	Limnephilidae	5	8.06	7										3	8.82	7		4	6.31
Hirudinea	Glossiphoniidae	22	35.48	3	3					2	5.26	3	3	8	23.53	3	3	11	16.82
Amphipoda	Hyalellidae	6	9.68	6	7	4	8.70	6	7	9	23.68	6	7					6	9.99
Hydracarina	Hydrachnidae	3	4.84			3	6.52			2	5.26							3	4.20
Tricladida	Planariidae					3	6.52							1	2.94			2	3.15
Haplotaxida	Tubificidae					1	2.17	1		2	5.26	1						2	2.37
Veneroidea	Sphaeriidae									1	2.63	3	4	1	2.94	3	4	1	1.58
TOTAL		62	100.00	63	71	46	100.00	48	55	38	100.00	37	45	34	100.00	45	45	63	100.00

ANEXO G: Densidad de macroinvertebrados PUNTO 3 - Calera San Francisco (MCRCh)

ORDEN	FAMILIA	JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				PROMEDIO	
		Total	%	AB	BMWP	Total	%	ABI	BMWP	Total	%	ABI	BMWP	Total	%	ABI	BMWP	Total	%
Amphipoda	Hyaellidae	3	2.83	6	7									2	4.17	6	7	3	2.76
Haplotaxida	Tubificidae	15	14.15	1						11	13.75	1						13	14.34
Rhynchobdellae	Glossiphoniidae	4	3.77	3	3					5	6.25	3	3	7	14.58	3	3	5	5.88
Basommatophora	Physidae	3	2.83	8	3	2	3.17	8	3	1	1.25	8	3	1	2.08	8	3	2	1.93
	Lymnaeidae	6	5.66	6	4									2	4.17	6	4	4	4.41
Diptera	Simuliidae	5	4.72	5	8					4	5.00	5	8	3	6.25	5	8	4	4.41
	Limoniidae	2	1.89			2	3.17	4										2	2.21
	Chironomidae					3	4.76	2	2					1	2.08	2	2	2	2.21
	Ceratopogonidae	5	4.72	4	3	2	3.17	4	3	9	11.25	4	3					5	5.88
Ephemeroptera	Baetidae	58	54.72	4	7	45	71.43	4	7	43	53.75	4	7	25	52.08	4	7	43	47.15
Coleoptera	Elmidae (adulto,larva)	3	2.83	5	6					4	5.00	5	6	5	10.42	5	6	4	4.41
Tricladida	Planariidae	2	1.89			9	14.29			3	3.75			2	4.17			4	4.41
TOTAL		106	100.00	42	41	63	100.00	22	15	80	100.00	30	30	48	100.00	39	40	91	100.00

ANEXO H: Densidad de macroinvertebrados PUNTO 4 - Puente UCEM (MCRCh)

ORDEN	FAMILIA	JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				PROMEDIO	
		Total	%	ABI	BMWP	Total	%	ABI	BMWP	Total	%	ABI	BMWP	Total	%	ABI	BMWP	Total	%
Diptera	Chironomidae	23	26.44	2	2	42	31.11	2	2	7	8.33	2	2	19	24.68	2	2	23	20.22
	Tipulidae									3	3.57	5	3	1	1.30	5	3	2	1.78
	Simuliidae	12	13.79	5	8	23	17.04	5	8	9	10.71	5	8	8	10.39	5	8	13	11.56
	Ceratopogonidae	3	3.45	4	3	5	3.70	4	3	2	2.38	4	3	6	7.79	4	3	4	3.56
Trichoptera	Leptoceridae	2	2.30	8	8									1	1.30	8	8	2	1.33
	Hydroptilidae					3	2.22	7	6									3	2.67
	Hydrobiosidae			8	9	3	2.22	8	9					2	2.60	8	9	3	2.22
Ephemeroptera	Baetidae	36	41.38	4	7	24	17.78	4	7	28	33.33	4	7	22	28.57	4	7	28	24.44
Coleoptera	Haliplidae	4	4.60	4														4	3.56
	Elmidae (larva, adulto)					6	4.44	5	6	1	1.19	5	6					4	3.11
Lepidoptera	Pyralidae	2	2.30	5	4													2	1.78
Amphipoda	Hyaellidae									3	3.57	6	7	1	1.30	6	7	2	1.78
Basommatophora	Physidae	1	1.15	8	3	12	8.89	8	3	17	20.24	8	3	13	16.88	8	3	11	9.56
	Lymnaeidae			6	4	3	2.22	6	4					3	3.90	6	4	3	2.67
Haplotaxida	Tubificidae	3	3.45	1		7	5.19	1		9	10.71	1						6	5.63
Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	1	1.15	3	3	2	1.48	3	3	1	1.19	3	3					1	1.19
Tricladida	Planariidae					5	3.70			4	4.76			1	1.30			3	2.96
TOTAL		87	100.00	58	51	135	100.00	53	51	84	100.00	43	42	77	100.00	56	54	112.5	100.00

ANEXO I. Densidad de macroinvertebrados PUNTO 1 - San José Nuevo (MCRPy)

Orden	Familia	JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				PROMEDIO	
		Total	%	ABI	BMWP	Total	%	ABI	BMWP	Total	%	ABI	BMWP	Total	%	ABI	BMWP	Total	%
Coleoptera	Hydrophilidae	15	6.17	3	3	8	6.06	3	3	6	5.94	3	3	5	7.46	3	3	9	4.44
	Psephenidae					9	6.82	5	10					4	5.97	5	10	7	3.39
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	1	0.41	10	9									3	4.48	10	9	2	1.04
	Baetidae	28	11.52	4	7													28	14.62
Trichoptera	Leptoceridae	70	28.81	8	8	25	18.94	8	8					12	17.91	8	8	36	18.62
	Hidropsychidae	29	11.93	5	7	27	20.45	5	7	25	24.75	5	7					27	14.10
Diptera	Tabanidae	6	2.47	4	5	15	11.36	4	5	9	8.91	4	5	7	10.45	4	5	9	4.83
	Chironomidae					5	3.79	2	2									5	2.61
Plecoptera	Perlidae	51	20.99	10	10	35	26.52	10	10	27	26.73	10	10	15	22.39	10	10	32	16.71
Tricladida	Dugesiiidae	9	3.70			4	3.03			8	7.92			6	8.96			7	3.52
Heteroptera	Naucoridae	8	3.29	5	7					12	11.88	5	7					10	5.22
Odonata	Polythoridae	23	9.47	10	10					14	13.86	10	10	15	22.39	10	10	17	9.05
	Gomphidae	3	1.23	8	10	4	3.03	8	10									4	1.83
Total		243	100.00	67	76	132	100.00	45	55	101	100.00	37	42	67	100.00	50	55	192	100.00

ANEXO J: Densidad de macroinvertebrados PUNTO 2 - San Francisco (MCRPy)

Orden	Familia	JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				PROMEDIO	
		Total	%	ABI	BMWP	Total	%	ABI	BMWP	Total	%	ABI	BMWP	Total	%	ABI	BMWP	Total	%
Coleoptera	Elmidae	23	9.16	5	6	15	9.55	5	6									19	9.41
	Psephenidae	7	2.79	5	10	28	17.83	5	10	11	14.67	5	10	15	17.65	5	10	15	7.56
Diptera	Tipulidae	14	5.58	5	3					3	4.00	5	3	5	5.88	5	3	7	3.63
	Chironomidae	32	12.75	2	2													32	15.85
Trichoptera	Leptoceridae	43	17.13	8	8	31	19.75	8	8	27	36.00	8	8	19	22.35	8	8	30	14.86
	Hidropsychidae	3	1.20	5	7	6	3.82	5	7	2	2.67	5	7	4	4.71	5	7	4	1.86
Ephemeroptera	Baetidae	38	15.14	4	7	32	20.38	4	7					14	16.47	4	7	28	13.87
Megaloptera	Corydalidae	56	22.31		6					17	22.67		6	8	9.41		6	27	13.38
Tricladida	DugesIIDae					5	3.18											5	2.48
Plecoptera	Perlidae	25	9.96	10	10	27	17.20	10	10	12	16.00	10	10	18	21.18	10	10	21	10.16
Lepidoptera	Pyralidae	4	1.59	4	5	6	3.82	4	5	3	4.00	4	5	1	1.18	4	5	4	1.73
Odonata	Polythoridae	6	2.39	10	10									1	1.18	10	10	4	1.73
	Gomphidae					7	4.46	8	10									7	3.47
Total		251	100.00	58	74	157	100.00	49	63	75	100.00	37	49	85.00	100.00	51	66	202	100.00

ANEXO K: Densidad de macroinvertebrados PUNTO 3 - Sumaco (MCRPy)

Orden	Familia	JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				PROMEDIO	
		Total	%	ABI	BMWP	Total	%	ABI	BMWP	Total	%	ABI	BMWP	Total	%	ABI	BMWP	Total	%
Coleoptera	Elmidae	9	25.00	5	6	12	25.00	5	6					7	20.00	5	6	9	16.14
Ephemeroptera	Baetidae	6	16.67	4	7	3	6.25	4	7	2	4.65	4	7	5	14.29	4	7	4	6.92
Diptera	Chironomidae	16	44.44	2	2	19	39.58	2	2	21	48.84	2	2	14	40.00	2	2	18	30.26
	Tabanidae									11	25.58	4	5					11	19.02
Odonata	Gomphidae	5	13.89	8	10	2	4.17	8	10	7	16.28	8	10	4	11.43	8	10	5	7.78
	Polythoridae									2	4.65	10	10					2	3.46
Plecoptera	Perlidae					5	10.42	10	10					2	5.71	10	10	4	6.05
Trichoptera	Hidropsychidae					2	4.17	5	7									2	3.46
Lepidoptera	Pyralidae					5	10.42	4	5					3	8.57	4	5	4	6.92
Total		36	100.00	19	25	48	100.00	38	47	43	100.00	28	34	35	100.00	33	40	58	100.00

ANEXO L: Densidad de macroinvertebrados PUNTO 4 - Orellana (MCRPy)

Orden	Familia	JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				PROMEDIO	
		Total	%	ABI	BMWP	Total	%	ABI	BMWP	Total	%	ABI	BMWP	Total	%	ABI	BMWP	Total	%
Coleoptera	Elmidae	16	15.53	5	6	7	6.31	5	6	3	8.33	5	6	1	2.17	5	6	7	6.59
	Psephenidae	3	2.91	5	10	12	10.81	5	10	1	2.78	5	10					5	5.20
Diptera	Tipulidae					6	5.41	5	3					4	8.70	5	3	5	4.88
	Chironomidae					17	15.32	2	2									17	16.59
Trichoptera	Leptoceridae	35	33.98	8	8	25	22.52	8	8	15	41.67	8	8	11	23.91	8	8	22	20.98
	Hidropsychidae	1	0.97	5	7					1	2.78	5	7	1	2.17	5	7	1	0.98
Ephemeroptera	Baetidae	30	29.13	4	7	24	21.62	4	7					6	13.04	4	7	20	19.51
Megaloptera	Corydalidae	3	2.91		6	3	2.70		6	5	13.89		6	4	8.70		6	4	3.66
Tricladida	Dugesiiidae	2	1.94							9	25.00			8	17.39			6	6.18
Plecoptera	Perlidae	8	7.77	10	10	13	11.71	10	10					10	21.74	10	10	10	10.08
Lepidoptera	Pyrilidae	1	0.97	4	5	3	2.70	4	5	2	5.56	4	5					2	1.95
Odonata	Polythoridae	4	3.88	10	10									1	2.17	10	10	3	2.44
	Gomphidae					1	0.90	8	10									1	0.98
Total		103	100.00	51	69	111	100.00	51	67	36	100.00	27	42	46.00	100.00	47	57	103	100.00