



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CALIDAD DE AGUA USANDO
MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS COMO BIOINDICADORES EN DOS
BOFEDALES EN LA COMUNIDAD PUCARÁ, PARROQUIA PILAHUÍN, DENTRO DE
LA RESERVA DE PRODUCCIÓN DE FAUNA CHIMBORAZO”**

TRABAJO DE TITULACIÓN
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA TITULACIÓN DE GRADO

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO FORESTAL**

ALEXANDER VINICIO YEROVI JUIÑA

RIOBAMBA –ECUADOR

2019

©2019, Alexander Vinicio Yerovi Juiña

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

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que el trabajo de investigación: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CALIDAD DE AGUA USANDO MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS COMO BIOINDICADORES EN DOS BOFEDALES EN LA COMUNIDAD PUCARÁ, PARROQUIA PILAHUÍN, DENTRO DE LA RESERVA DE PRODUCCIÓN DE FAUNA CHIMBORAZO", de responsabilidad del señor Alexander Vinicio Yerovi Juiña, ha realizado las correcciones enviadas por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, quedando autorizado para la sustentación del trabajo de titulación.

ING. CARLOS FRANCISCO CARPIO COBA
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN



DR. MICHEL LEIVA MORA, Ph. D.
ASESOR DEL TRIBUNAL



AUTORÍA

La autoría del presente trabajo de investigación es de propiedad intelectual del autor y de la Carrera de Ingeniería Forestal de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.



Alexander Vinicio Yerovi Juiña

C.I 0605907849

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, por permitirme culminar mi formación como profesional con éxito y por proveerme de la fuerza y sabiduría necesaria para continuar en los momentos más arduos.

A mis Padres quienes, en el trajinar de mi vida estudiantil, se han esmerado por mi bienestar y darme una excelente educación, siendo el motor fundamental en mi vida, por su paciencia, confianza, amor y apoyo incondicional.

A mis amigos, compañeros de promoción y familiares, que confiaron en mí, me extendieron su apoyo y me motivaron en los momentos cuando a punto de caer he estado, que Dios bendiga sus vidas.

Alexander V. Yerovi Juiña

AGRADECIMIENTOS

Agradezco esencialmente a Dios, por estar conmigo en todo momento, por la sabiduría que me ha dado, por ser mi fuerza en momentos complicados y por poner en mi camino personas que fueron de grata compañía y soporte durante mi carrera universitaria.

A mis Padres Marco y María, quienes a pesar de las dificultades me enseñaron a no rendirme ni desfallecer ante cualquier problema, su apoyo incondicional y paciencia durante todos estos años se ve reflejado en la culminación exitosa de esta etapa de mi vida.

A mi hermana Mishell por ser parte esencial de mi vida y con quien comparto mis tristezas y alegrías.

Mi eterno agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Carrera de Ingeniería Forestal, por permitirme adquirir una base sólida de conocimientos para formarme como profesional.

Al Ing. Carlos Carpio C, al Ph.D. Michel Leiva; Director y Miembro del Tribunal de Tesis, por la dedicación, el apoyo brindado, sus conocimientos y experiencia que contribuyeron para que este trabajo de investigación se pueda realizar.

A los técnicos del proyecto MARERUS, asesora Inforgis, GAD Chambo-Departamento de agua potable, quienes me ayudaron en asesorías, análisis y dudas que se presentaron a lo largo de la realización de la tesis.

Alexander V. Yerovi Juiña

TABLA DE CONTENIDOS

LISTA DE TABLAS	I
LISTA DE FIGURAS	II
LISTA DE ANEXOS	III
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	IV
<u>I. TEMA.</u>	<u>1</u>
<u>II. INTRODUCCIÓN</u>	<u>1</u>
<u>A. JUSTIFICACIÓN</u>	<u>2</u>
<u>B. OBJETIVOS</u>	<u>3</u>
1. OBJETIVO GENERAL	3
2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
<u>C. HIPÓTESIS</u>	<u>3</u>
1. HIPÓTESIS NULA	3
2. HIPÓTESIS ALTERNANTE	3
<u>III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	<u>4</u>
A. ECOSISTEMAS ACUÁTICOS	4
1. BOFEDALES	4
2. CLASIFICACIÓN DE BOFEDALES	4
3. IMPORTANCIA DE LOS BOFEDALES	5
B. CALIDAD DE AGUA	5
C. ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA)	6
D. ESTIMACIÓN DEL CÁLCULO DEL ÍNDICE ICA	7
E. PARÁMETROS PARA LA DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA)	7
A. PARÁMETROS FÍSICOS	7
1. TEMPERATURA	7
2. TURBIDEZ	7
B. PARÁMETROS QUÍMICOS	8
3. pH	8
4. OXÍGENO DISUELTO	8
5. NITRATOS Y NITRITOS	8
6. SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	9
C. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	9
7. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO)	9
8. COLIFORMES FECALES	10
9. FOSFATOS TOTALES	10

F. BIOINDICADORES	10
G. MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS COMO BIOINDICADORES	11
DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES ÓRDENES DE MACROINVERTEBRADOS UTILIZADOS EN LOS ÍNDICES BIOLÓGICOS DE BUENA CALIDAD.	11
A) EPHEMERÓPTERA	11
B) PLECÓPTERA	12
C) TRICHÓPTERA	12
D) ODNATOS	13
E) COLEÓPTERA	13
DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES ÓRDENES DE MACROINVERTEBRADOS UTILIZADOS EN LOS ÍNDICES BIOLÓGICOS DE MALA CALIDAD	14
H. ECOLOGÍA DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS	15
1. IMPORTANCIA ECOLÓGICA DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS	15
2. PATRONES LONGITUDINALES	15
3. HÁBITAT Y ALIMENTO DE LOS MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS	16
4. IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LOS MACROINVERTEBRADOS	17
I. ÍNDICES DE CALIDAD BIOLÓGICOS	17
1. ÍNDICE ABI	18
2. ÍNDICE EPT	18
J. ÍNDICES DE DIVERSIDAD	19
1. ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE SIMPSON (IDS)	19
2. ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON	19
K. MARCO LEGAL EN EL ECUADOR	20
<u>IV. MATERIALES Y MÉTODOS</u>	<u>22</u>
A. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR	22
1. LOCALIZACIÓN	22
2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA	22
3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS	23
B. MATERIALES Y EQUIPOS	23
1. MATERIALES DE CAMPO	23
2. MATERIALES Y EQUIPOS DE OFICINA	23
3. MATERIAL EXPERIMENTAL	23
C. DISEÑO EXPERIMENTAL	24
D. METODOLOGÍA	24
A) TAMAÑO DE LA MUESTRA	24
B) DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	25
C) SELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO	25
1. CARACTERIZACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS (RECOLECCIÓN Y MUESTREO DE MACROINVERTEBRADOS)	26
2. MEDIR LOS PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS INDISPENSABLES PARA LA SUPERVIVENCIA DE LOS MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS EN LAS ÁREAS DE BOFEDALES.	27
3. DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA EXISTENTE EN LOS DOS BOFEDALES DENTRO DE LA COMUNIDAD PUCARÁ, PARROQUIA PILAHUÍN, DENTRO DE LA RESERVA DE PRODUCCIÓN DE FAUNA CHIMBORAZO MEDIANTE EL ÍNDICE DE CALIDAD BIOLÓGICO ANDINO (ABI).	29
<u>V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	<u>33</u>

1. CARACTERIZACIÓN DE LA DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS.	33
A) ANÁLISIS DE LAS FAMILIAS TAXONÓMICAS DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS RECOLECTADOS EN EL BOFEDAL 1.	35
B) ANÁLISIS DE LAS FAMILIAS TAXONÓMICAS DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS RECOLECTADOS EN EL BOFEDAL 2.	37
C) DIVERSIDAD DE ESPECIES	39
2. CURVA DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES	40
3. ANÁLISIS DE CADA UNO DE LOS PARÁMETROS INDISPENSABLES PARA EL DESARROLLO DE MACROINVERTEBRADOS SEGÚN EL ICA EN LOS PUNTOS DE MUESTREO.	41
A) ÍNDICE DE CALIDAD AGUA EN EL BOFEDAL 1	41
B) ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA EN EL BOFEDAL 2	42
4. PARÁMETROS ANALIZADOS	44
1. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO)	44
2. OXÍGENO DISUELTO (OD)	44
3. COLIFORMES FECALES	45
4. NITRATOS	46
5. POTENCIAL HÍDRICO (pH)	47
6. TEMPERATURA	47
7. SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (TDS)	48
8. FOSFATOS TOTALES	49
9. TURBIDEZ	49
5. ÍNDICE DE CALIDAD BIOLÓGICO	50
ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE EL ÍNDICE ABI	52
ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS	53
<u>VI. CONCLUSIONES</u>	<u>54</u>
<u>VII. RECOMENDACIONES</u>	<u>55</u>
<u>VIII. RESUMEN</u>	<u>56</u>
<u>IX. SUMMARY</u>	<u>57</u>
<u>X. BIBLIOGRAFÍA</u>	<u>57</u>
<u>XI. ANEXOS</u>	<u>63</u>

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de bofedales.....	5
Tabla 2. Pesos relativos de cada parámetro del índice ICA	6
Tabla 3. Clasificación del ICA	7
Tabla 4. Macroinvertebrados indicadores de mala calidad de agua	14
Tabla 5. Porcentajes de la calidad del agua de acuerdo con el índice EPT	18
Tabla 6. Puntos de muestreo.....	23
Tabla 7. Diseño experimental del área.....	24
Tabla 8. Puntaje para macroinvertebrados acuáticos según la propuesta del índice ABI.....	29
Tabla 9. Puntajes para calidad del agua según el índice ABI.....	32
Tabla 10. Superficies de las áreas de influencia Bofedal 1.	33
Tabla 11. Superficies de las áreas de influencia Bofedal 2	34
Tabla 12. Abundancia de las diferentes familias de macroinvertebrados bentónicos en el Bofedal 1	35
Tabla 13. Abundancia de las diferentes familias de macroinvertebrados bentónicos en el Bofedal 2	37
Tabla 14. Índice de diversidad de macroinvertebrados bentónicos en los Bofedales 1 y 2	39
Tabla 15. Cálculo del ICA en el primer punto de muestreo (Bofedal 1).....	41
Tabla 16. Cálculo del ICA en el segundo punto de muestreo (Bofedal 2).	42
Tabla 17. ÍNDICE ABI EN EL BOFEDAL 1	50
Tabla 18. ÍNDICE ABI EN EL BOFEDAL 2	51
Tabla 19. Análisis comparativo de la calidad de agua mediante el índice ABI.....	52
Tabla 20. Tabla 20. Diversidad de macroinvertebrados.....	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Grupo de macroinvertebrados (Ephemeroptera)	12
Figura 2. Grupo de macroinvertebrados (Plecoptera)	12
Figura 3. Grupo de macroinvertebrados (Trichoptera)	13
Figura 4. Mapa de ubicación de dos bofedales en la comunidad Pucará, parroquia Pilahuín dentro de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo.	22
Figura 5. Recolección de macroinvertebrados.....	26
Figura 6. Recolección de macroinvertebrados.....	27
Figura 7. Identificación de macroinvertebrados	Figura 8. Familias Baetidae y Simuliidae. 27
Figura 9. Determinación de parámetros <i>in situ</i>	28
Figura 10. Análisis de parámetros en el laboratorio	29
Figura 11. Puntos de muestreo en el Bofedal 1	34
Figura 12. Puntos de muestreo en el Bofedal 2	35
Figura 13. Distribución porcentual de la taxonomía de macroinvertebrados recolectados Bofedal 1	37
Figura 14. Distribución porcentual de la taxonomía de macroinvertebrados recolectados Bofedal 2	39
Figura 15. Curva de acumulación de especies	40
Figura 16. Representación gráfica del primer punto de muestreo (Bofedal 1).....	42
Figura 17. Representación gráfica del segundo punto de muestreo (Bofedal 2).....	43
Figura 18. Límites permisibles para la Demanda Bioquímica de Oxígeno	44
Figura 19. Límites permisibles para el Oxígeno Disuelto.....	45
Figura 20. Límites permisibles para Coliformes Fecales.....	45
Figura 21. Límites permisibles para Nitratos.	46
Figura 22. Límites permisibles Potencial Hidrógeno.....	47
Figura 23. Límites permisibles para la Temperatura.	47
Figura 24. Límites permisibles para Sólidos Disueltos Totales.	48
Figura 25. Límites permisibles para Fosfatos Totales.	49
Figura 26. Límites permisibles para Turbidez.....	49

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Ubicación y delimitación de los puntos de monitoreo	63
Anexo 2. Recolección de macroinvertebrados bentónicos en los Bofedales	63
Anexo 3. Observación de macroinvertebrados bentónicos	63
Anexo 4. Almacenamiento de macroinvertebrados	64
Anexo 5. Etiquetado de las muestras.....	64
Anexo 6. Identificación de los órdenes, familias de macroinvertebrados bioindicadores por medio del estereoscopio	64
Anexo 7. Materiales utilizados en la medición de parámetros físico químicos del agua	65
Anexo 8. Insumos utilizados para los parámetros físico químicos	65
Anexo 9. Medición de parámetros físico químicos	65
Anexo 10. Familias de macroinvertebrados colectados en el Bofedal 1	67
Anexo 11. Familias de macroinvertebrados colectados en el Bofedal 2.....	68
Anexo 12. Análisis de Calidad de Agua (EPT & ABI)	69
Anexo 13. Índice de calidad de agua en el Bofedal (EPT & ABI)	70
Anexo 14. Índice de calidad de agua en el Bofedal 2 (EPT & ABI)	71
Anexo 15. Parámetros físico químicos del Bofedal 1.....	72
Anexo 16. Parámetros físico químicos del Bofedal 2.....	73
Anexo 17. Guía de movilización.....	74
Anexo 18. Permiso de investigación científica.....	75
Anexo 19. Permiso de investigación científica.....	76
Anexo 20. Certificado de identificación de macroinvertebrados (PUCE)	77

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

m.s.n.m.	Metros sobre el Nivel del Mar
MAE	Ministerio del Ambiente del Ecuador
ICA	Índice de Calidad del Agua
TULSMA	Texto Unificado de Legislación Secundaria Media Ambiente
pH	Potencial hidrógeno
mg/l	Miligramos por litro
°C	Grados centígrados
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
ABI	Andean Biotic Index
BMWP	Biological Monitoring Working Party
EPT	Ephemeroptera, Plecóptera y Trichóptera
Σ	Sumatoria
Art	Artículo
UTM	Universal Transfer Mercator
WGS	World Geodetic System
PDOT	Plan de Ordenamiento Territorial
μm	Micras
TDS	Total de Sólidos Disueltos
OD	Oxígeno Disuelto
Ha	Hectáreas
ESPOCH	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

I. “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CALIDAD DE AGUA USANDO MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS COMO BIOINDICADORES EN DOS BOFEDALES EN LA COMUNIDAD PUCARÁ, PARROQUIA PILAHUÍN, DENTRO DE LA RESERVA DE PRODUCCIÓN DE FAUNA CHIMBORAZO”.

II. INTRODUCCIÓN

Según el criterio de Cáceres (2013), manifiesta que los bofedales brindan diversos servicios ambientales entre los que se destacan la regulación del ciclo hidrológico y protección del suelo, contienen grandes cantidades de carbono almacenado en su sistema y generan una gran producción de gua. Teniendo en consideración que nuestro estado ecuatoriano protege los bofedales de altura por ser un ambiente de amplia diversidad de fauna y flora, priorizando la conservación.

Existen diversos estudios y monitoreos realizados por sobre los 2000 msnm, con la única finalidad de mostrar de manera clara desde hace varios años atrás la calidad de agua que emergen netamente de los páramos y concientizar a las comunidades cercanas sobre la protección y el cuidado del recurso agua. Varios ejemplos de estudios se han establecido en las regiones del Parque Nacional Cajas en la provincia del Azuay, Ozogoche en la provincia de Chimborazo, Río Otonga en la provincia de Pichincha, etc. y muestra como resultado de la evaluación, que las alteraciones en los ecosistemas dulceacuícolas minimizan significativamente grupos de macroinvertebrados y su biodiversidad tanto a nivel regional como local según el criterio manejado por (Dangles *et al.*, 2011).

La zona alto andina de la comunidad Pucará, parroquia Pilahuín, en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo están siendo presionada por actividades antrópicas como el avance de la frontera agrícola, ganadería, cambio de uso de suelo, etc., provocando pérdida en la capacidad de retención de agua y disminución en la regulación hídrica de caudales esenciales para riego y consumo humano para la población que se encuentra en la subcuenca del río Ambato (MAE, 2014) afectando de manera directa a la diversidad de organismos acuáticos, esta zona constituye actualmente una de las principales áreas de conservación debido a su alta riqueza biológica y alto nivel de endemismo y adicionalmente porque es considerado uno de los ecosistemas menos conocidos de los trópicos (Armenteras *et al.*, 2003), además de ello, la fauna bentónica de los sistemas acuáticos continentales es una de las más ricas y probablemente entre las más diversificadas y juega un rol importante en el mantenimiento de la actividad metabólica de estos ambientes (Reinoso *et al.*, 2008; Rivera *et al.*, 2008; Montoya & Aguirre, 2009). Debido a que los macroinvertebrados bentónicos son sensibles a las variaciones ambientales, estos pueden ser usados para evaluar el

grado de integridad ecológica del sistema tanto de manera momentánea como estacional (Gutiérrez-Yurrita *et al.*, 2002).

Pese a que los cuerpos de agua dulce comprenden gran parte de los ecosistemas del Ecuador, a alturas mayores a los 3000 msnm son escasos los estudios de macroinvertebrados que brinden información sobre su disposición y sensibilidad frente a factores como la temperatura y otro principal como la altitud (Sánchez, 2015).

A. JUSTIFICACIÓN

Meza (2012), menciona que en la última década el proceso de contaminación de este tipo de ecosistemas ha afectado a la pérdida tanto en calidad como en cantidad del agua como recurso, los bofedales se denominan importantes dentro del aspecto ambiental, social, económico y a pesar de estos aspectos fundamentales se hallan en un gran riesgo al borde de un colapso ecosistémico, afectado de manera principal por el aumento de actividades antropogénicas (Romero *et al.*, 2017), mientras que Andrade (2016), menciona también que ha influido la combustión del páramo, la expansión de la frontera agrícola, la polución por desechos y el desarrollo de actividades pecuarias, provocan la pérdida de la extensión en la cobertura y los procesos de composición biótica que se desenvuelven en los bofedales. Señalando que el detrimento de este ecosistema aumenta trascendentalmente de manera directa e indirecta, complicando la funcionalidad de los bofedales y afectando la capacidad de estos ecosistemas para generar beneficios.

En el presente estudio se procuró recolectar información que nos ayude a identificar familias de macroinvertebrados bentónicos cuya presencia puede influir en la calidad de agua en áreas de bofedales, puesto que los macroinvertebrados son organismos muy sensibles y proveen de resultados rápidos a actividades antrópicas y naturales.

En la presente investigación se establecieron los sitios de muestreo dentro del área de estudio, posteriormente se midieron parámetros físico químicos según el Índice de Calidad de Agua (ICA), que indica la calidad en valores porcentuales previo a un contraste con los parámetros que analiza el TULSMA, que señala los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano, mismos que son indispensables para la supervivencia de los macroinvertebrados bentónicos en las áreas de muestreo, y además determinar la calidad del agua dentro de la comunidad Pucará, parroquia Pilahuín, dentro de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo.

B. OBJETIVOS

1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar mediante análisis comparativo la calidad de agua usando macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores en dos bofedales en la comunidad Pucará, parroquia Pilahuín, dentro de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo.

2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Caracterizar la diversidad de macroinvertebrados bentónicos en las áreas de bofedales seleccionados para el muestreo.
2. Medir los parámetros físico químicos indispensables para la supervivencia de los macroinvertebrados bentónicos en áreas de bofedales.
3. Determinar la calidad del agua existente en los dos bofedales dentro de la comunidad Pucará, parroquia Pilahuín, dentro de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo mediante el índice de calidad biológico Andino (ABI).

C. HIPÓTESIS

1. Hipótesis Nula

La calidad de agua de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo en la comunidad Pucará, parroquia Pilahuín en base a la diversidad de macroinvertebrados bentónicos encontrados en los dos bofedales es mala.

2. Hipótesis Alternante

La calidad de agua de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo en la comunidad Pucará, parroquia Pilahuín en base a la diversidad de macroinvertebrados bentónicos encontrados en los dos bofedales es buena.

III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

A. ECOSISTEMAS ACUÁTICOS

La unidad ecológica donde un conjunto de colectividades se relaciona con el ambiente y entre sí, se denomina ecosistema, estos organismos se ven influenciados por un par de factores. Los factores abióticos son aquel medio donde se desarrollan los organismos. Los factores bióticos manifiestan las coacciones entre los organismos pertenecientes al ecosistema.

Un ecosistema acuático abarca unidades ecológicas que se desenvuelven en el agua; se los puede encontrar de dos tipos: dulceacuícolas (corresponden a las aguas continentales) y marinos (con presencia en aguas oceánicas) (Fernández, 2011).

1. Bofedales

A los bofedales también se los puede considerar como marismas, pantanos, humedales de altura, turberas a las superficies protegidas de agua ya sean de origen artificial o natural, estacional o continua, detenida o normal, dulce o salada, donde la interacción de estas superficies con condiciones bioquímicas, forman entornos donde residen gran comunidad de flora y fauna (Lorini, 2014). Los bofedales comprenden un endemismo notable (Aguirre, Ahumada, Contreras, & Figueroa, 2011).

Lobato (2013), manifiesta que los bofedales se establecen en zonas de macizos andinos que se encuentran por sobre los 3.800 metros de altura, donde en las zonas de llanuras se acumulan aguas resultantes de lluvias, derretimiento de glaciares y de surgimiento de aguas subterráneas.

2. Clasificación de bofedales

Cárdenas (2008), explica que hay varios tipos de bofedales, los cuales se los puede clasificar dependiendo de las variables que existen de acuerdo con las características físicas en distribución del ecosistema y en la composición (Andrade, 2016).

Tabla 1. Tipos de bofedales.

TIPOS DE BOFEDALES		
ORIGEN	Naturales	Son aquellos creados por la humedad de deshielos, manantiales naturales de aguas sub superficiales o aguas subterráneas y precipitaciones pluviales.
	Artificiales o Antrópicos	Creados por el hombre, de acuerdo a su conveniencia y necesidad.
ALTITUD	Altiplánicos	Están ubicados por debajo de los 4.100 m.s.n.m.
	Altoandinos	Están ubicados por encima de los 4.100 m.s.n.m.
RÉGIMEN HÍDRICO	Hidromórficos o údicos	Tienen presencia de ficos o údicos agua permanente.
	Mésicos o ústicos	Tienen presencia de agua ústicos temporal.
pH DE LOS SUELOS	Ácidos	pH menor a 6.4. Ácidos
	Neutros	pH de 6.4 a 7.4. Neutros
	Básicos	pH mayor a 7.4. Básicos
TAMAÑO	Pequeños	Uso familiar. Pequeños
	Grandes	Uso comunal. Grandes
FISIOGRAFÍA	De Cordillera o altura.	
	De Llanura, pampa y aluviales.	

Fuente. (Cárdenas & Encima, 2008)

3. Importancia de los bofedales

Los bofedales se los considera como los centros de biodiversidad y fuente principal para la localidad alto andina y la fauna. Como servicios ecosistémicos imprescindibles que brindan estos humedales alto andinos es el abastecimiento de agua, no únicamente provee a los asentamientos humanos en sus inmediaciones, así como también es indispensable útil para la flora y fauna del lugar e inclusive fauna migratoria, para el riego en cultivos, para consumo en las zonas bajas. También, los humedales abastecen recursos genéticos, regularizan caudales, capturan carbono, fibras vegetales, alimentos (Alzerreca *et al.*, 2001).

B. CALIDAD DE AGUA

Las propiedades físicas, químicas y biológicas de las masas de agua tanto subterráneos como superficiales pertenecen a la calidad de agua, dichas propiedades al ser alteradas trascienden de manera negativa en los asentamientos humanos, la existencia animal y vegetal. (Commission for Environmental Cooperation, 2009).

C. ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA)

El índice ICA en la actualidad es mundialmente uno de los más utilizados por la facilidad que posee de realizar cualificaciones frecuentes del estado en el que se halla el agua, considerándose un instrumento que permite conocer el progreso o el deterioro de la calidad (Coello *et al.*, 2013). Según Morales *et al.*, (2014) este índice tiene como prioridad 9 parámetros como respuesta: Demanda bioquímica de oxígeno (DBO), Coliformes fecales, turbiedad, oxígeno disuelto, potencial de hidrógeno, fósforo total, nitratos, sólidos suspendidos totales.

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

La fórmula matemática se expresa de la siguiente manera:

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

Donde:

I_i: Valor determinado del cada parámetro.

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.

Tabla 2. Pesos relativos de cada parámetro del índice ICA

i	I_i	W_i
1	Coliformes Fecales	0,15
2	pH	0,12
3	Demanda Bioquímica de oxígeno	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

Fuente. (SNET, 2004)

D. ESTIMACIÓN DEL CÁLCULO DEL ÍNDICE ICA

El índice de calidad de agua (ICA) en situaciones imponderables tiene un valor porcentual máximo de 100, esto va decreciendo por la contaminación a la que se ve expuesto el cuerpo de agua (SNET, 2004). Posterior al cálculo general se lo clasifica según la siguiente tabla:

Tabla 3. 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

Fuente. (Brown, 1970)

E. PARÁMETROS PARA LA DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA)

A. PARÁMETROS FÍSICOS

1. Temperatura

Es un parámetro de gran vitalidad en el agua, debido a que de manera general interviene en el incremento o en el retardo de la actividad biológica, surgimiento de depósitos, la filtración de oxígeno, la precipitación de compuestos, y la desinfección. Varios elementos, ambientales de manera principal, permiten que la temperatura del agua se encuentre en constante cambio (Aucapiña & Velasco, 2011).

2. Turbidez

Este parámetro permite conocer el nivel de oscuridad establecido en el agua debido al componente con partículas que se encuentran en suspensión. Cuando la turbidez es ocasionada por componentes internos se la designa como autóctona mientras que si es por componentes externos es llamada

alóctona. Como respuesta a que los componentes que ocasionan la turbidez se hallan comprometidos con el color, el conjunto de sustancias establece la nitidez del agua, debido a que restringe el paso de la luz hacia el interior (Roldán Pérez, 2003).

B. PARÁMETROS QUÍMICOS

3. pH

La alcalinidad del agua o la acidez es medida de manera fundamental por el pH y es de vital importancia en la calidad del recurso, el pH posee gran dominio en procesos químicos y en los biológicos, debido que para un desarrollo imponderable de cada uno de los organismos debe coexistir un pH aceptable, mínimas alteraciones que influyan en el pH y se podría tornar mortal. Por lo general las aguas en tratamiento poseen valores que van entre 6,5 y 9,0 (VonHessberg, 2009).

Una de las pruebas que con más frecuencia se utiliza para el análisis químico del agua es la medida del pH, puesto que interviene en varios fenómenos que suceden en el agua. Se podría manifestar que no existe influencia directa sobre la salud, sí puede ser de influencia en las técnicas de tratamiento del agua, como la desinfección y la floculación (Aucapiña & Velasco, 2011).

4. Oxígeno Disuelto

Lampert (2007), menciona que el oxígeno que existe en el agua preserva la vida de todos los organismos acuáticos aerobios. El oxígeno disuelto en el agua es relativamente soluble, esta propiedad a presión de 1 atmósfera oscila entre 14,6 mg/l a 0°C y 7,0 mg/l a 35°C. El O₂ se ve influenciado también por la actividad química, biológica y física, en un cuerpo de agua; el mecanismo físico como la turbulencia u otros mecanismos, que ayuden que la relación del agua con el aire beneficie la disolución del oxígeno disuelto.

5. Nitratos y nitritos

Los nitritos y nitratos según Romero (2005), son combinados que se encuentran formados a base de nitrógeno, estos están presentes en las plantas, suelo y agua además de los alimentos naturales, los nitratos y los nitritos se constituyen una vez que los microorganismos del medio descomponen materiales orgánicos, tales como plantas, aguas residuales y el compost de animales. En el agua se puede hallar menos nitritos que nitratos, los nitratos con alta naturaleza contaminante, por motivo de

infiltraciones surgen en el agua potable derivados de granjas, áreas de césped y huertos que alcanzan al agua subterránea, los nitratos y nitritos pueden llegar a manifestarse en el agua procedente de aproximaciones a sumideros municipales y establecimientos de crianza de animales con sistemas imperfectos.

El origen de nutrientes para varias entidades autótrofas se encuentra en los nitratos. Altas concentraciones de nitratos son influyentes en masas de agua ayudando al grado de eutrofización (Orjuela, 2013).

6. Sólidos totales disueltos

Según Roldán (2003), los sólidos totales disueltos hacen referencia a todo el conjunto de minerales que se hallan en aguas naturales, mientras que la salinidad, se refiere al total de las unidades iónicas. Es por ello que debido a la corta analogía que hay entre la conductividad, la salinidad y los sólidos disueltos, se ha podido elaborar tablas donde se detalle los equivalentes para cada mineral.

C. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

7. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

Orjuela (2013) emite un criterio, donde manifiesta que el almacenamiento de componente orgánico contaminante en las masas de agua permite la desinfección natural por medio de un proceso denominado oxidación bioquímica. La oxidación bioquímica es el desarrollo microbiológico que manejan varias sustancias contaminantes como el origen del carbón, El proceso de autodepuración en los cauces de ríos va a depender de varios factores, entre ellos está la naturaleza del componente orgánico y la temperatura.

La cantidad de oxígeno disuelto asimilado por una cantidad de volumen de un prototipo de agua, en el desarrollo de la oxidación bioquímica mientras avanza un lapso de cinco días a 20°C se ha denominado un proceso de cálculo de la calidad de la muestra, y se la conoce como Demanda Bioquímica de Oxígeno o DBO.

“La DBO calcula la cuantía de oxígeno indispensable para la desintegración microbiológica (oxidación) del componente orgánico en el agua, se concreta como la cantidad total de oxígeno necesario por los microorganismos para aherrumbrar el componente orgánico biodegradable” (CAN, 2005). La Demanda Bioquímica de Oxígeno es trascendental para el seguimiento de la polución de los cuerpos de agua, en este proceso la carga orgánica se la debe limitar para conservar los niveles de oxígeno disuelto (Sawyer & McCarty, 2001). La contribución de carga orgánica genera que bacterias empiecen a propagarse y vayan extinguiendo el oxígeno, incitando a que varias comunidades de macroinvertebrados bentónicos y peces huyan de los sitios donde están presentes estos microorganismos (CAN, 2005).

8. Coliformes Fecales

Las Coliformes Fecales se encuentran en un grupo dentro de las Coliformes totales, pueden ser capaces de descomponer la lactosa a 44° C y no a 37 °C como por lo general lo realizan todos los totales. Alrededor del 95% del grupo de Coliformes que se encuentran en heces se encuentran establecidos por algunas especies de *Klebsiella* y de *Escherichia Coli*. Por lo general las Coliformes Fecales se desarrollan en los excrementos de los animales de sangre caliente, obteniendo que manifiestan satisfactoriamente la polución fecal. Hace ya varios años se viene utilizando como indicador exclusivo en lo que respecta a la contaminación fecal. La no presencia de esto muestra que el cuerpo de agua está libre de organismos perjudiciales mientras que su presencia se descifra como indicador de que los organismos patógenos pueden estar presentes e inciten a la presencia de enfermedades (Brown, 1970).

9. Fosfatos totales

Detergentes y fertilizantes contienen fosfatos y alcanzan los cuerpos de agua debido al proceso de escurrimiento en gran mayoría del sector agrícola, las descargas de aguas negras e industrias que arrojan de manera directa sus desechos hacia las fuentes de agua (Sierra, 2001).

F. BIOINDICADORES

Hacen referencia a especies escogidas por su sensibilidad o tolerancia (normalmente es la sensibilidad) a varios parámetros (González & Lozano, 2004), la utilización de bioindicadores para tener conocimiento sobre la calidad de los cuerpos de agua se minimiza en actividades relacionadas al campo y fases de laboratorio, su estudio necesita del conteo e identificación de organismos que

sean catalogados como indicadores de la calidad de agua, cuyas bases sean los índices biológicos reajustados a los diferentes tipos de altitudes (Vázquez *et al.*, 2006).

G. MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS COMO BIOINDICADORES

Se llaman bioindicadores debido a que son organismos acuáticos mismos que por medio de su ausencia o presencia muestra las condiciones en las que se halla el medio acuático, inclusive la contaminación del cuerpo de agua. (Carrera & Fierro, 2001).

Dentro de los macroinvertebrados bentónicos, un grupo de especies necesitan fundamentalmente de una óptima calidad de agua para subsistir y desarrollarse, mientras que otro grupo es capaz de mantenerse en aguas de baja calidad (Ladrera *et al.*, 2013). Este ha sido el motivo principal para que actualmente se los utilice como bioindicadores de calidad de agua (Segnini, 2003). Además de ello Bonada (2006), enuncia que los argumentos por los que se cree que los macroinvertebrados son excelentes bioindicadores, son:

- No se encuentran específicamente en una zona geográfica, ni son solo de un tipo de ambiente.
- Clasificación bien distinguida a nivel de familia y género.
- Los macroinvertebrados bentónicos son abundantes y existe gran facilidad de recolección.
- Tienen una gran riqueza de taxones, que son sensibles a las gradientes de perturbación.
- Por su naturaleza son sedentarios, y facilitan la valoración espacial de efectos adversos que han existido en la comunidad en el transcurso del tiempo.

El manejo como bioindicadores se basa principalmente en cómo es que las diferentes familias de macroinvertebrados se reponen a los diferentes patrones ambientales que varias veces pueden ser adversos en los cuerpos de agua (Gamboa *et al.*, 2008).

En la tabla 4 se muestra en resumen las características más esenciales de algunos de los macroinvertebrados bentónicos que indican mala calidad.

Descripción de los principales órdenes de macroinvertebrados utilizados en los índices biológicos de buena calidad.

a) Ephemeroptera

Salinas (2011), las define como ninfas de moscas de mayo, este grupo de macroinvertebrados se localiza en las aguas corrientes y son exclusivas de medios característicos. Diversas especies son

muy susceptibles a la contaminación hídrica es por ello por lo que son catalogados como bioindicadores de la calidad del agua dentro del hábitat en el que se desarrollan. Se los identifica por tener una espalda arqueada y tienen tres cercos. Se los encuentra debajo de troncos, hojarasca, trozos de piedra y pegados a la vegetación. Requieren valores óptimos de pH neutro hacia ligeramente alcalino y oxígeno disuelto.

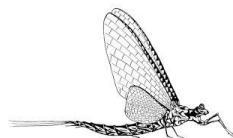


Figura 1. Grupo de macroinvertebrados (Ephemeroptera)

Fuente. (Salinas & Edivar, 2011)

b) Plecóptera

Distinguidas como ninfas de moscas de piedra, este grupo de macroinvertebrados bentónicos se caracterizan por ser de aguas frías, rápidas, con turbulencia, no contaminadas y oxigenadas puesto que son poco tolerantes principalmente a la contaminación orgánica, buenos bioindicadores biológicos de aguas oligotróficas y muy limpias. De vital importancia en las cadenas tróficas de los hábitats donde se desarrollan, debido a su supervivencia y la biomasa. Son predadores noctámbulos, herbívoros y se localizan bajo palos o piedras sumergidas en los cuerpos de agua (Forero *et al.*, 2013).

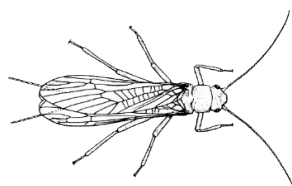


Figura 2. Grupo de macroinvertebrados (Plecoptera)

Fuente. (Forero *et al.*, 2013)

c) Trichóptera

Se localizan en diversos hábitats y en ríos con vegetación ribereña, varios organismos edifican casas, cuya forma es determinada, ayudando a la identificación. Estas casas benefician a los organismos más susceptibles fisiológicamente, se podría decir desde, tolerantes a no tolerantes en presencia de

materia orgánicas. Los Trichóptera no toleran bajos niveles de pH y una característica fundamental es que extinguen cuando el hábitat empieza un proceso de acidificación (Basaguren & Orive, 1991).

Las casas que construyen les brinda protección y ayuda a que se dispersen para encontrar alimento y buscar oxígeno. En el estadio larval se nutren de algas localizadas sobre las rocas y de material vegetal. Varias larvas son denominadas como depredadoras (Roldán, 1988). Basaguren (1991), menciona que este grupo de macroinvertebrados tienen afinidad para desarrollarse en las aguas corrientes es decir que requieren de una concentración de oxígeno buena y son indicadores de aguas oligotróficas. (Basaguren & Orive, 1991).



Figura 3. Grupo de macroinvertebrados (Trichóptera)

Fuente. (Basaguren & Orive, 1991)

d) Odonatos

Los Odonatos pueden residir en aguas tranquilas o torrentosas, en unos casos con diversa vegetación, fangos y en fondos de arena o grava, se las conoce así a las ninfas de los caballitos del diablo y libélulas. Son indicadores de calidad de agua (Forero *et al.*, 2013).

e) Coleóptera

Los Coleóptera se los conoce como por el nombre vulgar como escarabajos, estos especímenes tienen la capacidad de recuperarse de manera rápida de una alteración, por ello se los considera como indicadores de aguas contaminadas. La característica principal es que poseen una gran familia, tamaño reducido y ciclo de vida corto, sus larvas son depredadoras, la respiración la hacen por medio de branquias, tienen la capacidad de acumular aire proveniente de la atmósfera, de ahí la explicación de por qué pueden mantenerse en caudales con poca cantidad de oxígeno (que es lo más conocido dentro de una contaminación orgánica). La característica que resalta es que poseen un ojo negro que se sitúa sobre una mancha blanca (Bilbao & Gonzáles, 2009).

Descripción de los principales órdenes de macroinvertebrados utilizados en los índices biológicos de mala calidad

Tabla 4. Macroinvertebrados indicadores de mala calidad de agua

FAMILIA	CARÁCTERÍSTICAS	FISONOMÍAS CLAVE
CULICIDAE	<p>Nombre común: mosquitos.</p> <p>Hábitat: aguas en reposo</p> <p>Ciclo de vida: holometábolos (huevos, larvas, pupas y adultos voladores)</p>	<p>Cimeras de pelos en el conducto respiratorio, larva ápoda con cabeza minimizada, por lo que tienden su cabeza hacia abajo de la superficie para respirar.</p>
		
CHIRONOMIDAE	<p>Nombre común: moscas.</p> <p>Hábitat: aguas lólicas</p> <p>Ciclo de vida: holometábolos (huevos, larvas, pupas y adultos voladores) Alimentación: larvas raspadoras y filtradoras.</p>	<p>Un penacho de cerdas en la parte posterior y cuerpo alargado</p>
		
EPHYDRIDAE	<p>Nombre común: moscas</p> <p>Hábitat: aguas estancadas</p> <p>Ciclo de vida: holometábolos (huevos, larvas, pupas y adultos voladores) Alimentación: larvas filtradoras y raspadoras.</p>	<p>Cuerpo alargado con propatas en la mitad de este y un penacho de cerdas en la parte posterior.</p>
		
PSYCHODIDAE	<p>Nombre común: moscas</p> <p>Hábitat: aguas estancadas y lólicas</p> <p>Ciclo de vida: holometábolos (huevos, larvas, pupas y adultos voladores) Alimentación: larvas filtradoras y raspadoras.</p>	<p>Cuerpo alargado con abundantes cerdas en todo el cuerpo.</p>
		

Fuente. (McGavin, G, 2001; Domínguez & Fernández, 2001)

H. ECOLOGÍA DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS

Los Macroinvertebrados bentónicos según Carrera (2001), son un amplio grupo de especímenes que carecen de columna vertebral y la gran mayoría son fáciles de observar a simple vista, facilita los estudios al carecer de un microscopio, al mismo tiempo constituyen o proveen de energía para organismos más grandes. Se los considera de gran utilidad para un excelente monitoreo biológico, debido a su alta sensibilidad a cambios que influyen negativamente a la estructura de poblaciones de macroinvertebrados (Roldán, 2003). Entre otros indicadores, según Lampert (2007), se hallan los peces, que no son excelentes indicadores de la calidad del agua por su continua movilidad. Si se toma como referencia un parámetro como la movilidad, la mayoría de macroinvertebrados bentónicos no pueden desplazarse distancias grandes para eludir la contaminación, y por ende logran plasmar de manera adecuada las características en las que se encuentran los ríos.

1. Importancia ecológica de macroinvertebrados bentónicos

En los ecosistemas fluviales, los macroinvertebrados bentónicos son de vital importancia puesto que cimentan la unidad de biomasa animal fundamental en el transcurso de los ríos (Ladrera, *et al.*, 2013). Aparte, la gran cantidad de macroinvertebrados desempeñan un papel vital en la transferencia de nutrimentos y energía. (Huertas, 2014). Dentro de la cadena trófica se nutren de materia orgánica, bacterias, algas y a su vez son utilizados como alimento de varios organismos que componen esta cadena como los peces, al morir se degradan y desprenden nutrientes que asimilan las plantas acuáticas y otros organismos (Huertas, 2014).

2. Patrones longitudinales

El reparto de las especies, en el transcurso de un cuerpo de agua es la consecuencia de un sin número de adaptaciones provocados por el estrés hídrico. El curso que posee un cuerpo de agua se lo aprecia como fundamental en alteraciones críticas, originando y repartiendo modelos insuperables de organismos a lo largo del transcurso del cuerpo de agua. Resumiendo, esto sería que, un primer modelo de organismos se establece en la zona de agua con mayor cantidad de suspensión, accediendo a que otro modelo de organismos acondicionados a corrientes rápidas se reparta en la zona de estrés hídrico. Una vez que el cauce de río ingresa a la llanura de crecida aparece un nuevo tipo de modelo de organismos, los que se establecerán en estos llanos o llanuras, organismos que se han acondicionado a corrientes lentas se dispersaran en zonas de descanso (Statzner&Higler, 1986).

La temperatura que afecta un cuerpo hídrico es fundamental en el patrón de los macroinvertebrados, de manera especial debido a que afecta el ciclo de desarrollo de los organismos. Durante la fase de reproducción y dispersión los adultos se encuentran en entornos aéreos, estos entornos son diversos en alimento e influyen como columna para dar origen a ninfas y larvas. Durante los estadios de crecimiento los huevos requieren un intervalo de temperatura imponderable para su progreso y para los diferentes órdenes taxonómicos son disímiles los intervalos de temperatura (Brittain, 1988).

Vannote (1980), menciona que la disposición geográfica de las diferentes comunidades de macroinvertebrados es relativamente compleja y va a depender de la correlación entre dos conjuntos de parámetros: la habilidad que poseen las especies de acondicionarse a componentes ecológicos como flujos, el tamaño y la estructura del sustrato, y la instancia por el recurso alimento. La alteración gradualmente de la parte física del río (hidrología y geomorfología) comenzando río arriba hacia río abajo, provoca un incesante desnivel en los recursos que se encuentra a disposición. El patrón que siguen los macroinvertebrados para su dispersión está regularizado por tácticas perfeccionadas por los organismos para aprovechar al máximo el recurso que hay disponible.

3. Hábitat y alimento de los macroinvertebrados bentónicos

Según Carrera (2001) menciona que el ambiente hace referencia a un lugar en específico en el cual es espécimen se desenvuelve y reside, el nicho. Los ambientes ribereños son muy diversos y a cada uno de los hábitats le pertenece un conjunto de organismos específicos

Una clara muestra es: hábitats como las trozas caídas, partes vegetativas flotantes y sus residuos, lodo o partículas arenosas en el fondo de los cuerpos de agua, debajo de las piedras, sitios donde el agua es más turbia o donde se encuentra estancada.

Mientras que el mismo autor Carrera (2001), indica que el alimento de la misma manera que en los hábitats terrestres, los ecosistemas acuáticos se desenvuelven con el propósito de consumir y ser consumido, los especímenes vulnerables a actividades desarrolladas por el ser humano, empiezan a extinguirse de manera más apresurada que otros organismos, teniendo como resultado una inestabilidad en la cadena alimenticia; en otras palabras varios organismos desaparecen debido que su principal alimento dentro de la cadena alimenticia ha desaparecido .

Los macroinvertebrados bentónicos pueden nutrirse de: peces, otros invertebrados, material orgánico en descomposición, plantas acuáticas, algas, fitoplancton.

4. Importancia económica de los macroinvertebrados

Diversos órdenes de macroinvertebrados se los ha catalogado como plagas especialmente los Díptera junto con varios adultos de la familia Simuliidae, Tabanidae y Culicidae, que pueden sobrevivir fuera del agua y su fuente de alimento principal es la succión de sangre de los vertebrados, resultando perjudicial para la economía de para los habitantes de los sitios aledaños debido a que los animales domésticos como porcinos, bovinos u ovinos se encuentran cerca de los cuerpos de agua (Hanson *et al.*, 2010).

Según Hanson *et al.*, (2010) no todos los macroinvertebrados bentónicos se los puede considerar negativos, es por ello que se deben indicar que órdenes como los Trichoptera y Coleoptera son de gran importancia puesto que se los utiliza como dieta de peces lo que representa una gran influencia en la parte económica a las comunidades que realizan actividades de piscicultura.

I. ÍNDICES DE CALIDAD BIOLÓGICOS

Son técnicas que admiten establecer valores de calidad partiendo del análisis con varios parámetros. Esta composición genera una perspectiva mayor del ámbito en el que se halla el medio biológico y del ámbito ecológico. Los índices de calidad tienen la característica principal de aclarar datos complejos y sintetizarlos, están expresados numéricamente, fáciles de entender para el público, los beneficiarios y los medios además conservan menos datos que la información bruta, se los debe recolectar con previsión, con criterio y deben tener monitoreos actualizados (Sierra, 2001).

Hellawell (2012), menciona que los índices biológicos determinan la calidad del agua dependiendo de los organismos indicadores que son específicos de ecosistemas acuáticos. En función a la sensibilidad que poseen los macroinvertebrados a la contaminación, el índice biológico establece un valor y la suma de los valores de macroinvertebrados da como resultado un número que enseña el estado en el que se encuentra el tramo. Los índices de calidad biológicos son complementarios, pero no suplantando a los parámetros físico-químicos.

Así mismo:

- Los índices de calidad biológicos nos muestran de manera completa el tiempo y el espacio donde se da la interacción, debido a que los entes examinados viven la mayoría de su estado biológico en el agua.

- La existencia de un determinado bioindicador certifica la calidad del agua mínima en todo su ciclo vital.
- Son parte fundamental de todos los procesos que se desarrollan en los cuerpos de agua.
- Muestran de manera real es estado en el que se encuentra los cuerpos de agua.

1. Índice ABI

El (AndeanBioticIndex) ABI, es proveniente del índice BMWP, desarrollado netamente para ser utilizado en las estribaciones de los Andes mayores a los 2.000 msnm. Dentro del índice ABI se hallan menos familias de macroinvertebrados bentónicos a diferencia de otros lugares del mundo, donde utilizan el índice BMWP, principalmente porque el factor altura limita la distribución de varias familias (Ríos-Touma *et al.*, 2014).




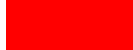
Ríos-Touma (2014), menciona que el índice ABI se ha ensayado en dos cuencas de Perú y Ecuador, con la finalidad de realizar comparaciones con otros ajustes de BMWP que se han usado en estudios anteriores. Se asignaron, valores a cada familia como en los otros modelos derivados del BMWP y la suma general de esos valores nos proporciona el índice ABI. Finalmente dividiendo el valor resultante para la cantidad total de organismos dentro del área de estudio nos da como resultado el Andean Average Score per Taxon.

En las zonas Altoandinas el gradiente altitudinal es un factor muy relevante e influyente en cuanto a la presencia y a la resistencia que pueden desarrollar estos organismos a varios contaminantes. Asimismo, algunas deferencias como la vegetación y la altitud se han desconocido al instante de efectuar ajustes del índice BMWP. Varias regiones de Sur América han ejecutado versiones del índice BMWP (Jacobsen, 1998).

2. Índice EPT

Este índice según Carrera (2001), se ejecuta por medio del uso de tres grupos de macroinvertebrados que son altamente sensibles a perturbaciones y contaminantes e indican la buena o mala calidad del agua. Estos grupos son Ephemeroptera, Plecóptera y Trichóptera.

Tabla 5. Porcentajes de la calidad del agua de acuerdo con el índice EPT

CALIDAD SEGÚN ÍNDICE EPT	RANGO (%)	COLOR
MUY BUENA	75-100	
BUENA	50-74	
REGULAR	25-49	
MALA	0-24	

Fuente. (Carrera & Fierro 2001)

J. ÍNDICES DE DIVERSIDAD

1. 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

2. 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). Los valores del Índice de Shannon – Weaver inferior a 1.5 se

considera como de diversidad baja, los valores entre 1.6 y 3.0 se consideran como diversidad media, y los valores iguales o superiores a 3.1 se consideran como diversidad alta (Tirira, 2009).

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

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)

K. MARCO LEGAL EN EL ECUADOR

La Constitución del Ecuador, instituye en su Art. 14, que *“toda la población tiene el derecho a vivir en un ambiente sano [...], que garantice el bien vivir”*, cabe señalar que, en su Art. 12, hace referencia al agua como *“un derecho humano fundamental e irrenunciable [...]”*. Cabe señalar que se harán énfasis en estos artículos, los cuales servirán de pauta para el desarrollo del sustento legal de la presente investigación.

Con lo antes ya mencionado, la Constitución del Ecuador en su Art. 411, indica que *“toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua y el equilibrio de los ecosistemas, será regulada”*. Sin embargo, los habitantes de la parroquia de Pilahuín, específicamente de la comunidad Pucará, para compensar sus necesidades, desenvuelven actividades domésticas y pecuarias involucrando el agua que proviene de bofedales en los páramos de la misma comunidad, provocando que, el recurso agua sea expuesto a la contaminación por las actividades antrópicas en el sector.

Por otro lado, con el presente estudio enfocado en evaluar mediante un análisis comparativo de la calidad de agua en dos bofedales en la parroquia Pilahuín, se da cumplimiento al Art. 4.e, de la ley de aguas, que indica que al *“Acceso del agua como un derecho humano”*, y al Art. 57, que se refiere al *“Derecho humano de disponer de agua limpia, salubre, aceptable [...] para el consumo doméstico*

en cantidad, calidad y continuidad [...]”, puesto que, los resultados de la investigación, permitirán crear conciencia sobre aquellos usuarios de agua respecto al estado de la calidad de agua de este sector y actividades antrópicas que lo están perjudicando.

De la misma forma, la ley de aguas, en su Art. 64, prioriza los derechos de la naturaleza, manifestando que *“ninguna actividad productiva debe poner en riesgo las propiedades de soporte esencial del agua para todas las formas de vida”*, protegiendo de tal manera que los cuerpos de agua, ni sus fuentes se vean afectadas por la contaminación antrópica del sector.

Adicionalmente, en el Art. 211, sobre control y seguimiento ambiental, del Acuerdo Ministerial No. 028, indica que *“el control y seguimiento de los componentes bióticos, para verificar la calidad ambiental [...], e identificar posibles alteraciones [...]”*. Razón por la cual la presente investigación, con el uso de macroinvertebrados como bioindicadores ambientales, se encuentra conforme a la ley.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

A. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR

1. Localización

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo dos bofedales en la comunidad Pucará, parroquia Pilahuín, dentro de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo.

Ubicación de bofedales dentro de la comunidad Pucará.

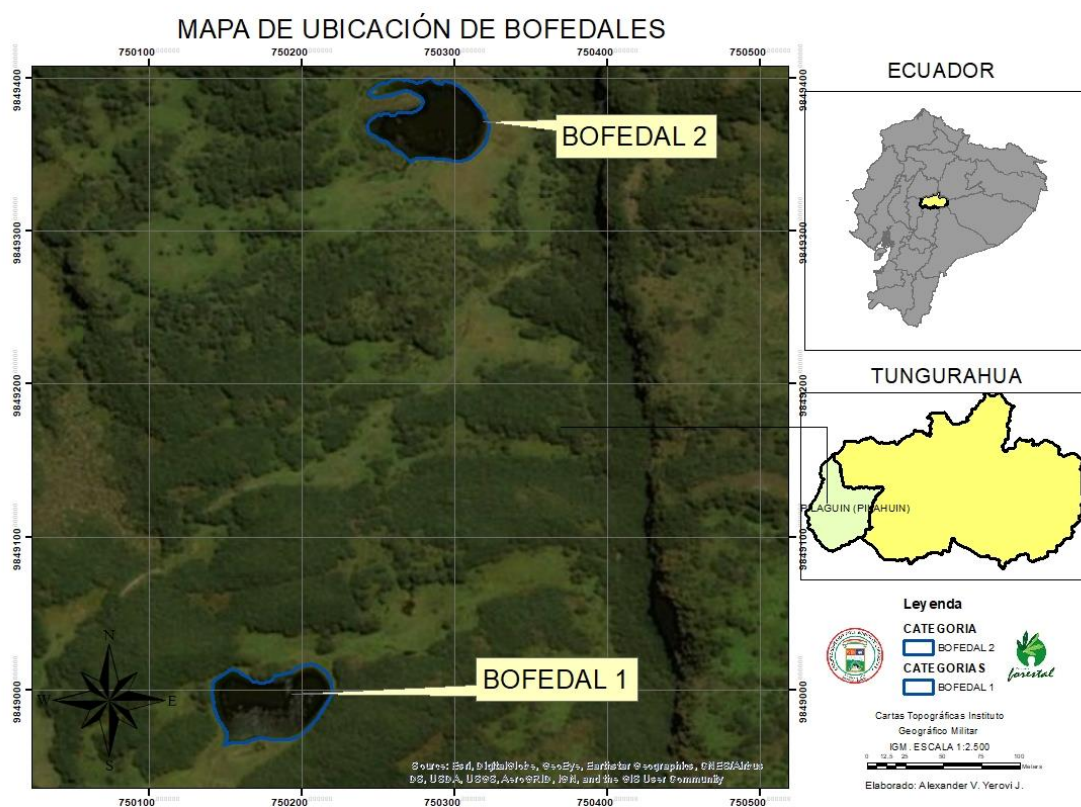


Figura 4. Mapa de ubicación de dos bofedales en la comunidad Pucará, parroquia Pilahuín dentro de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo.

2. Ubicación geográfica

- Lugar: comunidad Pucará, parroquia Pilahuín

Tabla 6. Puntos de muestreo

PUNTO MUESTREO	CORDENADAS	
	UTM WGS 84	
	LATITUD	LONGITUD
BOFEDAL 1	750179,408	9848987,558
BOFEDAL 2	750287,14	9849373,070

Elaborado por: (Yerovi, A. 2019)

3. Características climáticas

Según el plan de Ordenamiento territorial PDOT (2015), la parroquia Pilahuín tiene las siguientes características climáticas pertenecientes al clima ecuatorial de Alta Montaña:

Temperatura media anual: 4°C

Humedad relativa anual: 77%

Precipitación anual: 1200 mm

B. MATERIALES Y EQUIPOS

1. Materiales de campo

Para la recolección de las muestras de agua a lo largo de la zona de estudios se necesitaron los siguientes materiales: botas de caucho, envases plásticos de 1lt, nevera portátil, cinta.

Mientras que para las muestras de macroinvertebrados bentónicos se necesitó: red de mano (D-net), bandejas plásticas, envases plásticos de 500 ml de capacidad, pinzas, alcohol 70%, cinta plástica, lápiz, libreta de campo.

2. Materiales y equipos de oficina

Equipos tanto de laboratorio, como de oficina se detallan a continuación: estereoscopio, lámpara de escritorio, GPS, cámara fotográfica, pen drive, impresora, computadora.

3. Material experimental

Muestras de agua, Análisis Físico químicos.

Individuos recolectados en las redes, indicadores de calidad.

C. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se procedió a establecer 2 puntos de muestreo, dos bofedales de la comunidad Pucará, parroquia Pilahuín, que se encuentran a 4000 y 4500 msnm dentro de la Reserva de Producción de Fauna de Chimborazo. En cada área a muestrear se establecieron 6 repeticiones en dos salidas de campo que comprendieron los meses de noviembre y diciembre del 2018. En la tabla 7 se detalla las áreas de muestreo.

Tabla 7. Diseño experimental del área

PUNTO MUESTREO	CÓRDENADAS UTM WGS 84		N° REPET	ALTURA (m.s.n.m.)	FECHA SALIDA 1	FECHA SALIDA 2
	LATITUD	LONGITUD				
BOFEDAL 1	750179,408	9848987,558	6	4500	23/11/2018	02/01/219
BOFEDAL 2	750287,14	9849373,070	6	4000	23/11/2018	02/01/219

Elaborado por: (Yerovi, A. 2019)

D. METODOLOGÍA

La presente investigación se llevó a cabo mediante la compilación de información en campo, proceso de identificación en el laboratorio, con la finalidad de analizar de manera comparativa la calidad de agua en dos bofedales en la comunidad Pucará, parroquia Pilahuín dentro de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo, en la cual, para la obtención de datos e información necesaria sobre la determinación de factores climáticos en la zona de estudio, se acudió a fuentes secundarias oficiales, esto incluye el acceso a documentos otorgados por el Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Pilahuín; mencionando que la información más actualizada para estos estudios es del año 2015.

a) Tamaño de la muestra

Se formó una rejilla de puntos, en función al tamaño de la muestra de cada bofedal, la superficie de cada cuerpo de agua delimitado para determinar el tamaño de la muestra fue considerarlo un universo finito. También se tomó en cuenta características como flujo laminar, tipo de sustrato, vegetación, para los dos sistemas lénticos de la comunidad Pucará, parroquia Pilahuín mediante la siguiente ecuación:

$$n = \frac{N * p * q * Z^2}{e^2 * (N - 1) + (p * q * Z^2)}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

N = Tamaño de la población

e = Error de estimación máximo aceptado

Z = nivel de confianza

p = Porcentaje de la población que tiene atributo deseado

q = Porcentaje de la población que tiene atributo deseado $1-p$

Nota: cuando no hay indicaciones de si la población posee o no atributo, se asume que 50% para p y 50% para q .

b) Delimitación del área de estudio

Para delimitar el área de estudio se recorrerá la comunidad Pucará, parroquia Pilahuín y se establecerán los dos bofedales a estudiar con la ayuda de un GPS.

c) Selección de los puntos de monitoreo

Reconocidos e identificados los puntos de monitoreo de los dos bofedales, cabe señalar que estos sitios debieron desempeñar algunas características convenientes con la finalidad de garantizar la integridad de los equipos técnicos, así como del equipo que acudió al lugar, algunas características fueron:

- Para ubicar los puntos de muestreo se utilizó la herramienta ArcGis 10.3; la misma que ayudó a la elaboración de mapas de ubicación de ambos puntos de monitoreo.
- Oleada regular del agua.
- Accesibilidad de la zona, debido que los bofedales que se ubican dentro de una zona de bosque nativo a un flanco mientras que al otro lado se encontraba una gran extensión de peña rocosa de muy difícil acceso por ello se debía buscar una ruta alternativa.
- Los puntos seleccionados correspondieron a dos bofedales, puesto que son equivalentes a una muestra pertinaz para la recolección de datos ya que son zonas vulnerables a cambios por factores antropogénicos.

1. Caracterización de macroinvertebrados bentónicos (Recolección y muestreo de macroinvertebrados)

Para el muestreo de macroinvertebrados se utilizó una red tipo “D-net” o también conocida como red de mano de 30 cm de ancho y 20 cm de profundidad, con luz de malla de 500 μm , tratando de abarcar la mayoría de los hábitats presentes, se evaluaron objetos sumergidos en los bofedales (Carrera & Fierro, 2001).

Con el propósito de obtener una muestra representativa de los macroinvertebrados se efectuaron doce repeticiones, seis para cada Bofedal dentro del área de estudio.

La recolección se llevó a cabo en ambos cuerpos de agua, en un intervalo de 15-30 minutos, para cada repetición (Carrera & Fierro, 2001).

Las muestras obtenidas se depositaron en recipientes de plástico de 500 ml con alcohol al 70%, debidamente caracterizados con estación y fecha de salida, consecutivamente deben ser reservados y trasladados en un cooler.

Para la identificación de estos especímenes se llevaron las muestras hacia el laboratorio de entomología de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Carrera de Ciencias Biológicas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE), donde con la ayuda de un estereoscopio y utilizando claves taxonómicas según Deley&Satillán (2016), se pudo concluir con el proceso de identificación.



Figura 5. Recolección de macroinvertebrados



Figura 6. Recolección de macroinvertebrados



Figura 7. Identificación de macroinvertebrados



Figura8. Familias Baetidae y Simuliidae

Para validar el esfuerzo de muestreo se realizó una curva de acumulación de especies (Figura 15) en el programa estadístico Estimates con los índices no paramétricos ACE y CHAO 1, mientras que para la diversidad de macroinvertebrados en el área de estudio se utilizaron índices de diversidad como: índice Shannon y Simpson (Tabla 15) calculados mediante el programa estadístico PAST.

2. Medir los parámetros físico químicos indispensables para la supervivencia de los macroinvertebrados bentónicos en las áreas de bofedales.

a. Parámetros analizados *in situ*

Con la finalidad de obtener información base de la comunidad Pucará, parroquia Pilahuín, se efectuó el análisis de algunos parámetros *in situ*, entre los cuales están: Potencial de Hidrógeno (pH), Total de Sólidos Disueltos (TDS), Temperatura (°T), Oxígeno Disuelto (OD), los cuales se midieron por medio de un equipo multiparámetros HACH.

Procedimiento:

Se encendió y calibró el equipo multiparámetro HACH.

Colocamos el electrodo y la sonda de medición en la parte más profunda de los bofedales.

Se tomó las muestras de agua de los bofedales y presionamos el botón medir, dejamos un lapso de tiempo (aproximadamente 2 minutos) para que se estabilicen los valores, a la tercera toma de muestra y registramos los parámetros como temperatura, pH, oxígeno disuelto, total de sólidos disueltos.



Figura 9. Determinación de parámetros *in situ*

Otros parámetros como: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Coliformes fecales, Fosfatos totales, Turbidez, Nitratos que son llevados hasta el laboratorio para ser analizados siguiendo la siguiente metodología:

Se recolectaron muestras de agua superficial en frascos plásticos de cada estación para el análisis de los parámetros físico químicos. Las muestras se las almacenó en frascos de 1 L y fueron trasladadas y analizadas en el laboratorio de agua potable del Gobierno Autónomo Descentralizado del Catón Chambo, las muestras se las recolectó aguas arriba de las zonas donde se tomaron los otros muestreos (macroinvertebrados) ya que el flujo de los cuerpos de agua puede condicionar o alterar las características físico químicas del agua (Acosta *et al.*, 2009).

Las características fisicoquímicas en este trabajo permitieron conocer si la condición del agua es la adecuada para el desarrollo de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos, basándose en el Índice de Calidad de Agua (ICA), que señala los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano. Una vez determinadas estas características, los resultados obtenidos se tomaron como referencia para estimar el estado actual de los cuerpos de agua a evaluar con relación a la normativa que rige en el Ecuador que es el TULSMA, libro VI, anexo 1.

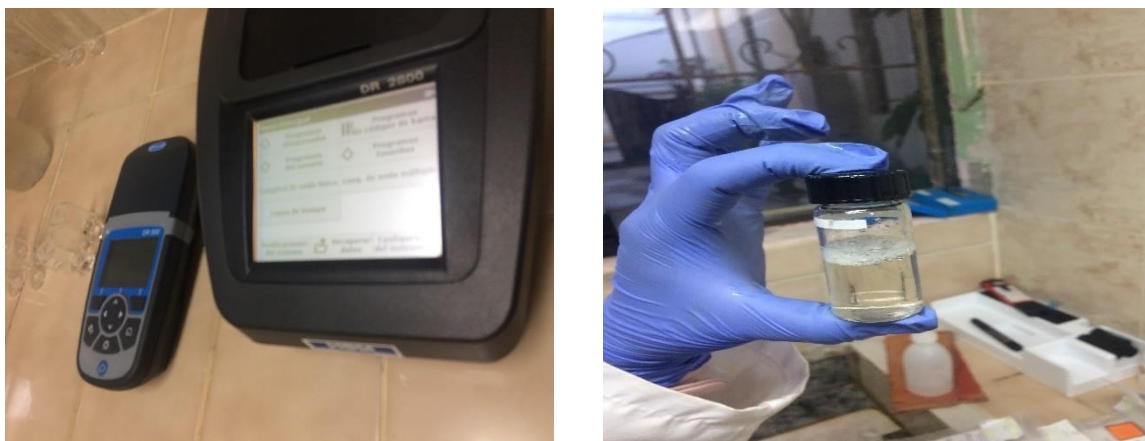


Figura 10. Análisis de parámetros en el laboratorio

- Determinar la calidad del agua existente en los dos bofedales dentro de la comunidad Pucará, parroquia Pilahuín, dentro de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo mediante el índice de calidad biológico Andino (ABI).**

Cálculo del índice ABI

La finalidad de este índice es evaluar de manera cualitativa la calidad de agua (presencia o ausencia de macroinvertebrados) a nivel de ríos Andinos. El proceso de identificación de los macroinvertebrados bentónicos recolectados por lo general se lo hace a nivel taxonómico por orden y familia, cuando se tiene ya identificados estos organismos se les asigna un valor de acuerdo con la tabla 7, valores que se encuentran comprendidos desde 1 (grupos poco sensibles a perturbaciones) y un valor de 10 (grupos muy sensibles a perturbaciones). La suma de los puntajes de cada familia presente permitió obtener el valor del índice, el que es confrontado con la Tabla 8, para determinar la calidad del agua donde nos plasma cinco categorías: Pésimo, Malo, Regular, Bueno, Muy bueno.

Tabla 8. Puntaje para macroinvertebrados acuáticos según la propuesta del índice ABI

ÓRDEN	FAMILIA	PUNTUACIÓN
OLIGOCHAETA		1
HIRUDINEA		3
HYDRACARINA		4
OSTRÁCODA		3
TRICLADIDA	Planariidae	5
BIVALVIA	Sphaeriidae	3
AMPHIPODA	Hyaellidae	6

GASTROPODA	Ancylidae	6	
	Physidae	3	
	Hydrobiidae	3	
	Lymnaeidae	3	
	Planorbidae	3	
EPHEMERÓPTERA	Baetidae	4	
	Leptophlebiidae	10	
	Leptohyphidae	7	
	Oligoneuridae	10	
PLECÓPTERA	Perlidae	10	
	Gripopterygidae	10	
TRICHÓPTERA	Helicopsychidae	10	
	Calamoceratidae	10	
	Odontoceridae	10	
	Leptoceridae	8	
	Polycentropodidae	8	
	Hydroptilidae	6	
	Xiphocentronidae	8	
	Hydrobiosidae	8	
	Glossosomatidae	7	
	Hydropsychidae	5	
	Anomalopsychidae	10	
	Philopotamidae	8	
	Limnephilidae	7	
	ODONATA	Aeshnidae	6
		Gomphidae	8
		Libellulidae	6
Coenagrionidae		6	
Calopterygidae		8	
Polythoridae		10	
HETERÓPTERA	Veliidae	5	
	Gerridae	5	
	Corixidae	5	
	Notonectidae	5	
	Belostomatidae	4	
	Naucoridae	5	
LEPIDÓPTERA	Pyralidae	4	
DÍPTERA	Blepharoceridae	10	
	Simuliidae	5	
	Tabanidae	4	

COLEÓPTERA

Tipulidae	5
Limoniidae	4
Ceratopogonidae	4
Dixidae	4
Psychopodidae	3
Dolichopodidae	4
Stratiomyidae	4
Empididae	4
Chironomidae	2
Culicidae	2
Muscidae	2
Ephydriidae	2
Athericidae	10
Syrphidae	1
Ptilodactilidae	5
Lampyridae	5
Psephenidae	5
Scirtidae	5
Staphylinidae	3
Elmidae	5
Dryopidae	5
Gyrinidae	3
Dytiscidae	3
Hydrophilidae	3
Hydraenidae	5

Con la ayuda de unas pinzas entomológicas se contabilizó de manera general el número de macroinvertebrados bentónicos de cada muestra.

- Con un estereoscopio (Olympus SZ61, australiano) se realizó la identificación taxonómicamente de cada una de las familias encontradas de los sitios de muestreo
- Ya identificadas correctamente las principales familias se hizo el conteo con los valores que se encuentran establecidos, se hace una sumatoria y posteriormente se determina el grado de contaminación del material analizado (agua).

Tabla 9. Puntajes para calidad del agua según el índice ABI

CALIDAD DE AGUA	PUNTUACIÓN
MUY BUENO	>96
BUENO	59-96
REGULAR	35-58
MALO	14-34
PÉSIMO	<14

Fuente. Acosta *et al.*, (2009)

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. CARACTERIZACIÓN DE LA DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS.

En este estudio, se obtuvieron 12 muestras (6 en cada punto de monitoreo), en cada bofedal se recolectaron muestras de macroinvertebrados bentónicos durante las dos salidas tratando de abarcar los usos de suelo que se hallan en el lugar: Estrato Herbazal de Páramo y Arbustal Siempre Verde (Tabla 11), con una duración de 15-30 minutos como se menciona en la metodología, recolectando dos muestras en cada sitio (B1PM, B1PM2, B1PMD, B1PMD2, B1PT, B1PT2), de la misma manera se procedió en el Bofedal 2 (Tabla 12), (B2PM, B2PM2, B2PMD, B2PMD2, B2PT, B2PT2).

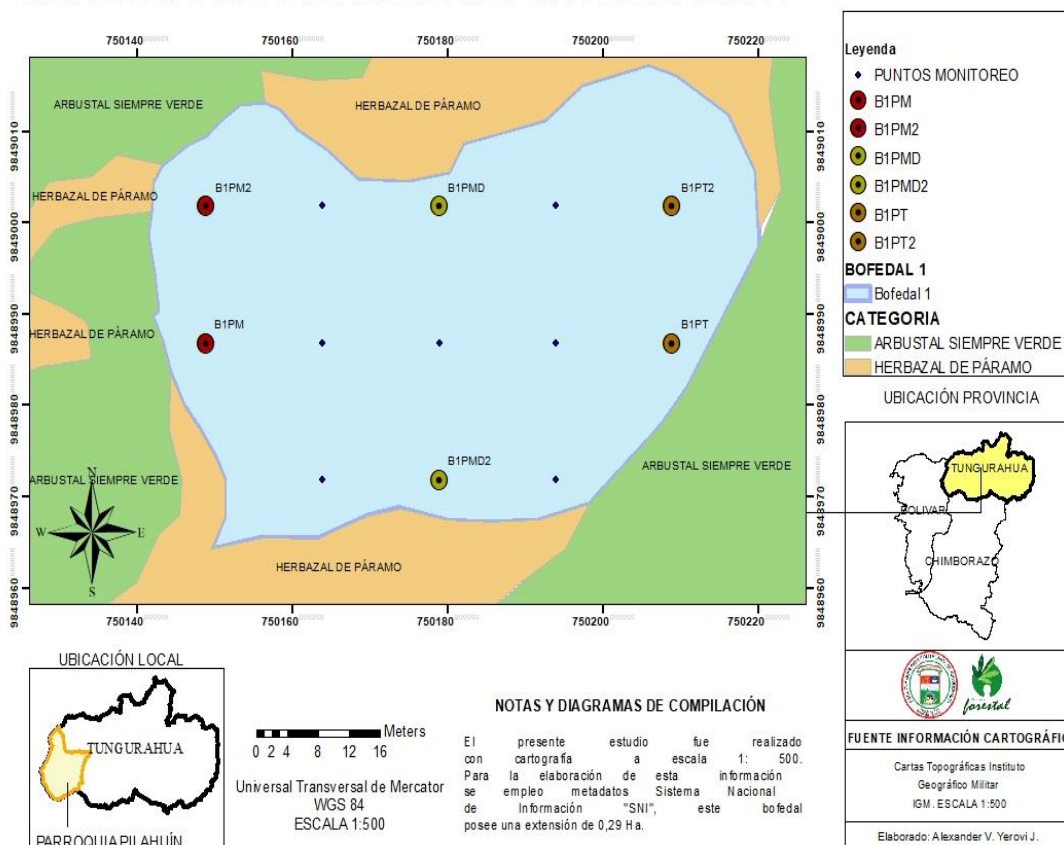
Tabla 10. Superficies de las áreas de influencia Bofedal 1.

BOFEDAL 1	
SUPERFICIE (HA)	USO DE SUELO
0,83	ARBUSTAL SIEMPRE VERDE
0,36	HERBAZAL DE PÁRAMO
0,29	BOFEDAL

Elaborado por: (Yerovi, A. 2019)

Según la clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental (MAE, 2014), el área de estudio posee una superficie de 0,29 Ha de bofedal, mientras que el área de influencia de Arbustal Siempre Verde una extensión de 0,83 Ha y en Herbazal de Páramo 0,36 Ha.

MAPA DE PUNTOS DE MUESTREO EN EL BOFEDAL 1



Elaborado por: (Yerovi, A. 2019)

Figura 11. Puntos de muestreo en el Bofedal 1

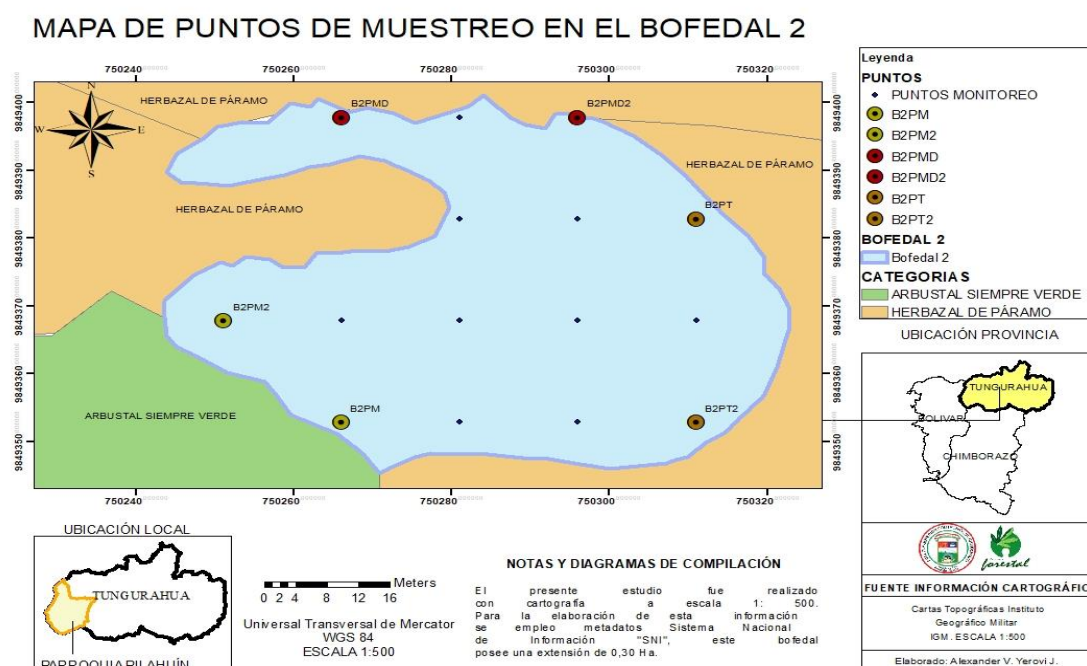
Para ubicar los puntos de monitoreo se obtuvo el tamaño de la muestra considerando un universo finito, esto con la finalidad de abarcar las áreas de influencia presentes en el área de estudio como se muestra en la Figura 12, para ello se dividió la zona del Bofedal en Rejillas de 15 x 15 en el programa ArcGis 10.3 con el objetivo de aleatorizar las zonas de muestreo, situando los puntos B1PM, B1PM2 cerca de la categoría Arbustal Siempre Verde, los puntos B1PMD, B1PMD2 cerca de la categoría Herbazal de Páramo y los puntos B1PT, B1PT2 entre Arbustal Siempre Verde y Herbazal de Páramo, concordando con el estudio realizado por (Acosta *et al.*, 2009) donde utiliza la metodología similar siguiendo un criterio ecológico de selección además de analizar los posibles puntos de monitoreo se toma en cuenta el número de sitios y la frecuencia que deben estar ajustados al alcance y recursos del estudio.

Tabla 11. Superficies de las áreas de influencia Bofedal 2

BOFEDAL 2	
SUPERFICIE (HA)	USO DE SUELO
0,74	ARBUSTAL SIEMPRE VERDE
0,83	HERBAZAL DE PÁRAMO
0,30	BOFEDAL

Elaborado por: (Yerovi, A. 2019)

Según la clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental (MAE, 2014) el área de estudio posee una superficie de 0,30 Ha de bofedal mientras que el área de influencia de Arbustal Siempre Verde una extensión de 0,74 Ha y en Herbazal de Páramo 0,83 Ha



Elaborado por: (Yerovi, A. 2019)

Figura 12. Puntos de muestreo en el Bofedal 2

En la Figura 12 se dividió la zona del Bofedal en Rejillas de 15 x 15 en el programa ArcGis 10.3 con la finalidad de aleatorizar las zonas de muestreo y abarcar las zonas de influencia presentes, se situaron los puntos B2PM, B2PM2 cerca de la categoría Arbustal Siempre Verde, los puntos B2PMD, B2PMD2, B2PT, B2PT2 cerca de la categoría Herbazal de Páramo, concordando con el estudio realizado por (Acosta *et al.*, 2009) donde utiliza la metodología similar siguiendo un criterio ecológico de selección además de analizar los posibles puntos de monitoreo se toma en cuenta el número de sitios y la frecuencia que deben estar ajustados al alcance y recursos del estudio.

a) Análisis de las familias taxonómicas de macroinvertebrados bentónicos recolectados en el Bofedal 1.

En el primer punto de monitoreo que es el Bofedal 1 comunidad Pucará, parroquia Pilahuín, dentro de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo, se recolectaron alrededor de 238 especímenes, distribuidos en 6 clases, 9 órdenes y 10 familias, como se detalla en la Tabla 13 (véase Anexo 10 para más detalle de los especímenes identificados).

Tabla 12. Abundancia de las diferentes familias de macroinvertebrados bentónicos en el Bofedal 1

Phylum	CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LOS MACROINVERTEBRADOS			Número de individuos	Porcentaje
	Clase	Orden	Familia		
Arthropoda	Insecta	Hemíptera	Corixidae	33	13,87
		Ephemeroptera	Leptophlebiidae	2	0,84
		Trichoptera	Limnephilidae	1	0,42
			Leptoceridae	2	0,84
		Coleóptera	Dytiscidae	5	2,10
Platelmintos	Turbellaria	Tricladida	Planariidae	30	12,61
Annelida	Oligochaeta	Haplotaxida	Haplotaxidae	40	16,81
Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	88	36,97

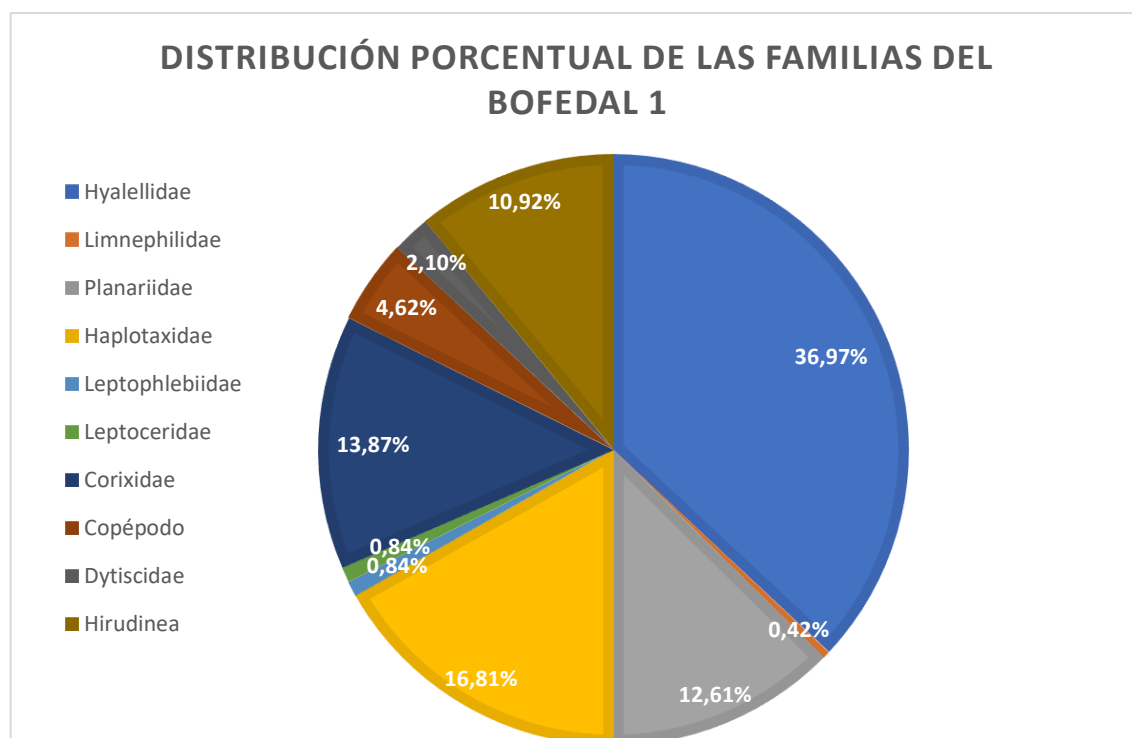
	Branchiopoda	Cladóceras	Daphniidae/ copépodo	11	4,62
Platelmintos	Clitellata	Rhynchobdellida	Hirudinea	26	10,92
		TOTAL		238	100,00

Elaborado por: (Yerovi, A. 2019)

De las clases recolectadas e identificadas en el primer monitoreo está la Insecta que representa un 18,07 % del total de especímenes hallados, además de haber encontrado Tubellaria (12,61%), Oligochaeta (16,81%), Malacostraca (36,97%), Branchiopoda (4,62%), Clitellata (10,92%), siendo la clase Malacostraca la de mayor abundancia debido al porcentaje de individuos que se encontraron.

Los principales órdenes que se manifiestan son: Hemíptera, Ephemeroptera, Trichoptera, Coleóptera, Tricladida, Haplotaxida, Amphipoda, Cladóceras, Rhynchobdellida. Los órdenes que lograron mayor abundancia son: Amphipoda y Haplotaxida; donde el primero muestra un mayor número de individuos, obteniendo un total recolectado de 88 especímenes de la familia Hyalellidae, lo que figura el 36,97% de la abundancia total registrada y el segundo con una muestra de 40 individuos de la familia Haplotaxidae, lo que representa el 16,81%

Se observa un caso contrario con los órdenes Ephemeroptera y Trichoptera, donde del primero tan solo se registran dos individuos de la familia Leptophlebiidae, lo que representa el 0,84%, mientras que del segundo representa el 1,26% de abundancia del total de individuos con un espécimen de la familia Limnephilidae y dos de la Leptoceridae; el detalle de la abundancia porcentual de familias se lo puede comprobar en la figura 13.



Elaborado por: (Yerovi, A. 2019)

Figura 13. Distribución porcentual de la taxonomía de macroinvertebrados recolectados Bofedal 1

b) Análisis de las familias taxonómicas de macroinvertebrados bentónicos recolectados en el Bofedal 2.

En el muestreo realizado en este punto, se recolectaron un total de 210 especímenes, distribuidos en 5 clases, 9 órdenes y 14 familias, como a continuación se detalla en la Tabla 14 (véase Anexo 11 para más detalle de los especímenes identificados).

Tabla 13. Abundancia de las diferentes familias de macroinvertebrados bentónicos en el Bofedal 2

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LOS MACROINVERTEBRADOS				Número de individuos	Porcentaje
Phylum	Clase	Orden	Familia		
Arthropoda	Insecta	Díptera	Simuliidae	15	7,14
			Chironomidae	15	7,14

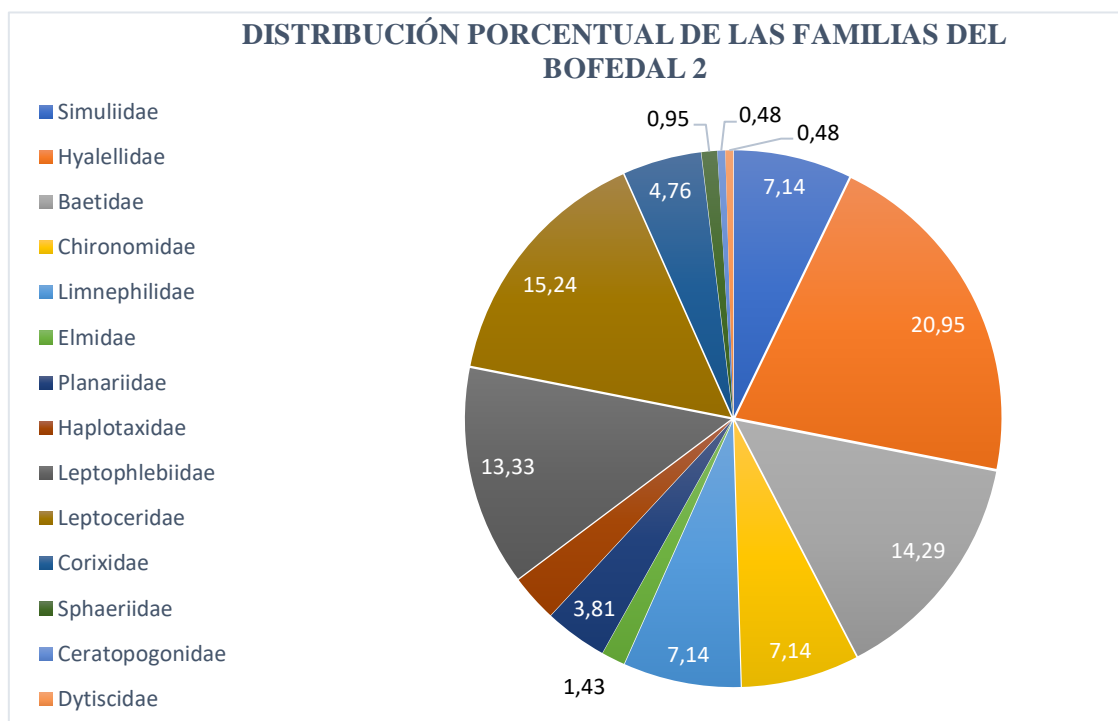
			Ceratopogonidae	1	0,48
		Hemíptera	Corixidae	10	4,76
		Ephemeroptera	Baetidae	30	14,29
			Leptophlebiidae	28	13,33
		Trichoptera	Limnephilidae	15	7,14
			Leptoceridae	32	15,24
		Coleóptera	Elmidae	3	1,43
			Dytiscidae	1	0,48
Platelmintos	Turbellaria	Tricladida	Planariidae	8	3,81
Annelida	Oligochaeta	Haplotaxida	Haplotaxidae	6	2,86
	Mollusca	Bivalvos	Sphaeriidae	2	0,95
Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Hyaellidae	44	20,95
			TOTAL	210	100

Elaborado por: (Yerovi, A. 2019)

Las clases recolectadas e identificadas del segundo punto de monitoreo se encuentran la Insecta que representa un 71,43% del total de especímenes hallados, además de haber encontrado Tubellaria (3,81%), Oligochaeta (2,86%), Mollusca (0,95%) y Malacostraca (20,95%), siendo la clase Insecta la de mayor abundancia en este punto de monitoreo debido al porcentaje de individuos que se encontraron.

Los principales órdenes que se manifiestan en este bofedal son: Díptera, Hemíptera, Ephemeroptera, Trichoptera, Coleóptera, Tricladida, Haplotaxida, Bivalvos, Amphipoda. Dentro de los principales órdenes que alcanzaron mayor abundancia en el presente estudio pertenecen a Ephemeroptera, Trichoptera; donde el primero muestra un porcentaje de 27,62%, que además se encuentra conformado por la familia Baetidae con 30 individuos que equivale al 14,29% y la familia Leptophlebiidae con 28 individuos y un porcentaje del 13,33%, el segundo que es Trichoptera tiene un porcentaje de abundancia del 22,38% con un total de 47 individuos; está conformado por la familia Limnephilidae con 15 individuos que representa el 7,14%, y la familia Leptoceridae con 32 individuos que representa el 15,24% del total recolectado.

Dentro de los órdenes que obtuvieron bajos porcentajes dentro del estudio están: Bivalvos y Coleóptera; el primero muestra un porcentaje de 0,95% con tan solo 2 individuos recolectados de la familia Sphaeriidae y el segundo posee un porcentaje del 1,90%; está conformado por la familia Elmidae con 3 individuos que representa el 1,43% y la familia Dytiscidae con 1 individuo equivalente al 0,48%, del total de individuos recolectados, el detalle de la abundancia porcentual de familias se lo puede comprobar en la Figura 14.



Elaborado por: (Yerovi, A. 2019)

Figura 14. Distribución porcentual de la taxonomía de macroinvertebrados recolectados Bofedal 2

c) Diversidad de especies

La composición de macroinvertebrados de un determinado ecosistema se la debe evaluar con los índices de diversidad, los mismos que se enfocan a la distribución de las diferentes especies.

Los índices de Shannon y Simpson son aquellos que consideran el número de especies y número de individuos presentes en un ecosistema determinado.

Tabla 14. Índice de diversidad de macroinvertebrados bentónicos en los Bofedales 1 y 2

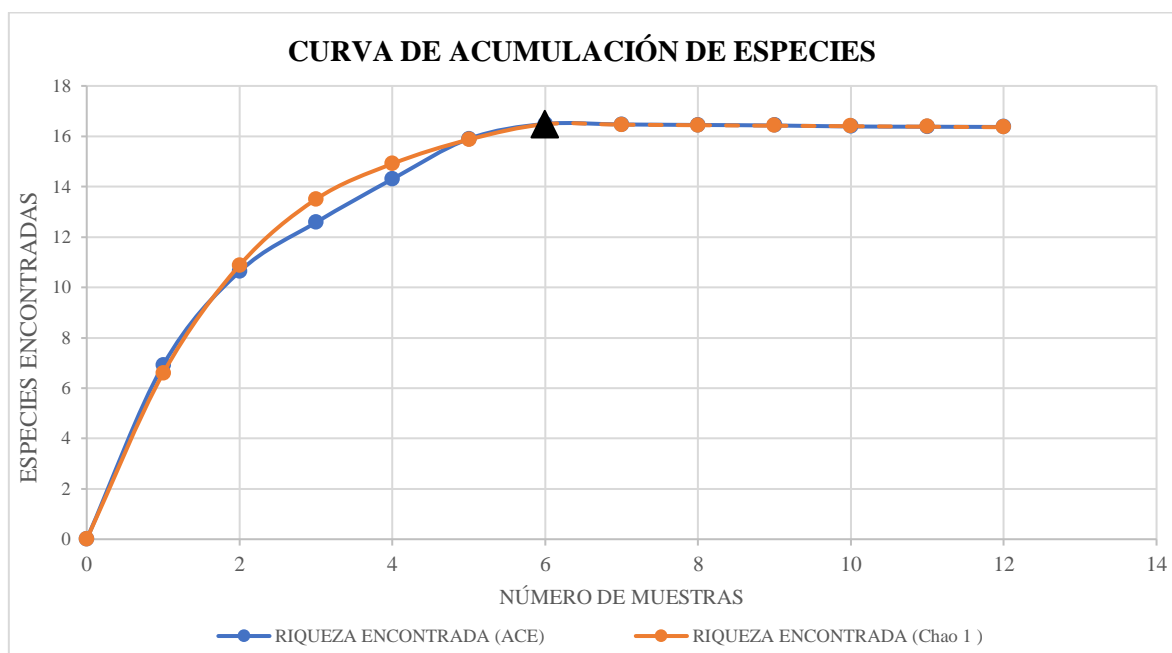
ÍNDICE	BOFEDAL 1	BOFEDAL 2
SHANNON	2,56	3,25
	MEDIA	ALTA
SIMPSON	0,79	0,87
	ALTO	ALTO

Elaborado por: (Yerovi, A. 2019)

En concordancia con la Tabla 15 se muestra que el índice de diversidad Shannon en el Bofedal 1 y en el Bofedal 2 muestra una valoración alta con 0,77 y 0,98 respectivamente, considerado en la escala según (Ordoñez, L. *et al.*, 2009), con un índice “Alto”; mientras que en el índice de Simpson se categoriza con un valor de 0,79 el Bofedal 1 y de 0,87 el Bofedal 2 apreciado con un valor “Alto”; en promedio se establece un índice de diversidad “Alto” correspondiente a ambos bofedales en estudio.

2. CURVA DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES

En la curva de acumulación se puede observar que, en función de la riqueza de especies como variable descriptiva principal de la biodiversidad, por medio del registro de doce muestreos, se puede probar que el esfuerzo de muestreo va a llegar a un punto donde la asíntota se vuelve tendencial.



Elaborado por: (Yerovi, A. 2019)

Figura 15. Curva de acumulación de especies

En la Figura 15 se observa que la curva de acumulación de especies se hace asíntota es decir que se considera estabilidad en los resultados, cabe mencionar que a partir del muestreo número 6 se obtendrán el mismo número de especies, lo que apunta a la efectividad tanto en el muestreo como en la recolección de especímenes totales dentro de las características en las que se efectuó el estudio, compartiendo la metodología del estudio realizado por Chazdon *et al.*, (1998) donde evaluaron la riqueza de plántulas leñosas en seis sitios de selva contrastando el comportamiento de la curva de acumulación de especies de Chao 1 y ACE, obteniendo como resultado que los parámetros mencionados son los estimadores de riqueza más precisos y presentaron una curva de acumulación con un crecimiento inicial moderado y lograron alcanzar una asíntota definida.

3. ANÁLISIS DE CADA UNO DE LOS PARÁMETROS INDISPENSABLES PARA EL DESARROLLO DE MACROINVERTEBRADOS SEGÚN EL ICA EN LOS PUNTOS DE MUESTREO.

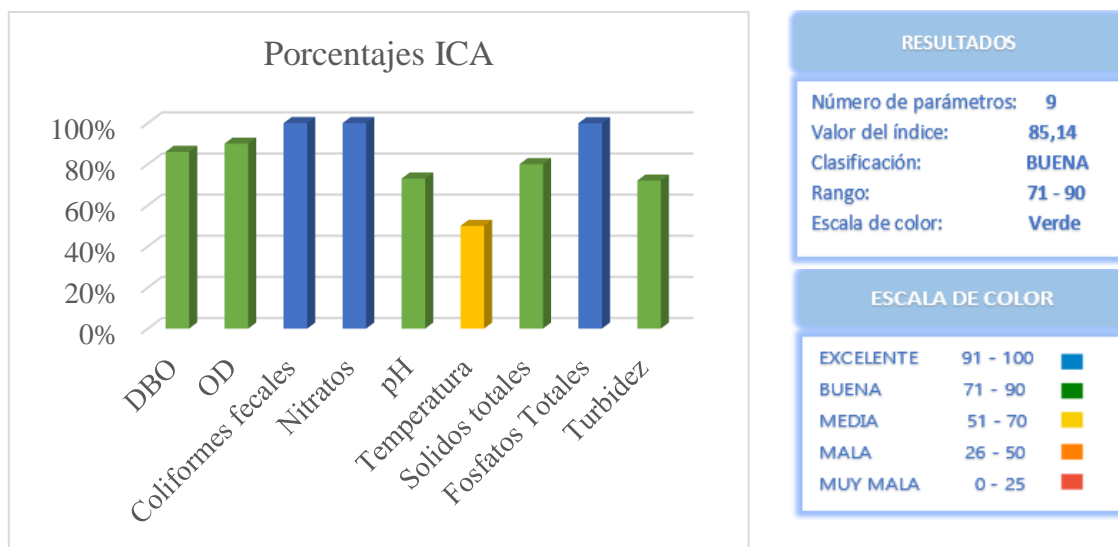
a) Índice de calidad agua en el bofedal 1

Obtenidos ya los parámetros del índice de calidad, a continuación, se mostrarán los valores resultantes y que corresponden al índice ICA, cabe mencionar que se encuentran inmiscuidos los nueve parámetros seleccionados y que ayudaron a establecer la calidad de los cuerpos de agua en estudio (Tabla 15 y Figura 16). De esta manera, el índice ICA para el primer cuerpo de agua muestreado, Bofedal 1, logró la categoría de calidad BUENA, con un ICA de 85,14; parámetros como Fosfatos totales expresado en (mg/l), coliformes fecales y nitratos asignaron una calidad EXCELENTE, mientras que la temperatura emitió el índice más bajo con una calidad de MEDIA.

Tabla 15. Cálculo del ICA en el primer punto de muestreo (Bofedal 1).

PARÁMETROS	VALOR	UNIDADES	Wi	li	SUBÍNDICE
DBO	1,4	mg/l	86	0,11	9,46
OD	87	% Sat	90	0,17	15,3
Coliformes fecales	<1	UFC/100ml	100	0,16	16
Nitratos	0,2	mg/l	100	0,1	10
pH	6,7		73	0,11	8,03
Temperatura	9,3	°C	50	0,1	5
Solidos totales	11,4	mg/l	80	0,07	5,6
Fosfatos totales	0,01	mg/l	99,9	0,1	9,99
Turbidez	13,8	NTU	72	0,08	5,76
ÍNDICE DE CALIDAD EN EL BOFEDAL 1:					85,14

Elaborado por: (Yerovi, A. 2019)



Elaborado por: (Yerovi, A. 2019)

Figura 16. Representación gráfica del primer punto de muestreo (Bofedal 1)

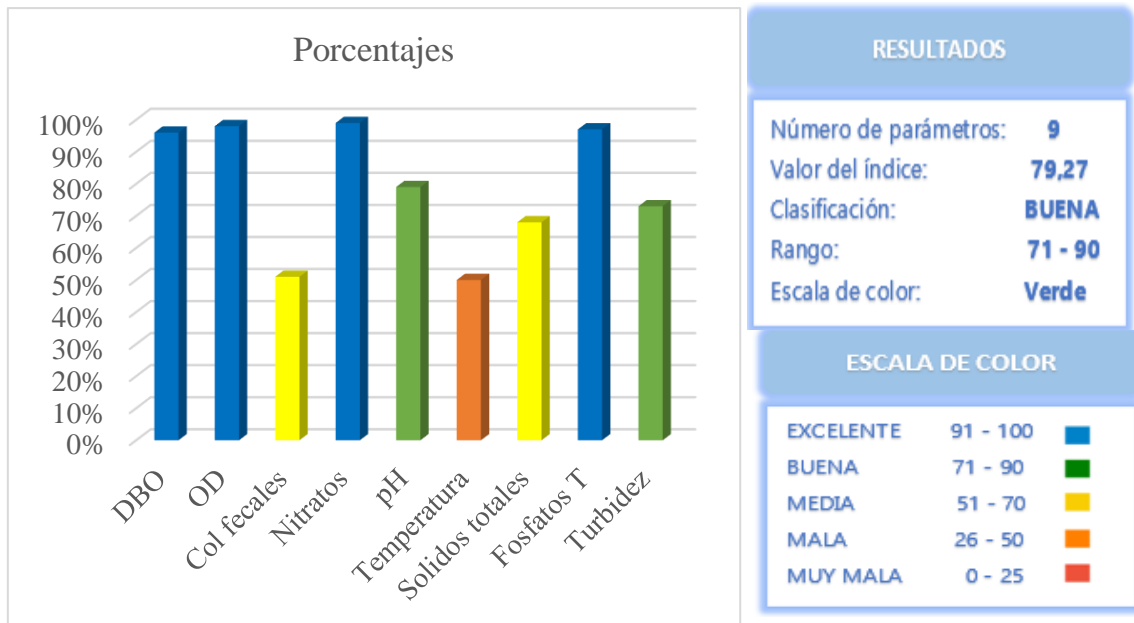
b) Índice de calidad de agua en el bofedal 2

Los resultados obtenidos en el segundo punto de muestreo (Bofedal 2) fue de 79,27, asignándole la categoría de calidad BUENA, en este punto se mantienen en un rango EXCELENTE los Nitratos y los Fosfatos totales, mientras que la Demanda Bioquímica de Oxígeno y Oxígeno Disuelto disminuyeron a un rango de calidad BUENA (Tabla 16 y Figura 17), al igual que los parámetros como coliformes fecales y sólidos totales descendieron un rango de BUENA a calidad MEDIA.

Tabla 16. Cálculo del ICA en el segundo punto de muestreo (Bofedal 2).

PARÁMETRO	VALOR	UNIDADES	Wi	li	SUBÍNDICE
DBO	0,98	mg/l	96	0,11	10,56
OD	101,3	% Sat	98	0,17	16,66
Coliformes fecales	55	UFC/100ml	51	0,16	8,16
Nitratos	0,5	mg/l	99	0,1	9,9
pH	6,7		79	0,11	8,69
Temperatura	8,5	°C	50	0,1	5
Sólidos totales	250	mg/l	68	0,07	4,76
Fosfatos Totales	0,12	mg/l	97	0,1	9,7
Turbidez	12,6	NTU	73	0,08	5,84
ÍNDICE DE CALIDAD EN EL BOFEDAL 2					79,27

Elaborado por: (Yerovi, A. 2019)

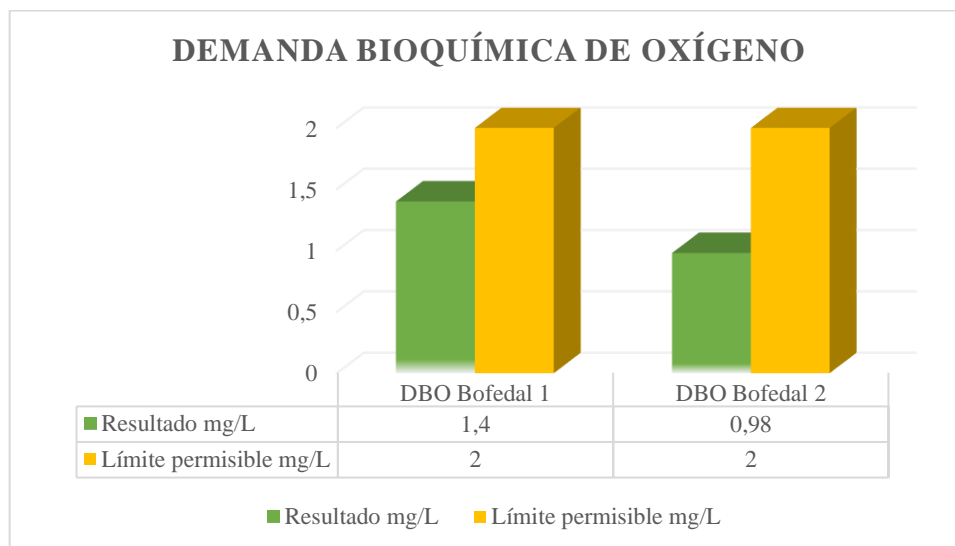


Elaborado por: (Yerovi, A. 2019)

Figura 17. Representación gráfica del segundo punto de muestreo (Bofedal 2)

4. PARÁMETROS ANALIZADOS

1. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO)

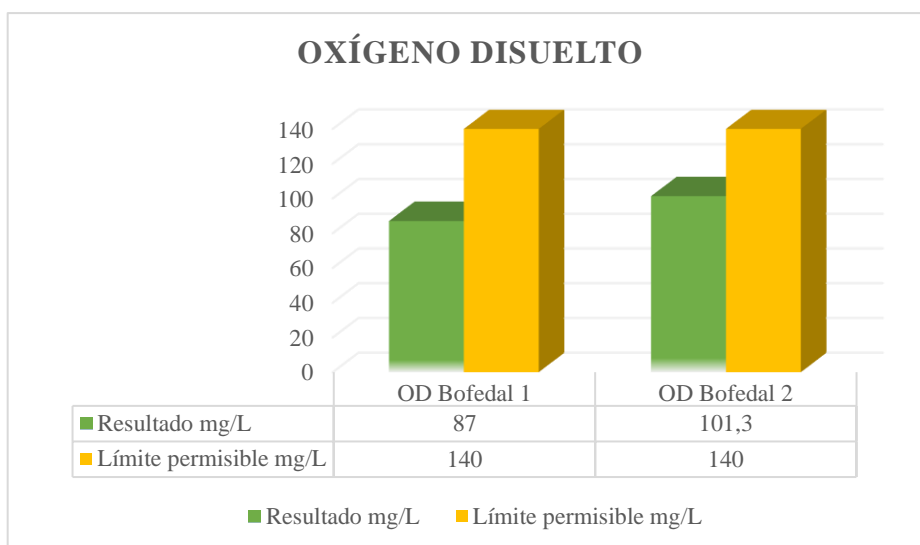


Elaborado por: (Yerovi, A. 2019)

Figura 18. Límites permisibles para la Demanda Bioquímica de Oxígeno

Los resultados obtenidos en el estudio muestran valores aceptables que están dentro de los límites permisibles según la Tabla N°1, Anexo VI, del TULSMA. La Demanda Bioquímica de Oxígeno es trascendental para el seguimiento de la polución de los cuerpos de agua, en este proceso la carga orgánica se la debe limitar para conservar los niveles de oxígeno disuelto (Sawyer & McCarty, 2001). Por otra parte, la contribución de carga orgánica disminuye el oxígeno y genera que bacterias empiecen a propagarse y vayan extinguiendo familias de macroinvertebrados, incitando a que varias comunidades de macroinvertebrados bentónicos y peces huyan de los sitios donde están presentes estos microorganismos (CAN, 2005).

2. OXÍGENO DISUELTO (OD)

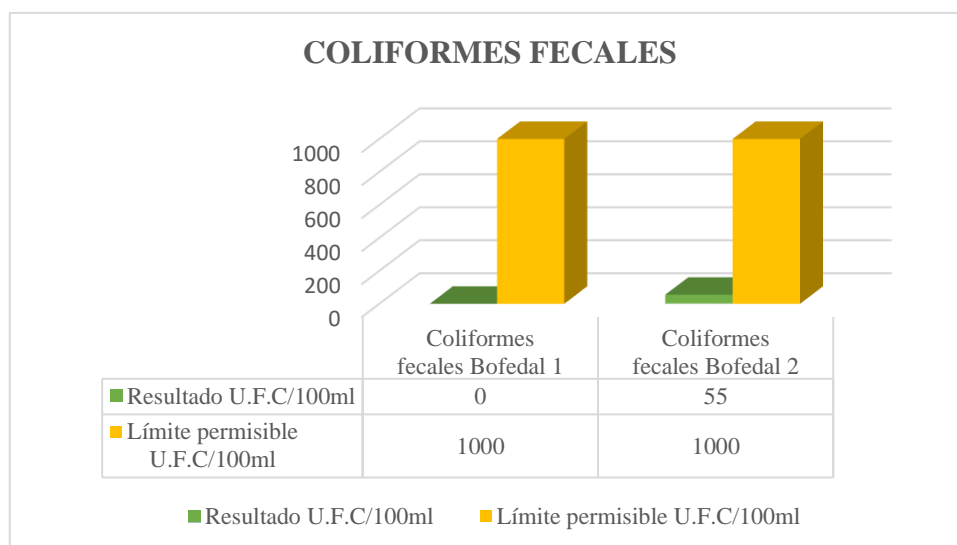


Elaborado por: (Yerovi, A. 2019)

Figura 19. Límites permisibles para el Oxígeno Disuelto.

Los resultados obtenidos en el estudio muestran valores aceptables que están dentro de los límites permisibles según la Tabla N°1, Anexo VI, del TULSMA, cabe señalar que este gas es un componente necesario y puede verse afectado por factores como la temperatura, la turbulencia del agua, características de los cuerpos de agua, procesos biológicos y químicos, el oxígeno disuelto influye directamente en los patrones de distribución y la riqueza de las familias de macroinvertebrados (Guerrero-Bolaño *et al.*, 2003).

3. COLIFORMES FECALES

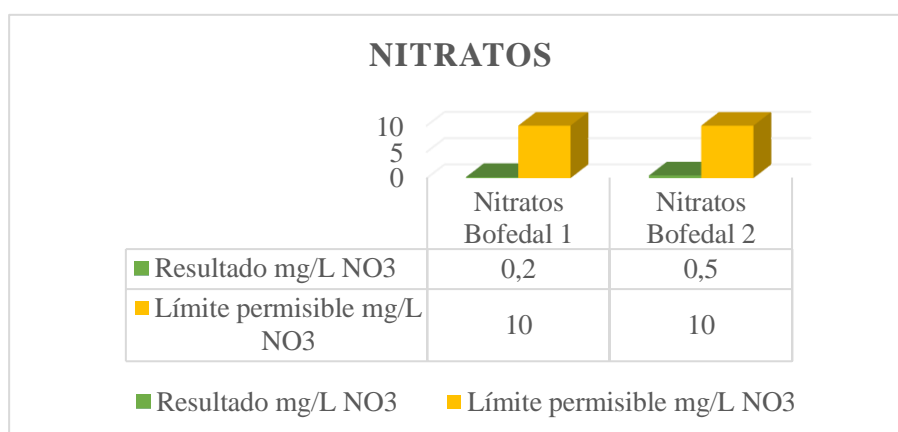


Elaborado por: (Yerovi, A. 2019)

Figura 20. Límites permisibles para Coliformes Fecales.

Los resultados obtenidos en el estudio muestran valores aceptables que están dentro de los límites permisibles según la Tabla N°1, Anexo VI, del TULSMA. Mara (1974) menciona que con este parámetro se aprecia la cantidad de microorganismos Coliformes que se hallan en el agua, existiendo una relación la cual expresa que mientras mayor sea la cantidad de bacterias coliformes concentradas en los cuerpos de agua, la contaminación por heces fecales de seres humanos y mamíferos será mayor. Ya varios años atrás se viene utilizando este parámetro como indicador exclusivo en lo que respecta a la contaminación fecal. La no presencia de esto muestra que el cuerpo de agua está libre de organismos perjudiciales mientras que su presencia se descifra como indicador de que los organismos patógenos pueden estar presentes e inciten a la presencia de enfermedades (Análisis microbiológico del agua, 2014).

4. NITRATOS

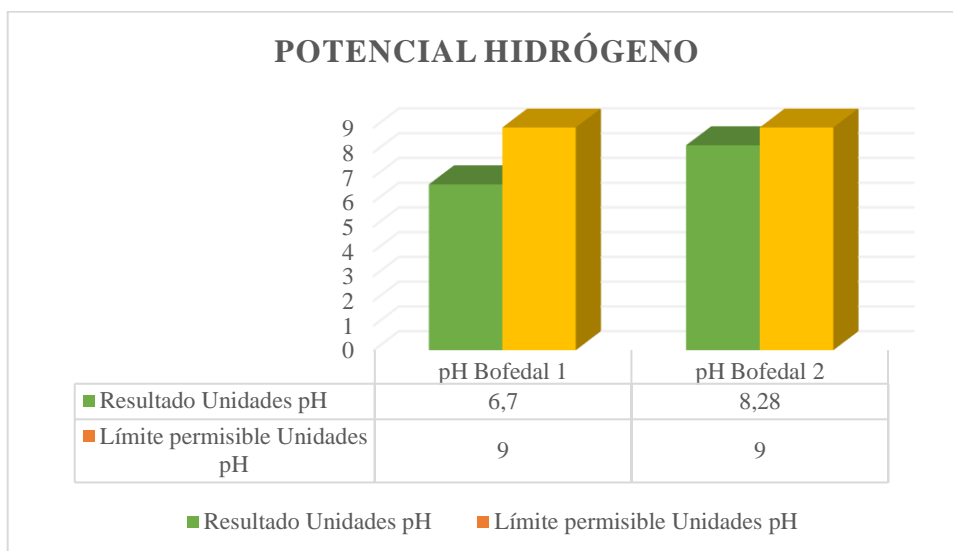


Elaborado por: (Yerovi, A. 2019)

Figura 21. Límites permisibles para Nitratos.

Los resultados obtenidos en el estudio muestran valores aceptables que están dentro de los límites permisibles según la Tabla N°1, Anexo VI, del TULSMA, la determinación de nitratos es de vital importancia debido a que nos da una idea clara de si los diferentes cuerpos de agua se encuentran en un proceso de eutrofización (Rivera *et al.*, 2008)

5. POTENCIAL HÍDRICO (pH)

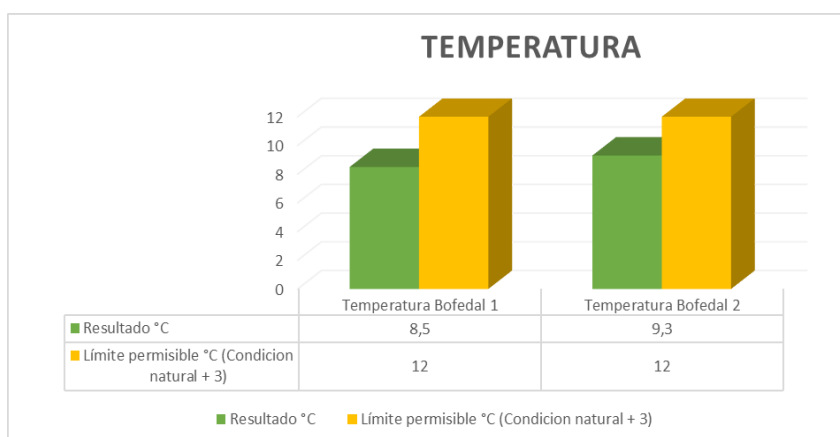


Elaborado por: (Yerovi, A. 2019)

Figura 22. Límites permisibles Potencial Hidrógeno

Los resultados obtenidos en el estudio muestran valores aceptables que están dentro de los límites permisibles según la Tabla N°1, Anexo VI, del TULSMA. Allan (2007) menciona que el pH es un parámetro sumamente importante debido que influye en reacciones químicas, además se relaciona con las concentraciones de protones (H^+), es decir que al poseer valores muy bajos puede existir la pérdida de fauna acuática como peces, macroinvertebrados, perturbaciones graves en la flora y llegar hasta la alteración de la solubilidad de nutrientes. Por lo general lagunas, ríos y el agua de lagos que se encuentran sanos van a tener un pH que oscila entre 6 y 8 para los límites de neutralidad, la mayoría de fauna acuática (peces y macroinvertebrados) pueden resistir un pH que oscile entre 6 y 9.

6. TEMPERATURA

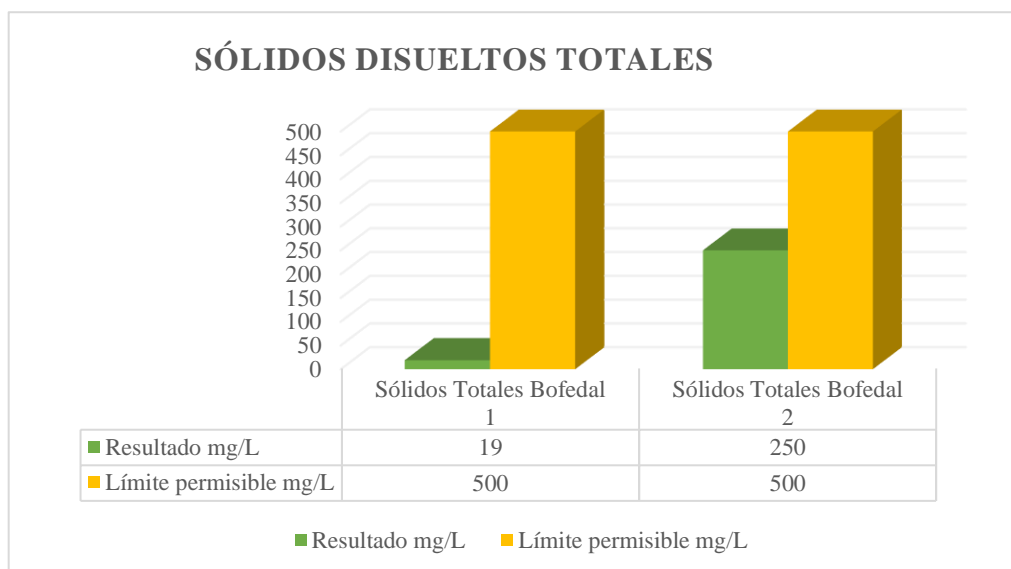


Elaborado por: (Yerovi, A. 2019)

Figura 23. Límites permisibles para la Temperatura.

Los resultados obtenidos en el estudio muestran valores aceptables que están dentro de los límites permisibles según la Tabla N°1, Anexo VI, del TULSMA. Los cambios en la temperatura del agua repercuten en el ecosistema (traslado de fauna, mutaciones en la flora acuática) puesto que este parámetro regulariza la concentración de oxígeno disuelto, las temperaturas bajas en los cuerpos de agua producen deterioros a la fauna y flora al interrumpir con la perpetuación de las especies, aumentando la propagación de bacterias junto con otros organismos, apresurando el proceso de eutrofización (Portuguez *et al.*, 2013).

7. SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (TDS)

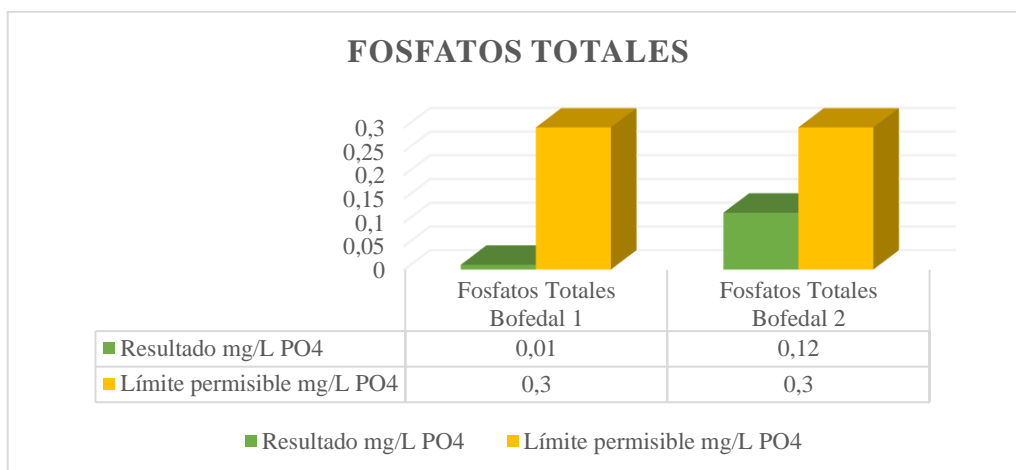


Elaborado por: (Yerovi, A. 2019)

Figura 24. Límites permisibles para Sólidos Disueltos Totales.

Los resultados obtenidos en el estudio muestran valores aceptables que están dentro de los límites permisibles según la Tabla N°1, Anexo VI, del TULSMA. La concentración elevada de sólidos disueltos indica una calidad de agua baja además de generar inconvenientes de equilibrio de agua para distintos organismos, gestando purgantes en los cuerpos de agua, dándole al recurso hídrico un sabor mineral malo (Autoridad del Canal de Panamá, 2011).

8. FOSFATOS TOTALES

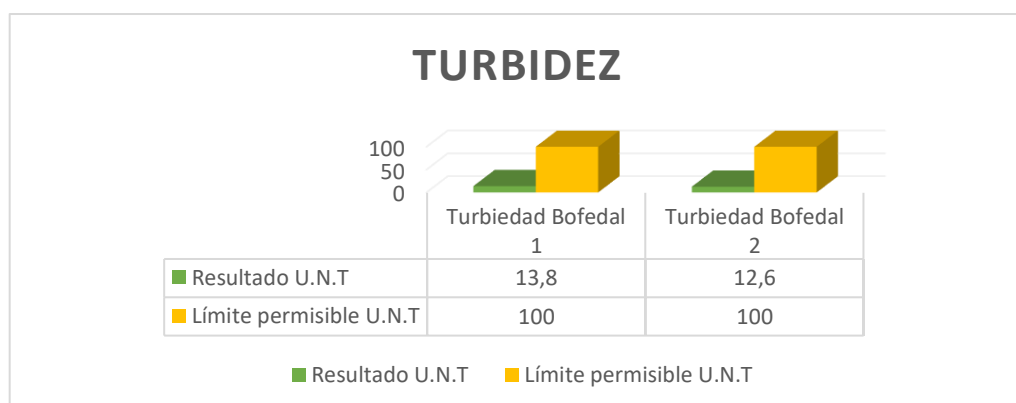


Elaborado por: (Yerovi, A. 2019)

Figura 25. Límites permisibles para Fosfatos Totales.

Los resultados obtenidos en el estudio muestran valores aceptables que están dentro de los límites permisibles según la Tabla N°1, Anexo VI, del TULSMA. Este parámetro es vital en el desarrollo de animales y plantas acuáticas. En la actualidad se lo reconoce como uno de los parámetros que regulan la evolución de algas, se lo puede hallar tanto en aguas residuales como naturales (Autoridad del Canal de Panamá, 2011). El TDS se encuentra en función a la concentración de sales minerales y se relaciona de manera directa con la capacidad que tiene el recurso hídrico para conducir corriente, es por eso que al incrementar la temperatura también la conductividad será mayor (Barrionuevo *et al.*, 2007).

9. TURBIDEZ



Elaborado por: (Yerovi, A. 2019)

Figura 26. Límites permisibles para Turbidez.

Los resultados obtenidos en el estudio muestran valores aceptables que están dentro de los límites permisibles según la Tabla N°1, Anexo VI, del TULSMA. Vergara (2009) menciona que este parámetro es el que no se relaciona en extremo con procesos fotosintéticos en el agua. La turbidez

está relacionada con el total de sólidos disueltos, este parámetro puede ser ocasionado debido al desgaste de las riberas por deforestación entre otros factores generando un problema al ecosistema dulceacuícola, interponiéndose al ingreso de la luz proveniente del sol y genera pérdida en la producción primaria (Jacobsen, 1998).

5. ÍNDICE DE CALIDAD BIOLÓGICO

Los resultados del índice ABI junto con el valor resultante de la calidad de agua en ambos bofedales, valores de cada orden y familia correspondiente se detallan a continuación:

Tabla 17. ÍNDICE ABI EN EL BOFEDAL 1

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LOS MACROINVERTEBRADOS			Número de individuos	ABI
Clase	Orden	Familia		
Insecta	Hemíptera	Corixidae	33	5
	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	2	10
	Trichoptera	Limnephilidae	1	7
		Leptoceridae	2	8
	Coleoptera	Dytiscidae	5	5
Tubellaria	Tricladida	Planariidae	30	5
Oligochaeta	Haplotaxida	Haplotaxidae	40	3
Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	88	6
Branchiopoda	Cladocera	Daphniidae/ copépodo	11	0
Clitellata	Rhynchobdellida	Piscicolidae	26	3
TOTAL			238	52

Elaborado por: (Yerovi, A. 2019)

El índice ABI muestra un resultado de calidad BUENA con un valor de 52, se puede observar que la familia Daphniidae dentro del índice ABI no posee una valoración, caso diferente es el de la familia Leptophlebiidae, de orden Ephemeroptera que posee una valoración de 10, esto según Salinas (2011),

que menciona que son grupos que son muy susceptibles a la contaminación hídrica y propios de ecosistemas dulceacuícolas altoandinos.

Tabla 18. ÍNDICE ABI EN EL BOFEDAL 2



CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LOS MACROINVERTEBRADOS			Número de individuos	ABI	
Clase	Orden	Familia			
Insecta	Díptera	Simuliidae	15	5	
		Chironomidae	15	2	
		Ceratopogonidae	1	4	
	Hemíptera	Corixidae	10	5	
		Ephemeroptera	Baetidae	30	4
			Leptophlebiidae	28	10
			Trichoptera	Limnephilidae	15
			Leptoceridae	32	8
			Coleoptera	Elmidae	3
			Dytiscidae	1	3
Tubellaria			Tricladida	Planariidae	8
Oligochaeta	Haplotaxida	Haplotaxidae	6	3	
Mollusca	Bivalvos	Sphaeriidae	2	3	
Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	44	6	
TOTAL			210	70	

Elaborado por: (Yerovi, A. 2019)

El índice ABI muestra un resultado de calidad BUENA con un valor de 70, se puede observar que la familia Chironomidae dentro del índice ABI posee una valoración muy baja, caso diferente es el de la familia Leptophlebiidae, según Salinas (2011), que menciona que son grupos que son muy susceptibles a la contaminación hídrica pertenecientes al orden Ephemeroptera catalogados con una valoración de 10, además son exclusivos de ecosistemas dulceacuícolas altoandinos.

Análisis comparativo de la calidad de agua mediante el índice ABI

Tabla 19. Análisis comparativo de la calidad de agua mediante el índice ABI

PUNTO MONITOREO	ABI	SIGNIFICADO	CALIDAD
BOFEDAL 1	52	Aguas no alteradas	BUENA 
BOFEDAL 2	70	Aguas no alteradas	BUENA 

Elaborado por: (Yerovi, A. 2019)

El índice Biológico Andino (ABI), establece valores no tan alejados de la realidad debido a que fue modificado únicamente para ser utilizado en estribaciones de los Andes superiores a los 2000 msnm, es decir se encarga de valorar con minuciosidad familias de macroinvertebrados, puesto que el factor altura restringe la distribución de varias familias (Ríos-Touma *et al.*, 2014), en este estudio se comparte el criterio emitido por (Passuni & Fonkén, 2015; Ríos-Touma *et al.*, 2014) sobre la disminución de familias a mayor altitud puesto que en el primer estudio en el Bofedal 1 a 4500 msnm se registran 10 familias (Tabla 18) mientras que en el Bofedal 2 situado a 4000 msnm se registran 14 familias (Tabla 19), observando la clara disminución de familias por el factor altitud, caben mencionar que en el estudio realizado por Jacobsen *et al.*, (1997) con la altitud de los páramos la riqueza de familias como Coleoptera, Odonata y Heteróptera señalan un efecto histórico como son las glaciaciones de los Andes siendo un factor determinante que influyó fuertemente en cambios estructurales de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos y sostiene que las taxas presentes son relativamente jóvenes en medio de un proceso de recolonización viniendo desde los cuerpos de agua más bajos hacia los más altos, restringidos no solo por factores físicos sino además por barreras térmicas, por lo que actualmente existen varios nichos ecológicos mal desarrollados dentro de los cuerpos hídricos altoandinos (Jacobsen *et al.*, 2003).

En las zonas de Bofedales se encuentran órdenes que son exclusivos debido a que por poseer fondos arenosos albergan menos especímenes siendo los fondos pedregosos los más diversos compartiendo con el criterio emitido por (Palomino *et al.*, 2016).

Análisis comparativo de la diversidad de macroinvertebrados

Tabla 20. Tabla 20. Diversidad de macroinvertebrados

P. MONITOREO	ÍNDICE SIMPSON	CATEGORÍA	ÍNDICE SHANNON	CATEGORÍA	NÚMERO DE INDIVIDUOS
BOFEDAL 1	0,79	ALTA	2,56	MEDIA	
BOFEDAL 2	0,87	ALTA	3,25	ALTA	

Elaborado por: (Yerovi, A. 2019)

Mediante un análisis comparativo de diversidad de especies se observa en la Tabla 21 que el Bofedal 2 dentro de la comunidad Pucará, parroquia Pilahuín dentro de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo posee una valoración “Alta” para la diversidad de macroinvertebrados según los índices de diversidad Simpson y Shannon compartiendo el criterio Según Alvizu (2004) quien 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, en nuestro estudio la valoración más alta está en el Bofedal 2 para ambos índices de diversidad y la otra plantea que se presentan especies en un número máximo en el lugar medio de cualquier gradiente ambiental.

VI. CONCLUSIONES

En el bofedal 1 se recolectó 238 macroinvertebrados bentónicos pertenecientes al Reino: animalia, 3 Phylum (Arthropoda, Platemintos, Annelida), 6 clases (Insecta, Turbellaria, Oligochaeta, Malacostraca, Branchiopoda, Clitellata), 9 órdenes (Díptera, Hemíptera, Ephemeroptera, Trichoptera, Coleóptera, Tricladida, Haplotaxida, Bivalvos, Amphipoda) y 10 familias (Corixidae, Leptophlebiidae, Limnephilidae, Leptoceridae, Dytiscidae, Planariidae, Haplotaxidae, Hyalellidae, Daphniidae, Hirudinea).

En el bofedal 2 se recolectó 210 macroinvertebrados bentónicos pertenecientes al Reino: animalia, 3 Phylum (Arthropoda, Platemintos, Annelida), 5 clases (Insecta, Turbellaria, Oligochaeta, Malacostraca, Mollusca), 9 órdenes (Hemíptera, Ephemeroptera, Trichoptera, Coleóptera, Tricladida, Haplotaxida, Amphipoda, Cladóceras, Rhynchobdellida) y 14 familias (Simuliidae, Chironomidae, Ceratopogonidae, Corixidae, Baetidae, Leptophlebiidae, Limnephilidae, Leptoceridae, Elmidae, Dytiscidae, Planariidae, Haplotaxidae, Hyalellidae, Sphaeriidae).

La calidad de agua en ambos bofedales fue buena en base al Índice de Calidad de Agua (ICA) respecto a los parámetros físico químico y microbiológicos.

La calidad de agua en base al Índice Biológico Andino (ABI) fue buena para ambos bofedales.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda efectuar monitoreos continuos en los bofedales por un período más extendido (un año mínimo), lo cual permitirá conocer el comportamiento de la calidad de agua en los diferentes períodos.

Prolongar el estudio de la calidad de agua en los bofedales en la comunidad Pucará, parroquia Pilahuín dentro de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo mediante el uso de índices biológicos que sean desarrollados para zonas lénticas y altoandinas, como el ABI, BMWP/COL, acompañados de los parámetros físico químico y microbiológicos.

La protección y conservación de los cuerpos de agua como son los bofedales deben enfocarse en mejorar la calidad del agua, una manera de protegerlo es reforestando con especies nativas en las superficies descubiertas cercas al cuerpo de estudio ya que de esa manera se protege la calidad y diversidad de los bofedales.

VIII. RESUMEN

La presente investigación plantea evaluar mediante análisis comparativo la calidad de agua usando macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores en dos bofedales en la comunidad Pucará, parroquia Pilahuín, dentro de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo; los bofedales son sistemas que brindan diversos servicios ambientales como la regulación del ciclo hídrico, a pesar de ello, estos ecosistemas son vulnerables debido a la intervención humana y expansión de la frontera agrícola afectando la fauna acuática y la calidad de agua. La metodología se desarrolló en tres fases: en la primera fase se establecieron 6 puntos de muestreo en cada bofedal, para la recolección de macroinvertebrados se utilizó una red de mano "D-net" realizando dos repeticiones en cada punto de muestreo. En total se registraron 448 especímenes distribuidos en 16 familias. En la segunda fase, se midieron los 9 parámetros físico químicos según el Índice de Calidad de Agua (ICA) *in situ* y posteriormente en el laboratorio, los parámetros no sobrepasaron los límites permisibles del Texto Único de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA) lo cual es indispensable para la supervivencia de los macroinvertebrados. La tercera fase reflejó la evaluación de la calidad de agua mediante el índice biológico ABI, que debido a su adaptación para zonas alto andinas presentó una valoración de buena calidad para ambos bofedales. Se concluye que comparativamente el Bofedal 2 (750287,14; 9849373,07) presenta mejores características como: calidad de agua Buena mediante el índice ABI (Índice Biológico Andino), y diversidad Alta según la evaluación de los índices de diversidad Simpson y Shannon, en general, la calidad de agua de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo en la comunidad Pucará, parroquia Pilahuín en base a la diversidad de macroinvertebrados bentónicos encontrados en los dos bofedales es aceptable.

Palabras clave: MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS – BIOINDICADORES DE CALIDAD - CALIDAD DE AGUA - BOFEDALES

Por: **Alexander Yerovi.**



IX. SUMMARY

ABSTRACT

The present investigation proposes to evaluate through a comparative quality water analysis by using benthic macroinvertebrates as bio indicators in two bofedales in the Pucará community, Pilahuín parish, within the Chimborazo Fauna Production Reserve; the bofedales are systems that provide diverse environmental services such as the regulation of the water cycle, despite this, these ecosystems are vulnerable due to human intervention and the expansion of the agricultural frontier affecting aquatic fauna and water quality. The methodology was developed in three phases: in the first phase 6 sampling points were established in each bofedal, for the collection of macroinvertebrates a "D-net" hand net was used, performing two repetitions in each sampling point. A total of 448 specimens distributed in 16 families were recorded. In the second phase, the 9 physical-chemical parameters were measured according to the water quality index (ICA) in situ and later in the laboratory, the parameters did not exceed the permissible limits of the Single Text of Secondary Environmental Legislation (TULSMA) which it is indispensable for the survival of macroinvertebrates. The third phase, reflected the evaluation of water quality through the ABI biological index, which due to its adaptation to high Andean zones presented a good quality assessment for both bofedales. It is concluded that Bofedal 2 (750287,14; 9849373,07) comparatively has better characteristics such as: good water quality through the ABI index (Andean Biological Index), and high diversity according to the evaluation of Simpson and Shannon diversity indices, in general, the water quality of the Chimborazo Fauna Production Reserve in the Pucará community, Pilahuín parish based on the diversity of benthic macroinvertebrates found in the two bofedales is acceptable.

Key words: BENTHIC MACROINVERTEBRATES - QUALITY BIO INDICATORS - WATER QUALITY - BOFEDALES.

By: Alexander Yerovi



X. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, R., Rieradevall, M., Ríos, B., & Prat, N. (2009). *Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú*: *Limnetica*, 28(1); 035-64.
- Aguirre, F., Ahumada, M., Contreras, M., & Figueroa, A. (2011). *Guía para la conservación y seguimiento ambiental de humedales andinos*. Chile.
- Allan, J., & Castillo, M. (2007). *Stream ecology. Structure and function of running waters*. Springer. 200; 75-105.
- Alvizu, P. (2004). *Complejidad y respuesta funcional de la vegetación de páramo a lo largo de gradientes altitudinales*. (Tesis de posgrado. Doctor en Ecología Tropical). Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas. Postgrado en Ecología Tropical. Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela
- Alzerreca, H., Prieto, G., Laura, J., Luna, D., & Laguna, S. (2001). *Características y distribución de los bofedales en el ámbito boliviano*. La Paz, Bolivia.
- Alkemi, K. (2014). *Técnicas de microbiología*. (5ª. ed.). Colombia: Biology. p.17
- Andrade, J. (2016). *Determinación del estado de conservación de los bofedales de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo*. Riobamba.
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2008). Agua y alimentación. *Constitución de la República del Ecuador*. Montecristi, Ecuador. pp. 34-200.
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2008). *Ley Orgánica de recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua*. Quito, Ecuador. p. 314
- Aucapiña, F., & Velasco, M.E. (2011) *Análisis Físico- Químico y microbiológico del sistema de agua de la Junta Administradora de Agua Potable de la Parroquia Baños*. Universidad de Cuenca. Cuenca. pp. 11-16
- Barrionuevo, M., Romero, F., Navarro, M., Meosi, G., & Fernandez, H. (2007). *Monitoreo de calidad del agua en un río subtropical de montaña: el río Lules (Tucumán, Argentina)*. Tucumán-Argentina: Conagua.
- Basaguren, A. (1991). *Los tricópteros de la red hidrográfica de Bizkaia*. Diputación Foral de Vizcaya, España.
- Bonada, N., Prat, N., Resh, V., & Statzner, B. (2006). *Developments in Aquatic Insect*

- Biomonitoring: A Comparative Analysis of Recent Approaches*. Entomol, 51, 495 - 523.
Recuperado el 25 de noviembre de 2018.de
http://wgbis.ces.iisc.ernet.in/energy/water/paper/cistup_TR1/DEVELOPMENTS%20IN%20AQUATIC%20INSECT%20BIOMONITORING.pdf
- Brittain, J. E., & Eikeland, T. J. (1988). *Invertebrate drift—a review*. Hydrobiologia, 166(1), 77-93.
- Brown, R., Macclelland, N., Deininger, R., & Tozer, R. A. (1970). *Water Quality Index - Do We Dare?*. Water and Sewage Works, 117(10): 339-343.
- Cárdenas, M., & Encina, G. (2008). *Gestión sustentable de bofedales del Salar del Huasco*. Chile.
- Carrera, C., & Fierro, K. (2001). *Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua: Manual de monitoreo*. EcoCiencia. Quito, Ecuador. pp. 28-30; 67
- Chazdon R.L., Colwell R.K., Denslow J.S., & Guariguata M.R. (1998). *Statistical methods for estimating species richness of woody regeneration in primary and secondary rain forest of northeastern Costa Rica*. En: Dallmeier F. y Comiskey J.A. Eds. Forest Biodiversity Research, Monitoring and Modelling, pp. 285-309, The Parthenon Publishing Group, París.
- Commission for Environmental Cooperation. (2009). *El mosaico de América del Norte: panorama de los problemas ambientales más relevantes-Calidad del agua*. Commission for Environmental Cooperation. Amsterdam: CEC.org.
- Dangles, O. (2011). *Predicting richness effects on ecosystem function in natural communities: insights from high-elevation streams*. Ecology. N. (3);733-743.
- Deley, R., & Santillán, P. (2016). *Macroinvertebrados bentónicos de la Microcuenca Jubal, Ozogоче y Zula, Parque Nacional Sangay*. (M. S. Carpio, Ed.) Riobamba - Ecuador: El Telérafo EP.
- Domínguez, E., & Fernández H. (2001). *Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos Sudamericanos*. Universidad Nacional de Tucumán. Facultad de Ciencias Naturales. Instituto M. Lillo. Editorial universitaria de Tucumán. Tucumán, Argentina. pp. 237
- Fernández, R. (2011). *Ecosistemas acuáticos*. España.
- Forero-Céspedes, A. M., Reinoso-Flórez, G., & Gutiérrez, C. (2013). *Evaluación de la calidad del agua del río opia (tolima-colombia) mediante macroinvertebrados acuáticos y parámetros fisicoquímicos: water quality assessment of the Opia River (Tolima-Colombia), using macroinvertebrates and physicochemical parameters*. Caldasia, 35(2), 371-387.
- Gamboa, M., Reyes, R., & Arrivillaga, J. (2008). *Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de salud ambiental*. Boletín de Malariología y salud ambiental, 48(2), 109-120.

- Gil, M. J. (2005). *Índices biológicos y de Bosque de Ribera*. Zaragoza: Universidad de Zaragoza. Zaragoza.
- González, L., & Lozano, L. (2004). *Bioindicadores como herramienta de evaluación de la calidad ambiental en la parte alta de la microcuenca las delicias*. Umbral Científico, (5), 73-82.
- Guerrero-Bolaño, F., Manjarrés-Hernández, A., & Núñez-Padilla, N. (2003). *The Benthonic Macroinvertebrates of Pozo Azul (Gaira River Basin, Colombia) and their Relationship with Water Quality*. Acta Biológica Colombiana, 8(2), 43–55.
- Hanson, P. (2010) *Capítulo 1: Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos*. Revista de Biología Tropical, Volumen 58, pp. 1-38. Recuperado el 27 de noviembre de 2018. de <http://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v58s4/a01v58s4.pdf>.
- Hellawell, J. M. (2012). *Biological indicators of freshwater pollution and environmental management*. Springer Science & Business Media. Honduras.
- Huertas, D. (2014). *Análisis de la calidad de agua del río Cutuchi con base a variables físico-químicas y macroinvertebrados acuáticos*. Esmeraldas: Universidad Tecnológica Equinoccial
- Jacobsen, D. (1998). *Human activities and stream environments in tropical regions*. en: environment, health and sustainable development, A. Reenberg y E. Moller Pedersen, SEREIN, Copenhagen, Dinamarca., pp. 121-127.
- Jacobsen, D., Schultz, R., & Encalada, A. (1997). *Structure and diversity of stream invertebrate assemblages: the influence of temperature with altitude and latitude*. Freshwat. Biol., 38: 247-261.
- Jacobsen, D., S. Rostgaard, & Vasconez, J. (2003). *Are Macroinvertebrates in high altitude streams affected by oxygen deficiency?* Freshwat. Biol., 48: 2025- 2032.
- Ladrera, R., Rieradevall, M., & Prat, N. (2013). *Macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos: una herramienta didáctica*. e-Revista de Didáctica, 11. Recuperado el 25 de noviembre de 2018. de http://www.ehu.es/ikastorratza/11_alea/macro.pdf
- Lampert, W., & Sommer, U. (2007). *Limnoecology*. Oxford: Prensa de la Universidad de Oxford
- Lobato, I. (2013). *Ecosistemas*. Buenos Aires
- Lorini, H. (2014). *Estrategia de adaptación al cambio climático para humedales altoandinos*. Bolivia.
- Ministerio de Ambiente del Ecuador. (2014). Acuerdo Ministerial 028. Registro oficial de la Administración del sr. Ec. Rafael Correa Delgado, Presidente Constitucional de la República.

Edición Especial N° 270. Manabí.

- Marrugan, A. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Paris: Princeton University Press, p. 2000.
- Mara, P. (1974). *Bacteriology For Sanitary Ingeniers*. London, Churchill Livigstone.
- McGavin, G. (2001). *Entomología esencial*. Barcelona, España: Ariel Ciencia. pp. 355.
- Meza, A., Rubio, J., Dias, L., & Walteros, J. (2012). *Calidad de agua y composición de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca alta del río Chinchiná*. *Caldasia*, 34(2), 443 - 456. Recuperado el 25 de noviembre de 2018. de <http://www.scielo.org.co/pdf/cal/v34n2/v34n2a13.pdf>
- Moreno, C. (2001). *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. Panamá
- Neumann, M., Liess, M., & Ralf, S. (2003). *An expert system to estimate the pesticide contamination of small streams using benthic macroinvertebrates as bioindicators*. Knowledge base of Limpact.
- Samaniego, C., Prado, L., Ordoñez, L., Díaz, M., & Zambrano, L. &. (2011). *Guía técnica para la Identificación, Fenología, Usos y Características de árboles y maderas. En Árboles Nativos de Orellana, Amazonía del Ecuador*. Quito, Ecuador. p. 150
- Orjuela L. C. (2013). *Hoja metodológica del indicador Demanda Bioquímica de Oxígeno en las masas de agua por estación (Versión1,00)*. Sistema de Indicadores Ambientales de Colombia. Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. p. 7
- Palomino, K. C., Soto, K. C., Oscanoa, A. P., Vilcahuaman, D. R., & Echevarria, I. V. (2016). *La biodiversidad de macroinvertebrados como indicadores de calidad de agua en los ríos de Junín*. *Ingenium*, 1(2).
- Passuni, E. O., & Fonkén, M. S. (2015). *Relationships between aquatic invertebrates, water quality and vegetation in an Andean peatland system*. *Mires and Peat*, 15(14), 1-21
- Pérez-Bilbao, A., & Garrido, J. (2009). *Evaluación del estado de conservación de una zona LIC (Gándaras de Budiño, Red Natura 2000) usando los coleópteros acuáticos como indicadores*. *Limnetica*, 28(1), 011-22.
- Portuguez, M., Rodriguez, K., Acevedo, C., Acevedo, O., Acevedo, J., Arroyo, E., Salazar, S. (2013). *Utilización del índice Bmwp-Cr para análisis de la calidad del agua en quebrada Barro Montecillos durante el Año 2013*. Tolima - Colombia.

- Ríos-Touma, B., Acosta, R., & Prat, N. (2014). *The Andean Biotic Index (ABI): revised tolerance to pollution values for macroinvertebrate families and index performance evaluation*. *Revista de Biología Tropical*, 62, 249-273. Recuperado el 2 de enero de 2019. de http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442014000600017
- Rivera, U. J., Camacho, P. D., Botero, B.A. (2008). *Estructura numérica de la entomofauna acuática en ocho quebradas del departamento del Quindío-Colombia*. *Acta biol. Colomb.* 13: 133-146.
- Roldán Pérez, G. A. (2003). *Fisicoquímica de los ecosistemas acuáticos*. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia (págs. 1-9). Medellín: Universidad de Antioquia.
- Roldan, G. (2003). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia*. Antioquia-Colombia. Universidad de Antioquia.pp. 29-136
- Roldán, G. (1988). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. Universidad de Antioquia, Fondo FEN, Medellín
- Romero, J., Lozano, P., Carrasco, J., Paula, P., Cajas, C., Caranqui, J., & Esparza, D. (2017). *Valoración económica del Carbono almacenado en el ecosistema bofedal en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo*. Riobamba - Ecuador.
- Romero, R. (2009). *Calidad del agua*. (2ª ed.). Medellín: Escuela Colombiana de Ingeniería. p. 468.
- Rosas-Acevedo, J. L., Ávila-Pérez, H., Sánchez-Infante, A., Rosas-Acevedo, A. Y., García-Ibañez, S., Sampedro-Rosas, L., & Juárez-López, A. L. (2014). *Índice BMWP, FBI y EPT para determinar la calidad del agua en la laguna de Coyuca de Benítez, Guerrero, México*. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 1(2), 82-88.
- Salinas, M., & Edivar, N. (2011) *¿Qué es un bioindicador? Aprendiendo a partir del ciclo de indagación guiada con macroinvertebrados bentónicos*. Propuesta Metodológica (Tesis de pregrado. Doctoral) Universidad Nacional de Colombia. Medellín.
- Sánchez, I. (2015). *Composición de la Comunidad de Macroinvertebrados a lo largo de una Gradiente Longitudinal, Cabecera - Tramo Medio, en el Río Atacames (Tesis de grado. Ingeniero Ambiental)*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas. Esmeraldas.
- Schumm, A. (1977). *El sistema fluvial*. Nueva York.
- Segnini, S. (2003). *El Uso de los Macroinvertebrados Bentónicos como Indicadores de la Condición Ecológica de los Cuerpos de Agua Corriente*. *Ecotropicos*, 16(2), 45 - 63. Recuperado el 25 de noviembre de 2018. de https://www.researchgate.net/publication/284495760_El_uso_de_los_macroinvertebrados_be

ntonicos_como_indicadores_de_la_condicion_ecologica_de_los_cursos_de_agua_corriente

Sierra, C. (2001). *Calidad del Agua*. Bogotá: Ediciones de la U.

Stanley, S. (1977). *Clasificación geomorfológica de cursos fluviales*. Recuperado el 25 de noviembre de 2018, de <http://www.boletinage.com/56/16%20AGE%2056.pdf>

Tirira, D., & Boada, C. (2009). *Diversidad de mamíferos en bosques de Ceja Andina alta del nororiente de la provincia de Carchi*. Quito, Ecuador.

Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R., & Cushing, C. E. (1980). *The river continuum concept*. Canadian journal of fisheries and aquatic sciences, 37(1), 130-137.

Vázquez, G., Castro, M., González, I., Pérez, R. & Castro, B. (2006). *Bioindicadores como herramientas para determinar la calidad del agua*. Betijoque.

VonHessberg H., Toro D., Grajales-Quintero A., Duque-Quintero., & Uribe, L. (2009). *Determinación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos y fisicoquímicos, en la estación piscícola*. Universidad de Caldas, Municipio Palestina, Colombia

XI. ANEXOS

Anexo 1. Ubicación y delimitación de los puntos de monitoreo



Anexo 2. Recolección de macroinvertebrados bentónicos en los Bofedales



Anexo 3. Observación de macroinvertebrados bentónicos



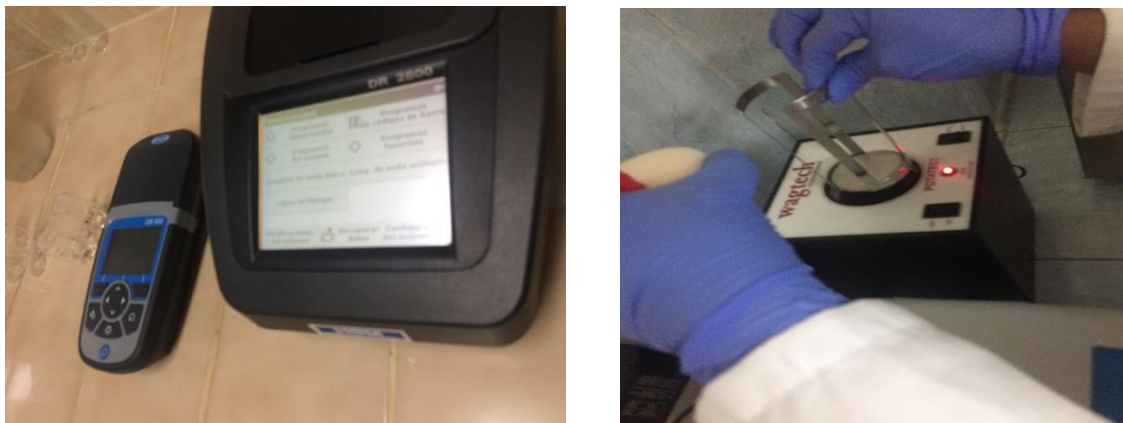
Anexo 4. Almacenamiento de macroinvertebrados



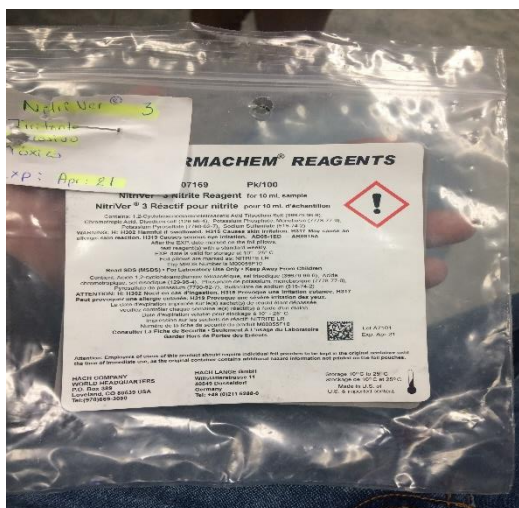
Anexo 5. Etiquetado de las muestras



Anexo 6. Identificación de los órdenes, familias de macroinvertebrados bioindicadores por medio del estereoscopio



Anexo 7. Materiales utilizados en la medición de parámetros físico químicos del agua



Anexo 8. Insumos utilizados para los parámetros físico químicos



Anexo 9. Medición de parámetros físico químicos

CLASE**FOTOGRAFÍA**

Insecta

Orden:

Hemíptera

Familia:

Corixidae

**CLASE****FOTOGRAFÍA**

Tubellaria

Orden:

Tricladida

Familia:

Planariidae



Oligochaeta

Orden:

Haplotaxida

Familia:

Haplotaxidae



Malacostraca

Orden:

Amphipoda

Familia:

Hyaellidae



Branchiopoda

Orden:

Cladocera

Familia:

Daphnidae



Clitellata

Orden:

Rhynchobdellida

Familia:

Piscicolidae



Insecta

Orden:

Ephemeroptera

Familia:

Leptophlebiidae



Insecta

Orden:

Coleóptera

Familia:

Dytiscidae



Insecta
Orden:
 Trichoptera
Familia:
 Limnephilidae



Insecta
Orden:
 Trichoptera
Familia:
 Leptoceridae



Anexo 10. Familias de macroinvertebrados colectados en el Bofedal 1

CLASE

FOTOGRAFÍA

CLASE

FOTOGRAFÍA

Insecta
Orden:
 Díptera
Familia:
 Simuliidae



Insecta
Orden:
 Díptera
Familia:
 Chironomidae



Insecta
Orden:
 Díptera
Familia:
 Ceratopogonidae



Insecta
Orden:
 Hemiptera
Familia:
 Corixidae



Insecta
Orden:
 Ephemeroptera
Familia:
 Baetidae



Insecta
Orden:
 Ephemeroptera
Familia:
 Leptophlebiidae



Insecta
Órden:
 Trichoptera
Familia:
 Limnephilidae



Insecta
Órden:
 Trichoptera
Familia:
 Leptoceridae



Insecta
Órden:
 Coleóptera
Familia:
 Elmidae



Insecta
Órden:
 Coleóptera
Familia:
 Dytiscidae



Tubellaria
Órden:
 Tricladida
Familia:
 Planariidae



Oligochaeta
Órden:
 Haplotaxida
Familia:
 Haplotaxidae







Mollusca
Órden:
 Bivalvos
Familia:
 Sphaeriidae



Malacostraca
Órden:
 Amphipoda
Familia:
 Hyalellidae



Anexo 11. Familias de macroinvertebrados colectados en el Bofedal 2

PUNTO MONITOREO	%EPT	CALIDAD	ABI	SIGNIFICADO	CALIDAD
BOFEDAL 1	2%	MALA 	52	Aguas no alteradas	BUENA 
BOFEDAL 2	50%	BUENA 	70	Aguas no alteradas	BUENA 

Anexo 12

Anexo 12. Análisis de Calidad de Agua (EPT & ABI)

Uno de los factores por los que el índice de calidad EPT muestra resultados un poco desfavorables según menciona Rosas-Acevedo *et al.*, (2014) es debido a que este tipo de índices han sido desarrollados para ecosistemas lóticos, es decir sitios donde el agua tiene mayor flujo en una sola dirección y no es tan efectivo en ecosistemas lénticos, como el de los bofedales, un efecto similar para este índice en comparación con el Bofedal 1 se observa en el estudio realizado por Forero-Céspedes *et al.*, (2013) quien menciona que la calidad del agua varía debido a la no presencia de Plecópteros, y escasos especímenes de Tricópteros y Efemerópteros que probablemente fueron limitados por factores ecológicos como flora asociada, especímenes que son depredadores, que proporcionó como resultado un EPT malo.

En el Anexo 12 la ausencia de varias familias pertenecientes al orden Ephemeroptera es probablemente debido a que según Jacobsen (2008), estos especímenes se los encuentra en menores cantidades por sobre los 2000 msnm, dentro del mismo estudio el orden Plecóptera posee una similitud con el nuestro por la ausencia de estos especímenes que se explica por el ambiente particular o altura del sitio de muestreo en lugar de la contaminación del área.

Realizando una comparación de los valores obtenidos de los índices EPT y ABI se observa que existen especímenes que permiten establecer una buena calidad de agua, la calidad de agua con el índice ABI en el Bofedal 1 y Bofedal 2 se mantiene en Buena, mientras que con el índice EPT, difiere los resultados de Mala calidad en el Bofedal 1 a Buena Calidad en el Bofedal 2

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LOS MACROINVERTEBRADOS			Número de individuos	EPT Presentes	ABI
Clase	Orden	Familia			
Insecta	Hemíptera	Corixidae	33		5
	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	2	2	10
	Trichoptera	Limnephilidae	1	1	7
		Leptoceridae	2	2	8
	Coleoptera	Dytiscidae	5		5
Tubellaria	Tricladida	Planariidae	30		5
Oligochaeta	Haplotaxida	Haplotaxidae	40		3
Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	88		6
Branchiopoda	Cladocera	Daphniidae/ copépodo	11		0
Clitellata	Rhynchobdellida	Piscicolidae	26		3
TOTAL			238	5	52
%EPT				2%	


Anexo 13. Índice de calidad de agua en el Bofedal (EPT & ABI)

En la Tabla 18 el Bofedal 1 la calidad de agua con el índice EPT muestra un resultado de calidad MALO, con un valor porcentual del 2%, únicamente los órdenes que se registraron son Ephemeroptera con la familia (Leptophlebiidae) y Trichoptera con las familias (Leptoceridae, Limnephilidae)

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LOS MACROINVERTEBRADOS			Número de individuos	EPT Presentes	ABI
Clase	Orden	Familia			
Insecta	Díptera	Simuliidae	15		5
		Chironomidae	15		2
		Ceratopogonidae	1		4
	Hemíptera	Corixidae	10		5
	Ephemeroptera	Baetidae	30	30	4
		Leptophlebiidae	28	28	10
	Trichoptera	Limnephilidae	15	15	7
		Leptoceridae	32	32	8
	Coleoptera	Elmidae	3		5
		Dytiscidae	1		3
Tubellaria	Tricladida	Planariidae	8		5
Oligochaeta	Haplotaxida	Haplotaxidae	6		3
Mollusca	Bivalvos	Sphaeriidae	2		3
Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	44		6
TOTAL			210	105	70
%EPT				50%	

Anexo 14. Índice de calidad de agua en el Bofedal 2 (EPT & ABI)

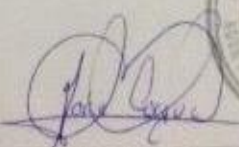
En la Tabla 19 el Bofedal 2 la calidad de agua con el índice EPT muestra un resultado de calidad BUENA, con un valor porcentual del 50%, únicamente los órdenes que se registraron son Ephemeroptera con las familias (Baetidae y Leptophlebiidae) y Trichoptera con las familias (Leptoceridae, Limnephilidae), con un total de 105 especímenes.

 GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTON CHAMBO ANÁLISIS DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DIRECCION : 18 DE MARZO Y GUIDO CUADRADO Telf. 03-2910172 Ext. 31				
DATOS DE LA MUESTRA			REPORTE DE ANALISIS DE AGUA	
Fuente: Bofedal 1		MUESTRA N°. 321		
Tipo de muestra: Agua Cruda		Recolectado por: Egdo. Alexander Yerovi		
Dirección: Parroquia Píahuin		Fecha de recolección: 07/11/2018 Hora: 16H00		
		Fecha de análisis: 08/11/2018		
		Sector: Reserva de Producción de Fauna Chimborazo		
PARAMETROS	UNIDADES	METODO	LIMITE PERMISIBLE	RESULTADOS
pH	Unidades de pH	4500-H B	6 - 9	6,7
Color	U Pt-Co Real	2120 C	75	127
Olor	-	2150 A	No Objetable	No Objetable
Turbiedad	U.N.T	2130 B	100	13,8
Temperatura	°C	2550	Condición natural+3 °C	9,3
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	5210-B	<2	1,4
Oxígeno Disuelto	mg/l	4500-O G		8,7
Sólidos totales	mg/l	2540-B		22
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	2540-C		19
Sólidos Totales Suspendidos	mg/l	2540-D		3
Conductividad	µS/cm	2510-B		38,2
Hierro Total	mg/L Fe ³	3500-Fe B	1,0	0,11
Nitratos	mg/L NO ₃	4500-NO ₃ E	50	0,2
Nitritos	mg/L NO ₂	4500-NO ₂	0,2	0,02
Fosfatos	mg/L PO ₄ ³⁻	4500-P-E		0,01
Nitrógeno Amoniacal	mg/L NH ₃	4500-NH ₃ B & C		0,62
Coliformes Fecales	U.F.C / 100ml	9222 B	1000	<1
Coliformes Totales	U.F.C / 100ml	9223 B		1370

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Agua Potable y Residuales APHA, AWWA, WPCF, ESTÁNDAR METHODS 21ª Edición y Métodos HACH adaptados al STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN


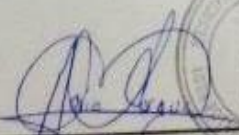
NORMATIVA TULSMA, Tabla 1- CRITERIOS DE CALIDAD DE FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO

ATENTAMENTE:


 Ing. Maria Cargua
TÉCNICA DEL AGUA POTABLE

Nota: Los resultados de este informe solo afecta a las muestras sometidas a ensayo.

Anexo 15. Parámetros físico químicos del Bofedal 1

 GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTON CHAMBO ANÁLISIS DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DIRECCIÓN : 18 DE MARZO Y GUIDO CUADRADO Tel. 03-2910172 Ext. 31				
REPORTE DE ANALISIS DE AGUA				MUESTRA N° 322
DATOS DE LA MUESTRA				
Fuente: Bofedal 2		Recolectado por: Ego. Alexander Yeroza		
Tipo de muestra: Agua Cruda		Fecha de recolección: 07/11/2018	Hora: 16H33	
		Fecha de análisis: 08/11/2018		
Dirección: Parroquia Pilahuin		Sector: Reserva de Producción de Fauna Chimborazo		
PARAMETROS	UNIDADES	MÉTODO	LIMITE PERMISIBLE	RESULTADOS
pH	Unidades de pH	4500-H ⁺ B	8 - 9	8,28
Color	U Pt-Co Real	2120 C	75	22
Olor	-	2150 A	No Objetable	No Objetable
Turbiedad	U.N.T	2130 B	100	12,6
Temperatura	°C	2550	Condición natural+3 °C *	8,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	5210-B	<2	1,84
Oxígeno Disuelto	mg/l	4500-O G		10,2
Sólidos totales	mg/l	2540-B		300
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	2540-C		250
Sólidos Totales Suspendedos	mg/l	2540-D		50
Conductividad	µS/cm	2510-B		491
Hierro Total	mg/L Fe ³⁺	3500-Fe B	1,0	0,33
Nitratos	mg/L NO ₃	4500-NO ₃ E	50	0,5
Nitritos	mg/L NO ₂	4500-NO ₂	0,2	0,02
Fosfatos	mg/L PO ₄ ⁻³	4500-P-E		0,27
Nitrógeno Amoniacal	mg/L NH ₃	4500-NH ₃ B & C		0,18
Coliformes Fecales	U. F. C. / 100ml	9222 B	1000	55
Coliformes Totales	U. F. C. / 100ml	9223 B		248
MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Agua Potable y Residuales APHA, AWWA, WPCF, ESTÁNDAR METHODS 21 ^a Edición y Métodos HACH adaptados al STANDARD METHODS 21 ^a EDICIÓN.				
NORMATIVA: TULSMA, Tabla 1. CRITERIOS DE CALIDAD DE FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO				
 Ing. María Cargua				
ATENTAMENTE: TÉCNICA DEL AGUA POTABLE				
Nota: Los resultados de este informe solo afecta a las muestras sometidas a ensayo				

Anexo 16. Parámetros físico químicos del Bofedal 2

MINISTERIO DEL AMBIENTE



DIRECCIÓN PROVINCIAL DEL AMBIENTE DE CHIMBORAZO

GUÍA DE MOVILIZACIÓN DE ESPECÍMENES DE FLORA Y

FAUNA SILVESTRE Nro. 001-2019

Fecha de emisión: 10-01-2019 10H00 (Fecha y hora).

Fecha de movilización: 11-01-2019 Válido hasta: 12-01-2019 (Máx 24 horas)

La Dirección Provincial del Ambiente de Chimborazo, Autoriza a: Alexander Vinicio Yerovi Juiña
Cédula: 0605907849, para la movilización de especímenes de FAUNA desde: Provincia de Chimborazo,
hacia: Provincia de Pichincha, cantón Quito DM, sitio: Museo QCAZ, Pontificia Universidad Católica del
Ecuador de acuerdo al siguiente detalle:

Nombre común	Nombre científico	Descripción del espécimen o parte constitutiva	Estado	Cantidad
Macroinvertebrados bentónicos	<i>Por identificar</i>	Especímenes completos	Conservados en alcohol al 70% en recipientes de 500ml	12 recipientes
TOTAL 12 recipientes				

Observaciones:

Las muestras fueron recolectadas en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo, según consta en la autorización de investigación científica Nro. 001-IC-DPACH-MAE-2019, con el tema Análisis comparativo de la calidad de agua, usando macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores en dos bofedales en la comunidad Pucará, Parroquia Pilahuín, dentro de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo.

Movilización:

Vehículo: Transporte interprovincial de turno.

Motivo de movilización:

Traslado a Unidad de manejo (x) Nombre: Herbario QCAZ

Patente: Nro. 005-2018-FAU-DPAP-MA

Investigación (x) AIC: Nro. 001-IC-DPACH-MAE-2019

Exhibición itinerante (no) Nombre:

Otros (no)



ING. MARCELO PINO CÁCERES
DIRECTOR PROVINCIAL DEL AMBIENTE DE CHIMBORAZO
ENTREGO CONFORME

RESPONSABLE UNIDAD DE VIDA SILVESTRE
DIRECCIÓN PROVINCIAL DEL AMBIENTE DE CHIMBORAZO



DIRECCIÓN PROVINCIAL DEL AMBIENTE DE CHIMBORAZO

AUTORIZACIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Nro. 001-IC-DPACH-MAE-2019

FLORA:

FAUNA: X

VARIOS:

El Ministerio del Ambiente, en uso de las atribuciones que le confiere la Codificación a la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre, autoriza a:

Nombres y Apellidos	C.C.	Nacionalidad
Alexander Vinicio Yerovi Juiña	0604842757	Ecuatoriana

Para llevar a cabo la investigación: "Análisis comparativo de la calidad de agua, usando macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores en dos bofedales en la comunidad Pucará, Parroquia Pilahuín, dentro de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo".

De acuerdo a las siguientes especificaciones:

- Solicitud de Alexander Vinicio Yerovi Juiña.
- Auspicio de institución científica nacional: ESPOCH, Escuela de Ingeniería Forestal.
- Auspicio de institución científica internacional: Ninguna
- Institución que financia la investigación: Autofinanciada
- Contraparte de la Dirección Provincial del Ambiente de Chimborazo: Ing. Myriam Piray, Administradora de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo.
- Vigencia de esta Autorización: 02/01/2019 a 30/04/2019
- Fecha de entrega de informe final: 30/04/2019
- Valoración Técnica del Proyecto: Mvz. María Dolores Astudillo
- Se autoriza la colección de macroinvertebrados en 2 bofedales de la comunidad Pucará según la metodología que consta en el proyecto.
- Los especímenes colectados serán identificados en el Laboratorio de entomología de la Facultad de Ciencias exactas y naturales, carrera de Ciencias biológicas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador
- Esta Autorización NO HABILITA LA MOVILIZACIÓN DE FLORA / FAUNA O MICROORGANISMOS, sin el correspondiente permiso. Competencia de cada una de las direcciones provinciales del MAE, y que deberá gestionarse en cada dependencia.
- Esta Autorización NO HABILITA EXPORTACIÓN DE FLORA/FAUNA O MICROORGANISMOS, sin la correspondiente autorización de la Dirección Nacional de Biodiversidad o cada uno de los Centros de Tenencia y Manejo de Flora-Fauna (Herbarios/ Museos de Historia Natural) que cuente con patente vigente emitida por la Autoridad Ambiental.
- De los resultados que se desprenda de la investigación, no podrán ser utilizados para estudios posteriores de Acceso a Recurso Genéticos sin la previa autorización del Ministerio del Ambiente.
- Estos especímenes NO podrán ser utilizados en actividades de BIOPROSPECCIÓN NI ACCESO AL RECURSO GENÉTICO, sin la correspondiente Autorización del Ministerio del Ambiente, caso contrario se procederá como lo establece el COIP.- Artículo 248.- Delitos contra los recursos del patrimonio genético nacional.

Obligaciones del investigador:

- Entregar a la Dirección provincial del Ambiente de Chimborazo, (02) dos copias del informe final impreso en formato PDF, (incluyendo una versión digital), de los resultados de la autorización otorgada. (Solicitar Formato).
 - Lista taxonómica de las especies debidamente identificadas, objeto de la autorización de colecta con sus respectivas coordenadas. (Solicitar Formato).
 - Citar en las publicaciones científicas, Tesis o informes técnicos científicos el número de Autorización de Investigación Científica otorgada por el Ministerio del Ambiente, con el que se colectó el material biológico.
 - Entregar copias de las publicaciones a la Dirección Provincial del Ambiente de Chimborazo
 - Entregar copias del material fotográfico que puedan ser utilizados para difusión. (Se respetará los derechos de autoría).
- Del incumplimiento de las obligaciones dispuestas en los numerales 15,16, 17, 18, 19, se responsabiliza al investigador Alexander Vinicio Yerovi Juiña.

SE AUTORIZA LA COLECCION EN LAS PROVINCIAS, CANTONES Y ÁREAS PROTEGIDAS:

Reserva de Producción de Fauna Chimborazo, Provincia Tungurahua, Parroquia Pilahuín.
Coordenadas de referencia: X:750229 Y:9849184 y X:750251 Y: 9849237

Anexo 18. Permiso de investigación científica

VENECIA AMBIENTE



SE AUTORIZA EL ESTUDIO DE MUESTRAS BIOLÓGICAS CON EL PROPÓSITO DE:
Evaluar mediante análisis comparativo la calidad de agua usando macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores.

SE AUTORIZA LA UTILIZACIÓN DE LOS SIGUIENTES MATERIALES Y/O EQUIPOS PARA LA REALIZACIÓN DE ESTA INVESTIGACIÓN:

Materiales y equipos	
Red de mano D-net	Bandejas plásticas
Envases plásticos de 500ml	Pinzas
Alcohol al 75%	Cinta plástica
Estereoscopio	Lámpara de escritorio
GPS	Cámara fotográfica
Libreta de campo	Equipo de protección
Material de Oficina	

OBLIGACIONES Y CONDICIONES PARA LA VIGENCIA DE ESTA AUTORIZACIÓN:

1. LAS MUESTRAS PRODUCTO DE ESTA INVESTIGACIÓN DEBERAN SER CATALOGADAS POR INDIVIDUO O LOTES.
2. ESTA AUTORIZACIÓN FACULTA LA COLECCIÓN/ MANIPULACIÓN DE ESPECÍMENES VIVOS, MISMOS QUE NO PODRAN SER UTILIZADOS COMO MATERIAL PARENTAL PARA MANEJO COMERCIAL.
3. ESTA AUTORIZACIÓN ES EMITIDA BAJO LOS TÉRMINOS EXPRESADOS EN LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN, EN TAL SENTIDO HABILITA EL MANEJO DE FLORA QUE HAYAN ESTADO EXPRESADOS EN LA PROPUESTA TÉCNICA TANTO EN TAXONES COMO EN NUMERO DE INDIVIDUOS.
4. LOS INVESTIGADORES DEBERÁN REALIZAR SUS INTERVENCIONES EN CAMPO BAJO UN MANEJO RESPONSABLE Y ÉTICO CON LOS ESPECÍMENES ASÍ COMO CON LOS EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS DURANTE LA INVESTIGACIÓN.
5. PARA EL INGRESO A AREAS DE PROPIEDAD PRIVADA LOS INVESTIGADORES DEBERAN CONTAR CON LA AUTORIZACIÓN DEL RESPECTIVO PROPIETARIO.
6. NO SE AUTORIZA LA UTILIZACIÓN DE ARMAS DE FUEGO, EXPLOSIVOS O SUBSTANCIAS VENENOSAS COMO METODOLOGÍA DE ESTA INVESTIGACIÓN.
7. ESTA AUTORIZACIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA PODRÁ SER RENOVADA ANUALMENTE PREVIO AL CUMPLIMIENTO DE LAS OBLIGACIONES CONTRAIDAS POR EL INVESTIGADOR, ENTREGA Y APROBACIÓN DE INFORMES PARCIALES O FINALES EN LAS FECHAS INDICADAS.
8. SE SOLICITARÁ PRÓRROGA QUINCE DÍAS ANTES DE LA FECHA DE VENCIMIENTO QUE INDICA ESTE DOCUMENTO.
9. TODO USO INDEBIDO DE ESTA AUTORIZACIÓN, ASÍ COMO EL INCUMPLIMIENTO DE ASPECTOS LEGALES, ADMINISTRATIVOS O TÉCNICOS ESTABLECIDOS EN LA MISMA, SERAN SANCIONADOS DE ACUERDO A LA CODIFICACIÓN A LA LEY FORESTAL Y DE CONSERVACIÓN DE AREAS NATURALES Y VIDA SILVESTRE Y AL TEXTO UNIFICADO DE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL SECUNDARIA, Y DEMAS NORMATIVA PERTINENTE.
10. EL INCUMPLIMIENTO DE CUALQUIERA DE ESTAS DISPOSICIONES ASÍ COMO EL USO INDEBIDO DE ESTE DOCUMENTO, O EL INCUMPLIMIENTO DE LAS DISPOSICIONES LEGALES, ADMINISTRATIVAS O TÉCNICAS ESTABLECIDAS EN LA MISMA, SERÁN SANCIONADOS CONFORME A LA NORMATIVA LEGAL VIGENTE Y CON LA SUSPENSIÓN INMEDIATA DE LA PRESENTE AUTORIZACIÓN.
11. TASA POR AUTORIZACIÓN: 20 VEINTE DÓLARES DEPOSITADOS EN BANECUADOR CUENTA 0010000785, CON REFERENCIA 796138478 RECIBO DE CAJA 1661.


 Ministerio del Ambiente
DIRECCIÓN PROVINCIAL DEL AMBIENTE DE CHIMBORAZO

Ing. Marcelo Pino Cáceres
DIRECTOR PROVINCIAL DEL AMBIENTE DE CHIMBORAZO (E)

MA: 03/01/2019

AC: 03/01/2019

DIRECCIÓN PROVINCIAL DEL AMBIENTE DE CHIMBORAZO
 Calle: Francisco de Orellana, s/n - Francisco MacGregorillo
 Teléfono: 061 2613121
 Correo: direccion@ma.gov.ec

Quito, 12 de enero 2019

CERTIFICADO

Por medio de la presente Certifico que el Sr. Alexander Vinicio Yerovi Juiña con CI 060590784-9, egresado de la CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, realizó la identificación de las siguientes familias de macroinvertebrados bentónicos: Simuliidae, Hyalellidae, Baetidae, Chironomidae, Limnephilidae, Elmidae, Planariidae, Haplotaenidae, Leptophlebiidae, Leptoceridae, Corixidae, Sphaeriidae, Ceratopogonidae, Daphniidae, Dytiscidae, Piscicolidae; que fueron recolectadas siguiendo los lineamientos del permiso de investigación científica emitido por el MAE Nro. 001-IC-DPACH-MAE-2019 con el tema “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CALIDAD DE AGUA USANDO MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS COMO BIOINDICADORES EN DOS BOFEDALES EN LA COMUNIDAD PUCARÁ PARROQUIA PILAHUÍN DENTRO DE LA RESERVA DE PRODUCCIÓN DE FAUNA CHIMBORAZO”.

Especímenes que fueron trasladados con guía de movilización 001-2019 e identificadas en el Laboratorio de Entomología de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador parte del “Museo de Zoología QCAZ” con patente Nro. 005-2018-FAU-DPAP-MA, datos que servirán como fuente de sustento para la tesis antes mencionada.



Verónica Crespo Pérez., Ph. D.
Profesora principal de la Escuela de Ciencias Biológicas
Curadora de Macroinvertebrados
Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Av. 12 de Octubre 1076 y Ramón Roca
Apartado postal 17-01-2184
Telf.: (593) 2 299 1685-2991687
Quito – Ecuador www.puce.edu.ec

