

RESEARCH / INVESTIGACIÓN

Evaluación de la calidad del agua en el río Alambrado utilizando macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores en la zona del embalse de la Laguna de la Mica Assessment of water quality in the Alambrado River using benthic macroinvertebrates as bioindicators in Laguna de la Mica Reservoir

Christian García Rengifo, Alexandra Endara González

DOI. [10.21931/RB/2020.05.04.17](https://doi.org/10.21931/RB/2020.05.04.17)

Resumen: Se evaluó la calidad del agua del río Alambrado usando macroinvertebrados bentónicos y parámetros físico-químicos. Se midieron los índices: Índice Multimétrico de estado ecológico de Ríos Altoandinos (IMEERA), Índice Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT), Índice Biótico Andino (ABI) y el índice piloto Biological Monitoring Working Party / Ecuador (BMWP/ECU), Análisis de Componentes Principales (ACP) y Análisis de Correspondencia Canónica (ACC), durante tres meses (enero a marzo, 2019). Se colectaron 1993 individuos; la familia Chironomidae fue la más abundante (80%) y las menos abundantes fueron: Gerridae, Simuliidae y Leptoceridae (0,05%). Más del 90% fueron macroinvertebrados colectores. El ACP y ACC determinó que los sólidos suspendidos totales tuvieron una mayor relación con la gran mayoría de taxones. Se determinó que la calidad del agua se encuentra en un rango de malo a moderado y los resultados de los índices biológicos son sensibles a los parámetros físico-químicos de oxígeno disuelto, Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO); los cuales varían según la temporada climática.

Palabras clave: Ríos altoandinos, entomofauna, índices bióticos, conservación.

Abstract: The water quality of the Alambrado River was evaluated using benthic macroinvertebrates and physical-chemical parameters. The following indices were measured: Multimetric Index of the Ecological Status of High Andean Rivers (IMEERA), Ephemeroptera, Plecoptera, and Trichoptera Index (EPT), Andean Biotic Index (ABI), and the pilot index Biological Monitoring Working party / Ecuador (BMWP/ECU), Principal Component Analysis (PCA) and Canonical Correspondence Analysis (ACC), during three months (January to March 2019). 1993 individuals were collected; the Chironomidae family was the most abundant (80%), and the lesser abundant were Gerridae, Simuliidae, and Leptoceridae (0.05%). More than 90% were collector's macroinvertebrates. PCA and ACC determined that total suspended solids had a more significant relationship with most taxa collected. Water quality was determined to be between bad to moderate, and the biological indices used were sensitive to dissolved oxygen, biochemical oxygen demand (DBO5), chemical oxygen demand (DQO). These parameters vary according to the climatic season.

Key words: High Andean Rivers, entomofauna, biotic indices, conservation.

Introducción

La conservación de los ríos dentro de las áreas protegidas del Ecuador ha adquirido mayor importancia para las autoridades ambientales que se encargan de dirigir cada una de estas áreas, debido a la falta de conciencia ambiental de las personas que visitan estos espacios, lo que tiende a generar impactos a los ecosistemas más vulnerables como son los ríos. Es por esto que la Reserva Ecológica Antisana (REA) en sus informes han notado una creciente visita de personas que no ingresan por los puntos autorizados para no ser controlados y con ello pescar de maneras incorrectas afectando a la calidad de los cuerpos hídricos que posee la REA.

Para el análisis ambiental de estos cuerpos de agua, se presenta por parte de la REA la necesidad de realizar un monitoreo biológico de uno de los principales ríos que tiene dentro de su territorio, el río Alambrado. La investigación se centra en determinar la calidad de agua del río Alambrado usando bioindicadores y parámetros físico-químicos, para poder tener un panorama más amplio de cómo se encuentra estructurada la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos y determinar los cambios que en ella se producen por las alteraciones de las características físico-químicas del agua.

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio fue realizado en el río Alambrado a 1.169 metros desde la desembocadura del río con la laguna, con tres estaciones previamente seleccionadas con la metodología del Índice de Hábitat Fluvial, el cual califica diversas métricas de desarrollo de vida en ecosistemas acuáticos. (IHF)¹.

Muestreo y Análisis

Durante los meses de enero, febrero y marzo del 2019, se tomaron muestras con red Surber². Estas se ubicaron en hábitats con corriente suave, corriente fuerte, sustrato duro, sustrato suave, vegetación acuática emergida, tanto dentro del río, como sus orillas, contenido de lodo y/o arena³.

Los sedimentos fueron colocados en fundas con cierre hermético con sus respectivas etiquetas, con alcohol al 80% y con gotas de glicerina^{3,4}. Se colectaron un total de cuarenta y cinco muestras de sedimento. Quince en cada una de los tres meses de muestreo.

La identificación de los taxos fue hasta familia, con respecto a los índices biológicos el índice IMEERA, es calcula-

Phylum	Clase	Orden	Familia	1500-3500
Anellidae	Hirudinea	Arhynchobdellid	Cylicobdellidae (<i>Cystobranchnus sp.</i>)	9
Anellida	Hirudinea	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae (<i>Helobdella festae; H. stagna</i>)	3
Anellida	Oligochaeta	Haplotaxida	Todas las familias excepto Tubificidae: <i>Tubife</i>	2
Anellida	Oligochaeta	Haplotaxida	Tubificidae (<i>Tubifex</i>)	1
Arthropoda	Arachnoidea (Acari)	Trombidiformes	Lymnessiidae (Hydracarina)	10
Arthropoda	Arachnoidea (Acari)	Hydracarina	Arrenuridae (<i>Arrenurus</i>)	6
Arthropoda	Arachnoidea (Acari)	Hydracarina	Hydrachnidae (<i>Hidrachna</i>)	5
Arthropoda	Arachnoidea (Acari)	Hydracarina	Limnochardidae (<i>Limnochares americana</i>)	6
Arthropoda	Crustacea	Amphipoda	Hyalellidae (<i>Hyalella meinerti; H. cajasi</i>)	6
Arthropoda	Crustacea	Decapoda	Pseudothelphusidae	8
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Curculionioidea: Brachyceridae (<i>Neochetina;</i>	5
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Dryopidae	6
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Dytiscidae	4
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Elmidae	7
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Gyrinidae	9
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Haliplidae (<i>Haliplus</i>)	4
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Heteroceridae (<i>Heterocerus; Tropicus</i>)	4
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Hydraenidae	9
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Hydrophilidae	4
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Lampyridae	9
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Limnichidae	6
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Lutrochidae	6
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Noteridae	4
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Psephenidae	8
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Ptilodactylidae	7
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Scirtidae	9
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Sphaeridae	5
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Staphylinidae	5
Arthropoda	Insecta	Diptera	Athericidae	8
Arthropoda	Insecta	Diptera	Blepharoceridae	10
Arthropoda	Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	4
Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomiidae (Todos los demás)	3
Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomiidae (<i>Chironomus ROJO</i>)	2
Arthropoda	Insecta	Diptera	Culicidae	3
Arthropoda	Insecta	Diptera	Dixidae	7
Arthropoda	Insecta	Diptera	Dolichopodidae	4
Arthropoda	Insecta	Diptera	Epididae	5
Arthropoda	Insecta	Diptera	Ephydriidae	2
Arthropoda	Insecta	Diptera	Limoniidae	4
Arthropoda	Insecta	Diptera	Muscidae	3
Arthropoda	Insecta	Diptera	Psychodidae (<i>Maruina</i>)	6
Arthropoda	Insecta	Diptera	Psychodidae (<i>Psychoda y Clognia</i>)	2
Arthropoda	Insecta	Diptera	Sciomyzidae	3
Arthropoda	Insecta	Diptera	Simuliidae	7
Arthropoda	Insecta	Diptera	Stratiomyidae	4
Arthropoda	Insecta	Diptera	Syrphidae	1
Arthropoda	Insecta	Diptera	Tabanidae	4
Arthropoda	Insecta	Diptera	Tipulidae	4
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	7
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Euthyplociidae	9
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Leptohiphidae	7
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	9
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Oligoneuriidae	10
Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Corixidae	5
Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Gelastocoridae	6
Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Gerridae	7
Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Naucoridae	6
Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Notonectidae	6
Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Veliidae	7

Tabla 1A (Parte 1). Listado de las especies del índice BMWP/Ecu.

Arthropoda	Insecta	Lepidoptera	Crambidae	8
Arthropoda	Insecta	Lepidoptera	Pyralidae	8
Arthropoda	Insecta	Megaloptera	Corydalidae	6
Arthropoda	Insecta	Odonata	Aeshnidae	7
Arthropoda	Insecta	Odonata	Calopterygidae	7
Arthropoda	Insecta	Odonata	Coenagrionidae	7
Arthropoda	Insecta	Odonata	Gomphidae	8
Arthropoda	Insecta	Odonata	Libellulidae	7
Arthropoda	Insecta	Odonata	Polythoridae	8
Arthropoda	Insecta	Plecoptera	Gripopterygiidae	10
Arthropoda	Insecta	Plecoptera	Perlidae	9
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Anomalopsychidae	10
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Atriplectididae	10
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Calamoceratidae	10
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Glossosomatidae	8
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Helicopsychidae	7
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Hydrobiosidae	8
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Hidropsychidae (<i>Leptonema y Smicridea</i>)	7
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Hydroptilidae	7
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	8
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Limnephilidae	9
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Odontoceridae	10
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Philopotamidae	8
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Polycentropodidae	7
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Xiphocentronidae	8
Coelenterata	Hydrozoa	Hidroida	Hydridae	10
Mollusca	Bivalvia	Veneroidea	Sphaeridae	4
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Lymnaeidae	4
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Physidae	3
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Planorbidae	3
Nematomorpha		Gordioidea	Gordiidae	9
Platyhelminthes	Turbellaria	Tricladida	Dugesidae	5
Platyhelminthes	Turbellaria	Tricladida	Planariidae	7

Tabla 1A (Parte 2). Listado de las especies del índice BMWP/Ecu.

CLASE	CALIDAD	RANGOS 376	
		MINIMO	MAXIMO
I	Muy Buena	>116	
II	Buena	96	115
II	Aceptable	76	95
IV	Dudosa	41	75
V	Crítica	11	40
VI	Muy Crítica	<10	

Tabla 1B. Valoración del índice BMWP/Ecu.

do con el Software CABIRA⁵, mientras que los índices ABI y BMWP/Ecu se calculan a través de un listado de taxones identificados hasta familia con lo que se le denota un determinado puntaje de calidad, donde la sumatoria total de los puntajes obtenidos de la abundancia del mes de muestreo, es el resultado establecido con criterios de calidad de cuerpos hídricos (Tabla 1A y B). El índice EPT se calcula con la abundancia de las familias Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera sobre la abundancia total por cien para obtener el porcentaje de EPT⁶. Para el análisis Biplot basado en la descomposición del ACP y ACC, se determinó con la ayuda del software PAST⁷.

Los parámetros físico químicos fueron medidos in situ (pH, conductividad, turbidez y oxígeno disuelto) y en laboratorio (DBO₅, DQO, nitratos, amonio total, sólidos totales, sólidos

suspendidos totales) siguiendo lo establecido por Standard Methods⁸ en el monitoreo de parámetros físico químicos, los cuales fueron utilizados para el análisis estadístico, y para finalizar se los comparo con la normativa ambiental ecuatoriana⁹.

Resultados

En la tabla 2 se pueden observar los datos físico químicos obtenidos en el presente estudio. Se recolectaron 1903 individuos de 15 diferentes familias, donde el 80,08% pertenecen a la familia Chironomidae 1524 individuos, el 11,98% es de la familia Hyalellidae (228 individuos), siendo estas las más abundantes dentro de los tres meses de muestreo. Las familias menos abundantes fueron Simuliidae, Gerridae y Leptoceridae compartiendo un 0,05% de la abundancia total con 1 individuo encontrado en los meses de muestreo.

El resultado del porcentaje obtenido de la relación de EPT presentes en el río es de 1,05%, de acuerdo al cuadro de valoración, se obtiene que el resultado se encuentra en el rango de 0% a 24%, lo que indica que la calidad del agua dentro del río se califica como "MALA". En la Tabla 3 se indica el resultado total de la abundancia como también el resultado del índice EPT.

El índice ABI fue de 73 determinando que la calidad del agua se encuentra en un nivel "BUENO", por la presencia de Amphipodos, Odonatos y Trichopteros. En la Tabla 3, se mues-

tra el resultado de los índices ABI, IMEERA y BMW/ECU. Con IMEERA el agua se encuentra en un estado considerado como "BUENO" con un valor de 73. Con el índice BMWP / ECU, la calidad del agua fue "ACEPTABLE"¹⁰.

El 94,43% de macroinvertebrados recolectados fueron colectores, 4,73% depredadores, 2,78% fijadores, 11,98% trituradores, 0,21% raspadores, 3,05% trepadores y 0,63% filtradores.

Se determinaron siete niveles tróficos, siendo el nivel de "colector" el de mayor porcentaje (94,43%) debido a la presencia de más de mil quinientos Chironomidos, como se presenta en la Figura 1.

En el análisis estadístico se realizó un ACC, donde el primer eje explicó el 82.3% de la variación y el segundo eje explicó el 17.7%. En el Triplot del ACC se observa que el primer eje canónico mostró en su área positiva una gran relación entre el amonio total, DBO5, sólidos suspendidos totales, sólidos totales, turbidez y nitratos con los taxa Chironomidae, Tubificidae, Gerridae Leptoceridae Elmidae Simuliidae Philopotamidae Hydrophilidae. Por su parte el área negativa tuvo una mayor relación entre el DQO, conductividad, pH y oxígeno disuelto, los cuales estuvieron relacionados con los taxa Limnephilidae Hydraenidae Dolichopodidae Baetidae Ceratopogonidae Hyalellidae y Coenagrionidae. La relación entre los parámetros físico químicos, meses de muestreo y abundancia de individuos se observa en la Figura 2.

En el análisis Biplot basado en la descomposición de un ACP se obtuvo la relación entre los meses de muestreo con los macroinvertebrados. Siendo los meses de enero y febrero los más representativos, estos meses son más aptos para el de-

sarrollo de la diversidad de macro bentos. Como se muestra en el componente 1 se encuentran los taxa Chironomidae, Tubificidae, Gerridae, Leptoceridae, Elmidae, Simuliidae, Philopotamidae, Hydrophilidae, Limnephilidae, Dolichopodidae, Ceratopogonidae, Hyalellidae y Coenagrionidae, siendo estos los más abundantes en los meses de enero y febrero. Mientras que en el componente 2 se encuentran los taxa Elmidae y Baetidae, siendo estos los más abundantes del mes de marzo. Figura 3.

Discusión

Los ríos con fondo arenoso carecen de gran diversidad de macroinvertebrados¹¹, al contrario, los fondos pedregosos y los que poseen algún tipo de vegetación tienden a tener una gran variedad de individuos, debido a que esta característica de sustrato les da a los macroinvertebrados las condiciones perfectas para su desarrollo en todo su ciclo de vida. En el estudio presentado dentro de cada una de las estaciones de muestreo se determinó dos tipos de bentos dentro del río Alabrado (arenoso y canto rodado), por lo que se observó que en determinados puntos del río la abundancia de familias no fue muy elevada, pero que en zonas pedregosas existía una gran variedad de familias y además macroinvertebrados que son considerados como indicadores de buena calidad de un cuerpo hídrico¹¹.

La variabilidad de los parámetros físico – químicos tienden a estar relacionados de manera directa con las diferentes condiciones meteorológicas. Los resultados presentados en este estudio nos dan a conocer que las características ambientales varían según el mes en que se analizaron⁵.

PARÁMETROS	UNIDADES	E1	E2	E3	PROMEDIO TRIMESTRAL
pH	-----	7.34	7.13	7.18	7.22
Oxígeno Disuelto	mg/L	6.48	6.00	6.40	6.29
Turbidez	NTU	19.84	18.61	18.51	18.98
Conductividad	µS/cm	247.39	200.93	129.05	192.46
Solidos Totales	g	0.07	0.23	0.04	0.11
Solidos Suspendidos Totales	g	0.16	0.07	0.06	0.09
Nitratos	NO ₃	10.33	12.00	12.33	11.56
Amonio Total	NH ₃	0.34	0.32	0.31	0.32
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	36.33	36.67	34.00	35.67
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	15.67	16.00	16.67	16.11

Tabla 2. Parámetros físico – químicos.

FAMILIA	ABUNDANCIA TRIMESTRAL	EPT	ABI	BMWP / ECU
Chironomidae	1524	0	2	3
Coenagrionidae	48	0	6	7
Turbificidae	26	0	1	1
Gerridae	1	0	5	7
Leptoceridae	1	1	8	8
Hyalellidae	228	0	6	6
Elmidae	13	0	5	7
Simuliidae	1	0	5	7
Philopotamidae	11	11	8	8
Hydrophilidae	2	0	3	4
Limnephilidae	4	4	7	9
Hydraenidae	28	0	5	9
Ceratopogonidae	8	0	4	4
Dolichopodidae	3	0	4	4
Baetidae	5	5	4	7
TOTAL	1903	20	73	91

Tabla 3. Resultado de abundancia total y índices EPT, ABI y BMWP / ECU.

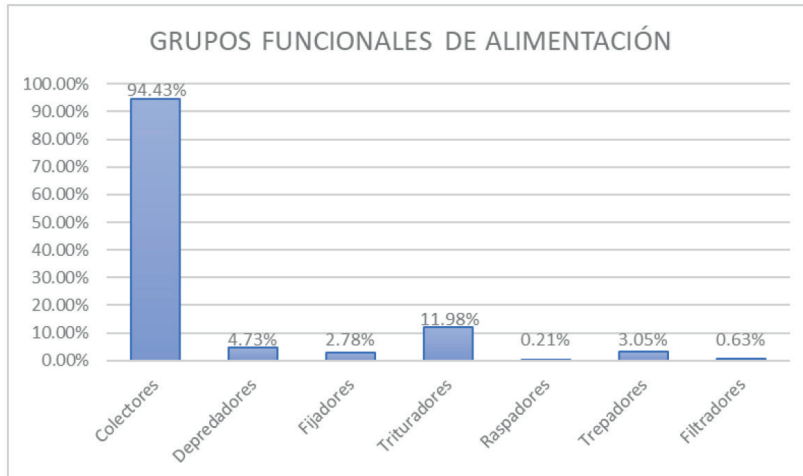


Figura 1. Grupos funcionales de alimentación y niveles tróficos.

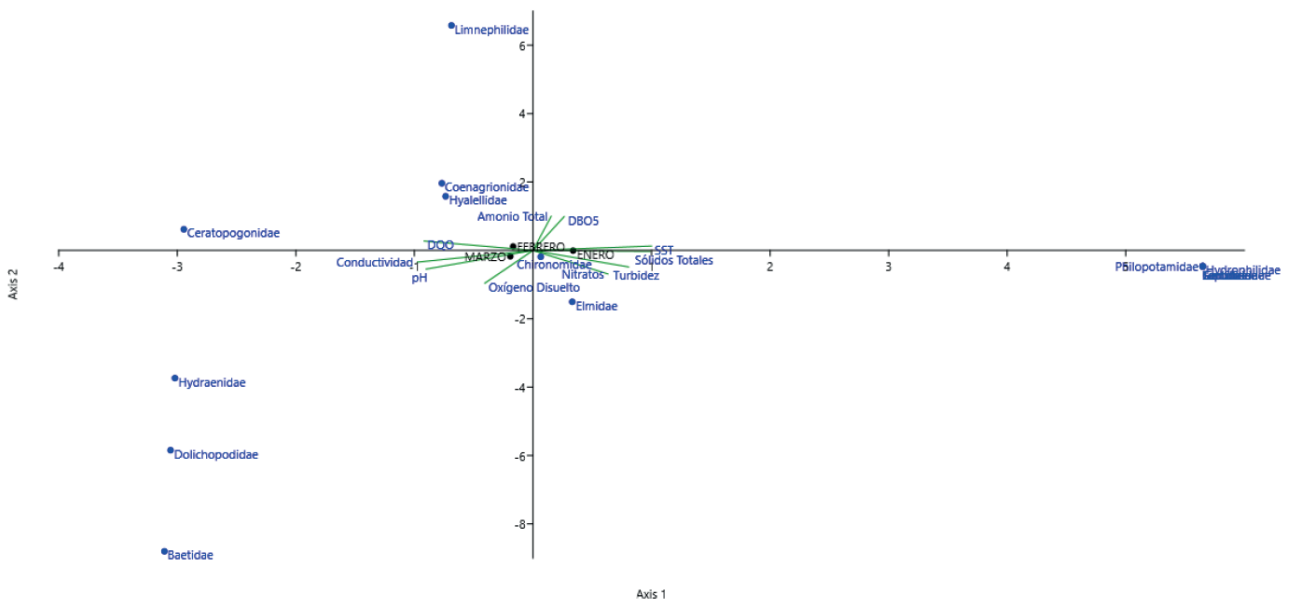


Figura 2A. Análisis de correspondencia canónica resultado trimestral.

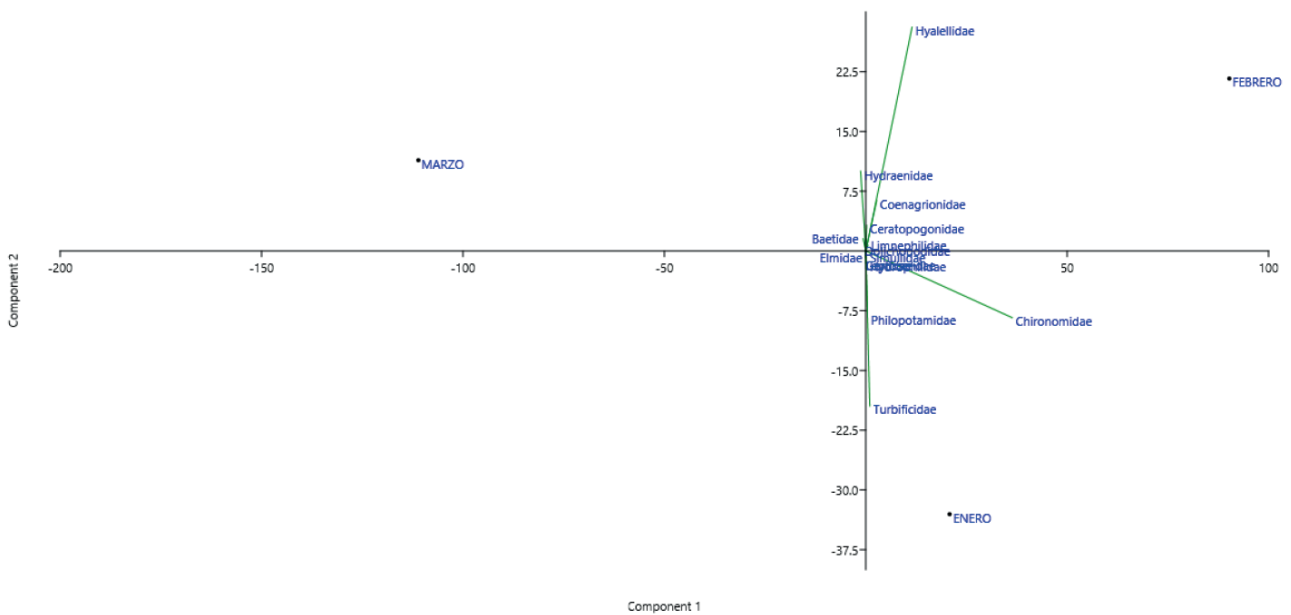


Figura 2B. Análisis de correspondencia canónica resultado trimestral.

Los parámetros físico – químicos medidos en estos tres meses se encuentran dentro de la norma planteada por la Autoridad Ambiental Ecuatoriana (Ministerio del Ambiente) con su Acuerdo Ministerial 097 – A en el Anexo 1 correspondiente a la calidad ambiental y descargas de efluentes al recurso agua. Cabe recalcar que el estudio utilizó la tabla 2 de la norma que son los criterios de calidad del agua para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, en aguas marinas y estuarios⁹.

La carencia de familias de Ephemeropteros, Plecopteros y Trichopteros (EPT) en ríos alto andinos complica la utilización de este índice debido a que los resultados obtenidos son extremadamente bajos y estos no siempre están ligados a un impacto ambiental causado por las personas o por el medio ambiente en sí. En este estudio se observó la carencia de estos individuos pertenecientes a los órdenes de Ephemeropteros, Plecopteros y Trichopteros, por lo que da un resultado negativo de calidad del agua en el río¹².

En el análisis de los índices biológicos los resultados nos indican que el cuerpo de agua se considera con una calidad moderada; por lo tanto existe una varianza entre los resultados, por ende la principal causa que se le atribuye a éste comportamiento es a la altura, que por ser mayor de los 3.000 m.s.n.m este tipo de familias (EPT) no se desarrollan en ambientes fríos y por ende los resultados no son del todo ciertos, por lo que es recomendado utilizar otro tipo de índice que se encuentre adecuado para ecosistemas de páramo como el Índice Biótico Andino ABI o el Índice Multimétrico de Estado Ecológico de Ríos Altoandinos (IMEERA).

Como determina (6), en su estudio de calidad del agua en el río Tungurahua, dentro del Parque Nacional Cotopaxi, al ser un ecosistema de páramo similar al del estudio presentado los resultados del Índice Biótico Andino (ABI), son parecidos calificando a la calidad del agua como "MEDIA", debido a la presencia de familias que varían entre buenos y malos indicadores de calidad.

Según (13), en su proyecto de titulación "Influencia del cambio de uso del suelo sobre la fisicoquímica del agua y la composición de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos de dos microcuencas en la zona del el Ángel, (Carchi-Ecuador)". Los resultados del Índice Multimétrico de Estado Ecológico de Ríos Altoandinos se encuentran relacionados con los resultados de esta investigación, ya que los lugares de estudio poseen características similares, debido a que ambos son ecosistemas de páramo andino y por ende las diferentes comunidades de macroinvertebrados encontradas tienden a tener las mismas características y ser parecidas casi en su totalidad, siendo diferentes únicamente por la influencia antropogénica.

En el estudio que realizó (14), dentro del río Alabrado en la Reserva Ecológica Antisana (REA), se determinaron diferentes métricas de estudio entre ellas los índices EPT, ABI y BMWP, dando como resultados que la calidad del agua del río Alabrado se encuentra calificada como "MALA", es por éste motivo que la REA se vio en la necesidad de volver a analizar estas métricas, por lo que en el estudio presentado se incorporaron diferentes índices, lo que dio a conocer que la calidad del agua dentro del río Alabrado cuatro años después se encuentra calificada como "MODERADA", pues se colectaron mayor cantidad de familias dentro del cuerpo de agua, como también macroinvertebrados calificados como buenos indicadores ambientales.

El nuevo índice para Ecuador indicó en este pilotaje que los resultados son similares en métricas de calificación de calidad de cuerpos hídricos, no obstante, existe una sensibilidad más amplia con el nuevo índice que con los otros índices bio-

lógicos, debido a que los parámetros físico-químicos en clima de páramo son variantes. Los resultados obtenidos en el mes de enero muestran una mayor sensibilidad con respecto al ABI e IMEERA, por lo que se nos presenta este nuevo índice más restrictivo con respecto a los pisos climáticos, ya que los grupos taxonómicos que se encuentran en este tipo de clima son resilientes a la contaminación y por ende van a tener mayores ponderaciones de calidad que en otros pisos climáticos.

Se determinó 1524 individuos pertenecientes al orden Díptera de la familia Chironomidae, estos representan el 80,08% de toda la abundancia recolectada en los tres meses. La abundancia de estos tipos de macroinvertebrados según (4), es propia de los ecosistemas de páramos, debido a que estos tienden a desarrollarse de mejor manera en cuerpos hídricos andinos.

En la investigación realizada por (15) determino un biplot basado en la descomposición de ACP observando la relación existente entre los individuos recolectados y los lugares de muestreo, otorgando una mayor relación a los lugares donde obtuvieron mayor cantidad de individuos encontrados, lo que concuerda con los resultados obtenidos en esta investigación, ya que se observa una mayor relación directa con los meses que presentaron mayor abundancia. Con respecto al ACC se determinó una relación mayor en el primer eje de parámetros físico químicos con la abundancia total de taxas, de igual manera como fue planteado por Villalba se determina las variables ambientales que fueron relacionadas con las agrupaciones de individuos detectando cuales variables ambientales ayudan a un óptimo desarrollo de macrobentos y cuáles deben ser controladas para que exista una mejor calidad de agua basados en monitoreos de bioindicadores.

Conclusiones

La evaluación de la calidad del agua a través de macroinvertebrados en el río Alabrado, con los índices EPT, ABI, IMEERA y BMWP/ECU presentaron valores similares de calidad, donde se calificó al cuerpo hídrico con una calidad variante entre "MALA" y "MODERADA".

El 80,08% de los individuos recolectados pertenecieron a la familia Chironomidae, siendo esta familia la más abundante en todo el río Alabrado, este taxón se desarrolla en ecosistemas de páramo, por lo que es común encontrarlo a una altura de más de 3100 m.s.n.m. Las familias menos abundantes fueron Tubificidae, Gerridae y Elmidae 0,05%; esto se debe a que estos taxones se desarrollan en los periodos de sequía, por lo que en los periodos de transición y de lluvias fue baja la abundancia de estas familias.

La aplicación del biplot basado en la descomposición del ACP, determinó que los meses de enero y febrero fueron donde existió mayor abundancia de macroinvertebrados debido a las condiciones climáticas favorables para su desarrollo. El ACC determinó en el primer eje canónico, en su área positiva una gran relación entre el amonio total, DBO₅, sólidos suspendidos totales, sólidos totales, turbidez y nitratos con los taxa Chironomidae, Turbificidae, Gerridae Leptoceridae Elmidae Simuliidae Philopotamidae Hydrophilidae. Por su parte el área negativa tuvo una mayor relación entre el DQO, conductividad, pH y oxígeno disuelto, los cuales estuvieron relacionados con los taxa Limnephilidae Hydraenidae Dolichopodidae Baetidae Ceratopogonidae Hyalellidae y Coenagrionidae.

Referencias bibliográficas

1. Corroto F, Yalta J, Vásquez H, Gamarra O. Evaluación de la calidad ecológica del agua en la cuenca alta del río Imaza (Perú). *INDES*. 2014;3(2):20-9.
2. Machado V, Granda R, Endara A. Análisis de macroinvertebrados bentónicos e índices biológicos para evaluar la calidad del agua del río Sardinas, Chocó Andino ecuatoriano. *Enfoque UTE*. 2018;9(4):154-67.
3. Iza A. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y estado de conservación de la microcuenca del Río Pindo Mirador, Sector Estación Biológica "Pindo Mirador" [Internet]. Universidad UTE; 2015. Available from: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/13893/1/63465_1.pdf
4. Santos M. Variabilidad de los factores físico - químicos del agua y su influencia sobre la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en dos microcuencas del río El Ángel [Internet]. Universidad de las Américas; 2017. Available from: <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/7514/1/UDLA-EC-TIAM-2017-04.pdf>
5. Villamarín C, Rieradevall M, Paul MJ, Barbour MT, Prat N. A tool to assess the ecological condition of tropical high Andean streams in Ecuador and Peru: The IMEERA index. *Ecol Indic*. 2013;29:79-92.
6. Ayala L. Variables hidromorfológicas y químicas en la determinación de macroinvertebrados en el río Tungurahua ubicado en el Parque Nacional Cotopaxi [Internet]. Universidad UTE; 2017. Available from: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/14006/1/69894_1.Tesis_Ayala.pdf
7. Sánchez G, Gómez B, Delgado L, Rodríguez E, Chame E. Diversidad de escarabajos copronecrófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote, Chiapas, México. *Caldasia* [Internet]. 2018;40(1):144-60. Available from: https://www.jstor.org/stable/90022795?seq=1#page_scan_tab_contents
8. Forero-Céspedes A, Reinoso-Flores G. Evaluación de la calidad del agua del río Opia (Tolima-Colombia) mediante macroinvertebrados acuáticos y parámetros fisicoquímicos. *Caldasia* [Internet]. 2013;35(2):371-87. Available from: www.jstor.org/stable/90008350
9. MAE. Acuerdo Ministerial 097 - A. Quito - Ecuador: Ministerio del Ambiente; 2015.
10. García CA. Evaluación de la calidad del agua en el río Alambrado, utilizando macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores ambientales, dentro de la zona de influencia del Embalse de la Laguna de la Mica. Universidad UTE; 2019.
11. Roldán G. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: propuesta para el uso del método BMWP Col. 1st ed. Medellín - Colombia: Universidad de Antioquia; 2003.
12. Hotaling S, Finn DS, Giersch J, Weisrock DW, Jacobsen D. Climate change and alpine stream biology: progress, challenges, and opportunities for the future. *Biol Rev*. 2017;92(4):2024-45.
13. Montalvo P. Influencia del cambio de uso del suelo sobre la fisicoquímica del agua y la composición de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos de dos microcuencas en la zona del el Ángel, (Carchi-Ecuador). [Internet]. Universidad de las Américas; 2017. Available from: <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/7514/1/UDLA-EC-TIAM-2017-04.pdf>
14. Cordero P. Calidad del agua para los ríos alto andinos, mediante indicadores biológicos [Internet]. Pontificia Universidad Católica del Ecuador; 2015. Available from: [http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/8746/Calidad del agua para los ríos alto andinos%2C mediante indicadores biológicos. Pablo Cordero.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/8746/Calidad%20del%20agua%20para%20los%20r%C3%ADos%20alto%20andinos%2C%20mediante%20indicadores%20biol%C3%B3gicos.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
15. Cerón-Vivas A, Gamarra Y, Villamizar M, Restrepo R, Arena R. Calidad de agua de la quebrada Mamarramos. *Santuario de Flora y Fauna Iguaque, Colombia. Tecnol y ciencias del agua* [Internet]. 2019;10(6):90-116. Available from: <http://www.revistatyca.org.mx/ojs/index.php/tyca/article/view/1443/1652>

Received: 4 mayo 2020

Accepted: 20 Agosto 2020