



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“CALIDAD ECOLÓGICA ESTIMADA CON
MACROINVERTEBRADOS Y CARACTERÍSTICAS
FISICOQUÍMICAS DE UN RÍO URBANO ANDINO, AYACUCHO-
PERÚ”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Ambiental

Presentado por:

Brenda Patricia Oré Fuentes (0000-0002-5519-7221)

Asesor:

Dr. Carlos Emilio Carrasco Badajoz (0000-0003-2393-5311)

Lima – Perú

2021

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 20 de abril de 2021.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Dr. José Alberto Iannacone Oliver
Miembro: Mg. Marisol Nuñez Martínez
Miembro: Blgo. Javier Eduardo Castillo Alva

Se reúnen para evaluar la tesis titulada: "Calidad ecológica estimada con macroinvertebrados y características fisicoquímicas de un río urbano andino, Ayacucho-Perú"

Presentada por la bachiller:

- Brenda Patricia Oré Fuentes

Para optar el Título Profesional de ingeniero(a) ambiental.

Asesorada por: Dr. Carlos Emilio Carrasco Badajoz

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño de los estudiantes de la carrera de ingeniería ambiental en la sustentación, concluyen de manera unánime (X) por mayoría simple () calificar a:

• Tesista: Brenda Patricia Oré Fuentes			Nota (en letras): diecinueve
Aprobado ()	Aprobado - Muy buena ()	Aprobado - Sobresaliente (x)	Desaprobado ()

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.



Dra. José Alberto Iannacone Oliver
Presidente del Jurado



Dr. Carlos Emilio Carrasco Badajoz
Asesor



Mg. Marisol Nuñez Martínez
Miembro del jurado



Blgo. Javier Eduardo Castillo Alva
Miembro del jurado

Dedico este trabajo:

A mi familia por su apoyo incondicional, su confianza y consejos para hacer de mí una mejor persona.

Agradecimientos

A mi asesor de tesis Dr. Carlos Carrasco Badajoz y a la Blga. Carolina Rayme Chalco de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, por transmitirme su conocimiento científico y guiarme en el desarrollo de la tesis.

Al Laboratorio de Biodiversidad y Sistema de Información Geográfica (BioSIG) y al Centro de Investigaciones en Ecosistemas y Biodiversidad Acuática (CI-EBACUA) de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por el apoyo logístico.

Resumen

Introducción: Los ecosistemas acuáticos de agua dulce están siendo alterados por el hombre, como los ríos que atraviesan aglomeraciones humanas, los que manifiestan el síndrome del río urbano. En Latinoamérica no se conoce mucho sobre los ríos y el comportamiento de la biota en estas condiciones. Los macroinvertebrados, como bioindicadores, pueden acercarnos a conocer más sobre el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, considerando que la altitud y otros factores locales influyen en su composición y abundancia, siendo necesario conocer sus particularidades por cuencas y microcuencas para su uso en la determinación de la calidad ecológica. **Objetivo:** Evaluar la calidad ecológica del río Alameda mediante el empleo de los índices BMWP/Col y ABI basados en macroinvertebrados acuáticos en relación a las características fisicoquímicas del agua afectada por la ciudad de Ayacucho. **Metodología:** Se establecieron seis estaciones de monitoreo en el curso del río Alameda, considerando su ubicación con respecto al área urbana de la ciudad de Ayacucho, antes (I y II), durante (III y IV) y después del centro urbano (V y VI). Se colectaron macroinvertebrados (red Surber) y agua cada 15 días, desde noviembre de 2019 hasta febrero de 2020. Los macroinvertebrados fueron identificados hasta género y familia, para estimar los índices BMWP/Col y ABI. Con la información de macroinvertebrados se realizó análisis de conglomerados, componentes principales (PCA) y comparación multivariadas no paramétricas (NPMANOVA) para identificar posibles diferencias entre estaciones de muestreo. Para las características fisicoquímicas se utilizó la prueba de Kruskal–Wallis ($\alpha=0.05$). Se utilizó la correlación Rho de Spearman para evaluar la

magnitud de la relación entre los índices y las variables ambientales. **Resultados y Discusión:** La dureza total, cloruros, alcalinidad total, conductividad, turbidez, DBO₅, sulfato, nitrato y fosfatos se incrementó desde la estación I a VI ($p < 0,05$), con excepción del pH y temperatura del agua. Se encontraron 33 taxones en 22 familias, nueve órdenes, y tres clases. El número de taxones y familias disminuyen de la estación I a VI, al igual que los puntajes de BMWP/Col y ABI ($p < 0,05$), con categorías de calidad que van desde aceptable (I, II y III) a crítica (IV, V y VI). El índice BMWP/Col, asigna la categoría dudosa a varias estaciones, mientras que el ABI, de bueno (I, II y III) a pésimo (V y VI). El coeficiente de correlación entre las puntuaciones de los dos índices con las principales variables ambientales es altamente significativo ($\alpha < 0,01$), siendo similar entre BMWP/Col y ABI. **Conclusiones:** Las ciudades son agentes de cambios negativos en los ríos andinos, caso del río Alameda, cuya calidad ecológica disminuye, variación que es detectada por los índices bióticos BMWP/Col y ABI, y está correlacionada con las principales variables ambientales medidas.

Palabras clave: ABI, BMWP, bioindicación, índices, síndrome de río urbano.

Abstract

Introduction: Freshwater aquatic ecosystems are being altered by man, such as rivers that cross human agglomerations, which manifest the urban river syndrome. In Latin America not much is known about rivers and the behavior of biota under these conditions. Macroinvertebrates, as bioindicators, can bring us closer to knowing more about the functioning of aquatic ecosystems, considering that altitude and other local factors influence their composition and abundance, being necessary to know their particularities by basins and micro-basins for their use in the determination of the ecological quality. **Objective:** Evaluate the ecological quality of the Alameda River through the BMWP/Col and ABI indices based on aquatic macroinvertebrates in relation to the physicochemical characteristics of the water affected by the city of Ayacucho. **Methodology:** Six monitoring stations were established in the course of the Alameda River, considering its location with respect to the urban area of the city of Ayacucho, before (I and II), during (III and IV) and after the urban center (V and VI). Macroinvertebrates (Surber network) and water were collected every 15 days, from November 2019 to February 2020. The macroinvertebrates were identified up to gender and family, to estimate the BMWP/Col and ABI indices. With the macroinvertebrate information, cluster analysis, principal components (PCA) and non-parametric multivariate comparison (NPMANOVA) were performed to identify possible differences between sampling stations. For the physicochemical characteristics, the Kruskal – Wallis test ($\alpha = 0.05$) was used. Spearman's Rho correlation was used to assess the magnitude of the relationship between indices and environmental variables. **Results and Discussion:** Total hardness,

chlorides, total alkalinity, conductivity, turbidity, BOD5, sulfate, nitrate, and phosphates) increased from station I to VI ($p < 0.05$), with the exception of pH and water temperature. 33 taxa were found in 22 families, nine orders, and three classes. The number of taxa and families decreased from station I to VI, as did the BMWP/Col and ABI scores ($p < 0.05$), with quality categories ranging from acceptable (I, II and III) to critical (IV, V and VI). The BMWP/Col index assigns the doubtful category to several stations, while the ABI, from good (I, II and III) to bad (V and VI). The correlation coefficient between the scores of the two indices with the main environmental variables is highly significant ($\alpha < 0.01$), being similar between BMWP/Col and ABI. **Conclusions:** Cities are agents of negative changes in Andean rivers, is the case of the Alameda River, whose ecological quality decreases, a variation which is detected by the biotic indices BMWP/Col and ABI, and is correlated with the main environmental variables measured.

Keywords: ABI, BMWP, bioindication, indices, urban river syndrome.