



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA EN LA MICROCUENCA DEL
RÍO SICALPA CANTÓN COLTA, MEDIANTE MACROINVERTEBRADOS
ACUÁTICOS COMO BIOINDICADORES**

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Ambiental

Autor:

Salau Caizaguano María Ubaldina
Soliz Guadalupe Brian Javier

Tutora:

PhD. Anita Cecilia Ríos Rivera

Riobamba, Ecuador. 2023

DERECHOS DE AUTORÍA

Nosotros, María Ubaldina Salau Caizaguano, con cédula de ciudadanía 065007793-6, y Brian Javier Soliz Guadalupe, con cédula de ciudadanía 030188774-1, autores del trabajo de investigación titulado: Evaluación de la calidad de agua en la microcuenca del Río Sicalpa cantón Colta mediante macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 17 de marzo del 2023



María Ubaldina Salau Caizaguano

C.I: 065007793-6



Brian Javier Soliz Guadalupe

C.I: 030188774-1

DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DE TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Tutor y Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación Evaluación de la calidad de agua en la microcuenca del Río Sicalpa cantón Colta mediante macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores, presentado por María Ubaldina Salau Caizaguano, con cédula de identidad número 065007793-6, y Brian Javier Soliz Guadalupe, con cédula de identidad número 030188774-1, certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha asesorado durante el desarrollo, revisado y evaluado el trabajo de investigación escrito y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 17 de marzo del 2023.

Marcel Paredes, Mgs.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Benito Mendoza, PhD.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Patricio Santillán, Mgs.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Anita Ríos, PhD.
TUTOR



CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación Evaluación de la calidad de agua en la microcuenca del Río Sicalpa cantón Colta mediante macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores por María Ubaldina Salau Caizaguano, con cédula de identidad número 065007793-6, y Brian Javier Soliz Guadalupe, con cédula de identidad número : 030188774-1, bajo la tutoría de Dra. Anita Cecilia Ríos Rivera; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 17 de marzo del 2023.

Presidente del Tribunal de Grado
Mgs. Marco Marcel Paredes Herrera



Firma

Miembro del Tribunal de Grado
PhD. Benito Guillermo Mendoza Trujillo



Firma

Miembro del Tribunal de Grado
Mgs. Guido Patricio Santillán Lima



Firma

UNACH-RGF-01-04-02.20
VERSIÓN 02: 06-09-2021

CERTIFICACIÓN

Que, **SALAU CAIZAGUANO MARIA UBALDINA** con CC: **065007793-6**, estudiante de la Carrera **INGENIERIA AMBIENTAL, NO VIGENTE**, Facultad de **INGENIERIA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado " **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA EN LA MICROCUENCA DEL RÍO SICALPA CANTÓN COLTA, MEDIANTE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO BIOINDICADORES.**", cumple con el 3%, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **URKUND**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 07 de marzo de 2023



Firmado electrónicamente por:
ANITA CECILIA RÍOS RIVERA

Dra. Anita Ríos R. PhD

TUTORA TRABAJO DE INVESTIGACIÓN



CERTIFICACIÓN

Que, **SOLIZ GUADALUPE BRIAN JAVIER** con CC: **030188774-1**, estudiante de la Carrera **INGENIERIA AMBIENTAL, NO VIGENTE**, Facultad de **INGENIERIA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado **"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA EN LA MICROCUENCA DEL RÍO SICALPA CANTÓN COLTA, MEDIANTE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO BIOINDICADORES."**, cumple con el 3 %, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **URKUND**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 07 de marzo de 2023



Firmado electrónicamente por:
**ANITA CECILIA RÍOS
RIVERA**

Dra. Anita Ríos R. PhD.

TUTORA TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de manera muy especial. A mí querida tutora de tesis la Dra. Anita Ríos R. PhD. por haberme ofrecido todo su potencial académico y profesional para la elaboración de este trabajo de investigación. A mis docentes, en especial a la Dra. Omaira Marquez PhD. y al Ing. Jonathan Orozco por todo su apoyo en el desarrollo de la tesis. A mi familia en especial a mi tía Nubia Guadalupe y a mi madre Jenny Guadalupe que han sido mi pilar fundamental en toda mi vida tanto personal como académica y por haberme inculcado los valores éticos y morales que servirán en mi vida personal y profesional, a mis amigos por estar a mi lado tanto en todo momento.

Brian Javier Soliz Guadalupe

El presente documento fruto de un arduo trabajo lo dedico a mi esposo Inti y mi adorado hijo Yaku, por ser mi fuerte de inspiración para, continuar y no desistir. Finalmente, e igual de importante, lo dedico a mi mamá Ubaldina y mi papá Alberto, por ser padres ejemplares, por su infinito amor y apoyo incondicional.

María Ubaldina Salau Caizaguano.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Chimborazo que me dio la oportunidad de una educación superior de calidad y en la cual hemos forjado nuestros conocimientos profesionales día a día; A mis docentes, en especial a los miembros del tribunal quienes por más de cinco años de estudio nos brindaron tiempo, paciencia, y conocimiento. A mi familia que me apoyaron en todo momento, testigos fehacientes de mis triunfos y decepciones. A mis amigos más cercanos, a los que recordare siempre con la mejor actitud y alegría.

Brian Javier Soliz Guadalupe

Eternamente agradecida con mi alma mater la Universidad Nacional de Chimborazo por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente, gracias a todos quienes fueron mis docentes a lo largo de toda la carrera universitaria, por compartir sus conocimientos forjándome como profesional y como persona. Gracias Dra. Anita Ríos por su apoyo a lo largo de todo este proceso, agradecimiento especial Dra. Omaira Márquez, por estar siempre pendiente de cada uno de los procesos que involucraron el presente trabajo de investigación. A mi familia por ser mi apoyo e impulsarme a cumplir esta importante meta.

María Ubaldina Salau Caizaguano.

ÍNDICE GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA

DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DE TRIBUNAL

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO ANTI PLAGIO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

RESUMEN

| | |
|--|----|
| CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN | 17 |
| 1.1 Planteamiento del problema | 18 |
| 1.2 Justificación..... | 18 |
| 1.3 Objetivos | 20 |
| 1.31 General..... | 20 |
| 1.32 Específicos | 20 |
| CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO | 21 |
| 2.1 Cuenca hidrográfica | 21 |
| 2.2 Contaminación del agua..... | 21 |
| 2.3 Calidad del agua..... | 22 |
| 2.4 Evaluación biológica de la calidad del agua | 23 |
| 2.5 Índices biológicos..... | 25 |
| CAPÍTULO III. METODOLOGÍA | 27 |
| 3.1 Descripción del área de estudio y selección de puntos de muestreo..... | 27 |
| 1. Muestreo e identificación de los macroinvertebrados acuáticos..... | 28 |
| 3.2 Índices biológicos de calidad | 29 |
| CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 31 |
| 4.1 Estaciones de muestreo | 31 |
| 4.1.1 Estación de muestreo 1: Páramo Navag (P1)..... | 32 |
| 4.1.2 Estación de muestreo 2: Comunidad Guacona Chico (P2). | 33 |

| | |
|---|----|
| 4.1.3. Estación de muestreo 3: Comunidad Coto San Juan (P3)..... | 33 |
| 4.1.4. Estación de muestreo 4: Comunidad Guacona San José (P4)..... | 34 |
| 4.1.5. Estación de muestreo 5: Uchurrumi (P5)..... | 34 |
| 4.1.6. Estación de muestreo 6: Comunidad 20 de agosto (P6). | 35 |
| 4.1.7. Estación de muestreo 7: Comunidad 15 de agosto (P7). | 35 |
| 4.1.8. Estación de muestreo 8: Cunambay (P8)..... | 36 |
| 4.1.9. Estación de muestreo 9: Comunidad la Vaquería (P9)..... | 36 |
| 4.1.10. Estación de muestreo 10: Barrío Santo Cristo (P10). | 37 |
| 4.1.12. Estación de muestreo 12: Sector Cemento Chimborazo P(12)..... | 38 |
| 4.2 Bioindicadores..... | 38 |
| 5 Índice BMWP..... | 40 |
| 4.2.1 Estación de muestreo 1: Páramo Navag (P1)..... | 40 |
| 4.2.2. Estación de muestreo 2: Comunidad Guacona Chico (P2)..... | 40 |
| 4.2.3. Estación de muestreo 3: Comunidad Coto San Juan (P3)..... | 41 |
| 4.2.4. Estación de muestreo 4: Comunidad Guacona San José (P4)..... | 42 |
| 4.2.5. Estación de muestreo 5: Uchurrumi (P5)..... | 42 |
| 4.2.6. Estación de muestreo 6: Comunidad 20 de agosto (P6). | 43 |
| 4.2.7. Estación de muestreo 7: Comunidad 15 de agosto (P7). | 44 |
| 4.2.8. Estación de muestreo 8: Cunambay (P8)..... | 45 |
| 4.2.9. Estación de muestreo 9: Comunidad La Vaquería (P9)..... | 45 |
| 4.2.10. Estación de muestreo 10: Barrío Santo Cristo (P10). | 46 |
| 4.2.11. Estación de muestreo 11: Salida de Cajabamba (P11)..... | 47 |
| 4.2.12. Estación de muestreo 12: Sector Cemento Chimborazo (P12)..... | 47 |
| <i>Elaborado por:</i> Autores..... | 49 |
| 4.3 Índice Biológico Andino (ABI) | 49 |
| 4.3.1. Estación de muestreo 1: Páramo Navag (P1)..... | 49 |
| 4.3.2. Estación de muestreo 2: Comunidad Guacona Chico (P2)..... | 50 |

| | |
|--|----|
| 4.3.3. Estación de muestreo 3: Comunidad Coto San Juan (P3)..... | 51 |
| 4.3.4. Estación de muestreo 4: Comunidad Guacona San José (P4)..... | 51 |
| 4.3.5. Estación de muestreo 5: Uchurrumi (P5)..... | 52 |
| 4.3.6. Estación de muestreo 6: Comunidad 20 de agosto (P6). | 52 |
| 4.3.7. Estación de muestreo 7: Comunidad 15 de agosto (P7). | 53 |
| 4.3.8. Estación de muestreo 8: Cunambay (P8). | 53 |
| 4.3.9. Estación de muestreo 9: Comunidad La Vaquería (P9)..... | 54 |
| 4.3.10. Estación de muestreo 10: Barrio Santo Cristo (P10). | 54 |
| 4.3.11. Estación de muestreo 11: Salida de Cajabamba (P11)..... | 55 |
| 4.3.12. Estación de muestreo 12: Antes del puente Cementera Chimborazo (P12). | 56 |
| 4.4 Relación entre los índices BMWP y ABI | 58 |
| CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 62 |
| 5.1 Conclusiones | 62 |
| 5.2 Recomendaciones | 64 |
| BIBLIOGRAFÍA | 65 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Valores y características para aguas naturales clasificadas mediante el índice BMWP. | 25 |
| Tabla 2. Clasificación de la calidad del agua según el índice ABI..... | 26 |
| Tabla 3. Valoración del índice ABI | 26 |
| Tabla 4. Estaciones de muestreo de macroinvertebrados en la microcuenca del río Sicalpa. | 31 |
| Tabla 5. Resumen de resultados del índice ABI. | 48 |
| Tabla 6. Resumen de resultados del índice ABI | 56 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Mapa de ubicación de la Microcuenca del río Sicalpa. | 27 |
| Figura 2. Mapa de ubicación de las estaciones de muestreo en la microcuenca del río Sicalpa. | 32 |
| Figura 3.. Estación de muestreo 1 “Páramo de Navag”. | 32 |
| Figura 4.. Estación de muestreo 2 “Comunidad de Guacona Chico”. | 33 |
| Figura 5. Estación de muestreo 3 “Comunidad Coto San Juan”. | 33 |
| Figura 6. Estación de muestreo 4 “Comunidad Guacona San José”. | 34 |
| Figura 7. Estación de muestreo 5 “Uchurrumi”. | 34 |
| Figura 8. Estación de muestreo 6 “Comunidad 20 de agosto”. | 35 |
| Figura 9. Estación de muestreo 7 “Comunidad 15 de agosto”. | 35 |
| Figura 10. Estación de muestreo 8 “Cunambay”. | 36 |
| Figura 11. Estación de muestreo 9 “Comunidad la Vaquería”. | 36 |
| Figura 12. Estación de muestreo 10 “barrio Santo Cristo”. | 37 |
| Figura 13. Estación de muestreo 11 “salida a Cajabamba”. | 37 |
| Figura 14. Estación de muestreo 12 “Sector Cemento Chimborazo”. | 38 |
| Figura 15. Familias de macroinvertebrados representativas en la microcuenca del río Sicalpa. | 39 |
| Figura 16. Número de familias por estaciones de muestreo en la microcuenca del río Sicalpa. | 39 |
| Figura 17. Índice de calidad de agua BMWP estación de muestreo 1. | 40 |
| Figura 18. Índice de calidad de agua BMWP estación de muestreo 2. | 41 |
| Figura 19. Índice de calidad de agua BMWP estación de muestreo 3. | 41 |
| Figura 20. Índice de calidad de agua BMWP estación de muestreo 4. | 42 |
| Figura 21. Índice de calidad de agua BMWP estación de muestreo 5. | 43 |
| Figura 22. Índice de calidad de agua BMWP estación de muestreo 6. | 44 |
| Figura 23. Índice de calidad de agua BMWP estación de muestreo 7. | 44 |
| Figura 24. Índice de calidad de agua BMWP estación de muestreo 8. | 45 |
| Figura 25. Índice de calidad de agua BMWP estación de muestreo 9. | 46 |
| Figura 26.. Índice de calidad de agua BMWP estación de muestreo 10. | 46 |
| Figura 27. Índice de calidad de agua BMWP estación de muestreo 11. | 47 |
| Figura 28.. Índice de calidad de agua BMWP estación de muestreo 12. | 48 |
| Figura 29. Resumen de resultados del índice BMWP. | 49 |

| | |
|---|----|
| Figura 30. Índice de calidad de agua ABI estación de muestreo 1..... | 50 |
| Figura 31. Índice de calidad de agua ABI estación de muestreo 2..... | 50 |
| Figura 32. Índice de calidad de agua ABI estación de muestreo 3..... | 51 |
| Figura 33. Índice de calidad de agua ABI estación de muestreo 4..... | 51 |
| Figura 34. Índice de calidad de agua ABI estación de muestreo 5..... | 52 |
| Figura 35. Índice de calidad de agua ABI estación de muestreo 6..... | 52 |
| Figura 36. Índice de calidad de agua ABI estación de muestreo 7..... | 53 |
| Figura 37. Índice de calidad de agua ABI estación de muestreo 8..... | 53 |
| Figura 38. Índice de calidad de agua ABI estación de muestreo 9..... | 54 |
| Figura 39. Índice de calidad de agua ABI estación de muestreo 10..... | 55 |
| Figura 40. Índice de calidad de agua ABI estación de muestreo 11..... | 55 |
| Figura 41. Índice de calidad de agua ABI estación de muestreo 12..... | 56 |
| Figura 42. Resumen de resultados del índice ABI..... | 57 |
| Figura 43. Resultados del Índice BMWP en la microcuenca del río Sicalpa | 59 |
| Figura 44. Resultados del Índice ABI en la microcuenca del río Sicalpa. | 60 |
| Figura 45. Relación de resultados de BMWP y ABI en la microcuenca del río Sicalpa..... | 61 |

RESUMEN

En la presente investigación se evaluó la calidad del agua en la microcuenca del río Sicalpa, en el cantón Colta utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores, con la ayuda de sistemas de información geográfica se establecieron 12 estaciones de muestreo en la microcuenca, tomando en consideración zonas estratégicas, la cobertura de uso de suelo y la accesibilidad. La recolección de organismos se realizó en los meses de junio, julio, agosto y septiembre de 2022, mediante 3 réplicas con una red tipo D. Se recolectaron 5231 macroinvertebrados acuáticos distribuidos en 12 órdenes y 32 familias de los cuales los más representativos fueron las familias Baetidae con 35.90%, Chironomida con 13.44%, Hyallelidae con 10.30%, Limnephilidae con 7.02%, Ceratopogonidae con 6.06%, Simuliidae con 5.85% y Limoniidae con 3.77%.

Aplicando el índice BMWP se obtuvo que el agua se encuentra en una calidad aceptable, tomando en consideración que son aguas medianamente contaminadas, por otro lado el índice ABI da a conocer que el agua se encuentra con una calidad moderada, catalogando como aguas contaminadas, por tanto, el índice ABI resulta ajustarse de manera adecuada para la evaluación de la calidad del agua en la microcuenca debido a que esta es aplicada generalmente para alturas comprendidas entre los 2000 m.s.n.m y 4000 m.s.n.m y la zona de estudio en cuestión se encuentra entre 4121m.s.n.m y 3069 m.s.n.m, además los puntajes son más exigentes debido a que la altura restringe la distribución de especies.

La evaluación de la calidad del agua en la microcuenca del río Sicalpa, a través de la aplicación de los índices BMWP y ABI determinaron que el agua se encuentra contaminada y guardan relación directa con los usos de suelo que predominan en el área de estudio, donde los más representativos son cultivo, pastizal, vegetación herbácea, área poblada, infraestructura antrópica y plantación forestal.


Palabras claves: Macroinvertebrados, bioindicadores, BMWP, ABI, Sicalpa.

ABSTRACT

This research evaluated the water quality in the micro-watershed of the Sicalpa River in Colta Canton using aquatic macroinvertebrates as bioindicators, with the help of geographic information systems 12 sampling stations were established in the micro watershed, considering strategic areas, land use coverage, and accessibility. The collection of organisms took place in June, July, August, and September 2022, using 3 opportunities with a D-type net. 5231 aquatic macroinvertebrates were collected in 12 orders and 32 families of which the most representative were the Baetidae at 35.90%, Chironomidae at 13.44%, Hyallellidae at 10.30%, Limnephilidae at 7.02%, Ceratopogonidae with 6.06%, Simuliidae with 5.85% and Limoniidae with 3.77%. Applying the BMWP index it was obtained that water is at an acceptable quality, taking into account that they are moderately contaminated waters, on the other hand, the ABI index reveals that the water is of moderate quality, Thus, the ABI index is appropriately adjusted for the assessment of water quality in the micro-watershed because it is generally applied for heights between 2000 m.s.n.m and 4000 m.s.n.m and the study area in question is between 4121m.s.n.m and 3069 m.s.n.m, in addition, scores are more demanding because height restricts the distribution of species. Assessment of water quality in the micro-watershed of the Sicalpa River, through the application of the BMWP and ABI indices they determined that the water is contaminated and is directly related to the land, uses that predominate around study, where the most representative are cultivation, grassland, herbaceous vegetation, populated area, anthropic infrastructure, and forest plantation.

Keywords: Macroinvertebrates, bioindicators, BMWP, ABI, Sicalpa

ALFONSO FABIAN
MARTINEZ
CHAVEZ

 BANCO CENTRAL DEL ECUADOR
ENTIDAD DE CERTIFICACION DE
INFORMACION-ECIBCE, I-QUITO,
CIBCE-0009510089, ALFONSO
FABIAN MARTINEZ CHAVEZ
2020.11.04 11:20:54-05'00'

Reviewed by:

Mgs. Alfonso Fabian Martínez Chávez.

ENGLISH PROFESSOR

c.c. 0602778268

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Ecuador es considerado a nivel mundial uno de los países más ricos en recursos hídricos de buena calidad, recursos utilizados principalmente para la generación de energía eléctrica, abastecimiento de agua potable y riego. (Guanokuiza, L. Sánchez, 2019)

En la actualidad estos recursos son amenazados constantemente por actividades antrópicas que se desarrollan cerca de sus fuentes, generalmente provocados por los centros poblados, explotación minera, hidrocarburífera y agropecuaria que generan vertidos con altas concentraciones de materia orgánica, nitrógeno, fosforo, metales pesados entre otros contaminantes (Toledo & Mendoza, 2017).

Los recursos hídricos son sistemas muy sensibles a presiones antrópicas, durante mucho tiempo sirviéndose como depósitos de desechos lo que ha ocasionado la reducción e incluso la desaparición de algunas especies que conforman la biota acuática. Este aumento en la generación de contaminantes, nos obliga a aplicar nuevas metodologías, diferentes de los análisis físico-químicos, que pueden ser complementarios en un estudio ambiental integral, dentro de los cuales destaca el monitoreo con macroinvertebrados acuáticos que reflejan perturbaciones existentes sobre los cuerpos de agua (Pérez & Quishpi, 2016).

Los organismos utilizados con mayor frecuencia como bioindicadores en ecosistemas acuáticos son las algas y plantas acuáticas, zooplancton, bacterias, peces y los macroinvertebrados, siendo este grupo, el más empleado en análisis y monitoreo (Viteri et al., 2017).

A breves rasgos se establece que las comunidades acuáticas en particular los macroinvertebrados, son capaces de reaccionar, modificando su funcionamiento y estructura, ante los cambios a las condiciones ambientales de sus hábitats, de tal modo que ciertos individuos pueden ser utilizados como bioindicadores para evaluar la calidad de agua de un medio Segnini (2003).

Es decir, que un bioindicador es aquel cuyas respuestas biológicas son observadas frente a una perturbación ecológica y están referidos como organismos o sistemas biológicos que sirven para evaluar variaciones en la calidad ambiental Roldán (2016).

Son muchos los índices utilizados en las investigaciones y estudios realizados con macroinvertebrados acuáticos; uno de los más utilizados es el BMWP (Biological Monitoring Working Party), propuesto en Inglaterra por Hellowel en 1970, modificado para la península

ibérica por Alba-Tercedor y adaptado para Colombia por Roldán Pérez e identificado como BMWP/Col (López Mendoza et al., 2022). Por su parte, el Índice Biológico Andino (ABI) permite clasificar la calidad ecológica de un sistema, apoyado en el índice original BMWP, y se aplica a ríos altoandinos superiores a los 2000 m.s.n.m. En el ABI se incluye un menor número de familias de macroinvertebrados ya que la altitud restringe la distribución y el nivel de tolerancia al disturbio ambiental difiere de otras regiones del mundo (Acosta et al., 2009).

Este trabajo está enmarcado en el proyecto “Estudio de la conservación y uso sostenible de servicios ecosistémicos de los páramos de Llin Llin, Sicalpa y Columbe y su área de influencia”, dicho proyecto responde a las necesidades de estas comunidades las cuales están dentro de las prioridades del Convenio Marco de Cooperación para Fortalecimiento de Capacidades a Comunidades en Situación de Vulnerabilidad, entre la Fundación Visión Mundial Ecuador y Universidad Nacional de Chimborazo, firmado en el mes de marzo del 2020.

Por consiguiente, se presenta un análisis de la calidad de agua de la microcuenca del río Sicalpa, utilizando los índices BMWP (Biological Monitoring Working Party) y ABI (Andean Biological Index) respectivamente. Se presenta a sí mismo una comparación entre los índices, con el fin de evidenciar particularidades en sus resultantes. Consecuentemente este trabajo servirá como un aporte de información que será de ayuda para la protección y conservación a través del conocimiento del estado de este recurso.

1.1 Planteamiento del problema

¿El agua de la microcuenca del río Sicalpa está contaminada por actividades antrópicas, es posible analizar esta calidad utilizando bioindicadores acuáticos como son los macroinvertebrados y sus índices BMWP y ABI?

1.2 Justificación

El planeta tierra presenta un recubrimiento superficial del 70 % de agua, su importancia radica en que es responsable de la existencia de todas las formas de vida en el planeta y está relacionado de manera directa con la calidad de vida de la población (Ávila, 2016). Sin

embargo, por más contradictorio que parezca, es un recurso escaso ya que, de su totalidad, tan solo el 1% es agua de fácil utilización (Baque et al., 2016).

En este sentido, de acuerdo con Baque et al. (2016), el 80 % de la población del mundo vive en zonas amenazadas por la seguridad del agua y los más afectados son 3.400 millones de personas, casi en su totalidad pertenecientes a países en desarrollo, por lo que Ecuador estaría involucrado en tal situación. En tanto que la provincia de Chimborazo se caracteriza por ser eminentemente agrícola, y de lo que se conoce, la agricultura representa el 70% del agua extraída, cabe señalar que las actividades productivas son cambiantes acordes con la demanda y el desarrollo social por lo que la irracionalidad en el uso del agua tiene que ver no solo con el ritmo de su extracción, sino con el modo en que se contamina Campoverde (2020).

Actualmente el marco legal relacionado al recurso agua, es más estricto y exige garantizar la conservación, recuperación y manejo integral del recurso hídrico, en Ecuador, la ley de aguas prohíbe los vertidos de aguas residuales en lagos y ríos (en el Título II del Artículo 22 del Capítulo II de Conservación y Contaminación de las Aguas), pero resulta sorprendente que tan solo el 5% de las aguas residuales posean algún tipo de tratamiento, y el otro 95% termine descargada en los ríos cercanos a cada asentamiento humano (Gómez et al., 2016), además la Ley de Aguas, señala en su Codificación 16, 2004 en su art. 22. “Prohíbese toda contaminación del agua que afecte a la salud humana o al desarrollo de la flora y la fauna” (Comision & Codificacion, 2004).

Al presente se está desarrollando un proyecto de conservación y uso sostenible de servicios ecosistémicos de los páramos de Llin Llin, Sicalpa, Columbe y su área de influencia, de ahí que la presente investigación pretende contar con un conjunto de parámetros y resultados actualizados, fiables y oficiales sobre la calidad del agua en la microcuenca del río Sicalpa, en razón de que los resultados a obtenerse representan un insumo de invaluable magnitud, que tributará al proyecto en la generación de una herramienta de gestión y manejo de la microcuenca, con el propósito de que a corto, mediano y largo plazo se puedan tomar las mejores decisiones en función de las necesidades de conservación del ambiente.

1.3 Objetivos

1.31 General

- Evaluar la calidad de agua mediante el uso de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores en un río altoandino ubicado en Sicalpa, Cantón Colta.

1.32 Específicos

- Determinar la calidad de agua mediante el índice biótico (Biological Monitoring Working Party) BMWP.
- Determinar la calidad de agua usando el índice Biológico Andino (ABI).
- Comparar la calidad de agua en el río Sicalpa entre el uso de los índices BMWP Y ABI.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Cuenca hidrográfica

Es la superficie de terreno definida por el patrón de escurrimiento del agua, es decir, es el área de un territorio que descarga en una quebrada, un río, un lago, un pantano, el mar o un acuífero subterráneo (Aguirre, 2011).

Según Ordóñez (2016), la cuenca integra innumerables ecosistemas como, por ejemplo: selvas, bosques, matorrales, pastizales, manglares, ríos, lagos, humedales, entre otros, y sus límites se establecen por el parteaguas desde donde escurre el agua que se precipita en el territorio delimitado por éste, hasta un punto de salida. En la cuenca hidrográfica se distinguen por lo general tres partes que la conforman, alta, media y baja.

2.2 Contaminación del agua

El agua es necesaria para cultivar y procesar alimentos, también brinda energía a la industria con el objeto de satisfacer a una población en constante crecimiento. La gestión inadecuada de las aguas residuales urbanas, industriales y agrícolas, conlleva a que el agua que beben cientos de millones de personas se vea peligrosamente contaminada o polucionada químicamente.

La contaminación del agua de los ríos se puede dar de forma natural y antropogénica. La primera se forma particularmente por el arrastre de partículas que precipitan al medio, pero debido a la capacidad auto depuradora del medio, se puede eliminar gran parte de estos elementos extraños a su naturaleza (Súarez et al., 2013).

La segunda forma es la que causa mayores problemas, debido a su cantidad y heterogeneidad, que provienen principalmente de vertidos de zonas urbanas, industriales y agrícolas, y que el medio no puede depurar, pasando este a condiciones de mala calidad (Ramirez, 2007).

La contaminación del agua también provoca que parte de los ecosistemas acuáticos terminen desapareciendo por la rápida proliferación de algas invasoras que se nutren de todos los nutrientes que les proporcionan los residuos (Jiménez & Vásquez, 2021).

Un aspecto importante es la división del agua según su grado de contaminación:

- a) La polisaprobiana: agua que está fuertemente contaminada con carbono orgánico, caracterizada por una población de organismos específicos y normalmente con una concentración muy baja e incluso total ausencia de oxígeno.
- b) La mesosaprobiana: los organismos que viven en medios con una cantidad moderada de materia orgánica y variable cantidad de O₂ en disolución, como algunas algas.
- c) La oligosaprobiana: zonas de vertido de aguas residuales a un río, donde las aguas han alcanzado el aspecto y características de su estado natural (Jiménez & Vásquez, 2021).

Existen diferentes aspectos y elementos que contaminan el agua como:

- a) Agentes Patógenos: Bacterias, virus, protozoarios, parásitos que entran al agua proveniente de desechos orgánicos, los mismos que pueden ser descompuestos por bacterias que usan oxígeno para biodegradarlos. Si hay poblaciones grandes de estas bacterias, pueden agotar el oxígeno del agua, matando así las formas de vida acuáticas (Acosta et al., 2009).
- b) Sustancias químicas inorgánicas: Ácidos, compuestos de metales tóxicos (mercurio, plomo), envenenan el agua, los nutrientes vegetales pueden ocasionar el crecimiento excesivo de plantas acuáticas que después mueren y se descomponen, agotando el oxígeno del agua causando la muerte de las especies marinas (zona muerta) (Aguirre, 2011).
- c) Sustancias químicas orgánicas: Petróleo, plásticos, plaguicidas, detergentes que amenazan la vida. Sedimentos o materia suspendida. Partículas insolubles de suelo que enturbian el agua, y que son la mayor fuente de contaminación (Aguirre, 2011).
- d) Calor: Ingresos de agua caliente que disminuyen el contenido de oxígeno y hace a los organismos acuáticos muy vulnerables (Acosta et al., 2009).

2.3 Calidad del agua.

La calidad del agua se define como el conjunto de características del agua que pueden afectar su adaptabilidad a un uso específico, la relación entre esta calidad del agua y las necesidades del usuario. También la calidad del agua se puede definir por sus contenidos de sólidos y gases, ya sea que estén presentes en suspensión o en solución (Coello et al., 2015).

La calidad del agua está determinada por la presencia y la cantidad de contaminantes, factores físico - químicos tales como pH y conductividad, cantidad de sales, fertilizantes, presencia de nutrientes vegetales mismas que son causantes de un aumento considerable de plantas acuáticas

que contribuye a la reducción de oxígeno y consecuentemente afecta a la fauna acuática, además la presencia de ciertas sustancias químicas orgánicas tales como el petróleo y detergentes (Guadarrama et al., 2016). Los seres humanos tienen una gran influencia en todos estos factores, pues ellos depositan residuos en el agua y añaden toda clase de sustancias y de contaminantes que no están presentes de forma natural (Izquierdo et al., 2017).

Ante factores condicionantes como densidad poblacional, tipos de asentamientos, actividades productivas y sistemas tecnológicos, se presentan efectos como la desregulación de la disponibilidad espacial y temporal en la oferta hídrica, deterioro de las condiciones biológicas y fisicoquímicas del agua, conflictos intersectoriales e interterritoriales e imposibilidad de manejo integral de las cuencas (Mendoza et al., 2021).

La gestión y administración adecuada de los recursos hídricos obliga a conocer su comportamiento y respuesta ante las diferentes intervenciones antrópicas, siendo necesaria la implementación de métodos rápidos y económicos para el diagnóstico de las características de las fuentes de agua (Martínez & Villalejo, 2018).

Para este tipo de análisis se usan los bioindicadores, que son organismos puntuales y selectos de estrés ambiental que pueden evaluar y predecir los efectos de las modificaciones ambientales antes que el daño sea irreversible.

2.4 Evaluación biológica de la calidad del agua

La evaluación biológica de las aguas radica en la capacidad natural de la biota de responder ante los efectos de perturbaciones eventuales o permanentes, cambiando su estructura y funcionamiento al modificarse las condiciones ambientales de sus hábitats naturales (Segnini, 2003).

De esta manera, la biota acuática presenta límites de tolerancia a las diferentes alteraciones, y frente a determinadas alteraciones, los organismos “sensibles” que no son capaces de soportar las nuevas condiciones abandonan la zona alterada o mueren, dejando espacio libre para ser colonizado por los organismos “tolerantes” (Alba, 1996). De modo que, los cambios en la composición y estructura de las comunidades de biota acuática se pueden interpretar como signos de algún tipo de contaminación.

Los indicadores biológicos o bioindicadores de contaminación son aquellos que permiten por medio de información obtenida del suelo, agua o atmósfera, evaluar la calidad de un ecosistema, y facilitan la determinación del nivel de deterioro ambiental dentro de un marco de calidad (Martínez & Villalejo, 2018).

Los bioindicadores son organismos puntuales que permiten evaluar y predecir los diferentes efectos en los ecosistemas causados por las modificaciones ambientales, antes de que sean irreversible (Mora, 2018). Adicionalmente, mediante su uso es posible detectar eventos puntuales de toxicidad, los mismos que resultan difícil de detectar utilizando mediciones físico-químicas estándares (Springer, 2010).

Los macroinvertebrados son aquellos invertebrados acuáticos que superan un tamaño de 500 micras (μm) y que habitan el fondo de los ecosistemas dulceacuícolas, al menos en alguna etapa de su ciclo de vida (Ladrera et al., 2013). Entre estos se incluyen las esponjas, sanguijuelas, planarias, moluscos, crustáceos y la mayoría de los estados juveniles del orden de los insectos (Segnini, 2003).

En los ecosistemas acuáticos, los macroinvertebrados poseen especial importancia dado que construyen el componente de biomasa animal más importante a lo largo de los ríos (Ladrera et al., 2013). Además, debido a su abundancia los macroinvertebrados cumplen un importante papel en la transferencia de energía y nutrientes (López Mendoza et al., 2022).

Los macroinvertebrados son organismos susceptibles a los cambios en la calidad de agua. Algunas especies de macroinvertebrados requieren buena calidad de agua para sobrevivir, mientras que otras son capaces de sobrevivir en aguas de baja calidad (Ladrera et al., 2013). Por tal razón, en la actualidad son ampliamente utilizados como bioindicadores de calidad de agua (Segnini, 2003).

Entre todos los grupos de organismos acuáticos, los macroinvertebrados constituyen el grupo de bioindicadores más utilizados a nivel mundial. Ellos proporcionan excelentes señales sobre la calidad ambiental del agua de los ríos, porque algunos requieren de una muy buena calidad para desarrollarse y sobrevivir, mientras que otros, por el contrario, crecen y abundan en aguas







muy contaminadas. Esto se debe a que las diferentes especies tienen diferentes grados de sensibilidad a la contaminación de las aguas de los ríos (Guinard & Vega, 2013).

2.5 Índices biológicos

El Biological Monitoring Working Party (BMWP) fue establecido en Inglaterra en 1970, como un método sencillo y rápido para evaluar la calidad del agua usando los macroinvertebrados como bioindicadores (Eduardo & Durán, 2016).

Este método sólo requiere llegar hasta nivel de familia y los datos son cualitativos (presencia o ausencia). El puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica (Gómez, 2014).

Tabla 1. Valores y características para aguas naturales clasificadas mediante el índice BMWP.

| Clase | Rango | Calidad | Características | color |
|-------|-----------|-------------|---------------------------------|---|
| I | > = 121 | Muy Buena | Aguas muy limpias |  |
| II | 101 - 120 | Buena | Aguas limpias |  |
| III | 61 - 100 | Aceptable | Aguas medianamente contaminadas |  |
| IV | 36 - 60 | Dudosa | Aguas contaminadas |  |
| V | 16 - 35 | Crítica | Aguas muy contaminadas |  |
| VI | < = 15 | Muy Crítica | Aguas fuertemente contaminadas |  |

Fuente: (González, 2017)


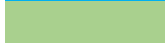




El Índice ABI (Andean Biotic Index) hace referencia a la presencia de macroinvertebrados con mayor incidencia en los ríos de la sierra, es decir parte andina. El índice ABI es utilizado en zonas mayores a 2000 msnm, y al igual que el índice BMWP ordena las familias de los órdenes de macroinvertebrados en 10 niveles con las puntuaciones de 1 a 10, siendo el 1 un número de mayor tolerancia y 10 de menor tolerancia (González, 2017).

Tabla 2. Clasificación de la calidad del agua según el índice ABI

| | Muy bueno | Bueno | Moderado | Malo | Pésimo |
|--------|-----------|---------|----------|---------|-------------|
| INDICE | | | | | |
| ABI | Más de 74 | 45 a 74 | 27 a 44 | 11 a 26 | Menos de 11 |

Fuente: (González, 2017)

Tabla 3. Valoración del índice ABI.

| Clase | Valor | Significado | color |
|-------|-----------|--|---|
| I | > 120 | Aguas muy limpias |  |
| II | 101 - 120 | No contaminadas de modo sensible |  |
| III | 61 - 100 | Evidentes algunos efectos de contaminación |  |
| IV | 36 - 60 | Aguas contaminadas |  |
| V | 16 - 35 | Aguas muy contaminadas |  |
| | 15 | Aguas fuertemente contaminadas |  |

Fuente: (Acosta et al., 2009)

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1 Descripción del área de estudio y selección de puntos de muestreo

El área de estudio se encuentra ubicada en la microcuenca del río Sicalpa, en el cantón Colta, provincia de Chimborazo (Figura 1). Su elevación va desde los 3052 m.s.n.m hasta los 4283 m.s.n.m, comprende un área de 11218 hectáreas y su principal cauce tiene una longitud de 10.47 km.

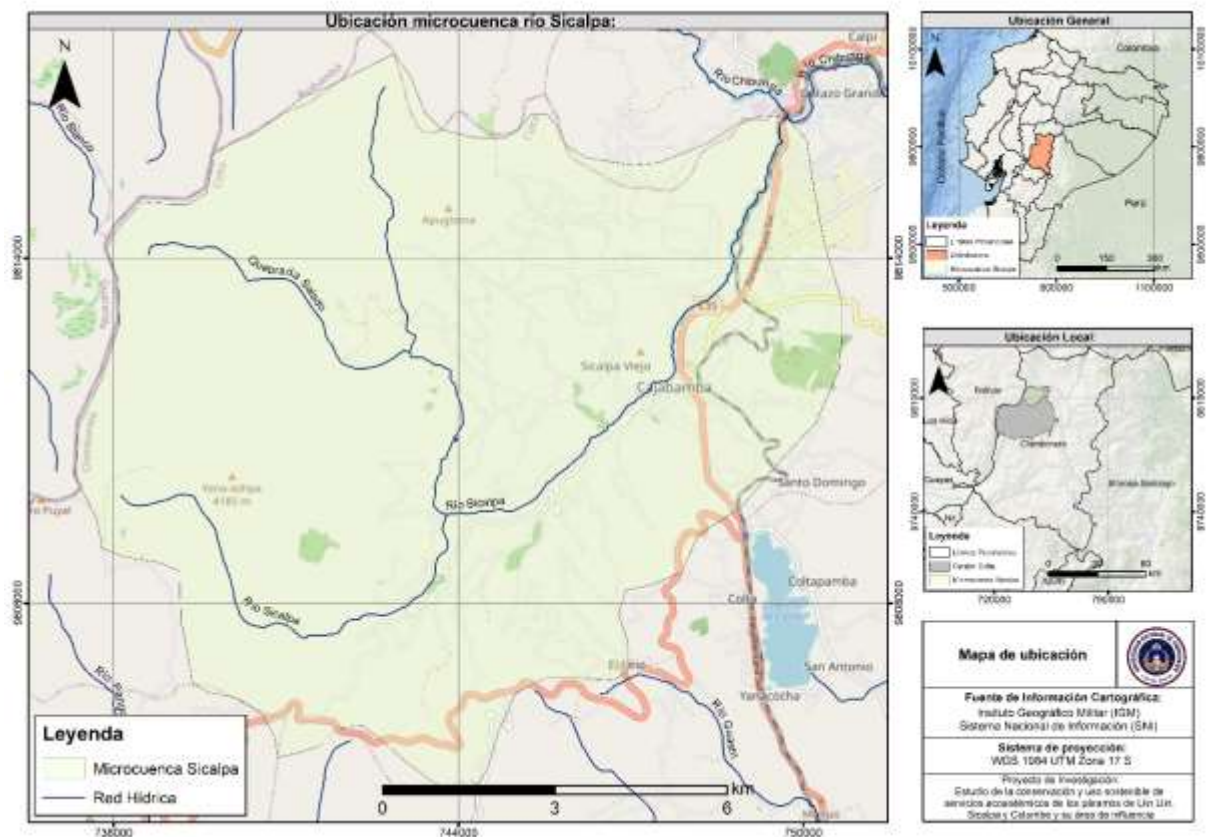


Figura 1. Mapa de ubicación de la Microcuenca del río Sicalpa.

Elaborado por: Autores.

La selección de los puntos de muestreo se realizó mediante uso de sistemas de información geográfica y recorridos previos por el área de influencia de la microcuenca, de este modo se establecieron 12 puntos, identificados de acuerdo con las zonas estratégicas, uso de suelo y facilidad de acceso.

La identificación de macroinvertebrados se efectuó a nivel taxonómico del rango de género o familia de manera cualitativa, en la cual se asigna un puntaje que va de 1 a 10 de acuerdo con el nivel de tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación.

El trabajo requirió hacerlo con la ayuda de un estereoscopio para la respectiva identificación y recuento de cada taxa (Eduardo & Durán, 2016). De igual manera para la identificación de organismos se lo realizó con ayuda de claves taxonómicas especializadas para la región entre ellas la guía de identificación de especies, con las respectivas características de los macroinvertebrados acuáticos.

1. Muestreo e identificación de los macroinvertebrados acuáticos

Para la colecta de macroinvertebrados, se aplicó el método rápido de muestreo para un solo hábitat propuesto por Barbour, Gerritsen, Snyder, y Stribling (1999), utilizando una red de captura tipo D con una malla plástica de boca de 30 x 20 centímetros y ojo de malla de 500 micras.

Se realizaron 3 réplicas durante el período de junio, julio, agosto y septiembre de 2022, los macroinvertebrados bentónicos fueron recolectados con la red tipo D, removiendo el sustrato con el pie dentro de un espacio de 50 cm * 50 cm, para los sustratos que contienen arena y grava o removiendo manualmente los cantos rodados con diámetros mayores a 2.5 in. Las muestras se tomaron en un tramo de 20 metros al rededor del punto de monitoreo establecido, buscando diferentes sustratos como arena, grava, cantos rodados y vegetación.

El tiempo de monitoreo en cada punto fue de 5 minutos, distribuidos proporcionalmente en función del área de cada sustrato muestreado. Cada muestra, se limpió en campo extrayendo las hojarascas, piedras grandes u otros elementos que no fueran de interés, para esto, se hizo una limpieza manual a medida que se realizaban los arrastres y luego se pasó la muestra por un tamiz de 0.5 centímetros, las muestras recolectadas fueron transportadas al laboratorio en botellas plásticas de 1 L y boca ancha previamente rotulados con la información del punto de muestreo. Para la preservación de los especímenes se utilizó una solución de formol al 5%.

La identificación de los macroinvertebrados acuáticos recolectados se efectuó en el laboratorio de ciencias ambientales de la Facultad de Ingeniería de la UNACH, haciendo uso de los siguientes materiales:

- Pinzas
- Bandeja blanca
- Alcohol industrial
- Cajas Petri
- Filtro
- Estereoscopio
- Envases plásticos pequeños
- Láminas de identificación de macroinvertebrados

Las muestras extraídas se procedieron a lavar con abundante agua y con movimientos circulares, con la ayuda del filtro se separó el sustrato aun presente, una vez que la muestra está libre de impurezas, se trasvasó a la bandeja blanca donde se realizó la separación de organismos encontrados, estos organismos se analizaron en el estereoscopio para su identificación y posterior conteo con la asistencia de las láminas de identificación, que permitió identificar los diferentes grupos taxonómicos de macroinvertebrados encontrados (Santillán & Déley, 2016).

Una vez identificados y separados los diferentes grupos taxonómicos, las muestras representativas de cada especie se las colocan en frascos con ayuda de pinzas entomológicas, etiquetándolas con tinta indeleble con la información del lugar de recolección, número de muestra, nombre científico, la fecha y nombre del clasificador.

3.2 Índices biológicos de calidad

Para evaluar la calidad del agua en la microcuenca del río Sicalpa se utilizaron los índices biológicos de calidad de agua BMWP y ABI.

La utilización del Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), permite evaluar la calidad del agua teniendo en cuenta el nivel taxonómico de familias de macroinvertebrados acuáticos, donde el máximo puntaje se le asigna a las especie sensibles indicadoras de aguas limpias con un valor de 10, y el mínimo a las tolerantes, indicadoras de mayor contaminación con el valor de 1 para el resto de familias fluctúa entre 9 y 2 según el grado de tolerancia o

sensibilidad que estos organismos presenten frente a la contaminación de los diferentes grupos taxonómicos (Gómez, 2014).

El Andean Biotic Index (ABI) es un índice biótico que sirve para evaluar la calidad del agua y la integridad ecológica de ecosistemas acuáticos andinos (Acosta et al., 2009). Este índice se construye asignando valores numéricos entre 1 y 10 a cada familia registrada durante un muestreo, dependiendo de su nivel de tolerancia a la contaminación.

En esta escala, el valor de 1 se asigna a las familias más tolerantes y el de 10 a las familias más sensibles. La suma de los puntajes de todas las familias encontradas en un sitio determinado equivale al puntaje ABI total, el cual es un indicador de la calidad de agua de dicho sitio. Además, la metodología requiere solo de datos cualitativos, (presencia o ausencia de familias), lo que hace de ella una alternativa económica, sencilla y que requiere de poca inversión de tiempo (Meneses et al., 2019).

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Estaciones de muestreo

Los puntos de muestreos de macroinvertebrados fueron definidos tomando criterios como: uso de suelo, elevación y accesibilidad; para esto, se realizaron salidas de campo y se establecieron 12 estaciones de muestreo como lo indica la tabla 4. De la totalidad de puntos indicados, tres presentan intervención netamente de tipo ganadera, estos corresponden a los puntos 1, 5, 7, 8, en tanto que los puntos 2, 3, 4, 6, 9 y 10 son intervenidos mediante actividades ganaderas y agrícolas, finalmente el punto 11 se encuentra afectado por la urbanización y el punto 12 ha sido intervenido por la urbanización, actividades agrícolas y ganaderas.

Tabla 4. Estaciones de muestreo de macroinvertebrados en la microcuenca del río Sicalpa.

| Código | Estación de muestreo | Altura (m.s.n.m) | Coordenadas UTM | |
|--------|----------------------------|---------------------|--------------------|---------|
| | | | X | Y |
| P1 | Páramo Navag | 4121 | 738591 | 9809661 |
| P2 | Comunidad Guacona Chico | 3602 | 741256 | 9807425 |
| P3 | Comunidad Coto San Juan | 3484 | 743115 | 9807952 |
| P4 | Comunidad Guacona San José | 3273 | 746204 | 9810649 |
| P5 | Uchurrumi | 3976 | 739703 | 9814159 |
| P6 | Comunidad 20 de agosto | 3527 | 743877 | 9812026 |
| P7 | Comunidad 15 de agosto | 3417 | 743677 | 9810315 |
| P8 | Cunambay | 3763 | 742749 | 9815116 |
| P9 | Comunidad La Vaquería | 3656 | 743120 | 9813006 |
| P10 | Barrío Santo Cristo | 3223 | 747025 | 9811503 |
| P11 | Salida de Cajabamba | 3202 | 747791 | 9812176 |
| P12 | Sector Cemento Chimborazo | 3069 | 749586 | 9816316 |

Elaborado por: Autores.

En la microcuenca del río Sicalpa predominan los usos de suelo de páramo, cultivos, pastizales, vegetación herbácea, área poblada y tierras agrícolas propias de la zona lo cual puede influir en la presencia o ausencia de macroinvertebrados de acuerdo con su tolerancia.

En la figura 2 se pueden observar las estaciones de muestreo y las coberturas de usos de suelo que forman parte de la microcuenca del río Sicalpa gracias a la información obtenida por el

GPS en coordenadas WGS UTM 84 y la geodatabase de cobertura y uso de suelo del portal SIGTIERRAS.

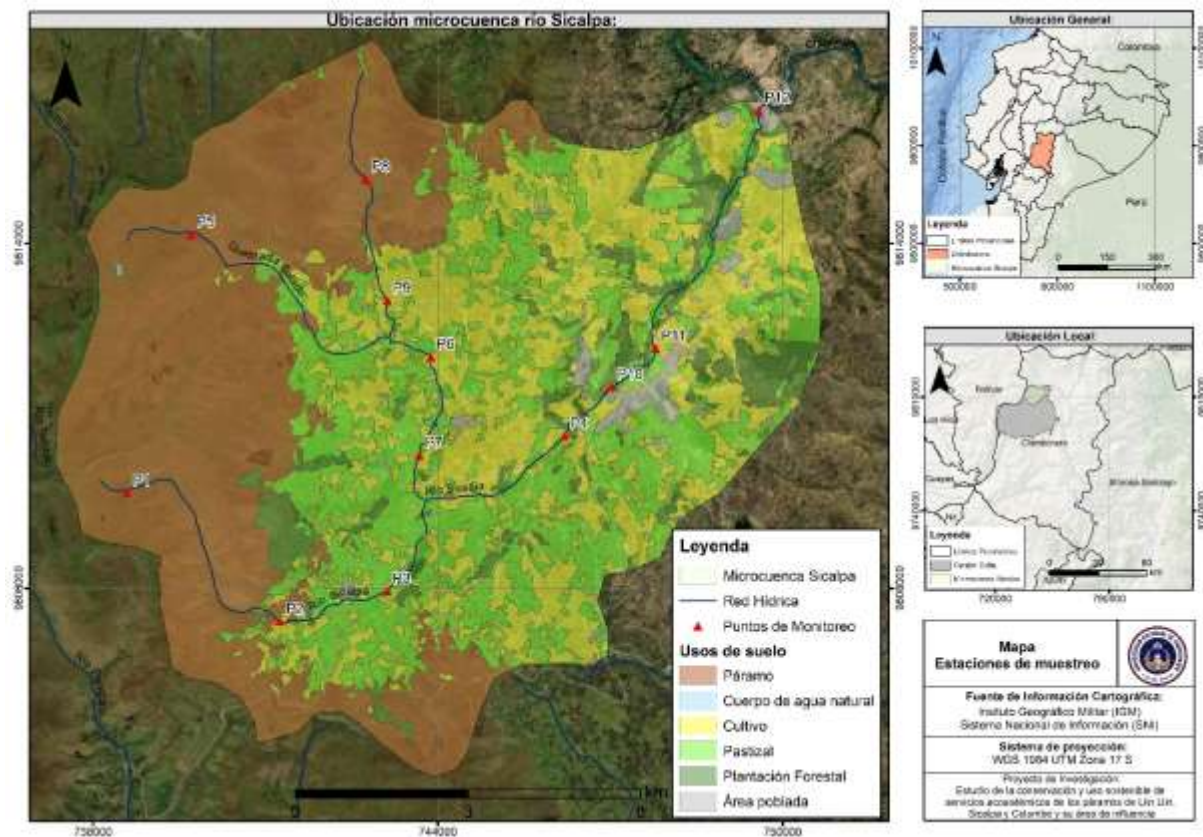


Figura 2. Mapa de ubicación de las estaciones de muestreo en la microcuenca del río Sicalpa.

Elaborado por: Autores.

4.1.1 Estación de muestreo 1: Páramo Navag (P1)

Páramo de Navag se encuentra ubicado al sur oeste de la microcuenca del río Sicalpa a una altura aproximada de 4121 m.s.n.m, su cobertura de uso de suelo es páramo (figura 3).



Figura 3. Estación de muestreo 1 “Páramo de Navag”.

Elaborado por: Autores

4.1.2 Estación de muestreo 2: Comunidad Guacona Chico (P2).

La Comunidad de Guacona Chico se encuentra ubicada al sur de la microcuenca del río Sicalpa a una altura aproximada de 3602 m.s.n.m, su cobertura de uso de suelo presenta características de cultivo, pastizal y páramo (figura 4).



Figura 4.. Estación de muestreo 2 “Comunidad de Guacona Chico”.

Elaborado por: Autores

4.1.3. Estación de muestreo 3: Comunidad Coto San Juan (P3).

La Comunidad Coto San Juan se encuentra ubicada al sur de la microcuenca del río Sicalpa a una altura aproximada de 3484 m.s.n.m, su cobertura de uso de suelo presenta características de cultivo y pastizal (figura 5).



Figura 5. Estación de muestreo 3 “Comunidad Coto San Juan”.

Elaborado por: Autores

4.1.4. Estación de muestreo 4: Comunidad Guacona San José (P4).

La Comunidad Guacona San José se encuentra ubicada al este de la microcuenca del río Sicalpa a una altura aproximada de 3273 m.s.n.m, su cobertura de uso de suelo presenta características de cultivo, vegetación herbácea y erial (figura 6).



Figura 6. Estación de muestreo 4 “Comunidad Guacona San José”.

Elaborado por: Autores

4.1.5. Estación de muestreo 5: Uchurrumi (P5).

Uchurrumi se encuentra ubicada al oeste de la microcuenca del río Sicalpa a una altura aproximada de 3976 m.s.n.m, su cobertura de uso de suelo presenta características de páramo (figura 7).



Figura 7. Estación de muestreo 5 “Uchurrumi”.

Elaborado por: Autores

4.1.6. Estación de muestreo 6: Comunidad 20 de agosto (P6).

La Comunidad 20 de agosto se encuentra ubicada al centro de la microcuenca del río Sicalpa a una altura aproximada de 3527 m.s.n.m, su cobertura de uso de suelo presenta características de cultivo, pastizal y vegetación herbácea (figura 8).



Figura 8. Estación de muestreo 6 “Comunidad 20 de agosto”.

Elaborado por: Autores

4.1.7. Estación de muestreo 7: Comunidad 15 de agosto (P7).

La Comunidad 15 de agosto se encuentra ubicada al centro de la microcuenca del río Sicalpa a una altura aproximada de 3527 m.s.n.m, su cobertura de uso de suelo presenta características de cultivo, pastizal y vegetación herbácea (figura 9).



Figura 9. Estación de muestreo 7 “Comunidad 15 de agosto”.

Elaborado por: Autores

4.1.8. Estación de muestreo 8: Cunambay (P8).

Cunanbay se encuentra ubicada al Nord oeste de la microcuenca del río Sicalpa a una altura aproximada de 3763 m.s.n.m, su cobertura de uso de suelo presenta características de páramo (figura 10).



Figura 10. Estación de muestreo 8 “Cunambay”.

Elaborado por: Autores

4.1.9. Estación de muestreo 9: Comunidad la Vaquería (P9).

La Comunidad la Vaquería se encuentra ubicada al centro oeste de la microcuenca del río Sicalpa a una altura aproximada de 3656 m.s.n.m, su cobertura de uso de suelo presenta características de cultivo (figura 11).



Figura 11. Estación de muestreo 9 “Comunidad la Vaquería”.

Elaborado por: Autores

4.1.10. Estación de muestreo 10: Barrio Santo Cristo (P10).

El barrio Santo Cristo se encuentra ubicado al este de la microcuenca del río Sicalpa a una altura aproximada de 3223 m.s.n.m, su cobertura de uso de suelo presenta características de cultivo, pastizal, área poblada y plantación forestal (figura 12).



Figura 12. Estación de muestreo 10 “barrio Santo Cristo”.

Elaborado por: Autores

4.1.11. Estación de muestreo 11: Salida de Cajabamba (P11).

Salida a Cajabamba se encuentra ubicada al este de la microcuenca del río Sicalpa a una altura aproximada de 3202 m.s.n.m, su cobertura de uso de suelo presenta características de pastizal, área poblada y vegetación herbácea (figura 13).



Figura 13. Estación de muestreo 11 “salida a Cajabamba”.

Elaborado por: Autores

4.1.12. Estación de muestreo 12: Sector Cemento Chimborazo P(12).

Sector Cemento Chimborazo se encuentra ubicada al Nord este de la microcuenca del río Sicalpa a una altura aproximada de 3069 m.s.n.m, su cobertura de uso de suelo presenta características de vegetación herbácea, infraestructura antrópica y erial (figura 14).



Figura 14. Estación de muestreo 12 “Sector Cemento Chimborazo”.

Elaborado por: Autores

4.2 Bioindicadores

Durante las sesiones de muestreo que se ejecutaron en los meses de junio, julio, agosto y septiembre se identificaron 5231 macroinvertebrados distribuidos en 12 órdenes y 32 familias, de los cuales las ordenes más representativas fueron, la Amphipoda, Ephemeroptera, Trichoptera y Diptera, en cuanto a las familias estuvieron Baetidae con 35.90%, Chironomidae con 13.44%, Hyallellidae con 10.30%, Limnephilidae con 7.02%, Ceratopogonidae con 6.06%, Simuliidae con 5.85% y Limoniidae con 3.77%, el resto de familias conformaron juntas el 17.66% de organismo encontrados, tal como se muestra en la figura 15.

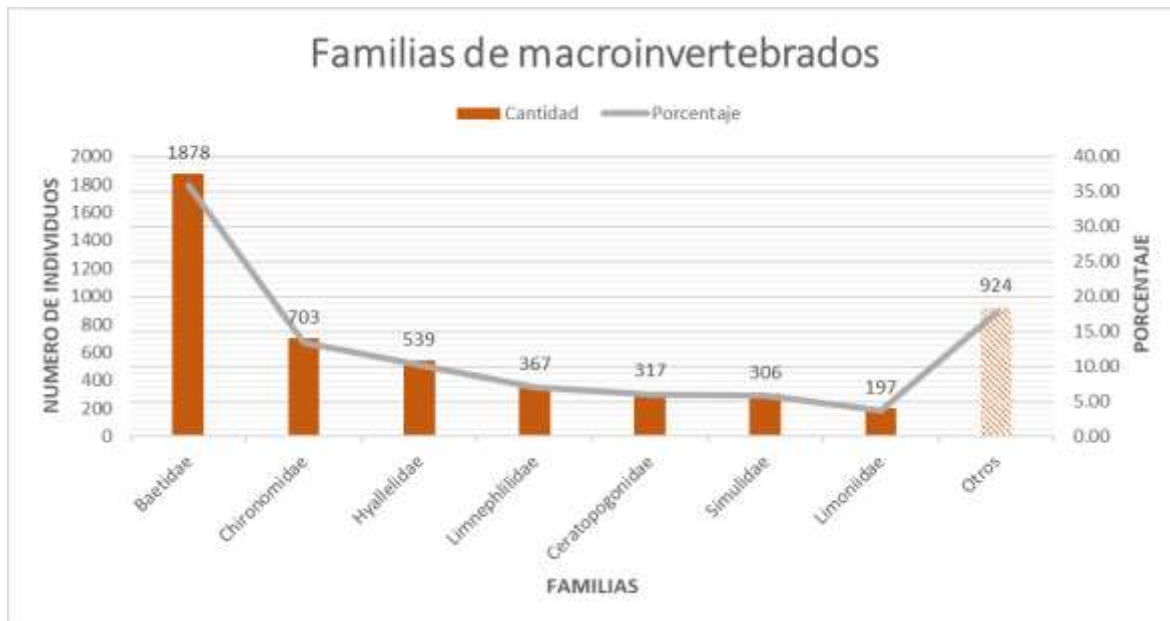


Figura 15. Familias de macroinvertebrados representativas en la microcuenca del río Sicalpa.

Elaborado por: Autores.

En la figura 16 se muestra los puntos de muestreo y el número de familias registrado, donde la mayor concentración de familias se observa en las estaciones 5, 6, 7 y 8.

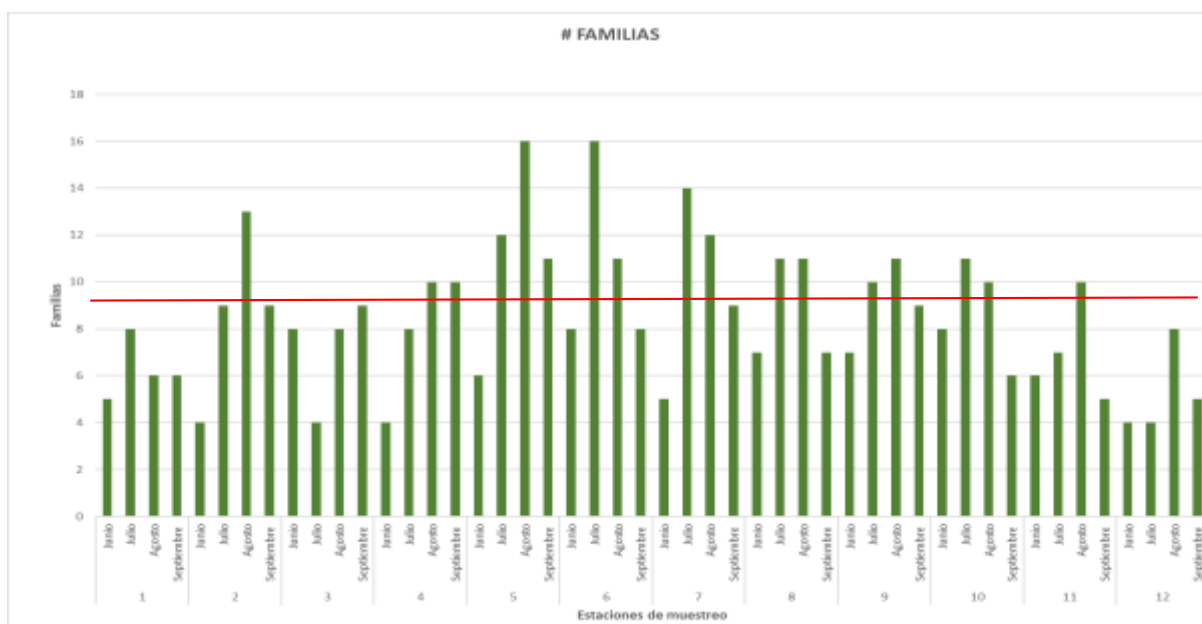


Figura 16. Número de familias por estaciones de muestreo en la microcuenca del río Sicalpa.

Elaborado por: Autores.

5 Índice BMWP

4.2.1 Estación de muestreo 1: Páramo Navag (P1).

La figura 17 muestra los resultados obtenidos de la evaluación de calidad de agua utilizando el índice BMWP, para la estación de muestreo P1 páramo de Navag, en donde se puede apreciar que la calidad del agua en esa zona va de “dudosa” a “*aceptable*” con puntuaciones extremas de 36 a 64 respectivamente. Resultado influenciado por varios factores, naturales y antrópicos, de manera que la resultante es indicativa que en tal punto de muestreo existen las características necesarias para albergar las familias de macroinvertebrados medianamente sensibles a la contaminación. Destacando que el accionar negativo del ser humano conlleva a la alteración de los procesos ecológicos y consecuentemente altera la distribución de estos organismos Vilca (2022).

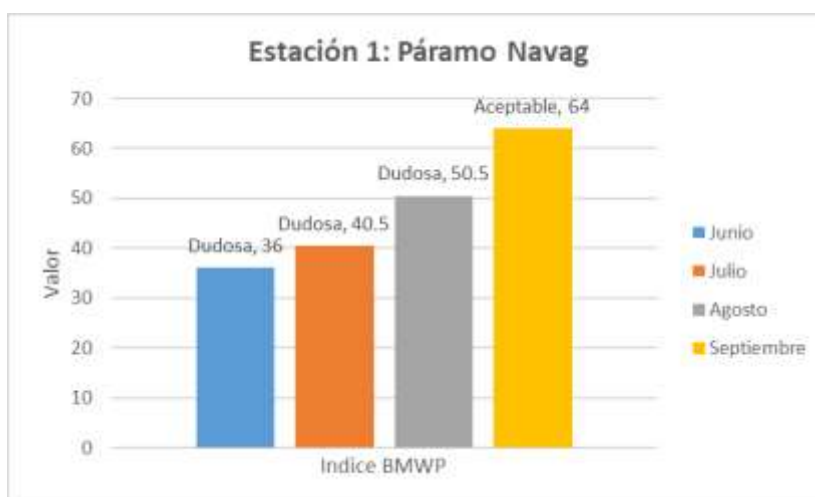


Figura 17. Índice de calidad de agua BMWP estación de muestreo 1.

Elaborado por: Autores

4.2.2. Estación de muestreo 2: Comunidad Guacona Chico (P2).

En la figura 18 se muestra los resultados obtenidos de la evaluación de calidad de agua utilizando el índice BMWP, para la estación de muestreo P2 Comunidad Guacona Chico, en donde se puede apreciar que la calidad del agua en esa zona va de “*crítica*” a “*aceptable*” con puntuaciones extremas de 21 a 86 respectivamente. De acuerdo con (Tobias & Guzmán, 2022), la actividad ganadera influye en ciertos cambios en la estructura familiar de macroinvertebrados, por lo que si dicha actividad se ve reducida y agregando la presencia de

precipitaciones, aquellos macroinvertebrados indicativos de buena calidad empezaran a restaurarse.

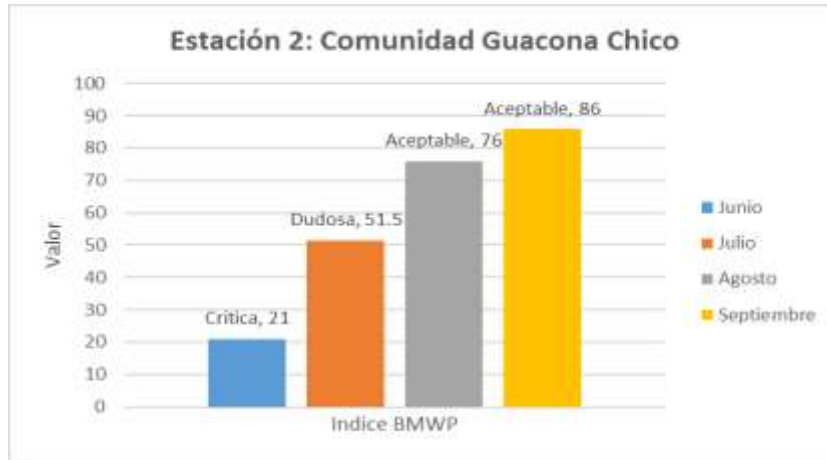


Figura 18. Índice de calidad de agua BMWP estación de muestreo 2.

Elaborado por: Autores

4.2.3. Estación de muestreo 3: Comunidad Coto San Juan (P3).

En la figura 19 se muestra los resultados obtenidos de la evaluación de calidad de agua utilizando el índice BMWP, para la estación de muestreo P3 Comunidad Coto San Juan, en donde se puede apreciar que la calidad del agua en esa zona va de “dudosa” a “aceptable” con puntuaciones extremas de 44 a 93 respectivamente. El hábitat y la calidad del agua se ven deteriorados debido al sistema ganadero (Giraldo et al., 2014). En este punto específico se evidencio la presencia de ganado ovino agregándole también una mínima actividad agrícola productiva.

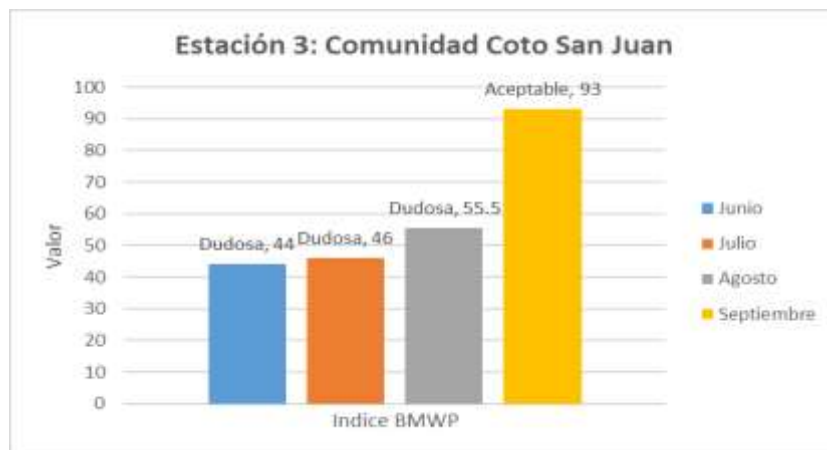


Figura 19. Índice de calidad de agua BMWP estación de muestreo 3.

Elaborado por: Autores

4.2.4. Estación de muestreo 4: Comunidad Guacona San José (P4).

En la figura 20 se muestra los resultados obtenidos de la evaluación de calidad de agua utilizando el índice BMWP, para la estación de muestreo P4 Comunidad Guacona San José, en donde se puede apreciar que la calidad del agua en esa zona va de “crítica” a “buena” con puntuaciones extremas de 23 a 108 respectivamente. Esta zona se caracteriza por poseer una franja ribereña y una mínima actividad agropecuaria. De acuerdo con (Giraldo et al., 2014), aquellos tramos de río que posee riberas con vegetación nativa, presenta cierta protección a pesar del tipo de intervención que está presente, puesto que los macroinvertebrados acuáticos no presentan afección alguna.

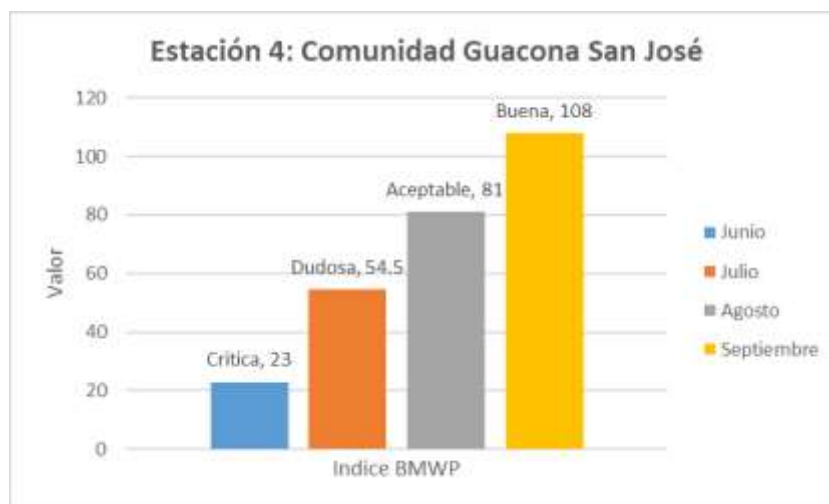


Figura 20. Índice de calidad de agua BMWP estación de muestreo 4.

Elaborado por: Autores

4.2.5. Estación de muestreo 5: Uchurrumi (P5).

En la figura 21 se muestra los resultados obtenidos de la evaluación de calidad de agua utilizando el índice BMWP, para la estación de muestreo P5 Uchurrumi, en donde se puede apreciar que la calidad del agua en esa zona va de “dudosa” a “buena” con puntuaciones extremas de 37 a 110 respectivamente. En este punto se evidenció la presencia de animales de tipo bovino y equino, recalando la existencia de alambrado para el control de estos. De acuerdo con (Horak, 2015), el uso de estas herramientas ayuda a la mitigación de la contaminación de tipo fecal, evitando que estas lleguen directamente a los cursos de agua y de igual manera ayuda a mejorar el estado de las riberas y consecuentemente del estado ecológico del río.

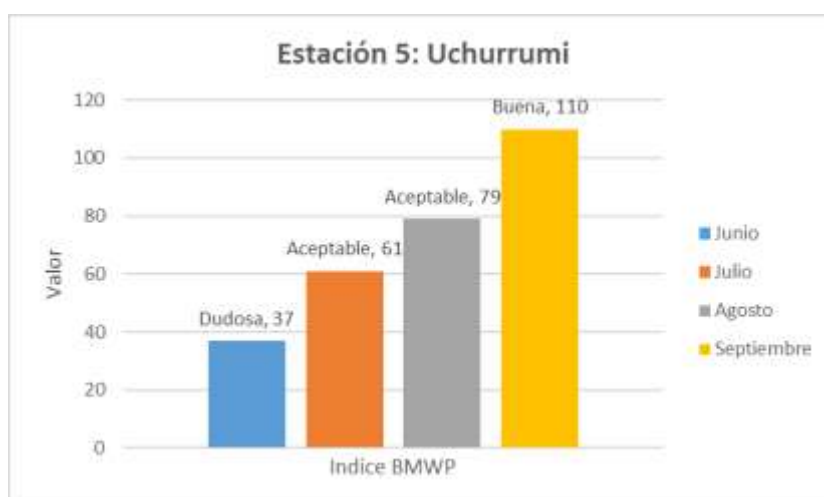


Figura 21. Índice de calidad de agua BMWP estación de muestreo 5.

Elaborado por: Autores

4.2.6. Estación de muestreo 6: Comunidad 20 de agosto (P6).

En la figura 22 se muestra los resultados obtenidos de la evaluación de calidad de agua utilizando el índice BMWP, para la estación de muestreo P6 Comunidad 20 de agosto, en donde se puede apreciar que la calidad del agua en esa zona va de “*dudosa*” a “*buena*” con puntuaciones extremas de 36 a 110 respectivamente. Durante los primeros muestreos se evidencio gran actividad ganadera misma que con el tiempo se visualizó en menor cantidad, y de lo que se conoce, el pastoreo provoca compactación del suelo, incremento de sedimentos y nutrientes en cause, lo que provoca que aquellos macroinvertebrados sensibles se vean afectados, sin embargo, de acuerdo con estudios, en aquellos puntos con zonas ribereñas combinadas con la actividad ganadera es donde generalmente se encuentra agua de calidad aceptable y buena (Giraldo et al., 2014)

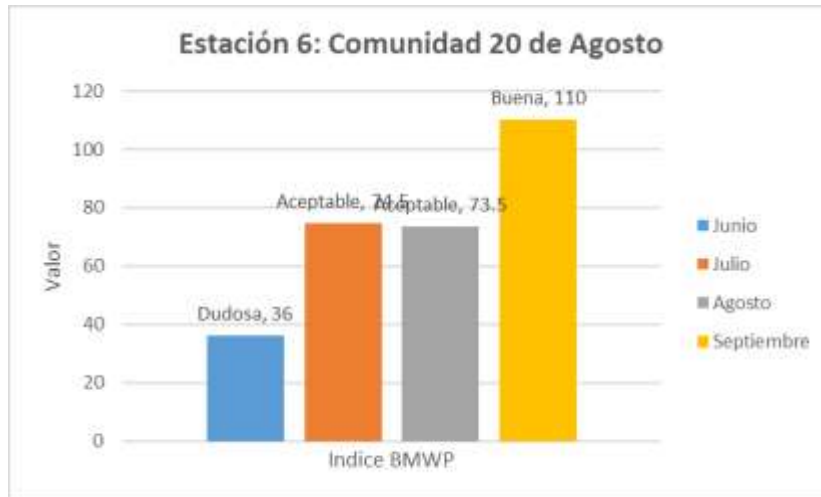


Figura 22. Índice de calidad de agua BMWP estación de muestreo 6.

Elaborado por: Autores

4.2.7. Estación de muestreo 7: Comunidad 15 de agosto (P7).

En la figura 23 se muestra los resultados obtenidos de la evaluación de calidad de agua utilizando el índice BMWP, para la estación de muestreo P7 Comunidad 15 de agosto, en donde se puede apreciar que la calidad del agua en esa zona va de “crítica” a “aceptable” con puntuaciones extremas de 17 a 83 respectivamente. En este punto se evidencio el pastoreo como actividad principal, una cantidad moderada de ovinos. La resultante obtenida podría justificarse debido a que inicialmente la presencia de ganado vacuno era mayor a la ovina y tenían acceso directo al río por lo que existía una intervención y contaminación directa al mismo, situación que mejoró gradualmente.



Figura 23. Índice de calidad de agua BMWP estación de muestreo 7.

Elaborado por: Autores

4.2.8. Estación de muestreo 8: Cunambay (P8).

En la figura 24 se muestra los resultados obtenidos de la evaluación de calidad de agua utilizando el índice BMWP, para la estación de muestreo P8 Cunambay, en donde se puede apreciar que la calidad del agua en esa zona va de “*dudosa*” a “*aceptable*” con puntuaciones extremas de 50 a 80 respectivamente. Punto de muestreo donde se evidencia introducción de ganado ovino, quema de paja de páramo para expandir áreas de pastizales, acción que repercute en la calidad del recurso hídrico y en la biodiversidad acuática.

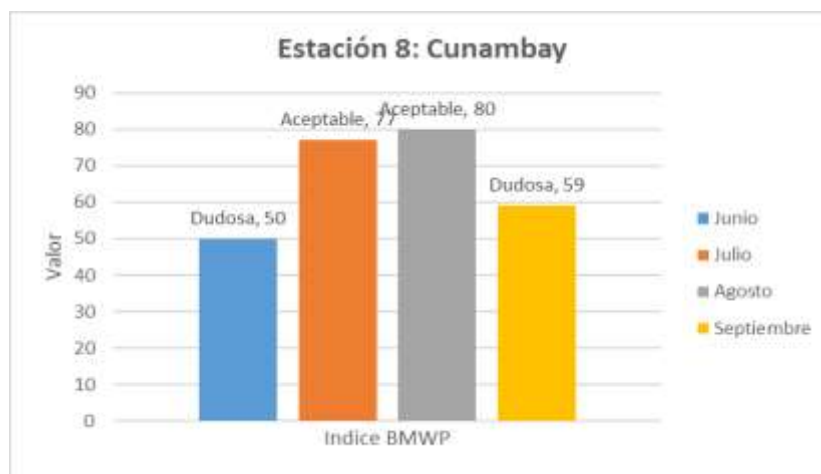


Figura 24. Índice de calidad de agua BMWP estación de muestreo 8.

Elaborado por: Autores

4.2.9. Estación de muestreo 9: Comunidad La Vaquería (P9).

En la figura 25 se muestra los resultados obtenidos de la evaluación de calidad de agua utilizando el índice BMWP, para la estación de muestreo P9 Comunidad La Vaquería, en donde se puede apreciar que la calidad del agua en esa zona va de “*dudosa*” a “*aceptable*” con puntuaciones extremas de 43 a 82 respectivamente. Punto de muestreo donde ya existe ciertos asentamientos humanos, áreas de uso agrícola y presencia de ganado ovino y bovino, sin embargo la ribera del río presenta vegetación nativa misma que ayuda a mitigar los efectos contaminantes que se puedan generar (Giraldo et al., 2014).

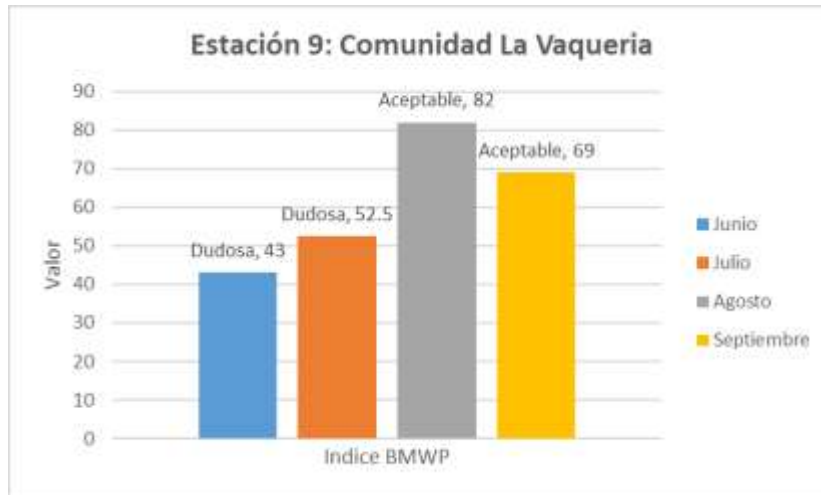


Figura 25. Índice de calidad de agua BMWP estación de muestreo 9.

Elaborado por: Autores

4.2.10. Estación de muestreo 10: Barrio Santo Cristo (P10).

En la figura 26 se muestra los resultados obtenidos de la evaluación de calidad de agua utilizando el índice BMWP, para la estación de muestreo P10 Barrio Santo Cristo, en donde se puede apreciar que la calidad del agua en esa zona va de “dudosa” a “aceptable” con puntuaciones extremas de 46 a 64 respectivamente. En este punto se evidencia gran actividad agrícola y pastoreo, cabe describir que en este punto existe una contaminación directa del río al tener constantemente ganado vacuno en sus riberas.

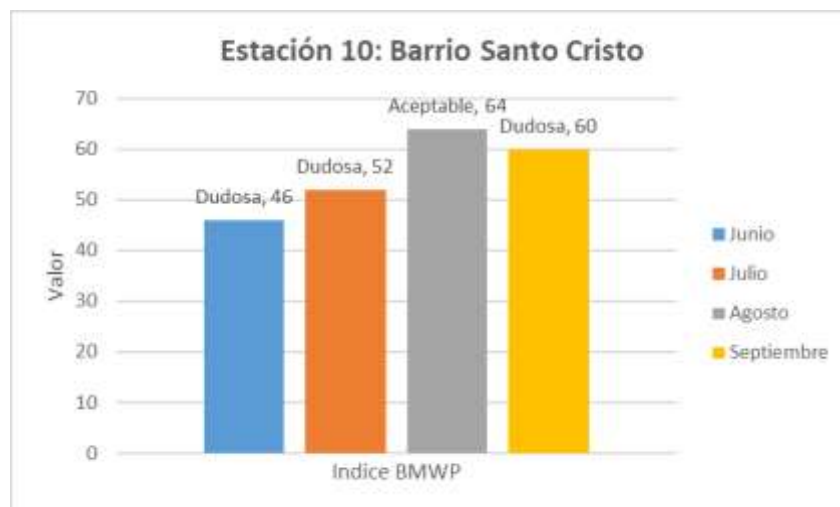


Figura 26. Índice de calidad de agua BMWP estación de muestreo 10.

Elaborado por: Autores

4.2.11. Estación de muestreo 11: Salida de Cajabamba (P11).

En la figura 27 se muestra los resultados obtenidos de la evaluación de calidad de agua utilizando el índice BMWP, para la estación de muestreo P11 Salida de Cajabamba, en donde se puede apreciar que la calidad del agua en esa zona va de “crítica” a “dudosa” con puntuaciones extremas de 25 a 37 respectivamente. Este punto en particular presenta dichos resultados debido a que se ubica al otro extremo atravesando la zona urbana correspondiente a Cajabamba, específicamente ya se visualiza la presencia de basura y de restos alimenticios dispersos en el cauce del río, factores que influyen en la presencia o ausencia de ciertos macroinvertebrados.



Figura 27. Índice de calidad de agua BMWP estación de muestreo 11.

Elaborado por: Autores

4.2.12. Estación de muestreo 12: Sector Cemento Chimborazo (P12).

En la figura 28 se muestra los resultados obtenidos de la evaluación de calidad de agua utilizando el índice BMWP, para la estación de muestreo P12 sector Cemento Chimborazo, en donde se puede apreciar que la calidad del agua en esa zona va de “muy crítica” a “dudosa” con puntuaciones extremas de 15 a 36.5 respectivamente. Por la ubicación de este punto se le atribuye la resultante obtenida, dado que este punto recibe aguas servidas de localidades ubicadas a mayor altura.



Figura 28.. Índice de calidad de agua BMWP estación de muestreo 12.

Elaborado por: Autores

En el índice BMWP (tabla 5), se puede observar un resumen de los resultados obtenidos durante el estudio, que, en los meses de recolección de organismos, las zonas muestreadas presentan una calidad de agua entre “crítica”, “dudosa” y “aceptable”, siendo los extremos la estación 12 con un puntaje de 27.875, con características de “aguas muy contaminadas” y la estación 6 con un puntaje de 73.5 con característica de “aguas medianamente contaminadas”.

Tabla 5. Resumen de resultados del índice BMWP.

Biological Monitoring Working Party (BMWP)

| Estación | Promedio | Calidad | Característica |
|----------|----------|-----------|---------------------------------|
| P1 | 47.75 | Dudosa | Aguas contaminadas |
| P2 | 58.625 | Dudosa | Aguas contaminadas |
| P3 | 59.625 | Dudosa | Aguas contaminadas |
| P4 | 66.625 | Aceptable | Aguas medianamente contaminadas |
| P5 | 71.75 | Aceptable | Aguas medianamente contaminadas |
| P6 | 73.5 | Aceptable | Aguas medianamente contaminadas |
| P7 | 60.25 | Dudosa | Aguas contaminadas |
| P8 | 66.5 | Aceptable | Aguas medianamente contaminadas |
| P9 | 61.625 | Aceptable | Aguas medianamente contaminadas |
| P10 | 55.5 | Dudosa | Aguas contaminadas |
| P11 | 31.75 | Crítica | Aguas muy contaminadas |
| P12 | 27.875 | Crítica | Aguas muy contaminadas |

La figura 29 muestra las características de calidad de agua que encontramos en la microcuenca del río Sicalpa, las cuales identifican al agua según la calidad mediante el índice BMWP, estas se visualizan en el tono de las barras, las cuales se presentan acorde a la coloración establecida en la tabla 5.



Figura 29. Resumen de resultados del índice BMWP.

Elaborado por: Autores

4.3 Índice Biológico Andino (ABI)

4.3.1. Estación de muestreo 1: Páramo Navag (P1).

La figura 31 muestra los resultados obtenidos de la evaluación de calidad de agua utilizando el índice ABI, para la estación de muestreo 1 páramo de Navag, en donde se puede apreciar que la calidad del agua en esa zona va de “malo” a “moderado” con puntuaciones extremas de 22 a 40 respectivamente, durante el muestreo realizado en los meses de junio, julio, agosto y septiembre.



Figura 30. Índice de calidad de agua ABI estación de muestreo 1.

Elaborado por: Autores

4.3.2. Estación de muestreo 2: Comunidad Guacona Chico (P2).

En la figura 32 se muestra los resultados obtenidos de la evaluación de calidad de agua utilizando el índice ABI, para la estación de muestreo 2 Comunidad Guacona Chico, en donde se puede apreciar que la calidad del agua en esa zona va de “malo” a “bueno” con puntuaciones extremas de 16 a 61.5 respectivamente.

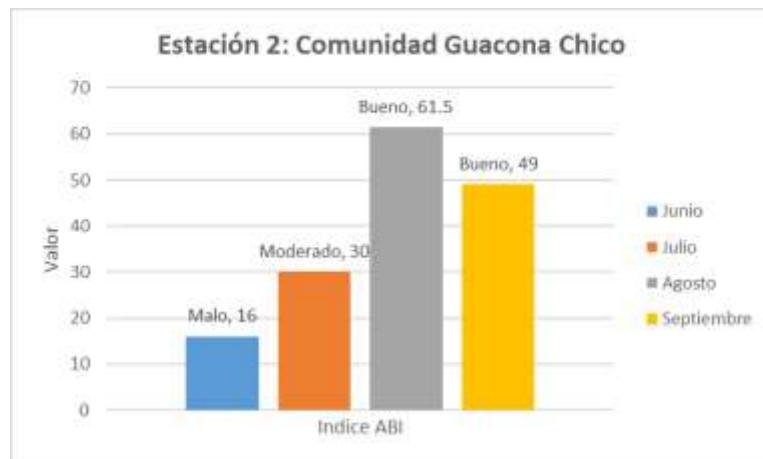


Figura 31. Índice de calidad de agua ABI estación de muestreo 2.

Elaborado por: Autores

4.3.3. Estación de muestreo 3: Comunidad Coto San Juan (P3).

En la figura 33 se muestra los resultados obtenidos de la evaluación de calidad de agua utilizando el índice ABI, para la estación de muestreo 3 Comunidad Coto San Juan, en donde se puede apreciar que la calidad del agua en esa zona va de “malo” a “bueno” con puntuaciones extremas de 15.5 a 50 respectivamente.

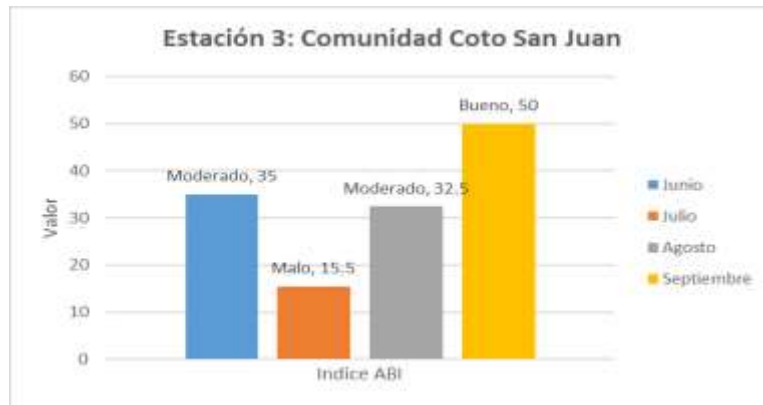


Figura 32. Índice de calidad de agua ABI estación de muestreo 3.

Elaborado por: Autores

4.3.4. Estación de muestreo 4: Comunidad Guacona San José (P4).

En la figura 34 se muestra los resultados obtenidos de la evaluación de calidad de agua utilizando el índice ABI, para la estación de muestreo 4 Comunidad Guacona San José, en donde se puede apreciar que la calidad del agua en esa zona va de “malo” a “bueno” con puntuaciones extremas de 18 a 50 respectivamente.

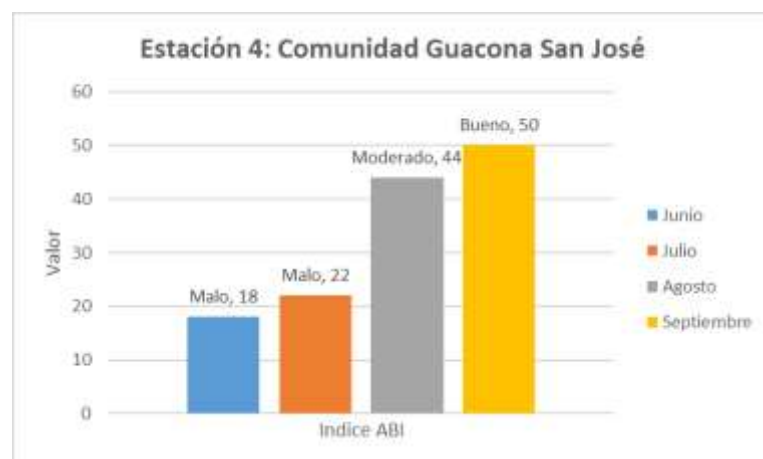


Figura 33. Índice de calidad de agua ABI estación de muestreo 4.

Elaborado por: Autores

4.3.5. Estación de muestreo 5: Uchurrumi (P5).

En la figura 35 se muestra los resultados obtenidos de la evaluación de calidad de agua utilizando el índice ABI, para la estación de muestreo 5 Uchurrumi, en donde se puede apreciar que la calidad del agua en esa zona va de “moderado” a “bueno” con puntuaciones extremas de 37 a 56 respectivamente.



Figura 34. Índice de calidad de agua ABI estación de muestreo 5.

Elaborado por: Autores

4.3.6. Estación de muestreo 6: Comunidad 20 de agosto (P6).

En la figura 36 se muestra los resultados obtenidos de la evaluación de calidad de agua utilizando el índice ABI, para la estación de muestreo 6 Comunidad 20 de agosto, en donde se puede apreciar que la calidad del agua en esa zona va de “moderado” a “bueno” con puntuaciones extremas de 33 a 48 respectivamente.

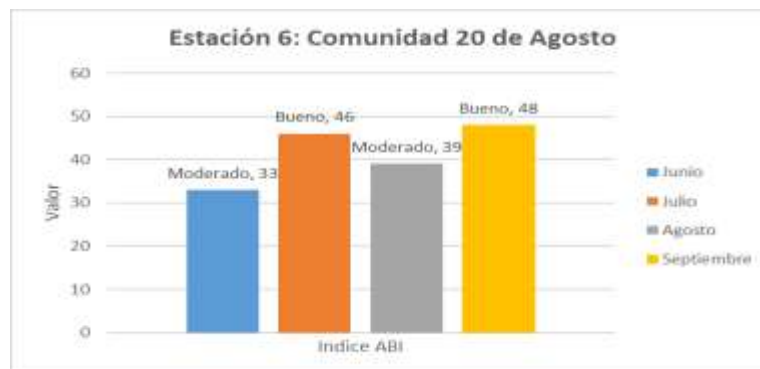


Figura 35. Índice de calidad de agua ABI estación de muestreo 6.

Elaborado por: Autores

4.3.7. Estación de muestreo 7: Comunidad 15 de agosto (P7).

En la figura 37 se muestra los resultados obtenidos de la evaluación de calidad de agua utilizando el índice ABI, para la estación de muestreo 7 Comunidad 15 de agosto, en donde se puede apreciar que la calidad del agua en esa zona va de “moderado” a “bueno” con puntuaciones extremas de 30 a 45 respectivamente.

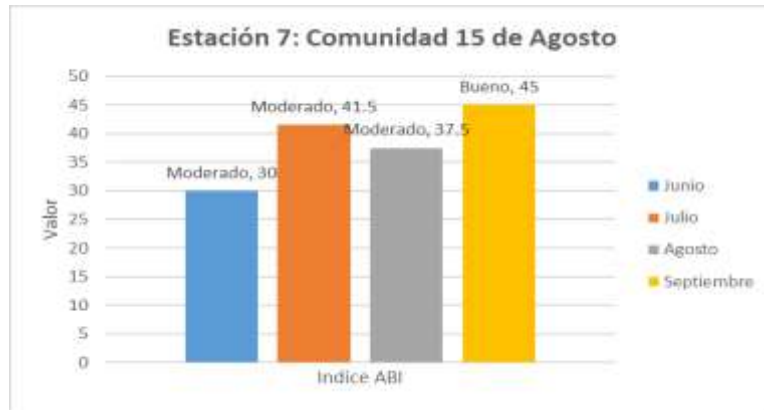


Figura 36. Índice de calidad de agua ABI estación de muestreo 7.

Elaborado por: Autores

4.3.8. Estación de muestreo 8: Cunambay (P8).

En la figura 38 se muestra los resultados obtenidos de la evaluación de calidad de agua utilizando el índice ABI, para la estación de muestreo 8 Cunambay, en donde se puede apreciar que la calidad del agua en esa zona es de “moderado”, con puntuaciones extremas de 29 a 43 respectivamente.

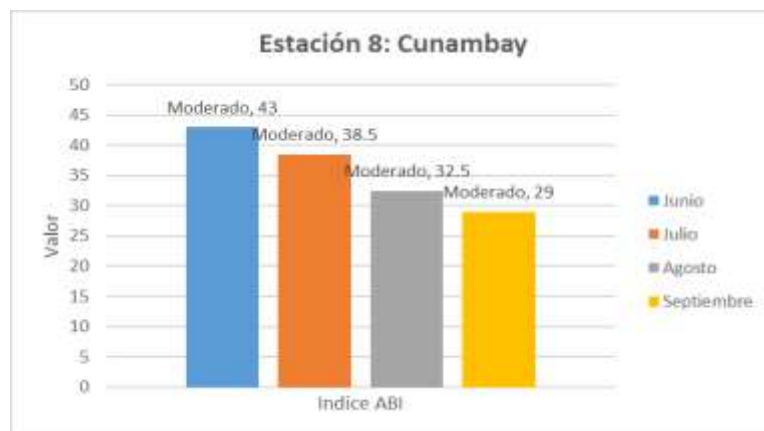


Figura 37. Índice de calidad de agua ABI estación de muestreo 8.

Elaborado por: Autores

4.3.9. Estación de muestreo 9: Comunidad La Vaquería (P9).

En la figura 39 se muestra los resultados obtenidos de la evaluación de calidad de agua utilizando el índice ABI, para la estación de muestreo 9 Comunidad La Vaquería, en donde se puede apreciar que la calidad del agua en esa zona va de “moderado” a “bueno”, con puntuaciones extremas de 28.5 a 50 respectivamente.



Figura 38. Índice de calidad de agua ABI estación de muestreo 9.

Elaborado por: Autores

4.3.10. Estación de muestreo 10: Barrio Santo Cristo (P10).

En la figura 40 se muestra los resultados obtenidos de la evaluación de calidad de agua utilizando el índice ABI, para la estación de muestreo 10 Barrio Santo Cristo, en donde se puede apreciar que la calidad del agua en esa zona es de “moderado”, con puntuaciones extremas de 27 a 43.5 respectivamente.

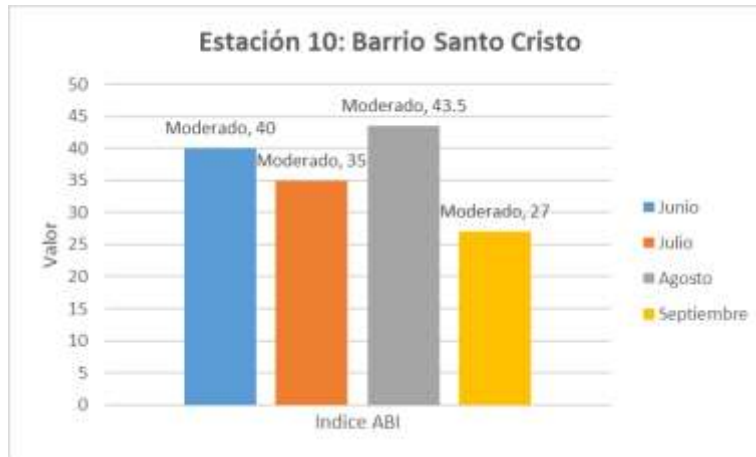


Figura 39. Índice de calidad de agua ABI estación de muestreo 10.

Elaborado por: Autores

4.3.11. Estación de muestreo 11: Salida de Cajabamba (P11).

En la figura 41 se muestra los resultados obtenidos de la evaluación de calidad de agua utilizando el índice ABI, para la estación de muestreo 11 Salida de Cajabamba, en donde se puede apreciar que la calidad del agua en esa zona es de “malo”, con puntuaciones extremas de 14 a 25.5 respectivamente.



Figura 40. Índice de calidad de agua ABI estación de muestreo 11.

Elaborado por: Autores

4.3.12. Estación de muestreo 12: Antes del puente Cementera Chimborazo (P12).

En la figura 42 se muestra los resultados obtenidos de la evaluación de calidad de agua utilizando el índice ABI, para la estación de muestreo 12 sector Cemento Chimborazo, en donde se puede apreciar que la calidad del agua en esa zona es de “malo”, con puntuaciones extremas de 12 a 16.5 respectivamente.

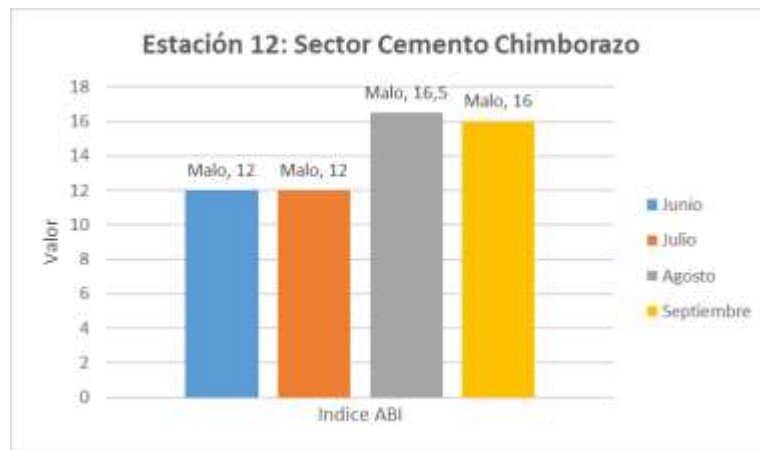


Figura 41. Índice de calidad de agua ABI estación de muestreo 12.

Elaborado por: Autores

En el índice ABI (tabla 6), se puede observar que en los meses de estudio las zonas muestreadas presentan una calidad de agua entre “malo”, “moderado” y “bueno”, siendo los extremos la estación 12 con un puntaje de 14.125, con características de “aguas fuertemente contaminadas”

Tabla 6. Resumen de resultados del índice ABI

Andean Biotic Index ABI

| Estaciones | Promedio | Calidad | Característica |
|------------|----------|----------|------------------------|
| 1 | 29.5 | Moderado | Aguas muy contaminadas |
| 2 | 39.125 | Moderado | Aguas contaminadas |
| 3 | 33.25 | Moderado | Aguas muy contaminadas |

| | | | |
|----|--------|----------|--------------------------------|
| 4 | 33.5 | Moderado | Aguas muy contaminadas |
| 5 | 45.25 | Bueno | Aguas contaminadas |
| 6 | 41.5 | Moderado | Aguas contaminadas |
| 7 | 38.5 | Moderado | Aguas contaminadas |
| 8 | 35.75 | Moderado | Aguas contaminadas |
| 9 | 39.875 | Moderado | Aguas contaminadas |
| 10 | 36.375 | Moderado | Aguas contaminadas |
| 11 | 18.875 | Malo | Aguas muy contaminadas |
| 12 | 14.125 | Malo | Aguas fuertemente contaminadas |

La figura 44 muestra las características de calidad de agua que encontramos en la microcuenca del río Sicalpa, las características que identifican al agua según la evaluación de calidad mediante el índice ABI se visualizan de acuerdo con su coloración en las barras del gráfico, como se estableció en la tabla 6.



Figura 42. Resumen de resultados del índice ABI.

Elaborado por: Autores

Los resúmenes de los resultados obtenidos (tablas 5 y 6) en la aplicación del método BMWP y ABI para la microcuenca del río Sicalpa, determinan características de aguas contaminadas, esto puede deberse al grado de intervención antrópica de las zonas donde se recolectaron los macroinvertebrados, sus usos de suelo y las características climatológicas de la época de muestreo.

4.4 Relación entre los índices BMWP y ABI

La evaluación de calidad de agua realizado con el índice BMWP (figura 45), las estaciones de muestreo 4-6,8 y 9 indican una valoración de calidad de “Aceptable”, se encuentran en zonas de uso de suelo de cultivo, pastizal y erial, a excepción de las estaciones 5 y 8 que se encuentran ubicadas en zonas de uso de suelo catalogadas como páramo, esto sugiere que las estaciones donde se recolectaron los macroinvertebrados no están altamente intervenidos por el hombre y que su caudal ecológico, topografía y climatología ayuda a mantener condiciones óptimas para el desarrollo de los organismos encontrados.

Para las estaciones de muestreo 1-3,7 y 10, presentan valoraciones de calidad “dudosa”, se encuentran en zonas de usos de suelo de cultivo, pastizal, vegetación herbácea, área poblada, a excepción de la estación 1, donde predomina el páramo, esto se debe a que las estaciones de muestreo se encuentran en zonas más bajas de acuerdo a su topografía y por ende más accesibles a las personas para que desarrollen sus actividades económicas como agricultura y pastoreo de ganado entre otros, ocasionando perturbaciones en los hábitats de los macroinvertebrados.

Finalmente, para las estaciones de muestreo 11 y 12 muestran valoraciones de calidad de “crítica”, se encuentran ubicadas en zonas de uso de suelo de cultivo, pastizal, vegetación herbácea, área poblada, infraestructura antrópica y plantación forestal, claramente se evidencia fuerte intervención antrópica cercanas a las estaciones de muestreo ya que se encuentran particularmente vecinas a los asentamientos humanos más cercanos como Cajabamba y la empresa cementera Chimborazo, lo que conlleva a la descarga de efluentes líquidos y desechos sólidos tanto orgánicos como inorgánicos. Estos agentes contaminantes de naturaleza antrópica ocasionan que las comunidades de macroinvertebrados varíen en su composición y estructura, dando como resultado aguas con calidad “crítica” y características de “aguas muy contaminadas” así como se determinó aplicando el índice BMWP

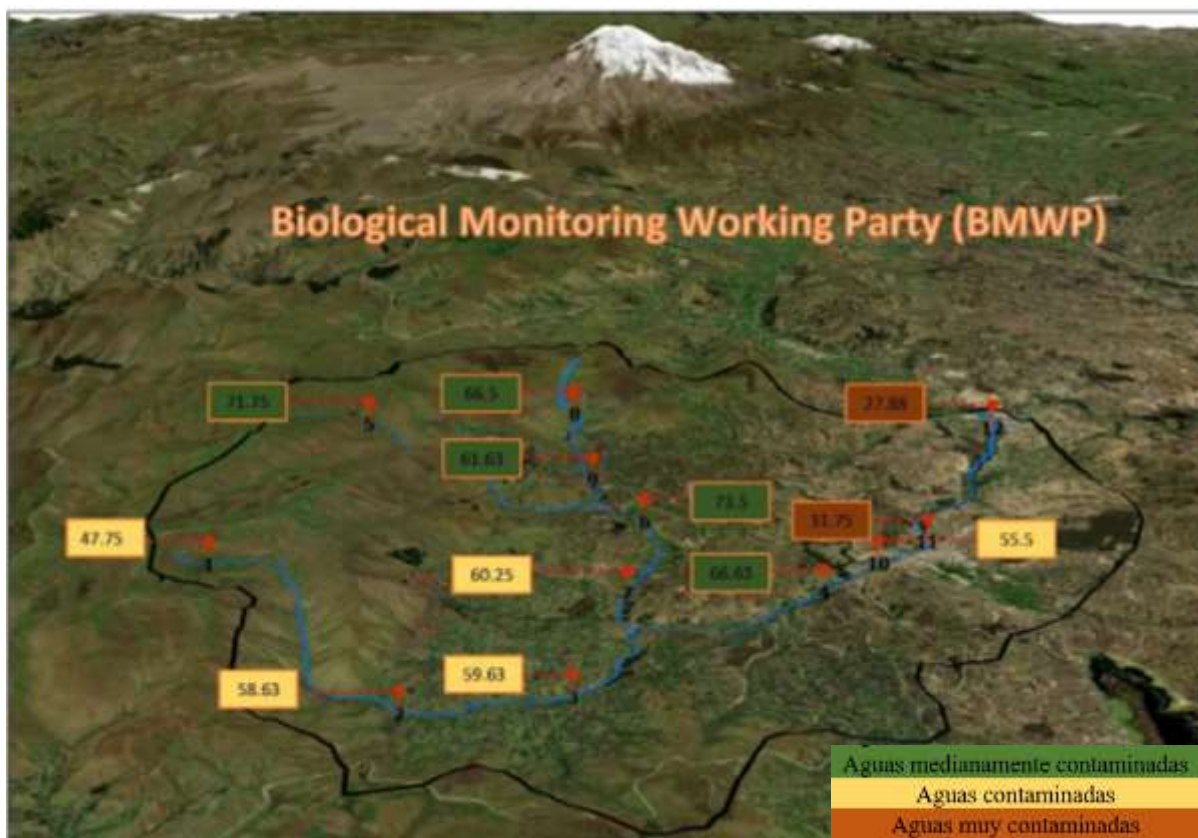


Figura 43. Resultados del Índice BMWP en la microcuenca del río Sicalpa

Elaborado por: Autores.

De acuerdo a este estudio se puede apreciar que la evaluación de calidad del agua por medio del índice ABI (figura 43), la estación de muestreo 5 muestra una valoración de calidad “bueno”, se encuentra en una zona de uso de suelo de páramo, muy alejado de presiones antrópicas lo que establece que las características ecológicas del sector son óptimas para el desarrollo de vida acuática, para las estaciones de muestreo 1-4 y 6-10, presentan valoraciones de calidad “moderado”, se encuentran en zonas de usos de suelo de cultivo, pastizal, vegetación herbácea, área poblada, con excepción de las estaciones 1 y 8 donde predomina el páramo, en estas estaciones de muestreo, se evidencian zonas de elevada actividad agropecuaria y silvopastoril debido a que se encuentran en partes bajas de acuerdo a su topografía, lo que facilita el desarrollo de las mismas, ocasionando perturbaciones en el hábitat de los organismos acuáticos más sensibles.

Finalmente, para las estaciones de muestreo 11 y 12, muestran valoraciones de calidad de agua de “malo”, se encuentran localizadas en zonas de uso de suelo de cultivo, pastizal, vegetación

herbácea, área poblada, infraestructura antrópica y plantación forestal, al igual que en el índice anterior (BMWP), las comunidades de organismos varían en su estructura y composición debido a los agentes contaminantes producidos por las actividades humanas y económicas propias del sector que afectan la calidad del agua, esto podría reducir la concentración del oxígeno disuelto en el recurso hídrico, elemento fundamental en las especies acuáticas, ya que de acuerdo a su tolerancia y grado de adaptabilidad, pueden sobrevivir en un determinado cuerpo de agua, así como lo señala Sierra en 2011, además una disminución en el oxígeno disuelto perturba significativamente la fisiología de los organismos lo que afecta su estructura y composición como lo investigo Sierra y colaboradores en 2013.



Figura 44. Resultados del Índice ABI en la microcuenca del río Sicalpa.

Elaborado por: Autores.

En la figura 45 se puede observar el contraste entre el índice BMWP y ABI, el cual nos indica que las valoraciones extremas de cada índice se relacionan en las estaciones de muestreo. Las estaciones 11 y 12 tanto para el índice BMWP como para el índice ABI demuestran una

valoración de “crítica” y “malo” respectivamente, siendo consideradas como “aguas muy contaminadas” de acuerdo a sus características.

La estación de muestreo 5 presenta una valoración alta de “aceptable” y “bueno” para el índice BMWP y ABI, pero difieren poco en la definición de sus característica que son “aguas medianamente contaminadas” para BMWP y “aguas contaminadas” para ABI.

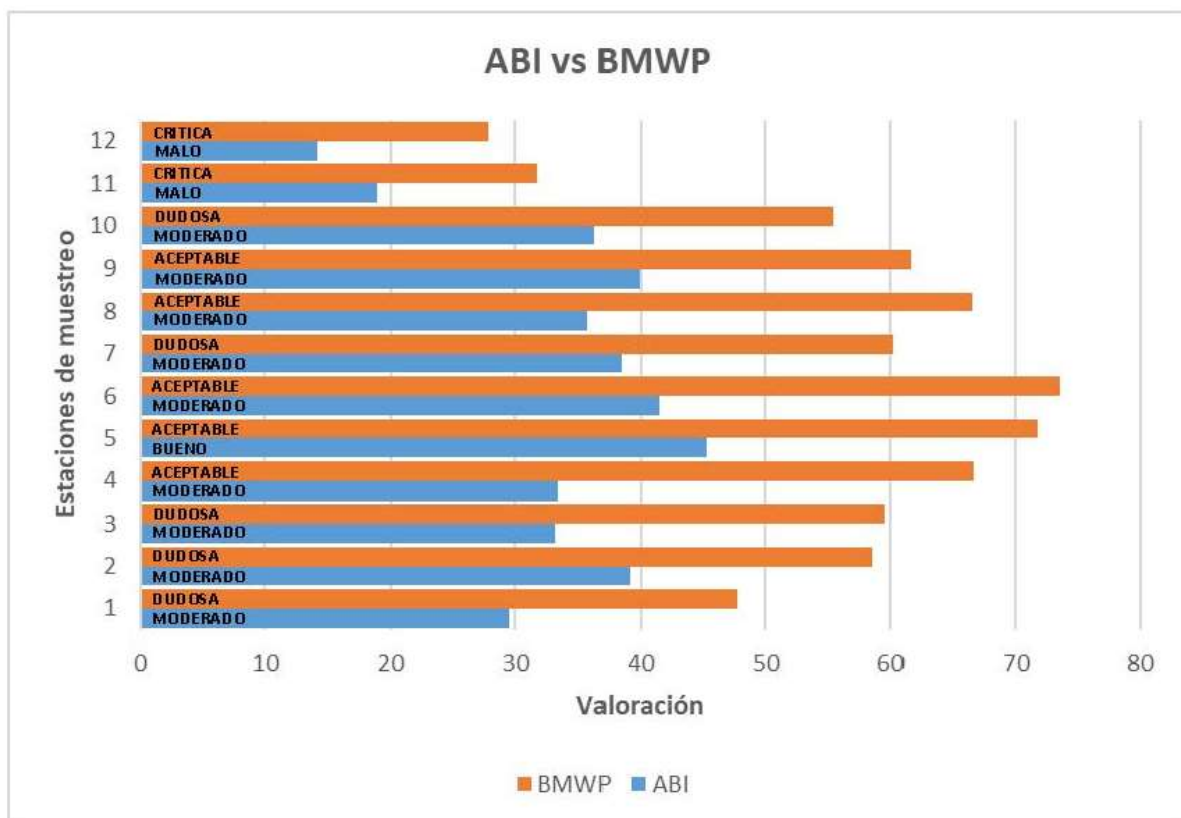


Figura 45. Relación de resultados de BMWP y ABI en la microcuenca del río Sicalpa.

Elaborado por: Autores.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se determinó mediante el índice BMWP que 5 de las 12 estaciones presentan una calidad dudosa del agua y tiene características de aguas contaminadas, éstas corresponden a la estación P1 con un promedio de 47.75, estación P2 como un promedio de 58.62, estación P3 con un promedio de 59.62, estación P7 con un promedio de 60.25, y estación P10 con un promedio de 55, 5, seguido se presentan cinco estaciones con calidad aceptable del agua y con característica de agua medianamente contaminada, correspondientes a estación P4 con un promedio de 66.72, estación P5 con un promedio de 71.75, estación P6 con un promedio de 73.5, estación P8 con un promedio de 66, 5 y estación P9 con un promedio de 61.62. Finalmente obtenemos que las estaciones que conducen aguas muy contaminadas indicativos de una calidad crítica corresponden a las estaciones P11 y P12 con promedios de 31.75 y 27.87 respectivamente.
- Se concluye mediante el índice ABI que él 50% de las estaciones monitoreadas presentan aguas contaminadas de manera moderada éstas corresponden a las estaciones P2 con un promedio de 39.12, estación P6 con un promedio de 41.7, estación P7 con promedio de 38.5, estación P8 con promedio de 35.75, estación P9 con promedio de 39.87, y estación P10 con promedio de 36. 37. De igual manera tenemos la estación P5 que arroja resultados de una calidad buena del agua sin embargo presenta bajos indicios de contaminación, seguido tenemos cuatro estaciones los cuales son P1 con un promedio de 29.5, estación P3 con un promedio de 33.25, estación P4 con un promedio de 33.5 y estación P11 con un promedio de 18.87, dando como resultado una calidad moderada del agua con características de aguas muy contaminadas y finalmente tenemos las estaciones P11 y P12 con promedios de 18.87 y 14.12 respectivamente, valores que señalan una mala calidad, caracterizándolos como aguas fuertemente contaminadas.
- Las valoraciones obtenidas en los índices BMWP y ABI, muestran características de aguas contaminadas, y guardan relación directa con los diferentes usos de suelo que se desarrollan en el área de estudio, donde los más predominantes son cultivo, pastizal, vegetación herbácea, área poblada, infraestructura antrópica y plantación forestal. De igual manera guarda relación con el número de macroinvertebrados registrados, dando a conocer que se colectó un total de 5231 macroinvertebrados acuáticos, pertenecientes a 12 órdenes y 32 familias, de los cuales las ordenes más representativas fueron, la Amphipoda (10.30%),

Ephemeroptera (39.36%), Trichoptera (9.16%) y Diptera (30.49%), con un total de 1.878 ejemplares de la familia Baetidae, 703 Chironomidae, 539 Hyallellidae, 367 Linnephilidae, 317 Ceratopogonidae, 306 Simuliidae y 197 Limoniidae.

5.2 Recomendaciones

- Continuar con los estudios de calidad de agua usando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores para poder visualizar de mejor manera los efectos de los cambios ambientales sobre estos organismos y priorizar las zonas que requiera una intervención para mitigar los efectos contaminantes y lograr una restauración ecológica.
- Contrastar los estudios biológicos con análisis de calidad por medio de parámetros fisicoquímicos para establecer de manera puntual y más específica la contaminación en el medio acuático.
- Llevar a cabo proyectos de investigación de manera conjunta e integral, enfocados a llenar los vacíos de información dentro de la provincia.
- Generar una clave dicotómica de macroinvertebrados que permita la identificación de estos a nivel taxonómico de género, y si es posible de especie.
- Desarrollar un índice milimétrico de calidad de agua que refleje las condiciones naturales, altitudinales y ecosistémicos de la provincia, así como el tipo fauna de macroinvertebrados presentes en la misma y su grado de sensibilidad a nivel de género o especie.
- Exponer los resultados por medio de herramientas GIS web para que sea más comprensible su análisis y esté al alcance de todos.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, R., Ríos, B., Rieradevall, M., & 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), 35-64. <https://doi.org/10.23818/limn.28.04>
- Aguirre, M. (2011). La cuenca hidrográfica en la gestión integrada de los recursos hídricos. *Revista Virtual Redesma*, 5(1), 12. <http://biblioteca.ribei.org/300/1/redesma11.pdf>
- Alba-Tercedor, J. (1996). Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. *IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA)*, II(September), 202-213.
- Ávila, P. (2016). Hacia una ecología política del agua en Latinoamérica. *Revista de Estudios Sociales*, 55, 18-31. <https://doi.org/10.7440/res55.2016.01>
- Baque Mite, R., Simba Ochoa, L., Gonzalez Osorio, B., Suatunce, P., Diaz Ocampo, E., & Cadme Arevalo, L. (2016). Calidad del agua destinada al consumo humano en un cantón de Ecuador / Quality of water intended for human consumption in a canton of Ecuador. *Ciencia Unemi*, 9(20), 109-117. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol9iss20.2016pp109-117p>
- Campoverde, V. (2020). *VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS ASOCIADOS AL CARBONO ORGÁNICO EN LOS BOFEDALES Y LOS RECURSOS HÍDRICOS DE LA RESERVA DE PRODUCCIÓN DE FAUNA CHIMBORAZO*. 147.
- Coello, J. R., Ormaza, R. M., Recalde, C. G., & Rios, A. C. (2015). Aplicación del ICA-NSF para determinar la calidad del agua de los ríos Ozogoché, Pichahuiña y Pomacochó-Parque Nacional Sangay-Ecuador. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, 16(31), 66-71. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/11281/10118>
- Comision, L. A., & Codificacion, D. E. L. Y. (2004). *Ley de Aguas, codificación*.
- Eduardo, L., & Durán, G. (2016). *Programa de Especialización en GESTIÓN AMBIENTAL Socorro, Diciembre de 2016 I*. 1-46. <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/20335/CD EGA 2016 0006>

Trabajo de grado.pdf?sequence=1

- Gil Gómez, J. A. (2014). *Determinación de la calidad del agua mediante variables físico químicas, y la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua en la cuenca del Río Garagoa*. (Vol. 12).
<https://hsgm.saglik.gov.tr/depo/birimler/saglikli-beslenme-hareketli-hayat-db/Yayinlar/kitaplar/diger-kitaplar/TBSA-Beslenme-Yayini.pdf>
- Giraldo, L. P., Chará, J., Del Carmen Zúñiga, M., Chará-Serna, A. M., & Pedraza, G. (2014). Agricultural land use impacts on aquatic macroinvertebrates in small streams from la Vieja River (Valle del Cauca, Colombia). *Revista de Biología Tropical*, 62(April), 203-219. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i0.15788>
- Gómez, A., Miralles, M., Corbella, I., García, S., Navarro, S., & Llebaria, X. L. (2016). La calidad sanitaria del agua de consumo. *Gaceta Sanitaria*, 30, 63-68.
<https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2016.04.012>
- Guadarrama, R., Kido, Juan, R., Gustavo, & Salas, M. (2016). Contaminación de agua. *ECORFAN® Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 2(5), 1-10.
https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales/vol2num5/Revista_de_Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales_V2_N5_1.pdf
- Guanoquiza, L. Sánchez, A. (2019). La contaminación ambiental en los acuíferos de Ecuador. Necesidad de su reversión desde las políticas públicas con enfoque bioético □ e environmental contamination in the water-bearing to Ecuador . Need of his reversion from the public policies with focus. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 5, 1053-1079. <http://portal.amelica.org/ameli/journal/394/3941756001/>
- Guinard, J. D. C., & Vega, J. A. B. (2013). Diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos y calidad del agua de las cuencas alta y baja del río Gariché, provincia de Chiriquí, Panamá. *Gestión y Ambiente*, 16(2), 61-70.
- Horak, C. N. (2015). “ Influencia de las prácticas agropecuarias sobre cursos de agua de Patagonia : empleo de macroinvertebrados y sistema de defensa a múltiples agentes xenobióticos (MXR) como biomonitores ”. *Plan de Tesis Doctoral*, 1-32.

- Izquierdo, E., Menéndez, C., & Quiroz, L. (2017). Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 28(3), 41-57. <http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v38n3/riha04317.pdf>
- Jiménez-Prado, P., & Vásquez, F. (2021). Changes in diversity and distribution of native fish due to the presence of two invasive species in the atacames river, northwestern ecuador. *Acta Biologica Colombiana*, 26(1), 81-88. <https://doi.org/10.15446/abc.v26n1.81888>
- Ladrera, R., Rieradevall, M., & Prat, N. (2013). Macroinvertebrados Acuáticos Como Indicadores Biológicos: Una Herramienta Didáctica. *Revista de Didáctica* 11, 2013, 19. http://www.ehu.es/ikastorratza/11_alea/macro.pdf
- López Mendoza, S., Huertas Pineda, D. F., Jaramillo Londoño, Á. M., Calderón Rivera, D. S., & Díaz Arévalo, J. L. (2022). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua del río Teusacá (Cundinamarca, Colombia). *Ingeniería y Desarrollo*, 37(02), 269-288. <https://doi.org/10.14482/inde.37.2.6281>
- Martínez, Y., & Villalejo, V. (2018). La gestión integrada de los recursos hídricos: una necesidad de estos tiempos The integrated water resources management: a nowadays need. *Ingeniería hidráulica y ambiental*, XXXIX(1), 58-72.
- Mendoza, Fandiño, Mario, J., Rosso-Pinto, Mauricio, Tavera-Quiroz, Carlos, H., Coronado-Arango, Angélica, Rios-Kerguelen, Ricardo, J., Anaya-Guzmán, Antonio, A., Arrieta-López, & Abeiro. (2021). Análisis de la Fragilidad Ambiental Asociada a la Contaminación Del Recurso Hídrico Como Herramienta Para El Fortalecimiento de la Gobernanza Del Agua En La Cuenca Del Río Sinú. *Environmental Fragility Analysis Due to Water Resource Pollution As A Tool For Strengthening Water Governance In The Sinu River Basin.*, 19(2), 1-17. <https://0-search.ebscohost.com/biblioteca-ils.tec.mx/login.aspx?direct=true&db=asn&AN=154094895&lang=es&site=ehost-live>
- Meneses-Campo, Y., Castro-Rebolledo, M. I., & Jaramillo-Londoño, A. M. (2019). Comparison of water quality between two andean rivers by using the BMWP/COL. and ABI. Indices. *Acta Biologica Colombiana*, 24(2), 299-310. <https://doi.org/10.15446/abc.v24n2.70716>

- Mora, J. (2018). *Uso De Macroinvertebrados Como Método De Evaluación De La Calidad De Agua Del Río Sálina (Atacames – Ecuador)*. 16.
[https://repositorio.pucese.edu.ec/bitstream/123456789/1639/1/MORA RODRÍGUEZ JOSELYN MICHELLE.pdf](https://repositorio.pucese.edu.ec/bitstream/123456789/1639/1/MORA%20RODR%C3%99GUEZ%20JOSELYN%20MICHELLE.pdf)
- Ordóñez, J. (2016). ¿ Qué Es Cuenca Hidrológica ? *Sociedad Geológica de Lima, 1*, 1-44.
http://www.gwp.org/Global/GWP-SAm_Files/Publicaciones/Varios/Cuenca_hidrologica.pdf
- Ordóñez Ramirez, V. (2007). Contaminación del agua. *Ingenius, 20*(1), 1-3.
<https://doi.org/10.17163/ings.n1.2007.04>
- Pérez, P. N., & Quishpi, A. R. (2016). *Análisis de la calidad de agua de los Ríos, Nagsiche y Pumacunchi, pertenecientes a la subcuenca del Río Patate de la provincia de Cotopaxi*. 247. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/2853>
- Roldán, P. (2016). Macroinvertebrates as bioindicators of water quality: Four decades of development in Colombia and Latin America. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 40*(155), 254-274.
<https://doi.org/10.18257/raccefyn.335>
- Romero Gonzáles, T. S. H. J. (2017). Evaluación de la calidad del agua utilizando macroinvertebrados bentónicos como indicadores bióticos en la quebrada Chambag, Santa Cruz, Cajamarca, durante agosto, diciembre 2016 y marzo 2017. [Universidad de Lambayeque]. En *Jurnal Keperawatan. Universitas Muhammadiyah Malang* (Vol. 4, Número 1). <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/en/mdl-20203177951%0Ahttp://dx.doi.org/10.1038/s41562-020-0887-9%0Ahttp://dx.doi.org/10.1038/s41562-020-0884-z%0Ahttps://doi.org/10.1080/13669877.2020.1758193%0Ahttp://serisc.org/journals/index.php/IJAST/article>
- Santillán Lima, P. y Déley, R. (2016). *Santillán Lima, P. y Déley Zárate, R. (2016). Macroinvertebrados bentónicos de las microcuencas Zula, Ozogoché y Jubal-Parque Nacional Sangay-Ecuador . País: Universidad Nacional de Chimborazo.*
- Segnini, S. (2003). El uso de macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la

- condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. *Ecotropicos*, 16(2), 45-63.
- Springer, M. (2010). Capítulo 3. Biomonitorio acuático. *Revista de Biología Tropical*, 58(SUPPL. 4), 53-59.
- Súarez, Vidal, R., & Gutiérrez. (2013). *¿Qué Hacen Los Ros Y Riberas Por Nosotros?: Estado Actual Y Tendencias De Los Ecosistemas De Ros Y Riberas Esp.* 1-7.
- Tobias Loaiza, M. J., & Guzmán Soto, C. (2022). Variación estructural de familias de macroinvertebrados acuáticos y su relación con la calidad de agua en quebradas asociadas a cultivos de café y ganadería vacuna en el sector de La Tagua, Sierra Nevada de Santa Marta. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 46(178), 206-216. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1577>
- Toledo, M., & Mendoza, B. (2017). Estudio de la calidad de agua utilizando bioindicadores, en microcuenca del río Chimborazo (EC). *Research Gate*, 27(January 2017), 1-15.
- Vilca, E. (2022). Uso de los macroinvertebrados como indicadores de la calidad de agua en ecosistemas lóticos en el Perú: una revisión. *South Sustainability*, 3(2), e060. <https://doi.org/10.21142/ss-0302-2022-e060>
- Viteri, M., Chalen, J., & Cevallos, Z. (2017). Determinación de bioindicadores y protocolos de la calidad de agua en el embalse de la Central Hidroeléctrica Baba. *Dominio de las Ciencias*, 3(3), 628-646.

ANEXOS

1. Macroinvertebrados acuáticos registrados en la microcuenca del río Sicalpa.

| ORDEN | FAMILIA | Junio | Julio_1 | Julio_2 | Agosto_1 | Agosto_2 | Septiembre_1 | Total |
|----------------|-----------------|-------|---------|---------|----------|----------|--------------|-------------|
| Bivaldia | Sphaeriidae | 0 | 0 | 6 | 0 | 12 | 29 | 47 |
| Trombidiforme | Hydracarina | 0 | 8 | 4 | 0 | 2 | 0 | 14 |
| Basommathopora | Lymnaeidae | 3 | 3 | 6 | 3 | 19 | 32 | 66 |
| | Planorbidae | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 3 |
| Tricladia | Planariidae | 21 | 5 | 1 | 4 | 14 | 59 | 104 |
| Oligochaeta | Annelida | 22 | 8 | 23 | 11 | 25 | 26 | 115 |
| Amphipoda | Hyalloelidae | 34 | 27 | 176 | 61 | 114 | 127 | 539 |
| Ephemeroptera | Baetidae | 180 | 186 | 380 | 318 | 511 | 303 | 1878 |
| | Oligoneuridae | 0 | 13 | 5 | 0 | 0 | 0 | 18 |
| | Leptohyphidae | 1 | 65 | 7 | 0 | 0 | 0 | 73 |
| | Leptophlebiidae | 17 | 37 | 14 | 5 | 4 | 13 | 90 |
| Odonata | Aeshnidae | 4 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| Hemiptera | Naucoridae | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| | Corixidae | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 4 | 5 |
| Trichoptera | Philopotamidae | 0 | 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 |
| | Hydropsychidae | 6 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| | Hidrobiosidae | 13 | 8 | 4 | 16 | 29 | 14 | 84 |
| | Glossosomatidae | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| | Limnephilidae | 45 | 36 | 51 | 29 | 184 | 22 | 367 |
| | Leptoceridae | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 4 |
| Coleoptera | Elmidae | 9 | 45 | 25 | 23 | 38 | 24 | 164 |
| | Ptilodactylidae | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| | Scirtidae | 9 | 6 | 0 | 5 | 6 | 3 | 29 |
| Diptera | Ceratopogonidae | 15 | 28 | 105 | 0 | 87 | 82 | 317 |
| | Tabanidae | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| | Psychodidae | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 |
| | Tipulidae | 0 | 4 | | 58 | 0 | 0 | 62 |
| | Chironomidae | 85 | 89 | 30 | 68 | 179 | 252 | 703 |
| | Muscidae | 2 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 5 |
| | Limoniidae | 15 | 12 | 18 | 49 | 49 | 54 | 197 |
| Simuliidae | 34 | 67 | 77 | 23 | 56 | 49 | 306 | |
| | | | | | | | | 5231 |

2. Registro fotográfico sitios de recolección



Fotografía 1. Reconocimiento del área de estudio



Fotografía 5. Estación 4 Huacona San José



Fotografía 2. Estación 1 Páramo de Navag



Fotografía 6. Estación 5 Uchurrumi



Fotografía 3. Estación 2 Guacona Chico



Fotografía 7. Estación 6 C. 20 de Agosto



Fotografía 4. Estación 3 Coto Juan



Fotografía 8. Estación 7 C. 15 de Agosto



Fotografía 11. Estación 10 Barrio Santo Cristo



Fotografía 9. Estación 8 Cunambay



Fotografía 12. Estación 11 Salida Cajabamba



Fotografía 10. Estación 9 C. La Vaquería

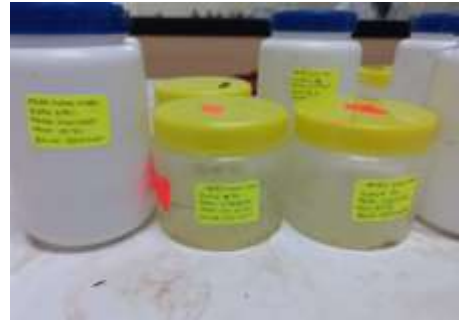


Fotografía 13. Estación 12 Sector Cementera Chimborazo

3. Fotografías de recolección e identificación de macroinvertebrados



Fotografía 14. Recolección de muestra



Fotografía 17. Conservación de muestras en laboratorio



Fotografía 15. Limpieza de muestra en campo



Fotografía 18. Limpieza en laboratorio



Fotografía 16. Etiquetado



Fotografía 19. Identificación

4. Fotografías de macroinvertebrados acuáticos



Fotografía 20.
Familia: Sphaeriidae



Fotografía 24.
Familia: Annelida



Fotografía 21.
Familia: Hydracarina



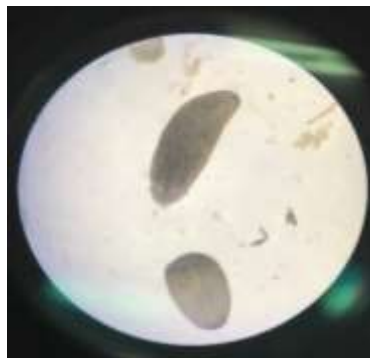
Fotografía 25.
Familia: Hyallelidae



Fotografía 22.
Familia: Lymnaeidae



Fotografía 26.
Familia: Baetidae



Fotografía 23.
Familia: Planaridae



Fotografía 27.
Familia: Leptohiphididae



Fotografía 30.
Familia: Linemphilidae



Fotografía 28.
Familia: Hydrobiosidae



Fotografía 31.
Familia: Leptoceridae



Fotografía 29.
Familia: Glossosomatidae



Fotografía 32.
Familia: Elmidae



Fotografía 33.
Familia: Ceratopogonidae



Fotografía 36.
Familia: Chironomidae



Fotografía 34.
Familia: Psychodidae



Fotografía 37.
Familia: Limoniidae



Fotografía 35.
Familia: Tipulidae



Fotografía 38.
Familia: Simuliidae