



Evaluación de la calidad del agua del Río Lupique, de la comunidad de Jimbitono, mediante la identificación de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores

Evaluation of the water quality of the Lupique River, of the Jimbitono community, through the identification of benthic macroinvertebrates as bioindicators

Avaliação da qualidade da água do rio Lupique, da comunidade Jimbitono, através da identificação de macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores

David Mesías Jiménez Torres ^I
david-mesias-1991@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-2723-9850>

Patricio Vladimir Méndez Zambrano ^{II}
patricio.mendez@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-4305-8152>

Jesica Paola Arcos Logroño ^{III}
paola.arcos@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-9462-2219>

Ximena Rashell Cazorla Vinueza ^{IV}
ximena.cazorla@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-1157-8900>

Correspondencia: david-mesias-1991@hotmail.com

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 23 de mayo de 2022 * **Aceptado:** 12 de junio de 2022 * **Publicado:** 26 de julio de 2022

- I. Investigador independiente, Macas Ecuador.
- II. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Ingeniería Ambiental, Tecnologías de la información, Macas, Ecuador.
- III. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Ingeniería Ambiental, Tecnologías de la información, Macas, Ecuador.
- IV. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Ingeniería Ambiental, Tecnologías de la información, Macas, Ecuador

Resumen

El objetivo principal fue la evaluación de la calidad del agua del río Lupique de la comunidad Jimbitono mediante la identificación de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores, además de la determinación de la calidad del agua mediante el índice ICA-NSF que evalúa parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Se determinaron tres puntos de muestreo en un tramo de río de tres kilómetros, después se realizaron los muestreos en un período de tres meses noviembre, diciembre (2021) y enero (2022), se tomaron muestras de agua en cada punto y se siguió los procedimientos de análisis descritos en el Standard Methods tanto en campo como en laboratorio determinado los 9 parámetros del ICA-NSF, para la recolección de los macroinvertebrados se utilizó una red D-net misma que se adapta a los diferentes sustratos e irregularidades del cuerpo hídrico, las muestras recolectadas fueron trasladadas al laboratorio donde fueron identificadas taxonómicamente. Los resultados obtenidos del índice biológico BMWP/Col demostraron que en la estación PML-1 se obtuvo una calidad de agua BUENA, en la estación PML-2 y PML-3 la calidad de agua decayó a ACEPTABLE, el índice ICA-NSF mostro que en las estaciones PML-1 y PML-2 la calidad del agua es REGULAR y en la estación PML-3 varia la calidad entre REGULAR en las dos primeras estaciones y BUENA en la tercera, dejando como resultado un agua no apta para consumo humano, pero puede ser usada para fines agrícolas. Mediante el análisis de los parámetros en el software IQA-data se determinó que los coliformes fecales es el parámetro que más influyo para el deterioro de la calidad del agua, mismo que pudo ser debido a las lluvias presentadas en los meses de noviembre y diciembre. Se recomienda a las autoridades limitar las descargas de aguas residuales o domésticas sobre el río o a vertientes conectadas al mismo.

Palabras Clave: morona Santiago; índice biológico bmwp/col; biomonitoreo; contaminación; bioindicadores.

Abstract

The main objective was the evaluation of the water quality of the Lupique River of the Jimbitono community through the identification of benthic macroinvertebrates as bioindicators, in addition to the determination of water quality through the ICA-NSF index that evaluates physicochemical and microbiological parameters. Three sampling points were determined in a three kilometer stretch of river, then the samplings were carried out in a period of three months November, December (2021)

and January (2022), water samples were taken at each point and the results were followed. analysis procedures described in the Standard Methods both in the field and in the laboratory determined the 9 parameters of the ICA-NSF, for the collection of macroinvertebrates a D-net network was used, which adapts to the different substrates and irregularities of the water body, the collected samples were transferred to the laboratory where they were taxonomically identified. The results obtained from the biological index BMWP/Col showed that at the PML-1 station a GOOD water quality was obtained, at the PML-2 and PML-3 stations the water quality fell to ACCEPTABLE, the ICA-NSF index showed that at stations PML-1 and PML-2 the quality of the water is REGULAR and at station PML-3 the quality varies between REGULAR in the first two stations and GOOD in the third, leaving as a result water not suitable for human consumption, but it can be used for agricultural purposes. Through the analysis of the parameters in the IQA-data software, it was determined that fecal coliforms is the parameter that most influenced the deterioration of water quality, which could be due to the rains that occurred in the months of November and December. Authorities are recommended to limit wastewater or domestic water discharges into the river or into springs connected to it.

Keywords: morona Santiago; biological index bmwp/col; biomonitoring; pollution; bioindicators.

Resumo

O objetivo principal foi a avaliação da qualidade da água do rio Lupique da comunidade Jimbitono através da identificação de macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores, além da determinação da qualidade da água através do índice ICA-NSF que avalia parâmetros físico-químicos e microbiológicos. Foram determinados três pontos de amostragem em um trecho de três quilômetros de rio, em seguida, as amostragens foram realizadas em um período de três meses novembro, dezembro (2021) e janeiro (2022), foram feitas amostras de água em cada ponto e os resultados foram acompanhados. os procedimentos de análise descritos nos Métodos Padrão tanto em campo quanto em laboratório determinaram os 9 parâmetros do ICA-NSF, para a coleta de macroinvertebrados foi utilizada uma rede D-net, que se adapta aos diferentes substratos e irregularidades do corpo d'água, as amostras coletadas foram transferidas para o laboratório onde foram identificadas taxonomicamente. Os resultados obtidos a partir do índice biológico BMWP/Col mostraram que na estação PML-1 foi obtida uma qualidade de água BOA, nas estações PML-2 e PML-3 a qualidade da água caiu para ACEITÁVEL, o índice ICA-NSF mostrou que em

nas estações PML-1 e PML-2 a qualidade da água é REGULAR e na estação PML-3 a qualidade varia entre REGULAR nas duas primeiras estações e BOA na terceira, deixando como resultado a água não adequada para consumo humano, mas pode ser usado para fins agrícolas. Através da análise dos parâmetros no software IQA-data, foi determinado que coliformes fecais é o parâmetro que mais influenciou na deterioração da qualidade da água, o que pode ser devido às chuvas ocorridas nos meses de novembro e dezembro. Recomenda-se às autoridades que limitem as descargas de águas residuais ou de águas domésticas no rio ou nas nascentes a ele ligadas.

Palavras-chave: morona Santiago; índice biológico bmwp/col; biomonitoramento; poluição; bioindicadores.

Introducción

El agua es el recurso de mayor presencia en el planeta y el más importante, siendo vital para el desarrollo de la vida, también es una de las fuerzas que siempre interviene en los cambios que la superficie del planeta experimenta (Chow et al. 1994), por lo que este recurso desenvuelve un papel protagónico en la evolución de diversas civilizaciones que se beneficia de él y que puede provenir de ríos, lagos o acuíferos, por lo que el ser humano influye directa o indirectamente sobre los ecosistemas acuáticos (Jiménez et al. 2010).

La gestión adecuada de este recurso implica un desafío, ya que sin agua no existiría las sociedades, la economía, la cultura y la vida, aunque el agua es un tema de orden mundial los problemas y las soluciones que se plantean son de carácter local (Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2010), es así que se considera al agua el recurso natural de mayor vulnerabilidad por lo que se han desarrollado metodologías que permitirán evaluar su calidad, la mayoría se fundamenta en el análisis de parámetros fisicoquímicos, pero también se pueden destacar la calidad de los organismos que se desarrollan y viven en los cuerpos hídricos revelando sus condiciones ecológicas (Herrera, 2005).

Metodologías como el índice de calidad biológica enfocado en la identificación de macroinvertebrados como bioindicadores, evalúa la tolerancia que tienen a la contaminación antrópica (Naranjo & Pedro, 2013), también el ICA-NSF que se basado en el análisis de 9 parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, determinando la fragilidad del cuerpo hídrico ante amenazas potenciales (Rodríguez & Barrera 2017), evidenciando los cambios en el ambiente acuático e identifica las alteraciones que pudieran presentarse, además de evidenciar la variación

en la estructura de los macroinvertebrados ligado a la contaminación antrópica (Montoya, et al. 2011).

Los cuerpos hídricos en el Ecuador son muy extensos y representativos, ríos como el Guayas, Esmeraldas, Napo y Pastaza, se contaminan principalmente por las aguas residuales sin tratamiento (IANAS, 2019), es así que el deterioro de la calidad del agua en el Ecuador es notorio ya que los cuerpos hídricos localizados por debajo de los 2000 metros sobre el nivel del mar (msnm) están contaminados debido a actividades antrópicas de diversos orígenes convirtiéndose en un problema que presenta daños permanentes no solo para la salud humana sino también a los ecosistemas (Isch, 2011).

En la amazonia ecuatoriana la calidad del agua está en constante amenaza debido a actividades extractivas de petróleo, la agroindustria, deforestación y la falta de tratamiento de las aguas residuales (Pérez et al. 2016), además actividades como la sobreexplotación del agua causan el deterioro y la baja disponibilidad del mismo, siendo evidentes en ríos que antes presentaban mayores caudales y baja contaminación, además de ser el elemento central en el equilibrio de los ecosistemas y ciclos ecológicos (Foro de los Recursos Hídricos, 2013).

Por tal motivo el objetivo fundamental de esta investigación es la evaluación de la calidad del agua del río Lupique de la comunidad Jimbitono que tiene una población de 250 habitantes los mismos que se dedican principalmente a la agricultura, ganadería y la piscicultura (Landeta, 2014), por tal motivo sus aguas son de importancia para el desarrollo de la comunidad tanto a nivel ambiental, social y económico (Lozano, 2019).

I. MATERIALES Y MÉTODOS`

Área de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en el río Lupique que está ubicado en la comunidad Jimbitono perteneciente a la parroquia General Proaño del cantón Morona, en la provincia de Morona Santiago, ésta comunidad cuenta aproximadamente con una población dedicada principalmente a la agricultura ganadería y piscicultura (Landeta, 2014).

El río Lupique es una microcuenca que alimenta al río Jurumbaino, el tramo de estudio comprende una distancia aproximada de 3 kilómetros mismo que pasan en su totalidad junto a la comunidad Jimbitono y terminando en la unión a la microcuenca del río Jurumbaino.

MAPA DE UBICACION DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO

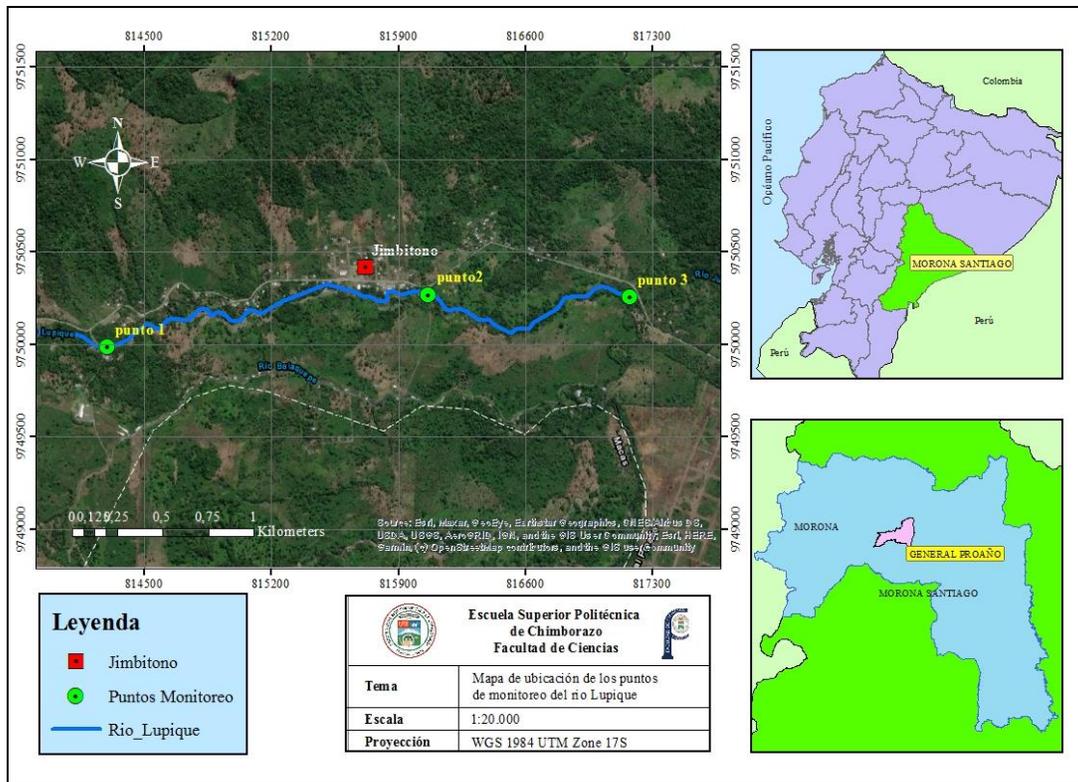


Ilustración 1 Mapa de ubicación del río Lupique

Muestreo de parámetros físicos químicos y microbiológicos

Se realizaron tres muestreos durante los meses de noviembre y diciembre de 2021 y enero de 2022, se recolectó un total de 18 muestras de agua.

Se procedió a la toma de muestras según la metodología detallada por el Standard Methods, el cual establece que una muestra simple es aquella tomada en un lugar específico en un corto período de tiempo (American Public Health Association et al., 2017), la recolección de muestras se llevó a cabo en base a la norma NTE INEN 2169: Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de las muestras.

Cálculo del ICA-NSF

Para el cálculo del ICA-NSF, se realizó mediante el software IQADData versión 2015, se ingresaron los datos obtenidos tanto en laboratorio como en campo (Da Costa & Posselt 2015) desarrollado para éste fin, el mismo que realiza el cálculo de manera directa y expresa el resultado en un valor numérico tomando en cuenta el peso asignado para cada parámetro que se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 1: Parámetros y peso específico que constituyen el ICA-NSF

| Parámetro | Unidades | Peso NSF (Wi) |
|---------------------------|-----------|---------------|
| Oxígeno disuelto | mg /L | 0,17 |
| Coliformes fecales | UFC/100mL | 0,15 |
| pH | | 0,12 |
| DBO5 | mg/L | 0,1 |
| Nitratos | mg/L | 0,1 |
| Fosfatos | mg/L | 0,1 |
| Temperatura | °C | 0,1 |
| Turbidez | UTN | 0,08 |
| Sólidos disueltos totales | mg/L | 0,08 |

Fuente: Castro et al. 2014.

Tabla 2: Clasificación de la calidad de agua en función del índice NSF-WQI

| Rango | Calidad de Agua | Color |
|--------|-----------------|---|
| 91-100 | Excelente |  |
| 71-90 | Buena |  |
| 51-70 | Regular |  |
| 26-50 | Mala |  |
| 0-25 | Muy mala |  |

Fuente: (Jiménez y Vélez 2006.). Análisis comparativo de indicadores de calidad de agua superficial.

Muestreo de macroinvertebrados bentónicos

Se recolectaron un total de 9 muestras de macroinvertebrados en los tres puntos escogidos, los muestreos en cada punto tuvieron una duración de 45 minutos siendo el tiempo suficiente para recolectar una muestra representativa.

Para la recolección se utilizó la técnica de patada con la ayuda de una Red D-net, el procedimiento es muy sencillo, el muestreador se ubicó en el sitio escogido a contra corriente y procedió a remover el fondo del río o el sustrato con el pie o la mano, para que de ésta manera los macroinvertebrados

salgan o se despeguen del sustrato y sean transportados corriente abajo donde fueron capturados por la red (Acosta et al. 2018).

Una vez que se capturó el sustrato y los sedimentos con la red ésta se los depositó en una bandeja de color blanco en donde se procedió a la separación de las rocas, hojas, ramas, arena o tierra para de esta manera solo capturar los macroinvertebrados atrapados o adheridos en ellos, todo esto con la ayuda de una pinza entomológica (Acosta et al. 2014), se los depositó en un frasco de vidrio con cierre hermético y para su preservación se le agrego alcohol al 70%, (Ramírez, 2010)

Identificación taxonómica

La fase de laboratorio se la desarrolló en la ESPOCH sede Morona Santiago en donde se realizó la identificación taxonómica a nivel de familias de los macroinvertebrados recolectados en cada punto, para ello se hizo uso de una caja petri en la cual se depositaron los macroinvertebrados y en donde fueron separados y agrupados por características morfológicas visibles sean estas por tamaño, forma, presencia o ausencia de antenas patas o colas, color o filamentos en el cuerpo (González et al. 2018).

se procedió a la identificación taxonómica de familias para lo cual se hizo uso de un estereoscopio, además se usaron pinzas para moverlos y manipularlos (Acosta et al. 2014).

Cálculo del Índice BMWP/COL

Para el cálculo del índice BMWP/Col, se requiere llegar al nivel de familia basándose en datos cualitativos es decir solo se enfoca en la presencia o ausencia, este índice valora a los macroinvertebrados de acuerdo con su tolerancia a la contaminación en valores que van desde 1 hasta 10, tal como está descrito en la Tabla 6-3 (Roldán, 2016).

Tabla 3: Valoración por familias del Biological Monitoring Working Party/Colombia

| ÍNDICE BMWP/COL | |
|---|----------|
| FAMILIAS | PUNTAJES |
| <i>Anomalopsychidae,</i> <i>Atriplectididae,</i> <i>Blepharoceridae,</i> <i>Calamoceratidae,</i> <i>Ptilodactylidae,</i> <i>Chordodidae,</i> <i>Gomphidae,</i> | 10 |

| | |
|---|---|
| <i>Hydridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae.</i> | |
| <i>Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydraenidae, Hidrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Polymitarcyidae, Xiphocentronidae.</i> | 9 |
| <i>Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae.</i> | 8 |
| <i>Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae</i> | 7 |
| <i>Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.</i> | 6 |
| <i>Belostomatidae, Gelastocoridae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae</i> | 5 |
| <i>Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolichopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydrometridae, Noteridae.</i> | 4 |
| <i>Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae.</i> | 3 |
| <i>Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae, Syrphidae</i> | 2 |
| <i>Tubificidae</i> | 1 |

Fuente: Roldán, 2003.

Determinación de las clases de calidad del agua

Los puntajes asignados a cada familia de acuerdo a su sensibilidad se establecen en una sumatoria el cual debe ubicarse en una categoría ya definida para éste índice identificando la calidad del agua (Tabla 4) (Trama et al., 2020).

Tabla 4: Valores de referencia para la calidad de agua BMWP-COL

| Clase | Significado | BMWP/Col | Calidad del agua |
|-------|----------------------------------|------------------|------------------|
| I | Aguas muy limpias a limpias | 101-120, >150 | Buena |
| II | Aguas ligeramente contaminadas | 61-100 | Aceptable |
| III | Aguas moderadamente contaminadas | 36-60 | Dudosa |
| IV | Aguas muy contaminadas | 16-35 | Critica |
| V | Aguas fuertemente contaminadas | <15 | Muy critica |

Fuente: Roldán 2003, p.32. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia

Resultados

Resultados del Índice de Calidad del agua (ICA-NSF)

Tabla 5: Calidad del agua del río Lupique según el ICA-NSF

| Parámetro | Unidad | Noviembre | | | Diciembre | | | Enero | | |
|-----------------------------|-----------|------------------------|--------|--------|------------------------|--------|--------|------------------------|--------|--------|
| | | Estaciones de muestreo | | | Estaciones de muestreo | | | Estaciones de muestreo | | |
| | | PML -1 | PML -2 | PML -3 | PML -1 | PML -2 | PML -3 | PML -1 | PML -2 | PML -3 |
| Oxígeno disuelto | mg /L | 9,22 | 9,37 | 8,81 | 9,38 | 9,54 | 9,03 | 9,71 | 9,73 | 9,23 |
| Coliformes fecales | UFC/100mL | 200 | 1000 | 1800 | 200 | 1 600 | 1 150 | 4000 | 2100 | 100 |
| Potencial de hidrógeno (pH) | | 7,28 | 7,08 | 7,34 | 6,74 | 6,62 | 6,68 | 7,29 | 7,13 | 6,98 |
| DBO5 | mg/L | 3,0 | 2,0 | 3,0 | 10,9 | 8,0 | 2,5 | 1,6 | 2,1 | 1,5 |
| Nitratos | mg/L | 1,2 | 1 | 1,4 | 1,1 | 12,7 | 3,1 | 1,8 | 0,7 | 0,8 |

| | | | | | | | | | | |
|---------------------------|------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Fosfatos | mg/L | 0,36 | 0,19 | 0,14 | 0,15 | 0,1 | 0,11 | 0,84 | 0,31 | 0,14 |
| Temperatura | °C | 4 | 0,7 | 1,8 | 5,5 | 0,5 | 0,7 | 7,2 | 0,4 | 1,4 |
| Turbidez | UTN | 5,2 | 7,3 | 6,0 | 6,5 | 11,4 | 21 | 1,94 | 1,9 | 2,5 |
| Sólidos disueltos totales | mg/L | 360 | 280 | 240 | 80 | 80 | 20 | 120 | 20 | 40 |
| Valor del ICA-NSF | | 65,64 | 68,29 | 65,98 | 63,9 | 50,57 | 64,53 | 54,01 | 65,61 | 78,97 |
| Calificación | | Regular | Buena |
| Promedio | | 66,63 | REGULAR | 59,66 | REGULAR | 66,19 | REGULAR | 66,19 | REGULAR | REGULAR |

En el primer punto (PML-1) en los muestreos realizados en noviembre y diciembre de 2021 y enero de 2022 se obtuvo una calificación de **REGULAR** según el ICA-NSF, los parámetros que influyeron negativamente en este punto fueron los coliformes fecales, DBO5 y fosfatos (ver Tabla 4).

En el segundo punto (PML-2) según el ICA-NSF se obtuvo nuevamente una calidad de agua **REGULAR** en los tres meses de muestreo, en este punto al igual que el anterior existieron parámetros que influyeron en el deterioro de la calidad de agua, entre ellos están los coliformes fecales, DBO5, nitratos y fosfatos.

Finalmente, en el tercer punto (PML-3) existió cierta diferencia ya que solo en los meses de noviembre y diciembre se obtuvo una calidad de agua **REGULAR**, y en enero de 2022 se obtuvo una calidad de agua **BUENA** (ver Tabla 4), siendo esta la única estación que obtuvo esta calificación durante todo el período de estudio, el parámetro que impidió obtener una mejor calidad de agua fue nuevamente los coliformes fecales.

Resultados del índice biológico Biological Monitoring Working Party/Colombia

Tabla 6: Calidad del agua del río Lupique según el ICA-NSF

| Estaciones de muestreo | | | PML-1 | | | PML-2 | | | |
|---|----------------|--------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------|
| Fecha del muestreo | | | 17/11/2021 | 14/12/2021 | 11/01/2022 | 17/11/2021 | 14/12/2021 | 11/01/2022 | 17/11/20 |
| N° | Orden | Familia | BMWP/Col | BMWP/Col | BMWP/Col | BMWP/Col | BMWP/Col | BMWP/Col | BMWP/C |
| 1 | Odonata | Gomphidae | 10 | | 10 | | | | 10 |
| 2 | | Coenagrionidae | 7 | | | | | | |
| 3 | | Calopterygidae | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 4 | | Libellulidae | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| 5 | | Polythoridae | | 10 | | | | 10 | |
| 6 | Coleoptera | Ptilodactylidae | 10 | 10 | 10 | 10 | | | 10 |
| 7 | | Gyrinidae | | | | 9 | | | |
| 8 | | Dytiscidae | | | | | | | |
| 9 | | Elmidae | | 6 | 6 | | 6 | 6 | 6 |
| 10 | Plecoptera | Perlidae | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 11 | Ephemeroptera | Leptophlebiidae | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| 12 | | Baetidae | 7 | | 7 | | | | |
| 13 | | Leptohyphidae | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 14 | | Oligoneuriidae | | | | | | | |
| 15 | Trichoptera | Hydrobiosidae | 9 | | | | | | |
| 16 | | Calamoceratidae | 8 | 8 | 8 | | 8 | | |
| 17 | | Leptoceridae | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 18 | | Hydropsychidae | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 19 | Hemiptera | Hebridae | 8 | | | | | | |
| 20 | | Veliidae | | 8 | | 8 | | | |
| 21 | | Naucoridae | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 22 | | Gerridae | | | | | | | |
| 23 | Megaloptera | Corydalidae | 6 | 6 | | | 6 | 6 | 6 |
| 24 | Tricladida | Planariidae | | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 25 | Mesogastropoda | Ampullariidae | | | | | | | |
| 26 | Decapoda | Pseudothelphusidae | | 8 | | | | | |
| 27 | | Palaemonidae | | 8 | | | | | |
| 28 | Lepidoptera | Pyralidae | | | | | | | |
| 29 | Diptera | Simuliidae | | | 8 | | | | |
| Sumatoria | | | 126 | 132 | 117 | 95 | 98 | 100 | |
| Calidad del agua según el índice BMWP/Col | | | Buena | Buena | Buena | Aceptable | Aceptable | Aceptable | Aceptab |

Los resultados obtenidos en la estación PML-1 mostraron que de acuerdo con el índice biológico BMWP/Col la calidad del agua es **BUENA**, la cual registro un total de 23 familias identificadas, entre las cuales tenemos aquellas con una tolerancia a la contaminación de 10, tales como la *Gomphidae*, *Perlidae* y *Ptilodactylidae*, y familias con una tolerancia a la contaminación de 6 como la *Libellulida*, *Elmidae* y *Corydalidae*, lo cual significa que en este punto se encontraron macroinvertebrados que viven en aguas desde muy limpias a poco contaminadas.

Para el segundo punto (PML-2) la calidad de agua en los tres muestreos se degradó a **ACEPTABLE**, en esta estación se identificaron familias como la *Perlidae* que tiene una tolerancia a la contaminación de 10 siendo este el puntaje más elevado y la familia *Libellulidae* que representa una tolerancia de 6 siendo el puntaje más bajo a nivel de familias encontradas en este punto, de manera general en comparación con los resultados obtenidos en el primer punto se redujo el número de familias presentes a 17 por ende las sumatorias reflejan valores menores en comparación con el primer punto.

Por último, en la tercera estación (PML-3) se identificaron 18 familias que reflejaron una calidad de agua **ACEPTABLE** en este muestreo resaltaron familias como la *Perlidae*, *Gomphidae* y *Oligoneuriidae* con una tolerancia de 10 y *Pyralidae* con una tolerancia de 5 siendo la única en todos los muestreos con este nivel de tolerancia la cual vive en aguas moderadamente contaminadas.

Análisis de correspondencia canónica

En la ilustración 2 podemos ver el resultado de la correlación entre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos con las diferentes familias de macroinvertebrados que se identificaron, **mostrando** la afinidad que estos tienen a los diferentes parámetros, en total se encontraron 29 familias distribuidas en los tres puntos de muestreo.

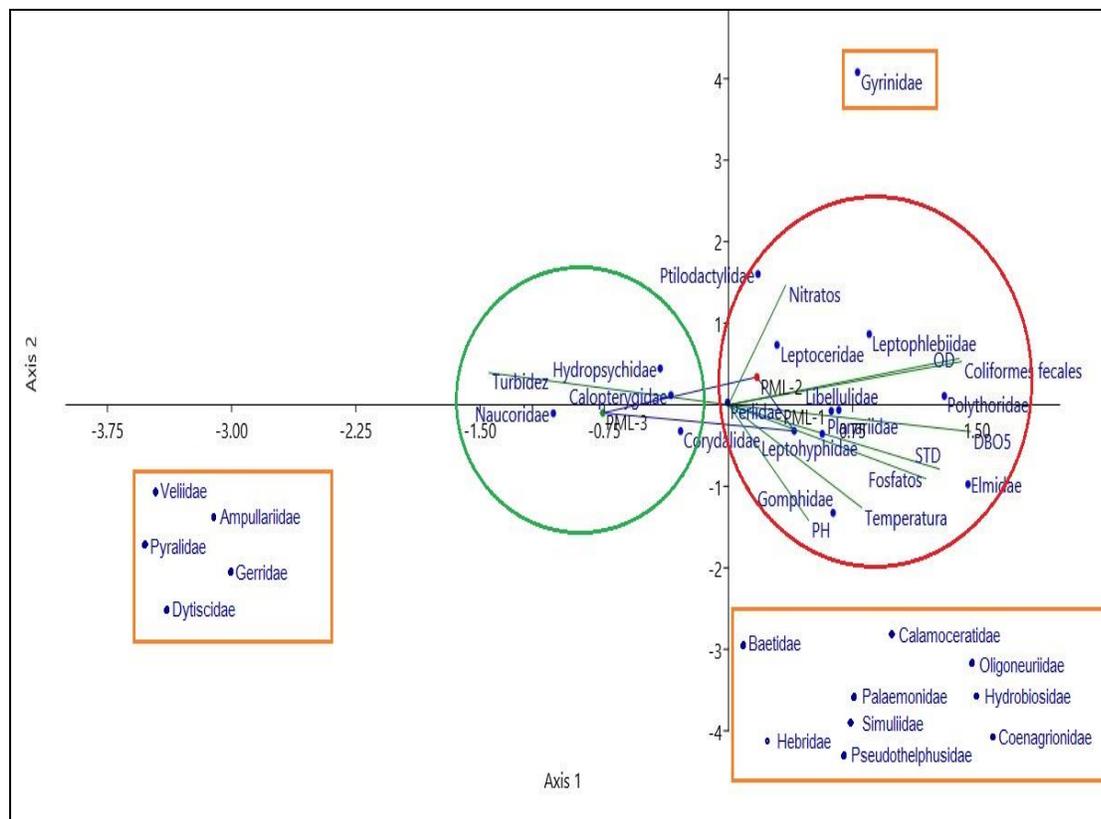


Ilustración 2 ACC de variables fisicoquímicas y macroinvertebrados acuáticos del río Carapicos

Se pudieron distinguir tres grupos (círculo rojo), el primero está compuesto por los punto PML-1 y PML-2 al encontrarse muy cercanos sugiere que tienen características similares compartiendo parámetros como DBO5, STD, PH, Fosfatos, Temperatura, Nitratos, Coliformes fecales y OD que tienen afinidad a familias como la *Perlidae*, *Gomphidae*, *Polythoridae* y *Ptilodactylidae* que se

encuentran en aguas limpias y con alta concentración de OD, en este grupo también podemos encontrar familias que se desarrollan en aguas poco contaminadas como *Libellulidae*, *Planariidae*, *Leptohyphidae*, *Elmidae*, *Leptophlebiidae* y *Leptoceridae*.

En el segundo grupo (circulo verde) tenemos el tercer punto (PML-3) mismo que tiene afinidad al parámetro de turbidez encontrando familias como *Naucoridae*, *Hydropsychidae*, y *Calopterygidae* que son comunes en aguas poco contaminadas, y la familia *Corydalidae*, que puede desarrollarse y vivir en aguas que van de poco contaminadas a modernamente contaminadas.

finalmente, en el último grupo (cuadrados anaranjados) encontramos familias como la *Baetidae*, *Calamoceratidae*, *Palaemonidae*, *Simuliidae*, *Gyrinidae*, *Ampullariidae*, *Veliidae*, *Pyrilidae*, *Dytiscidae*, *Oligoneuriidae*, *Hydrobiosidae*, *Gerridae*, *Hebridae*, *Coenagrionidae* y *Pseudothelphusidae* que son familias que no presentaron afinidad a ningún parámetro, por lo que se puede decir que están ampliamente distribuidas o poseen un amplio rango de tolerancia.

El siguiente cuadro jerárquico muestra la afinidad entre los puntos de muestreo, siendo evidente y ratificando que entre los puntos 1 y 2 forman un grupo en el que comparten variables fisicoquímicas y microbiológicas, el punto número 3 forma un solo grupo, alejado de los demás puntos formando un grupo con pocas familias de macroinvertebrados afines a la turbidez.

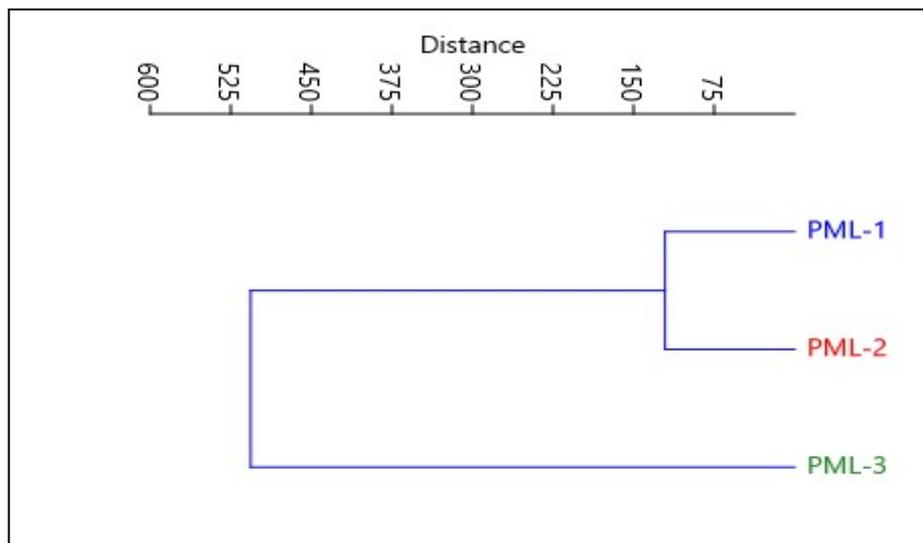


Ilustración 3 Cuadro jerárquico de afinidad

Discusión

Según los resultados microbiológicos las coliformes fecales afectaron de forma negativa en todos los muestreos ya que registraron niveles superiores, este parámetro se encuentra relacionado con

vertidos directos de origen animal o humano, también se puede dar cuando grandes precipitaciones arrastran los desechos y estos llegan a los cuerpos hídricos por escorrentía, las bacterias coliformes tienen gran capacidad para desarrollarse y sobrevivir en sistemas de agua potables, es por esto que son buenos indicadores de contaminación y su presencia puede causar enfermedades a la salud (Pino et al. 2021).

Por ende este parámetro afectaría la distribución de las comunidades de macroinvertebrados, pero esto no fue así ya que familias como la *Perlidae* encontradas en todos los puntos de muestreo y que tienen el más alto grado de sensibilidad fueron identificadas en los puntos contaminados, pero según Fonseca (2010) esta familia tiene la capacidad de generar un movimiento parecido al de una lagartija causando que más agua pase por sus branquias generando una mayor disposición de oxígeno disuelto aun en aguas contaminadas.

Esta capacidad presentado por la familia *Perlidae* llevo a pesar que existe una discrepancia en cuanto a la asignación de los puntajes de tolerancia debido a que existen familias del mismo Orden con diferentes niveles de tolerancia a varios tipos de contaminación (Hawkes, 1998), por ejemplo en este estudio se identificaron familias del orden *Odonatas* mismas que se subclasifican en *Gomphidae* con una tolerancia de 10, *Calopterygidae* con una tolerancia de 7 y *Libellulidae* con una tolerancia de 6, reforzando el hecho de que cada familia a pesar de pertenecer al mismo orden responden a diferentes tipo de contaminantes.

Conclusiones

La calidad del agua de río Lupique según la identificación de los macroinvertebrados como bioindicadores bentónicos aplicando el método BMWP/Col en promedio define la calidad del agua en una categoría **ACEPTABLE** de clase II siendo aguas ligeramente contaminadas, esto debido a las altas concentraciones de parámetros como los coliformes fecales, nitratos y fosfatos, las cuales pueden ser generadas por descargas de aguas residuales domésticas o de excretas animales o humanas además de actividades agrícolas, propias de la comunidad Jimbitono.

la aplicación del índice ICA-NSF se concluyó que la calidad del agua del río Lupique varia con respecto al espacio y tiempo, mostrando en las estaciones PML-1 y PML-2 un ICA de **REGULAR** en los dos meses de muestreo (noviembre y diciembre de 2021), la diferencia se presentó en el último muestreo programado para enero de 2022 en el que las estaciones PML-1 y PML-2 siguen registrando un ICA **REGULAR** pero para la estación PML-3 cambia a un ICA **BUENO**,

concluyendo así que los cambios en las condiciones climáticas como las lluvias presentadas en noviembre y diciembre aportaron contaminantes mediante escorrentía cambiando las características del cuerpo hídrico de forma temporal, además se puede ver que existen varias vertientes permanentes conectadas con esta microcuenca mismas que pueden aportar contaminantes de las zonas agrícolas y pobladas, con base en los resultados se concluye que la calidad del agua del río Lupique no es apta para consumo humano.

El análisis canónica de correspondencia mostro la afinidad de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos con las 29 familias de macroinvertebrados, identificando tres grupos el primero formado por las estaciones PML-1 y PML-2 en el cual se evidencio una gran afinidad con parámetros como la temperatura, OD, DBO5, pH, nitratos, fosfatos y coliformes fecales todos están asociado a procesos de eutrofización, degradación de la materia orgánica y a procesos de mineralización y oxidación, las familias asociadas a este grupo son la *Perlidae*, *Leptoceridae*, *Leptohyphidae* y *Libellulidae*, esta afinidad también pudo ser debido a la ubicación espacial de los puntos de muestreo, debido a que son puntos continuos e influenciados por la zona agrícola y poblada, la estación PML-3 forma parte del segundo grupo en el cual se evidencia la afinidad al parámetro físico de la turbidez asociado a procesos de erosión y arrastre de sedimentos, este parámetro muestra una afinidad a familias como *Naucoridae*, *Hydropsychidae*, *Calopterygidae* y *Corydalidae*, finalmente el último grupo no está asociado a ninguno de los puntos de muestreo esto puede ser debido a que familias como la *Gerridae*, *Baetidae* y *Gyrinidae* poseen un amplio rango de tolerancia y se encuentran distribuidos en todos los puntos.

Referencias

1. Acosta, R, Hampel, H., González, H., Mosquera, P., Sotomayor, G., & Galarza, X. (2014). Protocolo De Evaluación De La Integridad Ecológica De Los Ríos De La Región Austral Del Ecuador. ETAPA EP, SENAGUA- DGS. Universidad de Cuenca. Programa PROMETEO de la SENESCYT (p. 65).
2. Acosta, Raúl, González, H., Crespo, E., & Henrietta Hampel. (2018). Guía rápida para identificación de macroinvertebrados de los ríos altoandinos del cantón Cuenca. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 1, 160.
3. American Public Health Association, American Water Works Association, & Water Environment Federation. (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and*

- Wastewater. In R. Baird, A. Eaton, & E. Rice (Eds.), American Public Health Association (23rd ed.). American Public Health Association 800 Street, NM. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-382165-2.00237-3>
4. Castro, M., Almeida, J., Ferrer, J., & Diaz, D. (2014). Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global. *Ingeniería Solidaria*, 9(17). <https://doi.org/10.16925/in.v9i17.811>
 5. Chow, V. Te, Maidment, D., & Mays, L. (1994). Hidrología aplicada. In M. E. Suárez (Ed.), McGRAW-HILL.
 6. Convenio sobre la Diversidad Biológica. (2010). Agua potable, diversidad biológica y desarrollo. In Convenio sobre la Diversidad Biológica.
 7. Da Costa, A., & Posselt, E. (2015, January). IQA DATA – Portfólio de Tecnologias da Unisc. 2015.
 8. Fonseca, P. (2010). Capítulo 6. Plecoptera. *Revista de Biología Tropical*, 58(SUPPL. 4), 139–148.
 9. Foro de los Recursos Hídricos. (2013). La gestión comunitaria del agua para consumo humano y el saneamiento en el Ecuador: Diagnóstico y Propuestas.
 10. González, O., López, P., Quinana, A., Megna, Y., Raola, B., & Quintana, M. (2018). Macroinvertebrados dulceacuícolas. June, 306–325.
 11. Hawkes, H. A. (1998). Technical note origin and development of the biological monitoring working party score system. 32(3), 964–968. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(97\)00275-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0043-1354(97)00275-3)
 12. Herrera, M. (2005). El índice biológico BMWP (Biological Monitoring Working Party score), modificado y adaptado al cauce principal del río Pamplonita Norte de Santander. *Bistua : Revista de La Facultad de Ciencias Básicas*, 3(2), 54–67.
 13. IANAS. (2019). La calidad del agua en las Américas Riesgos y Oportunidades. In Ianas.
 14. Isch, E. (2011). Contaminación de las aguas y políticas para enfrentarla. *Foro de Los Recursos Hídricos*, 52.
 15. Jiménez, B., Valiente, E., Ponce, G., Villanueva, S., Botello, A., López, B., Herrera, G., Rivera, J., Cardona, A., Hiriart, M., Medina, M., García, A., Rivera, N., Zambrano, L., Forcada, S., Rosario, R., & Ibarra, A. (2010). Calidad del agua: un enfoque multidisciplinario (U. N. A. de México (ed.)).

16. Jiménez, M., & Vélez, M. (2006). Análisis comparativo de indicadores de calidad de agua superficial . *Avances En Recursos Hidráulicos*, 14, 53–69.
17. Landeta, J. (2014). El conflicto socioambiental- Estudio de caso proyecto Hidroeléctrico Hydroabanico y la comunidad de Jimbitono en la provincia de Morona Santiago.
18. Lozano, M. (2019). Determinación de la calidad del agua mediante el uso de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores en la microcuenca del río guanganza chico de la provincia de Morona Santiago. *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*, 141.
19. Montoya, Y., Acosta, Y., & Zuluaga, E. (2011). Evolución de la calidad del agua en el Río Negro sus principales tributarios empleando como indicadores los índices ICA, el BMWP/COL y el ASPT. *Caldasia*, 33(1), 193–210.
20. Naranjo, C., & López, P. (2013). Biological Monitoring Working Party, un índice biótico con Potencialidades para evaluar la calidad de las aguas en Ríos Cubanos. *Ciencia En Su PC*, 2, 15–25.
21. Pérez, A., Salazar, N., Aguirre, F., Font, M., Zamora, E., Córdova, A., & Acosta, K. (2016). Guía de Macroinvertebrados Bentónicos de la Provincia de Orellana. <https://esf-cat.org/wp-content/uploads/2017/02/Guia-de-Macroinvertebrados-Benticos-de-la-provincia-de-Orellana-ESF-Baja-Calidad.pdf.pdf>
22. Ramírez, A. (2010). Métodos de recolección. *Rev. Biol. Trop*, 58, 41–50.
23. Rodríguez, C., & Barrera, E. (2017). Determinación del Índice de Calidad de Agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI. *Producción + Limpia*, 12(2), 35–49. <https://doi.org/10.22507/pml.v12n2a3>
24. Roldán, G. (2003a). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia Uso del método BMWP/Col. (Universidad de Antioquia (ed.); 1 er editi).
25. Roldán, G. (2003b). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 40(155), 254. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.335>
26. Trama, F., Salcedo, S., Demarcy, L., Cardozo, L., Jara, B., Muñoz, E., Alvarado, J., & Rizo, F. (2020). Índices de calidad de habitat y macroinvertebrados en siete Cuencas del Parque Nacional Yanachaga Chemillén y su Zona de Amortiguamiento: conservación manejo del

bosque ribereño en el Perú. Revista Peruana de Biología, 27(2), 149–168.
<https://doi.org/10.15381/rpb.v27i2.16730>

© 2022 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).