

DETERMINACIÓN DEL TRATAMIENTO Y LA CALIDAD DE AGUA UTILIZANDO MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO BIOINDICADORES

Determination of treatment and water quality using aquatic macro invertebrates as bio indicators.

Línea de investigación: Prevención y control de la contaminación

Andrea Zuley Olarte Durán. Ingeniera Ambiental, Universidad Libre, andrea_olarte@hotmail.com.

Daniela Alejandra González Suarez. Ingeniera Ambiental, Universidad Libre, haidysuarez@hotmail.com.

Fecha de recepción: enero de 2018, fecha de aceptación: abril de 2018

ISSN: 2590-6704

RESUMEN

La calidad de agua se puede verificar mediante macro invertebrados acuáticos una técnica novedosa y de menos recursos económicos para conocer los índices de contaminación en las aguas los cuales según el orden, la familia, y el género al que pertenecen tienen cierta tolerancia a las condiciones del agua por lo tanto sirven como bioindicadores de calidad, por otra parte el estudio de estos macro invertebrados no solo radica en registrar el número de especies también es importante el registro de parámetros como pH, turbiedad, conductividad, temperatura, oxígeno disuelto, sólidos disueltos entre otros parámetros que en conjunto son una herramienta valiosa que contribuye a la investigación actual siendo guía para el entendimiento del tipo de calidad de agua según los macro invertebrados que habitan y posteriormente un apoyo para el tratamiento que se debe realizar según el índice de calidad de agua (IQA) ya sea muy buena, buena, regular, mala, muy mala. En los hallazgos de aguas con altos niveles de turbiedad, sólidos disueltos totales (SDT) y altas concentraciones de oxígeno estuvieron presentes los organismos acuáticos que pertenecen a la familia Tubificidae y Glossiphoniidae lo que los ubica como una familia indicadora de aguas de mala calidad ya que habitan en recursos hídricos con altos índices de contaminación, existiendo congruencia entre las enfermedades causantes en el ser humano al tener contacto con estas aguas como dermatitis o infecciones. De acuerdo a los artículos estudiados, se logró determinar que mediante indicadores biológicos se pueden registrar contaminaciones que se dan a través del tiempo ya que vive la mayor parte de su vida en el agua.

Palabras Claves: Bioindicadores, calidad de agua, conductividad, contaminación, macro invertebrados acuáticos, oxígeno disuelto, temperatura, turbiedad.

ABSTRACT

Water quality can be verified by means of aquatic macro invertebrates, a new technique that requires less economic resources to examine the pollution indexes in waters, which according to the order, family, and gender they belong have certain tolerance to the conditions of water; therefore, they serve as quality bio indicators. On the other hand, the study of these macro invertebrates not only lies in recording the number of species but also in recording parameters such as pH, turbidity, conductivity, temperature, dissolved oxygen, dissolved solids among other parameters that together are valuable tools that contributes to the current research being a guide to the understanding of the type of water quality according to the macro invertebrates that inhabit and later a support for the treatment that must be carried out according to the water quality index (WQI) either very good, good, fair, bad, or very bad. In the findings of waters with high levels of turbidity, total dissolved solids (TDS) and high concentrations of oxygen, aquatic organisms belonging to the family Tubificidae and Glossiphoniidae were present, which places them as a family indicator for poor water quality as they inhabit in water resources with high levels of contamination, having congruence between the diseases that cause dermatitis or infections to human beings when they have contact with these waters. According to the articles studied, it was possible to determine that by means of biological indicators, contaminations that occur over time can be registered since they live most of their lives in water.

Keywords: Bio indicators, water quality, conductivity, pollution, aquatic macro invertebrates, dissolved oxygen, temperature, and turbidity.

1. INTRODUCCIÓN

“El agua es un recurso natural vulnerable, además de ser un factor limitante para la realización de las diferentes actividades antrópicas de orden cotidiano e industrial, durante muchos años se han desarrollado varias alternativas para la determinación de la calidad del agua y en gran mayoría están basados en el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos, sin embargo en los últimos tiempos se ha destacado la cualidad de los organismos que habitan los cuerpos de agua para revelar las condiciones ecológicas cambiantes o estables del recurso y su relación con la medición de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos insitu y exsitu” (Herrera, 2005). Los macro invertebrados acuáticos son considerados bioindicadores de la calidad del agua ya que la presencia o ausencia de cierto tipo de organismos indica las variaciones de las condiciones fisicoquímicas del ecosistema acuático según (Zúñiga, 2004) afirma. 'es importante que quienes trabajen en programas de evaluación biológica de la calidad de agua compartan información para facilitar un trabajo colaborativo y adaptar normas y protocolos de muestreo y rangos de tolerancia basados en el impacto de la contaminación orgánica'. La utilización de bioindicadores es un método práctico y económico para obtener información de un ecosistema acuático que consiste en determinar qué tipos de macro invertebrados hay en un río y en qué cantidades para encontrar a partir de esta información un dato que indique a que categoría corresponde el río este biomonitoreo se utilizó por primera vez en países europeos y posteriormente en estados unidos en la actualidad diferentes países utilizan el método de biomonitoreo (Guzman, 2016).

A pesar de que Colombia posee un potencial hídrico tres veces mayor al promedio de los países suramericanos y seis veces mayor que la oferta hídrica específica promedio mundial IDEAM(2014), se presentan varios problemas en la disponibilidad de calidad de agua en muchas regiones, en especial aquellas zonas más pobladas, esto es principalmente generado por la contaminación, deforestación, erosión, pérdida de capacidad de retención y regulación del recurso hídrico, alterando drásticamente la biodiversidad y los ecosistemas que regulan directa e indirectamente la oferta hídrica (Samboni, 2007).

Debido a la gran diversidad de factores que influyen en esta dinámica, es necesario emplear múltiples metodologías

que permitan diagnosticar el estado actual de las cuencas hidrográficas. La mayoría de los estudios, involucran a las comunidades bentónicas que se han asociado corrientemente en los estudios de limnología a organismos heterótrofos, los cuales resultan muy variables y pertenecientes a diferentes hila: moluscos, crustáceos y gusanos; además de los estados larvales de muchos insectos y arácnidos(Ramirez y Viña, 1998).

En Latinoamérica y especialmente en Colombia el conocimiento en esta área se ha estudiado desde los años ochenta, a pesar de estar favorecida la zona por una alta biodiversidad dada su ubicación tropical. Aun así gracias a la experiencia de los estudios en otras latitudes, se han producido grandes avances en diversas áreas que tienen gran acogida debido a características propias que los convierten en elementos claves y sencillos para determinar con relativa rapidez la calidad de agua de un ecosistema (ROLDAN, 1999).

En este sentido, el creciente interés por conocer el estado de los cuerpos acuáticos y su evolución en el tiempo ha generado una revolución en el uso de diversas especies como indicadores biológicos. Finalmente el objetivo del presente documento es dar a conocer los organismos y las comunidades indicadoras de las condiciones de los sistemas y utilizarlos mediante su integridad biológica y ecológica para determinar la calidad del agua; los cambios de estas poblaciones revelan algún cambio en el estado del ecosistema, es una posibilidad de información de calidad más sencilla, con menores costos y asegura un control permanente.

Sin embargo, para poderlos usar como indicadores biológicos es necesario evaluar aspectos bioecológicos que generen un conocimiento más profundo sobre la vida de estos individuos y otorguen al investigador las herramientas suficientes para diagnosticar la calidad de un sistema acuático. Por ello, las etapas iniciales de este tipo de estudio requieren el desarrollo de inventarios faunísticos que permitan conocer la composición taxonómica de las comunidades, con el fin de analizar esta información junto con la obtenida de otros parámetros de los cuerpos de agua (por ejemplo variables fisicoquímicas); y así determinar la calidad del agua en términos de potabilidad y de estado ecológico.

2. MARCO REFERENCIAL

El documento de relaciones entre las abundancias del bacterioplancton y del fitoplancton en tres ecosistemas lenticos de los Andes de Colombia, muestra el análisis del fitoplancton y del bacterioplancton en tres ambientes lenticos con diferentes características ubicados en los Andes colombianos, los cuales se encontraron algunas familias, géneros y órdenes. Las familias que más destacaron fueron Molannidae y Pisuliidae (Pinilla, 2006). Valverde (2009), en su estudio “Análisis de calidad de agua de la quebrada La Ayurá, determinó la calidad del agua de la quebrada a través de análisis de las variables fisicoquímicas y la comunidad de macro invertebrados acuáticos. En noviembre de 2007 se muestreó en tres estaciones las cuales fueron ubicadas en la parte alta, media y baja de la quebrada, en cada estación se midieron variables fisicoquímicas y se tomaron muestras de macro invertebrados acuáticos con la red Surber, en total se encontraron 1655 organismos, de los cuales sobresalieron por su abundancia Leptonema, Haplotaxida y Baetodes” (Nubia Lucia Valverde Legarda, 2009).

En la sabana de Bogotá se realizó un estudio de “Bioindicación de la calidad del agua con macro invertebrados acuáticos en la sabana de Bogotá, utilizando redes neuronales artificiales, en la cual se implementó la metodología de redes neuronales (RN) como herramienta para la estimación de la calidad del agua en la cuenca alta y media del río Bogotá, Colombia. Los datos usados provienen de 55 sitios correspondientes a once cuencas de la sabana de Bogotá. Los resultados obtenidos con la aplicación de las RN fueron comparados con los valores del índice fisicoquímico Cfq y del índice de bioindicación ASPT (Average Score Per Taxón), para comprobar el grado de confiabilidad del método” (Juan David Gutiérrez, 2016). De los cuales sobresalieron las familias de macro invertebrados Planariida, Psychodidae y Hydrobiosidae por su abundancia. En el Río Ariguanabo se realizó un estudio de calidad del agua según índices fisico-químicos y bioindicadores, en el cual se “Determinó la calidad del agua del Río Ariguanaba a través del análisis de variables fisicoquímicas y la comunidad de macro invertebrados acuáticos, en la cual se seleccionaron un total de 20 puntos, distribuidos a lo largo de todo el río y se hicieron mediciones de los parámetros: pH, CE, ODSAT, DQO por el método del dicromato” (Bárbara Liz Miravet Sánchez, 2016). Las familias de macro invertebrados que se destacó fue Libellulidae. En el

documento “Comparación de las comunidades de macro invertebrados acuáticos en ríos intermitentes y permanentes del altiplano Boliviano”, en el cual determinó la calidad del agua analizando las familias de macro invertebrados, se encontraron diferentes taxonomías, especialmente en la proporción de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT); asimismo, se encontró que existen otras variables ambientales como la profundidad, sólidos disueltos y pH que tienen mayor efecto que la intermitencia en la riqueza y densidad total” (Nabor Moya, 2010). En el documento “Comunidades de macro invertebrados edáficos en diferentes sistemas de uso del terreno en la cuenca del río Otún en Colombia”, en los sistemas montañosos andinos algunos agro sistemas son ambientes propicios para la conservación de la biodiversidad o para la readaptación, recolonización y multiplicación natural de las especies. Para evaluar este fenómeno, en la cuenca del río Otún, se caracterizó la comunidad de macro invertebrados edáficos en diferentes sistemas de uso del terreno. Se identificaron 19 órdenes con riqueza media estimada entre 12 y 16 grupos; el relicto de selva tuvo mayor y las plantaciones menor riqueza” (Darío Hernán Ruiz-Cobo, 2010). Las familias de macroinvertebrados que se destacaron fueron diplópodos, isópodos y arácnidos. Se realizó un estudio en la cuenca Garagoa en el cual se “determinó 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, en este trabajo de investigación se realizó un análisis integral de la calidad de las aguas en la cuenca hidrográfica del Río Garagoa, departamento de Boyacá, Colombia, utilizando macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos, complementados con parámetros físicos, químicos y microbiológicos, con el fin de aportar metodológicamente en la evaluación y monitoreo de los sistemas fluviales del país. En la cuenca, se establecieron 12 estaciones de muestreo, las cuales fueron seleccionadas considerando distinto grado de intervención, discutiendo la relación entre la estructura de la comunidad y la calidad del agua. Se midieron 11 variables ambientales y la fauna bentónica fue recolectada cuantitativamente utilizando red Surber, identificando los invertebrados acuáticos hasta nivel taxonómico de familia” (GÓMEZ, 2014), en la cual se encontró que Orthocladia y Raghovelia sp son la familia de macroinvertebrados que destacan.

En el documento “Determinación de la calidad ecológica del río Tuluá Valle del Cauca” se realizó un estudio sobre la calidad ecológica del río Tuluá en sus tramos medio y bajo en la jurisdicción del municipio de Tuluá, Valle del Cauca. Se establecieron seis puntos de muestreo donde se colectaron macroinvertebrados acuáticos y se tomaron muestras de agua para los análisis físico-químicos y bacteriológicos. También se determinó la composición y estructura del ensamble de macroinvertebrados encontrándose 1174 individuos distribuidos en 3 Phylum, 4 Clases, 12 Órdenes, 25 Familias y 12 Géneros con valores de diversidad entre medios y bajo; en términos físico-químicos y ecológicos los tramos estudiados se encuentran en condiciones que varían entre aguas limpias y de buena calidad hasta aguas muy contaminadas” (César Augusto Bustamante Toro, 2014), de los cuales se destacaron las familias Glossiphoniidae, Hydrophilidae y Calamoceratidae. En el documento “Determinación del caudal ambiental y su relación con variables indicadoras de calidad del recurso hídrico”, el objeto de esta investigación es la determinación del caudal ambiental en la subcuenca del río Las Piedras y su correlación con diferentes variables físico-químicas e índices de calidad del agua. Como resultado se determinó el caudal ambiental para cada mes y las tres condiciones hidrológicas, igualmente se pudo observar la relación directa, existente entre el factor de asimilación de la corriente y el caudal, estableciendo de esta forma que el factor de asimilación puede ser una herramienta que permita la determinación de periodos de mayor vulnerabilidad a eventos extremos que pueda presentar la subcuenca. De igual forma, se consiguió realizar una estimación de las variables físicas (conductividad y TDS) con las cuales el caudal presentó correlación significativa, lo que permite tener una relación idónea entre la cantidad y calidad del recurso hídrico. Adicionalmente, se pudo establecer el estado de la calidad del recurso hídrico de la zona estudiada con base en un estudio realizado de la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores” (Juan Fernando Casanova O, 2014), en cual se determinaron Glossiphoniidae y Tubificidae las familias más destacadas.

En el documento “Dinámica multianual de los macroinvertebrados acuáticos bentónicos en la quebrada vegas de la clara” se evaluó la biodiversidad de macroinvertebrados acuáticos en la quebrada Vegas de la Clara, Antioquia, Colombia y se analizó su dinámica durante cinco años (2005-2009). Se identificaron los coriotopos de

cada estación y se tomaron muestras para análisis físico-químicos y microbiológicos del agua. Se encontraron 59 géneros incluidos en 38 familias y cuatro phyla. Los odonatos y tricópteros fueron los órdenes más abundantes con un 20.7% del total cada uno. Se capturaron 1028 organismos y las familias Hydropsychidae (23.4%), Veliidae (11.8%) y Perlidae (9.2%) representaron un 44.4% de todos los organismos encontrados. Pese a que las aguas presentan una buena calidad biológica (BMWP/Col medio=128.8, ASPT=5.1) se observó una disminución gradual en la calidad del agua y un aumento en la concentración de fósforo, lo que favorece la consolidación de un ensamblaje más tolerante al incremento en la carga de materia orgánica y a la mineralización, y el predominio de las familias Hydropsychidae, Veliidae y Perlidae. No se evidenció relación entre las concentraciones de microorganismos con ninguna de las variables e índices empleados en el estudio” (YIMMY MONTOYA MORENO, DINÁMICA MULTIANUAL DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS BENTÓNICOS EN LA QUEBRADA VEGAS DE LA CLARA, 2010). En el documento “Discusión sobre el número de unidades muestrales y tamaño de unidad maestra para la estimación de valores de densidad de macroinvertebrados bentónicos en ambientes loticos”, el enfoque del análisis está referido a secciones con parámetros homogéneos en cuanto a fisiografía y características generales de hábitat, en ambientes loticos en selva de montaña. Se analizaron datos provenientes de un muestreo intensivo mediante el uso de red Surber en un río de piedemonte Andino-Amazónico en el Perú central (Río Colorado, cuenca del Río Chanchamayo, Provincia de Chanchamayo, Región Junín). Los resultados indican que muestreos con esfuerzos por debajo de las 12 unidades muestrales y muestras individuales constituidas por cinco o menos réplicas, aportan datos muy poco confiables para estimar la densidad. Sobre la base de los resultados obtenidos se realizaron comparaciones con algunas aproximaciones empíricas en la estimación de densidad citadas en artículos científicos y reportes técnicos publicados en el Perú desde el año 2000, la familia de macroinvertebrados que fue más década es Chironomidae” (Oyague-Passuni, 2009). En el documento “Distribución espacial del ensamblaje de macroinvertebrados asociada al litoral rocoso del PNN Ensenada de Utría, pacífico colombiano”, la distribución de los organismos que habitan en los litorales rocosos del mundo es afectada por diversos

factores físicos que varían con respecto a la altura intermareal, la cual se hace particularmente amplia en la costa pacífica colombiana. Debido a esto se estudió cómo la localidad, la exposición al oleaje y la posición en la zona intermareal afectan la riqueza, la abundancia y la distribución de las especies más representativas que se encuentran en los litorales rocosos del Parque Nacional Natural Utría (PNNU). Las especies más abundantes fueron los gasterópodos *Nerita scabricosta*, *N. funiculitisz*, *Littorina modesta*, *L. aspera* y el cirripedio *Cthamalus panamensis*, y mostraron un claro patrón de segregación dentro de la zona intermareal. La exposición al oleaje dentro de las pequeñas bahías de las tres localidades influyó en la riqueza y el promedio de especies encontradas, pero no en la abundancia. Por otro lado, el patrón de distribución observado en las especies más abundantes se explica principalmente por las características intrínsecas y su capacidad para colonizar áreas específicas a lo largo del litoral rocoso” (David L. Herrera-Paz, 2013). En el Río Lurín en Lima, Perú se realizó un estudio en el cual se determinó la “Diversidad de fitoplancton como indicador de calidad de agua en la cuenca baja del río”, se establecieron seis sitios de muestreo (P) entre los 5 m.s.n.m. (P1) y 31 m.s.n.m. (P6) en la cuenca baja del río Lurín, Lima, Perú en agosto de 2008, para evaluar las características físicas y químicas del agua, y determinar su calidad. Se registraron cinco especies de cianobacterias y 89 especies de microalgas distribuidas en cuatro divisiones, donde Bacillariophyta fue la más abundante con 72% del total de especies. El 31.2% de las especies identificadas correspondió a los géneros *Navicula*, *Fragilaria*, *Nitzschia* y *Synedra*. Un total de 29 géneros y 55 especies fueron identificados” (Wolfgang Riss, 2015). La familia más destacada fue *Calamoceratidae*.

En el documento “Evaluación de la calidad del agua en algunos puntos afluentes del río Cesar (Colombia) utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de contaminación”, se determinó la calidad del agua en puntos afluentes del río Cesar como el río Calenturitas, Maracas y Tucuy, utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores y aplicando el índice BMWP/Col. En total se identificaron 1025 organismos, 589 en periodo seco y 436 en periodo de lluvias, pertenecientes a 2 phylum, 3 clases, 9 órdenes, 24 familias y 37 géneros. El valor promedio del índice BMWP/Col define la calidad del agua, las familias de macroinvertebrados más destacada fue *Libellulidae*” (Lisbeth C. Madera, 2016).

En el documento “Evaluación de la calidad del agua fluvial con diatomeas (bacillariophyceae), una experiencia en Tacna, Perú, para evaluar la calidad del agua de la cuenca del río Locumba, Tacna (Perú), se tomaron muestras de agua de diez estaciones ubicadas a lo largo de la cuenca del río Locumba, durante seis periodos en un ciclo anual. Asimismo, se evaluó la diversidad y número de diatomeas y once parámetros fisicoquímicos para determinar el grado de contaminación del agua. Encontramos que conforme se desciende en la cuenca, la diversidad de diatomeas disminuyó de 2,37 bits cel-1 a 0,71 bits cel-1 y el gradiente de contaminantes se incrementó. Además, con este incremento, se observó un aumento en el número de especies tolerantes a altos niveles de perturbación ambiental. Se observó un incremento en todos los parámetros fisicoquímicos empleados para evaluar el grado de contaminación. Se sugiere que las diatomeas pueden ser adecuados bioindicadores al momento de evaluar la calidad de agua en esta cuenca. La familia de macroinvertebrados más destacado fue *Chironomidae*” (José Calizaya-Anco, 2013). En el documento “evaluación de la condición ecológica del río Zahuapan, esta investigación tuvo como objetivo la evaluación integral de la condición ecológica del río Zahuapan con un enfoque de cuencas. Se tomó como base el protocolo de evaluación biótica en ecosistemas acuáticos, el cual considera tres evaluaciones parciales: condición biótica, condición de hábitat y condición de calidad de agua. La condición biótica se evaluó por medio de los macroinvertebrados presentes, identificados a nivel de familia. La condición de hábitat se evaluó considerando los parámetros establecidos por la EPA para ecosistemas acuáticos. La condición de calidad del agua se evaluó con un índice desarrollado a partir de mediciones de nueve parámetros físicos y químicos. La moda de la categoría de condición de las evaluaciones parciales fue considerada como la condición actual del río. Mientras que los sitios de referencia del río se ubicaron en una condición óptima, la condición del río en todos los sitios perturbados fue pobre, la peor condición en la escala de las evaluaciones. Las familias de macroinvertebrados más destacadas fueron *Rossianidae* y *Tubificidae*” (IRMA MENA MEJÍA, 2016).

En el documento “Evaluación ecológica del río Lliquino a través de macroinvertebrados acuáticos, Pastaza – Ecuador”, durante los últimos 10 años, el río Lliquino, uno de los afluentes del río Pastaza, en el oriente ecuatoriano, ha sufrido episodios de intervención antrópica, influenciados

principalmente por procesos de colonización y extracción minera. Con el propósito de medir el estado de salud ecológica de este ecosistema acuático, se monitorearon sus aguas utilizando macroinvertebrados como bioindicadores de calidad ambiental, por un período de cinco años consecutivos (2008 – 2012). Durante este período se pudo determinar que la salud ecológica del río se mantiene en buenas condiciones, a pesar de la extracción de material pétreo en la zona, lo que demuestra que al parecer esta actividad no es tan agresiva, si se la compara con la extracción de minerales o metales pesados. Se registró la presencia y dominancia de especies indicadoras de buena calidad ambiental, como son las especies correspondientes al grupo de los Ephemeroptera o efemerópteros (*Mayobaetis* sp., *Farrodes* sp., *Leptohyphes* sp.), Trichoptera o tricópteros (*Smicridea* sp., *Chimarra* sp.), Plecoptera o plecópteros (*Anacroneuria* sp.) y Megaloptera (*Corydalus* sp.). Es importante mencionar que algunas de las especies registradas en este estudio, no son comunes, por lo que hay que implementar un programa de monitoreo continuo, encaminado a evaluar el estado de salud ecológica de estas poblaciones tan importantes para el mantenimiento de la vida acuática de este ecosistema” (Esteban Ternes K. H., 2012).

En el documento “Limnología de un Lago Tropical de Alta Montana, en Ecuador: Características de los sedimentos y tasa de sedimentación, Los lagos montañosos de alta montaña son un tipo especial de lago que se encuentra principalmente en los Andes sudamericanos. Así como también en África Central y Asia. Una larga limnología, por lo tanto, se emprendió en el lago San Pablo, Ecuador, para analizar los procesos limnológicos básicos del lago, que tiene una tendencia a la eutrofización, la calidad sedimentaria del lago San Pablo se da bajo consideración de horizontal usando núcleos de sedimento. La importancia de los sedimentos para el proceso eutrofización de tomas es demostrado utilizando la concentración de fósforo de los sedimentos, así como la capacidad de retención de fósforo de la sedimentos por relación Fe / P. La datación de los sedimentos se hace usando ^{137}Cs y ^{210}Pb , pero la actividad de ^{137}Cs en el sedimento fue muy bajo casi al nivel de detección. La tasa de sedimentos se determina en 3,5 mm / año y los núcleos sedimentales representan alrededor de 110 años. La concentración de P de los sedimentos es alta (- 5 g / kg de sustancia seca), y la capacidad de retención por Fe es

insuficiente ($\text{Fe} / \text{P} = 4$). La calidad del sedimento no cambió significativamente durante las últimas décadas, y el estado trófico del lago San Pablo ya era menos o más eutrófico hace 110 años. La contaminación de los sedimentos del lago por metales pesados es insignificante. Además se realizó un estudio de macro invertebrados en el lago tropical en el cual se encontró el orden, familia y género, en el cual se destacó la familia Chironomidae (Gunkel, 2006). En el documento “Macroinvertebrados acuáticos, recurso hidrobiológico epicontinental no pesquero en el departamento del Cauca”, se compiló información sobre la oferta ambiental del departamento del Cauca la cual sustenta la existencia de las comunidades bióticas presentes en esta región, entre las cuales, los macroinvertebrados acuáticos se constituyen en un sustancial componente biótico por su significativo rol ecológico como conectores entre los diversos niveles tróficos en el flujo de energía en los ecosistemas acuáticos. Actualmente se valora mucho su cualidad bioindicadora del estado ecológico de su ecosistema, por lo cual se están utilizando en gran medida para evaluaciones ambientales de calidad del agua y biomonitoreo. En relación con los macroinvertebrados acuáticos epicontinentales del departamento del Cauca, se acopió y analizó información procedente de estudios desarrollados en cada una de sus cinco cuencas hidrográficas. Se encontraron 243 géneros dentro de 81 familias, correspondientes a 26 órdenes. La cuenca del río Cauca presentó la mayor riqueza de géneros con el 68,72% (167) y la cuenca del río Magdalena fue la menos rica, con el 18,10% (44) del total reportado; los órdenes que presentaron un mayor número de familias, fueron: Díptera (17,28%), Coleóptera (12,34%) y Tricóptera (11,11%). Las familias con mayor número de géneros reportados son Elmidae (7,8%), Baetidae (6,9%), Tipulidae (7%) y Paleomonidae (6%). Se presenta una alta diversidad de Macroinvertebrados acuáticos, las familias más destacadas fueron Elmidae y Simuliidae Doce órdenes presentaron amplia distribución geográfica, destacándose Díptera, Coleóptera y Odonata. Las cuencas Cauca y Pacífico son más ricas a nivel de géneros. Los factores determinantes son la intervención antrópica, la humedad, la geomorfología y la especificidad de hábitat (Hilldier Zamora González, 2016). En el documento “Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad hídrica en áreas de descargas residuales al río Quevedo, Ecuador”, el trabajo tuvo como objetivos caracterizar las condiciones físico-químicas del agua, identificar la diversidad de macroinvertebrados bentónicos

y determinar la calidad hídrica en dos sitios urbanos de monitoreo del río en la ciudad de Quevedo. Los muestreos se realizaron desde septiembre a noviembre del 2015, en sitios influenciados por descargas de efluentes residenciales (ER) y agrícolas-industriales (EAI). Se midieron los parámetros físico-químicos de calidad del agua: oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y sólidos disueltos totales. Las familias de macroinvertebrados que se destacan en el río Quevedo es Tubificidae (Ángel Yépez Rosado, 2017). En el documento “Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano” el objetivo de la revisión fue describir los principales indicadores microbiológicos empleados para la evaluación del agua potable, como elementos clave para proponer un nuevo esquema de monitoreo en Colombia. Los resultados permiten considerar como bioindicadores, además de las bacterias y protozoos establecidos en la norma, algunos agentes microbianos como virus u otras bacterias y parásitos. Por otro lado indican la necesidad de establecer valores de referencia y definir los microorganismos a emplear con base en evaluaciones específicas de la situación microbiana del agua en monitoreos de validación, operación y verificación. Las familias de macroinvertebrados que se destacaron fueron Glossiphoniidae y Tubificidae. Esta revisión aporta información importante para la actualización de la norma colombiana con base en el conocimiento de estándares internacionales, nacionales y locales (Ríos-Tobón, Agudelo-Cadavid, & Gutiérrez-Builes., 2017). En el documento “Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores da qualidade da água em um trecho do rio Apodi-mossoró”, se evaluó la presencia de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad del agua en un tramo de un río. Se identificaron los macroinvertebrados mediante estereomicroscopio con la ayuda de bibliografías, se encontraron organismos pertenecientes a los filos insectos y mollusca, se determinó que la especie *Melanoide tuberculata* de la familia Thiaridos presenta daños en la salud pública siendo estas especies de vectores de enfermedades resistentes a la contaminación, siendo indicativos de aguas contaminadas” (BARBOSA1*, SILVA1, ARAÚJO1, & DANTAS1, 2016).

En el documento “Valoración de la calidad del agua de tres ciénagas del departamento de Cesar mediante macroinvertebrados asociados a *Eichhornia crassipes* (Pontederiaceae)”, se evaluó la calidad de agua de tres

ciénagas del departamento del Cesar (Zapatoza, Mata de Palma y La Pachita) mediante la caracterización de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos asociados a la planta acuática-flotante *Eichhornia crassipes* (taruya, buchón). Se realizaron dos muestreos en época de aguas altas y dos en el periodo de aguas bajas. Para determinar la calidad del agua se midieron variables fisicoquímicas y se utilizaron el Índice Biótico de Polución (IBP) y el Índice de Integridad Biótica de Macroinvertebrados (IIBM), este último desarrollado específicamente para las ciénagas estudiadas. Los individuos encontrados pertenecen a 15 órdenes, 34 familias y 87 morfotipos, y de ellos el orden Coleoptera fue el más diverso con 49 morfotipos (56% del total). Las familias Hydrophilidae y Dytiscidae (Coleoptera), Cyclestheriidae (Branchiopoda), Chironomidae (Diptera) y Planorbidae (Basommatophora) fueron las más representativas en cuanto a la abundancia. Las abundancias por área fluctuaron entre 3130 ind.m⁻² en Mata de Palma (27% Conchostraca) y 190686 ind.m⁻² en La Pachita (95% Chironomidae). El IBP presentó las mayores correlaciones con las variables fisicoquímicas, pero el IIBM fue más flexible y sensible, por lo que se recomienda su utilización” (Pinilla-A., 2014).

3. METODOLOGÍA

3.1 Procedimiento

Se elaboró la revisión bibliográfica sobre la información reciente referente a macroinvertebrados como indicadores de buena calidad del agua, en la cual fueron incluidos artículos, tesis e informes de revistas nacionales e internacionales, en las cuales se verificó la autenticidad del documento y la validez de los respectivos datos que contienen. Como criterio de selección bibliográfica se tuvo en cuenta que fuera superior al año 2006 para tener información actualizada y que aportara información referente a las variables propuestas. Una vez recopilada la información (25 artículos) los cuales fueron trabajados en el programa Zotero, se elaboró una base de datos la cual nos permite analizar el máximo y el mínimo de cada variable las cuales fueron seleccionadas según la temática correspondiente a 'Macro invertebrados' y de acuerdo a los parámetros más indispensables en la investigación los cuales fueron temperatura, pH, turbiedad, msnm, calidad, nitritos, nitratos, orden, familia, genero, solidos disueltos, oxígeno disuelto, conductividad, y coliformes totales.

3.2 Temperatura

La Temperatura es una “variable significativa en los organismos acuáticos, ya que influyen sobre su productividad, abundancia y composición, para temperaturas menores hay abundancia bacteriana y se determina que las densidades más altas están directamente proporcionales a las temperaturas mayores de sus aguas” (Amparo Canosa & Gabriel Pinilla, 2006).

“Los macro invertebrados son sensibles a los incrementos bruscos de temperatura del agua, si bien muchas especies resistentes podría persistir si la temperatura aumenta en 3°C, entre el 5 y 12% de las especies más raras estarían en riesgo de extinción local” (Nabor Moya, François-Marie Gibon, Thierry Oberdorff, Claudio Rosales y Eduardo Domínguez, 2010).

“La temperatura del medio es un Factor que determina la distribución de los macro invertebrados acuáticos afecta la eclosión de los huevos” (Hawker, 1980; Roldán, 1992).

3.3 pH

El pH es un indicativo de grado de acidez, basicidad y alcalinidad del agua. “Es a menudo una variable frente a la cual responden los organismos que dependen de ella para sobrevivir y cuya alteración se manifiesta por elementos externos de modificación del hábitat o de contaminación” (Esteban Terneus, 2012).

3.4 oxígeno disuelto

El oxígeno también es un factor determinante para el desarrollo de los macro invertebrados. “Así el incremento de materia orgánica en el agua produce una proliferación de los microorganismos encargados de su descomposición. Esto genera entre otros efectos, una reducción de la concentración de oxígeno disuelto en el agua y un aumento de la concentración de nutrientes inorgánicos, como el amonio y el fosfato. La mayoría de los invertebrados son sensibles a esta reducción de oxígeno disuelto, de tal forma que reducen su abundancia o incluso desaparecen. Por el contrario, otros grupos toleran bien las bajas concentraciones de oxígeno disuelto. Estos grupos presentan adaptaciones a la anoxia, con mayor cantidad de pigmentos respiratorios específicos capaces de fijar oxígeno a muy baja concentración o la capacidad de obtener energía

por medio de fermentación anaerobia” (JULIE ANDREA GIL GÓMEZ, 2014). Por otra parte “los valores de oxígeno disuelto obtenidos en el estudio indican niveles relativamente buenos de oxígeno este gas depende de las características que tenga el cauce estudiado, la turbulencia del agua y los procesos químicos y biológicos e influye en la riqueza y los patrones de distribución de las familias de macro invertebrados” (Guerrero Bolaño, 2003).

3.5 Conductividad

El factor fisicoquímico como la conductividad es determinante en la distribución de los macro invertebrados acuáticos donde los organismos son más sensibles (Morelli, 2014)

“La cual indica niveles de sales ionizadas, como cloruros o iones de sodio, etc. Además, este parámetro permite relacionar e interpretar resultados con los sólidos disueltos en las descargas o cuerpos de agua” (Sierra Ramírez, C.A, 2012).

3.6 Turbiedad

La turbiedad es el grado de opacidad en el agua debido a la presencia de material particulado en suspensión. “La turbiedad, afecta directamente aquellos organismos que requieren directamente de las plantas para su alimentación, ya que estos factores reducen la entrada de los rayos solares suprimiendo la producción primaria” (JULIE ANDREA GIL GÓMEZ, 2014).

3.7 Sólidos disueltos

“Indican la presencia de sales disueltas, partículas en suspensión de carácter orgánico e inorgánico. Con los sólidos se puede establecer relaciones con otros parámetros como la DQO y la DBO, generando resultados más acertados” (Durán, 2016)

3.8 Coliformes totales

“Los coliformes totales se utilizan para identificar posibles cambios en la localidad biológica del agua, indicando que el cuerpo de agua ha sido contaminado con materia orgánica de origen fecal, tanto animal como humana, viéndose acelerada la productividad primaria de los cuerpos loticos” (Durán, 2016)

3.9 Macro invertebrados

“Se denomina 'macro invertebrados' a aquellos invertebrados que alcanzan a lo largo de su ciclo de vida un tamaño superior a 0,200 mm. Estos se caracterizan por ser abundantes, de amplia distribución y fáciles de coleccionar, e identificar, si se comparan con otros grupos menores, además son sedentarios y reflejan las condiciones locales, poseen ciclos de vida largos, son apreciables a simple vista, se pueden cultivar en el laboratorio, varían poco genéticamente y responden rápidamente a los cambios ambientales, lo cual los posiciona como modelo indicador de la calidad del agua.

Estos índices bióticos suelen ser específicos para un tipo de contaminación y/o región geográfica, y se basan en el

concepto de organismo indicador. Permiten la valoración del estado ecológico de un ecosistema acuático afectado por un proceso de contaminación. Para ello, a los grupos de una muestra, se les asigna un valor numérico en función de su tolerancia a un tipo de contaminación, los más tolerantes reciben un valor numérico menor y los más sensibles un valor numérico mayor, la suma de todos estos valores indica la calidad de ese ecosistema. Aunque en un principio se desarrollaron índices bióticos en los cuales era necesario una identificación taxonómica de los macro invertebrados hasta el nivel de género o especie, se ha comprobado posteriormente que los índices más prácticos son aquellos en los que solo son necesarios datos cualitativos (presencia o ausencia) y una identificación taxonómica hasta el nivel de familia” (Bárbara Miravet S, Alberto E. García R, Pedro López, Giraldo García & Eduardo Salinas C., 2016).

Tabla 1 Resultados estadísticos de las variables fisicoquímicas analizadas.

Variables fisicoquímicas	Temperatura	pH	Oxígeno Disuelto	Conductividad	Sólidos Disueltos
Promedio	24,2	7,2	7,7	94,2	157,6
Mínimo	12	5,6	1,0	2,3	14,5
Máximo	40	10	10	274	394
Mediana	23,5	7	7,8	100	65
Moda	24	5,6	10	100	65
Desviación Estándar	8,02	1,22	5,02	70	152,6

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

A continuación se describen los datos obtenidos del procesamiento de la información presentada donde se encontraron las familias de macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua y registro de parámetros fisicoquímicos que se relacionan con la tolerancia que tienen los organismos. Se iniciará mostrando una tabla 1, la evaluación de las variables fisicoquímicas más relevantes en el proceso de esta investigación, teniendo en cuenta las opciones planteadas según la manifestación de cada autor respecto al tema, donde se obtuvo la mediana, moda y desviación estándar respecto a la media obtenida.

4.1 pH

El pH presentó un valor promedio de 7,2 (Tabla 1),

siendo el pH mínimo de 5,6 lo cual es considerado ligeramente ácido, en el cual la mayoría de las familias de los macro invertebrados son indicadores de buena, mala y regular calidad de agua; el pH máximo es de 10 moderadamente alcalino los macro invertebrados tolerantes a este tipo de pH son indicadores de regular calidad de agua, se puede concluir la correlación de la variable con los macro invertebrados que habitan en este tipo de condiciones ya que para el agua potable el pH se encuentra en rangos de 6-9. Algunas de las familias presentes con pH >9 son Clitellata, Coleóptera, Haptotaxida, Hemiptera. (Figura 1-2). Los órdenes de los macro invertebrados que se destacan a partir del pH son Coleóptera, Clitellata, Haptotaxida, Plecóptera, Rynchobdellida, Hemiptera ya que se encuentran indicado muy buena calidad del agua.

Figura 1 Parámetro químico pH min relacionado con los macro invertebrados como bioindicadores de la calidad del agua

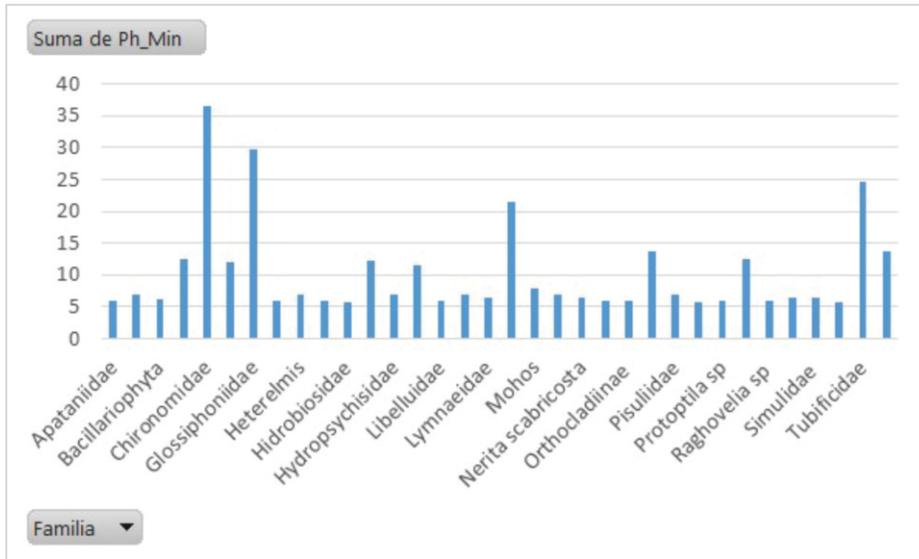
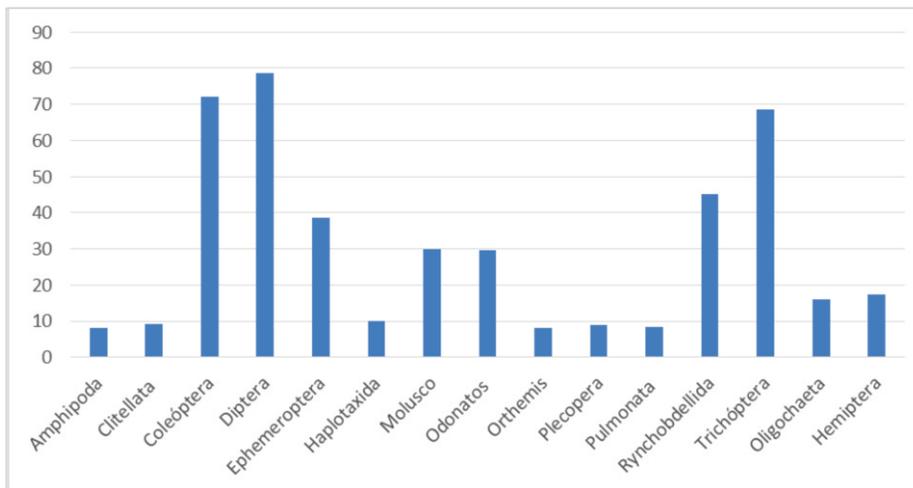


Figura 2 Parámetro químico pH Max relacionado con los macro invertebrados como bioindicadores de la calidad del agua.



4.2 Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto obtuvo un valor promedio de 7,7mg/L (Tabla 1), se registraron concentraciones mínimas de oxígeno disuelto 1,0 mg/L y máximas de 10 mg/L en el cual las familias de macro invertebrados que se encuentran por debajo de 4mg/L son indicadores de muy baja calidad del agua, y los que están por encima de este rango son

indicadores de buena calidad los cuales son la gran mayoría de los macro invertebrados los cuales se pueden ver en la (Figura 3-4). Los macro invertebrados que predominan según el oxígeno disuelto de rangos mínimos y máximos son los siguientes: Chironomidae, Elmidae, Glossiphoniidae, Hidrobiosidae, Hydrophilidae, Hydropsychisidae, Perlidae, Tubificidae y Veliidae estos organismos son indicadores de buena calidad del agua.

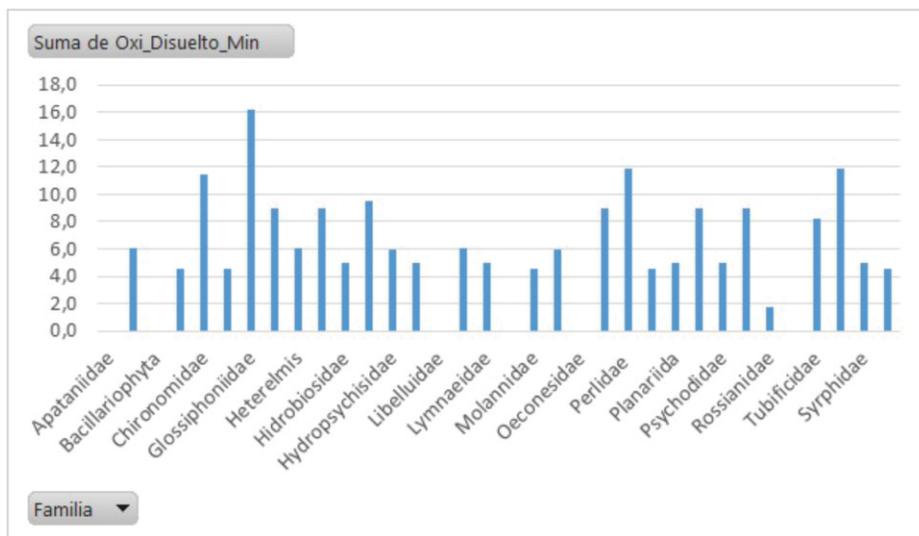


Figura 3. Parámetro químico oxígeno disuelto mínimo relacionado con los macro invertebrados como bioindicadores de la calidad del agua.

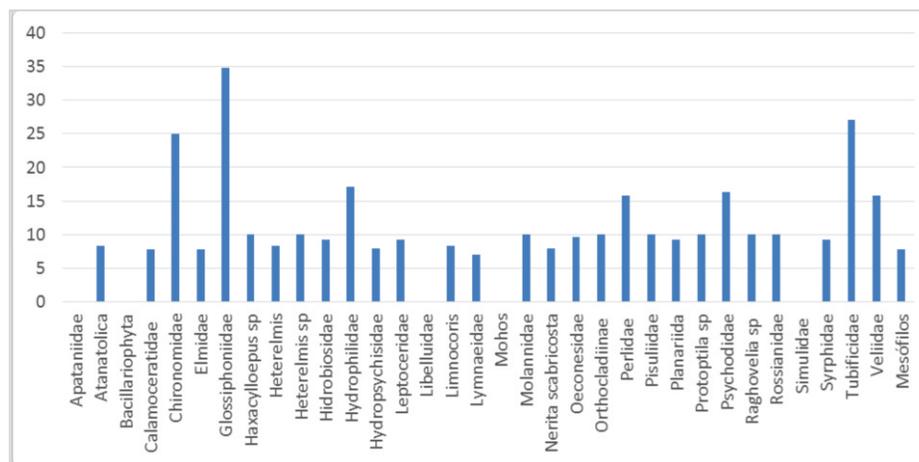


Figura 4. Parámetro químico oxígeno disuelto máximo relacionado con los macro invertebrados como bioindicadores de la calidad del agua.

4.3 Conductividad

La conductividad presento un valor promedio de 94,2 $\mu\text{s}/\text{cm}$ el valor máximo presente es de 274 $\mu\text{s}/\text{cm}$ y el valor mínimo presente es de 2,3 $\mu\text{s}/\text{cm}$ se atribuyen a las condiciones de contaminación del agua (Tabla 1).

A partir de una conductividad de 20 $\mu\text{s}/\text{cm}$ a 274 $\mu\text{s}/\text{cm}$ se determina que el agua se encuentra en buena calidad cuando

la conductividad es máxima y cuando es mínima en regular calidad, algunas familias de macro invertebrados que predominan dependiendo de la conductividad mínima y máxima son: Veliidae, Chironomidae, Rossianidae, Glossiphoniidae, Psychodidae, Calamoceratidae, y Atanatolica (Figura 5-6)..

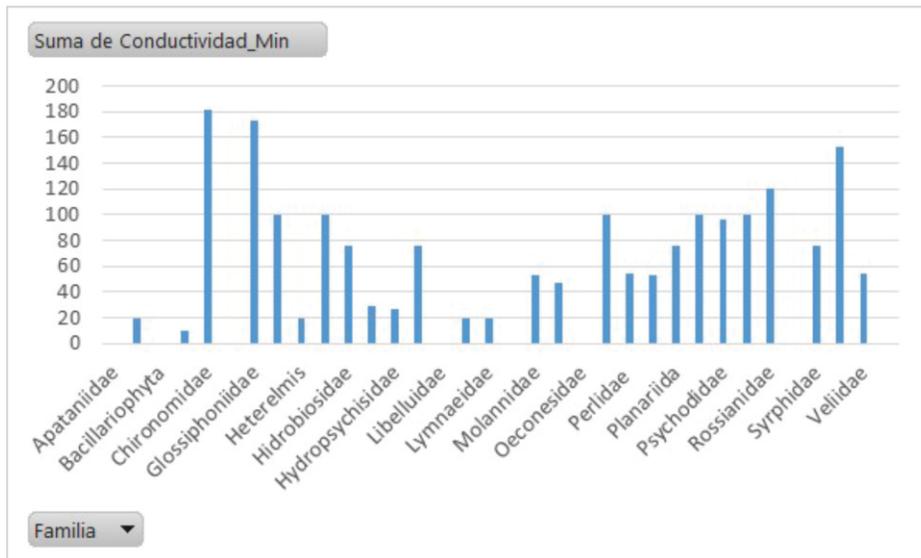


Figura 5. Parámetro físicos conductividad mínima relacionada con los macro invertebrados como bioindicadores de la calidad del agua

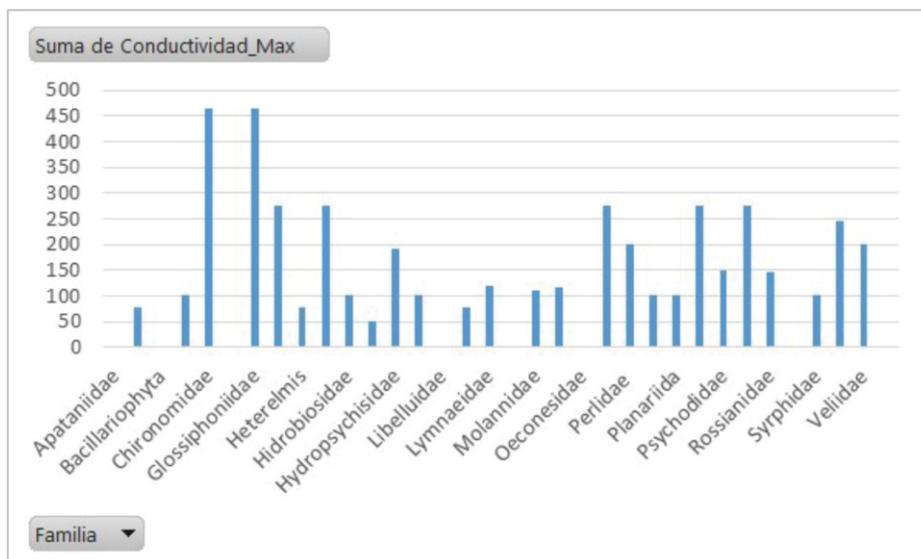


Figura 6. Parámetro físicos conductividad máxima relacionada con los macro invertebrados como bioindicadores de la calidad del agua

4.4 Sólidos disueltos totales

Los sólidos disueltos presentan un valor promedio de 157,6 mg/L. (Tabla 1) un valor mínimo de 14,5 mg/L, cuyo valor pertenece a aguas de buena calidad y un valor máximo de 394 mg/L en los cuales se encuentran en aguas de mala calidad. Los sólidos disueltos máximos se encuentran en un promedio de regular calidad del agua y el mínimo de mala

calidad gráfica (2) Algunos de las familias de macro invertebrados que predominan dependiendo de los sólidos disueltos son: Atanatolica, Chironomidae, Glossiphoniidae, Hydropsychisidae, Perlidae, Veliidae, son organismos indicadores de buena calidad del agua. (Figura 7-8).

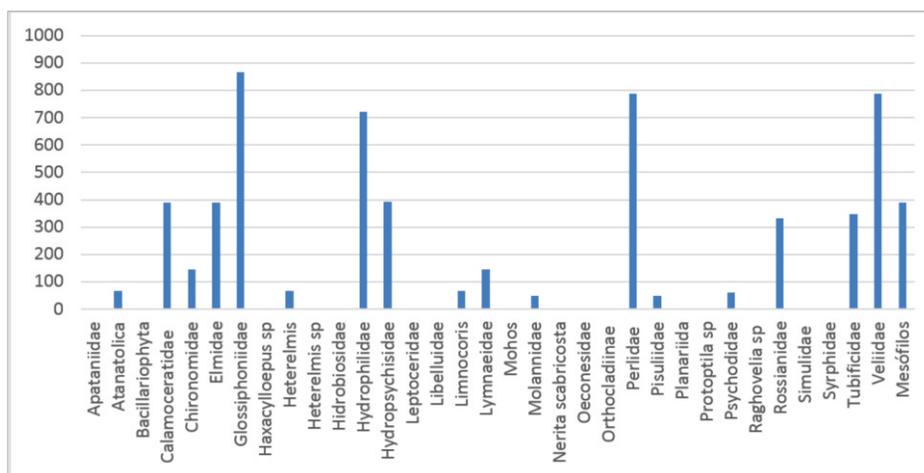


Figura 7. Parámetro físicos sólidos disueltos máximos relacionado con los macro invertebrados como bioindicadores de la calidad del agua

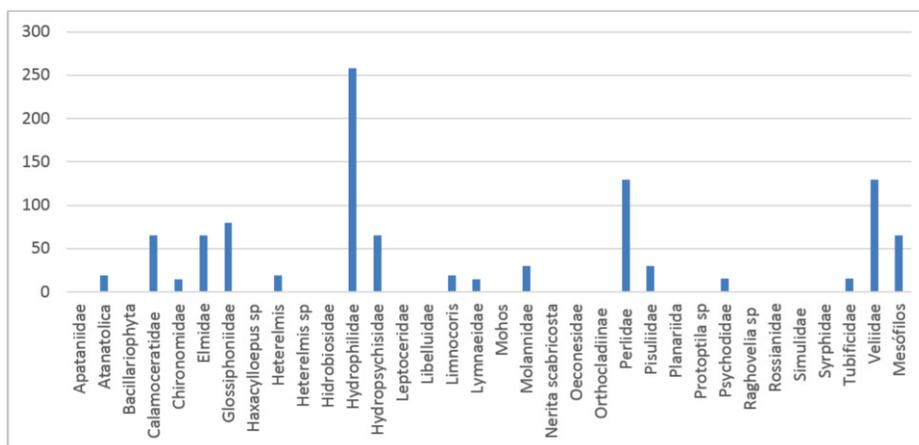


Figura 8. Parámetro físicos sólidos disueltos mínimos relacionado con los macro invertebrados como bioindicadores de la calidad del agua

4.5 Temperatura

La temperatura presento un valor promedio de 24,2°C (Tabla 1) con lo cual se determina que la mayoría de las familias de macro invertebrados estudiados toleran este rango óptimo, además la gran mayoría de estos organismos presentes en este rango de temperatura son indicadores de buena calidad del agua I (Figura 9-10). Esta variable es importante ya que permite identificar los macro invertebrados tolerantes a los parámetros en que se

encuentre el agua; para temperaturas mayores a la temperatura promedio existe reducción de la riqueza de la comunidad de especies ya que a temperaturas mayores de 24,2°C, se afecta la eclosión de los huevos y la reproducción de los mismos. Los macro invertebrados presentes en las temperaturas mínimas y máximas son: Atanatolica, Bacillariophyta, Calamoceratidae, Chironomidae, Glossiphoniidae, Tubificidae y Veliidae, son organismos indicadores de buena calidad del agua.

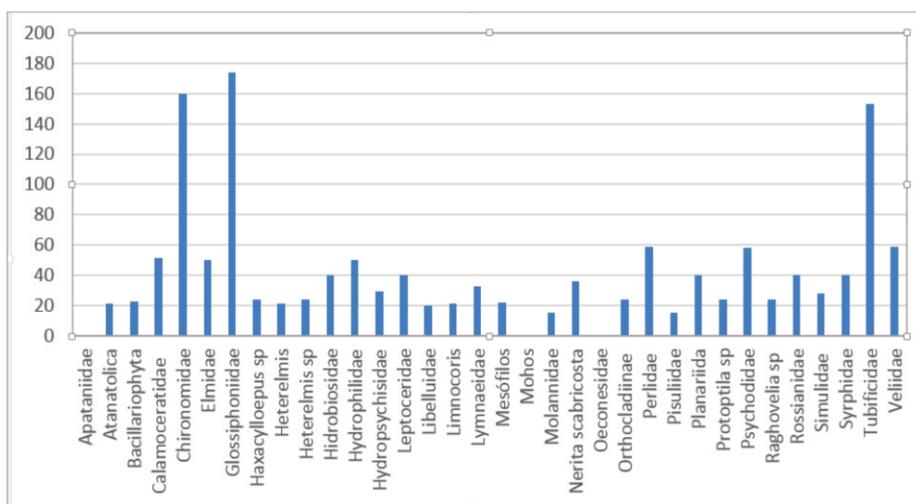


Figura 9. Parámetro físicos temperatura máxima relacionada con los macro invertebrados como bioindicadores de la calidad del agua

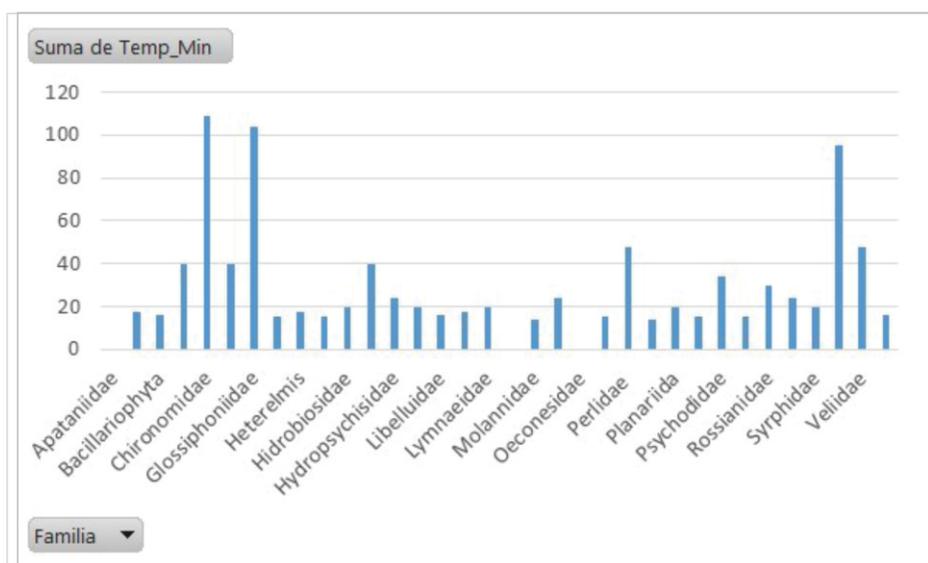


Figura 10. Parámetro físicos temperatura mínima relacionada con los macro invertebrados como bioindicadores de la calidad del agua

5. CONCLUSIONES

- Se determina que mediante la presencia o ausencia de macro invertebrados se puede conocer la calidad de agua que posee un sistema hídrico, los organismos indicadores de buena calidad del agua es decir aguas ligeramente contaminadas son aquellos que su grado de tolerancia ante un tipo contaminante es bajo por lo que no se dan en aguas altamente contaminadas estos son: Elmidae, Leptoceridae, Hydropsychidae, Hydrophilidae, Trichóptera, Apataniidae, Calamoceratidae, Elmidae, Leptoceridae, Lymnaeidae, Molannidae, Oeconesidae, Pisuliidae, Rossianidae, Simuliidae y Veliidae.
- De acuerdo a lo anterior podemos deducir que hay discrepancias en la composición de los macro invertebrados por lo que algunos organismos tienen más tolerancia a estados deplorables de sistemas hídricos como lo son las familias Tubificidae, Lymnaeidae, Mesófilos y Glossiphoniidae indicadores de muy mala calidad del agua es decir aguas en las que se ha sobrepasado la capacidad de autodepuración del recurso.
- Los organismos de macro invertebrados que están dispuestos a los disturbios en aguas de condiciones de mala calidad son los Mesófilos, Chironomidae y Glossiphoniidae tolerantes aguas altamente contaminadas. Los organismos que habitan en recursos regularmente contaminados o aguas moderadamente contaminadas son: Planariida, Psychodidae, Syrphidae.
- El promedio hallado de la temperatura más tolerante por macro invertebrados fue de 24,2°C, promedio por el cual se encontraron familias como Chironomidae, Elmidae, Glossiphoniidae, Hidrobiosidae, Hydrophilidae, Hydropsychidae, Perlidae, Tubificidae y Veliidae, algunas son indicadoras de mala calidad y otras de buena calidad del agua por lo que se concluyó que la temperatura es una variable muy cambiante que influye si son temperaturas muy elevadas ya que muchos de los macro invertebrados no las toleran y se consideran aguas de mala calidad, mientras que la temperatura promedio no es muy significativa en la relación de calidad del agua y los macro invertebrados que habitan allí pues varias familias toleran este rango.
- La conductividad, según lo indicado por el índice de la calidad del agua (ICA) debe estar entre los valores de (2000 $\mu\text{s}/\text{cm}$), los valores obtenidos en el estudio los análisis de macro invertebrados hallados están muy por debajo por lo establecido por el índice de la calidad del agua (ICA), los niveles de conductividad que se obtuvieron en el estudio fue 94,2 $\mu\text{s}/\text{cm}$ las familias de macro invertebrados que soportan están conductividad son : Veliidae, Chironomidae, Rossianidae , Glossiphoniidae, Psychodidae, Calamoceratidae, y Atanatolica los cuales se encuentran en buena calidad.
- El pH según lo indicado por el índice de calidad del agua (ICA) debe estar entre 6-9, el cual presento un valor promedio normal, se pudo determinar que las familias de macro invertebrados que toleran el pH de 7,2 Coleóptera, Clitellata, Haplotaxida, Plecopera, Rynchobdellida, Hemiptera ya que se encuentran indicado muy buena calidad del agua.
- Una cifra considerable de la alta representatividad de macro invertebrados encontrados en la investigación fueron los pertenecientes a las familias Hydropsychidae y Chironomidae se vieron en la mayoría de los estudios realizados seguramente porque están en todo tipo de corriente de agua, aunque en la investigación nos arroja distintas tolerancias y por ende son diferentes indicadores de la calidad de agua la familia Hydropsychidae tolera bajos

niveles de contaminación ya que está en rangos de bajos niveles de oxígeno, conductividad, y oscila en temperaturas mínimas de 24°C y por el contrario la familia Chironomidae tolera altos niveles de contaminación por habitar en altas concentraciones de oxígeno disuelto y conductividad donde hay abundancia de sólidos disueltos y temperaturas de 19°C a 28°C.

- Algunos organismos como los pertenecientes a la familia de Tubificidae fueron los más catalogados en los estudios realizados como indicadores de aguas con calidad muy mala dentro de los criterios establecidos para los parámetros

según el índice de calidad esta familia obtuvo altas concentraciones de oxígeno disuelto, conductividad y soportan temperaturas hasta de 39,7°C según lo analizado.

- Los parámetros fisicoquímicos son complementarios en los procesos de determinación de calidad de agua ya que son directamente proporcionales e influyentes en las tolerancias que presentan los macro invertebrados y en conjunto con los organismos presentes se ve la alteración del ecosistema y se determina la calidad de agua según

6. BIBLIOGRAFÍA

Abundancias del bacterioplancton y del fitoplancton.pdf. (s. f.).

Acevedo Osorio, G. O., Duran Ospina, P., & Betancur, C. L. (2016). Calidad microbiológica del agua en dos instituciones de salud del eje cafetero, Colombia 2015. Archivos de Medicina (Col), 16(2). Recuperado a partir de <http://www.redalyc.org/html/2738/273849945004/>

Análisis de calidad de agua de la quebrada la Ayura.pdf. (S. f.).

Barbosa, A. H. da S., Silva, C. S. P., Araujo, S. E. de, Lima, T. B. B. de, & Dantas, I. M. (2016). Macroinvertebrados Bentônicos Como Bioindicadores da Qualidade da Água em um Trecho do Rio Apodi-mossoró. *Holos*, 7, 121. <https://doi.org/10.15628/holos.2016.4183>

Calidad de las aguas del río Ariguanabo según índices.pdf. (s. f.).

Calizaya-Anco, J., Avendaño-Cáceres, M., & Delgado-Vargas, I. (2013). Evaluación de la calidad del agua fluvial con diatomeas (Bacillariophyceae),

una experiencia en Tacna, Perú. *Revista peruana de medicina experimental y salud pública*, 30(1), 58–63.

Canosa, A., & Pinilla, G. (2007). Relaciones entre las abundancias del bacterioplancton y del fitoplancton en tres ecosistemas lénticos de los Andes Colombianos. *Revista de biología tropical*, 55(1), 135–146.

Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, Mena Mejía, I., Bustamante González, Á., Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, Vargas López, S., Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, ... Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. (2017). Evaluación de la condición ecológica del río zahuapan. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33(1), 7 - 19. <https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.01.01>

Determinación del caudal ambiental y su relación con variables indicadoras de calidad del recurso hídrico. (2015). *Luna Azul*, (40). <https://doi.org/10.17151/luaz.2015.40.2>

Determinación del caudal ambiental y su relación.pdf. (S. f.).

Evaluación de la Calidad del Agua en Algunos Puntos.pdf. (S. f.).

Evaluación de la calidad del agua fluvial con. pdf. (S. f.).

Gunkel, G. (2003). Limnología de un Lago Tropical de Alta Montaña, en Ecuador: características de los sedimentos y tasa de sedimentación. *Revista de biología tropical*, 51(2), 381–390.

Limnologia.pdf. (s. f.).

Macroinvertebrdos rio quevedo, ecuador.pdf. (S. f.).

Madera, L. C., Angulo, L. C., Díaz, L. C., & Rojano, R. (2016). Evaluación de la Calidad del Agua en Algunos Puntos Afluentes del río Cesar (Colombia) utilizando Macroinvertebrados Acuáticos como Bioindicadores de Contaminación. *Información Tecnológica*, 27(4), 103–110. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642016000400011>

Martínez-Rodríguez, M. D. Á., & Pinilla-A., G. A. (2015). Valoración de la calidad del agua de tres ciénagas del departamento de cesar mediante macroinvertebrados asociados A *Eichhornia crassipes*. *Caldasia*, 36(2), 305–321. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v36n2.47489>

Miravet Sánchez, B. L., García Rivero, A. E., López Del Castillo, P., Alayón García, G., & Salinas Chávez, E. (2016). Calidad de las aguas del río Ariguanabo según índices físico-químicos y bioindicadores. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 37(2), 108–122.

Moreno, Y. M., Ramírez, N. A., Caicedo, O., & Palacio, J. (2010). Dinámica multianual de los macroinvertebrados acuáticos bentónicos en la Quebrada Vegas de la Clara. *Revista Institucional Universidad Tecnológica del Chocó Investigación Biodiversidad y Desarrollo*, 29(2), 201–210.

Moya, N., François-Marie, G., Oberdorff, T., Rosales, C., & Domínguez, E. (2009). Comparación de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en ríos intermitentes y permanentes del altiplano boliviano: implicaciones para el futuro cambio climático. *Ecología aplicada*, 8(1-2), 105–114.

Oyague-Passuni, E. (2009). Discusión sobre el número de unidades muestrales y tamaño de unidad muestral para la estimación de valores de densidad de macroinvertebrados bentónicos en ambientes loticos. *Ecología Aplicada*, 8(2). Recuperado a partir de <http://www.redalyc.org/html/341/34112150008/>

Patógenos e Indicadores microbiológicos da qualidade da água.pdf. (s. f.).

Paz, D. L. H., Cruz, E. L., & Blanco, J. F. (2013). Distribución espacial del ensamblaje de macroinvertebrados asociada al litoral rocoso del PNN Ensenada de Utría, Pacífico Colombiano. *Revista de Ciencias*, 17(2), 137–149.

Macro invertebrados bentónicos como bioindicadores da qualidade da água em um trecho do rio apodi-mossoró. (s. f.).

Riss, W., Ospina, R., & Gutiérrez, J. D. (2002). Establecimiento de valores de bioindicación para macroinvertebrados acuáticos de la sabana de Bogotá/Construction of a biological indication system for aquatic macroinvertebrates of the Savanna of Bogotá. *Caldasia*, 135–156.

Ruiz-Cobo, D. H., Feijoo, A., & Rodríguez, C. (2010). Comunidades de macro invertebrados edáficos en diferentes sistemas de uso del terreno en la cuenca del Río Otún, Colombia. *Acta zoológica mexicana*, 26(SPE.2), 165–178.

Toro, C. A. B., Pardo, J. F. N., & Gonzales, J. M. A. (2014). Determinación de la calidad ecológica del río Tuluá Valle del Cauca. *Revista Mutis*, 4(2), 35–43.

Universidad de Antioquia, Ríos-Tobón, S., Agudelo-Cadavid, R. M., Universidad de Antioquia, Gutiérrez-Builes, L. A., & Universidad Pontificia Bolivariana. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 35(2), 236-247. <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08>

Valoración de la calidad del agua de tres ciénagas del departamento de.pdf. (s. f.).

Valverde Legarda, N. L., Caicedo Quintero, O., & Aguirre Ramírez, N. J. (2009). Análisis de calidad de agua de la quebrada La Ayurá con base en variables fisicoquímicas y macroinvertebrados acuáticos. Recuperado a partir de <http://repository.lasallista.edu.co/dspace/handle/10567/541>

Vélez-Azañero, A., Lozano, S., & Cáceres-Torres, K. (2016). Diversidad de fitoplancton como indicador de calidad de agua en la cuenca baja del río Lurín, Lima, Perú. *Ecología Aplicada*, 15(2), 69. <https://doi.org/10.21704/rea.v15i2.745>

Yépez Rosado, Á., Yanez, Y., Bolívar, Á., Zambrano, U., Pablo, J., Morales Cabezas, D. C., ... TayHing, C. C. (2017). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad hídrica en áreas de descargas residuales al río Quevedo, Ecuador. *Ciencia y Tecnología* (1390-4051), 10(1). Recuperado a partir de <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=13904051&AN=124370450&h=%2F4CXqAPhFxUqbaT%2B%2BUsvcRk%2F9NGudiBcCzOUYFmw8ucdJI1RpCn0M%2BQ%2Fzgz6rkOd2YfGRPTKq%2FAwtFbft0ig%3D%3D&crl=c>