

Calidad biológica de cuatro ríos de la provincia de Bocas del Toro con el uso de macroinvertebrados acuáticos

Vanessa Vianeth Valdés Sánchez¹

vanessa.valdessa@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0001-9909-4366>

Universidad de Panamá, Centro Regional
Universitario de Bocas del Toro,
Facultad de Ciencias Naturales,
Exactas y Tecnologías,
Área Ecología y Biología de la Conservación
Universidad Tecnológica de Panamá,
CR de Bocas del Toro

Henry Jonathan Castillo Adams

Henry.castillo@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0003-1969-0964>

Universidad de Panamá,
Centro Regional
Universitario de Bocas del Toro,
Facultad de Ciencias Naturales,
Exactas y Tecnologías,
Área Ecología Ambiental

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar la calidad biológica de cuatro ríos de la Provincia de Bocas del Toro con el uso de macroinvertebrados acuáticos. Se realizaron mediciones de los parámetros biológicos con la recolección de los macroinvertebrados acuáticos una vez al mes con una red tipo D durante tres meses en temporada lluviosa (septiembre, octubre y noviembre de 2018). Se realizaron análisis fisicoquímicos, microbiológicos y caracterizaciones visuales de los cuatro ríos siguiendo como referencia el Protocolo para evaluación rápida de ríos y quebradas de Mafla Herrera (2005). Los resultados muestran que la calidad ecológica con la utilización de macroinvertebrados acuáticos reflejó que el Río San San posee una calidad dudosa, el Río Oeste es aceptable, mientras que el Río Negro y Changuinola es buena. El análisis fisicoquímico presentó valores altos de salinidad, conductividad y sólidos totales disueltos en los Ríos San San, Oeste y Negro, en tanto que el Río Changuinola presentó valores normales. El análisis microbiológico de los ríos San San, Oeste y Negro, indicó la presencia de coliformes totales y *E. coli*. Estos resultados constituyen un soporte fundamental para el fortalecimiento del protocolo de biomonitoreo de la calidad del agua en Panamá.

Palabras Clave: *macroinvertebrados; fisicoquímico; calidad ecológica; biodiversidad.*

¹ Autor Principal

Biological quality of four rivers in the province of Bocas del Toro with the use of aquatic macroinvertebrates

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the biological quality of four rivers in the Province of Bocas del Toro with the use of aquatic macroinvertebrates. Measurements of the biological parameters were made by collecting the aquatic macroinvertebrates once a month with a type D net for three months in the rainy season (September, October and November 2018). Physicochemical, microbiological analyzes and visual characterizations of the four rivers were carried out following the Protocol for rapid evaluation of rivers and streams of Mafla Herrera (2005) as a reference. The results show that the ecological quality with the use of aquatic macroinvertebrates reflected that the San San River has a doubtful quality, the Oeste River is acceptable, while the Negro and Changuinola Rivers are good. The physicochemical analysis showed high values of salinity, conductivity and total dissolved solids in the San San, Oeste and Negro Rivers, while the Changuinola River presented normal values. The microbiological analysis of the San San, Oeste and Negro rivers indicated the presence of total coliforms and E. coli. These results constitute a fundamental support for the strengthening of the biomonitoring protocol of water quality in Panama.

Keywords: macroinvertebrates; physicochemical; ecological quality; biodiversity

Artículo recibido 05 Mayo 2023

Aceptado para publicación: 20 Mayo 2023

INTRODUCCIÓN

El aumento de la población trae consigo el desarrollo de actividades como la agricultura, la ganadería, la construcción de edificios y carreteras, la minería a cielo abierto y el aumento de desechos sólidos, los cuales pueden promover un desequilibrio biológico, físico y químicos de las aguas continentales, aumentando así las partículas en suspensión. Todas estas actividades aumentan la temperatura del agua, reducen la cantidad de luz solar y alteran las condiciones químicas del agua provocando la muerte de organismos acuáticos. Esto indica que la presión que ejercen los seres humanos sobre las aguas continentales aumenta con el tiempo, alterando notoriamente sus condiciones ecológicas (Sánchez Argüello, et al., 2010).

La vegetación rivereña se encuentra más conectada a la vida que sucede dentro del río que fuera de él, cumpliendo un rol fundamental en la cadena trófica de estos ambientes y en la determinación de la composición de las comunidades que lo habitan, como son los macroinvertebrados (Morelli y Verdi, 2014). Las investigaciones donde se plantea un abordaje ecológico que integre los aspectos estructurales y funcionales de los ecosistemas acuáticos de la provincia de Bocas del Toro muy escasas y su uso en el monitoreo de la calidad biológica del agua ha sido solo circunstancial en evaluaciones ambientales.

Según Arana Maestre y Cabrera Carranza (2017), los macroinvertebrados acuáticos son animales invertebrados que tienen tamaños superiores a 0.5 mm de largo, siendo visibles a simple vista, como las esponjas, hidras, planarias, anélidos, insectos, arácnidos, crustáceos y moluscos.

Los macroinvertebrados reciben diferentes nombres de acuerdo con el tipo de adaptación que presenten, ya que pueden vivir en el fondo, en la superficie o nadar libremente. Se identifica como Neuston a los organismos que viven sobre la superficie del agua caminando, patinando o brincando; Necton son los organismos que nadan libremente en el agua y Bentos son todos aquellos organismos que viven en el fondo, adheridos a piedras, rocas, troncos, restos de vegetación y otros sustratos (Álvarez Arango, 2005). Según Hanson, et al. (2010), los grupos de macroinvertebrados que habitan en agua dulce muestran una gran variedad de adaptaciones, incluyendo importantes diferencias en sus ciclos de vida. Algunos grupos pasan todo, o casi todo, su ciclo de vida en el agua.

El uso de macroinvertebrados como indicadores de calidad de agua empezó hace más de 100 años en Europa. Hoy en día, constituye una herramienta muy útil y de relativamente bajo costo, por lo que es ampliamente utilizado en todo el mundo (Santamaría y Bernal Vega, 2016). Pero, no todos los organismos acuáticos pueden ser considerados como bioindicadores; las adaptaciones evolutivas, las diferentes condiciones ambientales y límites de tolerancia a una determinada alteración, les dan las características a ciertos grupos para que sean considerados como organismos sensibles (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera), por no soportar variaciones en la calidad del agua (Castillo Sánchez, et al., 2018).

Para Gómez Hernández y Salazar Santana (2015), el aumento en la acumulación de sedimentos conduce a cambios en la composición de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos al favorecer a algunos de ellos a expensas de los demás. Algunos taxones pertenecientes por ejemplo a Chironomidae, Oligochaeta y Sphaeriidae, habitan frecuentemente en los sedimentos porque tienen la capacidad de vivir enterrados en él.

Factores como la profundidad, pH, alcalinidad, dureza, iones de calcio, clase de sedimentos, materia orgánica, contaminantes tanto industriales como domésticos, determinan la abundancia relativa de especies (Gómez Hernández y Salazar Santana, 2015).

La contaminación de los ríos es uno de los problemas más antiguos que ha venido enfrentando la humanidad, en donde, el aumento de la población a las orillas de estos provoca el aumento de desperdicios tanto orgánicos como inorgánicos que vienen afectando la fauna y la flora del área.

La relación existente entre las comunidades de macroinvertebrados y el ambiente fluvial es muy estrecha, siendo importante saber cómo estas comunidades varían cuando las condiciones ambientales cambian (Sánchez Argüello et al., 2010).

Para Morelli y Verdi (2014), la vegetación riverense se encuentra más conectada a la vida que sucede dentro del río que fuera de él, cumpliendo un rol fundamental en la cadena trófica de estos ambientes y en la determinación de la composición de las comunidades que lo habitan, como son los macroinvertebrados.

El agua contaminada puede causar enfermedades e, incluso, la muerte. En algunos casos, la polución es obvia, ya sea por su coloración, olor desagradable o por la presencia de basura o materia orgánica en

descomposición, pero otras veces, puede aparentar ser de buena calidad, pero estar contaminada (Del Moral, 2008).

La evaluación de la calidad del agua se ha realizado tradicionalmente basada en los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos. Pero, en los últimos años, muchos países han aceptado la inclusión de los macroinvertebrados para evaluar la calidad de los ecosistemas acuáticos. Por lo tanto, la biología y la química, están estrechamente relacionadas; en la evaluación de las aguas naturales y contaminadas juegan papeles complementarios (Roldán-pérez, 2016).

El uso de macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua está basado en que dichos organismos ocupan un hábitat con características ambientales específicas, y cualquier cambio en las condiciones ambientales se reflejará, por tanto, en las estructuras de estas comunidades (Arana Maestre y Cabrera Carranza, 2017).

Se destaca el hecho de que en Panamá se han realizado algunas investigaciones que determinan la diversidad de familias y géneros de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua en los ríos de mayor importancia potencial para sus comunidades, y también para áreas turísticas (Sánchez Argüello et al., 2010; Ríos et al., 2015; Santamaría y Bernal Vega, 2016; Cornejo et al., 2017).

Estudios basados en esta metodología han permitido un conocimiento del estado ecológico de ríos y lagos, lo cual ha servido de base para elaborar planes para una sorprendente recuperación en los últimos años (Ríos et al., 2015).

Considerando lo explicado la pregunta de la investigación es ¿Cuál es la calidad biológica de cuatro ríos de la Provincia de Bocas del Toro con el uso de macroinvertebrados acuáticos?, y como objetivo de estudio evaluar la calidad biológica de cuatro ríos de la Provincia de Bocas del Toro con el uso de macroinvertebrados acuáticos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo y diseño del estudio. Esta investigación posee un enfoque mixto, de diseño no experimental y tipo de investigación longitudinal, prospectiva y analítica (Hernández Sampieri, et al., 2014).

Descripción del área de estudio. El estudio se realizó en cuatro ríos de la Provincia de Bocas del Toro, siendo éstos: Río Negro, Río San San, Río Changuinola y Río Oeste (Tabla 1).

Tabla 1. Localización geográfica de las estaciones de muestreo ubicadas en cuatro ríos de la Provincia de Bocas del Toro

Ubicación	Río Negro	Río San San	Río Changuinola	Río Oeste
Coordenadas	Longitud 82°34'25.6"W;	Longitud 82°32'56.76"W;	Longitud 82°31'8.67"W y	Longitud de 82°24'0.25"W;
	Latitud 9°28'53.75"N	Latitud 9°27'58.63"N	Latitud 9°24'18.42"N	Latitud 9°15'16.73"N
Altitud (m.s.n.m.)	22 msnm	21 msnm	21 msnm	18 msnm
Tipo de bosque	Áreas de cultivo y Bosque secundario	Pastizales y áreas de cultivo	Pastizales y Bosque secundario	Pastizales y Bosque secundario
Cobertura boscosa (%)	40	20	40	40
Tipo de sustrato	Sedimento	Sedimento	Grava-gravilla	Sedimento

Métodos e instrumentos de recolección de datos

▪ Parámetros biológicos (Macroinvertebrados acuáticos).

La recolección de los macroinvertebrados acuáticos se realizó una vez al mes con una red tipo D net y de forma manual recogiendo muestras en un transecto lineal de aproximadamente 100 m en sentido de la corriente, tomando en consideración los sustratos como rocas y hojarasca (Cornejo et al., 2017). Este procedimiento se llevó a cabo por 10 minutos con 3 réplicas para cada punto de muestreo durante tres meses en temporada lluviosa (septiembre, octubre y noviembre). Los organismos se recolectaron con pinzas de aluminio con el fin de no dañar las estructuras externas de los organismos. Los muestreos se realizaron en dos secciones de los ríos seleccionados, con una revisión de mínimo 10 metros, y con un esfuerzo de muestreo en cada estación de dos horas.

Los contenidos de la red se transfirieron a recipientes debidamente rotulados y preservados en etanol al

70%. En el laboratorio las muestras fueron colocadas en bandejas blancas, bien iluminadas, y con la ayuda de pinzas de aluminio de punta fina se procedió a la separación de los organismos. Los macroinvertebrados y fueron identificados hasta el nivel taxonómico de Familia utilizando la literatura.

▪ **Características ecológicas de los cuatro sitios de muestreo**

Se realizó una caracterización visual del área de muestreo (durante la temporada lluviosa y seca), con especial atención en: apariencia del agua, sedimentos, zona ribereña, sombra, pozas, condición del cauce, alteración hidrológica, estabilidad de la orilla, barrera al movimiento de peces, presión de pesca, presencia de desechos sólidos, refugio para peces dentro del río o quebrada, refugio para insectos, presencia de estiércol y aumento de nutrientes de origen orgánico “produce algas”. Esta caracterización tomó como referencia el Protocolo para evaluación rápida de ríos y quebradas (SVAP -Stream Visual Assessment Protocol), presentado por Mafla Herrera (2005) y algunas características de Celi et al. (2018).

▪ **Condiciones fisicoquímicas y microbiológicas**

Fisicoquímicas. En cada sitio se registraron in situ muestras de agua por triplicado con el medidor multiparamétrico EC400 (Conductividad, TDS, Salinidad y Temperatura), un medidor de pH de alta precisión que mide pH y temperatura (Ambiente). Para determinar amonio, nitrito, nitrato, fosfato y dureza residual, se utilizó el laboratorio compacto MColortest™ (1.11151.001).

Microbiológicas. La determinación de coliformes totales y *E. coli* se realizó aplicando el kit de bacterias indicadoras (código 4-3616-UV) que incluye tubos con una tableta de nutrientes cada uno, la cual contiene nutrientes con MUG (4-methylumbelliferyl- β -D- glucuronide) y un sustrato fluorogénico, además de que un material no fluorescente es activado por una enzima bacteriana para producir un compuesto fluorescente como indicador.

Los tubos se inocularon con 10 ml de agua de muestra cada uno y se incubaron durante 24 a 48 horas. La presencia de coliformes está indicada por un cambio en el color debido a la producción de ácido y la formación de burbujas de gas en el gel reconstituido, siendo de color rojo para negativo y amarillo para positivo.

Si está presente *E. coli*, la muestra emite fluorescencia con la exposición a la luz ultravioleta (365 nm) de la linterna UV, siendo esta bacteria un indicador de contaminación fecal.

Análisis de datos

▪ Composición de macroinvertebrados

Los organismos capturados se separaron en alcohol al 70% y se determinaron a nivel de familias, usando un estereomicroscopio Leika ZOOM 2000. Para la determinación taxonómica se emplearon las claves y descripciones de Álvarez Arango (2005), Gutierrez, et al.(2010), Sermeño Chicas, et al.(2010), Sánchez Argüello et al.(2010), Palma (2013) y Peralta Argomeda et al.(2015).

La variación en la composición taxonómica se midió empleando el índice de similitud, para el cual se empleó la ecuación de SORENSEN (1948). Los valores oscilan entre 0 y 1

$$QS = 2C / A + B \quad \text{Donde:}$$

QS: Coeficiente de similitud

C: Número de especies compartidas para dos ecosistemas (A y B)

A: Número total de especies del ecosistema A.

B: Número total de especies del ecosistema B.

▪ Evaluación visual de las características ecológicas de los cuatro ríos:

Una vez aplicado el Protocolo para evaluación rápida de ríos y quebradas (SVAP -Stream Visual Assessment Protocol) y Mafla Herrera (2005) se procedió a sumar todos los puntajes de las 15 características, con valores de 1 a 10. Posterior e ello, se dividió entre 15 para obtener la evaluación del río, en donde, esta evaluación se analizó tomando como base la información de la Tabla 2.

Tabla 2. *Evaluación de ríos y quebradas*

Rangos del puntaje	Clase
9-6 a 10	Excelente
7.7.a 8.5	Bueno
6.1 a 7.0	Regular
3.1 a 5.3	Pobre
1.0 a 2.2	Muy pobre

Fuente: Mafla Herrera (2005)

1. Condiciones fisicoquímicas y microbiológicas de cuatro ríos

Se realizó un análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, comparándolos con los valores normales.

2. Calidad ecológica de cuatro ríos de la Provincia de Bocas del Toro con el uso de macroinvertebrados acuáticos

Para determinar la calidad ecológica del agua en cada río se aplicó el Biological Monitoring Working Party/Panamá (BMWP/Pan/ BMWP/Col) (Cornejo et al., 2017)(García, 2018). Este índice se basa en la utilización de familias de insectos acuáticos asociados con los cuerpos de agua, tomando en consideración los valores de tolerancia asignados a cada familia. Este índice se obtiene al ordenar las familias de macroinvertebrados acuáticos en 10 grupos siguiendo un gradiente de menor a mayor tolerancia a la contaminación. A cada familia le corresponde una puntuación que oscila entre 10 y 1, siendo la calificación de 10 para las familias más intolerantes a la contaminación, mientras que las familias con calificación de 1 son las más tolerantes. La suma de las puntuaciones de todas las familias proporciona la puntuación total BMWP/Pan/Col (Cumbreira y Rodríguez, 2018; García, 2018). Los resultados se analizan tomando como base la Tabla 3.

Tabla 3. *Análisis de Calidad de Agua*

Clase	Calidad	BMWP/Col	Significado
I	Buena	>150 101-120	Aguas muy limpias a limpias
II	Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas
II	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas
IV	Crítica	16-35	Aguas muy contaminadas
V	Muy crítica	<15	Aguas fuertemente contaminadas

Fuente: Tomado de García (2018)

Esta evaluación se integró a los resultados de los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y ecológicos a través de una correlación entre ellos y el BMWP/Pan.

RESULTADOS

Composición de macroinvertebrados presentes en el Río Negro, Río San San, Río Changuinola y Río Oeste. Un total de 597 ejemplares de macroinvertebrados fueron colectados, pertenecientes a 51 familias y 18 órdenes (Tabla 4). El orden Decápoda representó el 58 % de una muestra total de 578 ejemplares recolectados. Dentro de ésta, la familia Phenacidae presentó la mayor abundancia con 173 individuos, seguido por el orden Cambaridae con 56 individuos de un total de 346 de la muestra. Entre los insectos, con 178 ejemplares recolectados (29.8 % del total de la muestra), el orden más abundante fue Coleóptera y Odonata con 39 ejemplares cada uno. El orden más diverso en cuanto al número de familias fue Coleóptera con 10, seguido de Odonata y hemíptera con 6 familias cada uno. Los órdenes que estuvieron presentes en los cuatro sitios de muestreo durante la época lluviosa fueron Decapoda, Odonata, Coleóptera y Díptera (Figura 1).

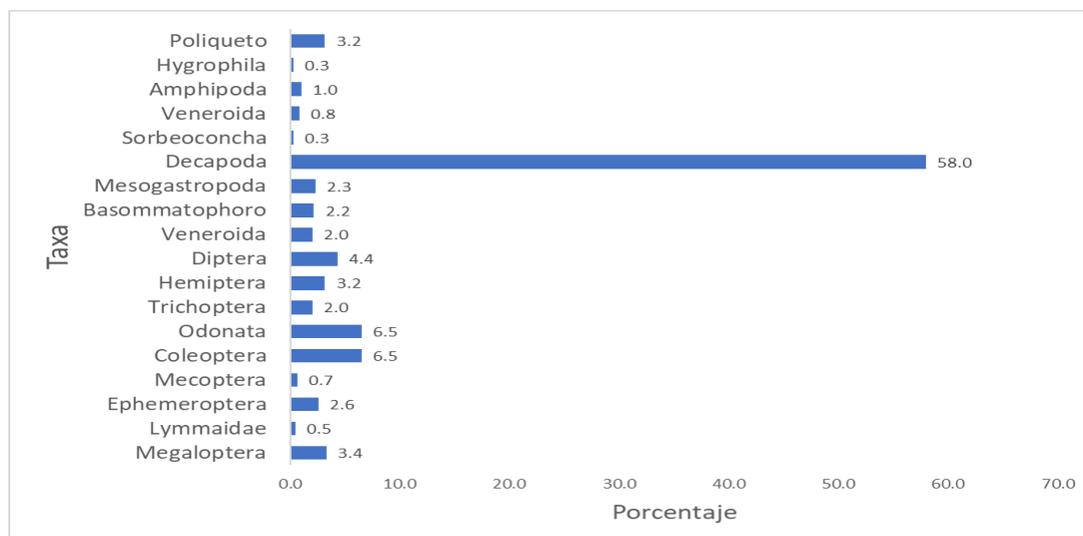
Tabla 4. *Composición y abundancia de los macroinvertebrados acuáticos en los ríos Changuinola, Negro, San San y Oeste*

	Ríos	Changuinola	Negro	San San	Oeste	Total	% en la muestra
Orden	Familia	Total	Total	Total	Total		
Megaloptera	Corydalidae	18	0	2	0	20	3.4
Lymnaidae	Lymnaeidae	1	0	0	0	1	0.2
	Chilidae	1	0	0	0	1	0.2
	Philopotamidae	1	0	0	0	1	0.2
Ephemeroptera	Leptohyphidae	12	0	0	1	13	2.2
	Euthyplociidae	1	0	0	0	1	0.2
	Oligoneuriidae	2	0	0	0	2	0.3
Mecoptera	Perlidae	4	0	0	0	4	0.7
Coleoptera	Psephenidae	12	0	0	0	12	2.0
	Limnychidae	0	10	1	0	11	1.8
	Hydrophilidae	0	5	2	0	7	1.2
	Chrysomelidae	0	1	0	0	1	0.2
	Staphylinidae	0	1	0	0	1	0.2
	Elmidae	0	0	1	2	3	0.5
	Ptilodactylidae	0	0	1	0	1	0.2
	Dytiscidae	0	0	0	1	1	0.2
	Holipidae	0	0	0	1	1	0.2
	Bephenidae	0	0	0	1	1	0.2
Odonata	Lestidae	3	2	0	0	5	0.8
	Gomphidae	5	4	0	0	9	1.5
	Coenagrionidae	1	6	0	0	7	1.2
	Chironomidae	0	3	0	0	3	0.5

	Calopteridae	3	2	0	0	5	0.8
	Libellulidae	1	8	0	1	10	1.7
Trichoptera	Hydrobiosidae	2	0	0	0	2	0.3
	Hydropsychidae	7	0	0	3	10	1.7
Hemiptera	Belostomatidae	1	0	0	0	1	0.2
	Naucoridae	12	0	0	0	12	2.0
	Mesoveliidae	0	1	0	0	1	0.2
	Veliidae	0	3	0	0	3	0.5
	Holonectidae	0	0	1	0	1	0.2
	Gerridae	0	0	0	1	1	0.2
Diptera	Chironomidae	0	23	1	0	24	4.0
	Culicidae	0	0	0	1	1	0.2
	Tipulidae	0	0	0	1	1	0.2
Basommatophoro	Planorbidae	0	2	0	0	2	0.3
	Lymnaeidae	11	0	0	0	11	1.8
Mesogastropoda	Thiaridae	0	14	0	0	14	2.3
Decapodo	Atyidae	2	0	0	62	64	10.7
	Palaemonidae	9	19	0	0	28	4.7
	Penaeidae	0	0	173	0	173	29.0
	Portunidae	0	0	11	0	11	1.8
	Astacidea	0	0	0	3	0	0.0
	Grapsidae	0	0	0	10	3	0.5
	Cambaridae	0	0	0	56	10	1.7
	Calappidae	0	0	0	1	56	9.4
Sorbeoconcha	Hydrobiidae	0	2	0	0	1	0.2
Veneroida	Sphaeriidae	0	17	0	0	17	0.3
Amphipoda	Amphipoda	0	0	0	6	5	0.8
Hygrophila	Chiliniidae	0	0	0	2	6	1.0
Poliqueto	Poliqueto	0	1	15	3	2	0.3
TOTAL		109	124	208	156	597	

Fuente: Elaboración propia

Figura 1. Macroinvertebrados acuáticos en los cuatro ríos estudiados en la época lluviosa

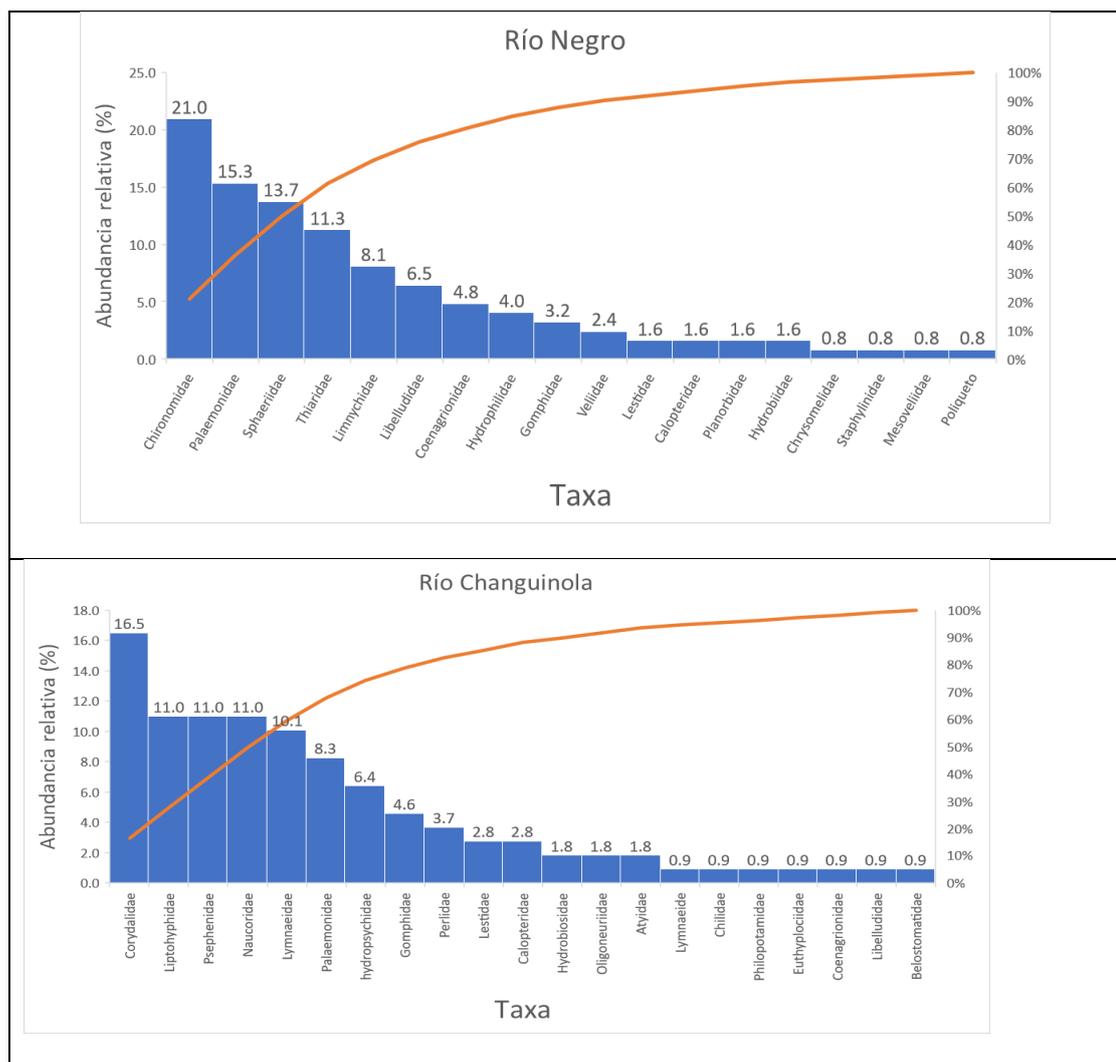


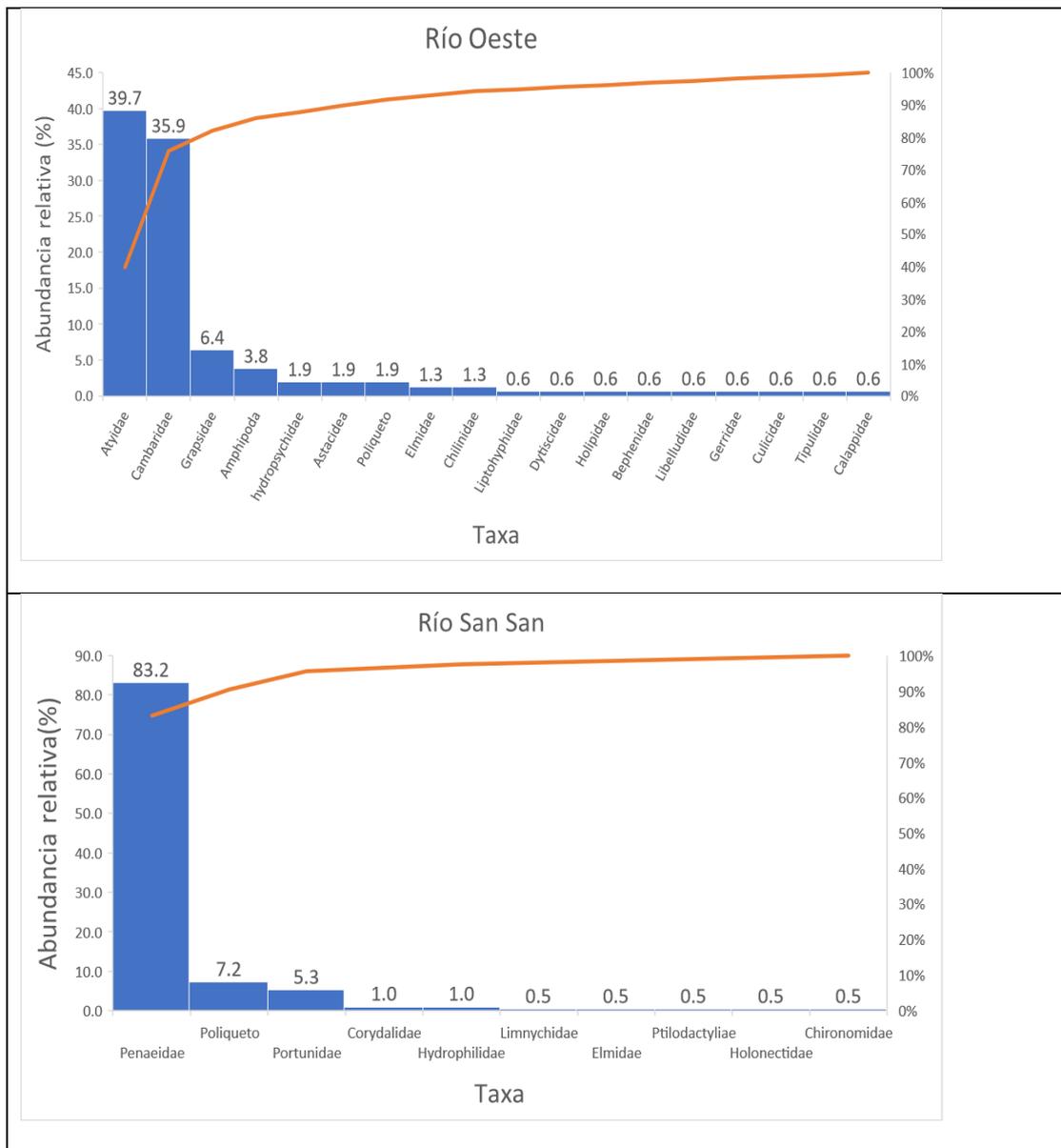
En la Figura 2 se observa que el Río Changuinola es el que presenta mayor biodiversidad y abundancia relativa de Familias de invertebrados acuáticos, seguido el Río Negro, Oeste y San San.

El taxón más abundante en el Río Changuinola es Corydalidae con 16,5 % del total de individuos. Le siguen Liptohyphidae, Psephenidae y Naucoridae (11 %). En el río Negro el taxón más abundante fue Chironomidae con 21 % del total de individuos, le siguen en importancia Palaemonidae (15,3 %), Sphaeriidae (13,7 %), Thiariidae (11,3 %) y Limnychidae (8,1 %). En el río Oeste los taxones más abundantes son Atyidae (39,7 %) y Cambaridae (35,9 %). En el río San San, se presentaron tres grupos más abundantes, siendo éstos, Penaeidae (83,2 %), Poliqueto (7,2 %) y Portunidae (5,3 %).

Figura 2.

Abundancia relativa de macroinvertebrados acuáticos en los ríos Changuinola, Negro, San San y Oeste. Fuente: elaboración propia.





▪ **Índice de similitud entre los ríos estudiados**

Las comunidades de macroinvertebrados acuáticos mostraron una similitud variable. La variación en la composición taxonómica se midió empleando el índice de similitud de SORENSEN (1948). Los valores se presentan en la Tabla 5, en donde ninguno de los ríos presentó similitud en la composición de organismos, esto indica una alta variación en diversidad de taxones.

La similitud presentada fue bastante baja, siendo de 20 % entre el Río Changuinola y Negro, y 20 % entre el Río Changuinola y Oeste. Por otro lado, entre el Río San San y el Río Negro fue de 30 %, presentándose así las similitudes más bajas entre los Ríos Changuinola y San San, y los Ríos Oeste y Negro, y Oeste y San San.

Tabla 5. Índice de similitud (SORENSEN) entre los ríos estudiados en la época lluviosa

Río	Changuinola	Negro	San San	Oeste
Changuinola	1	0.2 (20 %)	0.1 (10 %)	0.2 (20 %)
Negro	0.2(20 %)	1	0.3(30 %)	0.1(10 %)
San San	0.1(10 %)	0.3(30 %)	1	0.1(10 %)
Oeste	0.2(20 %)	0.1(10 %)	0.1(10 %)	1

Fuente: Datos obtenidos al calcular SORENSEN

▪ **Evaluación visual de las características ecológicas del Río Negro, Río San San, Río Changuinola y Río Oeste**

En total se evaluaron 15 variables para determinar el *Stream Visual Assessment Protocol* (SVAP) y exponen tanto Río Oeste ubicada a una Longitud de 82°24'0.25"W; Latitud 9°15'16.73"N como al Río San San Ubicado a una Longitud 82°32'56.76"W; Latitud 9°27'58.63"N como cuencas con condiciones pobres y para los Ríos Changuinola en las Longitud 82°31'8.67"W y Latitud 9°24'18.42"N una condición buena y Río Negro en Longitud 82°34'25.6"W; Latitud 9°28'53.75"N con condiciones regulares. El mayor índice SVAP fue presentado por el Río Changuinola, de 7.9 y el menor de 5.1 para Río San San. (Tabla 6.)

Tabla 6. Resultados de la aplicación del Protocolo para la evaluación visual de Ríos y Quebradas en Río Negro, Río San San, Río Changuinola y Río Oeste

Variable	Puntaje Métrico			
	Río Negro	Río San San	Río Changuinola	Río Oeste
Apariencia del Agua	1	1	10	1
Sedimentos	1	1	10	1
Zona ribereña	3	3	5	3
Sombra	3	7	3	7
Pozas	7	3	5	7
Condiciones del cauce	3	3	10	3
Alteración Hidrológica	7	7	7	7
Refugio para peces	7	3	7	5
Refugio para Macroinvertebrados	10	10	7	7
Estabilidad de las orillas	7	7	10	7
Barrera al movimiento de peces	10	10	10	7
Presión de pesca	7	3	7	7
Presencia de desechos sólidos	7	5	10	7
Presencia de estiércol	7	7	7	7
Aumento de Nutrientes de origen orgánico	3	7	10	3
Suma	83	77	118	79
SVAP	5.5	5.1	7.9	5.3

Fuente: Datos obtenidos en campo

▪ **Condiciones fisicoquímicas y microbiológicas del Río Negro, Río San San, Río Changuinola y Río Oeste**

Se estudiaron un total de once parámetros para las variables fisicoquímicas y microbiológicas de cuatro ríos de la provincia de Bocas del Toro, en donde se encontró diferencia significativa en la temperatura promedio, siendo la menor para El Río Changuinola de 26.8 °C (Tabla 7), esto se explica, ya que, cuenta con cauce natural, sin degradación o sedimentación, factores determinantes en la velocidad del cauce y la temperatura del agua; por el contrario El Río Oeste se presentó alteración en las condición del cauce lo que disminuye la velocidad del Río y por ende el incremento de la temperatura a 28.3 °C (Tabla 7), a pesar que presenta un porcentaje alto en sombra (Tabla 6).

Los valores de pH fueron muy similares para los Ríos Changuinola como Oeste (Tabla 7), en general muy cerca de la neutralidad, conservándose dentro del rango admisible para aguas naturales y para la vida acuática, sin embargo, los Ríos San San y Negro mantuvieron un mayor nivel de alcalinidad. El pH más alto se encontró en el Río Changuinola con 6.95, muy cercano a la neutralidad. Esta evaluación indica muy poca presencia de desechos sólidos o estiércol, además, tanto las condiciones del cauce, como la apariencia del agua y la alteración hidrológica se muestran favorables para el mantenimiento de un pH óptimo (Tabla 7).

La World Health Organization (2006) señala que “las Normas internacionales para el agua potable de la OMS de 1958 sugirieron que un pH inferior a 6,5 o superior a 9,2 afectaría notablemente a la potabilidad del agua”. Las Normas internacionales de 1963 y 1971 mantuvieron el intervalo 6,5 - 9,2 del pH como intervalo admisible o permisible. En la primera edición de las Guías para la calidad del agua potable, publicada en 1984, se estableció como valor de referencia para el pH un intervalo de 6,5 a 8,5, basado en consideraciones relativas a las características organolépticas del agua. Se señaló que el intervalo aceptable de pH podría ser más amplio en ausencia de un sistema de distribución. En las Guías de 1993 no se propuso ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el pH. Aunque el pH no suele afectar directamente a los consumidores, es uno de los parámetros operativos más importantes de la calidad del agua, siendo su valor óptimo generalmente de 6,5 a 9,5.

Según Nicovita (1998), el pH es un parámetro muy importante para considerar en la acuicultura, puesto que, causa muchos fenómenos químicos y biológicos, especialmente sobre el metabolismo y procesos fisiológicos de peces, camarones y todos los organismos acuáticos. Se ha reportado que los puntos letales de acidez y alcalinidad son de pH 4 y pH 11, respectivamente. Aguas con valores de pH de 6,5 a 9,0 son las más adecuadas para la producción de organismos acuáticos cultivables, en donde valores inferiores a 6,5 disminuyen los procesos reproductivos. Sin embargo, se identificó en el Río Negro un PH de 6.3 (Tabla 7) que se encuentra relacionado a la apariencia del Agua por los fuerte olores y líquidos en el trayecto (Tabla 6).

En el Río Negro el pH fue de 6.3 (Tabla 7), lo que indica la presencia de desechos sólidos, aumento de nutrientes orgánicos y apariencia del agua por los fuerte olores y líquidos en el trayecto, además, la alteración hidrológica como se muestra en la (Tabla 6).

Igualmente, en la cuenca de Río San San se midió un pH de 6.41 (Tabla 7) lo que indica un índice de acidez no permisible para la vida, y que está directamente influenciado por el nivel de contaminación demostrado en el aumento de nutrientes de origen orgánico, tanto por las plantaciones bananeras como por el factor antropogénico como se muestra en la (Tabla 6).

En cuanto al nivel de conductividad eléctrica se observó una estrecha relación, siendo inversamente proporcional, ya que, a menor el pH mayor índice de conductividad, como lo señala NICOVITA (1998).

Según Yepes (2004), el promedio de la conductividad en aguas tropicales de cuencas bajas poco intervenidas se encuentra entre 150-200 $\mu\text{S}/\text{cm.}$, apreciándose el Río Changuinola en este margen, pero, los Ríos Negro, San San y Oeste demostraron una conductividad muy alta, lo que indica una elevada intervención humana, con valores de 368 μS , 364 μS y 361 μS respectivamente.

Los más altos niveles de salinidad se presentaron en la cuenca de Río San San, con valor de 6.77 ppm y 9.5 ppm en el Río Negro (Tabla 7), lo que se justifica por la cercanía de estos con la desembocadura del río, el manglar y la altura a la cual se encuentran dichas cuencas. El Río Oeste presentó valores de 1.55 ppm y el Río Changuinola 1.14 ppm, debido a que como son cuencas grandes el nivel de salinidad es bastante bajo.

La Cuenca del Río Changuinola posee una importante biodiversidad, potencial agrícola, hidroeléctrico, comercial y turístico intrarregional, aparte de ser un área prioritaria del Corredor Biológico Mesoamericano del Atlántico panameño.

Según la Organización Mundial de la Salud (2006), el nitrato y el nitrito son iones de origen natural que forman parte del ciclo del nitrógeno. El nitrato se utiliza principalmente en fertilizantes inorgánicos, y el nitrito sódico como conservante alimentario, especialmente para las carnes curadas. La concentración de nitrato en aguas subterráneas y superficiales suele ser baja, pero puede llegar a ser alta por filtración o escorrentía de tierras agrícolas o debido a la contaminación por residuos humanos o animales como consecuencia de la oxidación del amoníaco y fuentes similares.

Tabla 7. Variables fisicoquímicas promedios y microbiológicos en cada río estudiado

<i>Río Parámetro</i>	<i>Río Negro</i>	<i>Río San San</i>	<i>Río Oeste</i>	<i>Río Changuinola</i>
Temperatura	27.8 °C	27.7 °C	28.3 °C	26.8 °C
pH	6.30	6.41	6.62	6.95
Conductividad	368 μ S	364 μ S	361 μ S	103.4 μ S
Salinidad	9.5 ppm	6.77 ppm	1.55 ppm	1.14 ppm
STD	252 ppm	254 ppm	246 ppm	71.8 ppm
Nitratos	25 mg/l NO ₃ ⁻	25 mg/l NO ₃ ⁻	25 mg/l NO ₃ ⁻	25 mg/l NO ₃ ⁻
Nitritos	0.2 mg/l NO ₂ ⁻	0.15 mg/l NO ₂ ⁻	0	0.3 mg/l NO ₂
Fosfatos	0.75 mg/l PO ₄ ³⁻	0.50 mg/l PO ₄ ³⁻	0.50 mg/l PO ₄ ³⁻	0
Amonio	0.2 mg/l NH ₄ ⁻	0	0.2 mg/l NH ₄ ⁻	0
Coliformes Totales	Presente	Presente	Presente	Ausente
<i>Echerichia coli</i>	Presente	Presente	Presente	Ausente

Fuente: Datos obtenidos en campo

▪ **Calidad ecológica de cuatro ríos de la Provincia de Bocas del Toro con el uso de macroinvertebrados acuáticos**

Para la caracterización de la calidad del agua de los ríos Changuinola, San San, Oeste y Negro, se evaluó a partir del método BMWP/Col/Pan, ya que, es simple y rápido para evaluar la calidad del agua utilizando los macroinvertebrados como bioindicadores, teniendo en cuenta la valoración de las familias; si en el tramo aparecen más de un individuo de una familia esta sólo se puntuará una vez o si solo se

encuentra un individuo de igual manera se puntura la familia, según el método BMWP, Roldan cuanto mayor sea la suma menor es la contaminación del punto de muestreo

En el Río Changuinola, se identificaron 20 grupos, y se obtuvo un puntaje de 147. De acuerdo con el puntaje obtenido, y aplicando la metodología de Roldan, se determina que son Aguas muy limpias a limpias, perteneciente a la clase I, con calidad buena (Tabla 8).

Tabla 8.

Puntuación por Taxa en el Río Changuinola

<i>Familia</i>	<i>Río Changuinola</i>	<i>Puntaje</i>
Corydalidae	18	6
Lymnaeide	1	4
Leptohyphidae	12	7
Euthyplociidae	1	9
Perlidae	4	9
Psephenidae	12	10
Lestidae	3	8
Gomphidae	5	10
Coenagrionidae	1	7
Calopteraidae	3	7
Libelludidae	1	6
Hydrobiosidae	2	9
hydropsychidae	7	7
Philopotamidae	1	9
Belostomatidae	1	5
Naucoridae	12	7
Oligoneuriidae	2	7
Lymnaeidae	11	4
Atyidae	2	8
Palaemonidae	9	8
	108	147

Fuente: Datos obtenidos en campo

En el Río Negro, se identificaron 19 grupos, y se obtuvo un puntaje de 103. De acuerdo con el puntaje obtenido, y aplicando la metodología de Roldan, se determina que son Aguas muy limpias a limpias, perteneciente a la clase I, con calidad buena (Tabla 9).

Tabla 9.*Puntuación por Taxa en el Río Negro*

Familia	Río Negro	Puntaje
Limnychidae	10	6
Hydrophilidae	5	3
Chrysomelidae	1	4
Staphylinidae	1	6
Lestidae	2	8
Gomphidae	4	10
Coenagrionidae	6	7
Chironomidae	3	2
Calopteridae	2	5
Libellulidae	8	6
Mesoveliidae	1	5
Veliidae	3	8
Chironomidae	23	2
Planorbidae	2	5
Thiaridae	14	5
Palaemonidae	19	8
Hydrobiidae	2	8
Sphaeriidae	15	4
Poliqueto	1	1
	124	103

Fuente: Datos obtenidos en campo

En el Río San San, se identificaron 9 grupos, y se obtuvo un puntaje de 50. De acuerdo con el puntaje obtenido, y aplicando la metodología de Roldan, se determina que son Aguas moderadamente contaminadas, perteneciente a la clase III, con calidad dudosa (Tabla 10).

Tabla 10.*Puntuación por Taxa en el Río San San*

Familia	Río San San	Puntaje
Corydalidae	2	6
Limnychidae	1	6
Hydrophilidae	2	3
Elmidae	1	6
Ptilodactylidae	1	10
Chironomidae	1	2
Penaeidae	173	8
Portunidae	11	8
Poliqueto	15	1
	207	50

Fuente: Datos obtenidos en campo

En el Río Oeste, se identificaron 17 grupos, y se obtuvo un puntaje de 99. De acuerdo con el puntaje obtenido, y aplicando la metodología de Roldan, se determina que son Aguas ligeramente contaminadas, perteneciente a la clase II, con calidad aceptable (Tabla 11).

Tabla 11. *Puntuación por Taxa en el Río Oeste*

Familia	Río Oeste	Puntaje
Leptohyphidae	1	7
Elmidae	2	6
Dytiscidae	1	9
Bephenidae	1	4
Libellulidae	1	6
Hydropsychidae	3	7
Gerridae	1	8
Culicidae	1	2
Tipulidae	1	3
Atyidae	62	8
Astacidea	3	8
Grapsidae	10	8
Cambaridae	56	6
Calappidae	1	5
Amphipodo	6	8
Chiliniidae	2	3
Poliqueto	3	1
	156	99

Fuente: Datos obtenidos en campo

Aunque el índice biótico es un componente importante y comúnmente utilizado en los programas de monitoreo, es oportuno utilizarlo junto con medidas abióticas, para obtener así una visión más global del estado de las poblaciones. En la Tabla 12, se observa que el Río Changuinola y Negro presentaron una calidad ecológica buena, en tanto que la del Río Oeste fue aceptable y la del Río San San fue dudosa.

Tabla 12. *Calidad ecológica de los Ríos Changuinola, Negro, San San y Oeste*

Río	Puntaje	Calidad	Significado
<i>Changuinola</i>	147	Buena	Aguas muy limpias a limpias
<i>Negro</i>	103	Buena	Aguas muy limpias a limpias
<i>San San</i>	50	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas
<i>Oeste</i>	99	Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas

Fuente: Datos obtenidos en campo

En la Tabla 13 se puede apreciar que de acuerdo con la evaluación visual solo el Río Changuinola presenta buenas características. Al realizar una evaluación fisicoquímica se evidenció que los niveles de conductividad, salinidad y sólidos totales disueltos son altos en los ríos San San y Oeste, mientras que el río Negro también tiene alto los niveles de fosfato; por lo que el río Changuinola fue el único con valores normales.

El análisis microbiológico indicó que los ríos San San, Oeste y Negro indicaron presencia de coliformes y de *E. coli*, en tanto que el Río Changuinola mostró ausencia de estos microorganismos. La calidad ecológica fue aceptable y buena en el Río Oeste, Negro y Changuinola respectivamente, mientras que fue dudosa en el río San San.

Tabla 13. Comparación de resultados de acuerdo con el tipo de parámetro analizado en los cuatro ríos de estudio

Parámetro	Río San San	Río Oeste	Río Negro	Río Changuinola
Evaluación visual	Pobre	Pobre	Regular	Bueno
Fisicoquímica	Altos (C, S, STD)	Altos (C, S, STD)	Altos (C, S, STD, PO ₄ ³⁻)	Normal
Microbiológica	Presente	Presente	Presente	Ausente
Calidad ecológica	Dudosa	Aceptable	Buena	Buena

Fuente: Datos obtenidos de los análisis realizados

CONCLUSIÓN

Las conclusiones de este estudio son las siguientes:

- Un total de 597 ejemplares de macroinvertebrados fueron colectados, pertenecientes a 51 familias y 18 órdenes
- Entre los insectos, con 178 ejemplares recolectados (29.8% del total de la muestra), los órdenes más abundante y diverso fueron Coleóptera y Odonata con 39 ejemplares cada uno.
- El Río Changuinola es el que presenta mayor biodiversidad y abundancia relativa de Familias de invertebrados acuáticos, seguido del Río Negro, Oeste y San San.
- El taxón más abundante en el Río Changuinola es Corydalidae con 16,5 % del total de individuos.
- En el río Negro el taxón más abundante fue Chironomidae con 21 % del total de individuos.
- En el río Oeste los taxones más abundantes son Atyidae (39,7%) y Cambaridae (35,9)
- En el río San San, los tres grupos más abundantes, son Penaeidae (83,2%), Poliqueto (7,2%) y Portunidae (5,3%).
- La similitud entre los cuatro ríos estudiados fue bastante baja, con valores entre 10 y 30%.
- La evaluación visual reflejó que la calidad de los ríos San San y Oeste son pobres, mientras que la calidad del Río Negro es regular y el Río Changuinola es buena.
- El análisis fisicoquímico presentó valores altos de salinidad, conductividad y sólidos totales disueltos en los Ríos San San, Oeste y Negro, en tanto que el Río Changuinola presentó valores normales.
- El análisis microbiológico de los ríos San San, Oeste y Negro, indicó la presencia de coliformes totales y *E. coli*.
- La calidad ecológica con la utilización de macroinvertebrados acuáticos reflejó que el Río San San posee una calidad dudosa, el Río Oeste es aceptable, mientras que el Río Negro y Changuinola es buena.

AGRADECIMIENTO

Esta investigación se realizó gracias al apoyo de la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT) a través del Sistema Nacional de Investigación (SNI) y la Universidad de Panamá, CRU de Bocas del Toro. También agradecemos a los asistentes de campo, los estudiantes de la Licenciatura en Docencia de Biología del 2do año, quienes compartieron con nosotros la búsqueda y análisis de muestras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez Arango, L. F. (2005). Macroinvertebrados Acuáticos Como Indicadores, (05). Retrieved from <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/31357>
- Arana Maestre, J., y Cabrera Carranza, C. (2017). Macroinvertebrados acuáticos y caracterización ecológica de los ambientes dulceacuícolas del área de influencia del gasoducto PERÚ LNG en los departamentos de Ica y Huancavelica Aquatic macroinvertebrates and ecological characterization of freshwater envi. *Revista Del Instituto de Investigación*, 20(40), 86–93. Retrieved from <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/14394>
- Castillo Sánchez, K. N., Aguirre, P., Ríos González, T. A., y Bernal Vega, J. A. (2018). Anacroneuria (Plecoptera : Perlidae) del río Caldera , Chiriquí , Panamá : nuevos registros de distribución , y comentarios sobre distribución altitudinal y variación estacional. *Revista de Biología Tropical*, 66(March), 164–177. Retrieved from <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/28924/31933>
- Celi, J., Guerra, N., y Rodes, M. (2018). *Guía de evaluación del estado de los ríos*. (Universidad Regional Amazónica Ikiam, Ed.). Ecuador. Retrieved from https://issuu.com/universidadamazonicaikiamgmail.com/docs/guia_rapida_para_la_evaluacio_n_del
- Cornejo, A., Tuñón, A., Sosa, Á., Armitage, B., Nieto, C., Delgado, D., ... González, Y. (2017). *Diagnóstico de la condición ambiental de los afluentes superficiales de Panamá* (Ministerio). Panamá: Instituto Conmemorativo Gorgas de Estudios de la Salud. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Aydee_Cornejo/publication/322448088_Diagnostico_de_la_Condicion_Ambiental_de_los_Afluentes_Superficiales_de_Panama/links/5a594917a6fdcc3bfb5ab6c4/Diagnostico-de-la-Condicion-Ambiental-de-los-Afluentes-Superficiales-de-
- Cumbrera, A., y Rodríguez, V. (2018). Estructura trófica a nivel de grupos funcionales de alimentación de la comunidad de insectos acuáticos y calidad biológica del agua en la parte media-baja del río Cardenillo , Veraguas Trophic structure at the level of functional feeding groups of aquatic, 2(1), 16–40. Retrieved from http://www.cimacrua.up.ac.pa/revistavisionantataura/Docs/2018_2_A2_Cumbrera_Rodriguez.pdf

- Del Moral, T. (2008, August 23). Bioindicadores de calidad. *La Prensa*. Retrieved from https://www.prensa.com/cultura/Bioindicadores-calidad_0_2367513458.html
- Gómez Hernández, S. J., y Salazar Santana, C. M. (2015). *Abundancia y producción de macroinvertebrados en función de cuatro tipos de sustratos de variables fisicoquímicas en la Laguna La Virginia, Páramo de Sumapaz*. Universidad de Bogotá Jorge Toledo Lozano. Retrieved from <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/1755/T067.pdf?sequence=1>
- Gutierrez, P., Sermeño, J. M., y Chávez Sifontes, J. M. (2010). *Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del Orden Plecoptera en El Salvador*. (E. (UES) Universitaria, Ed.). El Salvador. Retrieved from file:///C:/Users/Vanessa/Downloads/02-Guia_Plecoptera_ElSalvador_2010.pdf
- Hanson, P., Springer, M., y Ramirez, A. (2010). Macroinvertebrados de agua dulce de Costa Rica. *Biología Tropical*, 58(4). <https://doi.org/https://doi.org/10.15517/rbt.v58i4.20080>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. (S. A. D. C. V. McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, Ed.) (Sexta edic). México. Retrieved from https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf
- Mafla Herrera, M. (2005). *Guía para Evaluaciones Ecológicas Rápidas con Indicadores Biológicos en Ríos de Tamaño Mediano Talamanca - Costa Rica*. (C. A. T. de I. y E. (CATIE, Ed.). Costa Rica: CATIE.
- Morelli, E., y Verdi, A. (2014). Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en cursos de agua dulce con vegetación ribereña nativa de Uruguay Aquatic macroinvertebrate diversity in freshwater streams with native riparian vegetation of. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(4), 1160–1170. <https://doi.org/10.7550/rmb.45419>
- Palma, A. (2013). *Guía para la identificación de invertebrados acuáticos*. Chile.
- Peralta Argomeda, J., Araujo Flores, J., Rodríguez Achata, L., Prenda Marín, J., y Loayza Muro, R. (2015). *Guía de macroinvertebrados acuáticos de Madre de Dios-Perú*. (E. M. Guerra González, Ed.) (Universida). Perú. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/301222012_Guia_de_Macroinvertebrados_Acuaticos_de_Madre_de_Dios-Peru_Proyecto_HED_Universidad_Nacional_Amazonica_de_Madre_de_Dios_y_Universidad_de_Florida_Serie_Tecnica_64pp_Junio_2015
- Ríos, T., González, G., y Bernal Vega, J. A. (2015). Diversidad de insectos acuáticos y calidad del agua de los ríos David y Mula, provincia de Chiriquí, Panamá. *Diversity of Aquatic Insects and Water Quality of the Mula and David Rivers, Chiriqui Province, Panama.*, 18(1), 113–128.

<https://doi.org/0124-177X>

- Roldán-pérez, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua : cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.*, 40(155), 254–274. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/racefn/v40n155/v40n155a07.pdf>
- Sánchez Argüello, R., Cornejo, A., Boyero, L., y Santos Murgas, A. (2010). Evaluación de la calidad del agua en la Cuenca del Río Capira, Panamá. *Tecnociencia*, 12(2), 57–70. Retrieved from <http://docplayer.es/82064948-Evaluacion-de-la-calidad-del-agua-en-la-cuenca-del-rio-capira-panama.html>
- Santamaría, E., y Bernal Vega, J. A. (2016). Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad del agua EN. *Tecnociencia*, 18(October), 5–24. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/320387182> diversidad de macroinvertebrados cuaticos y calidad del agua en la cuenca alta del rio chiriqui viejo_provincia de chiriqui panama
- Sermeño Chicas, J. M., Pérez, D., y Gutiérrez Fonseca, P. (2010). *Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del Orden Odonata en El Salvador Autores Editora*. (M. Springer, Ed.). El Salvador. Retrieved from file:/ <http://ri.ues.edu.sv/9096/>