

Water Quality Evaluation of the Cabra river using biological indicators

Nimíia I. Ortega Baso
Facultad de Ingeniería Civil
Universidad Tecnológica de
Panamá
Panamá, Panamá
itzela.ortega@gmail.com

Eliezer Cedeño
Facultad de Ingeniería Civil
Universidad Tecnológica de
Panamá
Panamá, Panamá
eliezer.cedeno1@utp.ac.pa

Kleveer Espino
Centro de Investigaciones
Hidráulicas e Hidrotécnicas
Universidad Tecnológica de
Panamá
Panamá, Panamá
kleveer.espino@utp.ac.pa

Arthur M. James R.
Facultad de Ingeniería Mecánica
Universidad Tecnológica de
Panamá
Panamá, Panamá
arthur.james@utp.ac.pa

José Ulises Jiménez.
Centro de Investigaciones
Hidráulicas e Hidrotécnicas
Universidad Tecnológica de
Panamá
Panamá, Panamá
ulises.jimenez@utp.ac.pa

Abstract—The objective of this study was to evaluate the water quality of the Cabra River through the use of aquatic macroinvertebrates implementing the EPT and BMWP/Pan indexes. The diversity of orders and families of macroinvertebrates was quantified, giving a total of 9460 individuals, distributed in 9 orders and 44 families. According to the BMWP/Pan, points P1 and P2 presented good quality waters from January to March, except for P2 which registered regular quality in February. P3 presented a transition from good quality waters to polluted waters from January to March. According to the EPT, points P1 and P2 presented waters of good quality from January to March. However, P3 showed regular water quality in January and February, and poor quality in March. This study identified an abundant diversity of freshwater macroinvertebrates of the Insecta class; when comparing the BMWP/Pan and EPT indexes. When evaluated, the two indexes had similar results. It is necessary to highlight the BMWP / Pan and EPT indexes to determine the water quality, since they can be used as guideline for the conservation and remediation of the rivers of the Republic of Panama.

Keywords— *macroinvertebrates, EPT, BMWP, biological indicators, water quality.*

Resumen—El objetivo de este estudio fue evaluar la calidad de agua del río Cabra mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos utilizando los índices EPT y BMWP/Pan. Se cuantificó la diversidad de órdenes y familias de macroinvertebrados, dando así un total de 9460 individuos, distribuidas en 9 órdenes y 44 familias. Según el BMWP/Pan, los puntos P1 y P2 presentaron aguas de calidad buena entre enero a marzo, con la excepción de P2 que registro calidad regular en febrero, y P3 presentó una transición de aguas de calidad buena a aguas contaminadas de enero a marzo. Según el EPT, los puntos P1 y P2 presentaron aguas de calidad buena de enero a marzo. Sin embargo, P3 mostró una calidad de agua regular en enero y febrero, y de mala calidad en marzo. Este estudio identificó una abundante diversidad de macroinvertebrados dulceacuícolas de la clase Insecta; al comparar los índices BMWP/Pan y EPT, se observó que fueron muy similares de manera global. Es necesario dar a

conocer los métodos BMWP/Pan y EPT para determinar la calidad del agua, ya que pueden ser utilizados para la conservación y remediación de los ríos de la República de Panamá.

Palabras claves— *macroinvertebrados, EPT, BMWP, indicadores biológicos, calidad del agua.*

I. INTRODUCCIÓN

El deterioro de las condiciones biológicas y fisicoquímicas de un sistema acuático sucede cuando la cantidad y calidad de los desechos contaminantes arrojados en él superan su capacidad de recuperación [1]. También sucede por factores como la densidad poblacional, los tipos de asentamientos, las actividades productivas y los sistemas tecnológicos [2].

Los efectos que provocan el deterioro en estos sistemas acuáticos despiertan un gran interés por saber la salud de ellos y así obtener estándares de calidad para satisfacer el uso de estos recursos. Para obtener estos estándares de calidad de agua, las metodologías de estudio comúnmente utilizadas son exclusivamente los análisis fisicoquímicos y microbiológicos [3].

Sin embargo, el gran incremento de nuevos productos contaminantes, las altas cargas de nutrientes y materia orgánica en los cuerpos acuáticos, y el hecho de que los vertidos cloacales e industriales son generalmente puntuales en el tiempo [3]. Se adoptaron nuevas técnicas para la evaluación de la calidad de agua, buscando así un mayor control y garantizar la seguridad y buen uso de los cuerpos de agua [4].

En la búsqueda de nuevas técnicas se observó un gran interés en la aplicación de indicadores biológicos (macroinvertebrados acuáticos dulceacuícola), para la evaluación de la calidad de agua [4]. Dando como resultado excelentes señales de la calidad del agua y demostrando una total eficacia en la determinación de alteraciones y el

comportamiento evolutivo en el tiempo de los cuerpos acuáticos [3].

Para realizar estudios con indicadores biológicos (macroinvertebrados) en cuerpos de agua se hace énfasis en índices biológicos, tales como el BMWP (Biological Monitoring Working Party) el cual fue creado en Inglaterra por Hellowell en 1978 [5].

El “EPT” (E= Ephemeroptera, P= Plecoptera, T= Trichoptera) es otro índice que se puede mencionar, el cual consiste en utilizar tres grupos de macroinvertebrados que son indicadores de la calidad del agua debido a que son más sensibles a los contaminantes [6].

En Panamá, se inicia el uso de macroinvertebrados como bioindicadores acuáticos en el año 2000 y desde entonces se han reportado resultados en 26 de las 52 cuencas hidrográficas del país, siendo el BMWP el índice más empleado para su análisis en nuestro país [7].

El río Cabra es una de las principales subcuencas hidrográficas del río Juan Díaz. Además, este río es utilizado para el suministro de agua potable en algunos sectores de la ciudad de Panamá, la agricultura de subsistencia, la explotación forestal y el desarrollo de áreas residenciales.

El objetivo de este estudio fue determinar la calidad del agua en la subcuenca del río Cabra utilizando bioindicadores acuáticos. Esto se realizó a través de la implementación de los índices EPT Y BMWP/Pan. De esta manera se comparó el comportamiento del río Cabra en tres puntos con diferentes características, durante tres meses mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Los muestreos para la evaluación de la calidad del agua utilizando los macroinvertebrados dulceacuícolas se realizaron en la subcuenca del río Cabra, el cual se encuentra ubicado en la cuenca del río Juan Díaz (Cuenca N°144), Ciudad de Panamá, Panamá.

Los sitios muestreados se ubicaron en la subcuenca del río Cabra de la siguiente manera:

P1, Aguas arriba cerca de la toma de agua de la planta potabilizadora de Cabra.

P2, Aguas en punto medio, cerca de la Comunidad de Rancho Café.

P3, Aguas abajo cerca a áreas urbanizadas, antes del puente que cruza la Avenida José Agustín Arango.

Se efectuó un (1) muestreo en tres diferentes puntos por mes, durante tres (3) meses (enero, febrero y marzo) dando un total de nueve (9) muestreos en este período, los datos que han sido recolectados se utilizaron para determinar los índices de “EPT” (E= Ephemeroptera, P= Plecoptera, T= Trichoptera) y “BMWP/Pan” (Biological Monitoring Working Party/Panamá). Estos métodos han sido ampliamente utilizados en la literatura [6-9].

Los muestreos fueron realizados dependiendo de la hidrografía del río. Se muestreó en lugares de corrientes

rápidas (ambientes lóticos), y en áreas con aguas lentas o estancadas (ambientes lénticos); y a su vez, se llevó a cabo en orillas con vegetación u hojarascas y sobre y debajo de las piedras.

En cada punto muestreado, se tomaron fotos panorámicas del sitio y del personal muestreando, además se tomaron las coordenadas geográficas con un GPS (Garmin, USA). Además, se midieron los parámetros físicoquímicos del agua. La temperatura, conductividad eléctrica, pH y oxígeno disuelto se midieron con una sonda multiparamétrica HACH (Modelo HQ40D, USA).

Para definir la calidad del agua del río Cabra utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores, se empleó un muestreo tipo semi cuantitativo denominado Kicking [10], el cual consiste en colocar una red tipo “D” de 500 μm en el sustrato, llevándola contra la corriente al mismo momento que se va removiendo el sustrato. De esta manera la fauna acuática existente en esa área será removida y quedará atrapada en la red con facilidad.

Para la colecta de los macroinvertebrados se realizó un recorrido de aproximadamente dos (2) metros de forma paralela a la orilla, contra de la corriente, por un periodo de 2 minutos por toma de muestra. Se realizaron tres (3) tomas por cada punto de muestreo para hacer una muestra que sea representativa de los sistemas lénticos y lóticos.

Luego de la colecta, el material se ubicó en tamices o bandejas para una limpieza general, y posterior a esto se colocaron en envases de 16 onzas debidamente rotulados y preservados con alcohol al 70%. En el laboratorio, se colocaron las muestras en una bandeja para separar minuciosamente los macroinvertebrados de la materia orgánica. Se utilizó un estereoscopio ACCU-SCOPE (Modelo. 3078 ZOOM STEREO, USA) con cámara incorporada para fotografiar los diferentes órdenes de los macroinvertebrados. Los macroinvertebrados fueron colocados en envases de 4 onzas debidamente rotulados y preservados con alcohol al 70%, para ser identificados por familias. Se utilizaron claves taxonómicas para caracterizar cualitativamente los macroinvertebrados [8][11-19].

III. RESULTADOS

A. Parámetros físicoquímicos.

En P1, la temperatura del agua en promedio fue de $25.1 \pm 0.1^\circ\text{C}$, el pH presentó una variación entre 6.3 y 7.64 entre los meses de enero a marzo, la conductividad eléctrica incrementó de 160.6 a 777.0 ms/cm y el oxígeno disuelto osciló entre 8.18 y 8.91 mg/L para el mismo periodo de muestreo, ver tabla I.

En P2, la temperatura del agua presentó un promedio de 29.06 ± 1.89 , el pH vario entre 5.87 y 6.6, la conductividad eléctrica varió entre 165.6 a 998 $\mu\text{s/cm}$ y el oxígeno disuelto estuvo entre 8.05 y 10.39 mg/L , ver tabla I.

En P3, la temperatura del agua en promedio fue de $27.73 \pm 1.30^\circ\text{C}$, el pH presentó una variación entre 6.12 y 7.79, la conductividad eléctrica incrementó de 170.6 a 1040 $\mu\text{s/cm}$ y el oxígeno disuelto osciló entre 5.31 y 7.88 mg/L , ver tabla I.

TABLA I. VARIABLES DE CAMPO EVALUADAS EN EL RÍO CABRA

Puntos de muestreo	P1			P2			P3		
Meses de muestreo*	01	02	03	01	02	03	01	02	03
Oxígeno disuelto (mg/L)	8.41	8.91	8.18	8.61	10.39	8.05	7.88	5.31	6.77
pH	7.64	6.3	6.57	5.87	6.19	6.6	7.79	6.12	6.63
Temperatura del agua (°C)	25.1	25.3	24.9	33.4	26.4	27.4	28	25	30.2
Conductividad eléctrica (µs/cm)	160	756	777	165	889	998	170	997	1040

*Representan los meses enero, febrero y marzo, respectivamente.

B. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos.

Durante el período de muestreo se colectó un total de 9460 individuos, distribuidos en nueve (9) órdenes y cuarenta y cuatro (44) familias de la clase Insecta. La abundancia de macroinvertebrados fue mayor en el P1 con 4153 individuos seguidos del P2 con 3164 y el P3 con 2143. De los nueve órdenes encontrados, la distribución de su abundancia relativa se determinó de la siguiente manera: cuatro familias pertenecientes Ephemeroptera (61.78 %), nueve a la Trichoptera (11.50%), ocho a la Diptera (10.08%), siete a la Odonata (9.51%), cinco a la Coleoptera (3.21%), ocho a la Hemiptera (2.25 %) y las familias Lepidoptera(0.93%), Plecoptera (0.43%), y Megaloptera (0.30%) obtuvieron una familia por cada orden, ver Fig. 1.

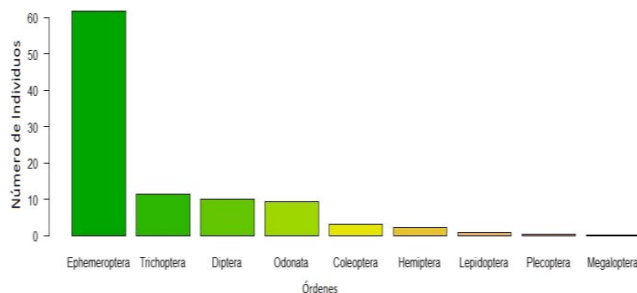


Fig. 1. Distribución relativa total de los órdenes de macroinvertebrados encontrados en el río Cabra.

Los órdenes: Ephemeroptera, Trichoptera, Plecoptera son macroinvertebrados considerados más sensibles y exigentes a cambios en el ecosistema acuático [20]. De manera que se escogieron estos órdenes para realizar el análisis de la abundancia.

En P1, podemos observar que el orden Ephemeroptera tuvo una abundancia de 58.48% en el mes de enero, 54.57% en el mes de febrero y 60.62% en el mes de marzo. El orden Plecoptera tuvo una abundancia de 0.96% en el mes de enero, 0.46% en mes de febrero y 1.37% en mes de marzo. Mientras que el orden Trichoptera mostró una abundancia de 11.59% en el mes de enero, 29.38% en el mes de febrero y 20.25% en el mes de marzo, Fig. 2.

En P2, se observó que la abundancia del orden Ephemeroptera fue de 71.77% en el mes de enero, 77.99% en mes de febrero y 63.70% en el mes marzo. En el caso del orden

Plecoptera solo presentó una abundancia de 0.13% para el mes de marzo, mientras que los meses de enero y febrero no se colectaron individuos de este orden. Adicionalmente, la Trichoptera alcanzó una abundancia de 5.53% en el mes de enero, 5.98% en el mes de febrero y 17.74% en el mes de marzo, ver Fig. 2.

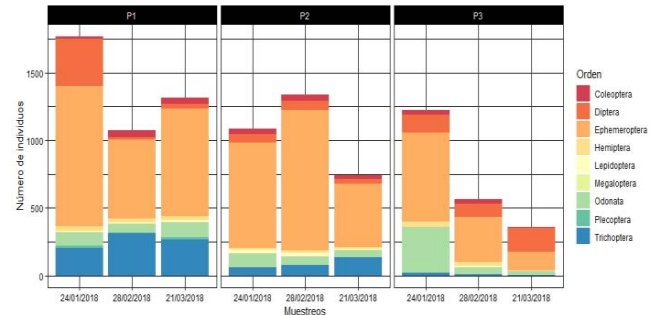


Fig. 2. Distribución relativa total de los órdenes de macroinvertebrados encontrados en el río Cabra.

En P3, se encontraron variaciones más notables en los macroinvertebrados de mayor relevancia para la buena calidad del agua. El orden Ephemeroptera presentó una abundancia de 53.92% en el mes enero, 59.96% en el mes febrero y 38.65% en el mes marzo, decreciendo la misma con respecto al mes de muestreo. En el caso de la del orden Plecoptera, no se obtuvieron individuos en los meses de muestreo; mientras que, para el orden Trichoptera se presentó una abundancia de 1.55% en el mes de enero, 1.77% en el mes de febrero y 0.28% en el mes de marzo, ver Fig. 2.

C. Calidad del agua.

El índice BMWP/Pan [7] mostró de manera general que los puntos de muestreo aguas arriba P1 y aguas medias P2 presentaron aguas de calidad buena, entre los meses de enero y marzo, con valores dentro del rango de 78-149 para agua de calidad buena, ver Fig. 3.

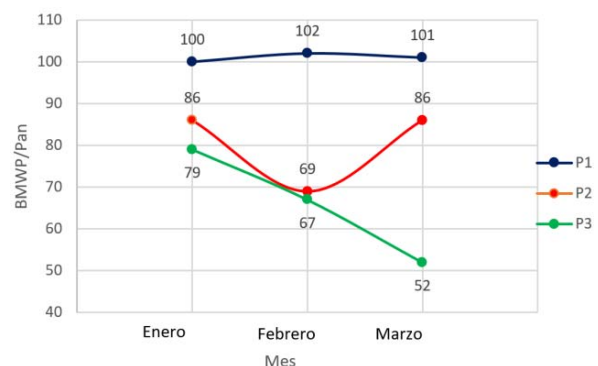


Fig. 3. Índice BMWP/Pan para los tres puntos muestreados entre los meses de enero y marzo de 2018.

Con la excepción de que en P2 se registró una calidad regular en el mes de febrero. Aguas abajo P3 presentó una transición de aguas de calidad buena a aguas contaminadas (39-58) entre los meses de enero y marzo, ver Fig. 3.

El índice EPT fue calculado para evaluar la calidad del agua de la subcuenca del río Cabra. Este índice se basa en conocer el número de individuos de las familias Ephemeropteras, Plecopteras y las Trichopterases, y la totalidad de los individuos muestreados, ver Fig. 4.

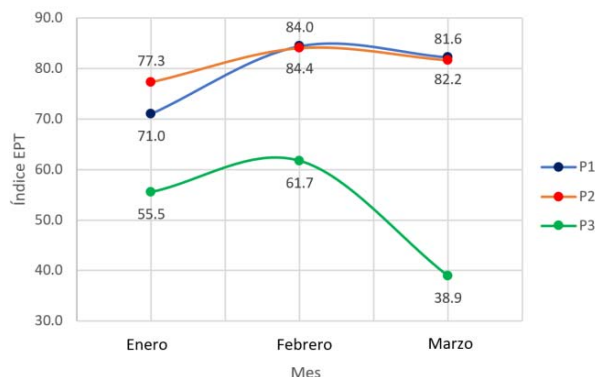


Fig. 4. Índice EPT para los tres puntos muestreados entre los meses de enero y marzo de 2018.

El EPT mostró de manera general, que la calidad del agua en el río Cabra es buena para los puntos P1 y P2 en los meses de enero, febrero y marzo. Sin embargo, P3 mostró una calidad del agua regular en enero y febrero, de modo que en marzo disminuyó notablemente a una mala calidad de agua en el punto bajo del río Cabra, ver Fig. 4.

D. Discusión.

Este estudio mostró que en el río Cabra existe una alta diversidad de macroinvertebrados acuáticos, ver Fig. 2. En cuanto a la abundancia, predomina la estación de muestreo P1, siendo esta la de mejor conservación del ecosistema acuático. Tal es el caso que se encontró una alta diversidad y abundancia de familias pertenecientes a los Ephemeropteras y Trichopterases siendo estos unos los principales indicadores de la calidad del agua [11].

Por lo contrario, las estaciones P2 y P3 presentan perturbaciones relacionadas con actividades agroindustriales, residenciales y ganaderas siendo estas las posibles causantes de la disminución de la población de los macroinvertebrados [20].

En el punto P3, también se incrementó proporcionalmente la abundancia del orden Diptera que posee familias como la Chironomidae, las cuales están adaptadas a vivir en ambientes con ciertas perturbaciones y condiciones extremas [21][22].

En el mes de enero la familia Chironomidae, presentaron una abundancia de 10.5%, seguido del mes de febrero con 17.1% y del mes de marzo con 49.3%, (ver Fig. 2.) Siendo la última, la más alta abundancia de Dipteras reportada en este trabajo.

En cuencas cercanas se han presentado resultados similares, por ejemplo, la cuenca 146, río Pacora, se obtuvo una gran variedad de especies. Sin embargo, la calidad del agua paso de ser buena a regular al analizar puntos de muestreo aguas arriba y aguas abajo. Esto es a causa de actividades antrópicas desarrolladas alrededor de la cuenca y probablemente provocan la disminución de la calidad ecológica del río [7].

Se observó durante el periodo de muestreo que la temperatura del agua mostró poca variación en los diferentes sitios de muestreo, (ver Tabla I). La variación significativa de la temperatura en ecosistemas tropicales podría causar notables cambios en la abundancia de especies de macroinvertebrados dulceacuícolas [23].

Los residuos orgánicos e industriales pueden provocar un desequilibrio en el pH viéndose afectada la respiración y fotosíntesis [23]. Estos procesos son los principales responsables de la aparición de bicarbonato y carbonato por lo que, al presentarse una modificación en estos iones, se tendrá una disminución en la comunidad de organismos acuáticos [23]. El rango aceptable de pH para aguas saludables esta entre 6.5 y 8.0 [24]. A pesar de que algunos valores de pH en este estudio se encontraron ligeramente por debajo de 6.5 en muchos de estos casos se presentaron aguas de calidad buena, considerándose que esta no provocó cambios considerables en la abundancia de los individuos, ver Tabla I.

Al analizar las concentraciones de oxígeno disuelto en el agua, se pudo visualizar que en P1 y P2 los valores mostrados se encontraron por encima de los mínimos (6.5 - 8.0 mg/L) siendo estos para cuerpos de aguas saludables [23][25], ver Tabla I.

El oxígeno disuelto alberga una estrecha relación con la temperatura, presión atmosférica y materia orgánica, por lo que ambientes contaminados son aquellos relacionados con bajos valores de oxígeno disuelto [24].

En P3, el oxígeno disuelto disminuyó considerablemente de 7.88 a 5.31 mg/L en los meses de enero y febrero, respectivamente, (ver Tabla I). A su vez, en el mes de marzo se presentó un valor por debajo de los límites permisibles, los cuales indican una mala calidad de agua. Siendo esto un indicativo de una transición en la calidad del agua y disminución de los organismos acuáticos en la época seca. Entre enero y marzo la cantidad de organismos disminuyó de 1224 a 357 individuos para este punto de muestreo, ver Fig. 2.

La conductividad eléctrica de los tres puntos de muestreo presentó un incremento proporcional al punto de muestreo y a los meses de colección. Por ejemplo, en el mes de febrero, se presentó una correlación entre los tres puntos de muestreo y la conductividad eléctrica ($R^2=0.99$). De aguas arriba a aguas abajo, la conductividad eléctrica aumentó de 756 a 997 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente, ver Tabla I.

A su vez, se correlacionó los puntos de muestreo P1, P2 y P3 con la conductividad eléctrica y se obtuvieron valores de $R^2=0.77$, 0.84 y 0.78 respectivamente. Esta variación proporcional puede estar asociada al incremento del número de iones en el agua debido a la transición de estación lluviosa a seca; el aumento de la conductividad eléctrica disminuye la diversidad de especies de macroinvertebrados dulceacuícolas siendo esta una medida útil para determinar la calidad del agua [23].

Al aplicar el índice BMWP/Pan [7], se demostró que la calidad del agua del río Cabra va en descenso desde el punto de muestreo más alto (P1) hasta el más bajo (P3), (ver Tabla II). De manera que se obtuvieron valores máximos de 102 y

mínimos de 52 en los tres meses, representando aguas de calidad buena y aguas contaminadas.

Los valores obtenidos en P1 mostraron que las aguas son de calidad buena en los tres meses muestreados, reflejando la presencia de familias con un alto puntaje debido a que estas solo se encuentran en aguas limpias ya que presentan poca tolerancia a la contaminación [26]. Por ejemplo, la familia Perlidae y Ptilodactylidae fueron encontradas en todos los muestreos de P1.

Por otra parte, los valores de P2 mostraron rangos de aguas de buena calidad en los meses de enero y marzo. Sin embargo; en el mes de febrero ocurrió una disminución de calidad del agua y se determinó como regular. Posiblemente, la causa de esta disminución pudo estar relacionada con la extracción de material pétreo cerca del punto de muestreo, ya que se pudo observar remoción de material cerca del área de muestreo. Los macroinvertebrados construyen su propia habita ya sea debajo de rocas, en raíces de árboles, en plantas acuáticas, en hojarasca, por lo tanto, si se destruye su hábitat se provoca alteraciones en la diversidad y esto conlleva al empobrecimiento del ecosistema [20].

Finalmente, en P3 se encontraron aguas de calidad buena en el mes de enero, aguas de calidad regular en el mes de febrero y aguas contaminadas en marzo. Esto puede ser debido a la transición que hubo entre la estación lluviosa a la seca causando variación en el caudal [20], y la disminución de oxígeno disuelto en el agua [25].

Los ecosistemas acuáticos son degradados a causa de la agricultura, ganadería, extracción de grava, deforestación, manejo de los desechos urbanos y la exposición de aguas residuales [27].

Resultados similares fueron reportados por [7] en la cuenca del río Pacora y Juan Díaz. Se realizó un estudio utilizando el BMWP/Pan en Pacora, donde se evidenció una disminución de la calidad ecológica del agua, especialmente en el punto medio donde se ubica la toma de agua que abastece la planta potabilizadora de Pacora, siendo estas de calidad regular (BMWP/Pan = 66). Así mismo, se hizo el análisis del BMWP/Pan en la cuenca del río Juan Díaz, siendo esta la más deteriorada en ámbitos de calidad ecológica mostrando en tres de los cuatro puntos muestreados que la calidad del agua es extremadamente contaminada (BMWP/Pan < 3) [7].

Los valores del índice EPT para P1 y P2 mostraron puntajes superiores a 71.0 presentando una calidad de agua buena para los tres meses de muestreo. Sin embargo, P3 presentó calidad regular en los meses de enero (55.5) y febrero (61.7), decayendo la calidad a mala en el mes de marzo (38.9), ver Tabla II.

Este índice se corroboró haciendo un análisis de la abundancia relativa de Ephemeroptera, Trichoptera y Plecoptera para los tres meses y tres puntos (P1, P2 y P3) muestreados.

El orden Ephemeroptera en el mes de enero obtuvo un 34.63% de abundancia, el orden Plecoptera obtuvo un 0.57% y el orden Trichoptera obtuvo un 11.57%. El orden Ephemeroptera en el mes de febrero obtuvo un 32.90%, el

orden Plecoptera obtuvo un 0.01% y el orden Trichoptera obtuvo un 3.90% (ver Tabla III).

TABLA II. ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA BMWP/PAN Y EPT PARA LOS TRES PUNTOS Y LOS TRES MESES DE MUESTREO.

Punto de muestreo	P1			P2			P3		
Mes*	1	2	3	1	2	3	1	2	3
BMWP/Pan	100	102	101	86	69	86	79	67	52
EPT	71	84.4	82.3	77.3	84	81.6	55.5	61.7	38.9
BMWP/Pan	B	B	B	B	B	B	B	R	C
EPT	B	B	B	B	B	B	R	R	M

B – Bueno, R – Regular, C – Contaminada, M – Mala

*Representan los meses enero, febrero y marzo, respectivamente.

TABLA III. ABUNDANCIA DE EPHEMEROPTERA, TRICHOPTERA Y PLECOPTERA

Orden	Mes de muestreo	Número de individuos	Abundancia relativa (%)
Ephemeroptera	Enero	2415	34.63
	Febrero	2294	32.90
	Marzo	1135	16.28
Plecoptera	Enero	40	0.57
	Febrero	1	0.01
	Marzo	0	0.00
Trichoptera	Enero	786	11.27
	Febrero	272	3.90
	Marzo	30	0.43
Total (%)		6973	100

El orden Ephemeroptera en el mes de marzo alcanzó un 16.28%, para el orden Plecoptera, no colecto ningún espécimen en los muestreos y el orden Trichoptera obtuvo un 0.43%. Siendo estos los porcentajes de abundancia para el mes de marzo para los tres puntos de muestreo.

De tal manera que al hacer el cálculo con el índice EPT tomando en cuenta los 3 puntos de muestreo y la totalidad de los individuos colectados, se observa que el número de individuos disminuye al transcurrir los meses. Al disminuir el número de familias en la colecta, se afectó el cálculo de la calidad de agua, de tal forma que para el punto 3 en los meses de enero y febrero la calidad del agua fue regular y para marzo su calidad se clasificó como de calidad mala. Sin embargo, esta disminución no afectó considerablemente a los puntos P1 y P2.

Al realizar una comparación entre los índices BMWP/Pan y EPT para los puntos P1 y P2 entre los meses de enero y marzo se obtuvo una calidad de agua buena, con la excepción de P2 en el mes de febrero el cual mostró una calidad del agua regular cuando se utilizó el BMWP/Pan.

En el P3, se puede decir que ambos índices concordaron con los resultados en el mes de febrero y marzo siendo esta regular y contaminada respectivamente. Sin embargo, en el mes de enero el BMWP/Pan expresó que la calidad era Buena

y el EPT que la calidad era regular de manera que existe diferencias por lo antes expuesto.

IV. CONCLUSIONES

El presente estudio de la calidad del agua del río Cabra en los tres puntos muestreados nos permite concluir:

1. En la subcuenca del río Cabra existe una abundante diversidad de macroinvertebrados de la clase Insecta.

2. El índice BMWP/Pan es de gran utilidad para determinar la calidad del agua al utilizar bio indicadores.

3. El EPT mostró ser un índice de utilidad para una evaluación más rápida de la calidad del agua, ya que se basa en el número de familias encontradas y no en la tolerancia de los bio indicadores.

4. La precisión de los índices de calidad utilizados se diferenció en que el BMWP/Pan les asigna valores específicos a familias dentro de los diferentes órdenes. Mientras el EPT considera la abundancia del orden de manera global.

5. Utilizando el índice EPT, existe una transición en la calidad del agua de buena a regular o mala, desde el punto muestreado aguas arriba (bosque secundario) hasta el punto aguas abajo (área residencial). Esto fue dependiente del mes de muestreo. Para el caso del BMWP/Pan, esta transición sólo se presentó en febrero y marzo.

6. Los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera presentan una disminución en su abundancia relativa cuando existe un deterioro de la calidad del agua.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al CIHH, LABAICA de la UTP y sus colaboradores por todo el apoyo prestado durante la realización de este trabajo. De igual forma agradecemos a la SENACYT e IFARHU por su apoyo financiero a la autora principal. Finalmente, se agradece a al Sistema Nacional de Investigación (SNI) de la República de Panamá por su apoyo financiero a uno de los autores de este trabajo.

REFERENCIAS

- [1] M. Tortorelli and D. Hernández, "Calidad del agua en un ambiente acuático sometido a efluentes contaminantes," *Ecosistemas De Aguas Continentales*, vol. 1, pp. 227-230, 1995.
- [2] N. Orrego, F. Londoño and E. Rojas, *Manejo Eficiente Del Recurso Hídrico En Las Microcuencas*, 1999.
- [3] J. Alba-Tercedor, "Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos," in *IV Simposio del agua en Andalucía (SIAGA)*. Almería, pp. 203-213, 1996.
- [4] R. Figueroa, C. Valdovinos, E. Araya and O. PARRA, "Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile," *Revista Chilena De Historia Natural*, vol. 76, pp. 275-285, 2003.
- [5] J.C. Naranjo-López and P. López-del Castillo, "Biological monitoring working party, Un índice biótico con potencialidades para evaluar la calidad de las aguas en ríos cubanos," *Ciencia En Su PC*, 2013.
- [6] C. Carrera Reyes and K. Fierro Peralbo, *Manual de monitoreo los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua*, EcoCiencia, 2001, .
- [7] A. Cornejo, E. López-López and R. A. Ruiz-Picos, *Diagnóstico de la condición ambiental de los afluentes superficiales de Panamá*. Panamá: Instituto Conmemorativo Gorgas de Estudios de la Salud, Ministerio de Ambiente. 2017
- [8] G. Roldán, "Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia," Universidad De Antioquia, Fondo FEN, Medellín, 1988.
- [9] H.A. Morales, "El uso de macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad de agua," *Biocenosis*, vol. 20, 2016.
- [10] A. Cornejo, "Estructura de la comunidad de macroinvertebrados dulceacuicolas en el área de concesión minera Cerro Petaquilla, Colón, Panamá," *Scientia*, vol. 24, pp. 15-35, 2014.
- [11] R.W. Flowers and C. De la Rosa, "Clave taxonómica Ephemeroptera", *SciELO*, vol. 58, pp. 63-93, 2010.
- [12] M. Springer, "Clave taxonómica para larvas de las familias del orden Trichoptera (Insecta) de Costa Rica," *Revista De Biología Tropical*, pp. 273-286, 2006.
- [13] M. Springer, "Capítulo 7: Trichoptera," *Revista De Biología Tropical*, vol. 58, pp. 151-198, 2010.
- [14] J.L. Ruiz Moreno, R. Ospina Torres and W. Riss, "Guía para la identificación genérica de larvas de quironómidos (diptera: chironomidae) de la Sabana de Bogotá. II. subfamilia chirominae," *Caldasia*, vol. 22, pp. 15-33, 2000.
- [15] J.A. Posada-García and G. Roldán-Pérez, "Clave ilustrada y diversidad de las larvas de trichoptera en el nor-occidente de Colombia/Illustrated key for the larvae of Trichoptera in the northwest of Colombia," *Caldasia*, pp. 169-192, 2003.
- [16] M. Springer, L. Serrano-Cervantes, Z. Aguilar and J. Altigracia, *Guía Ilustrada Para El Estudio Ecológico y Taxonómico De Los Insectos Acuáticos Inmaduros Del Orden Trichoptera En El Salvador (Ab)*, 2010.
- [17] A. Sundermann, S. Lohse, L. Beck and P. Haase, "Key to the larval stages of aquatic true flies (Diptera), based on the operational taxa list for running waters in Germany," in *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology*, pp. 61-74, 2007.
- [18] P. Gutiérrez, "Clave taxonómica para las familias del orden Plecoptera", *Universidad de Costa Rica, SciELO*, Vol. 58, pp. 139-148, 2010.
- [19] A. Ramírez, "Capítulo 5: Odonata," *Revista De Biología Tropical*, vol. 58, pp. 97-136, 2010.
- [20] R.L. Fernández, "Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos," *Páginas De Información Ambiental*, pp. 24-29, 2012.
- [21] N. González, S.S. Mateo and Á.M. Valdivia, "Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad de agua del trópico húmedo en las microcuencas de los alrededores de Bluefields, RAAS," *Wani*, vol. 68, pp. 53-63, 2013.
- [22] G. Rocabado and E. Gotia, "Guía para evaluar la calidad acuática mediante el índice BMWP/Bol," 2011.
- [23] G. Roldán P, "Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua," *CAR, Cundinamarca*, 2012.
- [24] T. Ríos, G. González and J.A.B. Vega, "Diversidad de insectos acuáticos y calidad del agua de los ríos David y Mula, provincia de Chiriquí, Panamá," *Gestión y Ambiente*, vol. 18, pp. 113-128, 2015.
- [25] R.J. Hunt and I.H. Christiansen, "Dissolved oxygen information kit". CRC Sugar Technical Publication, 2000.
- [26] R.P. Selles and J.A.B. Vega, "Diversidad, distribución de la comunidad de insectos acuáticos y calidad del agua de la parte alta-media del río David, provincia de Chiriquí, República de Panamá," *Gestión y Ambiente*, vol. 12, pp. 73-84, 2009.
- [27] J. Bernal Vega and H. Castillo, "Diversidad, distribución de los insectos acuáticos y calidad del agua de la subcuenca alta y media del río Mula, Chiriquí, Panamá," *Tecnociencia*, vol. 14, pp. 35-52, 2012.G. Eason, B.
- [28] Noble, and I. N. Sneddon, "On certain integrals of Lipschitz-Hankel type involving products of Bessel functions," *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, vol. A247, pp. 529-551, April 1955.