
EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE EL USO DE ÍNDICES BIÓTICOS EN EL RIO SAN ANDRÉS

EVALUATION OF WATER QUALITY BASED ON THE USE OF BIOTIC INDEX IN THE SAN ANDRÉS RIVER

Fernández Deimar¹, Díaz Hinojoza Miguel Francisco²

¹Docente de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, ²Investigador Ingeniero Forestal

Dirección para la correspondencia: Deimar Fernández, Calle Ernesto Trigo N° 1290, Barrio IV Centenario, Tarija, Bolivia. Correo electrónico: ferdei2000@yahoo.es

RESUMEN

El objetivo de este trabajo de investigación fue estudiar del grado de contaminación del agua del río San Andrés, mediante el método de Índice Biótico basado en la captura e identificación de macro- invertebrados.

La calidad biológica de las aguas del río de la comunidad de San Andrés del Departamento de Tarija fue evaluada por medio de una adaptación del índice biótico BMWP.

A través de un recorrido previo en el área de estudio se realizó la ubicación de las estaciones de muestreo para la recolección de las muestras que fueron identificados en laboratorio con la ayuda de diferentes claves para facilitar su identificación. Los valores indicadores de los taxones de macroinvertebrados acuáticos del río de la comunidad de San Andrés fueron establecidos según su aparición a lo largo de un gradiente de contaminación y se le asignó puntajes y posteriormente se clasificaron en una de las 5 categorías en la tabla de calidades del BMWP.

Según el índice BMWP (Biological Monitoring Working Party), las aguas del río de la comunidad de San Andrés presentan aguas de calidad moderadamente buena a aguas con algún signo evidente de contaminación, derivando en el uso de estas aguas para riego, pero no muy recomendable para el consumo humano.

Palabras clave: índice biótico BMWP – macroinvertebrados – calidad del agua.

ABSTRACT

The objective of this research was the study of the degree of contamination of the water of the San Andrés River, using the method of Biotic Index based on the capture

and identification of macro- invertebrates.

The biological quality of the waters of the San Andres Community River in the Department of Tarija was evaluated by means of an adaptation of the biotic index BMWP.

Through a prior travel along the area of study, the location of sampling sites for the collection of the samples were identified in the laboratory with the aid of different clues to ease the identification. The indicator values of the taxons of aquatic macro invertebrates of the San Andrés Community River were established according to their appearance along a gradient of contamination, they were assigned scores, and subsequently fell in one of the 5 categories in the table of qualities of BMWP.

According to the BMWP (Biological Monitoring Working Party) Index, the waters of the river of the San Andrés community have waters from moderately good quality to waters with any obvious sign of pollution leading to the use of these waters for irrigation, but not highly recommended for human consumption.

Keywords: bioticindex BMWP - macro invertebrates – waterquality

INTRODUCCION

La modificación progresiva de la naturaleza por la contaminación se torna con frecuencia en tóxica a corto o largo plazo (Verneaux en Rodier, 1989).

La importancia de los ecosistemas acuáticos son definidos en función de su rol ecológico fundamental como regulador de procesos hídricos, ya que ellos constituyen hábitats de especies animales y vegetales,

porque desde un punto de vista socioeconómico prestan importantes servicios a las sociedades humanas. A pesar de su aparente abundancia, el agua dulce es uno de los recursos naturales más limitados y críticos para una humanidad en constante crecimiento. (ASB-ICRAF 2008).

Esto no escapa a la realidad de la ciudad de Tarija, debido a que posee un clima de tipo semiárido, por lo tanto los ríos y las aguas subterráneas constituyen recursos muy valiosos tanto para el consumo humano como para el riego, el desarrollo de las actividades humanas en el Valle Central, ocasiona deterioro de la calidad de estos recursos hídricos. Las causas de contaminación de las aguas superficiales en la región del Valle Central son esencialmente de origen agrícola y doméstico (ZONISIG, 2001; Brandt, 2006).

De esta forma, la contaminación de las aguas es un asunto de gran relevancia actual y por lo tanto debe ser objeto de observación y manejo inmediato, contando con monitoreos y evaluaciones periódicas en cuanto a la calidad del agua, de lo contrario las consecuencias podrían llegar a ser irreparables dada la magnitud de los daños ambientales que trae consigo.

Asimismo, los cambios en el uso del suelo hacen que los recursos hídricos sufran degradación de la calidad a través de la contaminación agroquímica, incremento de la carga orgánica y aumento de la sedimentación (Hayward, 2005, Coutinho et al. 2009).

Por consiguiente, hay una necesidad evidente de herramientas apropiadas para la evaluación de la calidad ecológica de las aguas, con fines de implementar medidas eficaces de monitoreo y rehabilitación de los ecosistemas acuáticos (Fossati et al., 2006). El uso de Macroinvertebrados acuáticos constituye hoy en día una herramienta ideal para la caracterización biológica e integral de la calidad del agua, siendo necesario para un adecuado control y conservación de un ecosistema (Roldán, 1996).

MATERIALES Y METODOS

Se utilizó: material de campo (GPS, malla metálica de 1 mm de diámetro, tamices de 1-4 mm, tachos plásticos de 10 lts., frascos de 50-100 ml, formol diluido al 5%, alcohol al 70% o lugol, botas de caucho, cámara fotográfica, planillas para levantamiento de datos; material de laboratorio (bañeras blancas, frascos para la separación de los organismos, microscopio, caja Petri, porta objetos, pinzas, lupa binocular, clave).

Metodología

Para la determinación de la calidad de agua, se utilizó el método del Índice Biótico BMWP, que consiste en la captura e identificación de los macroinvertebrados acuáticos en cursos de agua poco profundos, motivo por el cual se seleccionó el río de San Andrés de Tarija.

Técnica de colecta de organismos

La técnica de colecta de organismos acuáticos, consiste en colocar la malla milimétrica sobre el fondo de los arroyos, la entrada frente a la corriente de agua. La operación consiste en realizar un movimiento de sedimentos en suspensión, arena y piedras.

La colecta será efectuada, sobre la longitud de los arroyos variando entre 100 m. La idea de este método es obtener una diversidad de la fauna acuática la más representativa posible del ecosistema estudiado.

Los invertebrados son conservados en alcohol con una concentración del 70 % o formol al 5% para ser examinados en laboratorio con lupa binocular y microscopio.

Las coordenadas geográficas y la altura del sitio son medidas por medio de GPS y se registran en el lugar diversos parámetros medio ambientales. Con el fin de normalizar el esfuerzo de muestreo en la medida de lo posible, la recolección y el lavado de la muestra en campo son limitados a dos horas por persona.

Tratamiento de los organismos acuáticos

La fauna recolectada de las estaciones de muestreo son fijada en formol al 5% o en alcohol al 70%, o se trasladara vivos en vegetación acuática al laboratorio.

Por razones de facilidad se utilizará dos tamices de 1-4 mm para fraccionar la colecta de organismos acuáticos y conservados en frascos para su posterior reconocimiento.

Identificación de los organismos acuáticos

La identificación se realizó con la ayuda de las claves de J. G. Needham y P. R. Needham, como la de Merritt and Cummins.

Por las determinaciones sistemáticas, se utilizó un microscopio o lupa binocular, donde los organismos acuáticos fueron depositados sobre una caja Petri con agua y también en porta objetos para su observación

Una vez reconocidos se pasó a clasificar a los

macroinvertebrados y aplicar a la puntuación que pertenece en el índice del método BMWP y así determinar la presencia de calidad de agua que presenta el río a estudiar.

Método de índice biótico: Biological Monitoring Working Party (BMWP)

Se basa en la asignación a las familias de

macroinvertebrados acuáticos valores de tolerancia a la contaminación comprendidos entre 1 (familias muy tolerantes) y 10 (familias intolerantes). La suma de los valores obtenidos para cada familia detectada en un punto nos dio el grado de contaminación del punto estudiado.

Las puntuaciones asignadas a cada familia de macroinvertebrados según el BMWP se resumen en la

Tabla 1. Ponderación de los Taxones de Macroinvertebrados Acuáticos del Valle Central de Tarija para los Índices BMWP.

Taxones	Puntaje
Gripopterygidae, fam. Cf Corduliidae*, Blephariceridae (*: determinación provisoria)	10
Perlidae, Hydrobiosidae, Sericostomatidae, Leptoceridae, Limnephilidae, Hydraenidae	9
Odontoceridae, Glossosomatidae, Leptophlebiidae, Psephenidae, Megapodagrionidae, Atherecidae, Dixidae	8
Helicopsychidae, Calamoceridae, Polycentropodidae, Hydroptilidae, Leptohephidae, Scirtidae, Lutrochidae, Polythoridae, Tipulidae, Muscidae, Empididae, Naucoridae, Gerridae, Sphaeriidae	7
Philopotamidae, Elmidae, Dryopidae, Hydrochidae, Corydalidae, Ptychopteridae, Ceratopogonidae, Psychodidae (Maruina), Notonectidae, Mesoveliidae, Hebridae, Ostracoda, Acarina	6
Hydropsychidae, Pyralidae, Caenidae, Noteridae, Calopterygidae, Aeshnidae, Libellulidae, Simuliidae, Sciomyzidae, Ancyliidae, Lymnaeidae, Planorbidae, Dugesidae	5
Baetidae, Gyrinidae, Dytiscidae, Heteroceridae, Coenagrionidae, Dolichopodidae, Hyalellidae, Aeglididae, Glossiphoniidae	4
Hydrophilidae, Tabanidae, Stratiomyidae, Chironomidae (otros que Chironomus), Corixidae, Veliidae, Belostomatidae, Physidae	3
Chironomidae (Chironomus), Culicidae, Ephydriidae, Limoniidae, Cyclopdellidae	2
Psychodidae (habitus de Psychoda y Clognia), Syrphidae, Oligochaeta	1

Fuente: Bioindicación de la calidad de los cursos de agua del valle central de Tarija (Bolivia) mediante macroinvertebrados acuáticos (Cammaerts et al. 2008).

siguiente tabla:
Finalmente, tras la suma de los valores correspondientes a cada una de las familias presentes en la zona de

estudio, se obtiene la calidad del agua, que se puede clasificar en una de las 5 categorías que se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2. Clases y Calidad del Agua Mediante el BMWP

Clase	Calidad	Valor del BMWP	Significado	Color
I	Buena	>101	Aguas muy limpias, no contaminadas ni alteradas de modo apreciable.	Celeste
II	Aceptable	61-100	contaminación	Verde
II	Dudosa	36-60	Aguas claramente contaminadas	Amarillo
IV	Critica	16-35	aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy Critica	<15	aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Fuente: Bioindicación de la calidad de los cursos de agua del valle central de Tarija (Bolivia) mediante macroinvertebrados acuáticos (Cammaerts et al.2008).

Interpretación y evaluación del grado de calidad y polución del agua

El valor del índice varía entre 0 (ausencia de invertebrados indicadores) y un máximo indeterminado, aunque no es normal que supere los 250 puntos.

Tras la suma de los valores correspondientes a cada una de las familias presentes en la zona de estudio, se obtiene la calidad del agua, que se puede establecer en una de las cinco clases de calidades de agua (de I a V de mayor a menor calidad), permitiendo en función del valor obtenido del índice, asignar una muestra de agua a una de las calidades establecidas, o bien visualizarla cartográficamente, ya que cada una de las clases se corresponden con un código de colores para su representación cartográfica.

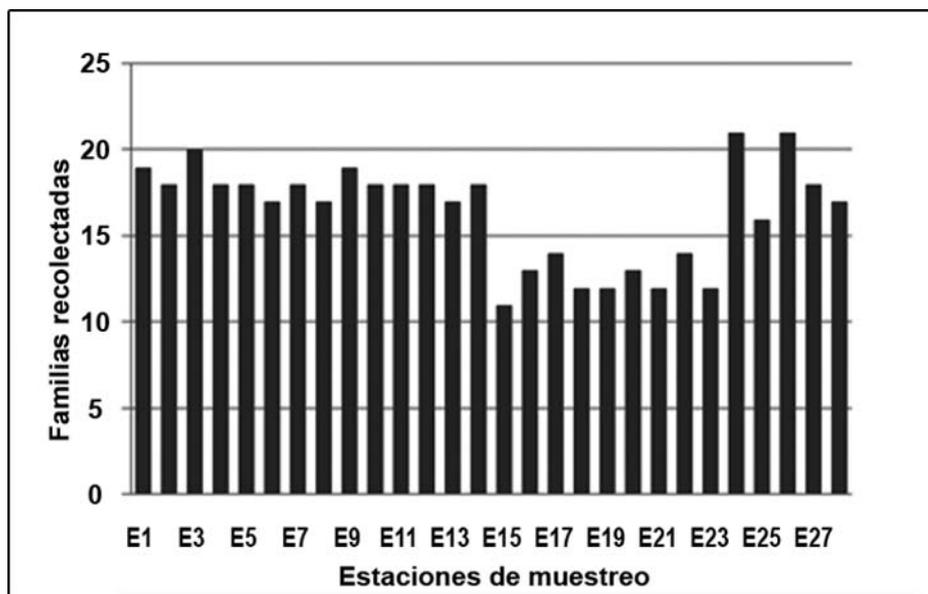
Los resultados desde un punto de vista cartográfico, los 10 índices serán reagrupados en 5 clases de calidad (polución muy elevada, elevada, media, mala y muy mala). Para luego realizar una valoración del estado ecológico del ecosistema acuático del río San Andrés.

RESULTADOS

Macroinvertebrados acuáticos recolectados en cada estación

Para conocer el grado de contaminación en el río de San Andrés se procedió a la recolección de los macroinvertebrados, en la zona de San Andrés, identificando 28 estaciones de muestreo cada 100 metros en los meses de agosto, septiembre y octubre.

Figura 1. Estación de muestreo en el Río de San Andrés



Debido a que el índice BMWP (Biological Monitoring Working Party) se basa en la presencia de comunidades de macroinvertebrados que actúa como sensor ambiental, se debe asegurar un muestreo representativo de la misma que incluya a representantes de las familias que habitan en un punto a estudiar.

En la Figura 2, se observa los puntos de recolectados en cada estación de muestreo siguiendo el curso de agua donde se determinó la cantidad de familias de macroinvertebrados.

Figura 2. Ubicación de las estaciones en el Río de San Andrés



Puntaje de los taxones identificados para el río San Andrés

Para la identificación de los macroinvertebrados fueron estudiados y reconocidos en laboratorio con la ayuda

de diferentes claves, y clasificándolas a nivel de familias para así designarlo a la puntuación del índice biológico del BMWP y clasificar la calidad del agua que presenta en la zona de estudio.

Tabla 3. Taxones de macroinvertebrados identificados para el río de San Andrés según el índice BMWP.

Taxones	Puntaje
Blepharoceridae, Psephenidae, Corduliidae	10
Leptoceridae, Hydrobiosidae, Limnephilidae, Perlidae	9
Dixidae, Leptophlebiidae	8
Empididae, Helicopsychidae, Polycentropodidae, Naucoridae, Gerridae	7
Elmidae, Ostracoda, Corydalidae, Acarina	6
Calopterygidae, Libellulidae, Caenidae	5
Curculionidae, Coenagrionidae, Ephemerellidae, Aeglidae	4
Hydrophilidae, Veliidae	3
Culicidae	2
Psychodidae, Oligochetes	1

En la Tabla 4. presenta el puntaje de sensibilidad a la contaminación atribuido a los taxones observados en el río de San Andrés, también se observa a las familias que fueron recolectadas en el transecto de la zona de

estudio, adaptando a cada familia a su respectivo puntaje basado en estudios y experiencias realizadas en el valle central de Tarija por Cammaerts (2007).

Tabla 4. Identificación de la familia según su puntaje

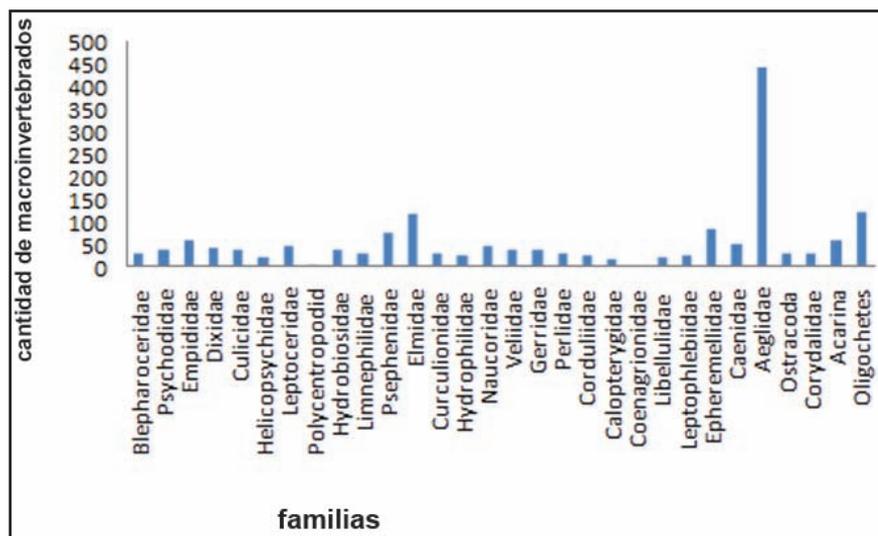
N° Flia	Familia	Puntaje	Nro	Familia	Puntaje
3	Corduliidae	10	4	Ostracoda	6
	Psephenidae	10		Corydalidae	6
	Blepharoceridae	10		Acarina	6
4	Leptoceridae	9	3	Calopterygidae	5
	Hydrobiosidae	9		Libellulidae	5
	Limnephilidae	9		Caenidae	5
	Perlidae	9	4	Curculionidae	4
2	Dixidae	8		Coenagrionidae	4
	Leptophlebiidae	8		Epheremellidae	4
5	Empididae	7		2	Aeglidae
	Helicopsychidae	7	Hydrophilidae		3
	Polycentropodidae	7	1	Veliidae	3
	Naucoridae	7		Culicidae	2
	Gerridae	7	2	Psychodidae	1
Elmidae	6	Oligochetes		1	

Cuantificación de los macroinvertebrados

En el río de San Andrés al recolectar las muestras, el identificarlas se tomó también en cuenta el número

total de macroinvertebrados que fueron recolectados en todo el curso de agua, siendo un total de 1.637 macroinvertebrados distribuidas entre 30 familias y estos a las vez entre 8 órdenes.

Figura 3. Cuantificación de macroinvertebrados recolectados por familia



Índice de diversidad

El índice de diversidad ayuda a medir la abundancia y biodiversidad de especies de un sitio, a mayor

biodiversidad mayor puntuación como observamos en la presente Tabla 5.

Tabla 5. Porcentaje de abundancia según el orden

Nº	Orden	Abundancia	% de Abundancia
1	Diptera	205	12,52
2	Trichoptera	137	8,37
3	Coleoptera	246	15,03
4	Hemiptera	120	7,33
5	Plecoptera	28	1,71
6	Odonata	64	3,91
7	Ephemeroptera	156	9,53
8	Crustacea	470	28,71
9	Neuroptera - Megaloptera	31	1,89
10	Acarina	60	3,67
11	Oligochetes	120	7,33
	Total	1637	100

La cantidad y diversidad de macroinvertebrados que son indicados porcentualmente, datos que son generados de todas las estaciones de muestreo el cual nos indica que la mayor presencia de macroinvertebrados pertenecen a la familia Aeglidae (orden: crustáceos) en un 28.71% de todo el transecto siendo el dominante, además la presencia de esta familia se hizo presente en cada una de las estaciones de muestreo.

Análisis de Índice de dominancia según Berger-Parker (B)

Este índice adquiere valores comprendidos entre 0 y 1 (0 % y 100 %). Es indicador de los mismos impactos que el índice de Simpson-Gini: polución orgánica, degradación en la morfología del río y degradación general.

$$B = \text{Máx.} / N$$

En donde:

- Máx.: número de individuos del taxón más abundante.
- N: número total de individuos de la muestra.

$$B = 440/1637$$

$$B = 0,2687$$

B = 26,87 % es la flia. Más dominante (Fia. Aeglidae)

Valoración del índice BMWP

La puntuación BMWP, que es la suma de los valores de las familias presentes, que ayuda a la clasificación del tipo de calidad de agua que tiene el curso de agua objeto del presente estudio.

La identificación de los taxones se limita a la familia (el orden para los acarianos, ostracodos, y oligochetos). Cada taxón recibe un valor indicador de su sensibilidad a las poluciones orgánicas, variando de 1 a 10. Se hace la suma de los valores indicadores de los taxones presentes: es la puntuación BMWP.

La clase de aguas fuertemente contaminadas (color rojo) caracteriza aguas fuertemente contaminadas que sólo pueden albergar una fauna muy pobre de taxones poco resistentes.

La clase de aguas claramente contaminadas (color amarilla) caracteriza ecosistemas que siguen perturbados pero cuyas aguas tienen una fauna diversificada.

Las aguas de la clase aceptable (verde) son poco afectadas por una contaminación orgánica.

La clase Aguas limpias, no contaminadas ni alteradas de modo apreciable (color azul) corresponde a las aguas aparentemente no contaminadas o de manera que no afecta la fauna a un nivel detectable mediante el índice.

Además, según el sistema BMWP, se ha definido una sexta clase que agrupa las aguas de mejor calidad (agua muy limpia), utilizadas para el consumo humano.

Tabla 6. Clases, Valores y características para aguas clasificadas mediante el índice BMWP

Clase	Calidad	Valor Del BMWP	Significado	Color
I	Buena	>101	Aguas limpias, no contaminadas ni alteradas de modo apreciable.	Celeste
II	Aceptable	61-100	Aguas con algún signo evidente de contaminación	Verde
III	Dudosa	36-60	Aguas claramente contaminadas	Amarillo
IV	Critica	16-35	aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy Critica	<15	aguas fuertemente contaminadas	Rojo

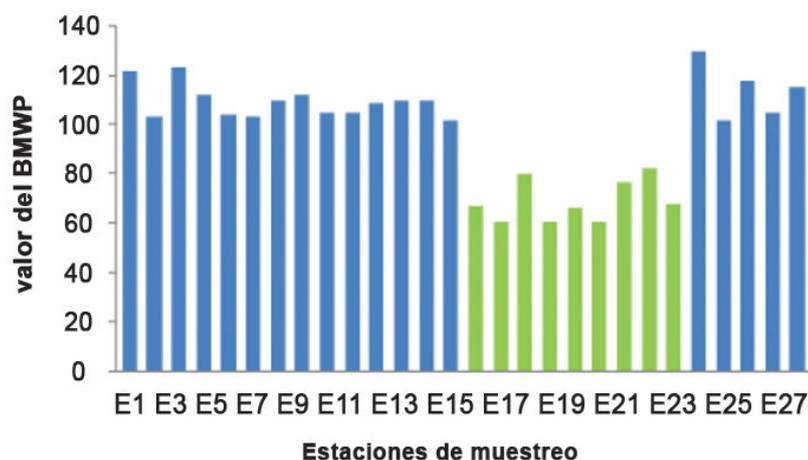
Los índices BMWP de los sitios muestreados se reparten según valores continuos que se tienen que separar en clases para poder interpretar fácilmente los resultados, y presentarlos por medio de colores convencionales. Los límites de clases definitivas de calidad que se indican en la tabla 6, que fueron fijados teniendo en cuenta las cinco clases provisorias, basadas sobre parámetros medioambientales visuales de los 28 sitios seleccionados en el curso de agua. Observamos que la utilización de algunos taxones clave nos permite delimitar claramente las diferentes clases de calidad debido a una

superposición de sus componentes faunísticos.

Niveles de perturbaciones en el río San Andrés con comunidades de macroinvertebrados

La presencia de perturbaciones presentes en el Río San Andrés se observan generalmente con la aparición de especies resistentes y la desaparición de las especies menos resistentes, conformando un micro hábitat y ayudando a ver la clase de calidad el agua en la zona estudiada, con la ayuda del índice biótico.

Figura 4. Distribución de puntajes de los puntajes de clases de calidad de agua de la Comunidad de San Andrés, mediante el índice BMWP.



Se observó dos clases de aguas, la primera que es agua no contaminada ni alterada de modo apreciable (celeste) y Aguas con algún signo evidente de contaminación (verde) siendo este asignado por el valor del BMWP.

DISCUSION

De acuerdo a los resultados del presente estudio "Evaluación de la calidad del agua en el río San Andrés", se recolectaron e identificaron 8 (ocho) tipos de órdenes y 30 (treinta) familias en el área del estudio. Cuyos órdenes: Díptera, Trichoptera, Coleoptera, Hemiptera, Plecoptera, Odonata, Ephemeroptera, Crustacea, Neuroptera-Megaloptera, Acarina y Oligochetes.

Como se puede apreciar, en las estaciones de muestreo E1 a E14 presentan aguas de calidad relativamente buenas (color celeste), esto se manifiesta a la poca intervención del hombre sobre este trayecto del curso de agua y de la poca presencia de animales (vacuno, ovino, caprino). Sin embargo en la E15 hasta la E23 presentan un con respecto a la calidad porque se nota que alrededor de la E15 se encuentra la actividad de extracción de áridos en ciertas zonas y debido a que esta zona es turística existe un gran porcentaje de contaminación debido las visitas realizadas donde desechan principalmente basura (plásticos, latas de cerveza, pañales, etc.), como también lavan automóviles, ropa, etc. que cuyos desechos terminan en el río, más apreciable la contaminación se halla cerca de la zona del puente porque la presencia de las familias de macroinvertebrados se limitó de manera considerable. Sin embargo, desde la estación de muestreo 24 existe nuevamente la calidad de agua retoma de nuevo calidad de Aguas limpias, no contaminadas ni alteradas de modo apreciable.

La familia Aeglidae (Cangrejos) presenta una mayor abundancia de los macroinvertebrados identificados y observados en el estudio de investigación, encontrándose esta familia en las diferentes estaciones de muestreo, Sin embargo, se observó una disminución relativa en proximidades del puente de San Andrés, por razones que los turistas realizan la extracción de los mismos.

La calidad de agua del río San Andrés, se determinó a partir de la aplicación del método del índice biológico BMWP; asignado un puntaje del 1 al 10 de los macroinvertebrados recolectados en las estaciones de muestreo. Resultando las aguas de San Andrés de calidad buena a relativamente buena (color celeste a verde).

Sin embargo, el índice biológico BMWP, nos muestra la presencia de aguas de relativa calidad próximas al puente, esto se manifiesta que existe actividad antrópica (visita de turistas al río san Andrés), quienes vierten su desechos sólidos al río.

Los resultados del presente estudio se constituyen una referencia importante para las instituciones públicas y privadas, en el marco de un manejo integral de cuencas y la protección del medioambiente. Siendo el índice biótico una herramienta de diagnóstico medioambiental bastante practico.

BIBLIOGRAFIA

Alba-Tercedor, J. (1996). Macroinvertebrados Acuáticos y Calidad de las Aguas de los Ríos. IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA), España.

Brandt, J. (2006). Evaluación de la Salud Biótica de los Ríos del Valle Central de Tarija. Resumen ejecutivo presentado en la Jornada del Agua del 15 de marzo 2006.

Cammaerts, D. (1996). Macroinvertebrados Acuáticos y

Calidad de las Aguas de los Ríos. IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA), España.

Giacometti, J. & Bersosa, V. F. (2006). Evaluación de la Salud Biótica de los Ríos del Valle Central de Tarija. Resumen ejecutivo presentado en la Jornada del Agua del 15 de marzo 2006.

López-Llaneza, J. (1984). Estudio de la Calidad del Agua en el Río Nalon y su Cuenca (comparación de índices de calidad en aguas dulces). Conserjería de ordenación del territorio vivienda y medio ambiente. 70

Prat, N. (1998). Bioindicadores de Calidad de Aguas. en manuscritos curso bioindicadores de calidad de agua. Universidad de Antioquia, Medellin.

Quintana, H. 2009. Manual de gestión de Aegla spp y su ecosistema en la cuenca del río Tolomosa (Tarija-Bolivia).

Zamora H. (1999). El índice BMWP y la Evaluación Biológica de la Calidad del Agua en los Ecosistemas Acuáticos Epicontinentales Naturales de Colombia. 20 (2): 41-52.