

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD ECOLÓGICA DEL RÍO GUADALQUIVIR Y SUS PRINCIPALES AFLUENTES, TARIJA, BOLIVIA

EVALUATION OF THE ECOLOGICAL QUALITY OF THE GUADALQUIVIR RIVER AND ITS MAIN TRIBUTARIES, TARIJA, BOLIVIA

Pablo Andres Calizaya Gutierrez¹ y Deimar Fernandez²

¹Ingeniero en Gestión Ambiental. Técnico en Gestión de Agua y riego

² Ingeniero Forestal. Docente Carrera de Ingeniería Forestal. Estudiante de Doctorado en Ciencias – UAJMS

Correo electrónico: pablocalizaya@institutosanandres.org
deimarfernandez@uajms.edu.bo

RESUMEN

Se evaluó la calidad ecológica del río Guadalquivir y algunos de sus afluentes más importantes. Se realizó la toma de muestras en octubre de 2021, en 25 puntos, 16 pertenecientes al río Guadalquivir, 5 al río Camacho, 2 al río Santa Ana, 1 punto en el río Erquis y 1 punto en el río Tolomosa. Se recolectaron muestras de macroinvertebrados utilizando una malla surber de 500 µm en todos los hábitats posibles de cada estación, clasificando su taxonomía con claves dicotómicas y su posterior sumatoria en el índice BMWP/Bol, a su vez se realizó la evaluación del hábitat fluvial a través del índice IHF y de la calidad de vegetación de ribera a través del índice QBR.

Los resultados indican que únicamente la parte alta del río Camacho y del río Guadalquivir presenta un estado ecológico muy bueno y bueno, pero conforme el río sigue su curso este ecosistema se va alterando, perdiendo la capacidad de otorgar servicios ambientales, entre las actividades antropogénicas con impacto negativo más fuerte se encuentran el cambio de uso de suelo de la ribera por tierras de producción agrícola, urbanización, la remoción del lecho de río, explotación de áridos y agregados; y el aporte de aguas residuales.

Los puntos de Rancho Norte, Erquis, puente San Martín, El Temporal, Ancón (Ingreso al Valle) en el río Camacho antes de la confluencia con el Guadalquivir y en el Angosto presentan una calidad ecológica pésima, donde tanto fauna como flora acuática y terrestre se ve alterada, disminuyendo la diversidad y la capacidad de resiliencia del ecosistema. Además de un mayor peligro y riesgo ante crecidas extraordinarias, lo que obliga a destinar recursos para la gestión de riesgos y desastres.

PALABRAS CLAVE

Macroinvertebrados acuáticos, hábitat fluvial, ribera, estado ecológico.

ABSTRACT

The ecological quality of the Guadalquivir river and some of its most important tributaries was evaluated. The sampling campaign was carried out in October 2021, at 25 points, 16 belonging to the Guadalquivir River, 5 to the Camacho River, 2 to the Santa Ana River, 1 point to the Erquis River and 1 point to the Tolomosa River. Macroinvertebrate samples were collected using a 500 µm surber mesh in all possible habitats of each sampling station, classifying their taxonomy with dichotomous keys and their subsequent sum in the BMWP/Bol index, in turn, the evaluation of the fluvial habitat was carried out through the IHF index and riparian vegetation quality through the QBR index.

The results indicate that only the upper part of the Camacho River and the Guadalquivir River present a very good and good ecological status, but as the river continues its course, this ecosystem is altered, losing the ability to provide environmental services, among the anthropogenic activities with The strongest negative impact is the change in land use of the riverbank for agricultural production land, urbanization, the removal of the riverbed, exploitation of aggregates and aggregates; and the contribution of residual waters.

The points of Rancho Norte, Erquis, San Martín bridge, El Temporal, Ancon (Entrance to the Valley) in the Camacho River before the confluence with the Guadalquivir and in the Angosto have a terrible ecological quality, where both aquatic and terrestrial fauna and flora is altered, reducing the diversity and resilience of the ecosystem. In addition to a greater threat and danger in the face of extraordinary floods, which requires allocating resources for risk and disaster management.

KEY WORDS

Aquatic macroinvertebrates, river habitat, riverbank, ecological status

INTRODUCCIÓN

Los ríos tienen diversas conectividades, conectividad longitudinal (río arriba, río abajo), lateral (con la cuenca y la vegetación de ribera) y vertical (con la precipitación y las aguas subterráneas). Estas conectividades representan el correcto funcionamiento del ciclo hidrológico y por ende un equilibrio y buen funcionamiento dentro de los ecosistemas; garantizando los bienes y servicios ambientales.

El conocimiento de las interrelaciones en el ecosistema y la complejidad del funcionamiento del mismo, viene acompañado de una alta capacidad de gestión de los recursos hídricos.

Sin embargo, estos elementos tan valiosos, no son tomadas en cuenta en la gestión del agua. Siendo éstas, solamente planificadas para las actividades antropogénicas, dejando de lado el agua para los ecosistemas, en nuestra realidad los monitoreos de la calidad del agua se basan solamente en parámetros físico-químicos, que únicamente representan la calidad del instante en que se toma la muestra.

Los efectos que la contaminación representa en los ecosistemas pocas veces se toman en cuenta, en consecuencia, las rupturas de la conexión longitudinal del río, obras hidráulicas, extracción de áridos, sobreexplotación de las aguas superficiales, pérdida de la vegetación de ribera y llanura de inundación por cambios de uso de suelo, son elementos fundamentales que deben considerarse para una correcta evaluación del estado ecológico de un río, y así, preservar las conexiones y los servicios ambientales que nos proporcionan.

La necesidad de una gestión integrada de los recursos hídricos en Europa ha sido la clave para el desarrollo (a principios de los noventa) de la Directiva Marco sobre el Agua que entró en vigor en diciembre del año 2000. La DMA pretende conseguir, entre sus principales objetivos medioambientales, el mejor estado ecológico y estado químico posibles para las aguas superficiales, comprendiendo que existen alteraciones inevitables que se producen como consecuencia de las actividades humanas.

En la DMA son los elementos biológicos los componentes principales en el sistema, considerándose a los hidro morfológicos y físico-químicos de apoyo. Para Müller (2002) esto significa que los elementos de apoyo deben ser considerados en el caso de que los elementos biológicos no se encuentren en un buen estado. (Martínez Mas, Correcher, Piñón, Martínez Muro, & Pujante, 2004).

En Bolivia los estudios realizados sobre calidad del agua están enfocados al uso y aprovechamiento de la

sociedad, clasificando las aguas según el RMCH de la Ley 1333. Pero la clasificación biológica o ecológica únicamente es mencionada, no así regulada. Lo que expone un déficit en el conocimiento de la ecología fluvial en los gestores del agua.

El agua con una calidad ecológica buena, además de proveer alimento, esparcimiento, riego, etc. también es más fácil y económica de potabilizar para nuestro uso que el agua con una carga contaminante que debe ser eliminada previamente.

Es común no encontrar una relación entre los resultados de metodologías físico-químicas con las biológicas. Algunas veces, mientras que los resultados de los parámetros fisicoquímicos denotan una calidad del agua "aceptable", los biológicos la reconocen como de baja calidad. Y no son contradicciones: es que se están midiendo distintos aspectos de los sistemas acuáticos tal vez con diferentes objetivos.

Por otra parte los análisis físico-químicos determinan las causas de la contaminación, mientras que los biológicos los efectos que dicha contaminación provoca a los grupos de estudio, para obtener un resultado más integral se debe emplear metodologías que nos permitan evaluar la ribera del cuerpo de agua, si es posible su llanura de inundación; la calidad del ecosistema acuático en relación a albergar vida en mayor diversidad, lo que se determina a través de la diversidad de microhábitats presentes y su baja alteración; a esto se le suma un grupo o comunidad biótica acuática, pudiendo ser algas, peces o macroinvertebrados.

Hoy más que nunca es importante promover consensos para definir cuáles son las características deseables de los ecosistemas acuáticos que permitan tanto la vida de los organismos que los habitan como su uso por parte del ser humano, para poder aprovechar los beneficios que estos ecosistemas aportan.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización: El estudio se desarrolló en la cuenca del río Guadalquivir en la zona 20K, siendo objeto de análisis el río Guadalquivir y sus principales tributarios; en los municipios de San Lorenzo, Padcaya, Uriondo y Tarija; pertenecientes a las provincias Méndez, Arce, Avilés y Cercado del departamento de Tarija respectivamente.

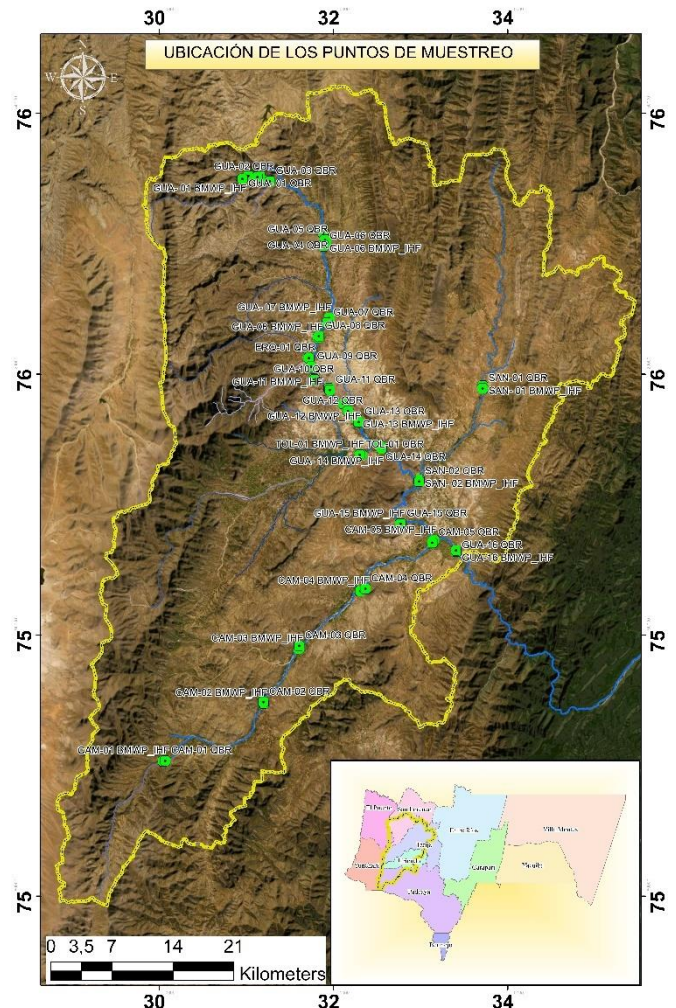
La Tabla 1 muestra la ubicación de los puntos de muestreo en coordenadas UTM; el índice BMWP/Bol y el IHF se muestrearon dentro del cauce y el índice QBR se muestreó en ambas márgenes del río; por ende, se diferencia de las coordenadas de los índices anteriores.

Tabla 1. Puntos de muestreo

Nº	CÓDIGO	MUNICIPIO	X	Y
1	GUA- 01 BMWP_IHF	San Lorenzo	310253	7642808
2	GUA- 01 QBR	San Lorenzo	309542	7642460
3	GUA-02 BMWP_IHF	San Lorenzo	311564	7642772
4	GUA-02 QBR	San Lorenzo	311263	7642671
5	GUA-03 BMWP_IHF	San Lorenzo	312459	7642303
6	GUA-03 QBR	San Lorenzo	312683	7642182
7	GUA- 04 BMWP_IHF	San Lorenzo	318789	7636363
8	GUA-04 QBR	San Lorenzo	318805	7636244
9	GUA-05 BMWP_IHF	San Lorenzo	319120	7635246
10	GUA-05 QBR	San Lorenzo	319029	7635447
11	GUA-06 BMWP_IHF	San Lorenzo	318865	7634814
12	GUA-06 QBR	San Lorenzo	318867	7634713
13	GUA- 07 BMWP_IHF	San Lorenzo	319524	7626455
14	GUA-07 QBR	San Lorenzo	319276	7625903
15	GUA-08 BMWP_IHF	San Lorenzo	318227	7624225
16	GUA-08 QBR	San Lorenzo	318307	7624380
17	ERQ-01 BMWP_IHF	San Lorenzo	317113	7621908
18	ERQ-01 QBR	San Lorenzo	317175	7621858
19	GUA- 09 BMWP_IHF	Tarija	317421	7620786
20	GUA-09 QBR	Tarija	317414	7620864
21	GUA-10 BMWP-IHF	Tarija	317738	7619461
22	GUA-10 QBR	Tarija	317789	7619364
23	GUA-11 BMWP_IHF	Tarija	319476	7618385
24	GUA-11 QBR	Tarija	319561	7618184
25	GUA- 12 BMWP_IHF	Tarija	321115	7616609
26	GUA-12 QBR	Tarija	321656	7615775
27	GUA-13 BMWP_IHF	Tarija	322654	7614848
28	GUA-13 QBR	Tarija	322874	7614495
29	GUA- 14 BMWP_IHF	Tarija	325519	7611441
30	GUA-14 QBR	Tarija	325264	7611830
31	SAN- 01 BMWP_IHF	Tarija	337124	7618657
32	SAN-01 QBR	Tarija	337114	7618348
33	SAN- 02 BMWP_IHF	Tarija	329843	7607860
34	SAN-02 QBR	Tarija	329821	7607667
35	TOL-01 BMWP_IHF	Tarija	323242	7610745
36	TOL-01 QBR	Tarija	323032	7610739
37	GUA-15 BMWP_IHF	Uriondo	327643	7602777
38	GUA-15 QBR	Uriondo	327728	7602803
39	GUA-16 BMWP_IHF	Uriondo	334061	7599621
40	GUA-16 QBR	Uriondo	334056	7599750
41	CAM-01 BMWP_IHF	Padcaya	300442	7575519
42	CAM-01 QBR	Padcaya	300673	7575565
43	CAM-02 BMWP_IHF	Padcaya	311969	7582154
44	CAM-02 QBR	Padcaya	311943	7582313
45	CAM-03 BMWP_IHF	Uriondo	316013	7588439
46	CAM-03 QBR	Uriondo	316050	7588770
47	CAM-04 BMWP_IHF	Uriondo	323064	7595077
48	CAM-04 QBR	Uriondo	323664	7595313
49	CAM-05 BMWP_IHF	Uriondo	331569	7600908
50	CAM-05 QBR	Uriondo	331362	7600621

El mapa 1, muestra la ubicación de los puntos de muestreo en la cuenca Guadalquivir, iniciando en el río Trancas al norte de la cuenca y terminando en la zona de la Angostura luego de la confluencia con el río Camacho.

Mapa 1. Ubicación de los puntos de muestreo



Obtención e identificación de macroinvertebrados acuáticos: Para la aplicación del índice biótico BMWP/Bol se ha definido dos etapas: La etapa de campo y la etapa de laboratorio; en la primera se ingresa al cuerpo de agua y se coloca la malla en contracorriente, se remueve el sustrato alrededor de 10cm., por un metro cuadrado de área, se retira la malla y en la orilla del cauce se guardará las muestras en alcohol al 70% o formol al 4%. La segunda etapa se lleva a cabo con la ayuda de claves taxonómicas o dicotómicas, éstas permitirán identificar al macroinvertebrado hasta el nivel de familia.

Las muestras para este estudio se recolectaron el mes de octubre y comienzos de noviembre, antes de las lluvias, factor preponderante para realizar un buen muestreo puesto a que el aumento de caudal puede desplazar a los macroinvertebrados, además las condiciones del río son diferentes, lo que tomaría a los macroinvertebrados alrededor de tres meses restablecer su población.

Se evalúa según la siguiente escala:

Tabla 2. Rangos de calidad del índice BMWP/Bol

Clase	Calidad	BMWP/Bol	Significado	Color
I	Buena	>120 101-120	Aguas muy limpias. No contaminadas	AZUL
II	Aceptable	61-100	Se evidencia algún efecto de contaminación	VERDE
III	Dudosa	36-60	Aguas contaminadas	AMARILLO
IV	Crítica	16-35	Aguas muy contaminadas	NARANJA
V	Muy Crítica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	ROJO

Índice de Hábitat Fluvial: Para la validación del muestreo BMWP/Bol y que se garantice un muestreo representativo se debe realizar el Índice de Hábitat Fluvial, el mismo se compone de 7 bloques

- Inclusión rápidos - sedimentación pozas
- Frecuencia de rápidos
- Composición del sustrato
- Regímenes de velocidad/profundidad
- Porcentaje de sombra en el cauce
- Elementos de heterogeneidad
- Cobertura y diversidad de vegetación acuática

La alta diversidad de hábitat, alta puntuación del IHF, permite que se establezcan mayor número de especies animales y vegetales (alta diversidad).

Se evalúa según la siguiente escala:

Tabla 3. Rangos de calidad del índice IHF

NIVEL DE CALIDAD	IHF	Color representativo
Muy alta diversidad de hábitats	> 90	Azul
Alta diversidad de hábitats	71 - 90	Verde
Diversidad de hábitats media	50 - 70	Amarillo
Baja diversidad de hábitats	31 - 49	Naranja
Muy baja diversidad de hábitats	< 30	Rojo

Índice QBR: Es un índice que integra aspectos biológicos y morfológicos del lecho del río y su zona inundable; y los utiliza para evaluar la calidad ambiental de las riberas, que son el elemento más importante para la recuperación y conservación de un cuerpo de agua. Se compone de cuatro bloques independientes, cada uno de los cuales valora diferentes componentes y atributos del sistema:

- El grado de cubierta vegetal de las riberas
- Estructura vertical de la vegetación
- Calidad y diversidad de la cubierta vegetal
- Grado de naturalidad del canal fluvial

El QBR es pues una medida de las diferencias existentes entre el estado real de las riberas y su estado

potencial, de modo que el nivel de calidad es máximo sólo cuando las riberas evaluadas no presentan alteraciones debidas a la actividad humana (Agencia Catalana del agua & United Research Services, 2006). Se evalúa según la siguiente escala:

Tabla 4. Rangos de calidad del índice QBR

Nivel de Calidad	QBR-And	Color
Vegetación de ribera sin alteraciones. Calidad muy buena. estado natural	≥ 96	Azul
Vegetación ligeramente perturbado. calidad buena	76-95	Verde
Inicio de alteración importante. calidad intermedia	51-75	Amarillo
Alteración fuerte. mala calidad	26-50	Naranja
Degradación extrema. calidad pésima	≤ 25	Rojo

En nuestra zona geográfica se recomienda utilizar los puntos de corte del QBR-and, que está diseñado para ecosistemas ribereños andinos, donde la metodología es la misma, únicamente se modifica el puntaje.

Estado ecológico integral: Es un índice que pretende valorar de forma global la calidad del ecosistema fluvial, incluyendo la ribera, la calidad de las aguas y la comunidad de macroinvertebrados, incluye la estimación del índice IHF, BMWP/bol, el QBR y su combinación de acuerdo a los valores de los tres índices involucrados.

Se evalúa según la siguiente escala:

Tabla 5. Rangos de calidad del estado ecológico

IHF		BMWP/Bol			Estado Ecológico		
Nivel de calidad	Rango	Nivel de calidad	Rango	Color	QBR-And >75	QBR-And 45 - 75	QBR-And <45
Valores óptimos de	>75	Buena	≥ 101	Azul	Muy Bueno	Bueno	Regular
Valores intermedios de calidad	45-75	Aceptable	61-100	Verde	Bueno	Regular	Malo
Valores intermedios de calidad	45-75	Dudosa	36-60	Amarillo	Regular	Malo	Pésimo
Valores bajos de calidad	<45	Crítica	16-35	Naranja	Malo	Pésimo	Pésimo
Valores bajos de calidad	<45	Muy crítica	<15	Rojo	Pésimo	Pésimo	Pésimo

RESULTADOS

Los índices utilizados en esta investigación fueron medidos por separado, sin embargo, la conjunción de los tres métodos, fortalece la interpretación de los resultados y evita que se otorgue un juicio de valor incorrecto.

Los valores del índice BMWP/Bol, permite conocer la capacidad del agua para albergar diversidad de especies, lo que representa una buena o mala calidad, el índice IHF permite realizar un muestreo representativo de macroinvertebrados, además de evaluar el estado y diversidad de hábitats; y el índice QBR-and evalúa la ribera del río y el valor que

representa dentro del ecosistema según las características geomorfológicas y de calidad.

A continuación, se explican los principales resultados obtenidos:

BMWP/Bol: Se obtuvieron valores entre 21 y 130.

Los resultados BMWP/bol indican una alteración de la calidad del agua conforme el río corre aguas abajo, se puede analizar dos casos muy importantes, el primero es desde la estación GUA-07 en Rancho Norte, presenta una calidad aceptable, en la estación GUA-08, después de la confluencia con el río Sella (que en esta época se encuentra sin caudal), la calidad baja a aguas contaminadas, pero la recuperación y poca perturbación del ecosistema produce que en la zona de Obrajes en la estación GUA-09 y posteriormente en las pozas de Aranjuez en la estación GUA-10 las aguas recuperen la calidad aceptable, mejorando las condiciones de macroinvertebrados y demás factores influyentes en el sostenimiento de la comunidad.

El segundo caso es el del río Santa Ana, que a pesar de que en la estación SAN-01 no escurre el caudal, la vida se encuentra dispersa en diversas pozas a lo largo del río, reflejando que los organismos se encuentran a la espera de la llegada del caudal provocado por la escorrentía de las lluvias, siendo esta dinámica en parte natural obteniendo un resultado BMWP/bol de calidad III, que significan aguas contaminadas o alteradas, luego de la confluencia con pequeñas quebradas en la zona de la estación SAN-02 el caudal está por debajo de 0,5 l/s pero este pequeño caudal hace que el funcionamiento ecosistémico tenga un gran impacto, siendo la calidad de este pequeño cauce de calidad II, que significan aguas de calidad aceptables, con presencia mínima de contaminación. La vida se encuentra adaptada a este tipo de funcionamientos y la diversidad se ve reflejada en los resultados.

IHF: Se obtuvieron valores entre 42 y 81.

El hábitat fluvial en su totalidad no se encuentra tan perturbado, aunque no se debe hacer una representatividad como una unidad, sino generar alertas sobre los lugares con una baja diversidad de hábitats, puesto a que los impactos pueden llegar a ser irreversibles si se llega a un límite de pérdida de hábitats, las piedras, cantos rodados, gravas y demás elementos de heterogeneidad conlleva a una diversificación en los hábitats, la pérdida de un elemento cambia en su totalidad la disponibilidad o equilibrio de los elementos en su conjunto, por ende la actividad que está afectando en estas zonas no solo es la extracción de áridos, también lo es el exceso de material en suspensión que se sedimenta en el fondo del curso de agua y fija a todos los elementos creando una especie de estructura que elimina los microhábitats y por sus

características aumenta la velocidad del agua. Los efectos de la sobreexplotación de áridos se ven en Rancho Norte en la estación GUA-07 y GUA-08; y los efectos de la estructuración del fondo del río como una unidad fija se ve en la estación GUA-13 y GUA-16.

QBR-and: Se obtuvieron valores entre 5 y 100.

La presencia de la vegetación de ribera es uno de los factores más importantes, además de la conexión que tenga está a lo largo del cauce, sin embargo, este caso solo sucede en el primer punto de la parte alta del río Guadalquivir y en el primer punto en la parte alta del río Camacho, las demás zonas se encuentran totalmente alteradas. Para el análisis de este estudio, no se utilizó ninguna metodología para delimitar la faja marginal y la zona ribereña, los puntajes obtenidos con la evaluación del índice son preocupantes, los cultivos y la urbanización son las acciones que más presionan a la ribera, los servicios ambientales se ven perturbados y por la carga orgánica y exceso de nutrientes el cauce seco esta repoblado por arbustos y hierbas (en algunos casos árboles, como en el caso del puente Bolívar), provocando un encauzamiento y menor espacio fluvial incrementando la velocidad del caudal.

Un aspecto muy importante de las riberas es que son zonas muy productivas, especialmente para la fauna vivípara que encuentra un refugio idóneo para su reproducción. Además, en época de otoño la hojarasca de las riberas aporta energía que pone en funcionamiento toda una cadena de transporte de energía; esta energía; es llevada a eslabones superiores para luego repetir el ciclo.

Estado ecológico: El exceso de carga orgánica y cambio de uso de suelo en las zonas ribereñas y fajas marginales tiene un impacto negativo alto, desde la parte alta de los ríos más importantes, que son el Camacho y el Guadalquivir, la degradación se hace presente por la perturbación antropogénica y la alteración en el funcionamiento de los ciclos biogeoquímicos. Los cultivos remplazaron en gran parte la superficie de vegetación ribereña, por tanto, la vulnerabilidad, peligro y riesgo ante crecidas extraordinarias es alto, lo que supone un presupuesto para la gestión de riesgos constante en zonas donde las riberas y llanura de inundación cumplían la autorregulación de caudal ante estos eventos. Esta afectación continua y fragmentada provoca cambios en la diversidad faunística. Se modificó el equilibrio dinámico y las grandes cantidades de hojarasca que en otoño deberían ser un aporte orgánico al río para que a través de los diversos organismos puedan ser degradados; perjudicando de esta manera los procesos más complejos dentro de la cadena trófica empezando por los productores en simbiosis con las bacterias y organismos menores.

De acuerdo con el tipo de macroinvertebrados presentes y los valores de los índices IHF y QBR en las estaciones de muestreo evaluadas, se tiene que los puntos: 8, 9, 12, 16, 19, 24 y 25; correspondientes a la zona de Rancho Norte, Erquis, en la zona urbana a la altura de la posta municipal, luego de la confluencia de las aguas provenientes de la laguna de oxidación, la zona del valle, en el río Camacho luego de la confluencia con el Guadalquivir y en la zona del Angosto respectivamente la calidad ecológica global es pésima. Los puntos 7, 11, 13, 14, 17 y 23; correspondientes a la zona del Rancho (antes de la confluencia con el río sella), en la zona del Hotel Los Parrales, zona del puente Bolívar, Zona Cancha Petrolero, Zona puente Santa Ana camino al Chaco y a altura de la Heredad de Jacob respectivamente la calidad ecológica global es mala.

Evidentemente la remoción de lecho de río, el aporte de aguas residuales, la pérdida de cobertura vegetal y la apertura de caminos en los ríos está provocando un desequilibrio ambiental.

Los resultados del estado ecológico se observan en la siguiente tabla:

Tabla 6. Estado ecológico de la cuenca

Estación	Código	X	Y	Estado ecológico
1	GUA-01	310412	7642990	Muy bueno
2	GUA-02	311564	7642772	Bueno
3	GUA-03	312459	7642303	Bueno
4	GUA-04	318789	7636363	Bueno
5	GUA-05	319120	7635246	Regular
6	GUA-06	318865	7634814	Bueno
7	GUA-07	319524	7626455	Malo
8	GUA-08	318227	7624225	Pésimo
9	ERQ-01	317113	7621908	Pésimo
10	GUA-09	317421	7620786	Regular
11	GUA-10	317738	7619461	Malo
12	GUA-11	319476	7618385	Pésimo
13	GUA-12	321383	7616123	Malo
14	GUA-13	322691	7614805	Malo
15	TOL-01	323199	7610753	Regular
16	GUA-14	325598	7611581	Pésimo
17	SAN-01	337124	7618657	Malo
18	SAN-02	329843	7607860	Regular
19	GUA-15	327643	7602777	Pésimo
20	CAM-01	300541	7575541	Muy bueno
21	CAM-02	311969	7582154	Regular
22	CAM-03	316013	7588439	Regular
23	CAM-04	323897	7597368	Malo
24	CAM-05	331569	7600908	Pésimo
25	GUA-16	334061	7599621	Pésimo

DISCUSIÓN

El índice BMWP/Bol es un indicador adaptado para todo el territorio boliviano, sin embargo, los índices IHF y QBR, fueron diseñados para ríos mediterráneos europeos; el QBR-and es un índice que se adapta a nuestra región.

El uso de los índices de calidad de la ribera y del hábitat fluvial (QBR-and e IHF) expusieron una idea de cómo se encuentra comparativamente cada punto de muestreo, puesto que la calidad del agua del río Camacho y Guadalquivir obtuvieron una buena puntuación en las partes altas. Sin embargo, esta calidad disminuye con el flujo de corriente y la presencia de áreas agrícolas y urbanas.

Esto indica una fuerte correlación entre los resultados entregados por los índices de calidad de ribera y hábitat fluvial (QBR e IHF) y los que entregan las familias de macroinvertebrados presentes en el lugar (BMWP/Bol), evidenciando además la estrecha relación entre los factores ambientales y los biológicos, situación ampliamente demostrada por varios autores (Palma Figueroa & Ruiz 2009 Chile; Galeano, Monsalve & Mancera 2017 Colombia; Trama, Salcedo, Demarcy, Erbure, Jara, Muñoz, Rios & Patrón 2020 Perú).

De esa forma, el uso de los índices IHF y QBR-and expusieron una gran utilidad y efectividad a la hora de evaluar de manera rápida y objetiva la calidad del entorno como primera medida de salud. Lo anterior adquiere mayor relevancia si comparamos estos resultados con los entregados por las comunidades biológicas presentes en los mismos puntos de muestreo en el área de estudio

Por tanto, la adaptación de algunos índices como el QBR (a través del QBR-and) e IHF, pueden ser una herramienta eficaz en nuestros sistemas fluviales, donde los resultados de este estudio muestran la eficacia del uso de estos índices y servirían para entregar una primera aproximación confiable de lo que ocurre en el sistema hídrico.

De esta forma la planificación de los recursos hídricos toma una visión integral, que no solo toma en cuenta valores de oferta y demanda, sino también la calidad ecológica que tiene el ecosistema para el aprovechamiento sostenible sin alterar la capacidad de resiliencia del mismo.

El manejo de los recursos hídricos es el reto para el futuro sostenible, de tal manera que las demandas ecológicas estén equilibradas con las demandas humanas. Sobrellevar estos retos requiere una nueva manera para valorar y evaluar los ríos, que nos lleve desde la visión tradicional (que considera solo a los ríos como recursos), hacia una visión más equilibrada que reconozca su condición como sistemas ecológicos complejos. Esta nueva manera de evaluación necesita combinar el conocimiento científico, las prácticas de manejo y el compromiso político; con la noción de que los ríos son ecosistemas con diversidad única y además cumplen funciones ecológicas y ofrecen servicios indispensables para la sustentabilidad de nuestra sociedad.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Cammaerts, D., Cammaerts, R., Riboux, R., Vargas, A. y Laviolette, F. (2008). Bioindicación de la calidad de los cursos de agua del valle central de Tarija (Bolivia) mediante macroinvertebrados acuáticos. *Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental*, Vol. 2, N° 22. pp 19-40.
- Contraloría General del Estado Bolivia. (2015). Auditoría sobre los resultados de la gestión ambiental en la cuenca del río Guadalquivir. Tarija.
- Fernandez, D. y Diaz, M., F. (2004). Evaluación de la Calidad del Agua Mediante el Uso de Índices Bióticos en el Río San Andrés. *Ventana Científica*, Vol. 4, N° 8. Noviembre, pp 1-9.
- Garrido, J., y Munilla, I. (2007). Aquatic Coleoptera and Hemiptera assemblages in threecoastal of the NW Iberian Peninsula: assessment of conservation value and responseto enviromental factors. *Aquatic conservation*, Vol. 2, N° 18. Noviembre, pp 557-569.
- Kerans, B., y Karr, J. (1994). A Benthic Index of Benthic Integrity (B-IBI) for Rivers of the Tennessee Valley. *JStore*, Vol. 4, N° 4. Noviembre, pp 768-785.
- Martínez, J. F., Correcher, E., Piñón, A., Martínez, M. A., y Pujante, A. M. (2004). Estudio del estado ecológico de los ríos de la cuenca hidrográfica del Júcar (España) mediante el índice BMWP'. *Limnética*, Vol. 23, N° 2. pp 331-345.
- MMAyA. (2014). *Guía para la evaluación de las condiciones biológicas de cuerpos de agua utilizando macroinvertebrados bentónicos*. Ediciones Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego. Bolivia.
- MMAyA. (2012). *Guía para la evaluación de la calidad acuática mediante el índice BMWP/bol*. Ediciones Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego. Bolivia.
- Munné, A., Prat Fornells, N., y Solá, C. (1998). QBR un índice rápido para la evaluación de la calidad de los ecosistemas de ribera. *Tecnología del agua*, Vol. 4. N° 175, pp. 20-39.
- Palma, A., Figueroa, R., y Ruíz, V. (2009). Evaluación de ribera y hábitat fluvial a través de los índices QBR e IHF. *Gayana (Concepción)*, Vol. 73, N° 1. pp 57-63.
- Roldàn, G., y Ramírez, J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. Editorial Universidad de Antioquia. Colombia.
- Smith, E. (2006). *Ciencia Ambiental un estudio de interrelaciones*. Ediciones McGRAW-Hill/Interamericana. México.
- Trama, F. A., Salcedo Gustavson, S. A., Demarcy, L., Erbure Cardozo, L., Jara Palomino, B. A., Muñoz Ccuro, F. E., y Patrón Viale, F. R. (2020). Índices de calidad de habitat y macroinvertebrados en siete Cuencas del Parque Nacional Yanachaga Chemillén y su Zona de Amortiguamiento: Conservación y manejo del bosque ribereño en el Perú. *Revista Peruana de Biología*, Vol. 27, N° 2. Abril, pp 149-168.

Artículo

Recibido: 14 de octubre de 2022

Aceptado: 30 noviembre de 2022

Cita sugerida:

Calizaya, P.A. y Fernández, D. (2022). Evaluación de la calidad ecológica del río Guadalquivir y sus principales efluentes, Tarija - Bolivia. *Revista SEC CIENCIA*. 4(6), 1-7.
<http://repo.uajms.edu.bo/index.php/secciencia/issue/view/4>