

Informe Final

**Evaluación de la calidad del agua, por medio de análisis Físicos-químicos
y el uso de insectos acuáticos como bioindicadores, en el Río Balso,
Ojochal de Osa, Puntarenas Costa Rica.**

Autor: Biol.Oscar Brenes Arias

Asistentes de Campo: Cristina Volkar
Melissa Jiménez Kardentey
Febrero 2011-Julio 2011

Marzo 2012-Julio 2012

ÍNDICE
Introducción
I. Objetivos
I.1 Objetivo General
I.2 Objetivos específicos
1. Bioindicadores: Macroinvertebrados acuáticos.
2. Factores Físico-Químicos a ser evaluados.
2.1 Nitrógeno
2.2 Oxígeno disuelto
2.3 Salinidad
2.4 pH
2.5 Fosfatos
2.6 Conductividad
2.7 Temperatura
3. Materiales y Métodos
3.1 Área de estudio
3.2 Factores Físico-Químicos
3.3 Muestreo de Macroinvertebrados (Bio-indicación)
4. Resultados
5. Discusión
6. Conclusiones
7. Referencias
8 Anexos

Introducción

Los ríos tropicales son ecosistemas sumamente frágiles y dinámicos, sensibles a cualquier tipo de alteración.

A pesar de que los cuerpos de agua tienen un gran potencial para recuperarse por sí mismos ante algún cambio, el impacto humano provoca que estas alteraciones aumenten en frecuencia y magnitud, haciendo que la capacidad de recuperación del río se vea reducida, lo cual, consecuentemente puede hacer que el sistema llegue a colapsar.

El río Balso recorre el pueblo de Ojochal, naciendo en la alta montaña desde donde desciende hasta desembocar en el Océano Pacífico, a lo largo de su recorrido en ambos márgenes del mismo, se puede observar como una comunidad, la cual se dedicaba hace unos 20 años a la ganadería, se ha ido desarrollando y cambiando el tipo de uso del suelo, de un uso agropecuario hacia un desarrollo urbano en constante crecimiento.

Así como la comunidad de Ojochal de Osa, se ha registrado entre un 70% y 80% de la población mundial (aproximadamente 3.6 billones de personas) se ubica en las costas o cerca de ellas, especialmente en zonas urbanas, donde una parte importante de los desechos que allí se producen se deposita directamente en el océano. Como consecuencia, muchos ecosistemas críticos, algunos únicos en el mundo, tales como bosques de manglar, arrecifes coralinos, lagunas costeras y otros lugares de interfase entre la tierra y el mar, han sido alterados más allá de su capacidad de recuperación (Escobar 2002).

Mediante el estudio de la biología del río y su interacción con el medio abiótico se podrá, conocer que tipo de impacto real está sufriendo el ecosistema y los posibles factores que lo generan. Además permitirá determinar la calidad de agua del sistema lótico, su potencialidad para consumo humano o animal, para irrigación, piscicultura y demás actividades humanas relacionadas con el campo hídrico (Roldán 1985).

El estado de la calidad del agua, utilizando el medio abiótico se determinará mediante el estudio de los factores físico-químicos del agua. Esto permitirá observar cambios temporales detallados, así mismo tener una idea base de los posibles contaminantes que afectan al río.

Por otro lado para el estudio del medio biótico se utilizarán los insectos acuáticos como bioindicadores ya que estos se complementan con los factores físico-químicos brindando una idea más concreta del estado de degradación del hábitat, se podrá evidenciar contaminaciones crónicas y puntuales, hacer integraciones espaciales y temporales, así como estudios de bio-acumulación (Roldán 2003).

Mediante el presente estudio se pretende informar a la comunidad y a las autoridades correspondientes ya sea MINAET, ASADA, Municipalidad, acerca del estado real del río y la importancia del recurso hídrico, se aplicará el conocimiento obtenido para establecer un plan de monitoreo del Balso y extenderlo a cuerpos de agua cercanos.

I. Objetivos

I.1 Objetivo General

- Realizar un diagnóstico de la calidad del agua del Río Balso con el fin de conocer el estado del mismo.

I.2 Objetivos específicos

- Obtener información sobre la calidad de agua del Río Balso por medio del análisis de Factores físico-químicos.
- Hacer uso de los macroinvertebrados acuáticos como una herramienta complementaria para estimar la calidad del agua del Río Balso.
- Identificar mediante la combinación de ambos métodos de calidad de agua que factores generan un impacto real sobre el río.

1. Bioindicadores: Macroinvertebrados acuáticos.

Los bioindicadores a utilizados fueron las familias pertenecientes a la Clase Insecta.

Se consideran excelentes indicadores de la calidad de agua debido a que son abundantes, de amplia distribución, en su mayoría son sedentarios así que pueden reflejar condiciones locales, presentan efectos de las variaciones ambientales de corto tiempo, pueden evidenciar efectos acumulativos, responden rápidamente a los cambios ambientales, se aprecian a simple vista, son fáciles de colectar (Roldán 2003).

El método de evaluación a empleado para establecer la calidad del agua con insectos acuáticos, fue el Índice BMWP (Biological Monitoring Working Party) modificado para Costa Rica de Springer et al 2007, que asigna un número del 1 al 9 a las familias de organismos indicadores de calidad del agua: valor 1 para familias indicadores de mala calidad de agua y 9 para indicadores de excelente calidad (Anexo 1). Además se aplicó el índice complementario ASPT (Average Score Per Taxon) muy importante para la evaluación de cada punto de muestreo, el cual es simplemente el puntaje de BMWP dividido entre el número de los taxa obtenidos, donde los valores de ASPT van de 0 a 10: un valor bajo de ASPT asociado a un puntaje bajo de BMWP indicará condiciones altas de contaminación.

2. Factores Físico-Químicos evaluados.

2.1 Nitrógeno: Analizar el nitrógeno presente en el cuerpo de agua es sumamente importante ya que a pesar de que éste elemento se encuentra de forma natural en el agua debido a procesos como la deposición atmosférica, la escorrentía superficial y subterránea, la disolución de depósitos geológicos ricos en nitrógeno, la descomposición biológica de la materia orgánica, y la fijación de nitrógeno por ciertos procariontes. La acción humana ha hecho que la disponibilidad de N_2 aumente de manera considerable dando origen a serios problemas ambientales, tales como la acidificación de ríos y lagos con baja o reducida alcalinidad; eutrofización de las aguas y proliferación de algas tóxicas; toxicidad directa de los compuestos nitrogenados para los animales acuáticos.

Además, la contaminación por nitrógeno inorgánico podría inducir efectos perjudiciales sobre la salud humana (Alonso y Camargo 2007).

2.2 Oxígeno disuelto: éste es uno de los indicadores de calidad del agua más importantes; al no haber suficiente oxígeno disponible, el cuerpo de agua sería incapaz de sostener determinadas formas de vida.

Sus valores normales varían entre los 7.0 y 8.0 mg/L, cuando la saturación de Oxígeno desciende más allá de la normalidad, esto podría dar un indicio de contaminación por materia orgánica ya que ésta necesita una gran cantidad de éste elemento para descomponerse, los compuestos nitrogenados también necesitan del oxígeno para los procesos de bio-oxidación (Roldán 2003).

2.3 Salinidad: un aumento en este factor se reflejaría en una disminución de la cantidad de oxígeno presente en el agua ya que la sal disminuye su solubilidad en el medio, por ello que es importante demarcar hasta donde tiene influencia el agua de mar sobre el cauce del río, ya que los organismos estarían sujetos tanto a una presión por déficit de O₂ como alteraciones en sus procesos de osmoregulación por el incremento de la salinidad esta combinación podría ser letal para los ecosistemas de agua dulce.

2.4 pH: es un sinónimo de la concentración de iones de hidrógeno que tiene las aguas, es decir, su grado de acidez o alcalinidad. Es medido en escala con rango de 0 a 14, con un punto neutro (pH = 7); los valores por debajo de 7 corresponden a un pH ácido y por encima de 7 corresponden a un pH básico o alcalino. Ambos extremos de la escala podrían causar graves efectos en la fauna del río (Márquez *et al* 1992)

2.5 Fosfatos: su exceso produce eutrofización, lo cual se refleja en un incremento en el crecimiento de algas en el agua, efecto directo de desechos humanos, animales, detergentes y fertilizantes agrícolas (Escobar 2002).

2.6 Conductividad: Conforme aumenta la conductividad en un cuerpo de agua, disminuye la diversidad de especies, los registros de éste parámetro en los ríos de alta montaña y aguas de ríos de selva tropical son bajos, por lo que un incremento de los datos nos daría un indicio de que dicho aumento en las sales disueltas pudiera ser consecuencia directa de actividades humanas.

2.7 Temperatura: Existe una relación antagónica entre la temperatura y la solubilidad del oxígeno, donde la solubilidad del O₂ disminuye con respecto al aumento en la temperatura y viceversa, de ahí lo importante que es registrar los cambios de éste parámetro a lo largo del río desde la alta montaña hasta la desembocadura en el mar, aumentos drásticos de la temperatura se podrían reflejar en pérdida de diversidad debido a la desoxigenación del medio.

3. Materiales y Métodos

3.1 Área de estudio: El presente estudio se realizó entre los meses de Febrero a Junio del 2011 y de Marzo a Junio del 2012, a largo del cause del Río Balso, el cual se ubica en la localidad de Ojochal, en el distrito de Cortés, del cantón de Osa Puntarenas, Costa Rica entre los (83°40'3.36" W, 9°4'32.16" N).

El Río Balso posee una extensión de 6km, nace en la parte alta de Ojochal a unos 500msnm y desciende hacia el Estero Chacara hasta 10msnm, para luego salir al Océano Pacífico.

La zona se caracteriza por poseer un clima húmedo muy caliente, donde presenta una temperatura media anual de 23 a 27 grados Celsius, con una precipitación anual 2050-3420 mm, con una estación seca bien marcada desde finales de diciembre hasta principios de mayo (Figura 1).

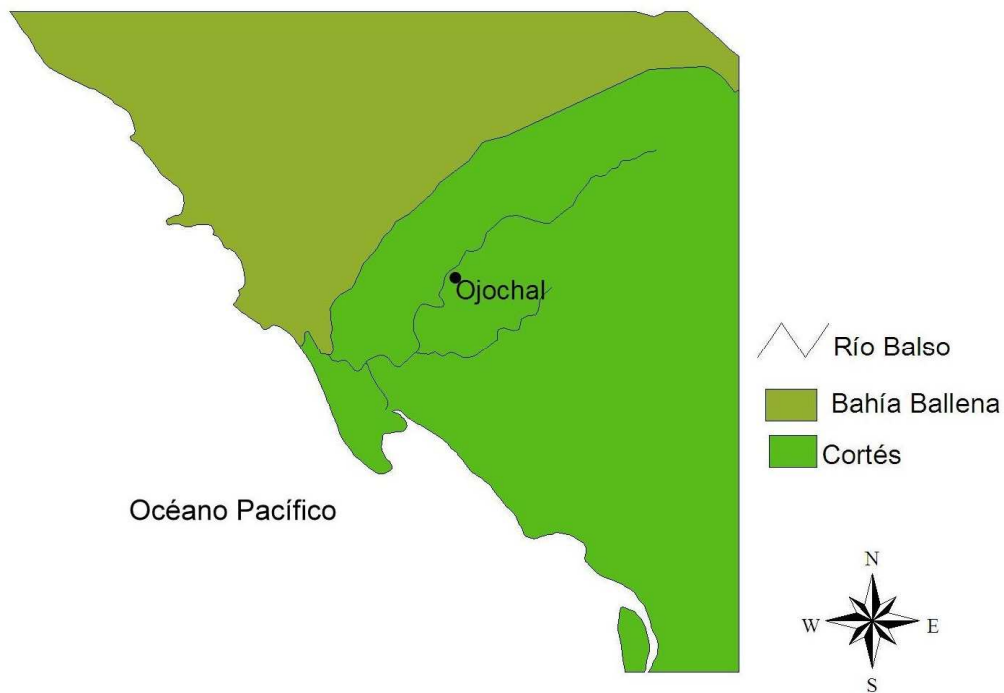


Figura 1. Ubicación del Río Balso, área para el Estudio de Calidad de Agua.

3.2 Factores Físico-Químicos

Para la toma de factores físico-químicos se marcaron cuatro zonas de muestreo, (A) parte alta del río Balso, (B) Parte media del Río antes del puente viejo de Ojochal, (C) Parte media del río 1Km río abajo a partir del puente viejo, (D) parte baja del río, este punto se tomó donde no había influencia de las mareas ya que interesan los focos de contaminación y salinidad del río mismo, la entrada de el mar al cause del río podría alterar las muestras.

Para delimitar en que punto del río Balso en su parte baja ya no había influencia del agua de mar, se tomó muestras, tres repeticiones por punto (ambas orillas y centro del río), a partir de la boca del río, en dirección río arriba durante el pico de la marea alta, esto se hizo cada 100 m hasta ubicar en que punto se presentaba la salinidad más baja, esto se midió con el refractómetro portátil Extech RF20.

Las pruebas de análisis de agua se llevaron a cabo *in situ*, nitrógeno, alcalinidad, pH y fosfatos se medirán con el equipo portátil, La Motte Water Quality Educator Monitoring Oufit.

La medición del oxígeno disuelto, temperatura y conductividad, se hizo por medio del oxigenómetro YSI Modelo 85.

Mediante el uso del GPS Garmin 60CSx, se registró la presión atmosférica y la altura de cada punto de muestreo.

Como prueba complementaria se realizó un test de coliformes en el primer punto de cada zona, para establecer presencia o no de los mismos en las zonas de muestreo.

Los factores físico químicos se analizaron mediante el calculador en línea de la NSF (National Sanitation Foundation), además de implementar el *SISTEMA HOLANDÉS DE VALORACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL AGUA*, establecido en el Decreto 33903-MINAE-S del Reglamento para la Evaluación y Clasificación de Cuerpos de aguas superficiales , para Costa Rica.

El primer método considera 12 factores, de los cuales se analizaron 8 (cuadro 2), mientras el segundo sólo toma en cuenta DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno), PSO (Porcentaje de Saturación de Oxígeno) y el Nitrógeno amoniacal.

3.3 Muestreo de Macroinvertebrados (Bio-indicación)

El equipo del muestreo consistió en pinzas, cintas fosforescentes (flagin tape), envases pequeños de 250ml, 50ml y también extendidos o amplios (palanganas), Red triangular, alcohol y agua destilada.

A partir de la gira de reconocimiento del lugar se establecieron los sitios de muestreo de la siguiente manera: el río balso se dividió en tres grandes zonas con una extensión de 1km cada una abarcando un 50% de la extensión total del río, zona I (parte alta) inició desde la cascada de Ojochal moviéndose río abajo, zona II esta inició en el puente viejo de Ojochal y atraviesa el centro del pueblo, zona III inició en la parte conocida como el papagayo hasta la boca del río donde no había influencia del agua de mar.

Cada una de estas zonas se subdividió en 10 puntos de muestreo con una distancia de 100m entre puntos.

Se estableció en cada zona de muestreo al menos 3 ambientes distintos (fondo rocoso, fondo arenoso y vegetación sumergida).

Se debió ubicar en el sitio el lugar adecuado para el muestreo (en las orillas o partes más bajas de la rodilla), así como el establecimiento de los lugares idóneos para colocar la red.

Los muestreos duraron 15min, solamente en lo que es la captura de los insectos.

Se realizaron al menos tres muestras, en dependencia de los estratos presentes en el sitio de muestreo.

Para la recolección de los insectos se debió recorrer el río hacia arriba, con la Red triangular, se sumergió bajo el agua y con las manos se lavaron las piedras, troncos, hojas, ramas, etc. de manera que todo cayera en la Red y si

habían insectos visibles se echaban con una pinza. (15min desde el momento en que se sumergía la red).

Al terminar la captura de los insectos, se depositaron en su respectivo recipiente previamente rotulado con el código del punto de muestreo y el estrato. Nunca debían de revolverse las muestras de un estrato con las de otro. Se usaron de dos a tres envases de 250ml, con alcohol diluido al 50% con el agua destilada. En esos recipientes se iban depositando los insectos que se capturan de la palangana con las pinzas uno a uno, hasta recolectar la totalidad de los insectos capturados en la red. Esta recolección de insectos se debió realizar en el campo, para asegurar la integridad de la muestra.

Al recolectar todas las muestras del día se llevaron al laboratorio y por medio de un estereoscopio, ahí se separaron por Orden Taxonómico y luego se identificaron hasta nivel de familia. Se colocaron los insectos en envases pequeños con alcohol al 70%, cada envase fue rotulado por Familia.

Todos los datos de muestreo se registraron en las correspondientes hojas para protocolo de campo (Anexo 2).

De manera complementaria a la metodología se realizó un mapa de uso del suelo a lo largo de la zona de muestreo, en el margen del río (Figura 2).

3.4 Estadística

Se realizó una regresión simple para observar el comportamiento de la calidad de agua, basada en insectos acuáticos a lo largo del río Balso.

Todas las pruebas estadísticas se realizaron con un intervalo de confianza del 95%.

Se ejecutó un análisis de conglomerados, para establecer el grado de similitud entre las diferentes zonas del río, basado en los factores biológicos, factores físico-químicos y la combinación de los mismos, por año de monitoreo y a nivel global.

4. Resultados

En la figura 1, se ilustra las zonas de muestreo A, B y C así como los diferentes tipos de uso de suelo para el cauce del Río Balso, se puede estimar que cerca de un 70% del área de estudio en ambos márgenes del río es de uso residencial el restante 30%, presenta parches escasos de bosque ripario, plantaciones (dentro de esta clasificación se integró a los jardines de fincas), ganadería y unos pocos pastizales.

Se evidencia que la presencia de casas se concentra en la parte media del río, desde el puente sobre el río Balso en la interamericana sur, hasta más allá del punto B10, pasando la escuela Tortuga.

De los muestreos realizados en el río Balso se identificó en el primer monitoreo, Marzo 2011- Junio 2011 un total de 46 familias de Insectos acuáticos, en el segundo muestreo Marzo 2012-Junio 2012 se registró el mismo número de familias que en el año 2011, 46 en total. De la adición de ambos años se ubicó en el Río Balso un total de 55 familias (Cuadro 1).

El valor obtenido del Índice BMWP para el río Balso en el período 2011 fue de 219 puntos, esto representa aguas de calidad excelente. En el 2012 el valor del IBMWP fue de 236 puntos, aguas de calidad excelente.

Al aplicar el índice en cada zona después de los dos monitoreos del río se obtuvo un valor en la zona A= 156-174, B=147-154, C= 199-164, se observó como la zona C, presentó los valores más bajos de calidad en ambos períodos, la zona A tuvo un incremento en su calidad de un año al otro, la zona C, registró un decremento en el 2012.

De la regresión simple para observar el comportamiento de la calidad de agua, basada en insectos acuáticos a lo largo del río Balso, se muestra en el año 2011 un aumento de la calidad de agua, conforme se incrementó la distancia desde la desembocadura del río hasta la parte más alta. La prueba presentó un factor de determinación $r^2= 0.58$ el cual explica el comportamiento del 58% de los datos al 95% de confianza.

Para el año 2012 se observó el mismo comportamiento, con un $r^2=0.40$, sólo el 40% de los datos siguieron esta línea (Figura 2).

Basado en los factores biológicos presentes en el Río en el año 2011, en las tres zonas como lo son número de especies presentes, especies que comparten cada zona y especies únicas, además del valor de IBMWP por zona. La parte baja y media del río Balso se encuentran más cercanas en cuanto a la composición biológica, mientras que la zona 3 (parte alta), presenta diferencias en cuanto a la fauna con respecto a 1 y 2 (Figura 3).

En el año 2012 no se muestran, diferencias significativas entre los grupos (Figura 4). Del análisis de la composición biológica por zona tomando en cuenta los dos monitoreos como un total se observó un cambio donde la composición biológica entre la zona 1 (parte baja) y zona 3 (parte alta), están más cercanas, mientras la parte media mostró una composición diferente (Figura 5).

En cuanto a la calidad físico-química, la parte media y alta de la cuenca presentan los valores más cercanos, mientras la parte baja del río Balso se separa del grupo basado en estos factores, éste comportamiento se observó tanto en los datos anuales como totales por lo que se representan en la Figura 6.

Al comparar las zonas de muestreo utilizando ambos factores, se observó en el período 2011 una composición semejante entre la parte baja y media de la cuenca (Figura 7). Por otro lado en la Figura 8, se muestra lo sucedido en el 2012, donde las zonas más afines fueron la parte baja y alta de la cuenca, este comportamiento se mantiene al unir los datos de ambos años de monitoreo aunque la diferencia entre las zonas A y C con respecto a B se reduce en comparación al año 2012 (Figura 9).

La Calidad físico-química de un período con respecto al otro, mostró un descenso en la zona A en el 2012, zona B se mantuvo igual en ambos períodos, mientras que en la zona C se registró un aumento. Con respecto a la calidad biológica, la zona A presenta un aumento, mientras que en la zona C se registró un descenso, la zona B se mantuvo con valores similares en ambos períodos, siendo siempre el punto de menor calidad biológica (Figura 10).

Basado en los test de calidad de agua, el método Holandés arrojó un valor de 4 puntos, lo cual indica, un grado de contaminación incipiente en el Río Balso, asimismo el análisis de la NSF arrojó un valor de 84 puntos, lo cual indica aguas de calidad buena.

Cuadro 1. Familias de Insectos acuáticos colectadas en el río Balso después de dos monitoreos.

		FAMILIAS		
		2011	2012	Total
1	Baetidae	Athericidae	Athericidae	
2	Caenidae	Baetidae	Baetidae	
3	Calamoceratidae	Blattaridae	Blattaridae	
4	Calopterygidae	Caenidae	Caenidae	
5	Ceratopogonidae	Calamaceratidae	Calamaceratidae	
6	Chironomidae	Calopterygidae	Calopterygidae	
7	Coenagrionidae	Ceratopogonidae	Ceratopogonidae	
8	Corydalidae	Chironomidae	Chironomidae	
9	Culicidae	Coenagrionidae	Coenagrionidae	
10	Dixidae	Corydalidae	Corydalidae	
11	Dryopidae	Corydalidae	Crambidae	
12	Elmidae	Crambidae	Culicidae	
13	Empididae	Dryopidae	Dixidae	
14	Ephydriidae	Dytiscidae	Dryopidae	
15	Euthyplociidae	Elmidae	Dytiscidae	
16	Glossomatidae	Empididae	Elmidae	
17	Gomphidae	Ephemeridae	Empididae	
18	Helicopsychidae	Glossomatidae	Ephemerellidae	
19	Hydraenidae	Gomphidae	Ephydriidae	
20	Hydrophilidae	Gyrinidae	Euthyplociidae	
21	Hydropsychidae	Helichopsychidae	Gelastocoridae	
22	Leptoceridae	Hydrobiosidae	Glossomatidae	
23	Leptohyphidae	Hydrophilidae	Gomphidae	
24	Leptophlebiidae	Hydropsychidae	Guerridae	
25	Libellulidae	Hydroptilidae	Gyrinidae	
26	Megapodagrionidae	Leptoceridae	Helichopsychidae	
27	Muscidae	Leptohyphidae	Hydraenidae	
28	Naucoridae	Leptophlebiidae	Hydrobiosidae	
29	Odontoceridae	Libellulidae	Hydrophilidae	
30	Perlidae	Megapodagrionidae	Hydropsychidae	
31	Philopotamidae	Muscidae	Hydroptilidae	
32	Polycentropodidae	Naucoridae	Leptoceridae	
33	Polythoridae	Perlidae	Leptohyphidae	
34	Psephenidae	Philopotamidae	Leptophlebiidae	
35	Ptilodactylidae	Platystictidae	Libellulidae	
36	Pyalidae	Polycentropodidae	Megapodagrionidae	
37	Scirtidae	Polythoridae	Muscidae	
38	Simuliidae	Psephenidae	Naucoridae	
39	Staphylinidae	Ptilodactylidae	Odontoceridae	
40	Stratiomyidae	Pyalidae	Perlidae	
41	Tipulidae	Sciomyzidae	Philopotamidae	
42	Ephemerellidae	Simulidae	Platystictidae	
43	Guerridae	Staphylinidae	Polycentropodidae	
44	Gelastocoridae	Stratiomyidae	Polythoridae	
45	Sphaeriusidae	Tipulidae	Psephenidae	
46	Veliidae	Vellidae	Ptilodactylidae	

47
48
49
50
51
52
53
54
55

Pyralidae
Sciomyzidae
Scirtidae
Simulidae
Sphaeriusidae
Staphylinidae
Stratiomyidae
Tipulidae
Veliidae

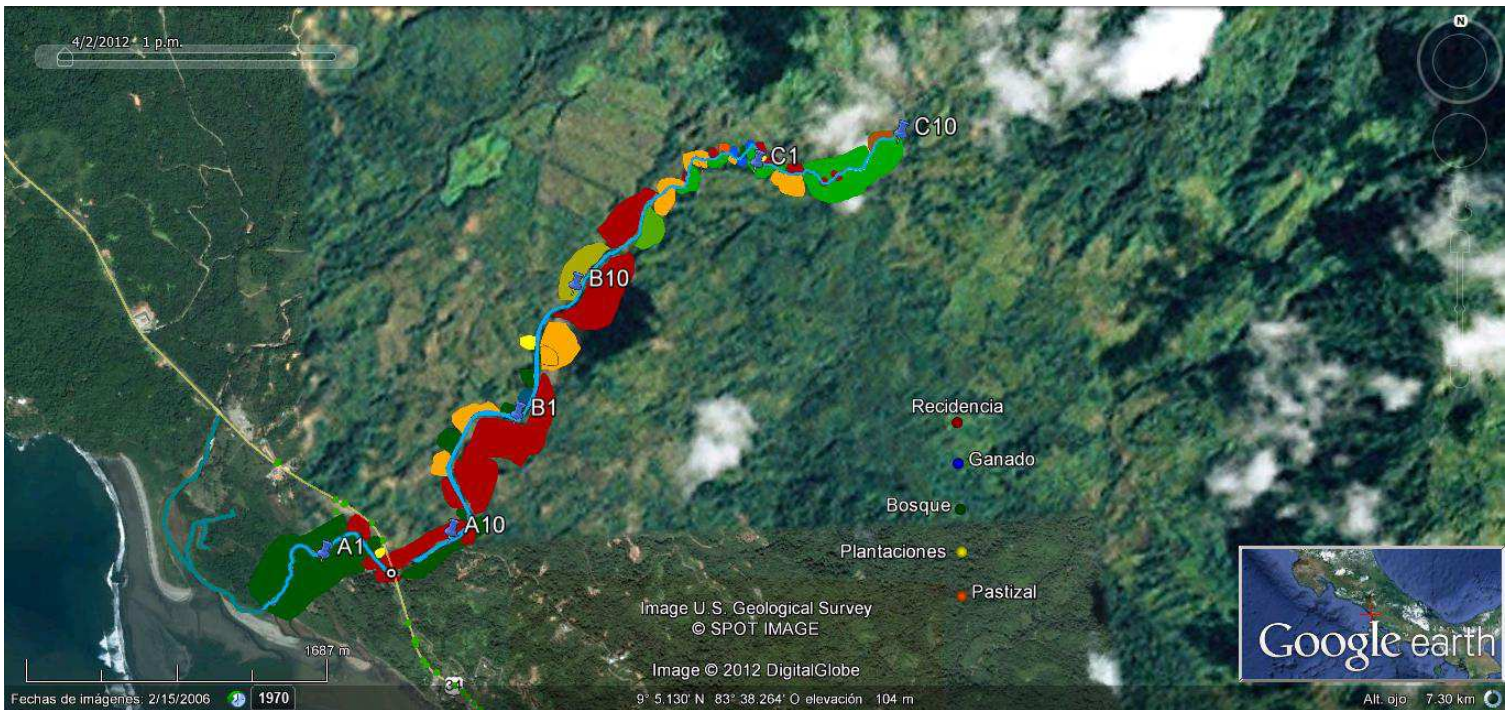
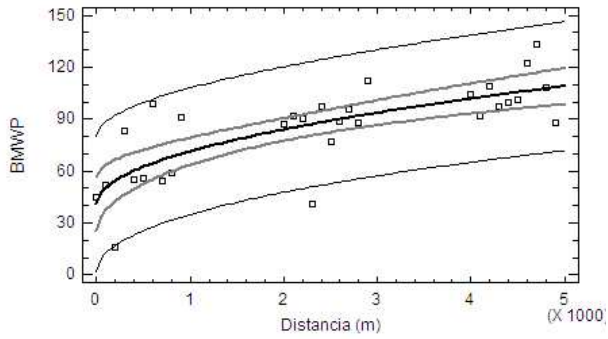
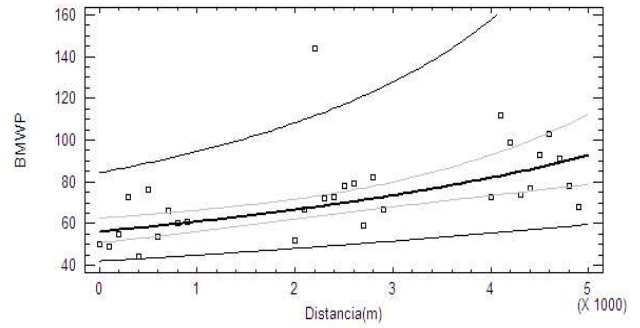


Figura 1. Mapa de zonas de muestreo y uso del suelo a lo largo del Río Balsó; Ojochal de Osa. Imagen tomada de Google Earth 2012.



2011



2012

Figura 2. Comportamiento de la calidad del agua, a lo largo del Río Balso, basado en el índice BMWP. Las líneas grises representan los intervalos de confianza al 95%.

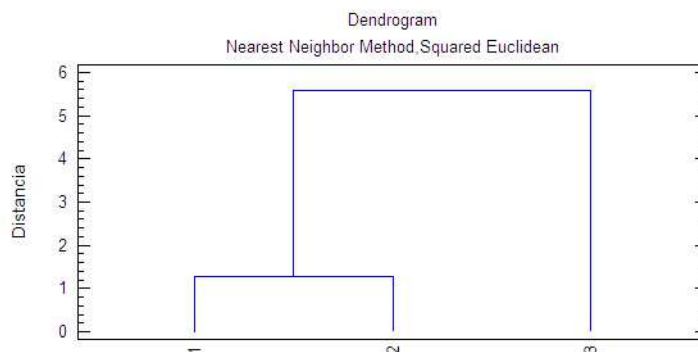


Figura 3. Similitud entre zonas muestreo, basado en su composición biológica para el año 2011. 1-2-3 representan parte baja, media y alta de la cuenca del río Balso.

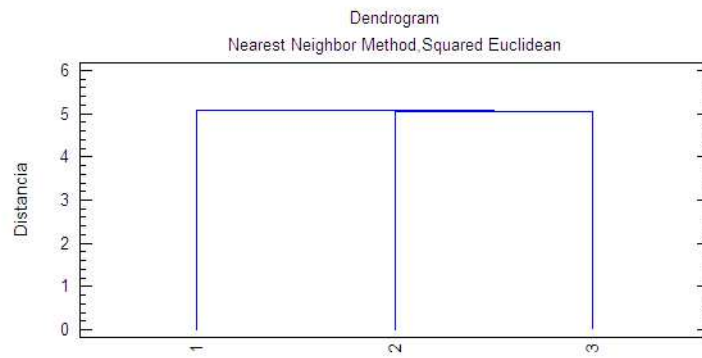


Figura 4. Similitud entre zonas muestreo, basado en su composición biológica para el año 2012.

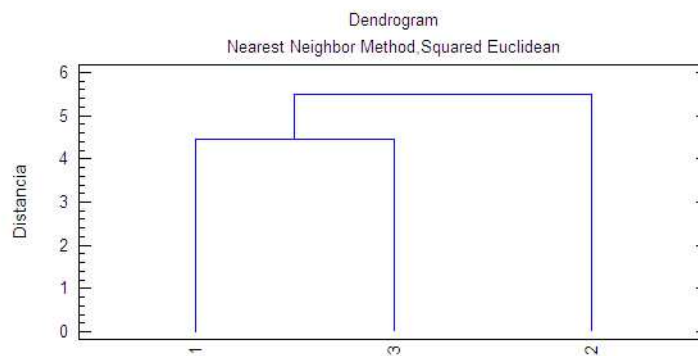


Figura 5. Similitud entre zonas muestreo, basado en su composición biológica reportada para los dos años de monitoreo.

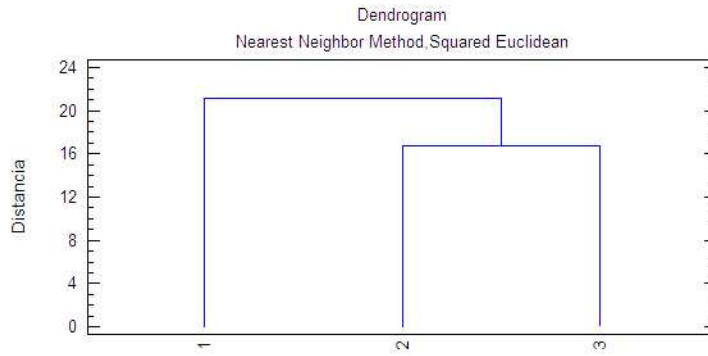


Figura 6. Nivel de Similitud entre las zonas de muestreo basado en la calidad físico-química para los dos años de muestreo. 1(zona A), 2(zona B), 3(zona C).

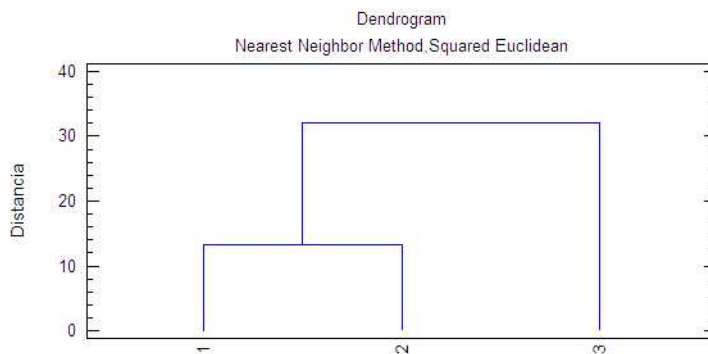


Figura 7. Relación entre las zonas de muestreo basado en factores biológicos y físico-químicos, período 2011.

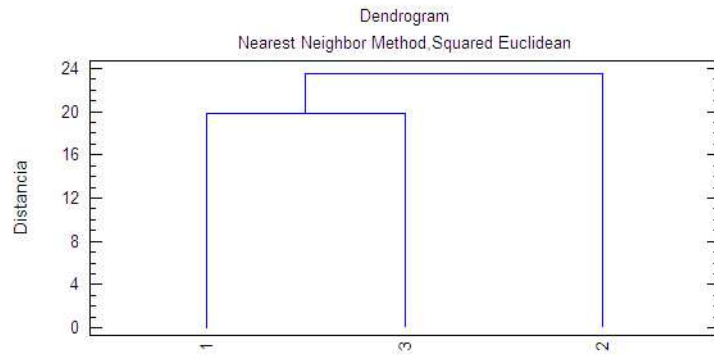


Figura 8. Relación entre las zonas de muestreo, basado en factores biológicos y físico-químicos, período 2012.

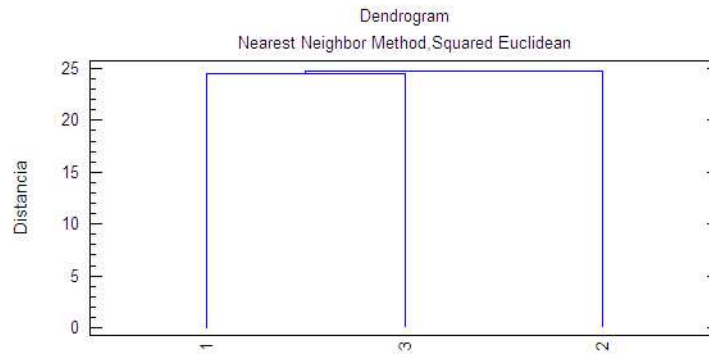


Figura 9. Relación entre las zonas de muestreo basado en las características físico-químicas y biológicas de cada área, a partir de dos períodos de monitoreo en el río Balso.

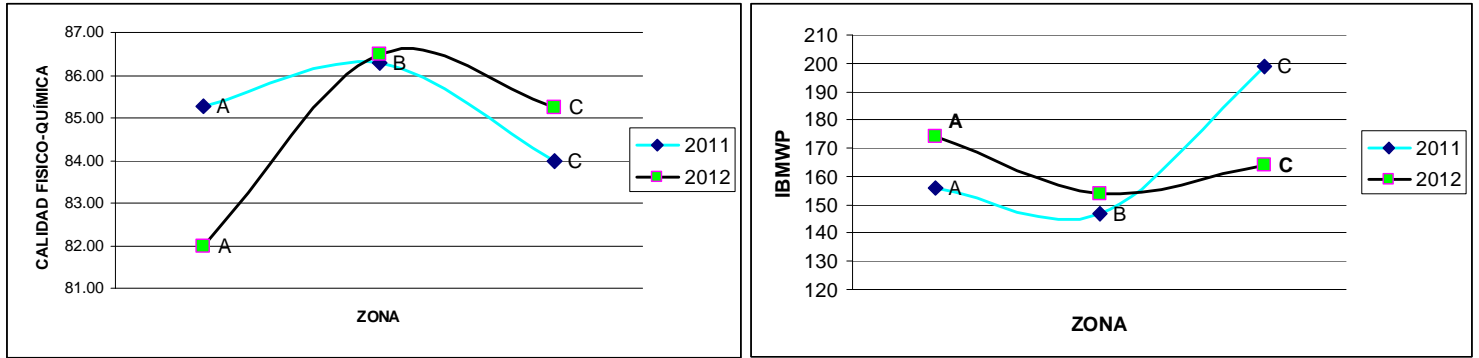


Figura 10. Izquierda: comportamiento de la Calidad físico-química del agua en el río Balso por período de monitoreo. Derecha: comportamiento de la calidad de agua basado en indicadores biológicos en el río Balso por período de monitoreo. Zona A (parte baja), Zona B (media), Zona C (alta).

Cuadro 2. Valores por zona y total obtenidos de factores físico-químicos y calidad de agua en el río Balso.

Zona	pH	T (°C)	O2 %	O2 mg/L	DBO5 mg/L	NO3 mg/L	PO4 mg/L	Tº amb	Turbidez	Conductividad	Calidad Química
A	7	22.85	88.065	7.27	3.95	0.00	0.10	29.23	6.25	133.95	82.75
B	6.88	25.75	92.63	7.6	4.95	0.00	0.08	29.33	7.50	146.05	85.00
C	7	25.93	94.05	7.58	3.95	0.00	0.50	28.15	5.00	147.94	84.63
TOTAL	6.96	24.84	91.58	7.48	4.28	0.00	0.23	28.90	6.25	142.65	84.13

5. Discusión

Es evidente como el desarrollo habitacional en Ojochal, se concentra en los márgenes del río Balso, el uso del suelo se ha modificado, sustituyendo los últimos parches de bosque ripario por jardines donde se mantiene cierta cobertura pero escasa. Se puede afirmar basado en el mapa que la mayor presión antrópica sobre el recurso se da, desde la entrada de Ojochal, hasta más allá del antiguo puente sobre el río Balso, lo cual constituye la parte media del cuerpo de agua, y es donde se ubica el camino principal, además de las áreas de mayor comercio, pulperías, carnicería, restaurantes, supermercado, entre otras edificaciones que provocan la concentración de la población en ésta

zona se encuentra la escuela por ejemplo. Es importante mencionar que en ésta sección muchas de las casas y comercios arrojan las aguas negras y grises directo al cauce, sin evidencia alguna de un tratamiento previo.

En Costa Rica existen cerca de 85 familias de insectos acuáticos que se consideran como bioindicadores (Springer et al 2010). En el Río Balso se ubicó 55 familias, lo cual representa un 64% de la diversidad en cuanto a familias que se encuentra en el país, tal riqueza es una muestra de la variedad de microhábitats que presenta el río Balso a lo largo de su cauce, además de su capacidad para sostener la vida.

A pesar que el valor del IBMWP, clasifica las aguas del río Balso como de calidad excelente, esta misma prueba deja ver como en la sección C del Balso, el valor ha sido en promedio el más bajo de los dos monitoreos, tal resultado es coincidente al relacionar está zona con lo observable en el mapa de uso del suelo.

Con respecto al comportamiento de la calidad de agua basada en la presencia de los insectos acuáticos, esté se dio de una manera lógica ya que es importante considerar la ubicación de las zonas de muestreo, la zona A , sus primeros puntos A1 a A4 , presentan cambios en la salinidad debido a su cercanía a la desembocadura del río donde el nivel del agua cambia como efecto directo de las mareas, independientemente de que exista contaminación o no en esta sección del río, hay factores físicos que influyen en la calidad del agua y pueden limitar la riqueza biológica en cuanto a macroinvertebrados se refiere.

La primera sección del río se encuentra a nivel del mar, donde factores como la temperatura, presión atmosférica y salinidad van a ser determinantes debido a su influencia sobre la cantidad de oxígeno disponible, a pesar de que la presión atmosférica mantendría el oxígeno , el efecto de la temperatura que se observó es mayor en la zona A del río, provoca que las moléculas de oxígeno oscilen con más facilidad provocando la pérdida del elemento del cuerpo de agua, asimismo la salinidad; su aumento afecta la solubilidad del O₂, disminuyéndola, los organismos expuestos a salinidades cercanas a las del mar, enfrentan además de un déficit de oxígeno problemas de osmoregulación (Roldán 2003).Está diferencia en cuanto a factores físico químicos de la zona A con

respecto a B y C se refleja en la Figura 6, donde B y C se encuentran dentro de un mismo grupo.

La zona B del río ya no se encuentra bajo la influencia del factor salinidad, por lo que le haber presentado los valores más bajos de calidad con respecto a insectos acuáticos, se debió a la influencia de otros factores, al comparar el comportamiento de la calidad del agua con la distribución de la zona residencial en Ojochal, la menor calidad en ésta zona, sugiere ser efecto de la presencia de casas en el margen, a pesar que la concentración de personas es evidente no se registró un cambio significativo en los datos físico – químicos de una zona con respecto a la otra, aunque la calidad biológica si evidencia de una manera sutil tal impacto.

La zona C es la que presenta la mayor calidad de agua, como efecto de la mayor riqueza biológica del cuerpo de agua, gracias a una mayor concentración de oxígeno en el agua, producto de una menor temperatura y aumento de la cobertura boscosa en esta zona, lo que ofrece más cantidad de micro-hábitats para especies de aguas limpias, por ejemplo sólo en esta zona se colectó Perlidae una de las familias de mejor puntuación en el IBMWP, además es evidente la disminución de la presencia humana en la parte alta del Balso, aunque si es importante hacer notar que la calidad a pesar que es la mayor, disminuyo de un año a otro.

A pesar de que el IBMWP, califica al río Balso como de aguas excelentes, las pruebas de calidad de agua basadas en factores físico químicos, muestran que la calidad es buena, y hay una contaminación incipiente, lo que significa que a pesar de que el cuerpo de agua esta saludable, éste ya empieza a presentar síntomas de contaminación, principalmente en la parte media del área de estudio, detectándose también disminución de la calidad en la parte alta.

Al comparar tanto los factores biológicos como físico-químicos de las tres zonas en que se dividió el Balso, se puede afirmar que el comportamiento es constante en cuanto a la calidad de agua a lo largo del río, evidenciándose eso sí, una ligera diferencia con una menor calidad la zona B con respecto a las otras.

El índice Holandés categoriza al río Balso, como de clase dos, donde se puede utilizar el agua para consumo humano, actividades industriales de consumo humano, siempre y cuando se de un tratamiento de tipo convencional, además

el recurso se puede utilizar sin limitaciones como agua de abrevadero, es utilizable para actividades de uso primario, riego de plantas, ya que el cuerpo de agua en esta clasificación ya está expuesto a algún nivel de contaminación el río no es apto para la conservación del equilibrio natural de las comunidades acuáticas (Diario La Gaceta 2007).

6. Conclusiones

Tanto las pruebas de análisis de agua utilizando bioindicadores así como los factores físico-químicos, demostraron que el Río Balso posee una calidad de agua buena, aún apta para sostener la vida, pero con tendencia a disminuir (como se observó en la parte alta). Se ha identificado la parte media del río como la zona más crítica en ambos monitoreos.

Al no haber, grandes asentamientos agrícolas ni actividades pecuarias a gran escala en los márgenes del río, hace sospechar que el mayor impacto en el cuerpo de agua, se da a causa del desarrollo urbanístico, lo que implica deforestación del bosque ripario, con la consecuente sedimentación, aunado al mal manejo de las aguas residuales. Otras actividades humanas de impacto directo sobre el río que se identificaron a lo largo de esta investigación fueron, la extracción de material del río, además de reportes de envenenamiento de las aguas para la extracción de camarones.

A pesar de que el diagnóstico del río como un todo es positivo, se identificaron lugares de contaminación puntual donde se deberían enfocar los esfuerzos futuros. Lastimosamente las pruebas de coliformes fecales realizadas no fueron representativas del impacto real, por lo que se recomienda realizar dichas pruebas en las zonas de descarga directa de las casas de habitación.

Es importante que se ejecute un censo para poder tener una idea de que tipo de uso se le está dando al agua del Río Balso, además que porcentaje de la población realiza un manejo adecuado de las aguas residuales.

Es pertinente que tanto los pobladores como las autoridades, actúen para evitar que el recurso hídrico se deteriore, ya que es un problema de interés

público, muchas personas dependen del río Balso para actividades, recreacionales, eco-turísticas (La Cascada), subsistencia (Pesca de langostinos y camarones). Sin mencionar el impacto que se da en otros ecosistemas frágiles tales como los manglares donde desemboca el Balso.

7. Referencias

Camargo J.A., A. Alonso. 2007. Contaminación por nitrógeno inorgánico en los ecosistemas acuáticos: problemas medioambientales, criterios de calidad e implicaciones del cambio climático. Ecosistemas 16:2.España.12p.

Diario Oficial La Gaceta (Agosto, 2007). Reglamento para la Evaluación y Clasificación de cuerpos de Aguas Superficiales.

- Escobar, J. 2002. La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar. CEPAL. Santiago de Chile. 68 p.
- Márquez, J. L., De Pascual, A. y Defiyes G. 1992. Aplicación del Método Statist: Factores Físico-químicos del agua del embalse Uribante. Facultad de Ciencias Económicas y Sociales, Universidad de Los Andes. Venezuela.
- McCafferty, W. P. 1998. Aquatic Entomology. Jones and Bartlett Publishers. Toronto, Canadá. 448p
- Merrit, R. y Cummins, K. 1996. An Introduction to the "Aquatic Insects of North America". Kendall/Hunt Publishing Company. Iowa, Estados Unidos. 862 pp.
- Roldán, G. 1985. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Universidad de Antioquia, Colombia. 217p.
- Roldán, G. 2003. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Editorial Universidad de Antioquia, Colombia. 170p.
- Springer, Astorga, Martínez y Flowers. 2007. Biological Monitoring Working Party modificado para Costa Rica. Diario oficial La Gaceta nº 178. 7
- Springer, M., Ramírez, A. y P. Hanson. 2010. Macroinvertebrados de Agua Dulce de Costa Rica I. Rev. Biol. Trop. 58:4 240pp.

8. Anexos

Anexo 1 ÍNDICE BMWP-CR

El BMWP-CR (*Biological Monitoring Working Party modificado para Costa Rica por Astorga, Martínez,*

Springer y Flowers) es un índice que se calcula sumando las puntuaciones asignadas a los distintos taxones encontrados en las muestras de macro invertebrados.

La puntuación se asigna en función del grado de sensibilidad a la contaminación.

9	O D E P T	Polythoridae Blephariceridae; Athericidae Heptageniidae Perlidae Lepidostomatidae; Odontoceridae; Hydrobiosidae; Ecnomidae
8	E O T B	Leptophlebiidae Cordulegastridae; Corduliidae; Aeshnidae; Perllestidae Limnephilidae; Calamoceratidae; Leptoceridae; Glossosomatidae Blaberidae
7	C O T Cr	Ptilodactylidae; Psephenidae; Lutrochidae Gomphidae; Lestidae; Megapodagrionidae; Protoneuridae; Platystictidae Philopotamidae Talitridae; Gammaridae
6	O M T E	Libellulidae Corydalidae Hydroptilidae; Polycentropodidae; Xiphocentromidae Euthyplociidae; Isonychidae
5	L T C E Cr Tr	Pyralidae Hydropsychidae; Helicopsychidae Dryopidae; Hydraenidae; Elmidae; Limnichidae Leptoheptidae; Oligoneuridae; Polymitarcyidae; Baetidae Crustacea Turbellaria
4	C D H O E Hi	Chrysomelidae; Curculionidae; Haliphidae; Lampyridae; Staphylinidae; Dytiscidae; Gyrinidae; Scirtidae; Noteridae Dixidae; Simuliidae; Tipulidae; Dolichopodidae; Empididae; Muscidae; Scromyzidae; Ceratopogonidae; Stratiomyidae; Tabanidae Belostomatidae; Corixidae; Naucoridae; Pleidae; Nepidae; Notonectidae Calopterygidae; Coenagrionidae Caenidae Hidracarina
3	C D Mo A Cr	Hydrophilidae Psychodidae Valvatidae; Hydrobiidae; Lymnaeidae; Physidae; Planorbidae; Bithynidae; Bythynellidae; Sphaeriidae Hirudinea; Glossiphoniidae; Hirudidae; Erpobdellidae Asellidae
2	D	Chironomidae; Culicidae; Ephydriidae
1	D A	Syrphidae Oligochaeta (todas las clases)

Nota: D: Díptera. E: Ephemeroptera; P: Plecoptera. T: Trichoptera. O: Odonata. C: Coleoptera. M: Megaloptera. H: Hemiptera. L: Lepidoptera. B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco

La clasificación de las aguas según este índice adquiere valores comprendidos entre 0 y un máximo indeterminado que, en la práctica no suele superar 200

En función de este puntaje se establecen 6 niveles de Calidad para el Agua (los dos primeros pertenecen al grupo de aguas no contaminadas).

Cuadro 6. Clasificación de la Calidad del Agua en Función del Puntaje Total Obtenido

NIVEL DE CALIDAD	BMWP ¹	Color Representativo
Aguas de calidad excelente.	>120	Azul
Aguas de calidad buena, no contaminadas o no alteradas de manera sensible.	101-120	Azul
Aguas de calidad regular, eutrófica, contaminación moderada	61-100	Verde
Aguas de calidad mala, contaminadas.	36-60	Amarillo
Aguas de calidad mala, muy contaminadas.	16-35	Naranja
Aguas de calidad muy mala extremadamente contaminadas.	<15	Rojo

Anexo 2. Protocolo de campo para la evaluación de calidad de agua del río Balso.

LOCALIDAD

Río: Punto muestreo:
 Descripción:
 Fecha: Hora:
 Condiciones del tiempo (lluvia, antes o durante el muestreo):

MACROHÁBITAT

Tipo:	Nacimiento	río de montaña	Valles	canal
Ancho (m):	menor que 1	entre 5 y 25	entre 25 y 100	mayor que 100
Profundidad (m):	menor que 0,1	entre 0,1 y 0,5	entre 0,5 y 1,0	mayor que 2
Pendiente (%):	menor que 1	entre 1 y 3	entre 3 y 7	mayor que 7
Velocidad de la corriente:	muy rápida	rápida	Moderada	baja quieta
Tipo de sustrato presente:	pedras (más de 20 mm)	grava (entre 2 y 20 mm)		
	barro (menor de 0,2 mm)	arena (entre 0,2 y 2,0 mm)		
Exposición:	Abierto	parcial	muy cubierto	
Estructura del banco:	Natural	raíces	pedras	Concreto
Condición del sustrato:	Limpio	restos de vegetación		
	con materia orgánica	otros		

FISICOQUÍMICOS

Transparencia (Secchi. Cm):	claro (>50)	turbio (10-50)	muy turbio (<10)
Color del agua:	transparente	turbia	muy turbia
Temperatura:	Aire	agua	
Oxígeno disuelto:	mg/L()	% de saturación()	Ph () conductividad ()
Técnica de muestreo:	red de triangular		
Salinidad (ppm):	Fosfatos	Nitrógeno	alcalinidad coliformes
Área muestreada (m):			
Tiempo de muestreo (min):			

BIOCENOSIS (MICROHÁBITATS)

Vegetación acuática:	ausente	escasa	moderada	abundante
Macroalgas:	ausentes	escasas	moderadas	abundantes
Macroinvertebrados:	ausentes	escasos	moderados	abundantes
Alrededores:	bosques	agricultura	pastos	área residencial industria

Descripción:

