

# Calidad Biológica de las Aguas Superficiales de la cuenca del Río Apulo\*

## Biological Quality of the Running Waters of the Low Basin of the Bogotá River: Sub Basin of the Apulo River\*

Arturo Liévano-León

### Resumen



La calidad biológica de las aguas superficiales de la cuenca del río Apulo, se estableció con base en los valores del sistema BMWP para las comunidades de macroinvertebrados bentónicos presentes en la cuenca. Se establecieron quince estaciones de muestreo teniendo en cuenta la estructura de la cuenca hidrográfica y la ubicación de los centros urbanos como posibles fuentes de contaminación. Se realizaron dos campañas de muestreo: una en la época de aguas altas y otra en la de aguas bajas, buscando cubrir así un periodo hidrológico completo en la cuenca. Los resultados obtenidos indican un alto deterioro de la calidad de las aguas que vierte la cuenca del río Apulo al río Bogotá. Así mismo, se analiza la situación de los principales afluentes del río Apulo, como son el río Curi y el río Bahamón.

**Palabras clave:** Macroinvertebrados bentónicos, bioindicación, calidad del agua, río Bogotá, río Apulo, Colombia.

### Abstract



The biological water quality of the Apulo's River basin is established according with the values of the BMWP system for benthic macroinvertebrates present in its basin. Fifteen sampling stations were established in the basin according to its hydrological structure and the urban areas as possible contamination sources. Samples were collected during the low and high water seasons, in order to cover a complete hydrological cycle in the basin. Results show a very low quality water flow from the Apulo's River basin to the Bogotá's River. The quality water of the Apulo's River main tributaries, the Curi and the Bahamon Rivers, are also analyzed.

**Keywords:** Benthic macroinvertebrates, bioindication, water quality, Bogotá River, Apulo River, Colombia.

**Recibido:** Noviembre 07 de 2013 **Aprobado:** Noviembre 18 de 2013

**Tipo de artículo:** Artículo de investigación científica y tecnológica terminada. (\*Este artículo es resultado del proyecto de investigación calidad de las aguas superficiales de la cuenca del Río Apulo, financiado por la Universidad El Bosque dentro de la línea de investigación sobre el manejo integrado del recurso hídrico de la Facultad de Ingeniería

**Afiliación Institucional del autor:** Grupo de investigación agua, salud y ambiente, Universidad El Bosque, Bogotá, Colombia.

*El autor declara que no tienen conflicto de interés.*

## Introducción

Los ecosistemas acuáticos abarcan los sistemas marinos, los estuarios y manglares, los lagos de aguas dulces y saladas, los humedales y los ríos y quebradas. Por supuesto existen algunas similitudes en los patrones y procesos ecológicos que se dan en estos sistemas, pero algunos de estos patrones y procesos ecológicos son únicos y característicos de los ríos y quebradas.

El estudio de las aguas corrientes continentales (ríos y quebradas), tuvo su origen en Europa a principios del siglo XX. Estos primeros estudios se concentraron en la taxonomía y algunas características ecológicas de sus organismos, tales como su distribución y abundancia [1], [2], [3], [4]. Durante los 50s los estudios de la ecología de ríos y quebradas fueron principalmente descriptivos y autecológicos. Los estudios de la ecología de ríos y quebradas en América, comienzan en los Estados Unidos, también a principios del siglo XX, siguiendo los trabajos europeos de Shleford [5], [6] y concentrados principalmente en la biología de las pesquerías, dada su importancia económica.

En Colombia, la situación actual de estos ecosistemas se podría calificar de crítica. El deterioro de la calidad del agua, especialmente desde el punto de vista microbiológico (presencia de bacterias coliformes) es un fenómeno generalizado especialmente en las cuencas hidrográficas de la zona andina del país, por debajo de los 3.000 m.s.n.m. Por supuesto, en aquellas cuencas en las que se ubican los principales centros urbanos, el vertimiento de aguas residuales domésticas e industriales acentúa de manera muy importante este problema, con la adición de todo tipo de vertimientos químicos y desechos sólidos a los cursos de aguas. Otro aspecto a considerar, en la disminución de la calidad del agua de ríos y quebradas son las actividades agrícolas y pecuarias, las cuales, además de aportar cantidades importantes de materia orgánica, ya sea por escorrentía, vertimientos directos y/o uso excesivo de abonos orgánicos; también puede aportar cantidades no determinadas de residuos de plaguicidas provenientes de los cultivos a las aguas superficiales y subterráneas, y más si se tiene en cuenta que de acuerdo con el Estudio Nacional del Agua (ENA), realizado por el IDEAM en el 2005 [7], estas actividades participan con más del 60% de la demanda de agua del país.

Con relación a la disponibilidad de agua, el ENA, muestra de manera alarmante la disminución que ha sufrido este recurso en el país. Si consideráramos a Colombia como una potencia hídrica mundial, el ENA actualmente nos ubica en el puesto 24 de un listado de 182 países. La disponibilidad per cápita de agua en Colombia es en la actualidad de 40.000 metros cúbicos de agua al año, pero se estima en este estudio que para el año 2020, esta disponibilidad per cápita caerá a los 1.890 m<sup>3</sup> por año. Ahora, si tenemos en cuenta que la oferta del recurso hídrico para el abastecimiento de agua potable depende tanto de la disponibilidad (en términos de caudal) como de la calidad (en términos de su contaminación), la situación es más precaria aun, al pensar que la poca agua disponible estará contaminada. Actualmente en Colombia se estima que más del 90% de los municipios del país tienen problemas de agua ya sea por disponibilidad y/o calidad.

Los efectos más dramáticos que hemos causado sobre estos ecosistemas involucran cambios continuos y directos sobre la química del agua, a través de su eutrofización y acidificación, alteraciones a largo plazo de la morfología de ríos y quebradas y de sus hábitats a través de la regulación y canalización de su flujo, la disminución de los niveles de las aguas freáticas, la destrucción de sus zonas riparias y la introducción de especies exóticas. Estos efectos se dan a nivel de algunos tributarios de las cuencas o incluso a nivel de cuencas enteras como es el caso de nuestros ríos Bogotá y Magdalena, por nombrar sólo algunos casos. La contaminación accidental o intencional de las aguas de ríos y quebradas, también se ha incrementado en la medida que éstos se han vuelto más importantes como receptáculos de los efluentes industriales y domésticos.

Sabemos que las aguas corrientes, si la contaminación no es muy severa, tienen una alta resistencia a los cambios e incluso tienen una alta capacidad de autodepuración con el tiempo o con la distancia desde su nacimiento. Sin embargo una entrada de contaminantes de manera extensiva, concentrada y/o continua, puede acabar con esta capacidad innata de estos ecosistemas. Hoy en día sabemos también que los organismos acuáticos pueden ser utilizados como “barómetros” de medición de estos cambios (por ejemplo, usando índices de biodiversidad o sistemas como el BMWP) y que estos organismos son testigos de los impactos que causan los contaminantes, ya sean físicos o químicos [8].

Además de su importancia como fuentes de recursos pesqueros y de su belleza escénica, los ríos y quebradas están llenos de otras formas de vida que no son tan evidentes. Los orígenes evolutivos de muchos de los organismos presentes hoy en día en ríos y quebradas, son muy diferentes de los que se encuentran en sistemas marinos y un número importante de grupos marinos no se encuentran en estos. Los ríos y quebradas fueron la vía por la cual muchos animales del mar se desplazaron hacia la tierra [9]. Sin embargo algunos de los grupos dominantes en las aguas dulces en el presente (especialmente los insectos) invadieron estos ecosistemas desde la tierra y no desde el mar.

Las aguas corrientes proveen también una amplia gama de servicios a las comunidades humanas, desde la provisión para agua potable, hasta su uso como conductos para la eliminación de efluentes industriales, domésticos y agrícolas. Las variaciones en la calidad del agua que estos procesos producen y los requerimientos necesarios para el mantenimiento de la biodiversidad de sus comunidades naturales, han llevado a todo tipo de conflictos acerca del manejo y conservación de estos ecosistemas [10].

Adicionalmente, los ríos y quebradas han sido ecosistemas mucho más permanentes en el tiempo que la mayoría de los hábitats lacustres o lénticos, lo cual ha conducido al desarrollo de una flora y fauna únicas de estos ecosistemas; por lo que muchos de los grupos actuales de invertebrados de aguas dulces se encuentran únicamente en ellos.

El conocimiento de cómo funcionan estos ecosistemas únicos, exige un trabajo interdisciplinario que incorpore información acerca de su hidrología, la química del agua y la ingeniería ambiental, y por supuesto de su biología.

## Descripción del área de estudio

La cuenca del río Bogotá se encuentra ubicada en el departamento de Cundinamarca y cubre una superficie total de 589.143 has. Está conformada por 19 subcuencas de tercer orden, como se observa en la Tabla 1. Dentro de estas, la subcuenca el río Apulo, con 48.505 has., es la cuarta en tamaño, representando el 8.2 % del área total de la cuenca del río Bogotá.

No.	Subcuenca	Área HA.	%
1	Río Bogotá (sector Tibitoc-Soacha)	71284	12.1
2	Río Balsillas	62442	10.6
3	Río Bajo Bogotá	54431	9.2
4	Río Apulo	48505	8.2
5	Río Neusa	44735	7.6
6	Río Tunjuelito	41535	7.0
7	Embalse Tominé	37428	6.4
8	Río Teusacá	35818	6.1
9	Río Medio Bogotá (Sector Salto-Apulo)	31650	5.4
10	Río Alto Bogotá	27615	4.7
11	Río Calandaima	26840	4.6
12	Río Bogotá (Sector Sisga-Tibitoc)	25397	4.3
13	Río Frío	20160	3.4
14	Emsalse Sisga	15526	2.6
15	Río Chicú	14189	2.4
16	Embalse del Muña	13422	2.3
17	Río Bogotá (Sector Soacha-Salto)	10725	1.8
18	Río Soacha	4052	0.7
19	Río Negro	3390	0.6
<b>Totales</b>		<b>589143</b>	<b>100.0</b>

La subcuenca del río Apulo se caracteriza en su mayoría por presentar un relieve fuertemente ondulado a fuertemente quebrado con pendientes entre el 12 y el 50%. Esta subcuenca es una de las de mayor precipitación en la cuenca del río Bogotá, con una media anual comprendida entre los 400 y los 1400 mm, concentrándose las mayores precipitaciones en la región nororiental de la subcuenca en la zona de Zipacón. La temperatura oscila entre los 6 y los 30°C, presentándose en la mayor parte de su área una temperatura entre los 20 y los 30°C [11].

Con relación a sus características hidrológicas, la subcuenca del río Apulo presenta una oferta hídrica

**Tabla 1.** Subcuencas del río Bogotá

comprendida entre los 6.17 y los 7.92 m<sup>3</sup>/seg., en los períodos seco y húmedo respectivamente. Con relación a la demanda hídrica, los estudios de la CAR reportan una demanda total de 2.42 m<sup>3</sup>/seg., concentrada principalmente en el sector agropecuario (88.4%). El índice de escasez se reporta como medio-alto [11].

La estructura geológica de esta subcuenca se caracteriza por la sucesión de bloques separados por fallas inversas de orientación norte a noroeste, es decir un relieve escalonado con abundancia de escarpes y una litología en la que abundan rocas areniscas en la parte superior y hacia abajo rocas de baja resistencia como son las lodolitas del Grupo Villeta [11].

Los suelos de la subcuenca del río Apulo se presentan desde planos hasta muy escarpados y en condiciones climáticas igualmente variables. Son ligera a moderadamente ácidos, con moderados a altos contenidos de carbono orgánico y moderados contenidos de fósforo, potasio y nitrógeno, lo que los clasifica como moderadamente fértiles, con dominancia del tipo inceptisol [11].

## Metodología

Para el estudio de la calidad biológica de las aguas superficiales de la subcuenca del río Apulo, se establecieron 15 estaciones de muestreo, teniendo en cuenta la estructura de la cuenca hidrográfica y la ubicación de los centros urbanos como posibles fuentes de contaminación. Esto se realizó con base en planchas cartográficas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC, a escala 1: 25.000.

Ya que en el trópico las variaciones de caudal son uno de los más importantes factores que intervienen en la fisicoquímica y en la dinámica de las poblaciones de macroinvertebrados acuáticos, se realizaron dos campañas de muestreo cubriendo los momentos de aguas altas y aguas bajas, buscando cubrir así un período hidrológico completo en la cuenca. En la Tabla 2 y el Mapa 1, se presentan los nombres, coordenadas, alturas sobre el nivel del mar y ubicación de las estaciones de muestreo.

**Tabla 2.** Ubicación de las estaciones de muestreo en la subcuenca del río Apulo.

Río	Sitio de muestreo	Coordenadas planas	Coordenadas geográficas	Altura msnm
Apulo	A1 - Cabecera del río Apulo.	X 967.666 Y 1'017.872	N 04°45'31.7'' W 74°22'06.7''	2.550
	A2 – Río Apulo vía El Ocaso – Bojacá	X 962.362 Y 1'012.360	N 04° 42'28.4'' W 74° 25'00.3''	1.505
	A3 – Río Apulo después de La Esperanza.	X 961.206 Y 1'011.772	N 04° 42'09.3'' W 74°25'37.8''	1.024
	A4 –Río Apulo en San Joaquín	X 950.858 Y 1'004.656	N 04°38'17.4'' W 74°31'13.4''	633
	A5 – Río Apulo después San Antonio de Anapoima	X 946.699 Y 998.382	N 04°34'53.1'' W 74°33'28.2''	532
	A6 – Río Apulo desembocadura en el Río Bogotá	X 942.631 Y 990.976	N 04°30'51.9'' W 74°35'40.0''	432
Bahamón	B1 – Cabecera río Bahamón antes de La Florida.	X 963.400 Y 1'020.145	N 04°46'41.9'' W 74°24'26.7''	2.265
	B2 – Río Bahamón después de La Florida.	X 961.144 Y 1'018.167	N 04°45'37.4'' W 74°25'39.9''	1.846
	B3 – Río Bahamón después de Cachipay.	X 959.254 Y 1'014.963	N 04°43'53.1'' W 74°26'41.2''	1.517
	B4 – Desembocadura del río Bahamón en el Río Curí	X 953.298 Y 1'010.818	N 04°41'38.0'' W 74°29'54.4''	856

Río	Sitio de muestreo	Coordenadas planas	Coordenadas geográficas	Altura msnm
Curí	C1 – Cabecera del río Curí	X 960.523 Y 1'022.429	N 04°56.2'' W 74°26'00.1''	2.054
	C2 – Río Curí antes de Anolaima.	X 957.494 Y 1'020.777	N 04°47'02.3'' W 74° 27'38.4''	1.466
	C3 – Río Curí, parte media	X 953.563 Y 1'019.091	N 04°46'07.4'' W 74°29'45.9''	1.128
	C4 – Río Curí después de la Quebrada Doña Juana	X 953.327 Y 1'011.885	N 04°42'12.8'' W 74°29'53.4''	833
	C5 –Río Curí en la desem- boca- dura en el río Apulo	X 952.163 Y 1'008.895	N 04°40'35.4'' W 74°30'31.1''	703

Para la colecta de las muestras se utilizaron redes de mano de 30 cm de diámetro, con un ojo de malla de 0.3 mm., colocadas a contracorriente mientras se removía el sustrato y frotando las piedras para colectar en la red los organismos. Se incluyeron todos los microambientes existentes en cada tramo de cada estación de muestreo, tales como orillas con y sin vegetación, zonas de rocas, cascajo o arena y sedimentos, así como zonas de raudal y remanso. El contenido de cada muestra se vació en frascos plásticos de 500 cc., debidamente etiquetados y se fijaron con alcohol al 70%.

En el laboratorio, las treinta muestras colectadas en las dos campañas de muestreo, se colocaron en cajas de Petri para su observación al estereoscopio, con 10x y 40x de aumento. Los organismos fueron determinados hasta nivel de género y posteriormente se contabilizó el número de individuos para cada taxón determinado, reportando los resultados como número de organismos en la totalidad de la muestra colectada.

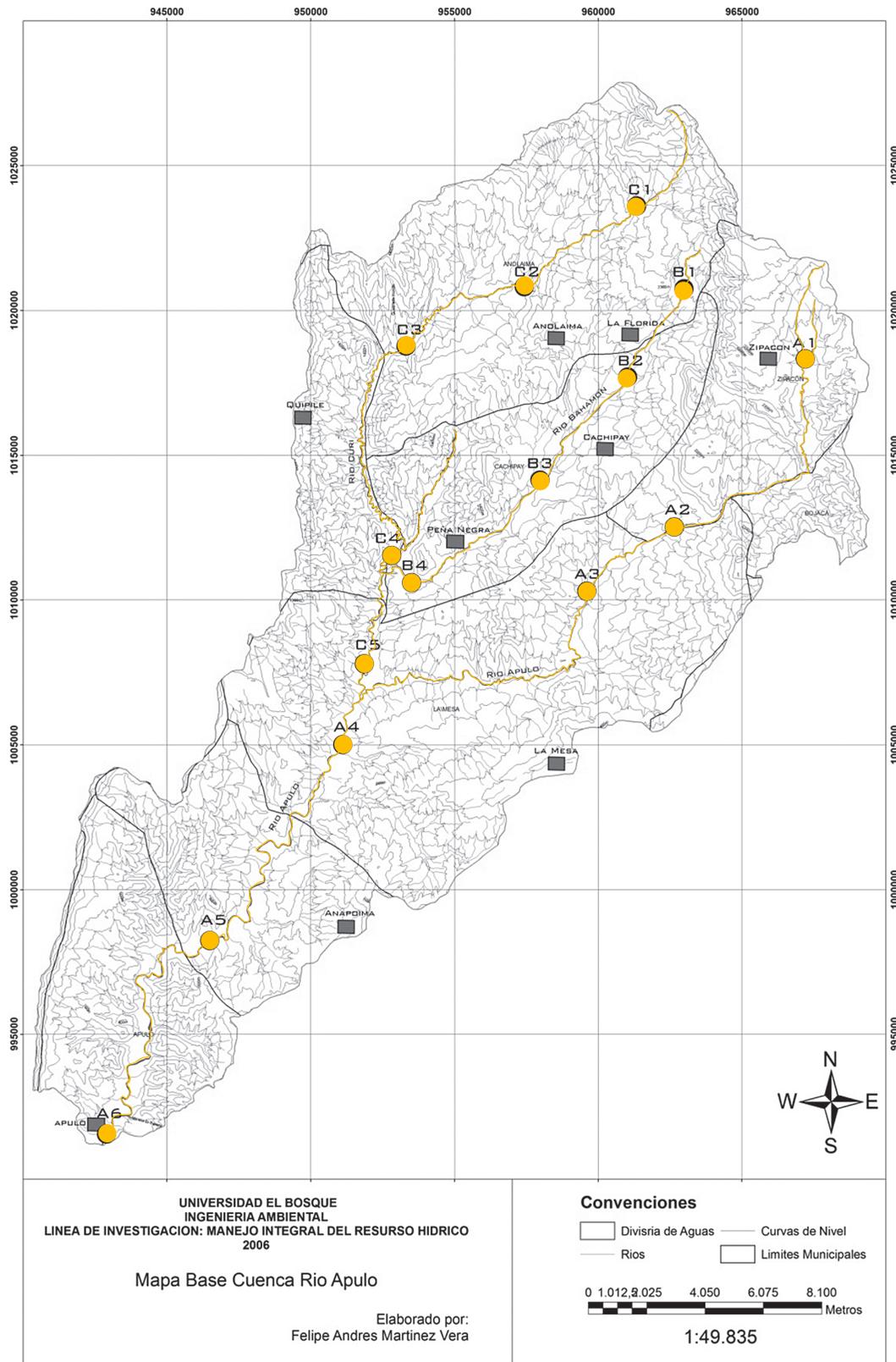
El sistema BMWP (British Monitoring Working Party) fue ideado por científicos ingleses en 1983, los cuales definieron los niveles de tolerancia de las familias de macroinvertebrados acuáticos de agua dulce a la contaminación [8], [12]. De esta manera clasificaron estas familias en diez grupos siguiendo un orden de mayor a menor tolerancia a la contaminación y así a cada familia se le dio un valor de indicación de 1 a 10. En este trabajo se utilizó la adaptación de este sistema a Colombia, realizado por Riss W., Ospina R. y Gutierrez J. (2002) [13], el cual se puede observar en la Tabla 3. El valor BMWP para cada estación de muestreo, corresponde a la suma

de los valores de indicación de cada familia presente en la muestra [8].

**Tabla 3.-Puntuaciones asignadas a las diferentes familias de macroinvertebrados para la obtención del índice BMWP**

Nombre Común	Familia	Valor Indicación
Planarias	Planariidae	2
	Planorbidae	3
Caracoles	Physidae	2
	Ancylidae	7
Conchas	Unionidae	6
	Sphaeriidae	3
Lombrices	Tubificidae	1
Sanguijuelas	Hirudinea	3
Crustáceos	Hyallellidae	5
Ácaros	Acari	5
	Baetidae	7
Efímeras	Leptohyphidae	8
	Leptophlebiidae	8
Plecópteros	Perlidae	9
	Coenagrionidae	5
Libélulas	Aeshnidae	9

**Mapa 1.** Red de muestreo para el establecimiento de la calidad biológica de las aguas superficiales de la cuenca del río Apulo



Nombre Común	Familia	Valor Indicación
Chinches	Gerridae	5
	Naucoridae	5
	Notonectidae	5
	Corixidae	5
Cucarrones	Psephenidae	10
	Dytiscidae	2
	Gyrinidae	5
	Hydrophilidae	5
	Ptilodactilidae	9
	Scirtidae	6
	Elmidae	5
	Staphylinidae	5
Neurópteros	Curculionidae	9
	Corydalidae	??
	Hydrobiosidae	6
	Philopotamidae	8
	Polycentropidae	7
	Helicopsychidae	7
	Hydropsychidae	9
Tricópteros	Hydroptilidae	7
	Leptoceridae	7
	Glossosomatidae	8
	Xyphocentronidae	8
	Policentropodidae	9
	Odontoceridae	10
	Anomalopsychidae	9
Calamoceratidae	10	

Nombre Común	Familia	Valor Indicación
Moscas y mosquitos	Tipulidae	3
	Chironomidae	2
	Simuliidae	7
	Syrphidae	2
	Psycodidae	2
	Culicidae	2
	Empididae	5
	Dixidae	5
	Tabanidae	7
	Ceratopogonidae	7
Polillas	Muscidae	8
	Blephariceridae	8
	Pyralidae	2

Estos valores obtenidos para cada una de las estaciones de muestreo, aunque permiten comparar situaciones relativas de la calidad, no permiten la asociación directa a una clase determinada de calidad del agua. Por esto los valores obtenidos para el BMWP se relacionan finalmente con cinco categorías de calidad del agua, definidas comparativamente entre las estaciones de muestreo y asignándoles un color para la representación cartográfica.

## Resultados

En la Tabla 4, se presentan los resultados de los muestreos en términos del número de individuos por taxón y abundancias relativas de las diferentes géneros encontrados en las quince estaciones de muestreo. Los resultados están ordenados por cada una de las microcuencas de la zona de estudio. Como se observa en dicha tabla se capturaron 1388 especímenes correspondientes a 46 géneros y 31 familias.

**Tabla 4.** Resultado de los muestreos. Los datos están expresados en número de individuos encontrados

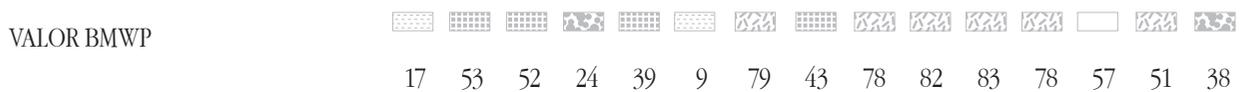
Proyecto Río Apulo - analisis biológico																			
Grupos taxonómicos			Río Apulo						Río Bahamón				Río Curí					Total	
Orden	Familia	Género	A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4	C5		
Anhipoda	Hyaletellidae	Hyaletella sp.										16						16	
	Chrysomelidae	Chrysomelidae (A)							1									1	
	Elmidae	Phanocerus sp. (L)					1			1						2	1	5	
Coleoptera	Elmidae	Heterelmis sp.								1		2	2	1		1		7	
	Elmidae	Macrelmis sp.										1						1	
	Elmidae	Stilobezzia sp.	1									1						2	
	Elmidae	Cyloopus sp. (L)							1	1								2	
	Elmidae	Cyloopus sp. (A)		1	1				1			1		1	1			6	
	Hydrophilidae	Hydrobiomorpha sp.(L)											1					1	
	Psephenidae	Psephenops sp.							1									1	
	Blephariceridae	Limonicola sp.				1							3					4	
Diptera	Ceratopogonidae	Probezzia sp.											1					1	
	Ceratopogonidae	Bezzia\Palpomyia										4						4	
	Chironomidae	Chironominae		11	5		2			8	11	16	29	11	21	12	5	131	
	Chironomidae	Orthocladiinae	25	15	17		1		5	14	63	38	32	49	38	1	1	299	
	Chironomidae	Tanypodinae										1	2					3	
	Empididae	Chelifera sp.										3		1				4	
	Psychodidae	Maruina sp.										1			1			2	
	Simuliidae	Gigantodax sp.			2							36	11		3	3	2	2	59
	Simuliidae	Simulium sp.	23	7	3					9	10		8					60	
	Tipulidae	Hexatoma sp.												2				2	
	Tipulidae	Limonia sp.	1															1	
	Tipulidae	Molophilus sp.										2	1					4	
	Tipulidae	Tipula sp.											1					1	
Ephemeroptera	Baetidae	Americabaetis sp.										2	3		2			7	
	Baetidae	Baetodes sp.		25	28	25	2		3		10	45	16	31	9	5	3	202	
	Baetidae	Camelobaetidius sp.					2					3	2					7	
	Baetidae	Callibaetis sp.										3						3	
	Baetidae	Mayobaetis sp.			2													2	
	Leptohyphidae	Leptohyphes sp.		3	2		3		7	3		37	7	19	9	7	2	99	
	Leptophlebiidae	Thraulodes sp.		2			1		9			14	15	24	19	1		85	
Baetidae	Zelussia sp.							1									1		

Proyecto Río Apulo - analisis biológico																		
Grupos taxonómicos			Río Apulo					Río Bahamón				Río Curí						
Gastropoda	Hidrobiidae	Hidrobiidae									1						1	
	Physidae	Physa sp.									6	2					8	
Oligochaeta	Haplotaxidae	Haplotaxidae						5				1					6	
Plecoptera	Perlidae	Anacroneuria sp.						11				4			1		16	
	Philopotamidae	Chimarra sp.									2			1			3	
Trichoptera	Anomalopsychidae	Contulma sp.						2									2	
	Helicopsychidae	Helicopsyche sp.									7		9	4			20	
	Hydropsychidae	Leptonema sp.				2		3		6	4	9	8	2	1		35	
	Hydropsychidae	Smicridea sp.	7	4	2	35	1		8	15	52	5	15	21	9	8	182	
	Leptoceridae	Grumichella sp.	4	3				20						23			50	
	Hydrobiosidae	Atopsyche sp.											2				2	
	Hidroptilidae	Leucotrichini sp.										1					1	
	Hidroptilidae	Merichia sp.				1			1				1				3	
	Polycentropodidae	Polycentropus sp.									1						1	
	Tricladida	Planariidae	cf Dugesia sp.								12	1	1	1			15	
Neuroptera	Corydalidae	Corydalus sp.				1							3	1		2	7	
Hidracarina								1									1	
Hirudinea										1							1	
Totales			50	75	70	28	48	1	71	46	208	242	148	197	128	41	24	1377

En la Tabla 5, se presentan los resultados obtenidos para los valores BMWP de cada una de las estaciones de muestreo y en el Mapa 2, se presenta la clasificación de la calidad del agua para cada una de las corrientes analizadas.

**Tabla 5.** Valores encontrados del BMWP para cada una de las estaciones de muestreo

Grupos taxonómicos		Río Apulo						Río bahamón				Río curí				
orden	Familia	A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4	C5
Anhipoda	Hyalellidae									5						
	Chrysomelidae							?								
Coleoptera	Elmidae	5	5	5		5		5	5		5	5	5	5	5	5
	Hydrophilidae											5				
	Psephenidae							10								
	Blephariceridae				8						8					
	Ceratopogonidae									7	7					
Diptera	Chironomidae	2	2	2		2		2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Empididae									5		5				
	Psycodidae									2			2			
	Simulidae	7	7	7					7	7	7	7	7	7	7	7
	Tipulidae	3									3	3	3	3		
		Baetidae		7	7	7	7		7		7	7	7	7	7	7
Ephemeroptera	Leptohyphidae		8	8		8		8	8		8	8	8	8	8	8
	Leptophlebiidae		8			8		8			8	8	8	8	8	
Gastropoda	Hidrobiidae									?						
	Physidae									2		2				
	Thriaridae									?	?					
Hemiptera	Naucoridae								5			5		5		
Oligochaeta	Haplotaxidae							?			?					
Plecoptera	Perlidae							9			9		9			
	Philopotamidae									8		8				
	Anomalopsychidae							9								
Trichoptera	Helicopsychidae									7		7	7			
	Hydropsychidae		9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
	Leptoceridae		7	7				7				7				
	Hydrobiosidae											6				
	Hidroptilidae			7					7		7	7				
	Polycentropodidae										9					
	Tricladida	Planariidae									2	2	2	2		
Neuroptera	Corydalidae					?						?	?		?	
Hidracarina							5									
Hirudinea										3						



Clase	Valor BMWP	Color	Color
I	68.2	83.0	
II	53.4	68.2	
III	38.6	53.4	
IV	23.8	38.6	
V	9.0	23.8	

Como se puede observar en estos resultados, de las corrientes analizadas la que presenta los mejores valores de calidad es el río Bahamón con excepción de su parte media (Estación B2) en la que el valor de indicación cae a 43. Sin embargo este muestra la capacidad de auto-depuración que tienen los ríos andinos al aumentar a valores altos en las estaciones B3 y B4, estos resultados concuerda con los estudios iniciales realizados por Liévano A. & Ospina R. en este río [14]. El río Curí muestra un deterioro progresivo en sus aguas desde sus cabeceras Estaciones C1 y C2 con valores de 83 y 78 respectivamente, hasta un valor BMWP de 38 en su desembocadura en el río Apulo.

En términos generales y como se aprecia en los resultados de este trabajo, los valores de la calidad de las aguas del río Apulo son bajos en todo su recorrido. Es de resaltar los valores más bajos del BMWP en toda el área de estudio se presentan en su cabecera (BMWP = 17) y en su desembocadura en el río Bogotá (BMWP = 9).

### Conclusiones

La calidad de las aguas de la subcuenca del río Apulo, con base en los valores obtenidos con el sistema BMWP, es baja.

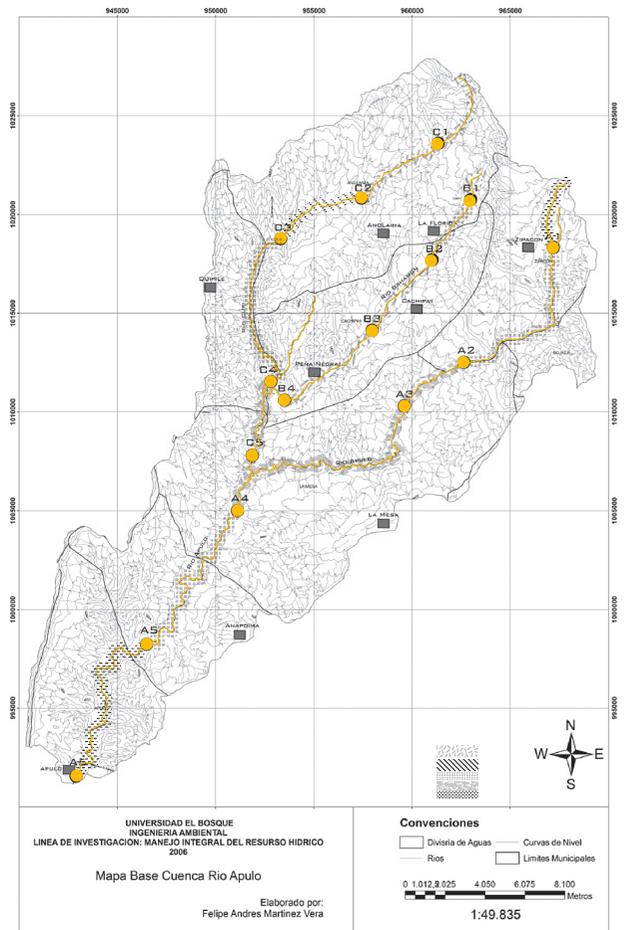
Las mejores calidades de agua se dan en las partes altas de la subcuenca, cerca al nacimiento de las corrientes analizadas, con excepción del río Apulo, que en cercanías de su nacimiento, presenta uno de los valores más bajos para el área estudiada.

El río Bahamón presenta la mejor situación en cuanto a calidad del agua en la zona estudiada, pero ya se ven síntomas de alerta en su parte media (Estación B2, valor

BMWP = 43). El río Curí presenta valores altos de calidad en sus cabeceras, pero esta disminuye progresivamente hacia su parte baja y en especial en su desembocadura en el río Apulo.

Es importante buscar la causa o causas del deterioro de la calidad del agua en las cabeceras del río Apulo con miras a corregirlas, lo cual redundará en el mejoramiento general de la calidad de sus aguas. En general se puede afirmar que los resultados de este trabajo muestran la urgente necesidad de que las autoridades municipales de la subcuenca del río Apulo le den la debida importancia a la protección de sus cursos de aguas con el establecimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales – PTARs, así como al establecimiento de programas de protección y reforestación de las cabeceras y zonas ribereñas de los ríos y quebradas de la subcuenca del río Apulo.

**Mapa 2.** Clasificación de las aguas superficiales de la cuenca del río Apulo según los valores del BMWP



## Referencias

- [1] A. Thienemann, "Der Berbach des Sauerland." In C.E. Cushing, K.W. Cummins, and G.W. Minshall, "River and Stream Ecosystems of the World". University of California Press. Berkeley, CA. 2006.
- [2] A. Thienemann, "Die Binnengewässer Mitteleuropas." In C.E. Cushing, K.W. Cummins, and G.W. Minshall, "River and Stream Ecosystems of the World". University of California Press. Berkeley, CA. 2006.
- [3] K. E. Carpenter, "Life in Inland Waters". Sidgwick and Jackson, London, 267 pp. 1928
- [4] J.D. Allan, "Stream ecology, structure and functions of running waters". Chapman and Hall, London. 1995
- [5] V.E. Shelford, "An experimental study of the behavior agreement among animals of an animal community". Biol. Bull., 26:294-315. 1914.
- [6] V.E. Shelford and S. Eddy, "Methods for the study of stream communities". Ecology, 10: 382-392. 1929.
- [7] IDEAM, "Estudio Nacional del Agua". IDEAM. 2010.
- [8] P.D. Armitage, J.F. Moss, Wright and M.T. Fruse. "The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpollution running – water sites". Water Research 17:333 – 347. 1983.
- [9] J.H. Thorp and A.P. Covich, "Ecology and classification of North American freshwater invertebrates". Academic Press, San Diego. 1991.
- [10] P.S. Giller and B. Malmquist, "The biology of streams and rivers". Oxford University Press. 2006.
- [11] IDEAM, "Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del río Bogotá". IDEAM. 2006.
- [12] J.F. Chesters, "Biological Monitoring Working Party. The 1978 national testing exercise". Department of Environment. Water Data Unit. Technical Memorandum 19: 1-37. 1980.
- [13] W. Riss, R. Ospina y J. Gutierrez, "Establecimiento de valores de bioindicación para macroinvertebrados acuáticos de la sabana de Bogotá". Caldasia 24: 135-156. 2002.
- [14] A. Liévano y R. Ospina, "Guía ilustrada de los macroinvertebrados acuáticos del río Bahamón". Universidad El Bosque e Instituto Alexander von Humboldt. Bogotá D.C., Colombia. 130 p. 2007

### El autor



#### Arturo Liévano León

Biólogo de la Universidad Nacional de Colombia, especialista en Comercio Internacional de la Universidad de Dublín, República de Irlanda. Profesor de Ecología en el Programa de Ingeniería Ambiental de la Universidad El Bosque, profesor de Ecología y Ciencias Ambientales en el doctorado de Bioética de la misma Universidad.

Ha trabajado en investigación en ecología y ciencias ambientales desde 1976 en diferentes entidades de los sectores público y privado, tales como el Banco de la República, Banco Colombiano de Comercio Exterior - Bancoldex, Proexport Colombia, Asociación Colombiana de Exportadores de Flores – Asocollflore, Confederación Nacional de Algodoneros – Conalgodón, entre otras. Ha sido docente de la Universidad Externado de Colombia y de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.