



Evaluación de la biodiversidad de insectos acuáticos y de calidad fisicoquímica y biológica del Río Negro (Antioquia-Colombia)

Por: Yimmy Montoya Moreno*
Yeimi Acosta García**
Elizabeth Zuluaga Zuluaga**
Alejandra García**

Resumen

La cuenca del río Negro es una de las más importantes y pobladas del Oriente Antioqueño, razón por la cual entre agosto de 2006 y enero de 2007 se realizó un estudio limnológico en 16 estaciones de monitoreo en dos períodos de muestreo, ubicados al final de cada estación lluviosa: uno en agosto y otro en enero, con la finalidad de evaluar la variación de la biodiversidad acuática y del valor del índice BMWP/Colombia. Las variables fisicoquímicas evaluadas mostraron variabilidad alta, excepto la temperatura del agua y el pH. Se encontraron 69 géneros pertenecientes a 57 familias y a seis phyla. Los valores del índice BMWP / Col oscilan entre 6 y 102, con un valor promedio de 30.3 que indica un deterioro significativo de la calidad de las aguas del río Negro y de sus afluentes, especialmente las quebradas La Mosca, La Cimarrona, La Pereira y La Marinilla.

Palabras clave: *macroinvertebrados acuáticos, biodiversidad, bioindicación, río tropical, contaminación fluvial.*

* Biólogo, M Sc. Coordinador del Semillero de Limnología y Recursos Hídricos. Universidad Católica de Oriente. Rionegro, Antioquia (Colombia). E-mail: yimmymontoya3@hotmail.com

** Estudiantes del programa de Ingeniería Ambiental e integrantes del semillero de Limnología y Recursos Hídricos. Universidad Católica de Oriente. Rionegro, Antioquia (Colombia). E-mail: yeloac@gmail.com y elizazuluagaz@gmail.com

Abstract

The watershed of river Negro is one of the most important and populated of the Antioquia east, reason for the one which was realized a limnology study in 16 surveys stations in two periods of sampling between august of 2006 and january of 2007, located at the end of each rainy station: one in august and another in january with the purpose of evaluating the variation of the aquatic biodiversity and of the value of the index BMWP / Colombia. Physicochemical variables evaluated showed high variability, except the temperature of the water and the pH. They were 69 generous belonging to 57 families and six phyla. The values of the index BMWP / Col oscillates between 6 and 102, with a average of 30.3 that indicates a significant deterioration of the quality of the waters of the Negro river and of its tributaries, especially the streams La Mosca, La Cimarrona, La Pereira and La Marinilla.

Key words: *aquatic macroinvertebrates, biodiversity, bioindication, tropical river, fluvial contamination.*

Introducción

El río Negro es uno de los principales colectores de agua del Oriente Antioqueño, razón por la cual ha sido objeto de numerosas intervenciones humanas desde el siglo pasado, tales como depositación de residuos sólidos, vertimientos domésticos e industriales, extracción de materiales para la construcción y rectificación de su cauce en algunos tramos. El río es fuente de abastecimiento de agua para consumo para el municipio de Rionegro y finalmente desemboca en el embalse de Guatapé-El Peñol. No obstante su importancia para la región del departamento de Antioquia, es un sistema estudiado a intervalos irregulares de tiempo y de estaciones de muestreo, lo que genera ruido en la interpretación de la información recolectada, pese a que los aportes de contaminantes de origen doméstico y agrícola continúan presentando altos valores.

El primer trabajo publicado sobre este río es el de Pérez y Roldán (1978), quienes estudiaron la influencia de los detergentes en el grado de contaminación del río Negro y sobre la comunidad de insectos acuáticos bentónicos; les seguirían las investigaciones de índole taxonómica llevadas a cabo por Arango y Roldán (1983); Roldán 1980, 1985, 1988; Machado, 1989; Ángel y Hernández, 2003, las cuales fueron dedicadas al estudio de la distribución de algunos órdenes de insectos

acuáticos en el departamento de Antioquia, siendo evaluadas varias fuentes de agua del altiplano del oriente. Entre 1984 y 1985 se realizó una campaña de monitoreos entre Empresas Públicas de Medellín y la Universidad de Antioquia, en la cual se evaluaron mensualmente algunas variables físicas, químicas, microbiológicas y los macroinvertebrados acuáticos, permitiendo generar un modelo matemático de simulación de la constante de extinción de algunos indicadores de contaminación fecal en el río Negro y sus quebradas afluentes (González et al. 1986).

Se han realizado investigaciones en algunos afluentes del río Negro por parte de varias universidades, tales como la Universidad de Antioquia, la Universidad de Medellín y la Universidad Católica de Oriente, entre las cuales se resaltan las investigaciones de Arango (1992) quien realizó un estudio en la quebrada Bodegas del municipio de El Santuario; Arango *et al* (2003) realizaron el estudio de la calidad del agua en la microcuenca Abreo - Malpaso en el municipio de Rionegro; Arango *et al* (2004) investigaron en la quebrada El Espíritu Santo, en la cual aplicaron el enfoque del río continuo; Acosta (2005) realizó una investigación sobre la evaluación de la calidad del agua de las microcuencas El Cerro, La Madera y La Chapa, en el municipio de El Carmen de Viboral, utilizando macroinvertebrados

acuáticos como indicadores biológicos; Ángel y Ruiz (2006) estudiaron la zonificación de los usos potenciales del agua en la quebrada La Pereira. Actualmente se vienen realizando muestreos de plaguicidas a través del convenio Cornare-Seccional de Salud de Antioquia y una caracterización de la quebrada La Pereira en convenio entre Cornare-Universidad de Antioquia (Aura Helena Gómez, comunicación personal).

El estudio más reciente y completo llevado a cabo en el río Negro fue el de Machado y Ramírez (2003), de la Universidad de Antioquia, el cual trata sobre el empleo de los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad ecológica en 22 estaciones de muestreo en el río Negro. El estudio tomó los macroinvertebrados acuáticos que funcionan como bioindicadores, los cuales presentan adaptaciones evolutivas a determinadas condiciones ecológicas y unos límites de tolerancia a una determinada alteración. Los límites de tolerancia varían y, de esta manera, frente a un cambio, los organismos estenoicos “sensibles” no toleran las nuevas condiciones comportándose como “intolerantes”, mientras que otros que son eurioicos “tolerantes” no se afectan. Cuando los tensores ambientales son críticos los organismos “intolerantes” mueren y su lugar es ocupado por los “tolerantes”. De tal manera que los cambios en la estructura y composición de las comunidades pueden interpretarse como signos evidentes de contaminación.

Según Hawkes (1979) los métodos biológicos para determinar la calidad del agua han sido usados desde el siglo pasado. Pese a esto, los estudios de la calidad del agua se han dedicado exclusivamente a los parámetros referidos en el Decreto 1594 de 1998 y tan sólo en los últimos años se han venido complementando las investigaciones acuáticas con el uso de los macroinvertebrados como indicadores de las condiciones ambientales del agua.

El monitoreo biológico revela la ocurrencia de

cambios ambientales ecológicamente significantes y llama la atención para investigaciones posteriores más precisas. Al contrario de los análisis químicos, el muestreo biológico no indica simplemente las condiciones prevalecientes al instante de colecta, pues los organismos que viven en el agua responden a la totalidad de las condiciones ambientales que han experimentado a través de sus vidas. Por ello, los juicios respecto a la calidad del agua realizados mediante métodos biológicos son más confiables que los obtenidos con base en los métodos fisicoquímicos (Alba-Tercedor, 1996).

Con este proyecto se pretende evaluar la calidad de las aguas del río Negro y sus principales afluentes, empleando los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de las condiciones ambientales.

Materiales y métodos.

Área de estudio

La cuenca del río Negro está conformada por el borde de montañas que delimita las fronteras entre El Retiro y Medellín, atraviesa los municipios de La Unión, El Carmen de Viboral, El Santuario, Guarne, La Ceja, Rionegro y Marinilla, y recorre los Valles de San Nicolás. Sus principales afluentes son las quebradas La Mosca, La Marinilla, La Cimarrona, La Pereira, La Chachafrito, convirtiéndose todos en el río Negro, que luego va a surtir el sistema interconectado de embalses El Peñol-Guatapé. Su extensión es de 952 km² (Figura 1). La cuenca presenta agotamiento forestal debido a la expansión urbanística y parcelación del suelo rural con fines recreativos; además, alta contaminación hídrica por sustancias agroindustriales (Machado y Ramírez, 2003).

Los suelos fueron formados en el período cuaternario, como depósitos de piedemonte (coluvios y abanicos aluviales), terrazas y aluviones recientes, entre ellos la vega del río Negro, del río Nare, y sus afluentes (Toro, 1979).

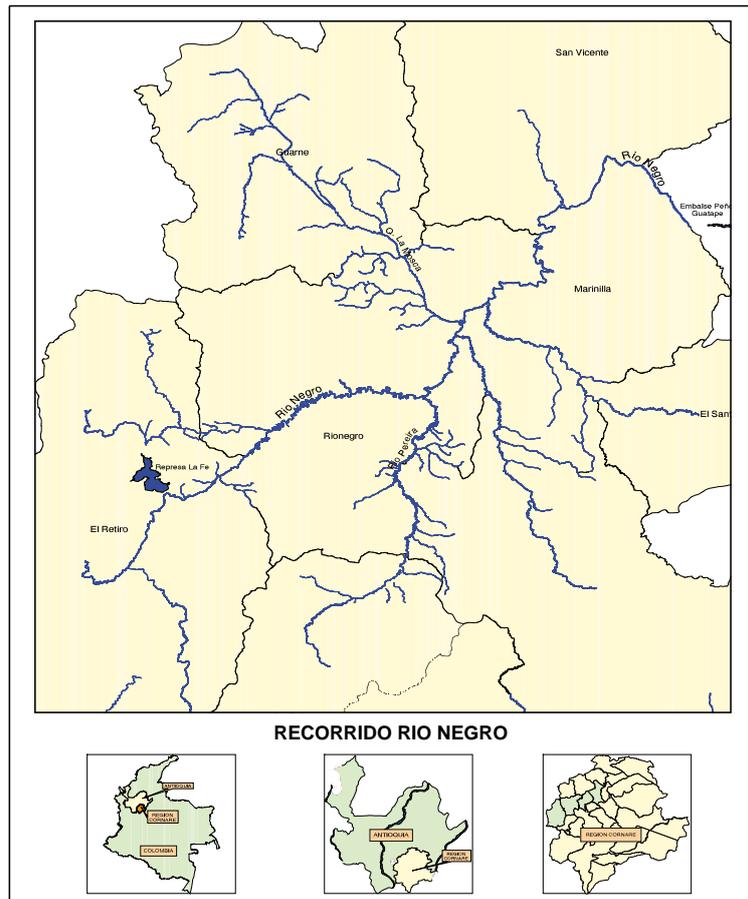


Figura 1. Área de estudio

Los muestreos se realizaron en dos períodos climáticos diferentes: el 29 de agosto de 2006 (sequía parcial) y el 23 enero de 2007 (sequía). Se establecieron 16 estaciones de muestreo: seis sobre el río Negro y las diez restantes sobre los afluentes más importantes del río (Tabla 1). Para evaluar todas las estaciones de colecta el mismo día, se trabajó simultáneamente en tres grupos de investigadores distribuidos por toda la cuenca.

Variables físicas, químicas y microbiológicas

In situ se evaluaron variables físicas y químicas como temperatura del agua ($^{\circ}\text{C}$), oxígeno disuel-

to (mg l^{-1}), porcentaje de saturación de oxígeno (%) y pH. Adicionalmente, se tomaron muestras en garrafas de 3l para la determinación de las siguientes variables: conductividad eléctrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$), pH, turbiedad (NTU), DBO_5 , DQO, sólidos totales (ST), sólidos suspendidos (SS), sólidos disueltos (SD), nitrógeno amoniacal (N-NH_4^+), Nitritos (N-NO_2), nitratos (N-NO_3), nitrógeno total (NT), ortofosfatos (P-PO_4), fósforo total (PT), todos en mg l^{-1} . Además se evaluaron los coliformes totales (UFC / 100 ml) y *Escherichia coli* (UFC / 100 ml); estos análisis se llevaron a cabo en el laboratorio de Cornare.

Tabla I. Información sobre las estaciones de monitoreo.

NOMBRE	TIPO	FUENTE	MUNICIPIO	VEREDA	COORDENADA X	COORDENADA Y
Flor Silvestre	LM	Cimarrona	El Carmen de Viboral	Cristo Rey	861181	1166125
La Amistad	LM	La Marinilla	El Santuario	Área Urbana	868100	1170448
K 26 Box Couvert (Villa Paola)	LM	La Mosca	Guarne	Área Urbana	849416	1184781
San Sebastián	LM	La Pereira	La Ceja	San Nicolas	851554	1159812
Montenevado	LM	Río Negro	Rionegro	Don Diego	845187	1165989
Charco Manso o Llanogrande	LM	Río Negro	Rionegro	Tres Puertas	850194	1170705
La Compañía Abajo	LM	La Compañía	San Vicente	La Compañía	861866	1183383
Puente Alcaravanes	LM	La Marinilla	Marinilla	El Hato	859108	1175887
Colte punto	LG	Cimarrona	Rionegro		858324	1174087
Casa Mía	LG	La Pereira	Rionegro		858222	1171173
Riotex	LG	La Mosca	Rionegro		857315	1175438
La Fresera	LG	Río Negro	Rionegro		860899	1177466
Puente Real	LG	Río Negro	Rionegro		855830	1171271
Río Abajo	LG	Río Negro	San Vicente		865244	1184293
Bodegas	LM	La Leonera	Rionegro	Chachafruto	851890	1173322
FAC	LM	Yarumal	Rionegro	Chachafruto	851791	1173270
Puente Autopista	*	Río Negro	Rionegro		857898	1175162

LM: Estación limnimétrica

LG: Estación limnográfica (estación automatizada)

* No presenta ningún tipo de estación.

Variables biológicas

La intensidad de muestreo fue de 30 minutos por unidad y una distancia longitudinal del punto de 50 m a cada lado; aquí se usaron la red triangular o D-net para los lechos y contracorrientes, la red de pantalla para el centro de la quebrada y recolección manual. Se hicieron batidas con las redes en todos los microhábitats identificados en el sector. El material se colocó en bolsas plásticas previamente marcadas; se le adicionó alcohol al 70% y se guardó en nevera para su posterior análisis.

En el laboratorio se separaron los insectos acuáticos del material orgánico mediante el uso de tamices y pinzas entomológicas y se

realizó la determinación taxonómica de los macroinvertebrados hasta familia, con la ayuda de estereoscopios y las claves de Costa et al. (1988), Fernández y Domínguez (2001), Gomez et al. (2003), Klemm (2001), Machado (1989), McCafferty (1981), Merritt y Cummins (1996), Roldán (1988) y Wiggins (1977). Con el listado de familias reportadas se determinó el índice BMWP/Col para cada estación y para cada fecha de muestreo (Roldán, 2003). La estructura de la comunidad de macroinvertebrados se determinó usando las variaciones en los índices de diversidad (Shannon & Weaver, 1963), equidad (Pielou, 1975), dominancia (Simpson, 1949) y riqueza numérica de taxones (N_j).

Tratamiento de los datos

Para cada variable física, química y microbiológica se obtuvo un valor medio basado en los dos muestreos realizados en cada una de las estaciones. Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis exploratorio mediante el uso de estadísticos de tendencia central (media aritmética) y de dispersión (coeficiente de variación relativa de Pearson, CV). La asociación entre los macroinvertebrados acuáticos y las variables físicas y químicas se efectuó mediante un análisis de regresión lineal múltiple. Los análisis estadísticos mencionados anteriormente se llevaron a cabo con el paquete estadístico Statgraphics v.3,0.

Resultados y discusión

La pluviosidad de la cuenca es tipo bimodal (Figura 2), con máximos en mayo y septiembre y mínimo en enero. En general, la pluviosidad anual promedio es de 2.100 mm. El Altiplano del Oriente Antioqueño se caracteriza por altitudes entre 1.900 y 2.800 m, con precipitaciones que oscilan de los 1.700 a los 2.000 mm, con dos períodos de lluvia comprendidos entre los meses de abril-junio y septiembre-noviembre; los meses con mayor intensidad lluviosa son mayo y octubre, mientras que los más secos son enero y febrero (Toro, 1979).

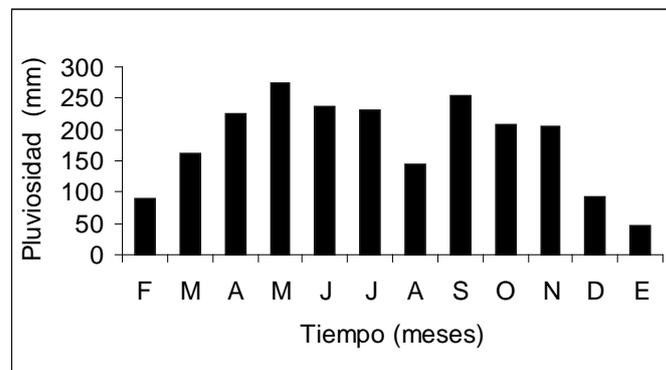


Figura 2. Datos de pluviosidad

La Tabla 2 presenta el valor promedio, el máximo, el mínimo y el coeficiente de variación para cada variable fisicoquímica evaluada durante los dos períodos de muestreo. En general, se observó que casi todas las variables evaluadas presentan coeficientes de variación altos, excepto la temperatura del agua y el pH, debido a que sólo cuatro estaciones presentan condiciones que oscilan entre buenas y aceptables, y el resto, es decir el 75% de las estaciones restantes, oscilaron entre una condición dudosa a muy crítica.

Los valores medios para las formas del nitrógeno y del fósforo indican el predominio del material orgánico sobre otros tipos de contaminación.

La amplitud del coeficiente de variación para estas variables refleja diferencias en el estado de intervención antrópica.

A partir de los valores medios encontrados y tomando como referencia los rangos normales para los ríos colombianos citados en Roldán (1992) y Ramírez y Viña (1998) se puede clasificar este sistema como meso-eutrófico. El río Negro presenta valores medios de nitrógeno amoníaco similares a los reportados para el río Medellín y Bogotá. Desde el punto de vista microbiológico, el valor promedio alto encontrado es indicador de contaminación extrema, que hace inaceptable el agua a menos que se recurra a tratamientos especiales.

Tabla 2. Medidas de tendencia central de las variables fisicoquímicas y biológicas

VARIABLE	PROME- DIO	VALOR MÁXIMO	VALOR MÍNIMO	C.V
Temperatura (°C)	19,2	23,7	17	8,4
pH (Unidades de pH)	6,9	7,6	5,2	7,7
Turbiedad (U.N.T.)	74,6	423	4,5	164,1
Conductividad (μ S/cm)	111,9	308	49,5	46,6
Demanda Química de Oxígeno total (mg/L DQO-O ₂)	26,8	69	10,8	61,8
Demanda Bioquímica de Oxígeno total (mg/L DBO ₅)	8,39	40,6	1,43	85,9
Nitritos (mg/L NO ₂ ⁻ -N)	0,06	0,215	0,011	80
Nitratos (mg/L NO ₃ ⁻ -N)	0,67	2,52	0,16	67
Nitrógeno amoniacal (mg/L NH ₃ -N)	0,87	3,81	0,097	101
Nitrógeno total Kjeldahl (mg/L -N)	1,86	6,22	0,29	81,8
Ortofosfatos (mg/L PO ₄ ³⁻)	0,259	1,21	0,05	93,4
Fósforo total (mg/L -P)	0,289	0,732	0,105	62,8
Sólidos totales (mg/L)	151,6	641	50	76
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	32,5	162	25,8	43,1
Oxígeno disuelto (mg/L O ₂)	4,7	7,3	1,1	36,5
Porcentaje saturación Oxígeno	67,1	98,7	18,7	35,7
Coliformes totales (U.F.C./100 mL)	702014	2400000	16000	123,5
Escherichia coli (U.F.C./100 mL)	193329	2400000	300	267,3
Diversidad (nats)	0,95	1,96	0,48	34,9
Equidad	0,58	0,95	0,14	34,6
Dominancia	0,41	0,85	0,17	46

En la cuenca del río Negro se encontraron durante los dos muestreos realizados 69 géneros pertenecientes a 57 familias y a seis phyla (Tabla 3), siendo el orden coleóptera el más abundante con un 20.2 % del total de géneros (Figura 3). Se colectaron 23.342 organismos, predominando las familias *Physidae* (33.8%), *Tubificidae* (20.8%) y *Chironomidae* (17.7%), las cuales representan el 72.3% de todos los organismos encontrados. Ramirez y Viña (1998) señalan que la presencia de la familia *Chironomidae* por si sola no es señal

de nivel de contaminación de las aguas, pero su densidad alta sí. Por otro lado, el hecho de que sólo tres taxa posean más del 70% implica que están adaptados a disipar la energía extra que reciben del medio a través de la contaminación. Por ejemplo, *Tubifex* y *Chironomus* poseen abundante hemoglobina, lo que les permite soportar déficits de oxígeno (Roldán, 2003).

Los valores de diversidad oscilaron entre 2.14 y 0.37 nats, correspondientes a las estaciones Montenevado y La Fresera, respectivamente (Figura 4A). En la estación Montenevado también se

Tabla 3. Listado de organismos encontrados en la cuenca del río Negro

ANNELIDA	<i>Rhagovelia sp2</i>	<i>Phylloicus sp</i>
OLIGOCHAETA	<i>Microvelia sp</i>	
<i>Haplotaxidae</i>	GERRIDAE	DIPTERA
<i>Tubificidae</i>	<i>Eurygerris sp</i>	TIPULIDAE
HIRUDINEA	SALDIDAE	<i>Tipula sp</i>
<i>Glossiphoniiformes</i>	<i>Micracanthia sp</i>	PSYCHODIDAE
RHYNCOBDELLIDAE	MESOVELIIDAE	<i>Maruina sp</i>
GLOSSIPHONIIDAE	<i>Mesovelia sp</i>	CERATOPOGONIDAE
PHARYNGOBDELLIDA		<i>Stilobezzia sp</i>
ERPOBDELLIDAE	COLEOPTERA	CHIRONOMIIDAE
	STAPHYLINIDAE	SF: Chironomini
ACARI	DRYOPIDAE	SF: Tanitarsini
	HYDROPHILIDAE	SF: Orthocladinae
ARTHROPODA	<i>Tropisternus sp</i>	SIMULIIDAE
INSECTA	ELMIDAE	<i>Simulium sp</i>
LEPIDOPTERA	<i>Disersus sp</i>	EMPIDIDAE
PYRALIDAE	<i>Macrelmis sp</i>	<i>Hemerodromia sp</i>
<i>Parargyractis sp</i>	<i>Heterelmis sp</i>	SYRPHIDAE
	GYRINIDAE	MUSCIDAE
EPEMEROPTERA	LAMPYRIDAE	<i>Limnophora sp</i>
BAETIDAE	DYTISCIDAE	EPHYDRIDAE
<i>Baetodes sp</i>	PTILODACTYLIDAE	TABANIDAE
	<i>Anchytarsus sp</i>	<i>Chrysops sp</i>
ODONATA	CARABIDAE	
LIBELLULIDAE	CURCULIONIDAE	BASOMMATOPHORA
<i>Erythemis sp</i>	CHRYSOMELIDAE	LYMNEIDAE
<i>Sympetrum sp</i>	SCARABAEIDAE	<i>Limnaea sp</i>
AESHNIDAE		PHYSIDAE
<i>Coryphaeshna sp</i>	TRICHOPTERA	<i>Physa cubensis</i>
CALOPTERYGIDAE	GLOSSOSOMATIDAE	<i>Physa marmorata</i>
<i>Hetaerina americana</i>	<i>Mortoniella sp</i>	PLANORBIDAE
COENAGRIONIDAE	HELICOPSYCHIDAE	<i>Biomphalaria sp</i>
<i>Argia sp</i>	<i>Helicopsyche sp</i>	ANCYLIDAE
GOMPHIDAE	HYDROPSYCHIDAE	<i>Uncancylus sp</i>

<i>Progomphus sp</i>	<i>Smicridea sp</i>	HYDROBIIDAE
POLITHORIDAE	<i>Leptonema sp</i>	<i>Hydrobiidae sp</i>
<i>Polythore sp</i>	HYDROPTILIDAE	BIVALVIA
	<i>Ochrotrichia sp</i>	SPHAERIIDAE
HEMIPTERA	LEPTOCERIDAE	<i>Pisidium</i>
NAUCORIDAE	<i>Triplectides sp</i>	COLLEMBOLA
<i>Heleocoris sp</i>	<i>Oecetis sp</i>	
<i>Pelocoris sp</i>	HYDROBIOSIDAE	PLATYHELMINTHES
VELIIDAE	<i>Atopsyche sp</i>	TRICLADIDA
<i>Rhagovelia sp l</i>	CALAMOCERATIDAE	<i>Planariidae</i>

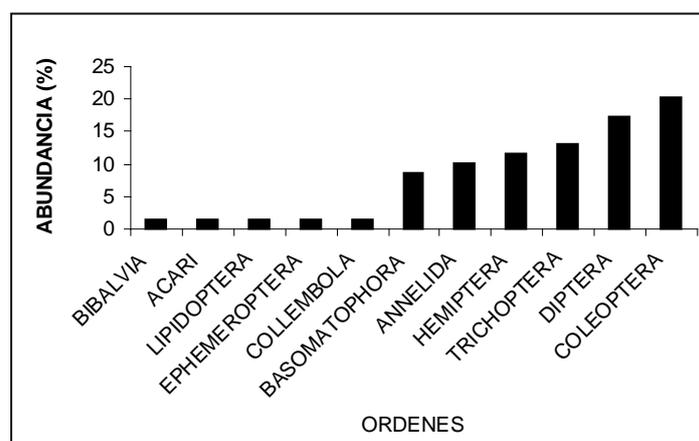


Figura 3. Abundancia relativa de los órdenes de macroinvertebrados

encontró la equidad máxima $J=0.94$ (Figura 4B) y la mínima dominancia $D=0.16$ (Figura 4C), y en la estación La Fresera se encontró la equidad mínima (0.18) y la dominancia máxima (0.85), ya que se corresponden a estaciones con condiciones limnológicas y biológicas contrastantes (Figura 5). Esta figura muestra que las similitudes de las comunidades fluctúan entre los dos muestreos, siendo mayor en el segundo. Por otro lado, se forman grupos que presentan una mayor similitud asociada a la contaminación alta de las aguas (Gases de Caldas-Puente Real, en el muestreo de agosto, y Alcaravanes-Puente autopista, en el muestreo de enero).

Los índices comunitarios presentaron variacio-

nes menores al 50%, lo que indica que el tensor ambiental está presente en la mayoría de las estaciones de monitoreo. La prueba de correlación múltiple mostró que la mayoría de las variables evaluadas no presentaron relación significativa con los índices comunitarios. La turbiedad, los nitritos y la presencia de *Escherichia coli* mostraron correlación positiva con la dominancia ($r=0.44$, $p=0.04$, $r=0.43$, $p=0.027$ y $r=0.5$, $p=0.021$, respectivamente). Todas estas variables son indicadoras de contaminación y, por ende, variables que estimulan la dominancia de unos pocos organismos. Adicionalmente, la equidad presentó correlación negativa pero significativa con la presencia de *Escherichia coli* ($r= -0.51$,

$p=0.02$), ya que esta variable es indicadora de ingreso de materia orgánica alóctona que influye en la respuesta adaptativa de los macroinvertebrados a las condiciones del medio.

En contraste, al realizar el análisis de correlación múltiple entre los valores del índice BMWP/Col y las variables fisicoquímicas y microbiológicas evaluadas, se encontró una relación positiva con el oxígeno disuelto ($r = 0.39$, $p = 0.0041$) y con el índice de diversidad de Shannon ($r = 0.56$, $p = 0.0002$) y una dependencia negativa de los

coliformes totales ($r = -0.45$, $p = 0.0017$), la DQO ($r = -0.42$, $p = 0.002$) y la concentración de nitrógeno amoniacal ($r = -0.39$, $p = 0.02$). Estas correlaciones indican que los valores reportados para el índice BMWP/Col presentaron una mayor afinidad estadística respecto a otras variables evaluadas, por lo que puede inferirse que para la presente investigación este índice fue más sensible a la fluctuación de las variables físicas, químicas y microbiológicas al ser comparado con los índices comunitarios tradicionales.

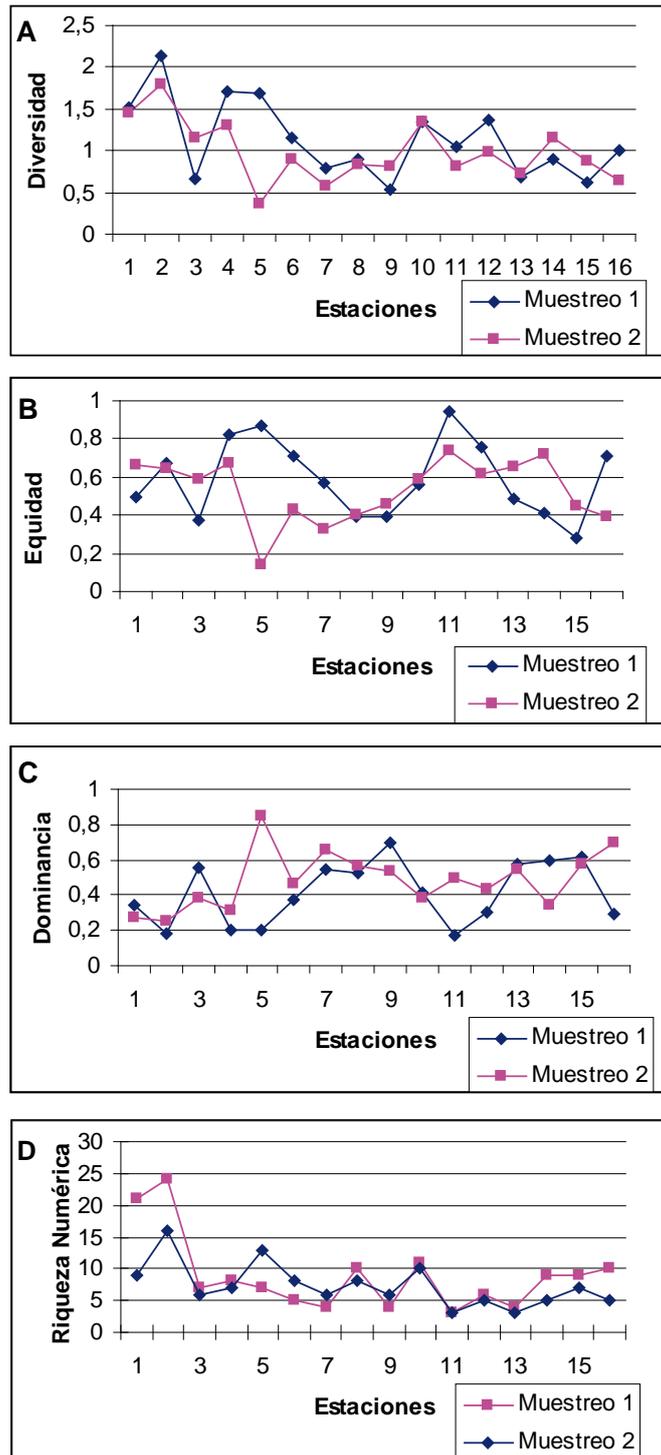


Figura 4. Variación de los índices comunitarios entre estaciones y períodos de muestreo

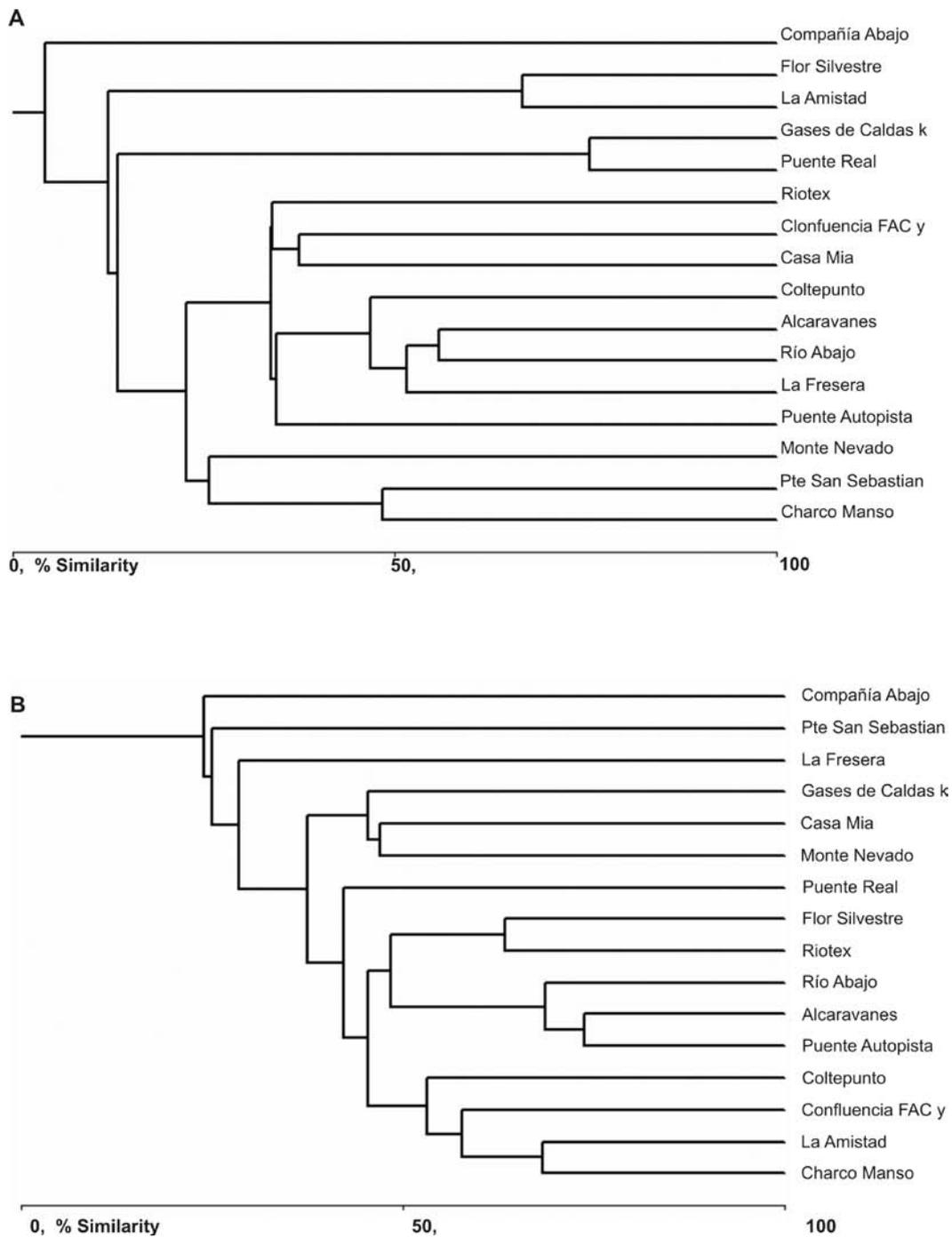


Figura 5. Análisis de agrupamiento para las estaciones de muestreo con base en el índice de similitud de Bray y Curtis A. Muestreo de agosto de 2006. B. Muestreo de enero de 2007.

Los valores del índice BMWP / Col oscilan entre 6 y 102, pero el valor promedio para la cuenca presentó una baja oscilación entre los dos periodos evaluados, 30.5 y 30.2, respectivamente (Tabla 4). Al comparar los resultados encontrados para este índice período a período (Tabla 5), se pueden observar dos tendencias: 1) La mayoría de las estaciones de muestreo desmejoró sus condiciones bióticas y de calidad de agua con la disminución de las lluvias y 2) Con el aumento del tiempo entre estudios se observa una leve disminución de las condiciones bióticas y de calidad de agua para el 34% de las estaciones investigadas. Es decir, la época

de diciembre – enero, que tradicionalmente ha sido el periodo de mayor sequía en la región, se constituye en el tiempo en que las condiciones de calidad biológica y fisicoquímica del agua son más malas. Por otro lado, con el aumento de la presión sobre el recurso agua ha generado un mayor impacto sobre éste, el cual se refleja en la disminución de los indicadores biológicos, aunque también se encontró que el 33% de las estaciones presentó alguna leve mejoría y el mismo porcentaje exhibe unas condiciones similares entre los estudios realizados en el período 2002-2003 y 2006-2007.

Tabla 4. Valores del índice BMWP /col para cada estación durante los dos periodos de muestreo

EST.	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	MUESTREOS							
		BMWP/Col							
		PERIODO 1				PERIODO 2			
BMWP	CALIDAD	CODIGO	CLASE	BMWP	CALIDAD	CODIGO	CLASE		
1	GASES DE CALDAS km 26	14	MUY CRITICA		V	24	CRITICA		IV
2	MONTENEVADO	101	BUENA		I	78	ACEPTABLE		II
3	CHARCO MANSO	102	BUENA		I	39	DUDOSA		III
4	CHACHAFRUTO	46	DUDOSA		III	22	CRITICA		IV
5	PUENTE REAL	23	CRITICA		IV	39	DUDOSA		III
6	CASA MIA	39	DUDOSA		III	43	DUDOSA		III
7	LA AMISTAD	13	MUY CRITICA		V	12	MUY CRITICA		V
8	FLOR SILVESTRE	11	MUY CRITICA		V	6	MUY CRITICA		V
9	COLTEPUNTO	38	DUDOSA		III	21	CRITICA		IV
10	SAN SEBASTIAN	6	MUY CRITICA		V	27	CRITICA		IV
11	ALCARAVANES	19	CRITICA		IV	16	CRITICA		IV
12	PUENTE AUTOPISTA	13	MUY CRITICA		V	24	CRITICA		IV
13	RIO ABAJO	19	CRITICA		IV	36	DUDOSA		III
14	COMPAÑÍA ABAJO	50	DUDOSA		III	34	CRITICA		IV
15	LA FRESERA	26	CRITICA		IV	67	ACEPTABLE		IV
16	RIOTEX	64	ACEPTABLE		III	39	DUDOSA		III

Tabla 5. Valores del índice BMWP/col para cada estación durante los dos períodos de muestreo.
A. Sequía parcial. **B.** Período seco.

A

		PERIODO I							
		BMWP/Colombia							
EST.	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	2003				2006			
		BMWP	CALIDAD	CODIGO	CLASE	BMWP	CALIDAD	CODIGO	CLASE
1	GASES DE CALDAS km 26	38	DUDOSA		V	14	MUY CRITICA		IV
2	MONTENEVADO	92	ACEPTABLE		I	101	BUENA		II
3	CHARCO MANASO	129	BUENA		I	102	BUENA		III
4	CHACHAFRUTO	10	MUY CRITICA		III	46	DUDOSA		IV
5	PUENTE REAL	14	MUY CRITICA		IV	23	CRITICA		III
6	CASA MIA	62	ACEPTABLE		III	39	DUDOSA		III
7	LA AMISTAD	40	DUDOSA		V	13	MUY CRITICA		V
8	FLOR SILVESTRE	5	MUY CRITICA		V	11	MUY CRITICA		V
9	COLTEPUNTO	2	MUY CRITICA		III	38	DUDOSA		IV
10	SAN SEBASTIAN	4	MUY CRITICA		V	6	MUY CRITICA		IV
11	ALCARAVANES	36	DUDOSA		IV	19	CRITICA		IV
12	PUENTE AUTOPISTA	15	MUY CRITICA		V	13	MUY CRITICA		IV
13	RIO ABAJO	32	CRITICA		IV	19	CRITICA		III
14	COMPAÑIA ABAJO	96	ACEPTABLE		III	50	DUDOSA		IV
15	LA FRESESA	27	CRITICA		IV	26	CRITICA		IV
16	RIOTEX	60	DUDOSA		III	64	ACEPTABLE		III

B

		PERIODO 2							
		BMWP/Colombia							
EST.	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	2003				2007			
		BMWP	CALIDAD	CODIGO	CLASE	BMWP	CALIDAD	CODIGO	CLASE
1	GASES DE CALDAS km 26	20	CRITICA		V	24	CRITICA		IV
2	MONTENEVADO	126	BUENA		I	78	ACEPTABLE		II
3	CHARCO MANASO	33	CRITICA		I	39	DUDOSA		III
4	CHACHAFRUTO	33	CRITICA		III	22	CRITICA		IV
5	PUENTE REAL	43	DUDOSA		IV	39	DUDOSA		III
6	CASA MIA	40	DUDOSA		III	43	DUDOSA		III
7	LA AMISTAD	36	DUDOSA		V	12	MUY CRITICA		V
8	FLOR SILVESTRE	30	CRITICA		V	6	MUY CRITICA		V
9	COLTEPUNTO	21	CRITICA		III	21	CRITICA		IV
10	SAN SEBASTIAN	3	MUY CRITICA		V	27	CRITICA		IV
11	ALCARAVANES	55	DUDOSA		IV	16	CRITICA		IV
12	PUENTE AUTOPISTA	9	MUY CRITICA		V	24	CRITICA		IV
13	RIO ABAJO	52	DUDOSA		IV	36	DUDOSA		III
14	COMPAÑIA ABAJO	109	BUENA		III	34	CRITICA		IV
15	LA FRESESA	8	MUY CRITICA		IV	67	ACEPTABLE		IV
16	RIOTEX	55	DUDOSA		III	39	DUDOSA		III

La Figura 6 muestra el mapa de calidad para el sistema, el cual de manera sintética exhibe un predominio de las aguas de calidad crítica y dudosa.

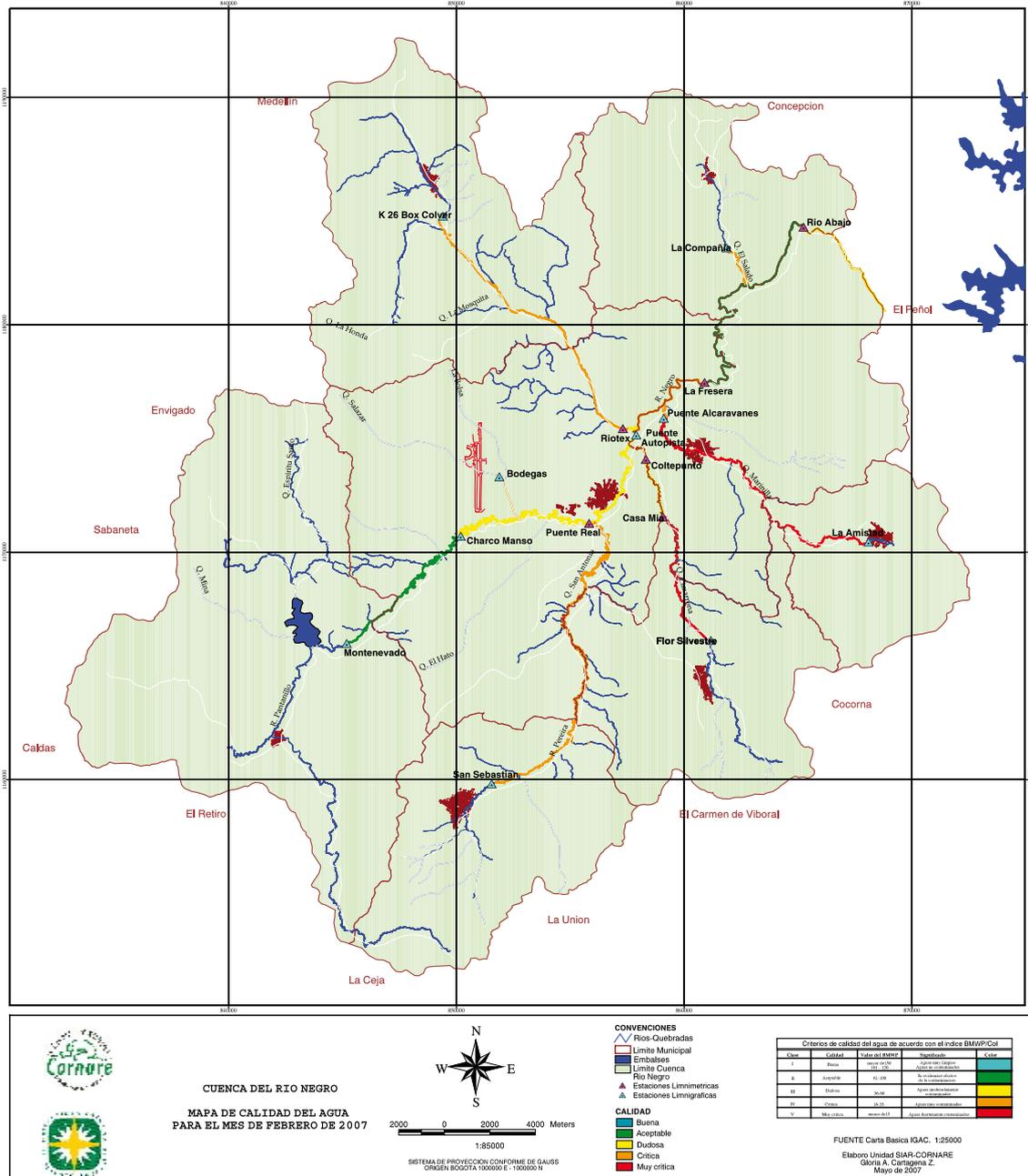


Figura 6. Mapa de calidad del Río Negro y sus principales afluentes

Conclusiones

El río Negro y sus afluentes se caracterizaron por presentar un alto grado de mineralización de sus aguas, con una baja transparencia, con alto transporte de nutrientes, microorganismos fecales y sólidos totales, producto de una alta carga orgánica que recibe este sistema como consecuencia del vertimiento de aguas servidas, especialmente las aguas residuales de los municipios. Por lo que menos del 20% de las estaciones evaluadas presentaron condiciones aceptables. Respecto a otros estudios realizados en el río Negro anteriormente (Machado y Ramírez, 2003), se pudo evidenciar una disminución de la calidad fisicoquímica y biológica de las aguas, probablemente asociada al aumento poblacional e industrial en la región y, específicamente, a la ausencia de plantas de tratamiento de aguas residuales en algunos municipios como Guarne y Rionegro. Esta disminución de la calidad se ve acentuada en el período seco del año. Aunque vale la pena anotar que en un tercio de las estaciones de muestreo se evidencia una leve mejoría de las condiciones biológicas del agua, aunque ésta presenta unas condiciones muy alejadas del óptimo de calidad.

El índice BMWP/Col presentó una mayor sensibilidad a la fluctuación de las variables fisicoquímicas y microbiológicas respecto a los índices comunitarios, lo que ayuda a validar su importancia como herramienta de evaluación de la calidad biológica del agua.

Agradecimientos

A la Dirección de Investigación y Desarrollo de la Universidad Católica de Oriente y a Cornare, por la financiación de esta investigación; a los estudiantes Andrés Felipe Galeano y Yuliana Henao, por su acompañamiento en el trabajo de campo y de laboratorio; y a Ledis Ximena De La Hoz, por su colaboración desinteresada.

Referencias bibliográficas

- ACOSTA, A.J. 2005. Evaluación de la calidad del agua de las microcuencas El Cerro, La Madera y La Chapa en el municipio de El Carmen de Viboral, utilizando macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos. Universidad Católica de Oriente. Rionegro.
- ALBA-TERCEDOR, J. 1996. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA). Armería. 2:203-213.
- ÁNGEL, M.I. y RUIZ, Z.L. 2006. Zonificación de usos potenciales del agua en la quebrada La Pereira. Universidad Católica de Oriente. Rionegro.
- ARANGO, M.C. y ROLDÁN, G. 1983. Odonatos inmaduros del departamento de Antioquia en diferentes pisos altitudinales. En: Actualidades Biológicas. 12(46): 91-105.
- ARANGO, M.C. 1992. Plan de manejo integral de las microcuencas Bodegas y El Salto, municipio de El Santuario. Universidad de Antioquia.
- ARANGO, M.C.; ECHEVERRY, L.F. y VALLEJO, A.R. 2003. Estudio de la calidad del agua en la microcuenca Abreo-Malpasso en el municipio de Rionegro, Antioquia. Universidad Católica de Oriente. Rionegro.
- ARANGO, M.C.; ARANGO, R.A.; HERNÁNDEZ, E.A.; RESTREPO, B.R.; ROSERO, L.A. y PULGARIN, M.Y. 2004. Estudio de la quebrada Espíritu Santo, desde el enfoque del río continuo, Envigado-El Retiro, Antioquia Colombia. Universidad Católica de Oriente. Rionegro.
- COSTA, C.; VANIN, S.A. y CASARI-CHEN, S.A. 1988. Larvas de Coleóptera Do Brasil. Museu de Zoología, Universidad de Sao Paulo. Brasil.
- FERNÁNDEZ, H.R. y DOMÍNGUEZ, E. (eds.) 2001. Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. Ed. Universitaria de Tucumán. Argentina.
- GÓMEZ, M.I.; ÁLVAREZ, L.F.; ROLDÁN, G.; VELÁSQUEZ, D.P. y PELÁEZ, E. 2003. Determinación de los valores de bioindicación de los moluscos

de agua dulce y taxonomía de la familia Hydrobiidae (Gastropoda: Rissoidea) en Colombia. Universidad Católica de Oriente.

GONZÁLEZ, V.G.; RAMÍREZ, S.E.; DOMÍNGUEZ, O.A.; CHAVERRA, C.M. y JARAMILLO, V.J. 1986. Modelo matemático de simulación de la constante de extinción de algunos indicadores de contaminación fecal en el río Rionegro y sus quebradas afluentes. *Contaminación Ambiental* 9: 47-70. Medellín.

HAWKES, H. 1979. Invertebrates as indicators of rivers quality. In: *A Biological indicators of Water Quality*. James & L. Evison (Ediciones).

KLEMM, D.J. 2001. Identification guide to the Freshwater Leeches (Annelida: Hirudinea) of Florida and other Southern States. EPA. <<http://www.inhs.uiuc.edu/~mjwetzel/AOGSMNP.litcit.html>>. Fecha de consulta: Junio de 2002.

MACHADO, T. y RAMÍREZ, J.J. 2003. Los macroinvertebrados acuáticos y su relación con los cambios en las variables físicas y químicas como indicadores de la calidad ecológica de la cuenca del río Negro. Universidad de Antioquia. Convenio CORNARE, 297.

MACHADO, T. 1989. Distribución ecológica e identificación de los coleópteros acuáticos en diferentes pisos altitudinales del departamento de Antioquia. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

Mc CAFFERTY, W.P. 1981. *Aquatic entomology*. Science Books International, Boston (Massachusetts), E.U.A.

MERRITT, R.W. y CUMMINS, K.W. 1996. *An introduction to the aquatic insects of North America*. 3 ed. Kendall/Hunt Publishing Company, Iowa, USA.

PÉREZ, G. y ROLDÁN, G. 1978. Niveles de contaminación por detergentes y su influencia en las

comunidades bentónicas del río Negro (Antioquia). En: *Actualidades Biológicas*. 7 (24):27-36.

PIELOU, E.C. 1975. *Ecological diversity*. Wiley, New York, E. U. A.

RAMÍREZ, A. y VIÑA, G. 1998. *Limnología Colombiana*. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.

ROLDÁN, G. 1980. Estudios limnológicos de cuatro ecosistemas neotropicales diferentes con especial referencia a su fauna de efemerópteros. En: *Actualidades Biológicas*. 9(34): 103-117.

ROLDÁN, G. 1985. Contribución al conocimiento de las ninfas de efemerópteros en el departamento de Antioquia, Colombia. En: *Actualidades Biológicas*. 14(51): 3-13.

ROLDÁN, G. 1988. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Fondo FEN-Colombia, Colciencias-Universidad de Antioquia. Bogotá: Presencia.

ROLDÁN, G. 1992. *Fundamentos de Limnología Neotropical*. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín.

ROLDÁN, G. 2003. Bioindicadores de la calidad del agua en Colombia, propuesta para el uso del BMWP/Col. Universidad de Antioquia. Colombia.

SHANNON, C.E. and WEAVER, W. 1963. *The mathematical theory of communication*. Univ. Illinois Press, USA.

SIMPSON, E.H. 1949. Measurement of diversity. *Nature*. 163:698

TORO, G. 1979. *Suelos del Departamento de Antioquia (Tomo I)*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá, Colombia.

WIGGINS, G.B. 1977. *Larvae of the North American Caddisfly Genera (Trichoptera)*. University of Toronto. Canada.