

Caracterización fisicoquímica y biológica de la calidad de aguas de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas, Antioquia, Colombia

José A. Posada G.¹, Gabriel Roldán P.² & John J. Ramírez R.³

1 Departamento de Biología, Universidad de Antioquia. A. A. 1226, Medellín, Colombia, japosada@carios.udea.edu.co

2 Departamento de Biología, Universidad de Antioquia. A. A. 1226, Medellín, Colombia, grolدان@epm.net.co.
Fax: 57-4-233 01 20

3 Departamento de Biología, Universidad de Antioquia. A. A. 1226, Medellín, Colombia, jjram@carios.udea.edu.co.
Fax: 57-4-233 01 20

Recibido: 25-V-99 Corregido: 14-IX-99 Aceptado: 30-IX-99

Abstract: From April to December 1996 a limnological study was carried out in 17 streams near Medellín, in order to establish their water quality. The area is located in Piedras Blancas Park (6° 8' 20"N, 75° 30' 20"W) SE of Medellín at 2 400 m altitude. Three sampling periods, encompassing wet and dry season were selected: April-May, August-September and October-December. For qualitative collection methods hand screen and D-net were used. Each station was intensively sampled to collect most macroinvertebrates in all types of habitat. The area sampled in each station was 6 m². Physicochemical variables in general showed small fluctuations along the study; only conductivity and total dissolved solids exhibited significant changes, all related with high precipitation in the wet season. Macroinvertebrate community consisted of 113 genera, 63 families and seven phyla. Trichoptera was the most abundant group. The results indicate that the freshwater ecosystems in the study area present a high water quality corresponding to a oligo-mesotrophic system.

Key words: Aquatic ecology, tropical limnology, tropical macroinvertebrates.

Los estudios limnológicos sobre calidad de agua, parten del principio de que a cada tipo de ecosistema acuático está asociada una comunidad particular de organismos (Margalef 1983, Cole 1983, Wetzel 1983, Roldán 1992).

El componente agua no es más que una parte del ecosistema acuático en el que se desarrollan una serie de comunidades vivas que dependen de las características fisicoquímicas de sus aguas que pueden verse notablemente modificadas, con la consiguiente alteración de aquellas (López *et al.* 1995). La mayoría de los parámetros utilizados para la evaluación de la calidad de aguas son de carácter fisicoquímico, que no reflejan las posibles alteraciones existentes que hayan podido suceder tiempo atrás. Por este motivo la vigilancia y control de la contaminación del agua se complementa con organismos como "bioindicadores" (Alba-Tercedor 1996).

Existen multitud de metodologías que utilizan una amplia variedad de organismos: bacterias, protozoos, algas, macrófitos, macroinvertebrados y peces, entre otros. De todas las metodologías, aquellas basadas en el estudio de los macroinvertebrados acuáticos son las más usuales. Las razones fundamentales de esta preferencia radican en su tamaño relativamente grande (apreciable a simple vista), su fácil captura y a que reflejan las posibles alteraciones existentes en el medio. 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).

El presente estudio pretende elaborar un mapa de calidad del agua de la cuenca de la quebrada del Parque Piedras Blancas (Antioquia) considerando criterios físicos, químicos y biológicos.

Si la calidad del agua de los sistemas lóticos estudiados es buena, se presenta alta diversidad de especies, dominancia baja y concentraciones disminuidas de nutrientes.

MATERIALES Y METODOS

La cuenca de la quebrada Piedras Blancas se encuentra dentro del Parque Piedras Blancas ($6^{\circ} 8' 20''\text{N}$, $75^{\circ} 30' 20''\text{W}$) entre los 2 200 y 2 600 msnm sobre la Cordillera central, al extremo oriente del municipio de Medellín en el Departamento de Antioquia, Colombia (Fig. 1). La cuenca alta, que comprende el presente estudio, abarca 2 876 ha y representa una de las principales fuentes de aprovisionamiento de agua para la ciudad de Medellín. Su precipitación promedio

anual es de 1 815 mm y presenta una temperatura promedio anual de 14.7°C (Anónimo 1989). Se localiza en la zona de vida bmh-MB (Holdridge 1978). En la actualidad existen en el Parque alrededor de 1 300 ha reforestadas con especies foráneas como *Pinus patula*, *Eucalyptus grandis* y *Cupressus lusitanica*. Como resultado de esta actividad un 81% de la cuenca presenta una cobertura boscosa de la cual el 45% corresponde a vegetación natural arbórea y arbustiva y el 36% a plantaciones forestales con especies exóticas. El resto corresponde a vegetación de rastrojo, pastos y cultivos en pequeña escala (Anónimo 1992).

Las 35 estaciones de muestreo comprenden ecosistemas perturbados y no perturbados, ubicados en la mayor parte de la cuenca hidrográfica del Parque (Fig. 1). Se establecieron

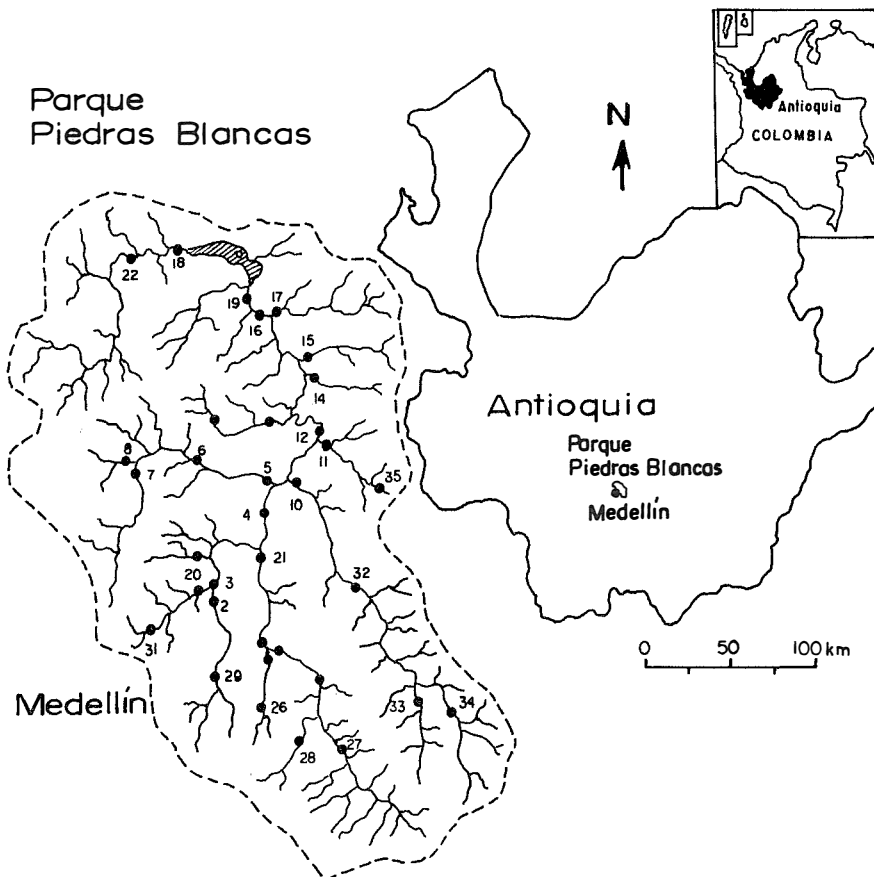


Fig. 1. Localización del Parque Piedras Blancas y las estaciones de muestreo en la cuenca.
Fig. 1. Localization of Piedras Blancas Park and the sampling stations in the basin.

CUADRO 1

Material y metodología utilizada para la medición de las variables fisicoquímicas estudiadas.
Material and methodology used for measurement of physicochemical variables

VARIABLES	UNIDAD	MATERIAL Y/O MÉTODO	COMENTARIO
Pluviosidad	mm	Pluviómetro	Estación meteorológica.
Temperatura del agua	° C	Termómetro	<i>In situ</i>
Conductividad	µmhos/cm	Conductímetro	Potenciométrico
Turbidez	NTU	Turbidímetro	Nefelométrico
Sólidos totales 103-105 ° C	mg/l	Gravimétrico	Secado en mufla a
Oxígeno disuelto	mg/l	Winkler (300 ml)	Modificación de azida
Dióxido de carbono	mg/l	A partir de pH y alcalinidad	Cole (1983)
pH	—	pH-metro	Potenciométrico
Alcalinidad total	mg CaCO ₃ /l	pH-metro	pH hasta 4.3, titulación con H ₂ SO ₄ 0.02N
Dureza	mg CaCO ₃ /l	EDTA	Titulación
Amonio	µg/l	Destilación	Después titulación
Nitritos	µg/l	Espectofotométrico	Lectura a 543 nm
Nitratos	µg/l	Reducción de cadmio	Lectura a 543 nm
Ortofosfatos	µg/l	Ácido ascórbico	Lectura a 880 nm
Fósforo total	µg/l	Ácido ascórbico	Lectura a 880 nm
Sulfatos	mg/l	Turbidimétrico	(Buffer A) a 420 nm

tres períodos de muestreo que incluyeron la época húmeda (de abril a mayo y de septiembre a noviembre) y seca (de diciembre a febrero y de junio a agosto) (Anónimo 1989). El primer muestreo se realizó durante los meses de abril y mayo, el segundo en agosto y septiembre y el tercero en octubre y diciembre de 1996.

Para los análisis fisicoquímicos se recolectó en un recipiente plástico de 500 ml una muestra de agua en cada estación por cada período de muestreo. Cada muestra se rotuló indicando el lugar y la fecha y se llevó al laboratorio de aguas de la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia (CORANTIOQUIA) para su respectivo análisis. El Cuadro 1 muestra los materiales y métodos utilizados para la medición de las diferentes variables fisicoquímicas.

Para cada variable fisicoquímica se obtuvo un valor medio basado en los tres muestreos realizados en cada una de las estaciones. Como medidas de dispersión absoluta y relativa se usaron la desviación estándar (S) y el coeficiente de variación relativa de Pearson, respectivamente.

Para la recolección de los macroinvertebrados se utilizó una red de pantalla y una red D-net. En cada estación se colocó la red de pantalla (de un metro de ancho) y se removió el lecho

de la quebrada arriba de la red en un trayecto de dos metros durante cinco minutos. Luego se repitió el procedimiento quebrada arriba a intervalos de dos metros hasta cubrir un área total de 6 m² en cada período de muestreo. Con la red D-net se hizo el mismo recorrido, pero recolectando en la orilla de la quebrada. Todo el material obtenido se depositó en bolsas plásticas conteniendo alcohol al 70 % para preservarlo. Estas bolsas fueron rotuladas con el número de la estación y la fecha de muestreo. La separación, identificación y conteo se efectuó en el laboratorio de Limnología de la Universidad de Antioquia. Para la identificación de estos organismos se utilizaron claves taxonómicas (Usinger 1956, Spangler 1966c, Johannsen 1969, Pennak 1978, Merrit y Cummins 1978, Mathis y Hogue 1986, Roldán 1988, Machado 1989, Hogue y Bedoya 1989, Flint 1991, Rojas *et al.* 1993). Los especímenes no recolectados en otras investigaciones se depositaron en la colección de referencia del laboratorio de Limnología.

Se construyó una curva acumulativa de densidad relativa por taxon, a partir de la cual se eligieron los descriptores biológicos de la comunidad de macroinvertebrados, mediante la proyección sobre el eje X del punto donde se

cortan la línea de la pendiente más pronunciada de dicha curva con la línea de la asíntota alcanzada al llegar al 100 % (Ramírez 1996). Basado en los datos de abundancia de los táxones obtenidos según el criterio anterior como descriptores biológicos, se calculó la estructura de la comunidad usando los índices de diversidad (Shannon y Weaver 1949) y dominancia (Simpson 1949).

La comparación entre los sitios de muestreo se efectuó con base en los índices de similitud de Bray y Curtis (1957), convertido a similitud, y de Distancia Euclidiana Media. Los dendrogramas se obtuvieron utilizando la estrategia de ligamiento medio no ponderado (UPGMA). Como medida de ajuste de los dendrogramas obtenidos se usó el índice de correlación cofenética. Para este análisis, la estación 19 no fue incluida, debido a que en ella sólo se hizo un muestreo. El análisis de agrupamiento se efectuó con el paquete estadístico Fitopac, versión 1.0.

RESULTADOS

La Fig. 2 muestra la precipitación pluvial total en mm/mes en el Parque Piedras Blancas durante el año 1996 (fuente: estación meteorológica Mazo de Empresas Públicas de Medellín).

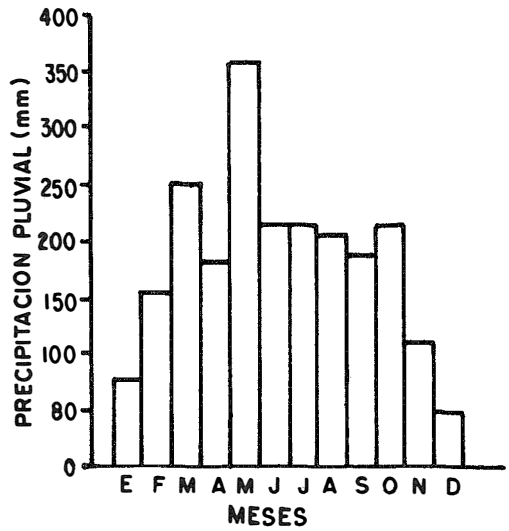


Fig. 2. Datos de precipitación mensual en mm/mes en el Parque Piedras Blancas durante 1996.

Fig. 2. Data of monthly precipitation in mm/month in the Piedras Blancas Park during 1996.

En ella se observa entre los meses de junio a agosto, considerada una época seca, se presentó una precipitación superior a lo registrado en años anteriores (Anónimo 1989).

La Fig. 3 muestra que la desviación estándar (S) y el coeficiente de variación hallados a

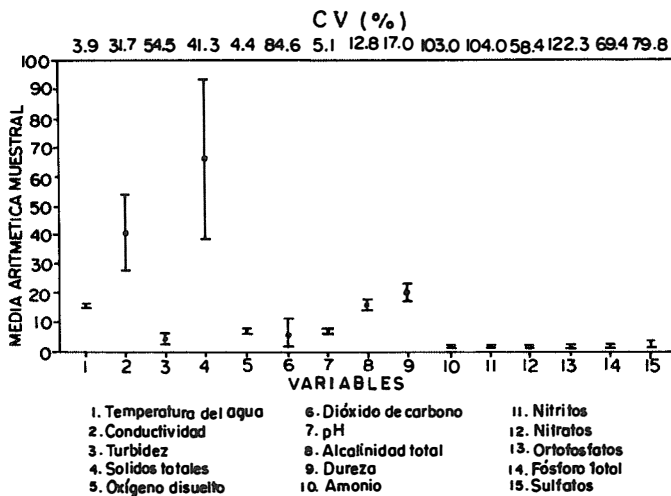


Fig. 3. Valores medios y de dispersión para las variables fisicoquímicas del Parque Piedras Blancas.

Fig. 3. Means and dispersion values for the physical and chemical variables in the Piedras Blancas Park.

partir del valor medio de los tres períodos de muestreo para cada variable fisicoquímica son bajos, exceptuando aquellos de la conductividad y los sólidos totales.

En el Parque de Piedras Blancas durante los tres períodos de muestreo se hallaron

113 géneros pertenecientes a 63 familias y siete Phyla (Cuadro 2), siendo el orden Trichoptera el más abundante con un 25 % del total, seguido por el orden Coleoptera con el 17 % (Fig. 4). El aporte a la diversidad total (2.8 nat/ind.) de los 24 descriptores biológicos de la

CUADRO 2

*Lista de los macroinvertebrados acuáticos bentónicos encontrados en el Parque.
List of aquatic macroinvertebrates benthonic founded at Piedras Blancas Natural Park*

COELENTERATA	POLYTHORIDAE	<i>Hexacylloepus</i> sp.	<i>Aptosyche</i> sp.	BIBIONIDAE
HIDROIDA		<i>Heterelmis</i> sp.	PHILOPOTAMIDAE	<i>Bibio</i> sp.
Hydridae	CALOPTERYGIDAE	<i>Neoelmis</i> sp.	<i>Chimarra</i> sp.	
		<i>Notelmis</i> sp.	<i>Wormandia</i> sp.	ARACHNOIDEA
PLATYHELMINTHES	COENAGRIONIDAE	<i>Onychelmis</i> sp.	ODONTOCERIDAE	
TRICLADIDA		<i>Stenelmis</i> sp.	<i>Marilia</i> sp.	ACARI
Planariidae		<i>Ordobrevia</i> sp.	POLYCENTROPODIDAE	CRUSTACEA
	PLECOPTERA	<i>Elsianus</i> sp.	<i>Polyplectropus</i> sp.	BRACHIURA
NEMATOMORPHA	PERLIDAE	<i>Astrolimnius</i> sp.	<i>Polycentropus</i> sp.	PSEUDOTHELPUSIDAE
Chordodidae	<i>Anacroneuria</i> sp.	PSEPHENIDAE	XIPHOCENTRONIDAE	<i>Hypobolocera</i> sp.
		<i>Psephenops</i> sp.	<i>Xiphocentron</i> sp.	
ANNELIDA	MEGALOPTERA	PTILODACTYLIDAE		MALACOSTRACA
OLIGOCHAETA	SIALIDAE	<i>Anchyrtarsus</i> sp.	LEPIDOPTERA	AMPHIPODA
Haplotaxidae	<i>Sialis</i> sp.	<i>Tetraglossa</i> sp.	PYRALIDAE	HYALELLIDAE
HIRUDINEA		DRYOPIDAE	<i>Paragryractis</i> sp.	<i>Hyalella</i> sp.
Glossiphoniiformes	HEMIPTERA	<i>Ampumixis</i> sp.		
	CORIXIDAE	<i>Elmoparmus</i> sp.	DIPTERA	CLADOCERA
ARTHROPODA	<i>Centrocorisa</i> sp.	SCIRTIDAE	TIPULIDAE	DAPHNIDAE
INSECTA	<i>Tenogobia</i> sp.	<i>Scirtes</i> sp.	<i>Limonia</i> sp.	<i>Daphnia</i> sp.
EPHEMEROPTERA	BELOSTOMATIDAE	<i>Prionocyphon</i> sp.	<i>Tipula</i> sp.	
BAETIDAE	<i>Lethocerus</i> sp.	<i>Elodes</i> sp.	<i>Molophilus</i> sp.	MOLLUSCA
<i>Baetis</i> sp.	NAUCORIDAE	HYDROPHILIDAE	<i>Hexatoma</i> sp.	MESOGASTROPODA
<i>Baetodes</i> sp.	<i>Limnocois</i> sp.	<i>Tropisternus</i> sp.	BLEFAROCERIDAE	HYDROBIIDAE
<i>Camelobaetidius</i> sp.	NOTONECTIDAE		<i>Limonicola</i> sp.	<i>Aroapyrgus</i> sp.
<i>Moribaetis</i> sp.	<i>Buenoa</i> sp.	TRICHOPTERA	CULICIDAE	BASOMMATOPHORA
LEPTOPHLEBIIDAE	<i>Notonecta</i> sp.	CALAMOCERATIDAE	<i>Culex</i> sp.	PLANORBIDAE
<i>Thraulodes</i> sp.	VELIIDAE	<i>Phylloicus</i> sp.	CERATOPOGONIDAE	<i>Gyraulus</i> sp.
<i>Terpides</i> sp.	<i>Rhagovelia</i> sp.	GLOSSOSOMATIDAE	<i>Stillobezzia</i> sp.	<i>Biomphalaria</i> sp.
<i>Haplohyphes</i> sp.	GERRIDAE	<i>Protoptyla</i> sp.	<i>Alluaudomya</i> sp.	PHYSIDAE
LEPTOHYPHIDAE	<i>Eurygerris kahli</i>	<i>Mortoniella</i> sp.	CHIRONOMIDAE	<i>Physa</i> sp.
<i>Leptohyphes</i> sp.	<i>Limnogonus</i> sp.	HELICOPSYCHIDAE	SF:Chironomidae	ANCYLIDAE
<i>Tricorythodes</i> sp.	<i>Trepobates</i> sp.	<i>Helicopsyche</i> sp.	SF: Tanyponidae	<i>Ferrisia</i> sp.
<i>Hermanellopsis</i> sp.		HYDROPSYCHIDAE	Tribu: Pentaneurini	STYLOMMATOPHORA
	COLEOPTERA	<i>Leptonema</i> sp.	SF:Orthocladinae	SUCCINEIDAE
ODONATA	DYTISCIDAE	<i>Macronema</i> sp.	Tribu:Corynoneurini	<i>Pseudosuccinea</i> sp.
LIBELLULIDAE	<i>Laccophilus</i> sp.	<i>Smicridea</i> sp.	SIMULIDAE	BIVALVIA
<i>Erithrodiplax</i> sp.	<i>Dytiscus</i> sp.	HYDROPTILIDAE	<i>Simulium</i> sp.	VENEROIDEA
<i>Brechmorhoga</i> sp.	GYRINIDAE	<i>Hydroptila</i> sp.	TABANIDAE	PISIDIIDAE
<i>Sympetrum</i> sp.	<i>Gyrinus</i> sp.	<i>Ochotrichia</i> sp.	<i>Tabanus</i> sp.	<i>Psidium</i> sp.
<i>Macrothelmis</i> sp.	<i>Andogyrus</i> sp.	<i>Oxyethira</i> sp.	EMPIDIDAE	
GOMPHIDAE	<i>Dineutus</i> sp.	LEPTOCERIDAE	<i>Chelifera</i> sp.	ISOPODA
<i>Progomphus</i> sp.	ELMIDAE	<i>Neptopsyche</i> sp.	<i>Hemerodromia</i> sp.	
AESHNIDAE	<i>Disersus</i> sp.	<i>Atanatolica</i> sp.	DOLICHOPODIDAE	
<i>Coryphaeshna</i> sp.	<i>Pseudodisersus</i> sp.	<i>Triplectides</i> sp.	<i>Rhaphium</i> sp.	
<i>Aeshna cerca</i>	<i>Phanocerus</i> sp.	<i>Oecetis</i> sp.	MUSCIDAE	
<i>Aeshna marchali</i>	<i>Cylloepus</i> sp.	<i>Grumichella</i> sp.	<i>Limnophora</i> sp.	
<i>Aeshna</i> sp.	<i>Microcilloepus</i> sp.	<i>Trianodes</i> sp.	SYRPHIDAE	
<i>Anax amazili</i>	<i>Neocylloepus</i> sp.	HYDROBIOSIDAE	<i>Chrisogaster</i> sp.	

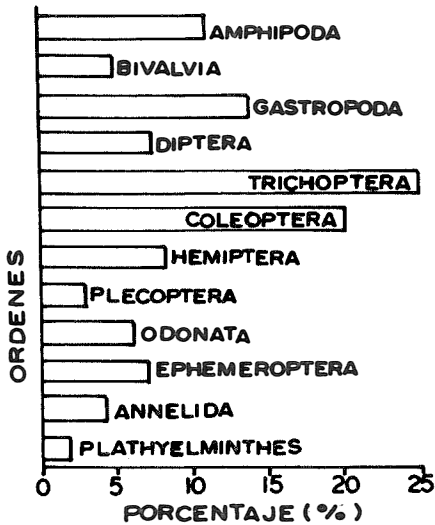


Fig. 4. Contribución relativa de los órdenes de macroinvertebrados acuáticos hallados en el Parque Piedras Blancas. Fig. 4. Relative contribution of the orders of aquatic macroinvertebrados found in the Piedras Blancas Park.

comunidad correspondió a un porcentaje entre el 75 % y 87.5 % de la misma.

La Fig 5 muestra las estaciones que presentaron contribuciones relativas altas de los órdenes de macroinvertebrados acuáticos indicadores de la presencia de tensores ambientales.

La variación de los valores de la diversidad y dominancia entre los sitios de muestreo se observa en la Fig. 6. La Fig. 7 y 8 presentaron el resultado del agrupamiento realizado para la estación de muestreo. En el análisis se observa que la estación 34 es la más disímil.

El mapa de calidad de aguas, considerando el objetivo principal de esta investigación se presenta en la Fig. 9.

A partir de la curva acumulativa de densidad relativa para elegir los descriptores biológicos se encontró que 16 táxones eran los más representativos de la comunidad, correspondiendo al 70% de la densidad total. A partir de una curva de importancia de táxones, este porcentaje se amplió a un 80 %, obteniendo 24 táxones, considerando los descriptores biológicos de la comunidad (Cuadro 3).

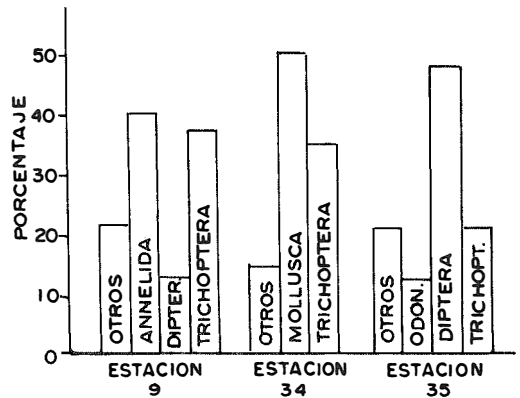


Fig. 5. Contribución porcentual de los órdenes indicadores de la presencia de tensores ambientales en las estaciones 9, 34 y 35.

Fig. 5. Percentual contribution of indicator orders of environmental tensile at 9, 34 y 35 sampling stations.

DISCUSION

Fisicoquímicos: Los valores bajos en la media y la dispersión en la mayoría de variables fisicoquímicas medidas en el Parque de Piedras Blancas reflejan que la naturaleza química del agua es uniforme para los puntos de muestreo; solamente la conductividad y los sólidos totales presentaron valores mayores (Fig. 3). El comportamiento disímil de estas dos variables se debe al arrastre de sedimentos ocasionado por la precipitación que aumento con respecto a los años anteriores.

La temperatura del agua presentó un valor medio de 15.1 °C con una desviación estándar y un coeficiente de variación pequeños como se observa en la Fig. 4; por ello, en la zona de estudio no mostró cambios significativos. En las latitudes tropicales, donde la luz y la temperatura son relativamente constantes en el curso del año, las variaciones estacionales de los organismos acuáticos dependen del efecto que las lluvias o las sequías tienen en el volumen de agua transportado que a su vez influye en las condiciones, los tipos y en la diversidad de hábitats disponibles.

El oxígeno disuelto presentó un valor medio de 7.3 mg/l y un promedio de saturación

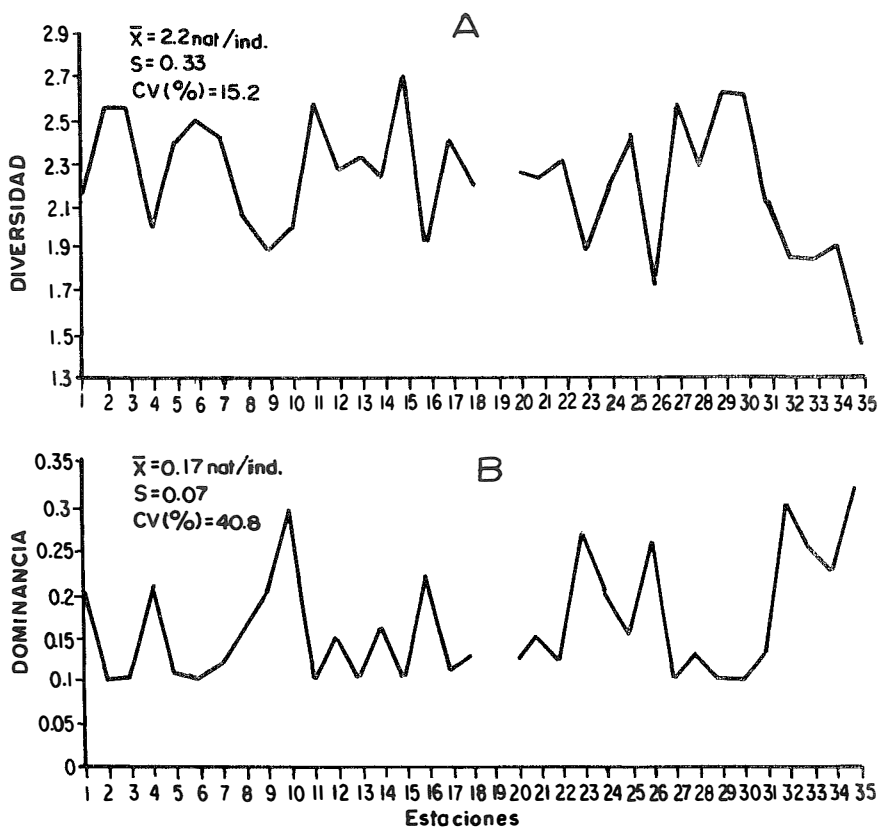


Fig. 6. Valores de los índices de diversidad (A) y dominancia (B) obtenidos con base en la densidad de los descriptores ecológicos entre las estaciones de muestreo.

Fig. 6. Values of the diversity (A) and dominance (B) index based in density of ecological descriptors among sampling stations.

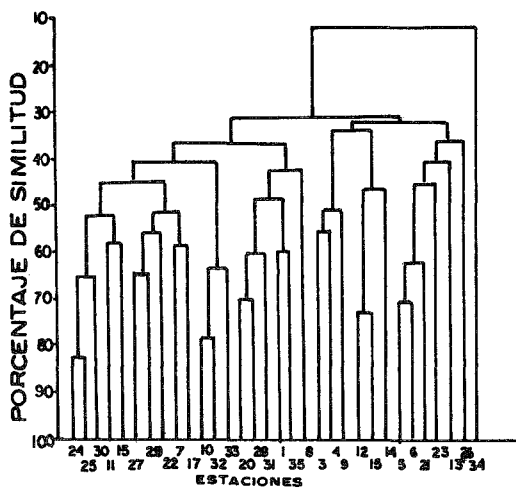


Fig. 7. Análisis de agrupamiento para las estaciones de muestreo con base en el índice de similitud Bray y Curtis.

Fig. 7. Cluster analysis for the sampling stations based in Bray and Curtis similarity index.

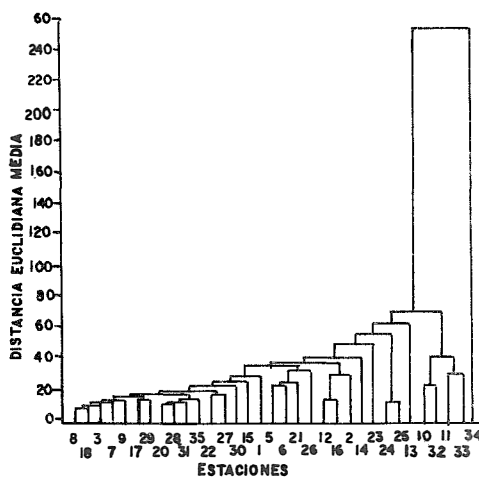


Fig. 8. Análisis de agrupamiento para las estaciones de muestreo con base en la Distancia Euclidiana Media.

Fig. 8. Cluster analysis for the sampling stations based in Average Euclidean Distance.

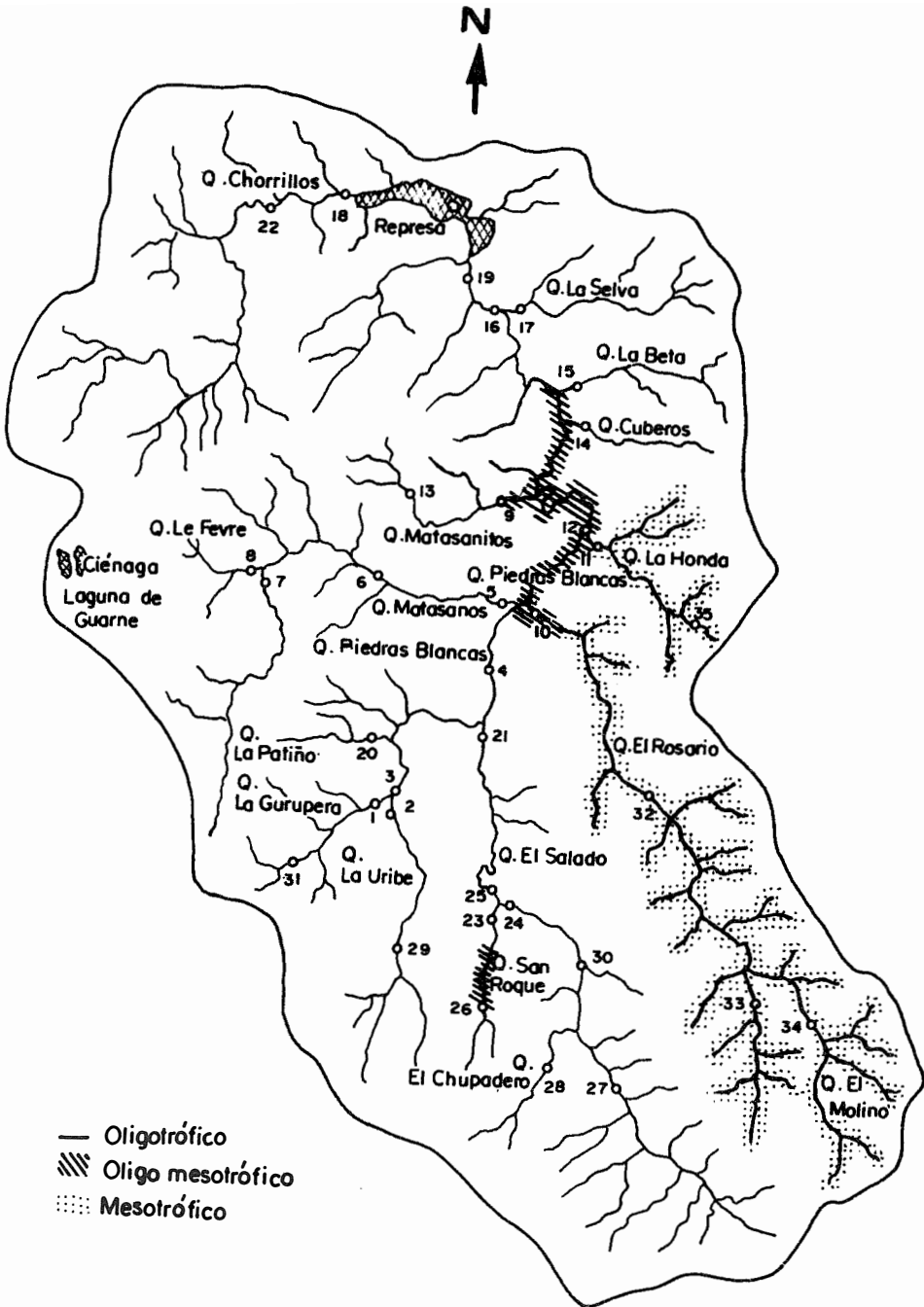


Fig. 9. Mapa de calidad del agua en la cuenca del Parque Piedras Blancas
 Fig. 9. Map of water quality in the Piedras Blancas Park basin.

CUADRO 3

*Lista en orden de abundancia de los descriptores biológicos de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos.
List of biological indicators in order of abundance of the macroinvertebrate community*

1. <i>Hyaella</i> sp.	9. <i>Ordobrevia</i> sp.	17. <i>Physa</i> sp.
2. <i>Rhagovelia</i> sp.	10. <i>Pisidium</i> sp.	18. <i>Triplectides</i> sp.
3. <i>Tetraglossa</i> sp.	11. Tanypodinae	19. <i>Simulium</i> sp.
4. <i>Ochotrichia</i> sp.	12. <i>Hetaerina</i> sp.	20. <i>Phylloicus</i> sp.
5. <i>Psephenops</i> sp.	13. <i>Haplotaxida</i> sp.	21. <i>Thraulodes</i> sp.
6. <i>Leptonema</i> sp.	14. <i>Aroapyrgus</i> sp.	22. <i>Baetis</i> sp.
7. <i>Heterelmis</i> sp.	15. <i>Baetodes</i> sp.	23. Planariidae
8. <i>Lymnea</i> sp.	16. <i>Anacroneuria</i> sp.	24. <i>Progomphus</i> sp.

del 72 %. Esta concentración de oxígeno en estos ecosistemas corresponde a aguas de óptima calidad.

El dióxido de carbono también presentó poca variación con un valor medio de 5mg/l que se sitúa dentro de los valores normales para aguas naturales (entre 4 y 8 mg/l).

El pH presentó un valor medio casi neutro, propio de estos ecosistemas (Roldán 1992). Las pocas variaciones del pH no perjudican la vida acuática y son el resultado de la alta estabilidad del medio (Machado y Roldán 1981).

La dureza presentó un valor medio de 20.6 mg/l que según Ohle (1934) corresponde a aguas de dureza intermedia, medianamente productivas (entre 10 y 25 mg/l). Esta clase de cuerpos de agua posee una flora y una fauna variadas, pero son menos productivas en términos de biomasa (Roldán 1992).

El nitrógeno en sus tres formas (nitrato, nitrito y amonio) presentó valores bajos (Fig. 3), siendo este un valor normal en quebradas de alta montaña andina debido a que las aguas corren por lechos pobres en nutrientes y por regiones poco perturbadas por el hombre (Roldán 1992).

Los resultados de los ortofosfatos, el fósforo total y los sulfatos (Fig. 3), muestran que en la zona no existe un grado de contaminación por materia orgánica que pueda desestabilizar el ecosistema.

Con base en la poca variación de los factores ambientales analizados a lo largo del estudio y por los valores medios bajos y acordes con los rangos normales citados en Roldán (1992) para aguas naturales, puede concluirse

que las aguas del Parque Piedras Blancas se encuentran en buen estado y se ajustan a la clasificación oligo-mesotróficas.

Los macroinvertebrados acuáticos: Se observa en la Fig. 5 que la estación 9 presenta una cantidad de Annelida considerable (40 %), debido a la contaminación orgánica de origen doméstico que se encuentra cerca al lugar de muestreo y a que el agua pasa por un lecho cubierto de gramíneas, lo que constituye un hábitat óptimo para estos organismos. La estación 34 presentó el mayor porcentaje de Mollusca (50.6 %). Estos organismos se desarrollan en grandes cantidades bajo condiciones de contaminación orgánica. En la misma figura, la estación 34 presentó el mayor porcentaje de Mollusca (50.6 %), estos organismos se desarrollan en grandes cantidades bajo condiciones de contaminación orgánica. Igualmente en esta figura la estación 35 muestra un 46.4% de Diptera, lo que permite establecer que está sometida a tensiones ambientales (bombeo de aguas residuales de la quebrada La Mosca).

Las estaciones 10, 32 y 33 presentaron porcentajes altos de *Hyaella* (Amphipoda) con un 48.7 %, 57.5 % y 53.4 % respectivamente. Según Roldán (1992) este género se presenta en lugares con contaminación orgánica; pero en nuestro caso se encontró en grandes cantidades en pequeños remansos donde se acumula material vegetal, presentándose solamente en cuatro de las 35 estaciones muestreadas.

Los puntos de muestreo en mejores condiciones ecológicas caracterizados por la presencia de porcentajes relativamente altos de los

grupos de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera fueron las estaciones 7, 12, 14, 15, 16, 17, 20, 22, 27, 28, 29 y 31. Estos grupos se presentan mayormente en aguas corrientes, limpias y bien oxigenadas (Roldán 1992).

La diversidad de los descriptores ecológicos entre las estaciones de muestreo mostró un valor medio de 2.2 nat/ind., con una desviación estándar y un coeficiente de variación pequeño (Fig. 6A). Estos resultados, según Margalef (1983), representan una diversidad relativamente alta debido a que las comunidades presentes en el estudio no están bajo tensores ambientales fuertes, salvo aquellos de origen natural. Consecuentemente, los valores medios de dominancia fueron bajos con una dispersión absoluta también baja y un coeficiente de variación relativamente alto (Fig. 6B).

Hay que anotar que las estaciones 2, 3, 5, 6, 7, 11, 15, 17, 25, 27, 29 y 30 con base en los descriptores biológicos mostró valores altos de diversidad y dominancias bajas (Fig. 6). Esto se debe a que estos sitios de muestreo están ubicados en sitios donde no hay perturbación antrópica.

Las diversidades más bajas se presentaron en las estaciones 26 y 35 (Fig. 6A). La estación 26 se sitúa en una zona de agricultura artesanal y la estación 35, en su parte alta, presenta descargas de agua bombeada de la quebrada la Mosca, que pasa cerca al municipio de Guarne, los cuales afectan considerablemente la fauna acuática en el punto de muestreo, lo que es mostrado por el porcentaje alto de Diptera (Fig. 5).

La Fig. 7 muestra como el análisis de agrupamiento para las estaciones de muestreo con base en el índice de similitud de Bray y Curtis de la mayoría de las estaciones es bajo (31.5%), debido probablemente a las diferencias de vegetación y sustrato del lecho de las quebradas que condicionan la composición de los organismos que se encuentran en cada punto de muestreo. Además muestra como la estación 34 es la más disímil con respecto a las demás debido a la presencia de una granja sobre una fuerte pendiente situada cerca al punto de muestreo, lo que facilita la llegada de cualquier descarga orgánica o química al lecho de la que-

brada, afectando la comunidad acuática que allí establecida. Además es la única estación que presentó un alto porcentaje de Mollusca (Fig. 5).

El análisis de agrupamiento para las estaciones de muestreo con base en la Distancia Euclidiana Media (Fig. 8) acentúa las diferencias que hay entre las estaciones. En él, las estaciones 10, 11, 32 y 33 forman un grupo que presentan la mayor similitud (Fig. 8). Estas estaciones cruzan la vereda más habitada del Parque, donde se presentan pequeños cultivos y ganadería lechera. La estación 11 aunque no está dentro del mismo recorrido, se sitúa dentro de este grupo, pues presenta condiciones físicas similares. La estación 34 presentó la distancia más alta con respecto a las demás debido a que los tensores ambientales antes mencionados afectan mayormente a esta parte alta de la cuenca.

Mapa de calidad de aguas: Este mapa muestra como la mayoría de las vertientes muestreadas presenta aguas oligotróficas (aguas en buen estado biológico), (Fig. 9). La zona de predominancia de aguas mesotróficas corresponde a la parte más habitada del Parque y las zonas que presentan oligo-mesotrofia, son pequeños tramos que sirven como amortiguadores de la descarga de las aguas mesotróficas, exceptuando una parte del tramo entre la estación 23 a 26, posiblemente debido a que en este punto se presenta una pequeña zona de influencia agrícola.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo está enmarcado dentro el proyecto " Caracterización limnológica de los recursos hídricos del Parque Piedras Blancas " financiado por la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia, CO-RANTIOQUIA, en convenio con la Universidad de Antioquia a través del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, CIEN, mediante el contrato interadministrativo 113 de diciembre 26 de 1995. Los autores agradecen la colaboración de Juan Carlos Gutiérrez y Luisa F. Alvarez

por la identificación de especímenes, a Gloria Mejía por los análisis fisicoquímicos de las aguas y a Gloria Mora por las ilustraciones.

RESUMEN

Entre abril y diciembre de 1996, se llevó a cabo un estudio limnológico de 17 quebradas ubicadas en el área del Parque Piedras Blancas (6° 8' 20"N, 75° 30' 20"W) localizado al SE de Medellín a 2 400 m de altura. El estudio se realizó en 35 estaciones de muestreo y se establecieron tres períodos de muestreo: el primero entre abril y mayo, el segundo de agosto a septiembre y el tercero de octubre a diciembre de 1996. La finalidad del mismo era establecer la calidad ecológica de las aguas ubicadas en el área del Parque. Para la recolección cualitativa de los macroinvertebrados se utilizaron las redes D-net y de pantalla. El área de muestreo en cada estación fue de 6 m². Las variables fisicoquímicas mostraron fluctuaciones bajas a lo largo del estudio, excepto la conductividad y los sólidos totales, cuyos cambios estuvieron relacionados con la alta pluviosidad durante el período de estudio. La comunidad de macroinvertebrados encontrada, estuvo conformada por 113 géneros, pertenecientes a 63 familias y siete Phyla, siendo el orden Trichoptera el más abundante. El resultado del estudio muestra como la cuenca de la quebrada Piedras Blancas presenta condiciones que pueden clasificarse en términos generales como oligo-mesotróficas.

REFERENCIAS

- Alba-Tercedor, J. 1996. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA). Ameria. 2: 203-213.
- Anónimo. 1989. Aspectos faunísticos y algunas consideraciones ecológicas de la quebrada Piedras Blancas. Medellín. 44p.
- Anónimo. 1992. Clasificación del uso de las coberturas vegetales de la cuenca hidrográfica de Piedras Blancas. Medellín. 41p.
- Bray, J. R. & J. T. Curtis. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. Ecol. Monogr. 27: 325-349
- Cole, G.A. 1983. Textbook of Limnology. Mosby San Luis.
- Flint, O. 1991. Studies of Neotropical Caddisflies, 45: The taxonomy, phenology and faunistics of Trichoptera of Antioquia, Colombia. Smithsonian Contribut. to Zoology. 520: 1-113.
- Hogue, C. L. & I. Bedoya. 1989. The net-winged midge fauna (Diptera: Blepharoceridae) of Antioquia Department, Colombia. Los Angeles County Mus. Contrib. Sci. 413: 1-57.
- Holdridge, L. 1978. Ecología basada en las zonas de vida. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. San José, Costa Rica.
- Johannsen, O. A. 1969. Aquatic Diptera. Entomological Reprint Specialist. Los Angeles. 301p.
- López, F. M., A. Pujante, V. Ribarrocha & G. Tapia. 1995. Macroinvertebrados y calidad de las aguas de la red de la provincia de Castellón. Ecol. 9: 71-108.
- Machado, T. 1989. Distribución ecológica e identificación de los Coleópteros acuáticos en diferentes pisos altitudinales del Departamento de Antioquia. Tesis de Biólogo. Medellín. Colombia. 324p.
- Machado, T. & G. Roldán. 1981. Estudio de las características fisicoquímicas y biológicas del río Anorí y sus principales afluentes. Actual. Biol. 10: 47-61
- Margalef, R. 1983. Limnología. Omega. Barcelona. 1010p.
- Mathis, W. N. & C.L. Hogue. 1986. Description of a new species of the shorefly genus *Diedrops* (Diptera: Ephydriidae from Colombia). Contrib Sci. Nat. Hist. Mus. 377: 21-26.
- Merritt, R.W. & K.W. Cummins. 1978. An introduction to aquatic insects of North America. Kendal/ Hunt, Dubuque. 441p.
- Ohle, W. 1934. Chemische und physikalische untersuchungen norddeutscher seen. Arch. Hydrobiol. 36: 386-464.
- Pennak, R. W. 1978. Freshwater invertebrates of the United States. Wiley. Nueva York. 803 p.
- Ramírez, J. 1996. Variações espacial vertical e nictemeral do estrutura da comunidade do fitoplâncton e variáveis ambientais em quatro dias do amostragem em diferentes épocas do ano no lago dos Garços, São Paulo. Tese doutorado, Instituto do Biociências, Universidade de São Paulo. 306p.
- Rojas, A. M., M. L. Baena, G. Caicedo & M. del C. Zúñiga. 1993. Clave para las familias y géneros de ninfas de Ephemeroptera del Departamento del Valle del Cauca. Bol. Mus. Ent. Univ. Valle. 1: 33-46.
- Roldán, G. 1988. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Fondo FEN- Colombia. Bogotá. 217p.

- Roldán, G. 1992. *Fundamentos de Limnología Neotropical*. Edit. Universidad de Antioquia. Medellín. 529p.
- Shannon, C. E. & W. Weaver. 1949. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois. Urbana. 125p.
- Simpson, E. H. 1949. Measurement of diversity. *Nature*. 163: 688
- Spangler, P. J. 1966c. *The Catherwood Foundation Amazonan Expedition. Insect. Part XIII. The aquatic Coleoptera (Dytiscidae, Noteridae, Dascillidae, Helodidae, Psephenidae, Elmidae)*. Monogr. Acad. Nat. Sci. Filadelfia. 14: 377-443.
- Usinger, R.L. 1956. *Aquatic Insects of California*. University of California Press. Berkeley. 508p.
- Wetzel, R. 1983. *Limnology*. Saunders. Nueva York. 767p.