

Determinación de la calidad ambiental y ecológica de ecosistemas acuáticos en el municipio de Mistrató, Risaralda, mediante el uso de macroinvertebrados como indicadores

Ecological and environmental determination of aquatic ecosystems in the municipality of Mistrató, Risaralda means of macroinvertebrates as indicator

YASIRIS SALAS¹, YISKAR MURILLO¹, YENECITH TORRES²

RESUMEN

Con el objeto de determinar la calidad ecológica y ambiental de los ríos San Juan y Risaralda en el municipio de Mistrató, se eligieron nueve estaciones distribuidas en el curso principal y sus tributarios, donde se desarrollaron muestreos de macroinvertebrados acuáticos y peces, análisis de contenidos estomacales de peces y muestreos de variables fisicoquímicas y bacteriológicas. Los resultados manifiestan diversidades medias de macroinvertebrados acuáticos, representadas en 1,6 para el río Risaralda y 2 para el San Juan; ambos ríos, de acuerdo con el índice BMWP/col, presentan aguas de calidad aceptable para el desarrollo de flora y fauna. Los muestreos de peces revelan alta abundancia de Brycon sp con 80% del total de individuos capturados, de donde la especie íctica con mayor número de macroinvertebrados acuáticos en su estómago fue Trichomycterus caliense, que se alimenta principalmente de coleópteros y dípteros. Los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de las estaciones establecidas en la cuenca del río San Juan se encuentran dentro de los rangos establecidos por la normatividad colombiana para preservación de flora y fauna, deportes náuticos y pesca.

Palabras clave: Macroinvertebrados acuáticos; Peces; Río Risaralda; Río San Juan.

ABSTRACT

With the objective to establish ecological and environmental water quality of San Juan river in the municipality of Mistrató where were elected nine stations distributed in the main rivers and its tributaries samples of aquatic macro invertebrate, fish, analysis of data of fish stomach were carried as well as samples of physicochemical and biological variables. Results show that the average of macroinvertebrate diversity is represented in 1.6 for Risaralda River and 2 for San Juan River and show that both rivers according to the index BMWP/Col present acceptable water quality for the development of flora and fauna. Sample of fish show high abundance of the Brycon sp with 80% of the total individuals captured but the species with the highest number of aquatic macroinvertebrate in its stomach was Trichomycterus caliense which feeds mainly on beetles and flies. Physicochemical and bacteriological parameters of the established stations in San Juan River basin are within the ranges established by Colombian law for preservation of flora and fauna, water sports and fishing.

Keywords: Risaralda River; San Juan river; Macro invertebrates aquatic; Fish.

1. Biólogo, Contratista del Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico, (IIAP), Quibdó, Colombia.
e-mail: yasatov1@yahoo.com
yida_0810@hotmail.es
2. Investigadora de Proyectos Especiales, Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico (IIAP), Quibdó, Colombia.
e-mail: ytorres@iiap.org.co

INTRODUCCIÓN

La evaluación integral desarrollada en ecosistemas acuáticos define las características biológicas de las comunidades acuáticas y las condiciones físicas del hábitat fluvial, y tiene como fin obtener suficiente información para la estimación de caudales ambientales. Constituye una herramienta muy útil para su gestión, porque así se pueden definir las directrices y prioridades de actuación para la protección de los mismos y la optimización de los usos que pueden albergar, de acuerdo con sus características ecológicas (Robles y García-Avilés 1999).

El estudio ecológico de los sistemas lóticos tiene como objetivo principal entender los mecanismos y procesos responsables de las diferencias y/o similitudes entre las comunidades y la relación con las características fisicoquímicas del agua donde se desarrollan. Se ha convertido, en las últimas décadas, en un elemento clave para mejorar el conocimiento que se tiene sobre la estructura trófica y composición de las comunidades sensibles a efectos de la contaminación y entender mejor la relación entre ellas y su entorno (Machado y Roldán 1981).

El uso de indicadores biológicos adquirió una creciente importancia en los estudios de los ecosistemas acuáticos porque las variables fisicoquímicas solo dan una idea puntual acerca de la calidad del agua y no informan sobre las variaciones en el tiempo y en el espacio (Alba-Tercedor 1996). Las comunidades acuáticas actúan como testigos del nivel de deterioro ambiental de las corrientes superficiales, en especial los macroinvertebrados fueron propuestos desde hace ya varias décadas como indicadores de calidad del agua (Hynes 1962, Mylinsky y Ginsburg 1977, Hawkes 1979).

Otros indicadores biológicos de gran importancia son los peces, organismos que responden de manera predecible a los cambios en algunos factores abióticos, tales como la calidad del hábitat y calidad del agua y sus cambios en presencia/ausencia. Por sus características como número, características morfológicas, fisiológicas o de comportamiento, indican que algunas de las variables fisicoquímicas se encuentran fuera de sus límites de tolerancia y afectan sus ciclos de vida (Gutiérrez-Hernández 2003).

Dado lo anterior, la evaluación de ecosistemas acuáticos en el municipio de Mistrató, planteó caracterizar el recurso hídrico desde el punto de vista ecológico y ambiental, basándose en la colecta e identificación de macroinvertebrados acuáticos y peces, análisis de contenidos estomacales de peces, y de variables fisicoquímicas y bacteriológicas, que permitieran obtener una aproximación de los beneficios de los recursos naturales con que cuenta el municipio de Mistrató, y de esta manera generar información importante para soportar la toma de decisiones públicas en materia ambiental.

ÁREA DE ESTUDIO

El municipio de Mistrató se encuentra ubicado al noroccidente del departamento de Risaralda, 87 km al noroccidente de Pereira; sus territorios son montañosos en su mayoría y se encuentran regados por las aguas de los ríos Risaralda, San Juan y Águita, y algunas corrientes de menor caudal. Cuenta con un área total de 56.047 ha y es el tercer municipio más extenso del departamento de Risaralda; su superficie es de 102 km², de los cuales la cabecera municipal tiene un área aproximada de 0,68 km². El casco urbano se asienta sobre un valle del río Risaralda de un kilómetro de largo por unos 320 metros de ancho, con una ligera orientación de este valle al occidente por la quebrada Arrayanal (Carder 2000).

Para el desarrollo de muestreos biológicos se establecieron ocho estaciones, cinco en la cuenca del río Risaralda y tres en la cuenca del río San Juan (Figura 1). Para el análisis de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos, además de las ocho estaciones consideradas para el muestreo de macroinvertebrados acuáticos y peces, se tomó una estación más en la parte baja de la quebrada Arrayanal, cerca de su desembocadura al río Risaralda.

Cuenca del río Risaralda

Quebrada La Palmera. Ubicada en la vereda Río Arriba (parte alta); sus aguas son turbias a simple vista, aunque los nativos de la zona sostienen que en época de sequía sus aguas son cristalinas. Sustrato pedregoso, aguas de corriente rápida, ancho de 5 m. Existen gran cantidad de helechos y salvias. En sus riberas se observa el desarrollo de actividades agrícolas sobre todo con cultivos de lulo y plátano.

Río Risaralda (parte baja). Ubicado en la vereda Río Arriba (parte baja). Su longitud excede los 10 m, sustrato pedregoso arenoso, aguas muy turbias a simple vista y muy correntosas, lo que dificulta la captura de peces y macroinvertebrados. El yarumo blanco es la especie arbórea de mayor presencia, así como algunas herbáceas como la salvia y los helechos. En los alrededores se observa una productora de panela y cultivos de granadilla.

Quebrada Mampay. En la vereda la María, 10 m arriba de la desembocadura de esta quebrada al río Risaralda. Aguas ligeramente turbias, sustrato pedregoso. Las especies predominantes son el jengibre y el cedrillo. En los alrededores cercanos se observan cultivos de naranja y café principalmente.

Quebrada Arrayanal (parte alta). En la vereda La Linda a solo diez minutos del casco urbano del municipio de Mistrató. De este tramo de la quebrada se toman las aguas para la bocatoma del casco urbano del municipio de Mistrató. Sus aguas son cristalinas, muy correntosas, frías y el sustrato rocoso. La vegetación predominante en su parte alta son los

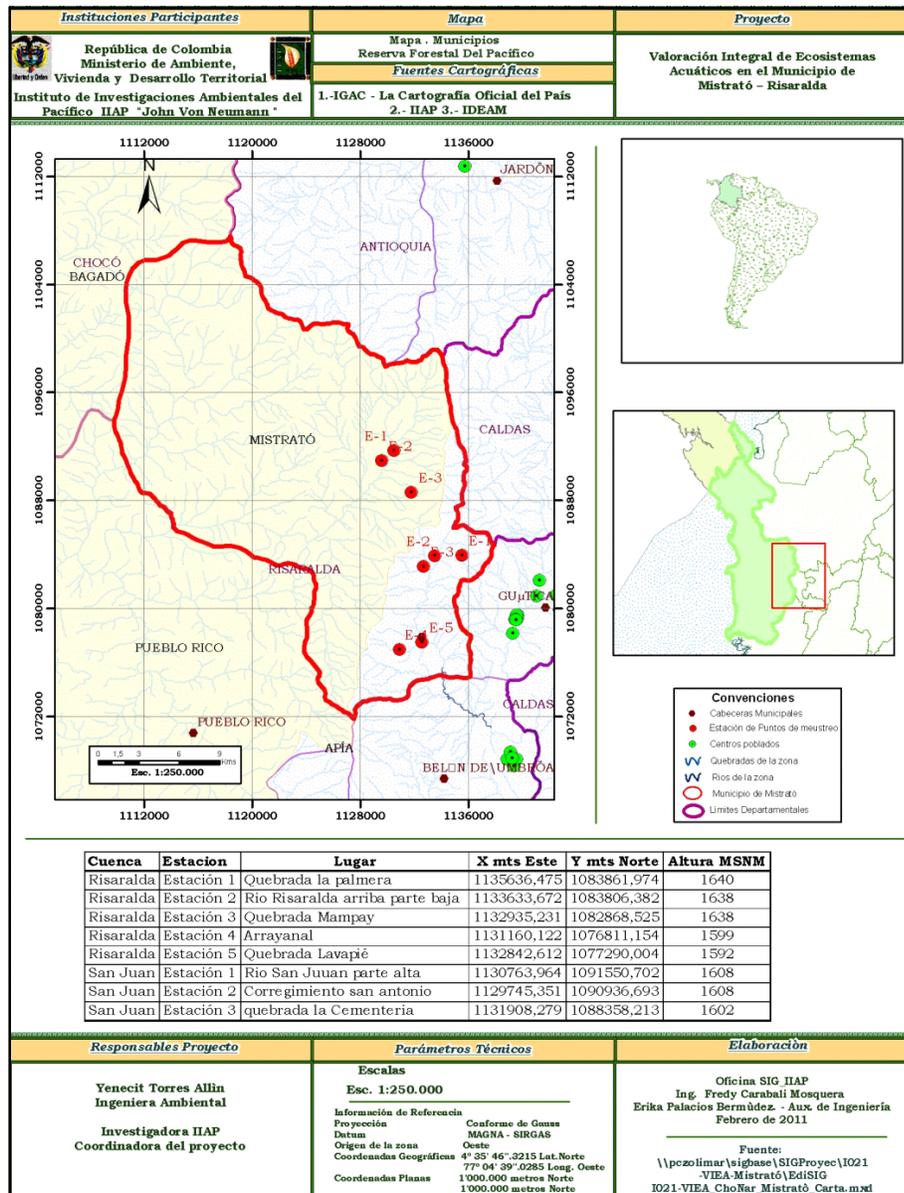


Figura 1. Ubicación de las estaciones de muestreo en el municipio de Mistrató.

helechos, jengibres, platanillos, salvias y caña brava.

Quebrada Arrayanal (parte baja). Ubicada en el casco urbano del municipio de Mistrató antes de su desembocadura al río Risaralda. En esta quebrada se arrojan las aguas del alcantarillado urbano y otros desechos contaminantes. No existe vegetación en sus riberas, puesto que este tramo de la quebrada traspasa el centro del casco urbano.

Quebrada Lavapié. Ubicada en el casco urbano del municipio de Mistrató, barrio La Estrella. En ella son arrojados gran parte de los desechos del municipio. Aguas turbias, y corrientes muy bajas. La vegetación predominante son helechos, caña brava y jengibres.

Cuenca del río San Juan

Río San Juan (parte alta). Estación de muestreo ubicada en el corregimiento de San Antonio de Chamí, en la vereda La Esperanza. Aguas ligeramente turbias, de altas corrientes, sustrato rocoso. La vegetación predominante corresponde a Cordoncillo, helechos y caña brava.

Quebrada San Antonio. En el corregimiento de San Antonio de Chamí. Sustrato pedregoso, arenoso, de corrientes rápidas aunque un poco menores que en la estación anterior. Aguas ligeramente turbias. La vegetación predominante corresponde a las especies jengibre, nacedero y helecho.

Quebrada Cementeria. Ubicada a la margen derecha de la

carretera que conduce del casco urbano del municipio de Mistrató al corregimiento de San Antonio de Chamí. Sustrato rocoso, aguas cristalinas de corriente bastante alta. Predominan las especies carrizo y helecho.

METODOLOGÍA

Las estaciones de muestreo se establecieron de acuerdo con diferentes tipos de actividades desarrolladas en el municipio de Mistrató, con el fin de generar condiciones que permitieran comparar el efecto local de las actividades socioeconómicas sobre las corrientes de agua y posteriormente realizar análisis comparativos por sitios de muestreo.

Toma de Datos

Macroinvertebrados acuáticos. De acuerdo con la metodología sugerida por Roldán (1988), los muestreos de macroinvertebrados acuáticos se llevaron a cabo mediante el empleo de una red de pantalla con ojo de malla de 1 mm aplicada a un área de 1,2 m² y con frecuencia de tres arrastres. Para que las muestras fueran lo más completas posible, la recolección de ejemplares se complementó tomando piedras y hojas con la mano, para separar de ellos los organismos que presentaran ganchos u otros órganos que les permitiera adherirse al sustrato. Las muestras colectadas se fijaron *in situ* en frascos de plástico de 30 mm con alcohol al 70%, posteriormente se identificaron hasta familia con la ayuda de diferentes claves taxonómicas (Novelo y González 1986, Roldán 1988, Merritt y Cummins 1996).

Peces. Los muestreos de peces se llevaron a cabo con atarrayas con ojo de maya de 2,3 cm. Se realizaron faenas de pesca diurnas con arrastres a favor y en contra de la corriente en un recorrido de 300 m de longitud en cada una de las estaciones de muestreo. Los especímenes capturados se fijaron *in situ* en frascos de vidrio con formol al 10% y se trasladaron al laboratorio de zoología de la Universidad Tecnológica del Chocó para su identificación. Al finalizar la fase de campo los peces se fijaron en alcohol al 70% y se determinaron con el apoyo de claves, listas y descripciones (Dahl 1971, Machado-Allison y Moreno 1993, Román-Valencia 1998).

La relación entre peces y macroinvertebrados acuáticos se conoció mediante la selección de especies de peces con hábitos alimenticios carnívoros. De acuerdo con algunos métodos citados por Prejs y Colomine (1981) se extrajeron de los estómagos de los peces capturados los macroinvertebrados acuáticos ingeridos como alimento. Los pequeños organismos se almacenaron en frascos de plástico con alcohol al 70% para su posterior identificación.

Parámetros fisicoquímicos. En las nueve estaciones elegidas en el estudio, se tomaron muestras para el análisis de seis variables consideradas relevantes como representativas

del estado del recurso y de diferentes presiones u orígenes de contaminación (Ideam *et al.* 2007), como son coliformes fecales y totales como indicadores bacteriológicos, sólidos suspendidos totales (SST), demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), demanda química de oxígeno (DQO), conductividad eléctrica y pH. En adición se analizaron las variables color, nitratos, nitritos, grasas, aceites y dureza total. Las muestras se tomaron en campo teniendo en cuenta la guía para la toma de muestras de agua del Ministerio de Salud (Decreto 475 de 1998) y se enviaron al laboratorio de Acuatest en la ciudad de Manizales, donde fueron analizadas.

Tratamiento estadístico de los datos. Para evaluar la calidad de aguas muestreadas con base en MIA, se aplicó el BMWP (Biological Monitoring Working Party Score System), utilizando la adaptación de este índice para Colombia (Roldán 2003). Mediante los índices de diversidad de Shannon-Weaver (1949), la dominancia de Simpson (1945), equidad de Pielou (1966) y riqueza de Margalef (1951), se evaluó la estructura numérica de macroinvertebrados acuáticos colectados en los ríos estudiados. Posteriormente, mediante el análisis de componentes principales y correlación simple se determinó la dependencia o independencia lineal de las variables fisicoquímicas y bacteriológicas registradas con los macroinvertebrados acuáticos capturados. Este análisis se realizó con la ayuda del programa Statgraphics Plus versión 5.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Macroinvertebrados acuáticos. En las cuencas de los ríos Risaralda y San Juan se colectaron 104 individuos de macroinvertebrados acuáticos (45 en el río Risaralda y 59 en el río San Juan), los cuales están distribuidos en dos clases, un phylum, seis órdenes y 19 familias. A nivel de órdenes los más representativos fueron Trichoptera con 61,5%, seguido de Ephemeroptera con 21,2%. Por su parte, Plecoptera, el phylum molusco con 1,9%, y Odonata con 1% fueron las familias con menor representatividad. En cuanto a familias, las más abundantes fueron Leptoceridae e Hydropsychidae con 33,6% y 17,3% respectivamente (Tabla 1).

Con el cálculo del BMWP/Col, los ríos Risaralda y San Juan presentaron puntajes de 71 y 78 respectivamente, con características de aguas ligeramente contaminadas, pertenecientes a la clase II, donde la calidad es aceptable, lo que significa en términos generales, que los ríos Risaralda y San Juan en algunos tramos poseen signos de alteración por las diferentes actividades antrópicas desarrolladas. Sin embargo, los órdenes más representativos en número de individuos en ambas cuencas fueron Ephemeroptera y Trichoptera, que son en general buenos indicadores de aguas limpias (Roldán *et al.* 2001). Estos resultados se podrían deber a que los muestreos solo se desarrollaron en época lluviosa, y por las

Tabla 1
Composición taxonómica de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos
en las cuencas de los ríos Risaralda y San Juan

Clase	Orden	Familia	Río Risaralda	Río San Juan
Insecta	Trichoptera	NN	1	0
		Hydropsychidae	1	17
		Polycentropodidae	0	4
		Leptoceridae	25	10
		Hydrobiopsidae	1	0
		Glossosomatidae	5	0
	Plecoptera	Perlidae	0	2
	Odonata	Calopterygidae	1	0
		Lepthophebiidae	1	8
		Baetidae	0	8
		Leptohephyidae	0	5
	Diptera	Empididae	0	1
		Blepharoceridae	0	2
		Chironomidae	6	0
	Coleoptera	Elmidae	0	2
Psephenidae		1	0	
Staphylinidae		1	0	
Gastropoda	Phylum molusco	Hidrobiidae	1	0
		Melanidae	1	0
	Total		45	59

altas pluviosidades los organismos acuáticos pueden ser arrastrados río abajo (Quiñones *et al.* 1998), disminuyendo la presencia de macroinvertebrados en las estaciones de muestreo.

De acuerdo con los rangos establecidos, la diversidad de Shannon-Weaver (1949) presentó valores bajos para las dos cuencas, la riqueza de Margalef (1951) valores medios, la dominancia de Simpson (1945) y el índice de equidad (1966) presentaron valores bajos (Tabla 2).

Los valores bajos de diversidad de macroinvertebrados acuáticos se podrían atribuir a niveles de contaminación de los cauces estudiados, a su condición natural (Roldán 1992) o a las altas pluviosidades presentes en el municipio durante la época de muestreo (Quiñones *et al.* 1998), que ocasionan un aumento del caudal del río y arrastre o lavado de sustratos, llevando los macroinvertebrados río abajo.

Peces. Se capturaron 82 individuos en la cuenca del río Risaralda y 10 en la cuenca del río San Juan distribuidos en dos órdenes, cuatro familias, cuatro géneros y cuatro especies. El orden con mayor número de especies fue Siluriformes con el 75% del total reportado (Tabla 3).

La especie más abundante en la cuenca del río Risaralda fue *Brycon sp.*, con el 87,8% del total de individuos capturados, lo que se debe a que las especies de este género son nadadoras en potencia y prefieren ríos con corrientes fuertes y turbulentas (Dahl 1971), siendo estas las características de las estaciones muestreadas en esta cuenca. En la cuenca del río San Juan, la especie más abundante fue *Astroblepus chotae* con el 80% del total de individuos capturados, puesto que esta especie habita preferiblemente quebradas de aguas limpias y corrientosas (Briñez 2004), características propias de los tramos muestreados en la cuenca del río San Juan.

Macroinvertebrados acuáticos en la cadena trófica de peces carnívoros. Se analizaron los estómagos de cuatro individuos de *Brycon sp.*, tres de *Astroblepus chotae* y tres de *Trichomycterus caliense*, de los cuales se lograron extraer 24 macroinvertebrados acuáticos (Tabla 4).

La familia más representativa de macroinvertebrados acuáticos ingeridos como alimento por *Brycon sp.* fue Chironomidae con el 75% del total de macroinvertebrados acuáticos y para *T. caliense* la familia de macroinvertebrados más abundante en su estómago fue Ptilodactilidae con el 50% del total

Tabla 2
Índices ecológicos de las cuencas de los ríos Risaralda y San Juan

Índices ecológicos	Cuenca río	
	Risaralda	San Juan
Diversidad	1.60	2.00
Dominancia	0.34	0.16
Riqueza	2.89	2.20
Equidad	0.64	0.87

principalmente coleópteros y dípteros. Los resultados guardan relación con los obtenidos por Ortega-Lara *et al.* (2000), quienes sostienen que esta especie es netamente depredadora de macroinvertebrados y se alimenta activamente de larvas de coleópteros, dípteros y tricópteros.

Parámetros fisicoquímicos. Los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de seis de las nueve estaciones de muestreo, se encuentran dentro de los rangos establecidos por el decreto 1594/84 para preservación de flora y fauna, deportes náuticos y pesca (Tabla 5).

El comportamiento de la conductividad fue bastante homogéneo entre las diferentes estaciones de muestreo, registrando los valores más altos en la quebrada Lavapié (178,9 µs/

Tabla 3
Composición taxonómica de la ictiofauna encontrada en las cuencas de los ríos Risaralda y San Juan

Orden	Familia	Especie	Nombre común	Cuenca	
				San Juan	Risaralda
Characiformes	Characidae	<i>Brycon</i>	Sabaleta	2	72
	Trichomycteridae	<i>Trichomycterus caliense</i>	Briola		9
Siluriformes	Astroblepidae	<i>Astroblepus chotae</i>	Capitán	8	
	Loricaridae	<i>Chaetostoma sp</i>	Corroncho		1
Total				10	82

Tabla 4
Contenido estomacal en peces capturados en las cuencas de los ríos Risaralda y San Juan en el municipio de Mistrató

Clase	Orden	Familia	Especie	Especies de peces			
				<i>Astroblepus chotae</i>	<i>Brycon sp</i>	<i>Trichomycterus caliense</i>	
Insecta	Diptera	Blepharoceridae	<i>Limnicola sp</i>	1	0	0	
		Tabanidae	<i>Chysops sp</i>	0	0	4	
	Coleoptera	Chironomidae	NN	0	6	0	
		Ptilodactilidae	<i>Anchytarsus sp</i>	1	0	6	
	Trichoptera	Hydrophylidae	<i>Tropisternus sp</i>	1	0	0	
		Lampiridae	Sin confirmar	0	0	1	
		Hdropsychidae	<i>Smicridae sp</i>	1	1	0	
	Lepidoptera	Pyralidae	<i>Petrophila confusalus</i>	0	1	1	
	Total				4	8	12

extraído.

La especie íctica con mayor número de macroinvertebrados acuáticos ingeridos fue *Trichomycterus caliense*, una especie amenazada para Colombia (Mojica *et al.* 2002) y capturada solo en la cuenca del río Risaralda, de la que se extrajeron

cm); vale la pena recalcar que esta variable no se encuentra legislada en el Decreto 1594/84, solamente se tiene en cuenta en la clasificación de salinidad en aguas para riego, dependiendo del tipo de cultivo. El PH se encuentra referenciado en el 1594/84 para preservación de flora y fauna y para riego, con

Tabla 5
Parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos analizados en las cuencas de los ríos San Juan y Risaralda

Parámetros	Unidad de medida	Río San Juan			Río Risaralda					
		RSJ	QSA	QC	RR	QLP	QM	QAPA	QAPB	QLP
PH	Unidades	7,5	7,4	7,37	7,5	7,4	7,6	7,5	7,5	7,4
Temperatura	°C	19,4	19,4	19,2	19,4	19,3	19,8	19,4	19,5	19,6
Conductividad	µs/cm	60,4	99,8	79,5	29,4	64,2	61,8	96,1	117,4	178,9
Color	U Pt-Co	67,3	13,4	<2,0	97,6	37,6	2,9	18	204	216
DBO ₅	mg/l	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94
DQO	mg/l	70	47	27	82	42	35	45	51	81
SST	mg/l	126	43	7	423	67	27	42	326	311
Nitritos	mg/l	0,06	0,02	0,02	0,12	0,06	<0,02	0,02	0,09	0,09
Nitratos	mg/l	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Dureza total	mg CaCO ₃ /l	32	56	44	54	68	40	70	58	78
Grasas y aceites	mg/l	135	363	767	858	5	193	110	662	711
Coliformes totales	UFC/100ml	4700	5300	5500	1,1E+08	9600	5000	7100	3,3E+09	3,8E+09
Coliformes fecales	UFC/100ml	350	600	600	5,7E+08	350	400	950	3,5E+08	2,5E+08

RSJ: Río San Juan QSA: Quebrada San Antonio QC: Quebrada Cementeria RR: Río Risaralda
 QLP: Quebrada La Palmera QM: Quebrada Mampay QAPA: Quebrada Arrayanal Parte Alta
 QAPB: Quebrada Arrayanal Parte Baja QLP: Quebrada Lavapie

valores admisibles entre 4,5 y 9 unidades, por lo que los valores obtenidos en los cuerpos de agua de estudio se encuentran dentro del rango normal.

Puesto que el contenido de DQO no se referencia en el decreto 1594/84, este estudio se apoya en la Literatura Europea del Instituto Catalán (2004), lo que permite dar cuenta de que este parámetro se encuentra dentro de los rangos establecidos para piscicultura y contacto primario (natación y buceo), para todas las estaciones de muestreo exceptuando el río Risaralda y quebrada Lavapié, que no se deben considerar para ningún uso, porque sus valores sobrepasan los 80mg/l. En adición, la literatura española muestra que la dureza se encuentra dentro de los rangos establecidos para buena calidad, en todas las estaciones, con valores muy por debajo de los 150 mg CaCO₃/l. La DBO₅ por su parte, en todos los casos se encuentra dentro de los límites establecidos por el 1594/84.

Los sólidos suspendidos totales no se hallan referenciados en el decreto 1594/84; sin embargo, Ramírez y Viña (1998) consideran que aguas con valores mayores a 150mg/l indican fuerte contaminación como es el caso del río Risaralda, quebrada Arrayanal (parte baja) y Lavapié. Los nitritos y nitratos en todos los casos presentan valores normales con respecto a lo legislado por el decreto para preservación de fauna y flora.

Los coliformes fecales (*Escherichia coli*) en cuanto a uso recreativo con contacto primario (natación y buceo), presentan valores por encima de los estipulados por el Decreto 1594/84, para todas las estaciones muestreadas, puesto que sobrepasan los 200 NMP/100ml; sin embargo, estas aguas se pueden utilizar para recreación con contacto secundario (deportes náuticos y pesca) en todos los puntos muestreados a excepción del río Risaralda, quebrada Arrayanal en su parte baja y Lavapié, porque sobrepasan los 1000 NMP/100ml; igual situación se presenta con el color, que sobrepasa los 75 U Pt-Co, en estos tres cuerpos de agua. Los altos valores obtenidos en estas quebradas se deben a que en el municipio no existe tratamiento de los efluentes domésticos, por lo que los desechos se arrojan a los cuerpos de agua más cercanos. Para coliformes totales se presenta en el decreto 1594/84 un límite de 5000 para contacto secundario, lo que muestra que el valor solo es admisible para la estación río San Juan.

Los cambios en los parámetros físicos como temperatura, conductividad, color, entre otros, se pueden deber a la presencia de contaminantes químicos y microbiológicos; el color por ejemplo está ligado a la presencia de hierro o plantas acuáticas en el agua. De igual forma, la concentración de contaminantes depende de los vertidos de aguas residuales, de los procesos naturales de remoción (biodegradación, sedimentación, entre otros), de la dilución por altas

Tabla 6
Índices ecológicos y variables fisicoquímicas y bacteriológicas con correlaciones y valor de p estadísticamente significativo

VARIABLES RELACIONADAS	CORRELACIÓN (r)	p
Nitritos y DQO	0,8050	0,0089
Nitritos y SST	0,9565	0,0001
Nitritos y coliformes fecales	0,8901	0,0013
Nitritos y color	0,7811	0,0130
DQO y SST	0,8043	0,0090
DQO y coliformes fecales	0,6720	0,0474
Temperatura y pH	0,6784	0,0446
SST y coliformes fecales	0,9577	0,0000
SST y color	0,8266	0,0060
Coliformes fecales y color	0,6737	0,0467
Coliformes totales y color	0,9331	0,0002
Coliformes totales y conductividad	0,8155	0,0074

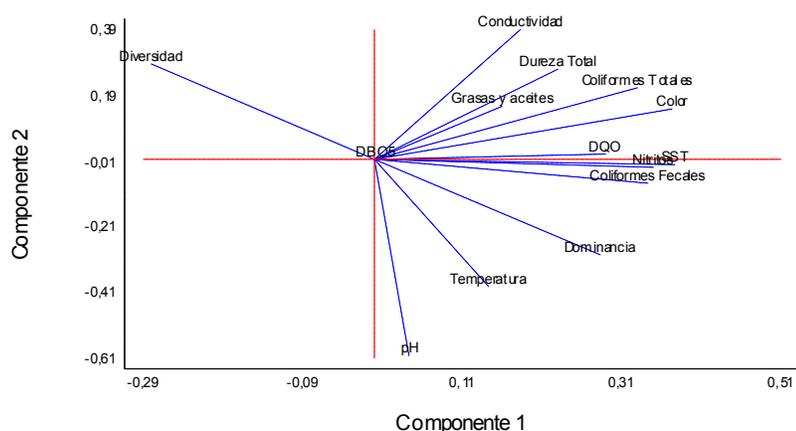


Figura 2. Distribución de índices de diversidad y variables fisicoquímicas y bacteriológicas en los componentes principales de las cuencas de los ríos San Juan y Risaralda.

pluviosidades o afluentes más limpios, entre otros (U de A 2002).

Análisis de correlación entre variables fisicoquímicas e índices ecológicos de macroinvertebrados acuáticos. En la Tabla 6 se observa una marcada relación entre las variables nitritos y DQO, nitritos y SST, nitritos y coliformes fecales, nitritos y color, DQO y SST, DQO y coliformes fecales, temperatura y pH, SST y coliformes fecales, SST y color, coliformes fecales y color, coliformes totales y color, coliformes totales y conductividad, que obtuvieron un valor de p estadísticamente significativo ($p < 0,05$).

La Figura 2 muestra a la derecha las variables grasas y aceites, dureza total, conductividad, coliformes totales, color y DQO con relación directa-

mente proporcional de forma positiva, lo que refleja que con el aumento de una variable, deberá aumentar la otra, mientras que variables como dominancia, temperatura y pH muestran una relación inversa con las anteriores; es decir, con el aumento de los valores del primer grupo, disminuye el segundo. La diversidad por su parte, no muestra relación con las diferentes variables estudiadas en este análisis.

CONCLUSIONES

La calidad ecológica y ambiental de los ecosistemas acuáticos del municipio de Mistrató muestra, en general, condiciones aceptables en las estaciones establecidas en las cuencas San Juan y Risaralda para el desarrollo de organismos de flora y fauna, deportes náuticos y pesca. Los macroinvertebrados acuáticos colectados fueron en general indicadores de buena y regular calidad de agua. De estos organismos, los órdenes coleóptera y díptera muestran marcada relación trófica con tres de las cuatro especies de peces capturadas, de las cuales una, la especie *Trichomycterus caliense* (Briola), se encuentra en el Libro Rojo de especies amenazadas de Colombia. La época de altas pluviosidades y la frecuencia de solo un muestreo, permiten predecir que los tramos estudiados en los ríos San Juan y Risaralda podrían presentar puntajes de calidad mucho más altos a los obtenidos, mayor diversidad y abundancia de peces, y con ello relaciones tróficas más marcadas entre peces y familias de macroinvertebrados acuáticos.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio se llevó a cabo gracias a los aportes del Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico (IIAP). Los autores agradecen a la Universidad Tecnológica del Chocó por el préstamo de laboratorios y equipos para la identificación de muestras y a la Alcaldía de Mistrató por su colaboración y asistencia.

LITERATURA CITADA

- Alba-Tercedor, J. 1996. *Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas*. Vol. II. IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA), Almería. p 203-13.
Corporación Autónoma Regional de Risaralda (CARDER).

2000. *Agenda ambiental del municipio de Mistrató*. Pereira: CARDER. 170 pp.
- Dahl, G. 1971. *Los peces del norte de Colombia*. Bogotá: INDERENA. p. 66-81.
- Gutiérrez-Hernández, A. 2003. *Análisis limnológico e ictiofaunístico del embalse Zimapán Querétaro-Hidalgo*. Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Querétaro. 139 pp.
- Hawkes, H. A. 1979. Invertebrates as indicators of river water quality. *Biol Indic Water Qual.* 2-37.
- Hynes, H. B. N. 1962. The significance of macroinvertebrates in the study of mild river pollution. En: Robert, A. (Ed). *Biological problems in water pollution*. New York: US Public Health Service.
- Instituto Catalán de Tecnología (ICT). 2004. *Medio ambiente industrial*. Capítulo 2. Cataluña: Publicación de Normativa. 56 pp.
- IDEAM, CORMAGDALENA, ONF ANDINA. 2007. *Nueva medición de la calidad del agua en los ríos Magdalena y Cauca*. Santa Marta: IDEAM, CORMAGDALENA, ONF ANDINA. 23pp.
- Machado-Allison, A., H. Moreno. 1993. Estudio sobre la comunidad de peces del río Orituco, estado Guarico, Venezuela. Parte I. Inventario, abundancia relativa y diversidad. *Acta Biol Venez.* 14 (4): 77-94.
- Machado, T., G. Roldán. 1981. Estudio de las características fisicoquímicas y biológicas del río Anorí y sus principales afluentes. *Actual Biol.* 10 (35): 3-19.
- Margalef, R. 1951. Diversidad de especies en las comunidades naturales. *Inst Biol Appl.* 9: 15-27.
- Merritt, R., K. Cummins. 1996. *An introduction to the aquatic insect of North America*. 3rd ed. Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company. 441 pp.
- Ministerio de Salud. Decreto 475 de 1998. *Normas técnicas de calidad del agua potable*. Bogotá: Ministerio de Salud. 23 pp.
- Mojica J. I., C. Castellanos, J. S. Usma y R. Álvarez. 2002. Libro rojo de peces dulceacuicolas de Colombia. La serie Libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales Universidad Nacional de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente. 285 pp.
- Mylistky, E., W. Ginsburg. 1977. Macroinvertebrates as indicators of pollution *J Am Water Works Assoc.* 69: 538-44.
- Novelo, R., E. González. 1986. Descripción de las náyades de *Palaemnema desiderata* y *Palaemnema paulitayaca* (Odonata: Platystictidae). *Folia Entomol Mexic.* 67: 13-24.
- Ortega-Lara, A, J. Usma, P. Bonilla, N. Santos. 2006. Peces de la cuenca alta del río Cauca, Colombia. *Biota Colomb.* 7: 39-54.
- Pielou, E. 1966. *Ecological diversity*. New York: Wiley. 165 pp.
- Prejs, A., G. Colomine. 1981. *Métodos para el estudio de los alimentos y las relaciones tróficas de los peces*. Caracas: Universidad Central de Venezuela, 129 pp.
- Presidencia de la República. 1984. Decreto 1594 de 1984. Usos del agua y residuos líquidos. Diario Oficial 36700 de julio 26 de 1984. 52 pp.
- Quiñones, M. L., J. J. Ramírez, A. Díaz. 1998. Estructura numérica de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos derivados en la zona del ritral del río Medellín. *Actual Biol.* 20 (69): 75-86.
- Ramírez, A., G. Viña. 1998. *Limnología colombiana. Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis*. Bogotá: Editorial de la Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 293 pp.
- Roblas, N., J. García-Avilés. 1999. Valoración ambiental de los ecosistemas lenticos del parque regional en torno a los ejes de los cursos bajos de los ríos Manzanares y Jaramá (Madrid, España). *Limnetica* 17: 37-44.
- Roldán, G. 1988. *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia*. Medellín: Fondo FEN Colombia, Colciencias, Universidad de Antioquia. 217 pp.
- Roldán, G. 1992. *Fundamentos de limnología neotropical*. Medellín: Universidad de Antioquia. 529 pp.
- Roldán, G., J. Posada, J. Gutiérrez. 2001. *Estudio limnológico de los recursos hídricos del parque de Piedras Blancas*. Bogotá: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Colección Jorge Álvarez Lleras N° 18.
- Roldán, G. 2003. *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia*. Propuesta para el uso del método BMWP/. Medellín: Universidad de Antioquia. 165 pp.
- Román-Valencia, C. 1990. *Hidrobiología sistema del Medio Atrato*. Informe final. Lista y distribución de peces en la cuenca media del río Atrato. Quibdó: CODECHOCÓ, Fondo Colombiano de Investigaciones y Proyectos Especiales «Francisco José de Caldas» (COLCIENCIAS). 187 pp.
- Shannon, C., W. Weaver. 1949. The mathematical theory of communication. Urbana: The University of Illinois Press. p. 19-27.
- Simpson, E. H. 1945. Measurement of diversity. *Nature.* 163 (4148): 688.
- Universidad de Antioquia-Universidad Nacional de Colombia-CORANTIOQUIA. 2002. *Caracterización cualitativa y cuantitativa de la calidad del agua superficial del recurso hídrico superficial en la cuenca del río San Juan*. Medellín. 56 pp.