

**DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL AGUA PARA
USO AGRÍCOLA DE LA QUEBRADA “LOS MICOS” AFLUENTE DE
LA MICROCUENCA “EL PENCIL” FILANDIA-QUINDÍO.**

**DETERMINING THE ENVIRONMENTAL QUALITY OF THE WATER
FOR AGRICULTURAL USAGE OF THE “EL MICO” STREAM A
TRIBUTARY IN THE MICROWATERSHED “EL PENCIL FILANDIA –
QUINDIO.**

Viviana A. Giraldo M., Carolina Londoño B. y César A. Bustamante T.

Programa Académico Licenciatura en Biología y Educación Ambiental.
Facultad de Educación. Universidad del Quindío.

RESUMEN

Este estudio se realizó en la Microcuenca “El Pencil” ubicada en el municipio de Filandia – Quindío, durante el segundo semestre del 2005. Las aguas de dicha fuente son usadas para riego agrícola, por tal motivo, fue necesario diagnosticar la calidad ambiental de las mismas a través de algunos parámetros fisicoquímicos, bacteriológicos, Biológicos (Macroinvertebrados acuáticos) y pruebas cromatográficas para detectar la residualidad de pesticidas organoclorados. Los resultados muestran que la comunidad de macroinvertebrados de la microcuenca El Pencil esta representada por 8 clases, 14 órdenes, 39 familias y 750 individuos colectados. Los valores del índice (H') oscilaron entre 1.0 a 3.0 (Bits/ind) lo cual indica que esta comunidad acuática presentó una baja diversidad. Mientras el índice biótico BMWP/Col. calificó la calidad de estas aguas como de buenas a ligeramente contaminadas. Por su parte, los análisis cromatográficos indicaron la presencia de 10 pesticidas organoclorados con concentraciones que superan los 0.0001 (mg/ml) que establece el decreto 475/84; aunque, los valores de los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos según el mismo decreto y el 475/98, catalogan el agua de esta microcuenca como apta para uso agrícola. No obstante si se continúa con el manejo inapropiado de agroquímicos y de malas prácticas agrícolas y pecuarias, dicha fuente podría deteriorarse.

Fecha de recepción: Marzo 2 de 2008

Fecha de aceptación: agosto 27 de 2008

Correspondencia: E-mail: valeja@hotmail.com. , ceabusta@uniquindio.edu.co
Universidad del Quindío. Av. Bolivar Calle 12 norte. Armenia - Quindío- Colombia.

Palabras Claves: Microcuenca “El Pencil”, quebrada “Los Micos”, pesticidas organoclorados, parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos, Macroinvertebrados acuáticos, índice BMWP/Col.

ABSTRACT

To diagnose the environmental quality we conducted samplings during July – December of 2005, in the stream “El Pencil” located in a rural area of Filandia Quindío Colombia. Waters from this stream are used to water agriculture. We determined some physical – chemical, bacteriological and biological (aquatic macroinvertebrate collections) parameters. As well as, some chromatographic analyses to detect residual organochlorine pesticides. The macroinvertebrate community in the El Pencil stream distributed in 8 classes, 14 orders, 39 families and 750 individuals collected. A diversity index (H') oscillated from 1 – 3 (bits/ind), indicating a relative poverty in the aquatic community. However, the BMWP/ Col. Indicate a water quality sorted from good to slightly polluted. Chromatographic analyses revealed 10 organochlorine compounds in concentration above the Colombian policy for environmental regulations. Despite this, the physical - chemical and bacteriological analyses showed water quality in the stream is good enough for agriculture usage. However, we believe that if not good management practices for agricultural activities are taken, the stream water quality could deteriorate in a short – term.

Key Words: stream “Los Micos”, microwatershed “El Pencil”, organochlorine pesticides, Physical - chemical and bacteriological parameters, aquatic macroinvertebrate, index BMWP/Col.

Introducción

El hombre ha empleado los Ecosistemas fluviales como fuente importante de recursos y como vía para la eliminación de desechos. Esto produce un empobrecimiento de la calidad del hábitat fluvial (decamps & naiman, 1991; londoño *et al.*, 2004)^(1,2).

En las últimas décadas se ha producido un incremento de las

concentraciones de diferentes compuestos tóxicos en los ecosistemas fluviales lo que ha generado graves alteraciones en los mismos y aumentando los riesgos en la salud pública.

Actividades como la agricultura son causantes de contaminación por el empleo indiscriminado de pesticidas organoclorados (FAO, 1990)⁽³⁾, dichos compuestos clorados como el DDT y

otros, son muy hidrofóbicos, y por tanto no se analizan fácilmente en las muestras de agua debido a la baja solubilidad de estos productos; además, se asocian con facilidad a las partículas de suelo volviéndose persistentes en el ambiente (Mackay y Paterson, 1991)⁽⁴⁾, dicha situación afecta la biota y disminuye la capacidad de biodegradabilidad de los ecosistemas fluviales.

Por tal razón se hace necesario valorar íntegramente las aguas, los sedimentos y el ambiente acuático, ya que en la mayoría de los casos las áreas de los sistemas de producción agrícola y pecuaria se extienden hasta el margen de las quebradas y demás ambientes acuáticos, es común que la integridad biofísica de los cauces y las orillas se vean afectadas. Por lo tanto, se deben desarrollar estudios de calidad ambiental para luego establecer estrategias o acciones en ecotecnologías, saneamiento y educación ambiental que permitan disminuir los impactos negativos generados de las actividades agropecuarias sobre las fuentes hídricas (Bustamante y Monsalve, 2006)⁽⁵⁾.

Teniendo en cuenta lo anterior, el objetivo de este estudio es evaluar la calidad ambiental del agua de la quebrada “Los Micos”, afluente asociado a la microcuenca “El Pencil”, a partir del análisis de pesticidas organoclorados, de variables físico-químicas, bacteriológicas y la fauna

béntica, con el fin de diagnosticar su estado para uso agrícola, como también valorar la influencia de actividades como la agricultura y la ganadería.

Materiales y Métodos

Área de estudio

La quebrada “Los Micos” está ubicada en el municipio de Filandia, Departamento del Quindío, a una altura de 1848 m, con coordenadas 04°41'07''N; 075°39'11''W. Temperatura promedio de 18°C, y una precipitación de 448.65 mm en meses de altas lluvias y 188.35 mm en meses de bajas lluvias. Comprende la quebrada Los Micos que hace parte de un ecosistema boscoso, siendo afluente a la microcuenca “El Pencil”, del cual se capta el agua para riego agrícola.

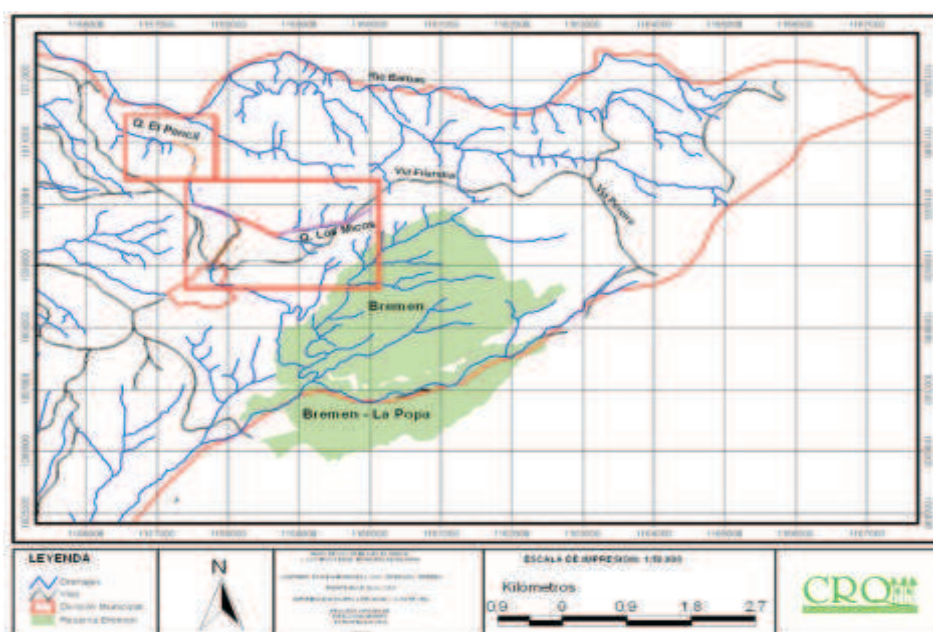


Figura 1. Localización geográfica Microcuenca los Micos y afluente el Pencil. (Fuente CRQ, 2005)

Estaciones de muestreo

Se seleccionaron 5 estaciones de muestreo, de las cuales 4 de estas ubicadas en la quebrada “Los micos” (Estaciones: I,II,III y IV) y 1 en la microcuenca “El pencil” (Estación: V) (figura 1). En cada una de las

estaciones se tomo una muestra mensual para determinar los parámetros fisicoquímicos, bacteriológicos y biológicos en los meses de septiembre, noviembre y diciembre del 2005 y febrero del 2006.

Tabla 1. Descripción de estaciones de muestreo

ESTACIONES	UBICACION GEOESPACIAL
Estación I (Bosque los micos)	04°41'07" Norte 75°38'11" oeste 1848 m.
Estacion II (Lago Karina)	04°41'08" Norte 75°38'15" oeste 1932 m.
Estacion III (Flores del alto II)	04°41'53" Norte 75°38'72" oeste 1800 m.
Estacion IV (Chispas FAJ)	04°41'53" Norte 75°37'93" oeste 1900 m.
Estacion V (Puente el bizcocho)	04°41'58" Norte 75°38'73" oeste 2100 m.

Parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos

La tabla 2, muestra los parámetros Fisicoquímicos y bacteriológicos que

fueron analizados teniendo en cuenta la metodología propuesta por el Estándar métodos de la APHA, AWWA, WPCF (1992)⁽⁶⁾.

Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos, técnica y unidades utilizados en la evaluación de calidad de agua.

PARÁMETRO	MÉTODO
PH	Potenciómetro Marca ORION Modelo 290
Oxígeno Disuelto (mg/L)	Método Winkler
DBO5 (mg/L)	Método Winkler e incubación estándar a 5 días
DQO (mg/L)	Método de reflujo abierto
Sólidos disueltos totales (mg/L)	Método mufla de secado a 103°C
Nitratos (mg/L N-NO ₃)	Método de reducción con Cadmio
Fosfatos (mg/L P-PO ₄)	Método cloruro estañoso
Acidez (mg/L CaCO ₃)	Titulación estándar métodos APHA (1992).
Alcalinidad (mg/L CaCO ₃)	Titulación estándar métodos APHA (1992).
	Titulación estándar métodos APHA (1992).
Cloruros (mg/L Cl)	
Dureza total (mg/L CaCO ₃)	Titulación estándar métodos APHA (1992).
Dureza cálcica (mg/L CaCO ₃)	Titulación estándar métodos APHA (1992).
Coliformes Totales (UFC/100ml)	Filtración por membrana
Coliformes Fecales (UFC/100ml)	Filtración por membrana

Parámetros biológicos

Para la colecta de los macroinvertebrados se emplearon: una red súrber para lechos fangosos, arenosos y pedregosos; una jama acuática para las márgenes laterales donde la vegetación ribereña es abundante; y pinzas entomológicas y bandejas de plástico para coleccionar directamente de las piedras y de pedazos de troncos.

El área de captura fue de aproximadamente 60 m², con un

esfuerzo de muestreo de 3 horas, colectándose en dirección de abajo hacia arriba. Una vez capturados los organismos fueron fijados en alcohol al 70% y con glicerina para su preservación en frascos previamente rotulados (fecha, sitio de muestreo, lugar, colectores). Posteriormente, en el Laboratorio y Museo de Artrópodos de la Universidad del Quindío y con el empleo de un estereoscopio binocular (marca CARL ZEISS JENA) los macroinvertebrados acuáticos se identificaron hasta la categoría taxonómica de familia con

descripciones y claves de: Roldán (1996)⁽⁷⁾, Merritt y Cummis (1962)⁽⁸⁾, Pennak (1978)⁽⁹⁾, Rojas et. al., (1993)⁽¹⁰⁾ y Roldán (2003)⁽¹¹⁾.

Análisis de la residualidad de pesticidas organoclorados

Para determinar la residualidad de plaguicidas organoclorados, se tomaron dos muestras durante los meses de Septiembre de 2005 (temporada de bajas lluvias) y Noviembre - Diciembre de 2005 (temporada de altas lluvias), en las estaciones de muestreo III (Flores del Alto 2) y IV (Chispas Flores del Alto 1), que corresponden a los cultivos de flores bajo invernadero.

Debido a la necesidad de medir el residuo de plaguicidas en el cuerpo de agua se escogieron dos puntos de muestreo teniendo en cuenta la influencia de los cultivos de flores bajo invernadero, puntos en los que se tomaron muestras de agua y lodo. Las

muestras fueron trasladadas al laboratorio de Cromatografía de la Universidad del Quindío, donde fueron conservadas a una temperatura de 4° C hasta su análisis. Para identificar los componentes de la muestra fue necesario realizar una curva de calibración de una mezcla sintética que contenía 16 pesticidas organoclorados en la misma concentración (concentración conocida) optimando las diferentes condiciones instrumentales.

La técnica utilizada fue cromatografía de gas con el Cromatógrafo de gases (Agilent Technologies 6890) con el fin de separar los componentes de la muestra. El tipo de extracción utilizado fue Líquido-líquido, dicha extracción se realiza entre dos soluciones acuosas: Un disolvente inmiscible con el agua con el fin de que haya una transferencia de los analitos o componentes del agua (fase líquida) a otra fase líquida (disolvente Diclorometano).

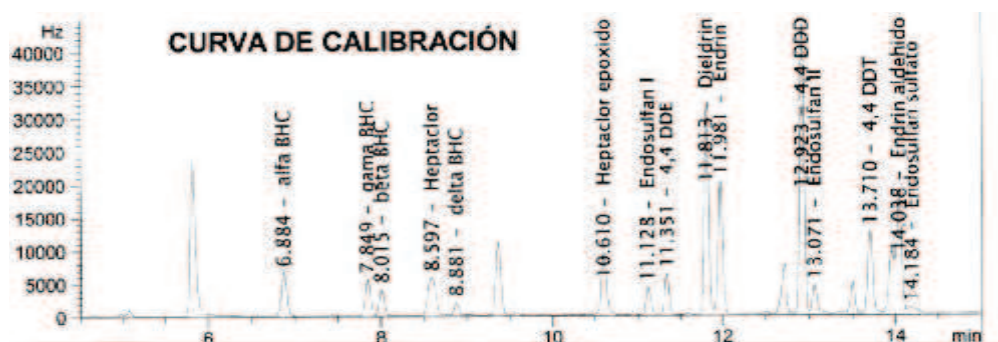


Figura 2. Curva de Calibración para 16 pesticidas organoclorados puros, para previa comparación.

Las condiciones cromatográficas utilizadas fueron:

- Detector: μ – ECD
- Columna: DB – 608
- Gas portador: N₂
- Presión columna: 3.8 psi.
- Modo: Splitless
- Tem. Inyector: 250°C
- Tem. Detector: 310°C
- Rampa de temperatura: 150°C por 1 min, 9°C/min hasta 200°C por 1 min, 10°C/min hasta 270°C por 5 min.

Procesamiento de la información

Se emplearon los datos de las familias de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos para calcular el índice de diversidad Shannon-Wiener (H') en cada una de las estaciones de muestreo. La diversidad fue expresada en (bits/ind), el rango de este valor oscila entre 1.0 a 5.0 para comunidades naturales

(Margalef, 1983) ⁽¹⁸⁾. Dicha información se procesó en el paquete Krebs versión 09 de 1997. Para el análisis de la bioindicación se empleó el índice biótico BMWP/Col. (Roldán, 2003) ⁽¹¹⁾, donde al inventario de las familias de macroinvertebrados se les asigna un puntaje de acuerdo con su tolerancia a la contaminación de tipo orgánica.

Tabla 3. Puntuaciones BMWP/COL (Roldan, 2003), asignando una clase, un color y un Significado dependiendo del valor obtenido.

CLASE	CALIDAD	VALOR	SIGNIFICADO	COLOR
I	"Buena"	>150	Aguas muy limpias	
		101-120	Aguas no contaminadas o poco alteradas.	
II	"Aceptable"	61-100	Aguas ligeramente contaminadas	
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas.	
IV	Crítica	16-35	Aguas muy contaminadas	
V	Muy crítica	<15	Aguas fuertemente contaminadas	

Resultados y Discusión

La tabla 4, muestra los valores obtenidos de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos. En general, se presentaron valores altos de acidez entre 13.5 – 30 (mg/l CaCO_3), producto de la contaminación por productos químicos como fertilizantes y plaguicidas. El oxígeno disuelto fue bajo en la mayoría de las estaciones de muestreo, con un rango de 3 a 5.6 (mg/l), en tal sentido se presentó una relación de bajos valores entre OD/DBO de 2.8 - 5.3 (mg/l), esto se debe posiblemente al aporte de contaminantes que no favorecen la biodegradabilidad. Todo esto se corrobora con valores altos de DQO que fueron entre 21 – 41 (mg/l) el cual deja entrever la acumulación de materia orgánica que no puede ser degradada fácilmente.

Por su parte, el fósforo en forma de fosfatos (P-PO_4) registró valores de 0.1 (mg/l P-PO_4) lo cual significa, que el ambiente presenta estado de eutrofia por la adición de nutrientes propios de las actividades agrícolas y a la presencia de residuos orgánicos. Según Roldán (1992)⁽¹²⁾, los niveles altos de fósforo son responsables de la eutrofización en ríos y quebradas.

Los niveles de fosfatos y las bajas

concentraciones de oxígeno disuelto registrado en las corrientes hídricas “Los Micos” y “El Pencil”, revelan que estas presentan un proceso de enriquecimiento orgánico natural (eutrofización), coadyuvados por los procesos de escorrentías el cual es favorecido por la topografía de la zona, y por ende permite que gran cantidad de sedimentos y materiales orgánicos enriquezcan dicho sistema acuático. Sin embargo, este proceso no es desfavorable, de algún modo favorece el establecimiento y desarrollo de organismos acuáticos por la conformación de microhabitats como sitios de refugio y el aporte de nutrientes aloctonos como fuente principal de alimento y energía (Valdovinos, 2001; Cumming & Klug, 1979)^(13, 14).

Tabla 4. Valores promedio de algunos parámetros Fisicoquímicos y Bacteriológicos en cada punto de muestreo.

PARÁMETROS RELACIONADOS	ESTACIÓN I	ESTACIÓN II	ESTACIÓN III	ESTACIÓN IV	ESTACIÓN V
pH	6,7	6,2	6,3	6,3	6,3
Alcalinidad (mg/L CaCO ₃)	3	2,6	2,6	3	3
Dureza cálcica (mg/L CaCO ₃)	6,5	5,5	8,5	7,5	10
Dureza total (mg/L CaCO ₃)	9,5	10	9,5	11	13,5
OD (mg/L O ₂)	5,1	5,2	3	5,6	5,5
(%) Saturación de O ₂	69	70	35	80	81
DBO (mg/L O ₂)	5,3	5	2,8	4,9	4,4
DQO (mg/L O ₂)	28	26	41	25	21
Temperatura agua (°C)	17,4	19	18	18,4	19
Temperatura ambiente (°C)	18	20	20	20	24
Humedad relativa (%)	75	81	80	83	67
Nitratos (mg/L N -NO ₃)	0,08	0,1	0,18	0,15	0,15
Fosfatos (mg/L P -PO ₄)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Cloruros (mg/L Cl)	9,7	9,4	8,4	7,9	8
Acidez (mg/L CaCO ₃)	9,5	13,5	30	15	22
Sólidos totales (mg/L)	26	63	87	70	78
Coliformes totales (UFC/100ml)	488	433	339	264	467
Coliformes fecales (UFC/100ml)	247	189	302	145	156

Los resultados bacteriológicos presentaron cifras bajas en las poblaciones de coliformes fecales y totales, siendo entre 145 y 488 (UFC/100 ml) respectivamente. De acuerdo con el decreto 1594/84⁽¹⁶⁾ Indica que la fuente de agua analizada es apta para algunos usos, entre ellos el riego agrícola que es la actividad desarrollada en la zona de estudio.

Normatividad exigida en cuanto a uso agrícola del agua

La tabla 5, muestra una comparación

entre los valores promedios de los parámetros físico químicos y bacteriológicos evaluados en las fuentes hídricas y los límites exigidos por los decretos 475/98⁽¹⁵⁾ y 1594/84⁽¹⁶⁾ obligatorios en la valoración de la calidad de agua para uso agrícola. De acuerdo a ello, los valores de estos parámetros estuvieron por debajo de los límites exigidos por dichos decretos, por lo tanto las aguas de la quebrada “Los micos” y la microcuenca “El Pencil” son aptas para riego agrícola.

Tabla 5. Límites establecidos para parámetros Fisicoquímicos y Microbiológicos en aguas para uso agrícola, según los decretos 475/98 y 1594/84.

PARÁMETRO	PROMEDIOS PARA LA QUEBRADA “LOS MICOS” Y LA MICROCUENCA “EI PENCIL”	DECRETO 475 DE 1998	DECRETO 1594 DE 1984
TEMPERATURA	18	-	40°C MÁXIMO
ALCALINIDAD	2.8	100	-
ACIDEZ	18	50	-
PH	6.5	DE 6.5-9.0	DE 4.5-9.0
DUREZA TOTAL	11	160	500MÁXIMO
CLORUROS	8.7	250	250 MÁXIMO
SÓLIDOS TOTALES	8.5	500	3000
NITRATOS	0.13	10 MÁXIMO	-
FOSFATOS	0.1	0.2	-
COLIFORMES TOTALES	398 UFC/100ml	-	1000 UFC/100ml

Parámetros biológicos

Se colectaron 750 Individuos, representados por 8 clases, 14 órdenes y 38 familias (tabla 6). La familia más abundante fue Veliidae del orden Hemiptera con 183 Individuos que representa el (24.46%); la familia Elmidae del orden Coleoptera fue la segunda más abundante con 98 Individuos que representa el (13.1%); la tercera familia más abundante fue Simuliidae del orden Díptera con 95

individuos que representa el (12.7%). Por su parte, los órdenes más representativos fueron Coleoptera con 8 familias, Odonata con 6 familias y Ephemeroptera con 5 familias. Estos grupos taxonómicos muestran especificidad con respecto al hábitat y a los niveles medios de contaminación acuática (Zúñiga, 2000) ⁽¹⁷⁾; por tal razón dan una idea clara del estado ecológico del sistema hídrico Quebrada “Los Micos” y la microcuenca “El Pencil”.

Tabla 6. Composición y estructura de la comunidad de macroinvertebrados Quebrada los Micos afluente de la Microcuenca el Pencil Filandia – Quindío.

CLASE	ORDENES	FAMILIAS	Abundancia					Abundancia Absoluta
			E I	E II	E III	E IV	E V	
INSECTA	Ephemeroptera	Baetidae	3	4	0	1	0	8
		oligoneuriidae	0	1	0	0	0	1
		Trycorythidae	2	6	0	7	3	18
		Leptopelbiidae	3	0	0	1	0	4
		Leptohyphidae	0	0	0	0	1	1
	Odonata	Libellulidae	10	9	7	2	6	34
		Gomphidae	5	1	0	3	2	11
		Aeshnidae	2	0	1	0	0	3
	Zigoptera	Calopterygidae	20	15	5	7	18	65
		Coenagrionidae	2	4	3	2	1	12
		Megapodagrionidae	4	4	5	2	1	16
	Hemiptera	Corixidae	1	1	0	0	0	2
		Naucoridae	0	0	0	0	1	1
		Velidae	40	13	44	61	25	183
		Gerridae	15	2	12	3	5	37
	Coleoptera	Staphylinidae	0	0	0	0	1	1
		Elmidae	23	16	1	22	36	98
		Ptilodactylidae	9	5	5	2	0	21
		Dryopidae	1	0	0	0	1	2
		Chrysomelidae	0	0	0	1	0	1
		Hydrophilidae	0	1	0	2	0	3
		Gyrinidae	0	0	2	0	0	2
		Lampyridae	0	0	0	1	1	2
	Trichoptera	Hydropsychidae	12	19	50	1	6	88
		Hydroptilidae	0	0	0	0	4	4
		Philopotamidae	0	0	1	0	0	1
		Leptoceridae	0	0	1	0	0	1
	Diptera	Chironomidae	3	6	2	1	1	13
		Simuliidae	0	13	50	5	27	95
		Tipulidae	0	0	0	0	1	1
		Empididae	0	1	1	0	0	2
Hydrozoa	Hidroida	Hidridae	0	0	0	0	4	4
Turbellaria	Tricladida	Planariidae	2	0	0	0	0	2
Oligochaeta	Haplotaxida		0	1	0	0	2	3
Hirudinea	Glossiphoniiformes	Glossiphoniidae	0	0	0	3	0	3
Arachnoidea	Acari	Hydrachnidae	0	0	2	0	0	2
Gastropoda	Archaeogastropoda	Neritidae	0	0	0	1	0	1
	Basimotophora	Physidae	0	0	1	0	1	2
Isopoda			0	0	1	1	0	2
8	14	38	157	122	194	129	148	750

Tabla 7. Valores del índice de diversidad Shannon-Weineer (H') aplicado a la comunidad de macroinvertebrados en las estaciones de muestreo de la quebrada “Los Micos” y la microcuenca “El Pencil”.

INDICE DE DIVERSIDAD (H') (Meses)	ESTACIONES DE MUESTREO				
	I	II	III	IV	V
Septiembre	2,36	2,5	3,01	1,96	2,45
Noviembre	2,2	2,14	2,39	1,5	2,22
Diciembre	2,41	2,89	2,13	2,23	2,81
Febrero	3,12	3,31	2,56	2,71	2,74
Promedio	2,52	2,71	2,52	2,1	2,55

Los Valores medios de diversidad (H') tuvieron un rango de 2,1 (bits/ind) estación IV a 2,71 (bits/ind) estación II (tabla 7), con base en lo planteado por Margalef (1983)⁽¹⁸⁾ estos resultados indican que los valores diversidad en todas las estaciones fueron bajos. En general, los organismos de la comunidad de macroinvertebrados presentes en la quebrada “Los Micos” afluente a la microcuenca “El Pencil”, se pueden considerar como pioneras, oportunistas y tolerantes; puesto que la integridad física del cauce y las orillas donde habitan, se ven alteradas por la intensa actividad agrícola y ganadera, además las descargas de agroquímicos es uno de los principales factores que pueden afectar la calidad ambiental.

En tal sentido, Wilhm y Dorris (1966)⁽¹⁹⁾, utilizan los valores del índice de Shannon para hacer una clasificación del agua tras realizar un estudio de la diversidad en aguas contaminadas y

no contaminadas, estableciendo que una diversidad superior a 3, indica que el agua esta limpia, valores entre 1 - 3 ligeramente contaminadas y los inferiores a 1 corresponden a agua intensamente contaminada. Teniendo en cuenta dicha clasificación, el sistema hídrico Quebrada “Los Micos” afluente de la microcuenca “El Pencil” corresponden a aguas ligeramente contaminadas.

Por consiguiente, la composición, abundancia y dinámica poblacional de los macroinvertebrados acuática esta fuertemente influida por las condiciones propias del medio que se caracteriza por caudales bajos y cauces angostos que no son ideales para el desarrollo de una fauna béntica diversa, rica y abundante (Machado y Roldan 1981)⁽²⁰⁾, debido a los pocos tipos de microhabitats y la baja disponibilidad de nichos y recursos alimenticios.

Tabla 8. Valores índice biótico BMWP/Col. en las estaciones de muestreo de la quebrada Los Micos afluente microcuenca El Pencil.

ESTACION	VALOR BMWP	CALIDAD	SIGNIFICADO	FAMILIAS	DESCRIPCION
I	99	Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas	Chironimidae Baetidae	Actividades ganaderas
II	89	Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas	Corixidae Oligochaeta Tolerantes a contaminacion	
III	109	Buena	Aguas limpias, no contaminadas o poco alteradas	Neritidae Philopotamidae Staphilinidae	Ausencia de praderas conservacion del bosque Optimas concentraciones de oxigeno y otras variables fisicoquimicas
IV	105	Buena	Aguas limpias, no contaminadas o poco alteradas	Lampyridae Leptoceridae Sensibles a la contaminacion	
V	102	Buena	Aguas limpias, no contaminadas o poco alteradas		

Los resultados del índice biótico BMWP/Col. (Tabla 8), muestran que la calidad del agua se encuentra en un rango que va de buena (Estaciones III, IV y V) a aceptable (Estaciones I y II).

Pesticidas órganoclorados
La tabla 9, muestra los 10 pesticidas órganoclorados identificados con niveles que superan los 0.0001 mg/ml (0.1 mg/L), valores permisibles establecidos en el artículo 15 del decreto 475/1998.

Tabla 9. Pesticidas encontrados en la evaluación.

PESTICIDA	CONCENTRACIÓN mg/ml
Endrin aldehido	24
Beta BHC	5,28
Dieldrin	3,03
Endosulfan II	2,33
Endrin	2,23
Endosulfan I	1,9
Heptaclor	0,9
4.4 DDD	0,7
Delta BHC	0,43
Heptaclor epoxido	0,4

Del total de pesticidas el: Heptaclor, Endosulfan I, Dieldrin, Endrin, 4.4 DDD y Endrin Aldehído se encontraron en el agua y se retuvieron en el lodo. Por su parte, Beta BHC, Heptaclor Epóxido, Endosulfan II y Endosulfan Sulfato se encontraron solo en el agua y Delta BHC solo en lodo. Dichos resultados indican que la gran mayoría de los pesticidas fueron acumulados o retenidos por el lodo, este aspecto coincide con los estudios de (Rodríguez et al., 2003; Cox & King, 1998; Londoño *et al.*, 2004)^(21,22) quines reportan los efectos acumulativos de los pesticidas en cauces fluviales.

La acumulación de los plaguicidas en el suelo es consecuencia de sus aplicaciones masivas en los cultivos presentes en el área de captación, y por medio de los mecanismos de

escorrentía superficial son arrastrados por los sedimentos hacia el cuerpo de agua (Mackay y Paterson, 1991)⁽⁴⁾. En ese sentido, la persistencia de los pesticidas organoclorados en los ecosistemas acuáticos depende de múltiples variables como: El origen del sedimento, tamaño de partículas y el tipo de materia orgánica (FAO, 1990)⁽³⁾.

Presencia y ausencia de plaguicidas organoclorados encontrados en lodo y agua en dos estaciones evaluadas

Se registraron los siguientes pesticidas organoclorados en la estación IV en el mes de Noviembre. 4 presentes en lodos (Delta BHC, Dieldrin, Endrin, Endrin Aldehído) (Figura 3), y 2 presentes en agua (Heptaclor Epóxido, Endrin) (Figura 4).

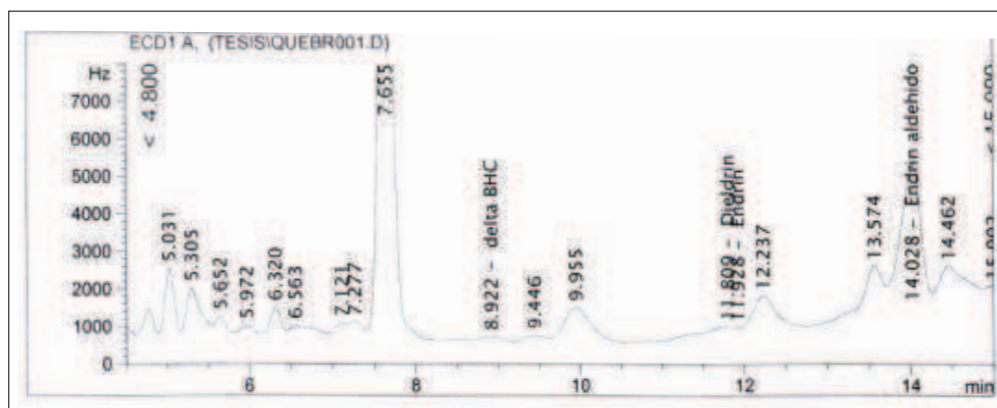


Figura 3. Perfil Cromatográfico para la estación IV. POC'S encontrados en el lodo, mes de Noviembre.

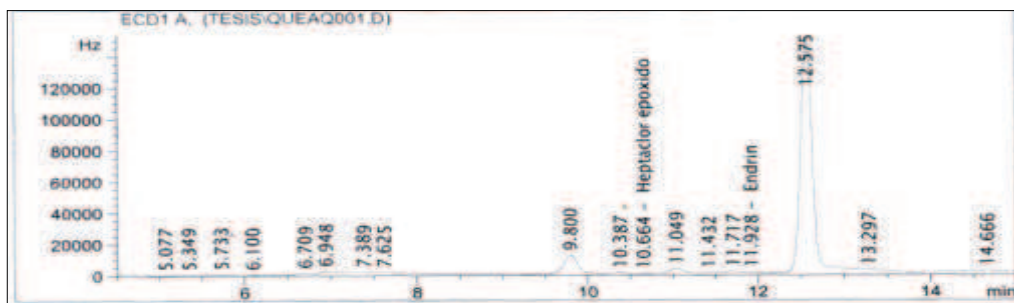


Figura 4. Perfil Cromatográfico. Estación IV. POC'S encontrados en agua, en el mes de Noviembre.

En cuanto a las estaciones de muestreo la presencia de los pesticidas siguió un patrón de menor a mayor en sentido a la posición de las estaciones de muestreo. En la estación III (Flores del alto 2) se registró la menor presencia de pesticidas organoclorados en agua,

mientras la estación IV (“Chispas” Flores del Alto 1) fue la que reportó mayor presencia de pesticidas organoclorados en agua y lodo y sus concentraciones fueron por lo general más altas que en la estación III (Figuras 5 y 6).

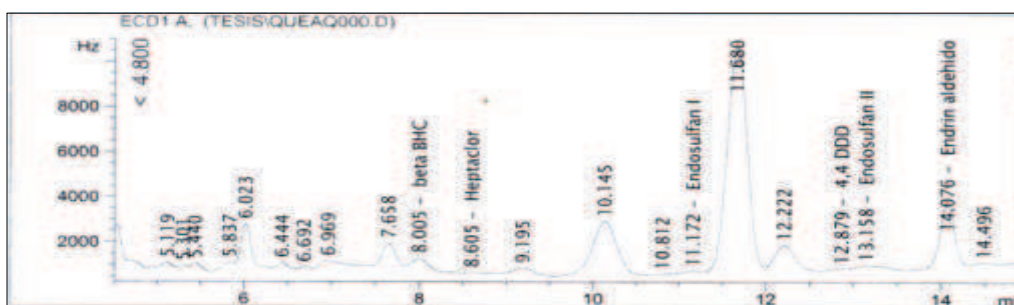


Figura 5. Perfil cromatográfico para la Estación IV . POC'S en Agua, en el mes de Septiembre.

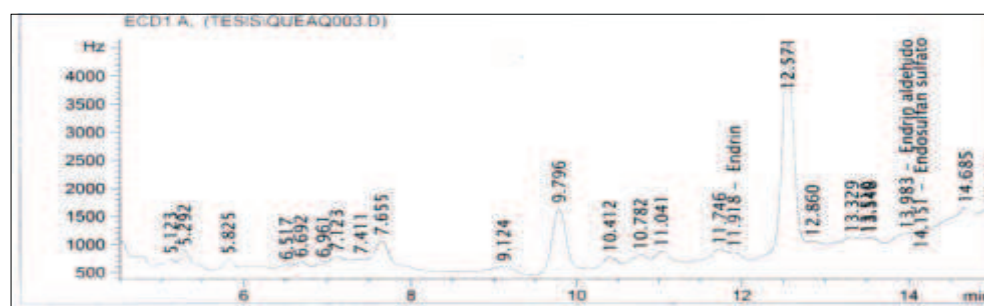


Figura 6. Perfil cromatográfico para la Estación III . POC'S en Agua. Septiembre.

Lo anterior, sugiere que las altas concentraciones en la estación IV (“Chispas” Flores del alto 1) se debe al efecto acumulativo de los plaguicidas en el agua que son transportados aguas abajo desde la estación III (Flores del Alto 2), además, se suma la descarga puntual de los desechos agrícolas del cultivo de flor pompón en esta estación y la ubicación de la estación III (Flores del alto 2), que estuvo más alejada de la fuente de contaminación.

En la estación III (Flores del alto 2) las concentraciones de pesticidas fueron contrastados con los parámetros fisicoquímicos, como el oxígeno disuelto y la DBO que presentaron los valores más bajos de 3 y 2.8 mg/l O₂ respectivamente; en cambio, la acidez obtuvo el valor más alto de 30 mg/L (CaCO₃). Aunque en esta estación no se registro la mayor presencia y concentración de pesticidas, es posible que se pueda presentar mayor impacto, pues regularmente los caudales promedio son bajos de 0,352 L/s lo cual favorece la acumulación de sedimentos e impedir la dilución de la concentración de pesticidas. Esta situación permite que los compuestos clorados se fijen sin posibilidad de ser degradados por los organismos depuradores. Al respecto, Stevens Institute of Technology de Canadá (2006)⁽²³⁾, afirmó que una relación D.B.O/OD con bajos valores, permite sospechar la presencia de sustancias tóxicas como pesticidas, metales

pesados, cianuros, cloro, etc., que retardan o inhiben la biodegradabilidad; aún en presencia de sustancias carbonadas resistentes a la descomposición biológica.

La toxicidad también afecta a los microorganismos depuradores y a las comunidades de maroinvertebrados, como en la estación IV (“Chispas” Flores del alto 1) que presento los valores más bajos de diversidad (H') con 2.1 (bits/ind), y mayores registros de concentración y presencia de pesticidas; esto debido a las descargas puntuales que afectaron la diversidad y riqueza de los macroinvertebrados acuáticos. Es bien conocido que especies animales en las que se haya acumulado gran cantidad de pesticidas presentan graves fallos reproductivos por perturbaciones hormonales.

Según (Kamrin, 1995)⁽²⁴⁾, asegura que los efectos toxicológicos de los plaguicidas sobre el sistema endocrino tienen muchas veces repercusiones en el sistema reproductor, pues este produce hormonas que regulan las fases de desarrollo; por ello, los organismos no pueden llegar a su estado adulto para alcanzar la madurez sexual. Esta exposición masiva ha ayudado a entender el problema de la disrupción hormonal, que a su vez ha generado numerosos estudios asociados a las patologías reproductivas y endocrinas observadas en distintas especies

animales con la exposición a compuestos con actividad hormonal (Colborn y Clement, 1992; Davis *et. al.*, 1993; Colborn *et. al.*, 1993)^(25, 26, 27).

Con respecto a los valores de diversidad (H') en la estación III (Flores del alto 2), esta presentó un valor de 2.52 (bits/ind), por lo cual se puede considerar que las familias de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos no fueron tan afectada por la presencia de pesticidas organoclorados como en la estación IV ("Chispas" Flores del Alto 1). El insecticida Endosulfan se encontró en alta concentración 2.33 (mg/ml) el cual representa un riesgo de contaminación para estas aguas, pues su acumulación en el sedimento puede causar toxicidad a la fauna béntica. Según (Soto *et. al.*, 1995; Vornier *et. al.*, 1996; Jin *et. al.*, 1997; Andersen *et. al.*, 1999)^(28, 29, 30 31), mencionan que el Endosulfan se clasifica como uno de los pesticidas eutrogénicos con capacidad disruptora endocrina. Dicha situación, sirve en la actualidad para definir a cualquier compuesto químico, contaminante ambiental, que una vez incorporado a un organismo afecta su equilibrio hormonal. (Olea *et. al.*, 1996; Pazos *et. al.*, 1998)^(32, 33).

Agradecimientos

Los autores de este artículo agradecen la colaboración de Socorro Giraldo

Londoño Técnico Agropecuario, UMATA Filandia Quindío; y al personal del Grupo de Investigación en Plaguicidas y Salud, y del Laboratorio de Aguas y Ambiental de la Universidad del Quindío.

Bibliografía

1. Decamps, H & R, Naiman. La ecología de los ríos. En Revista El mundo científico 9.. pp. 470 – 479. 1991.
2. Londoño O, A; Arrubla, J P; Zarate, MP; Torres, MD; Beltrán, IM; Toro, J L. Determinación de la calidad ambiental del río Santo Domingo, municipio de Calarcá, Departamento del Quindío. En Revista de Investigaciones Universidad del Quindío No. 14. Armenia. pp. 39 - 48. 2004.
3. FAO. Contaminación agrícola de los recursos hídricos. pp. web. 1990 www.fao.org/docrep/w25985/w2598s03.htm.
4. Mackay, D y Paterson, S. Evaluating the multimedia fate of organic chemicals: a Level III fugacity model. Environ. Sci. Techn. 25. pp. 427 -436. 1991.
5. Bustamante, C. A. & Monzalve, E. A. Informe Final Proyecto 247 "Determinación de las características e interrelaciones de los componentes del caudal ecológico para el río

- Quindío en el tramo Boquía – puente Balboa”. Vicerrectoría de Investigaciones Universidad del Quindío. Armenia - Colombia. 2006.
6. APHA-AWWA-APCF. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Ed. Díaz de Santos, Madrid. 1992.
 7. Roldán, Gabriel. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. FEN Colombia. Colciencias. Universidad de Antioquia. 1996.
 8. Merrit, R W; Cummins, K W & VHL, Resh. Collecting, sampling and rearing methods for aquatic insects. In: An introduction to aquatic insects of North America. R.W. Merrit & K.W. Cummins (eds). pp 13 – 28. 1962.
 9. González, D R. Clave para familias de Imagos de Ephemeroptera (Insecta) de Colombia. Universidad del Valle. Departamento de Biología. Cali. 1993.
 10. Pennak, Robert W. Fresh-Water Invertebrates of the United States, Editorial. Jhon Wiley Sons New York – 2° Edition. pp 803. 1978.
 11. Roldán, Gabriel. Los macroinvertebrados como bioindicadores BMWP. Colombia. En Revista Innovación y Ciencia Vol. XI – No 1. pp. 19 – 23. 2003.
 12. Roldán, Gabriel. Fundamentos de limnología Neotropical. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia, Colección de ciencias y tecnología número 1. 1992.
 13. Valdovinos, C. Riparian setter processing by benthic macroinvertebrate in woodland extrema of central Chile. Revista Chilena de Historia Natural (74): 445-453. 2001.
 14. Cumming, K & KLUG, J. Feeding ecology of stream invertebrate. Annual Review Ecology and Systemic. 1979.
 15. Ministerio de Salud. Republica de Colombia, Decreto 475 de 1998, Normas técnicas de calidad del agua potable. pp 4-5. 1998.
 16. Ministerio de Salud. Republica de Colombia, Decreto 1594/84, capitulo VI, 1984.
 17. Zuñiga de Cardoso, Maria del Carmen. Los insectos como bioindicadores de la calidad del agua. Manuscrito. Universidad del Valle. Departamento de Procesos Químicos y Biológicos. Cali - Colombia. 2000.
 18. Margalef, R. Limnología. Editorial Omega. Barcelona - España. 1983.
 19. Wilhm J L, Dorris T L. Species diversity of benthic macroinvertebrates in a stream receiving domestic and oil refinery effluents. The American Midland

chemicals. Environ. Health Perspect. 107. pp. 89-108. 1999.

32. Olea, N; Pazos, P; Expósito J. Inadvertent exposure to xenoestrogens. Eur. J. Cáncer Preven. 7. pp.17 – 23. 1998.

33. Pazos, P; Olea-Serrano, M F; Zuluaga, A; Olea, N. Endocrine Disrupting Chemicals: Xenoestrogens. Med. Biol. Environ Int. J. 26. pp. 41 – 47. 1998