

INTRODUCCION

Las perturbaciones antrópicas se ven reflejadas en cambios de dinámica de poblaciones, estructura de las comunidades e integridad genética de las especies nativas. Por tal razón la urgencia de dedicar estudios a los sistemas acuáticos con el fin de encontrar vías que indiquen los efectos de cambios, no sólo porque ésta clase de gradientes son naturalmente variables, sino también porque quebradas y ríos son altamente vulnerables a éstas perturbaciones.¹

En Colombia especialmente en el Departamento del Quindío, el recurso agua como consecuencia de la deforestación y fenómenos atmosféricos entre otros, ha sufrido variaciones fuertes en su ciclo, evidenciándose períodos largos de sequía o lluvia. Además, su calidad se ha visto afectada por el uso indiscriminado de agrotóxicos, arrastre de suelos que sedimenta las fuentes de trayendo agua consigo los desbordamientos de ríos y quebradas, disminución de zonas protectoras de cauces naturales y contaminación por vertimiento de aguas residuales producto de beneficio del café y de uso doméstico y agrícola.²

La actividad agrícola con mayor auge en el Departamento del Quindío es el cultivo del café y la aparición de la broca *Hypotenemus hampeii* la convirtió en una gran amenaza, ya que según la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia³ el Quindío terminó el año de 1997 con 51.000 (ha) dedicadas al cultivo del café y los niveles de daño por broca estaban entre 5 y 10% los cuales son considerados altos. A lo anterior se agrega el control químico de plagas en otros cultivos de importancia para el departamento como el plátano, la yuca y los cítricos.

Los análisis de parámetros físico-químicos solo dan una idea puntual y no temporal acerca de las variaciones que ocurren en el agua. Por tal razón se incluyen los estudios biológicos, porque miden la calidad del agua a través de los cambios que experimentan las comunidades acuáticas.

Los macroinvertebrados son organismos que por su hábito soportan espacio y temporalmente descargas de desecho de diferente orden. Fueron propuestos desde hace varias décadas como indicadores de la calidad del agua (Hynes 1962, Mylinsky y Ginsborg 1977, Hawkes 1979 y Dorvis 1968)⁴.

Debido a la cantidad de parámetros que participan en el diagnóstico de la calidad del agua y a lo complejo que éste puede llegar a ser, se han diseñado índices para sintetizar la información proporcionada por éstos parámetros. Los índices tienen la capacidad de permitir la comparación de la calidad en diferentes lugares y momentos y de facilitar la valoración de los vertidos contaminantes y de los procesos de autodepuración utilizando por lo tanto en el presente trabajo, los índices de BMWP para Colombia, ICOMO, ICOSUS, ICOMI, etc.

El Departamento de Antioquia fue pionero en Colombia en realizar trabajos con relación a la contaminación. En el río Medellín se trabajó con la comunidad bentónica desde el año 1973⁵. Otros estudios en este río son reportados por: Matthias U, Moreno H 1983⁶; Palacio J. Parra C.M. 1990⁷.

Estudios publicados con relación al estado de contaminación por medios de índices biológicos y el estudio de macroinvertebrados bénticos son: en el Río Negro (Perez G, Roldán G 1978⁸; Agudelo A, 1980⁹ ; Alzate J.H. 1985¹⁰) en el Río Anorí (Machado T, Roldán G 1981¹¹) y en diferentes quebradas del departamento (Castrillón S.A 1995¹²: Posada E.M. 1997¹³; Caicedo O. y Palacio J. 1998¹⁴).

Para el departamento de Cundinamarca se reportaron trabajos en relación con la contaminación y bioindicación de macroinvertebrados en el río Bogotá (Caicedo E., García G, 1971¹⁵ ; Gaviria S, Rodríguez C, 1983¹⁶ ; Bohorquez et. al 1993¹⁷). En los ríos Barandillas y Frío (Ardila J.L., Bohorquez A. 1997¹⁸).

En el departamento del Valle del Cauca estudios por contaminación han sido reportados por Cubillos y Gallego (1970¹⁹). En lagos y embalses del departamento se analizó la calidad del agua (Prat N, Rieradevall M. 1996²⁰).

Para el departamento del Cauca se han reportado estudios con base en la calidad del agua donde se correlacionan parámetros físico-químicos y biológicos (Zamora et .al. 1981 ²¹; Zamora H., Naundorf G. 1990 ²²; Zamora H, 1998 ²³).

En el departamento del Magdalena se reportan trabajos en los ríos Magdalena y Manzanares en relación con la calidad del agua (Zúñiga M del C. 1986²⁴ ; Escobar A. 1989²⁵). En el departamento del Huila se reportan estudios en quebradas del sur del departamento y la relación de la calidad del agua con parámetros físico-químicos y biológicos (Sánchez M, Perea J. 1989²⁶).

En el departamento del Quindío se han realizado trabajos en relación con la calidad del agua respecto a su grado de contaminación y los índices de diversidad que presentan los macroinvertebrados en los ríos Roble y Quindío y quebrada Cristales (Aldana et al 1993²⁷; Rodríguez E, 1994 ²⁸; Vargas I.C., Sanabria J. 1998 ²⁹) , en la quebrada La Florida (Arango y Becerra 1996³⁰) y en la quebrada la Calzada (Castañeda y Fonseca 2000 ³¹).

Igualmente en el Quindío el grupo de investigación en Plaguicidas ha correlacionado parámetros físico-químicos y biológicos con las determinaciones químicas mediante cromatografía para determinar la presencia de plaguicidas en el río Roble (Londoño et el 2000³²), quebradas El Congal y Agua Bonita (2003) Río Santodomingo (Londoño et. al 2004 ³³). En el 2005 está desarrollando el estudio en el río Espejo.

MATERIALES Y MÉTODOS

AREA DE ESTUDIO

El departamento del Quindío se localiza en la región centro occidental del país, a 4° 44' y 4° 04' latitud norte, 75° 24' latitud este y 75° 52' longitud oeste; entre el costado izquierdo de la cordillera central (donde se destacan las cimas de los páramos Cumarco, Barragán, Chili y el volcán del Quindío) y el valle del río Cauca, limitando con los ríos Barragán y La Vieja.

El Quindío comprende una superficie de 1961,8 km², lo cual representa el 0.2 % de la superficie nacional. Al norte del departamento se encuentran los municipios de Salento y Filandia, caracterizados por presentar una cobertura vegetal que representa los bosques Andinos, modificada donde predomina una matriz de paisaje de potreros y plantaciones de pinos (FOREC, 2000)³⁴

En la parte oriental del municipio de Filandia y cerca del Alto del Roble, mas conocido como Cruces, confluencia de Circasia, Salento y Filandia en el departamento del Quindío, tiene origen la quebrada El Roble, en jurisdicción del municipio de Circasia cerca del límite de éste con Salento y Portachuelo. La zona de estudio se encuentra en el ecotopo 210A que a su vez se localiza en la zona III (clasificaciones climáticas realizadas por Cenicafé) con las siguientes características: pendientes entre 1200 y 1250 metros de altitud con una precipitación próxima a los 2000 mm, una temperatura que oscila entre 21 y 22 grados centígrados con una humedad relativa del 78% y suelos derivados de cenizas volcánicas. La vegetación se clasifica dentro de las zonas de vida bosque muy húmedo Montano Bajo (bmh-BH) y bosque muy húmedo Premontano (bmh-PM) con una longitud de 37 KM. En el presente trabajo se realizó la investigación en el curso entre Montenegro y la desembocadura en el Río La Vieja. (Ver Mapa Anexo 3).

MUESTREOS

Para la toma de muestras se determinaron 4 estaciones equidistantes con las siguientes características:

Estación 1.

Montenegro. Finca Aquí es Troya. 1119 m.s.n.m. 04° 34' 34'' N y 75° 45' 99 W. Presenta agua turbia, es un cañón con vegetación aledaña, guaduas, poáceas, pocos árboles de gran tamaño y fondo lodoso pedregoso.

Estación 2.

Montenegro. Finca Samaria. 1074 m.s.n.m. 04° 34' 04'' N y 75° 46' 84 W. Agua turbia, sin vegetación aledaña, fondo pedregoso y lodoso con fuerte corriente.

Estación 3.

Montenegro. Finca Villa Sofía. 1100 m.s.n.m. 04° 37' 33'' N y 75° 21' 22 W. Fondo pedregoso lodoso, poca vegetación aledaña.

Estación 4.

Quimbaya. La Española. 975 m.s.n.m. 04° 37' 33'' N y 75° 21' 22 W. Fondo lodoso pedregoso, con abundante vegetación aledaña como guadua, pasto, frutillo, salvia amarga, guayabo, cadillo y Verbena.

1. ANALISIS BIOLÓGICO

Para la determinación de las comunidades de macroinvertebrados se tomaron tres muestras en cada una de las estaciones de muestreo en épocas de lluvia y sequía en las horas de la mañana (6-9) por ser en estas horas donde la población tiene mayor actividad.

Los macroinvertebrados se colectaron mediante el empleo de una red de mano por el sistema de flotación. Las muestras se preservaron en alcohol al 70% y se clasificaron en el laboratorio empleando diferentes claves y guías taxonómicas.

Se utilizó el índice de diversidad de Shannon – Wiener (H'), que expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Magurran, 1988; Peet, 1974 y Baev y Penev 1995 citados por Moreno 2001)³⁵. Los datos para este índice se procesaron en el paquete estadístico KREBS versión 5.0.

Con el fin de determinar el grado de contaminación por materia orgánica se determinó el Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO) el cual se expresa en variables que incluyen el DBO, Col. Totales y el porcentaje de Oxígeno (**ICOMO** = $1/3(I.DBO+I.Col. Totales+ I. oxígeno \%)$) ya que reflejan fuentes de contaminación orgánica como el porcentaje de saturación de oxígeno que indica la respuesta de saturación del oxígeno que indica la respuesta o capacidad ambiental del ecosistema ante este tipo de polución (Viña y Ramírez, 1998)³⁶.

Igualmente para evaluar la calidad del agua se utilizó el método BMWP (Biological Monitoring Working Party) que permite determinar mediante valores de puntaje para las familias individuales su tolerancia a la contaminación con base en el conocimiento de la distribución y la abundancia. (Roldán 2003)³⁷

2. ANÁLISIS DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS

Los contaminantes orgánicos persistentes (POC's) como los compuestos organoclorados son componentes de difícil degradación con una elevada persistencia en el medio lo cual puede llegar a causar un efecto nocivo a los organismos vivos.

Las muestras se tomaron en las cuatro estaciones de muestreo previamente determinadas, en las cuales se recolectaron muestras de lodo y agua que fueron almacenadas en recipientes de vidrio color ámbar, previamente enjuagados tres veces con el agua que se va a muestrear. En la boca del frasco se instaló una lámina de papel de aluminio con el fin de impedir que la muestra entre en contacto con el material interno de la tapa; posteriormente se tomaron 2 litros de muestra que se refrigeraron a 4°C, durante un tiempo no mayor de 7 días para pesticidas organoclorados desde la toma de la muestra hasta la extracción en el laboratorio.

Las muestras líquidas se homogenizaron mediante agitación manual suave y se extrajeron con diclorometano en un extractor líquido – líquido continuo (CLLE), durante 24 horas; luego se separó la fase no acuosa la cual se llevó a concentración. A continuación se muestran los porcentajes de recuperación obtenidos por medio de la técnica CLLE. (Tabla N° 1).

Las muestras sólidas (lodos), se secaron en una estufa marca Memer a 60°C durante 72 horas, luego se realizó una extracción tipo Soxhlet con hexano, en tiempo de 24 horas, posteriormente el extracto se sometió a concentración.

Los extractos tanto de las muestras sólidas como de la líquidas se concentraron en un equipo Kuderna – Danish acoplado a una columna Snyder de tres bolas, hasta obtener un volumen en frío no menor de 6 mL y no mayor de 7 mL- Si los extractos presentaban turbiedad se realizaba un proceso de limpieza (Clean up) pasando el extracto por una columna de Florisil.

Se realizó la evaluación de residuos de pesticidas organoclorados en un cromatógrafo de gases Hewlett-Packard HP 6890 Plus GC System con control electrónico de presión, programación electrónica de temperatura, equipado con un inyector *split-splitless*, una columna capilar DB-608 [30 m x 0.53 mm (d.i.) x 0.5 µm (f.e.)] y un detector de microcaptura de electrones (µ-ECD). Para el procesamiento de los datos obtenidos en

el análisis, se utilizó el software Chemstation Rev. A. 06.03 [509]; los parámetros operacionales utilizados para el análisis de los POC's se muestran en el anexo 1

Se prepararon soluciones estándar (patrón externo) de una mezcla de pesticidas organoclorados en metanol en concentraciones de 0.05, 0.025, 0.0125, 0.005, 0.0025 mg/L inyectando 1 µL por triplicado para determinar la reproducibilidad y la linealidad del detector de µ-ECD, se realizó la correlación de las concentraciones y su respuesta de área y se evaluó el coeficiente de correlación lineal R^2 . En el Anexo 2 se presentan las curvas de calibración con su correspondiente coeficiente de correlación y ecuación de la recta.

Tabla N° 1. Porcentajes de recuperación de los OPC'S, obtenidos por extracción líquido – líquido continuo (CLLE).

COMPUESTO	% DE RECUPERACIÓN
alfa BHC	46±4,3
gama BHC	48±5,6
beta BHC	50±4,1
Heptaclor	70±3,1
delta BHC	39±6,0
Aldrín	43±4,2
heptaclor epóxido	50±5,1
endosulfan I	59±2,8
4,4 DDE	95±3,2
Dieldrín	71±1,9
Endrín	84±3,6
4,4 DDD	85±5,1
endosulfan II	75±4,1
4,4 DDT	84±6,7
endrín aldehido	95±2.0
endosulfan sulfato	70±2.0

De acuerdo con los datos reportados de la Tabla N° 1, se puede corroborar que este tipo de extracción ofrece unas altas recuperaciones de los analitos, ya que el solvente atraviesa la muestra continuamente durante un largo periodo de tiempo; por lo tanto, presenta la ventaja de recuperar los analitos objeto de estudio, que generalmente, se encuentran en trazas. Las reproducibilidades en las recuperaciones de los OCP's estuvieron entre el 2.0 y el 6.7%.

3 .ANALISIS FISICO-QUIMICOS

Se realizaron análisis en las 4 estaciones establecidas, tanto en época de bajo régimen como en época de alto régimen pluviométrico. Para tal efecto se tomaron muestras de agua a diferentes profundidades. Se midieron los siguientes parámetros: oxígeno disuelto, pH, DBO, DQO, temperatura, turbiedad, color, acidez total, hierro total, sulfatos, cloruros, dureza total, alcalinidad total, sodio , hierro, conductividad, CO₂, Nitritos, sólidos totales y aluminio.

Los análisis se realizaron en un espectrofotómetro modelo DREL/5 de la casa Hach Company; el pH mediante un potenciómetro Orion Modelo 290 A ; el oxígeno disuelto mediante un oxímetro SENION G de la casa Hach Company. Los análisis se realizaron en los laboratorios de aguas de la Universidad del Quindío y de la Asociación de Usuarios de Barcelona, Quindío. La evaluación se realizó considerando el uso para la cual está destinada la fuente (Consumo humano y agricultura). Los rangos de valores obtenidos se compararon con los valores de referencia establecidos en el decreto 475 de 1998 del Ministerio de Salud.

RESULTADOS

1. ANALISIS BIOLÓGICOS

1.1 MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS

En total se colectaron 596 individuos representados en 10 órdenes, 22 familias y 15 géneros. El género más abundante fue *Rhagovelia* sp. (Veliidae con 203 individuos), seguido por *Smicridea* sp. (Hydropsichidae con 125). El resto de individuos se presentaron con valores menores a 46 (Tabla N° 6).

La familia Veliidae (*Rhagovelia* sp) tiende a ser abundante en las colectas puesto que se agrega y se encuentra en sistemas de corrientes rápidas y lénticas (Roldán, 1992). Por su parte la segunda familia más abundante fue Hydropsichidae (*Smicridea* sp.) posiblemente es dominante en aguas corrientes y con abundante vegetación (Roldán, 1988)⁴.

En las estaciones 1 y 2 las familias más abundantes fueron Veliidae (*Rhagovelia* sp) e Hydropsichidae (*Smicridea* sp.); en las estaciones 3 y 4 una de las familias más abundantes fue Calopterygidae (*Hetaerina* sp. Con 37 individuos); esta abundancia se explica por la vegetación emergente ribereña y por ser depredadores activos. (Tablas N° 2 a 5).

TABLA N° 2. Macroinvertebrados bentónicos encontrados en el sitio de muestreo número uno, Río Roble (Montenegro, Finca Aquí es Troya), 1074 m.s.n.m.

ORDEN	FAMILIA	GENERO	BIOINDICACION	No.
ODONATA ZYGOPTEA	Calopterygidae	<i>Hetaerina sp.</i>	Aguas oligomesotróficas	3
ANISOPTERA	Libellulidae	<i>Sympetrum sp.</i>	Aguas medianamente eutrificadas	1
	Cordullidae	<i>Sp.</i>	Aguas medianamente eutrificadas	6
COLEOPTERA	Elmidae	<i>Sp.</i>	Aguas limpias	1
	Staphylinidae	<i>Sp.</i>	Aguas limpias	2
LEPIDOPTERA	Pyalidae	<i>Sp.</i>	Aguas oligotróficas	1
THRICOPTERA	Hydropsychidae	<i>Smicridea sp.</i>	Aguas oligo a eutróficas	83
HEMIPTERA	Veliidae	<i>Rhagovelia sp.</i>	Aguas oligotróficas	56
	Naucoridae	<i>Chrypocricos sp.</i>	Aguas oligotróficas	3
EPHEMEROPTERA	Baetidae	<i>Baetodes sp.</i>	Aguas limpias o poco contaminadas.	6
		<i>Baetis sp.</i>	Aguas limpias	17
	Tricorythidae	<i>Leptohyphes sp.</i>	Aguas ligeramente contaminadas	6
DIPTERA	Simulidae	<i>sp.</i>	Aguas oligotróficas	1
TRICLADIDA	Planaridae	<i>Dugesia sp.</i>	Resisten cierto grado de contaminación	13
	Lymnaeidae	<i>Lymnaea sp.</i>	Resisten cierto grado de contaminación	1
	Ancylidae		Resisten cierto grado de contaminación	2
8 ORDENES	15 FAMILIAS	10 GENEROS		202

**TABLA N° 3. Macroinvertebrados bentónicos encontrados en el sitio de muestreo número dos.
(Montenegro, Finca Samaria) 1074**

ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	BIONDICACION	No.
ODONATA				
ZYGOPTERA	Calopterygidae	<i>Hetaerina sp.</i>	Aguas oligomesotróficas	6
ANISOPTERA	Libellulidae	<i>Sympetrum sp.</i>	Aguas medianamente eutroficadas	2
COLEOPTERA	Elmidae	<i>Sp.</i>	Aguas limpias	5
EPHEMEROPTERA	Baetidae	<i>Baetodes sp.</i>	Aguas limpias o poco contaminadas	6
		<i>Baetis sp.</i>	Aguas limpias	5
	Trycorythidae	<i>Leptohyphes sp.</i>	Aguas ligeramente contaminadas	20
THRICOPTERA	Hydropsichidae	<i>Smicridea sp.</i>	Aguas oligo a eutróficas	41
HEMIPTERA	Vellidae	<i>Rhagovelia sp.</i>	Aguas oligotróficas	20
	Gerridae	<i>Metrobates sp.</i>	Aguas oligomesotróficas	8
	Lymnaeidae	<i>Lymnaea sp.</i>	A. resisten cierto grado de contaminación	9
	Planaridae	<i>Dugesia sp.</i>	A. resisten cierto grado de contaminación	12
	Glossiphoniidae		Aguas eutróficas por contaminación orgánica	1
5 ORDENES	11 FAMILIAS	10 GENEROS		135

TABLA N° 4. Macroinvertebrados bentónicos encontrados en la toma número tres. (Montenegro, Finca Villa Sofía), 1100

ORDEN	FAMILIA	GENERO	BIOINDICACION	No.
ODONATA				
ZIGOPTERA	Calopterygidae	<i>Hetaerina sp.</i>	Aguas oligomesotróficas	37
	Coenagrionidae	<i>Sp.</i>	Aguas oligomesotróficas	1
ANISOPTERA	Libellulidae	<i>Sympetrum sp.</i>	Aguas oligomesotróficas	2
HEMIPTERA	Mesoveliidae		Aguas oligotróficas	2
	Veliidae	<i>Rhagovelia sp.</i>	Aguas oligotróficas	90
		<i>Microvelia sp.</i>	Aguas oligotróficas	2
	Gerridae	<i>Trepobates trepidus</i>	Aguas oligomesotróficas	6
PLECOPTERA	Perlidae	<i>Anacroneturia sp.</i>	Aguas limpias y eutrólicas	2
TRICOPTERA	Hydropsychidae	<i>Smicridea sp.</i>	Aguas oligo a eutrólicas	1
EPHEMEROPTERA	Tricorythidae	<i>Leptohyphes sp.</i>	Aguas mesotróficas	3
COLEOPTERA	Staphylinidae		Aguas eutrólicas	1
	Glossiphoniidae		Aguas eutrólicas	1
	Lymnaeidae	<i>Lymnaea sp.</i>	Resisten cierto grado de contaminación	1
	Ancylidae		Resisten cierto grado de contaminación	2
TRICLADIDA	Planariidae	<i>Dugesia sp.</i>	Resisten cierto grado de contaminación	12
7 ORDENES	14 FAMILIAS	10 GÉNEROS		163

**TABLA N° 5. Macroinvertebrados bentónicos encontrados en el sitio de muestreo número cuatro.
(Quimbaya La Española) 975**

ORDEN	FAMILIA	GENERO	BIONDICACION	No.
ODONATA				
ANISOPTERA	Gomphidae	<i>Progomphus</i> <i>sp.</i>	Aguas oligomesotróficas	4
		<i>Aphylla sp.</i>	Aguas oligomesotróficas	9
	Libellulidae	<i>Sympetrum sp.</i>	Aguas medianamente eutroficadas	3
	Corduliidae	<i>Sp.</i>	Aguas medianamente eutroficadas	19
ZYGOPTERA	Calopterygidae	<i>Hetaerina sp.</i>	Aguas oligomesotróficas	23
	Coenagrionidae	<i>Sp.</i>	Aguas oligomesotróficas	4
HEMIPTERA	Veliidae	<i>Rhagovelia sp.</i>	Aguas oligotróficas	3
	Gerridae	<i>Metrobates sp.</i>	Aguas oligomesotróficas	5
		<i>Brachymetra</i> <i>albinervis</i>	Aguas oligomesotróficas	9
		<i>Trepobates</i> <i>trepidus</i>	Aguas oligomesotróficas	1
COLEOPTERA	Psephenidae	<i>Sp.</i>	Aguas limpias	12
	Elmidae	<i>Sp.</i>	Aguas limpias	9
DIPTERA	Chironomidae	<i>Sp.</i>	Aguas medianamente contaminadas	1
	Simuliidae	<i>Sp.</i>	Aguas medianamente contaminadas	1
	Lymnaeidae	<i>Lymnaea sp.</i>	Resisten cierto grado de contamianción	5
4 ORDENES	12FAMILIAS	9 GENEROS		142

TABLA N° 6. Total de macroinvertebrados bentónicos encontrados en el río roble parte media y baja.

ORDEN	FAMILIA	GENERO	BIOINDICACION	No DE INDIVIDUOS
ODONATA ZYGOPTERA	Calopterygidae	<i>Hetaerina sp.</i>	Aguas oligomesotróficas	46
	Coenagrionidae	<i>Sp.</i>	Aguas oligomesotróficas	5
ANISOPTERA	Libellulidae	<i>Sympetrum sp.</i>	Aguas medianamente eutrificadas	8
	Cordullidae	<i>Sp.</i>	Aguas medianamente eutrificadas	25
COLEOPTERA	Elmidae	<i>Sp..</i>	Aguas limpias	15
	Staphylinidae	<i>Sp.</i>	Aguas limpias	3
	Psephenidae	<i>Sp.</i>	Aguas limpias	12
LEPIDOPTERA	Pyralidae	<i>Sp.</i>	Aguas oligotróficas	1
THRICOPTERA	Hydropsychidae	<i>Smicridea sp.</i>	Aguas oligo a eutróficas	125
HEMIPTERA	Veliidae	<i>Rhagovelia sp.</i>	Aguas oligotróficas	203
		<i>Microvelia sp.</i>	Aguas oligotróficas	2
	Naucoridae	<i>Chrypocricos sp.</i>	Aguas oligotróficas	3
	Mesoveliidae	<i>Sp.</i>	Aguas oligotróficas	2
	Gerridae	<i>Metrobates sp.</i>	Aguas oligomesotróficas	13
		<i>Brachymetra albinervis</i>	Aguas oligomesotróficas	9
		<i>Trepobates trepidus</i>	Aguas oligomesotróficas	1
EPHEMEROPTERA	Baetidae	<i>Baetodes sp.</i>	Aguas limpias o poco contaminadas.	12
		<i>Baetis sp.</i>	Aguas limpias	22
	Trycorythidae	<i>Leptohyphes sp.</i>	Aguas ligeramente contaminadas	26
DIPTERA	Simuliidae	<i>sp.</i>	Aguas oligotróficas	2
	Chironomidae	<i>Sp.</i>	Aguas medianamente contaminadas	1
PLECOPTERA	Perlidae	<i>Anacroneuria sp.</i>	Aguas limpias y eutróficas	2
	Lymnaeidae	<i>Lymnaea sp.</i>	Resisten cierto grado de contaminación	16

	Ancylidae		Resisten cierto grado de contaminación	4
TRICLADIDA	Planariidae	<i>Dugesia sp.</i>	Resisten cierto grado de contaminación	37
	Glossiphoniidae		Aguas eutróficas por contaminación orgánica	2
9 ORDENES	22 FAMILIAS	15 GÉNEROS		596

1.2 INDICES BIOLÓGICOS

El índice de diversidad de Shannon Wiener (H') establece prioridades de cada ecosistema en función del número de individuos y la variabilidad de los componentes biológicos (Rivera y Mejía, 2004). En la tabla N° 7 se observan los valores para el índice de diversidad calculado para las estaciones de muestreo. De acuerdo con esto la estación que presentó el mayor valor fue la estación 4 La Española y no se evidencia en esta una abundancia marcada de individuos. Esta estación fue la más diversa por presentar condiciones óptimas para el establecimiento de individuos debido a que es un cuerpo de agua con sustrato pedregoso, pedregoso lodoso con abundante vegetación aledaña y con una temperatura, pH y O.D. que permiten el establecimiento de los macroinvertebrados acuáticos. La estación 3 fue la menos diversa ($H' = 2.13$) presentó una alta abundancia de organismos (Tabla N° 7) la familia Veliidae.

Tabla N° 7. Índices de diversidad de cada una de las estaciones de muestreo.

Estación/Índices	H'	B.M.W.P
1	2.55	84
2	3.04	56
3	2.13	84
4	3.28	76

H' = Shannon Wiener

El índice BMWP indica que en los sitios 1, 3 y 4 se presentan aguas de calidad aceptable, ligeramente contaminada y clasificada como Grado II. La estación 2 presenta agua de calidad dudosa, moderadamente contaminada y clasificada como Grado III.

Índice de contaminación orgánica ICOMO

La estación 3 presentó niveles medios de contaminación, los cuales resultaron ser los más elevados de todas las estaciones de muestreo. Las demás estaciones presentaron niveles bajos de contaminación, lo que se debe quizás a que en estas zonas del río no se evidencia la afluencia directa de residuos domésticos e industriales de los municipios de Montenegro y Quimbaya, permitiendo así el establecimiento de la fauna macroinvertebrados. Además algunos muestreos se realizaron en épocas de fuertes lluvias situación que puede incidir en el arrastre de materia orgánica y de sustratos que son soporte para el establecimiento de los organismos.

Tabla N° 8. Valores totales del índice de contaminación orgánica (ICOMO).

Parámetro	DBO	Col . Total	Oxígeno %	ICOMO
Estación 1	0,857	0,173	0,44	0,49
Estación 2	0,747	0,159	0,65	0,51
Estación 3	0,754	0,181	0,26	0,398
Estación 4	0,240	0,236	0,28	0,252

1.3 PARÁMETROS BACTERIOLÓGICOS

COLIFORMES TOTALES Y FECALES (UFC/100ml)

Las coliformes fecales tiene relación con la variable base que son las coliformes totales e indica un alto contenido de materia orgánica en las diferentes muestras de agua

analizadas (450 y 1010 UFC/100 ml para coliformes totales y 210 y 420 UFC/100 ml para coliformes fecales); pero muestra (según este parámetro) que el agua puede ser utilizada en la agricultura y no para consumo del hombre y los animales.

Tabla N° 9. Variables bacteriológicas tomadas para las estaciones de muestreo.

Parámetros	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4
Coliformes totales: UFC/100 cm ³	760	717	787	985
Coliformes fecales: UFC/100 cm ³	292	330	330	340
Mesofilos: UFC/100 cm ³	497	463	403	460

2. PARAMETROS FISICO-QUIMICOS

Los resultados obtenidos en los análisis fisicoquímicos se muestran en la tabla N° 10

Tabla N° 10 Parámetros físico químicos para las estaciones de muestreo en el Río Roble

Parámetros	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4
Conductividad us/ cm	72.5	80	72	76.6
Temperatura del agua	19.9	20.6	20.9	20.8
Temperatura del aire	21.25	22.2	22.1	21.1
Ph	7.49	7.56	7.6	8.12
Alcalinidad total mg/l CaCo ₃	23	31	40	63.3
Dioxido de Carbono mg/CO ₂	16	13.4	35.8	14.56
Acidez total mg/l CaCo ₃	11	13.5	21.3	48
Dureza total mg/l CaCo ₃	37	26	21.3	24.6
Cloruros mg/ Cl	18	17.3	19	18.5

*N.Nitritos mg/ NO2	0.025	0.025	0.025	0.025
Sólidos totales mg/ l	137	115	176	258
O.D. mg/l O2	4.3	3.25	5.8	5.0
D.Q.O mg/l O2	58.8	56.3	49.3	59.46
D.B.O mg/l O2	19.8	13.85	14.16	2.6
Turbiedad UNT	13.33	12.3	13.3	15.5
Color Pt Co	14.33	13.6	14.6	17
*Hierro total	0	0	0	0
Sulfatos	67.3	68.6	68.6	74
Aluminios	0.07	0.07	0.07	0.07
Altura m.s.n.m.	1119	1074	1100	975

PH:

Los valores encontrados en las muestras tomadas en los sitios seleccionados para dicho estudio oscilan entre 6,9 y 7,5 determinándose que dicha fuente hídrica presenta en su composición una leve alcalinidad como consecuencia de los agentes contaminantes que normalmente son aguas servidas que contienen altos valores de residuos de jabones y detergentes (bases). Y en respuesta a las características de estos suelos ya que son moderadamente ácidos según estudios realizados por la CRQ. (Suelos Departamento del Quindío, CRQ 1996).

CONDUCTIVIDAD: (us/cm)

Conociendo el valor de este parámetro nos podemos informar acerca del ecosistema referenciado antes y podríamos destacar la concentración de iones macronutrientes como Calcio, Magnesio, Potasio, Sodio. Carbonatos, Cloruros y Sulfatos.

Teniendo en cuenta los valores de la conductividad podríamos informarnos sobre la productividad primaria y la descomposición orgánica.

Los valores normales de conductividad están entre 30 y 60 $\mu\text{S cm}^{-1}$ (o $\mu\text{mhos cm}^{-1}$); los datos obtenidos en este estudio están entre 72 y 80 $\mu\text{S cm}^{-1}$ valores que indican que el agua es apta para cultivos en las zonas aledañas ya que esta característica manifiesta una alta eutrofia o alta productividad.

SÓLIDOS TOTALES:

Muestras de agua tomadas con valores de sólidos totales entre 115 y 258 mg/L nos permite mostrar la relación directa que hay con la conductividad en el río Roble, pues los iones disueltos en el agua del río están dentro de los parámetros admisibles, lo que implica que esta fuente presenta buena productividad para el sector agrícola y que sometida a tratamiento puede ser fácilmente potabilizada para consumo del hombre.

TURBIEDAD:

El valor normal máximo es de 15 UNT (unidades nefelométricas de turbiedad); factor que incide en la oxigenación de las aguas naturales; y en la desinfección de aguas para potabilizar ya que la alta turbiedad enmascara las bacterias contaminantes, no permitiendo que sean atacadas por los diferentes desinfectantes.

Los valores de turbiedad encontrados se encuentran en un rango entre 12,3 y 15,5 UNT, valores admisibles, pero afecta en algo los procesos biológicos naturales de la fuente.

COLOR:

El color se midió de acuerdo a la escala colorimétrica Platino–Cobalto (Pt-Co) cuyo rango es 0 en aguas completamente cristalinas hasta 300 en aguas muy oscuras y pantanosas

Los valores resultantes de los análisis del río roble están entre 13,6 y 17 u Pt-Co.

Desde el punto de vista limnológico presenta un color verdadero o específico consecuencia de materiales en estado coloidal como arrastre de material producido por fuertes lluvias y alta cantidad de fitoplancton, debido a la concentración de nutrientes en el transcurso de tiempo.

TEMPERATURA:

Los valores obtenidos están entre 19°C y 21,5°C valor que consideramos no alteraría la fuente como quiera que el rango de temperatura para la altura considerada a en el trayecto de toma de muestra (975 –1119 m. s. n.m) esta entre 17,5°C y 24 °C.

Esta determinada por la cantidad de energía calórica que sea absorbida por un cuerpo de agua y juega un papel importantísimo en todo proceso biológico. Puede ser alterada por la acción de factores como: cambios de densidad en el agua, acción de los vientos, profundidad del río, altura sobre el nivel del mar entre otros.

ACIDEZ TOTAL(mg CO₂ /L)

Los valores obtenidos estuvieron en los rangos 5 y 18 Mg CO₂ /L).

El dióxido de carbono se origina por la descomposición de la materia orgánica por la respiración de animales y plantas y por el agua lluvia. El agua lluvia arrastra CO₂ de la atmósfera a las fuentes hídricas naturales, por lo tanto atmósferas muy contaminadas tenderán a acidificar los ríos. El dióxido de carbono es determinante en el agua: Actúa como buffer permitiendo que no se produzca un cambio brusco de PH en el agua, y otro es que constituye la materia prima para la fotosíntesis y la constitución de la materia orgánica;

HIERRO TOTAL:

El hierro constituye elemento importante ya que hace parte de pigmento respiratorio en gran variedad de animales (Hemoglobina), igualmente hace parte de enzimas como la peroxidasa, catalasa, el citocromo oxidasa y la nitrogenasa.

Es esencial para la fotosíntesis, pues es constituyente de la estructura de dos citocromos que transfieren electrones durante este proceso. El contenido de hierro en forma de hidróxido férrico es un indicador de contaminación, pues en concentraciones altas se puede aluminio, azufre, fósforo y potasio.

El contenido de hierro en aguas neotropicales es relativamente bajo, pues el valor admisible es de 0.3 mg de Fe / litro; en las pruebas realizadas en la fuente producto del estudio nos ha dado como resultado ausencia total de hierro,

SULFATOS

Es uno de los aniones más importantes presentes en el agua y necesarios para determinar la presencia de azufre. Una de las fuentes importantes para presencia de sulfatos en el agua son la actividad volcánica, las aguas lluvias y por disolución de rocas ricas en

sulfato de calcio (CaSO_4); además de la contribución del hombre ya que este aporta gran cantidad de SO_2 a la atmósfera como consecuencia de la actividad industrial.

La importancia del azufre radica en la constitución de proteínas como la cistina, metionina y cisteína.

En las corrientes de agua la presencia de azufre también incide en el valor del PH, pues con valores superiores a 7.8 se presenta como sulfato y con valores inferiores a este valor se forma H_2S siendo 5.0 el pH óptimo para la formación del H_2S en su mayor concentración, detectándose simplemente por el olor del compuesto. Los valores obtenidos en las pruebas, 67,3 y 74 mg de $\text{SO}_4^{=}/\text{L}$ no inciden de manera alguna en el comportamiento negativo del ecosistema del río El Roble dado que son valores muy bajos teniendo en cuenta que los valores normales máximos admisibles corresponden a 250 mg/l; Además con los valores del pH en las muestras de agua analizadas hay poca probabilidad de formación de grandes cantidades de iones sulfato

CLORUROS: mg Cl^-/L

Los valores obtenidos están entre 17,3 y 19 ppm considerados muy altos dado que los valores admisibles deben ser inferiores a 2,5 mg de Cl/L).

Dentro de los sólidos disueltos en el agua los cloruros son uno de los más representativos ya que aumentan la salinidad del agua causando graves problemas de osmorregulación para una gran cantidad de organismos acuáticos. Una elevada concentración de sales en el agua siempre se asocia a una baja diversidad de organismos.

DUREZA:

En los valores obtenidos (32 -98 mg de CaCO_3/L) hay agua medianamente dura lo que favorece de alguna manera la diversidad de especies y la productividad.

Esta Definida por la cantidad de iones de calcio y magnesio presentes en el agua .Las aguas con bajos valores de dureza se llaman aguas blandas y biológicamente son poco productivas. Aguas con dureza intermedia pueden tener proporcionar una fauna y flora muy variada.

La dureza del agua esta determinada por la cantidad de cationes que forman compuestos insolubles con jabón.

ALCALINIDAD:

El agua del río Roble presenta poca capacidad para mantener procesos biológicos y baja productividad

La alcalinidad depende de la naturaleza del terreno y de las rocas con que el agua hace contacto; un agua con alcalinidad baja es poco resistente a los cambios de pH ya que su acción buffer es muy débil, por consiguiente la fuente mencionada es susceptible de estos cambios dados los valores bajos de alcalinidad sobre todo en los tres primeros puntos de muestreo, saliéndose un poco en el punto cuatro que presenta un valor mas elevado, posiblemente por los agentes contaminantes de río hacia ese sector. Teniendo en cuenta que la alcalinidad esta relacionada con el CO_2 y el pH.

ALUMINIO:

El ión Aluminio se hidroliza fácilmente en agua por se pequeño y estar altamente cargado forma fácilmente hidróxidos en presencia de bases con otros metales disueltos

en el agua, el cual se presenta como un sustancia blanca ó incolora que posee el mismo índice de refracción del agua, lo que hace difícil su identificación. Los valores de este elemento en la fuente no son representativos, pues son menores de 0.07 y de acuerdo a la técnica utilizada (colorimetría) podrían ser inclusive más bajos lo no tendrían incidencia alguna en el ecosistema acuático del río.

OXIGENO DISUELTO mg/L.

Los valores obtenidos en las muestras indican que ninguna de ellas supero las 6 p. p. m. que es valor mínimo admisible para agua de buena calidad .Los valores obtenidos están entre 3,25 y 5,8 p. p m lo que constituye variables negativas aunque no muy determinantes.

El oxígeno llega al agua por difusión de la atmósfera o por fotosíntesis, teniendo en cuenta la circulación y movimientos del agua provocados por diferencias de densidad de las capas de agua o por los vientos.

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO)

Los valores obtenidos en el laboratorio (2,6- 19,8 ppm.) nos indican que la demanda bioquímica de oxígeno es bastante alta como consecuencia de la contaminación bacteriológica del río y si relacionamos con el oxígeno disuelto nos refleja un grado alto de contaminación orgánica saturando el porcentaje de oxígeno y disminuyendo la capacidad ambiental del río.

Es la cantidad de oxígeno requerida por las bacterias para descomponer materia orgánica en condiciones aeróbicas .Nos determina el grado de contaminación de las aguas domésticas e industriales teniendo en cuenta la cantidad de materia orgánica presente en una muestra de agua. El DBO está regulada por el número de organismos

encargados de descomponer la materia orgánica en su totalidad, en dióxido de carbono y agua.

NITRITOS

La importancia del nitrógeno radica en que es el componente fundamental de las proteínas, las cuáles constituyen la base estructural de los seres vivos y puede químicamente presentarse en varios estados de valencia, entre ellos el estado 4 correspondiente a los nitritos (NO_2), el cual se encuentra en bajas concentraciones en aguas oxigenadas, pero en medios acuosos con bajo contenido de oxígeno su concentración aumenta. Cuando hay poca cantidad de ión amonio y ión nitrato el fitoplancton está en capacidad de formar nitritos e incorporarlos en sus células, pero estos en altas concentraciones son demasiado tóxicos. En los análisis realizados los valores obtenidos en las muestras (menores de $0,25 \text{ mg NO}_2/\text{L}$) no son determinante en las variables básicas en las cuales podría incidir en el equilibrio ecosistémico.

3. ANALISIS CROMATOGRAFICO

El perfil cromatográfico reportado por el GC μ -ECD de las soluciones estándar de una mezcla de dieciséis (16) pesticidas organoclorados en metanol, se resume en la **Figura N° 1**, donde se muestra la separación de los pesticidas contenidos en la solución, la cual sirve para determinar la presencia y concentración de cada una de las muestras analizadas del río El Roble. El triplicado de las inyecciones por cada concentración de las diluciones refleja los buenos tiempos de retención y reproducibilidades con un coeficiente de varianza inferiores en todos los niveles de concentración menores al 5%, lo que garantiza que la medición realizada sea considerada como una medida confiable.

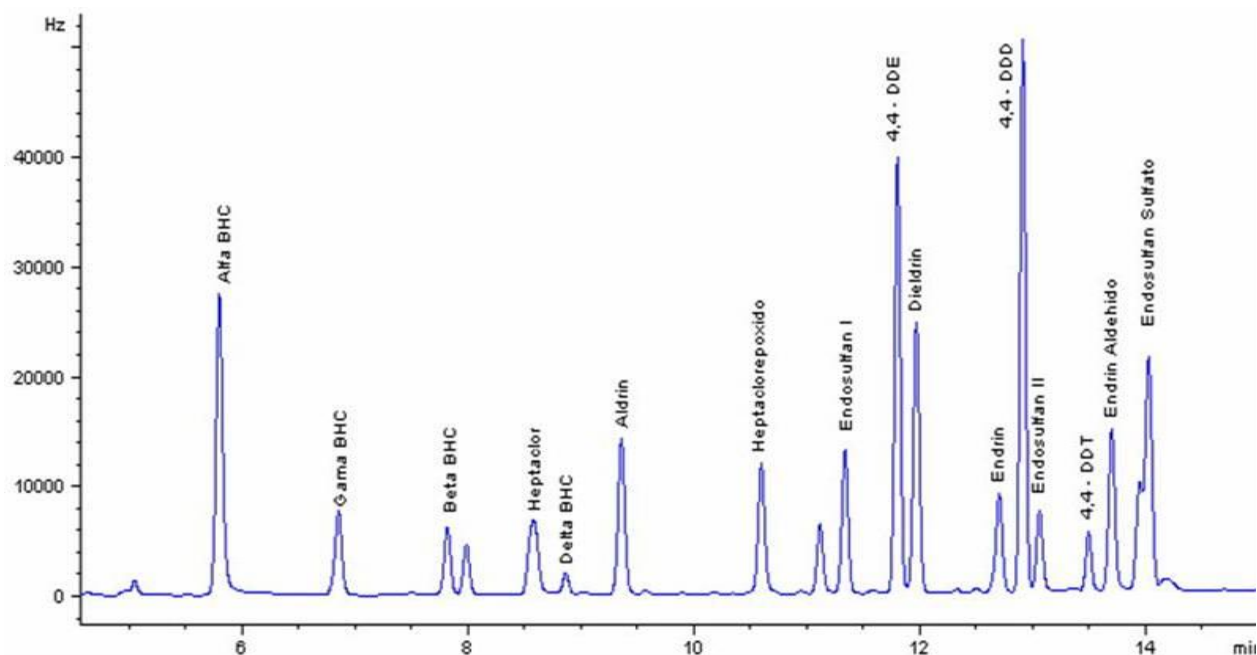


Figura N° 1. Resultados del procedimiento de GC μ - ECD para una mezcla en solución patrón de pesticidas organoclorados

Para los sitios 1 y 4, se presentaron unas muy bajas concentraciones de los pesticidas a analizar durante las 4 visitas realizadas; este resultado puede ser debido a la época de lluvia en que se tomaron las muestras, aumentando el caudal del río lo cual, puede causar una dilución mayor en la concentración de los pesticidas en el cuerpo del agua analizado; sin embargo para el sitio 1 tanto en época de lluvia como sequía se detectó una baja presencia del delta BHC y endosulfan I los cuales se hallaron siempre durante el muestreo en los cuatro sitios, como se puede apreciar la tabla N°11.

En los sitios 1, 2 y 4 las muestras de agua no fueron muy representativas en comparación con el sitio 3, presentándose 10 pesticidas en bajas concentraciones: Alfa BHC, Beta BHC, Heptaclor, Delta BHC, Heptaclor epoxido, Endosulfan I, Aldrin, Endrin, Endosulfan II, 4,4 DDT (Tabla N° 11).

Para las muestras de lodos los resultados del sitio 2 definieron las más altas concentraciones de pesticidas organoclorados, con respecto a los obtenidos en los sitios

Tabla N° 12. Pesticidas organoclorados encontrados en los lodos del río El Roble

Pesticida	Cantidad de OCP's (ppm)							
	Punto de toma de muestra							
	Visita 2				Visita 3			
	1	2	3	4	1	2	3	4
alfa BHC	0.009	0.010	0.006				0.015	
gama BHC		0.016	0.025	0.019		0.008	0.007	
beta BHC								
Heptaclor	0.028	0.128		0.026	0.132	0.002	0.023	0.031
delta BHC	0.235	0.148	0.238	0.157	0.638	0.841	0.130	0.097
Heptaclor epoxido	0.006			0.015	0.018		0.008	
Endosulfan I	0.092	0.075	0.065			0.031	0.078	0.090
Aldrin	0.647	1.039	0.414	0.725	0.568	0.735	0.191	0.179
Endrin								
4,4 DDD								
Endosulfan II	0.009	0.016	0.012	0.008		0.067	0.009	
4,4 DDT								
Endosulfan sulfato	0.251	0.648	0.536	0.357		0.131	0.244	0.152

En el cromatograma de la figura N° 2 se muestran los POC's con mayor abundancia presentes en el sitio 3 de las aguas del río El Roble, de acuerdo a los dieciséis (16) analitos utilizados en la identificación de los compuestos orgánicos persistentes, solo fueron detectados cinco de ellos siendo el endosulfan I y el delta BHC los que presentaron las mayores concentraciones con una máxima de 2.426 ppm y 0.876 ppm respectivamente. El heptaclor, heptaclorhepóxido y el 4,4 DDT aparecen con picos de bajo perfil representativo. Con respecto a los otros sitios de muestreo, fue el lugar donde hubo mayor concentración, ya que en los sitios 1, 2 y 4 no hubo presencia significativa de agrotóxicos.

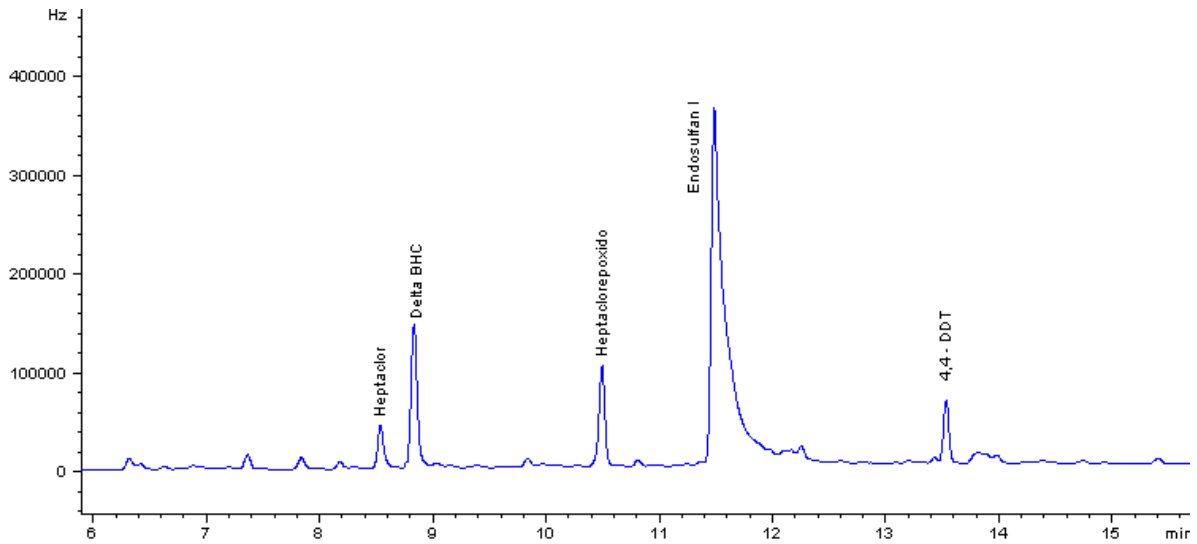


Figura N° 2. Resultados del procedimiento de GC μ - ECD de una muestra de agua tomada en el sitio 3 del río El Roble

El sitio 2 se caracterizó por presentar, una cantidad mínima de 4,4 DDT y la disminución del endosulfan I, mostrando las más altas concentraciones en delta BHC con 0.148 ppm, aldrín 1,039 ppm y endosulfan sulfato con 0.648

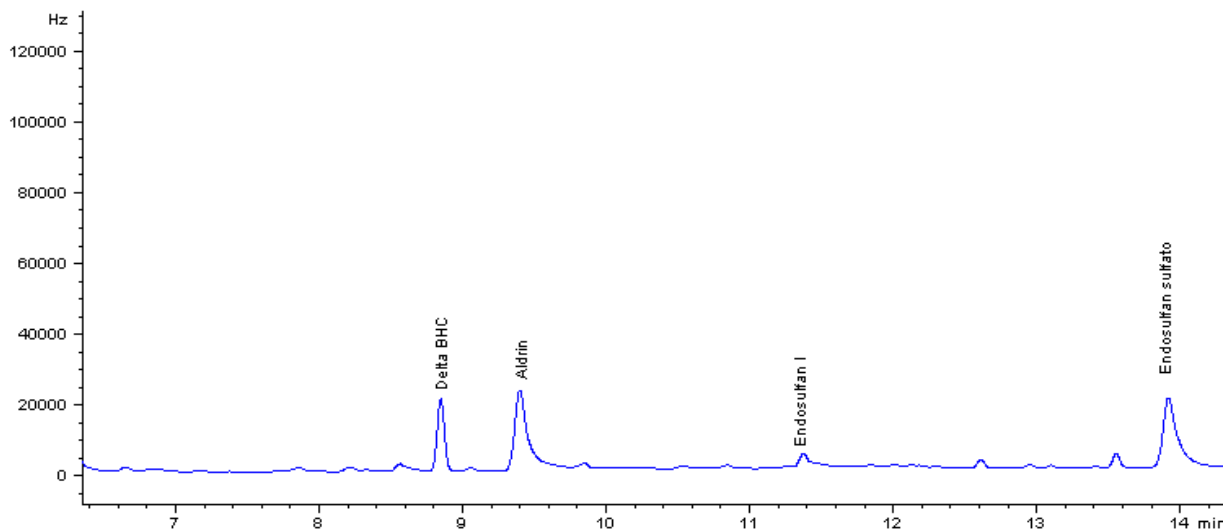


Figura N° 3. Perfil cromatográfico obtenido por HRGC μ - ECD de una muestra de lodos, en el sitio 2 del río El Roble.

En el sitio 4 al igual que en el sitio 1 se manifestaron el delta BHC y endosulfan I, pero en proporciones más bajas.

El delta BHC y endosulfan I fueron los pesticidas que presentaron mayor reproducibilidad en los cuatro sitios, encontrándose la mayor concentración en el sitio 3, asumiendo que ellos difícilmente se degradan. (Figura N° 2).

De acuerdo con los resultados obtenidos se observó una alta concentración de pesticidas en las muestras de agua comparadas con las muestras de los lodos, se asume que esto se debe a la temporada de lluvia donde los lodos no retuvieron los pesticidas procedentes de los cultivos aledaños, o, posiblemente estos cultivos no fueron tratados con los pesticidas durante la época de muestreo.

Teniendo en cuenta que el Endosulfan I es uno de los pesticidas organoclorados más persistentes en el medio ambiente y uno de los más utilizados por los caficultores para la erradicación de la broca, se corrobora en este estudio la presencia en altas concentraciones de éste y su constante presencia en la fuente hídrica aledaña a los cultivos, corroborados en los estudios anteriores realizados por el grupo de investigación (33,34).

DISCUSION

Los resultados de los análisis físico-químicos del agua mostraron en general valores constantes a lo largo del período de registro. Los valores de Oxígeno entre 3.25 y 5.8 mg / l, se encuentran en un mínimo admisible, causado posiblemente por el incremento en la turbidez del agua (percibido como cambio de color del agua), que dificulta la penetración de la luz y con ella la actividad autotrófica.

De acuerdo al pH, el río presenta una leve alcalinidad, posiblemente como consecuencia de agentes contaminantes como jabones y detergentes a pesar de que

los suelos son moderadamente ácidos. Existe relación entre los valores obtenidos en sólidos totales y conductividad.

A lo largo del río se presenta niveles altos de cloruros lo que explica su efecto en el bajo número de individuos, relacionados con los resultados obtenidos en los diferentes índices de diversidad aplicados.

La DBO fue alta posiblemente como consecuencia de la contaminación bacteriológica del río, valores que están en relación con el Oxígeno disuelto que da como resultado la disminución de la capacidad ambiental del río, que solo mejora en su parte final cerca de la desembocadura en el Río La vieja.

El índice de contaminación por materia orgánica (I COMO), para las diferentes estaciones, muestra a las No. 1 y 2 con los mayores índices, debido principalmente a la afluencia de desechos domésticos del municipio de Montenegro, presentándose en las estaciones 3 y 4 una disminución de la capacidad del río para su autodepuración.

El ICOMO está correlacionado con los resultados obtenidos con el índice BMWP, que muestra la estación 2 como de calidad dudosa y moderadamente contaminada.

Los índices bacteriológicos muestran en las diferentes estaciones un alto nivel de contaminación por vertimientos domésticos y agrícolas, siendo estas aguas no aptas para el consumo humano

La zona 4 corresponde a la zona de mayor diversidad, ya que es la zona donde se presenta mayor depuración del agua y se presenta una mejor calidad.

Las familias Calopterygidae, Vellidae, Hidropsychidae presentaron mayor número de individuos en las diferentes estaciones estudiadas indicando características de aguas oligomesotróficas y oligotróficas.

Los resultados obtenidos por la cromatografía de gases muestran la separación de 19 pesticidas organoclorados patrones, lo que facilitó realizar la cuantificación de las muestras con excelente reproducibilidad en los tiempos de retención. Los coeficientes de varianza en todos los niveles de concentración fueron inferiores al 5%, lo que permitió establecer la medición dentro de los parámetros exigidos para este tipo de análisis.

En el análisis realizado se encontraron Endosulfan I con concentraciones entre 2.426 y 0.387 ppm en los puntos 3 y 2 como valores máximos y mínimos. Igualmente Aldrin con valores entre 1.039 y 0.179 ppm en los puntos 2 y 4 (máximo y mínimo). Igualmente se encontraron organoclorados como alfa BHC, Heptaclor, Delta BHC, Endosulfan I y 4,4DDT en las aguas analizadas de todos los sitios de muestro. En los lodos analizados se encontraron delta BHC, Aldrin y endosulfan en todos los sitios de muestreo.

Los resultados anteriores, concuerdan con los estudios hechos por el grupo de investigación Plaguicidas y Salud en otros cuerpos de agua, muestran que en el departamento se siguen utilizando los insecticidas organoclorados en especial el Endosulfan (Thiodan), que se encuentra prohibido por su alta toxicidad, para el control de diferentes plagas especialmente la broca del café y están disminuyendo la diversidad de macroinvertebrados en las diferentes cuencas hidrográficas.

El Endosulfan a pesar de su prohibición por el Consejo de Estado contenida en el expediente 5483/01 de 23 de Marzo de 2001 se sigue utilizando en nuestra región. El endosulfan de grado técnico consiste en una mezcla de isómeros alfa y beta resistentes a la fotodegradación, pero sus metabolitos endosulfan sulfato (producto de la degradación en el suelo) y endosulfan diol (producto de la degradación en el agua) son susceptibles a fotólisis.

El encontrar endosulfan sulfato en los sitios de muestreo en el río Roble y en las otras fuentes de agua analizadas por el grupo, indican que la escorrentía superficial en áreas

agrícolas y el vertido de líquidos residuales provenientes de la síntesis y formulación de endosulfán, constituyen fuentes de aporte del mismo al ambiente.

RECOMENDACIONES

1. Es necesario implementar sistemas de tratamiento de aguas residuales que permita que con la capacidad de autodepuración que tiene el río, se continúe el deterioro progresivo de tan importante fuente de agua.
2. Mejorar las condiciones naturales en el entorno del cauce, con la recuperación ecológica y paisajística de sus márgenes; así mismo reforestar la zona con especies nativas
3. Se deben establecer mediadas de prevención y procesos de capacitación para el manejo y uso de los plaguicidas.
4. Se debe aumentar los controles para impedir el uso de insecticidas prohibidos en el país y que extremadamente tóxicos para el ambiente y la salud humana.
5. Se debe continuar el proceso de monitoreo de las principales cuencas hidrográficas del departamento en acciones coordinadas entre las distintas entidades que tienen que ver con el control ambiental en el departamento.

BIBLIOGRAFÍA

1. CARDONA J.M, JIMENEZ J.L. 1997. Composición y estructura de las comunidades de peces de la quebrada San Pablo, Alto Cauca. Trabajo de grado. Programa de biología y educación ambiental. Universidad del Quindío.

2. JARAMILLO G, GAVIRIA M, OSORIO J, RIVERA J. 1997. Tendencias de la producción agropecuaria en el departamento del Quindío y sus efectos sobre el ambiente. Corporación Autónoma Regional del Quindío. Documento Interno.

3. PRENSA

4. ROLDAN G. 1992. Fundamentos de limnología neotropical. FEN- Universidad de Antioquia.

5. ROLDAN G, BUILES J, TRUJILLO C.M, SUAREZ A. 1973. Efectos de la contaminación industrial doméstica sobre la fauna béntica del río Medellín. Actual Biol. 2(5): 54-59.

6. MATHIAS U, MORENO H. 1983. Estudio de algunos parámetros físico -químicos y biológicos en el río Medellín y sus principales afluentes. Actual Biol. 12(46): 106-117.

7. PALACIO J, PARRA C.M 1990. Efectos de la contaminación acuática sobre los macroinvertebrados bentónicos en el río Medellín y pruebas de toxicidad en peces. Centre de investigaciones ambientales- Facultad de ingeniería. Universidad de Antioquia, Medellín.

8. PEREZ G, ROLDAN G. 1978. Niveles de contaminación por detergentes y su influencia en las comunidades bénticas del río Negro. Actual Biol. 7(24): 27-36.

9. AGUDELO A, 1980. Macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua en el río Negro. Parte Alta. Trabajo de grado. Universidad de Antioquia.

10. ALZATE J,H. 1985. Estudio de las comunidades bénticas de macroinvertebrados en el río Negro y algunos de sus afluentes y su relación con la calidad del agua en estos ecosistemas. Trabajo de grado, Universidad de Antioquia.

- 11.MACHADO T, ROLDAN G. 1981. Estudio de las características fisicoquímicas y biológicas del río Anorí y sus principales afluentes. *Actual Biol.* 10(35): 3-19.
- 12.CASTRILLON S.A. 1995. Estudio limnológico de la quebrada el Hato, Bello, Antioquia. Trabajo de grado. Universidad de Antioquia.
13. POSADA E, M. 1997. Caracterización de la calidad del agua de la cuenca del parque Piedras Blancas, Santa Elena, Antioquia. Trabajo de grado. Universidad de Antioquia.
- 14.CAICEDO O, PALACIO J. 1998. Los macroinvertebrados bentónicos y la contaminación orgánica en la quebrada La Mosca (Guarne Antioquia Colombia). *Actual Biol.*20(69):61-73.
- 15.CAICEDO E, GARCÍA G, 1971. Evaluación del grado de contaminación del río Bogotá. Ponencia XIV congreso nacional de Acodal. Universidad de los Andes. Medellín, 36p.
- 16.GAVIRIA S, RODRÍGUEZ C. 1983. Estudio de la calidad del agua del río Bogotá, aguas arriba de Tibitó. *Acodal* 110-111: 32-61.
- 17.BOHORQUEZ A, ARDILA J, FRANCO L. 1993 Contribución al estudio limnológico por bioindicación con macroinvertebrados bentónicos en aguas continentales de Colombia. Fase I río Bogotá. *Rev. Asoc. Col. Cien. Biol.* 7 (1-2); 56-61.
- 18.ARDILA J.L, BOHORQUEZ A, 1997. Monitoreo limnológico con macroinvertebrados en cuatro estaciones localizadas en los ríos Barandillas y Frío. *Di6genes* 4(1): 37-60.
- 19.CUBILLOS A, GALLEGO A, 1970. Contaminación de los ríos Cauca y Cali. *Acodal* 13 (44-45): 84-108.
- 20.PRAT N, RIEDEVALL M, 1996. Criterios de evaluación de la calidad del agua en lagos y embalses basados en macroinvertebrados bentónicos. Memorias seminario internacional de macroinvertebrados acuáticos. Cali, Colombia.

- 21.ZAMORA H, NAUNDORFG, ZAMBRANO L. 1981. Niveles de contaminación del río Molino con base en sus características físico químicas y biológicas. Unicauca Ciencia 3: (35-46).
- 22.ZAMORA H, NAUNDORF G, 1990. Efecto excluyente de la contaminación doméstica sobre los macroinvertebrados acuáticos del río Molino (Popayán) durante una década. Unicauca Ciencia 3: (35-46).
- 23.ZAMORA H, 1998. Niveles de alteración de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos del río Molino por efecto de las actividades antrópicas y la contaminación doméstica. Unicauca Ciencia 3: (35-46).
- 24.ZUÑIGA M DEL C. 1986. Control y evaluación de la calidad del agua del río Magdalena con base en indicadores biológicos. Memoria del foro sobre contaminación del río Magdalena y sus alternativas de solución. Universidad del Norte. Barranquilla, Colombia.
- 25.ESCOBAR A, 1989. Estudio de las comunidades macrobénticas en el río Manzanares y sus principales afluentes y su relación con la calidad del agua. Actual Biol. 18(65): 45-60.
- 26.SANCHEZ M, PEREA J. 1989. Estudio de la calidad del agua y relaciones ecológicas en quebradas del sur del Huila. Resúmenes del XXIV congreso nacional de Asoc Col Cien Biol. Melgar Colombia.
- 27.ALDANA R, ARREDONDO A, LOPEZ V. 1993. Índice de diversidad de macroinvertebrados acuáticos en el río Roble. Trabajo de grado. Programa de biología y educación ambiental. Universidad del Quindío.
- 28.RODRIGUEZ E, 1994. Indicadores bentónicos de la calidad del agua en el río Quindío y la quebrada Cristales. CRQ. Armenia. Pp 128.
- 29.VARGAS IC, SANABRIA J, 1998. Monitoreo de la calidad del agua de la cuenca alta del río Quindío y la quebrada Cristales. CRQ. Documento interno.

30. ARANGO A, BECERRA F. 1996. Evaluación del impacto ambiental y ecológico en la quebrada la Florida afluente del río Quindío en el municipio de Armenia (Q). Trabajo de grado. Universidad del Quindío.

31. BARBA L, 1993. Contaminación del río Cauca por residuos de pesticidas. Memorias II simposio internacional y III Nacional "Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y salud humana" Mayo 23,25. Universidad Nacional Palmira.

32. LONDOÑO A, NIETO M, GOMEZ J, TORO J, ARIAS J, GOMEZ J.F, MORALES I.T. 2001. Evaluación de la calidad ambiental del Río Roble. Revista De Investigaciones Universidad del Quindío. N° 10 p.p 18-28

33. LONDOÑO A, ARRUBLA J.P, ZARATE M.P, TORRES D, BELTRAN M, TORO J.L. 2004. Determinación de la calidad ambiental del río Santodomingo, municipio de Calarcá, Departamento del Quindío. Revista de Investigaciones Universidad del Quindío. N° 14 pp 39-48

34. Forec 2000. Quindío, Territorio y Planeación. Planeación Departamental. Gobernación del Quindío.

35. MORENO, Claudia. Métodos para medir la biodiversidad. Zaragoza. M & T – Manuales y Tesis. Vol 1. 2001. 84 p.

36. VIÑA, V.G. & G.A, RAMIREZ. 1998. Limnología Colombiana, aportes para su conocimiento y estadísticas de análisis. Primera edición. B.P. Exploration Company (Colombia) Ltda..

37. ROLDAN G.A. 2003. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Editorial Universidad de Antioquia

Method Information

Injection Source and Location

Injection Source: Manual
Injection Location: Front

=====

6890 GC METHOD

=====

OVEN

Initial temp: 130 'C (On) Maximum temp: 300 'C
Initial time: 5.00 min Equilibration time: 1.00 min
Ramps:
 # Rate Final temp Final time
 1 8.00 250 3.00
 2 0.0(Off)
Post temp: 0 'C
Post time: 0.00 min
Run time: 23.00 min

FRONT INLET (UNKNOWN)

BACK INLET ()

Mode: Splitless
Initial temp: 250 'C (On)
Pressure: 3.52 psi (On)
Purge flow: 96.0 mL/min
Purge time: 3.00 min
Total flow: 102.0 mL/min
Gas saver: Off
Gas type: Nitrogen

COLUMN 1

COLUMN 2

Capillary Column (not installed)
Model Number: Agilent 125-6837
Pesticidas Clorados
Max temperature: 260 'C
Nominal length: 30.0 m
Nominal diameter: 530.00 um
Nominal film thickness: 0.50 um
Mode: constant flow
Initial flow: 3.5 mL/min
Nominal init pressure: 3.52 psi

Average velocity: 32 cm/sec
Inlet: Front Inlet
Outlet: Front Detector
Outlet pressure: ambient

FRONT DETECTOR (μ ECD)
Temperature: 310 °C (On)
Mode: Constant makeup flow
Makeup flow: 60.0 mL/min (On)
Makeup Gas Type: Nitrogen
Electrometer: On

BACK DETECTOR (FID)
Temperature: 250 °C (Off)
Hydrogen flow: 40.0 mL/min (Off)
Air flow: 450.0 mL/min (Off)
Mode: Constant makeup flow
Makeup flow: 45.0 mL/min (Off)
Makeup Gas Type: Nitrogen
Flame: Off
Electrometer: Off
Lit offset: 2.0

SIGNAL 1
Data rate: 20 Hz
Type: front detector
Save Data: On

SIGNAL 2
Data rate: 20 Hz
Type: back detector
Save Data: Off

Zero: 230.0 (On)
Range: 10
Fast Peaks: Off
Attenuation: 10

Zero: 0.0 (Off)
Range: 0
Fast Peaks: Off
Attenuation: 0

COLUMN COMP 1
Derive from front detector

COLUMN COMP 2
Derive from front detector

VALVES
Valve 1 Off
Description: Valve 2 Off
Description: Valve 3 Off
Description: Valve 4 Off
Description:

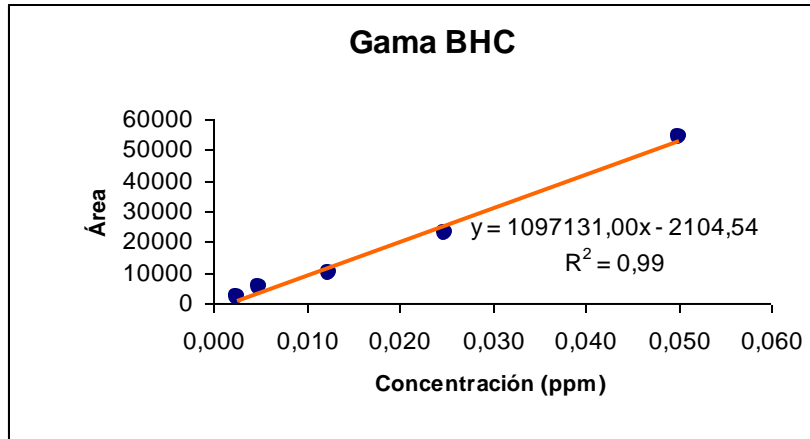
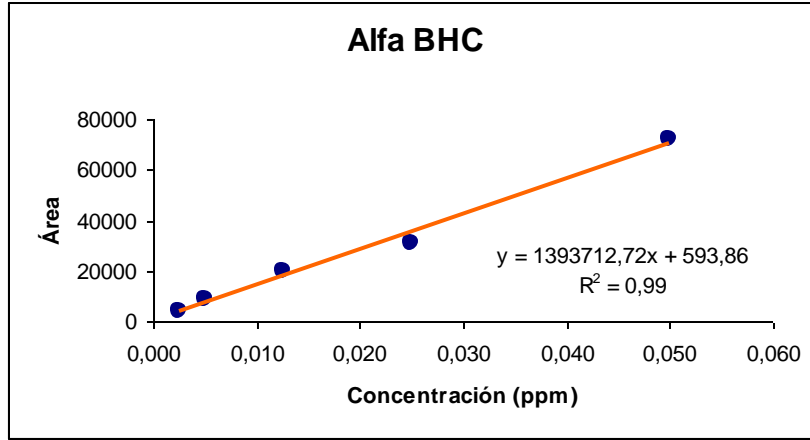
POST RUN
Post Time: 0.00 min

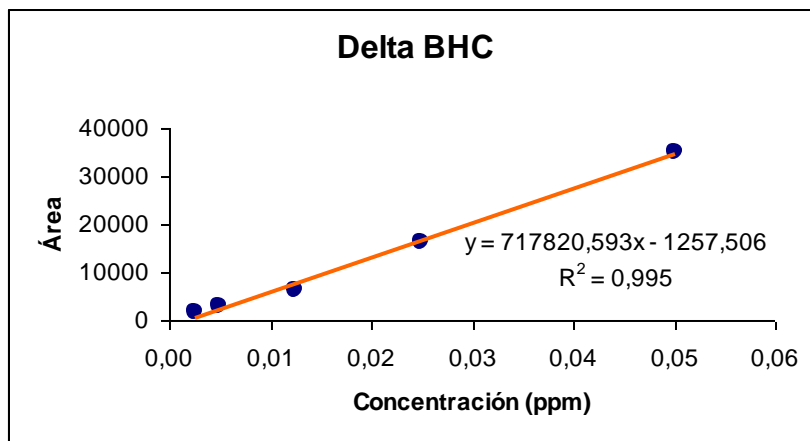
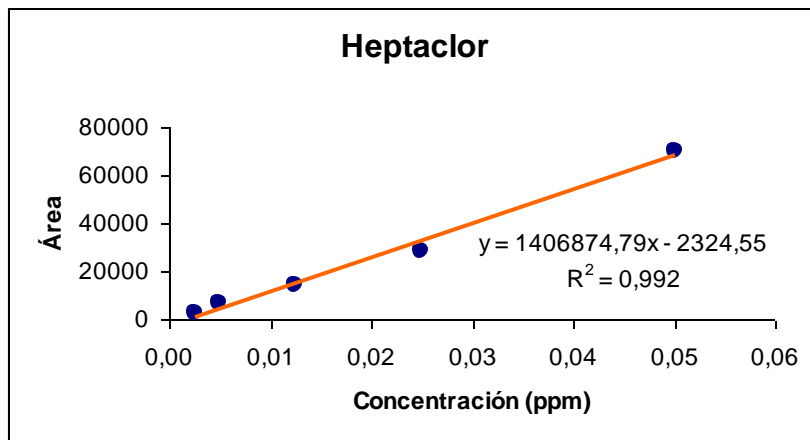
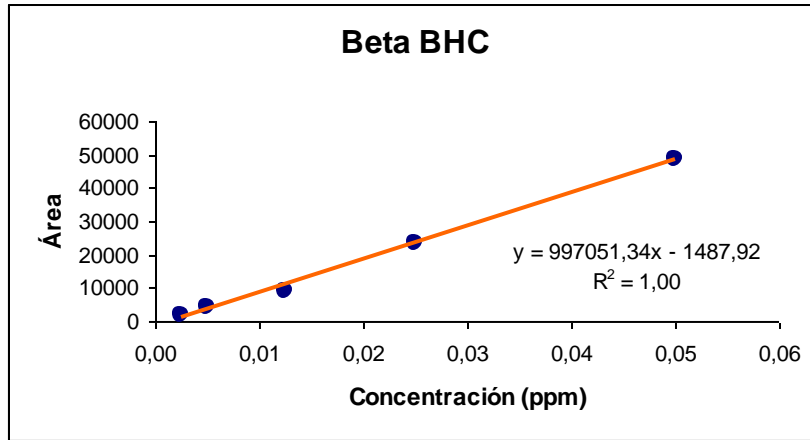
TIME TABLE
Time Specifier Parameter & Setpoint
7673 Injector
Front Injector: No parameters specified
Back Injector: No parameters specified

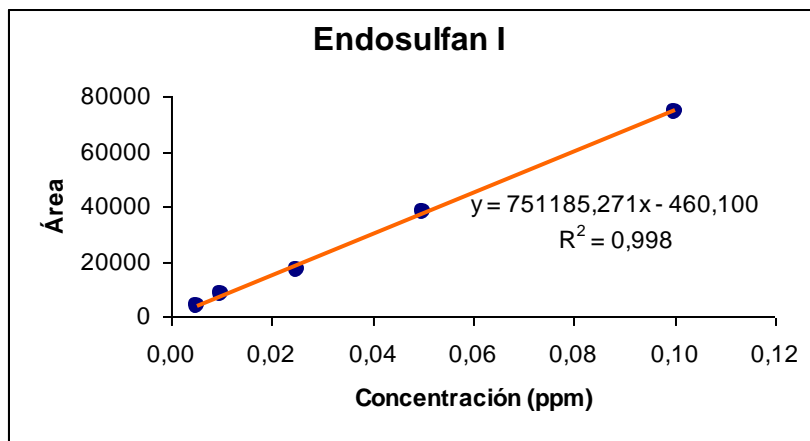
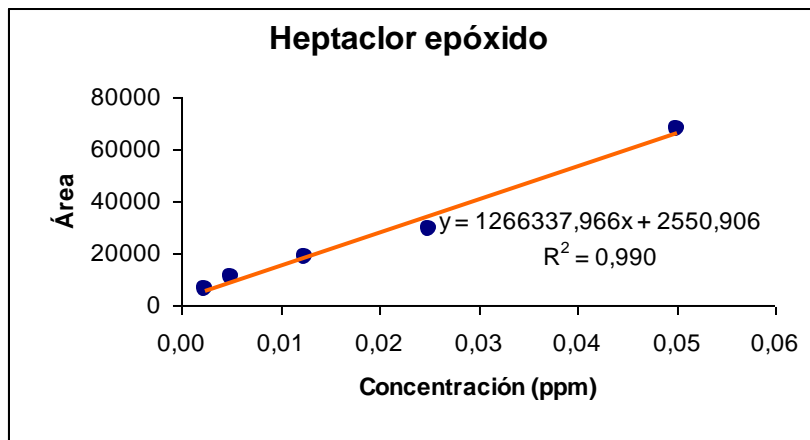
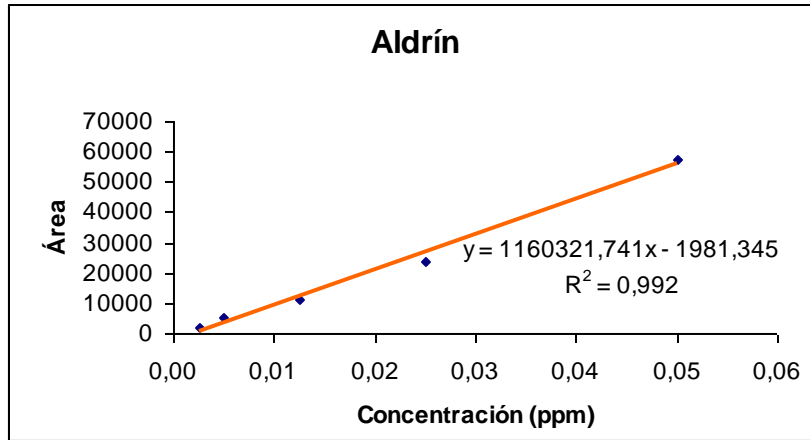
ANEXO N° 1

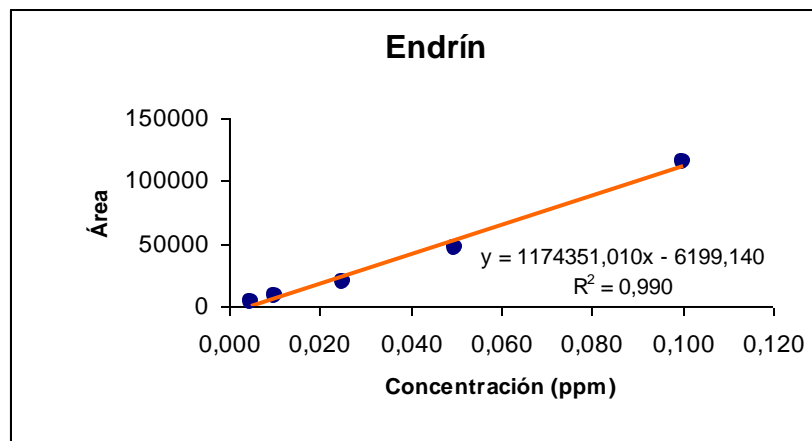
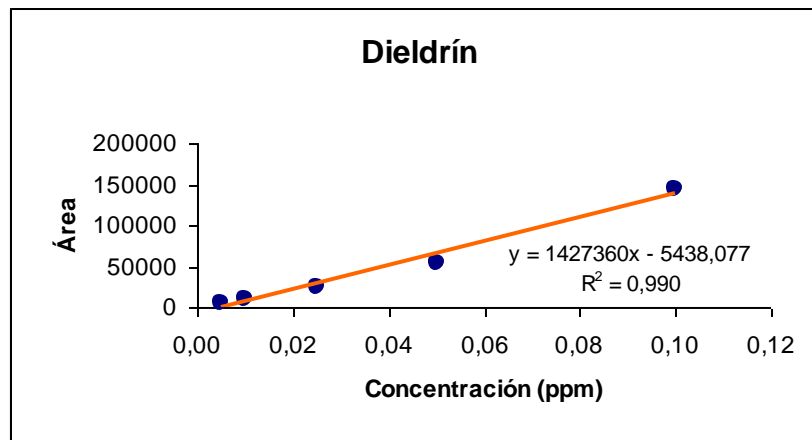
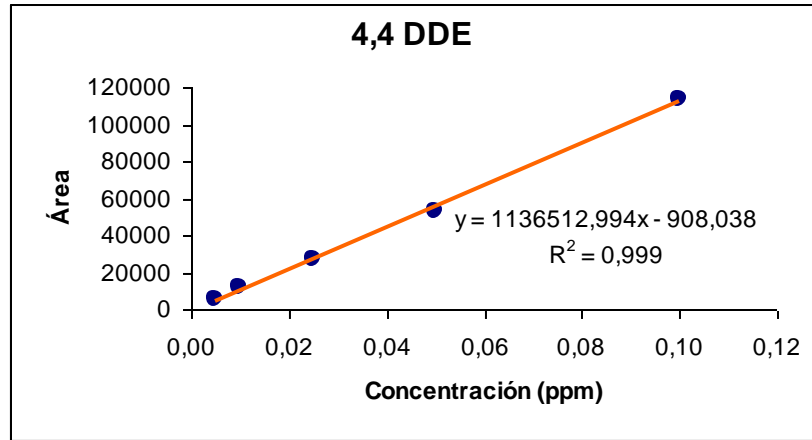
CURVAS DE CALIBRACIÓN EXTERNA, PATRON DE OCP'S

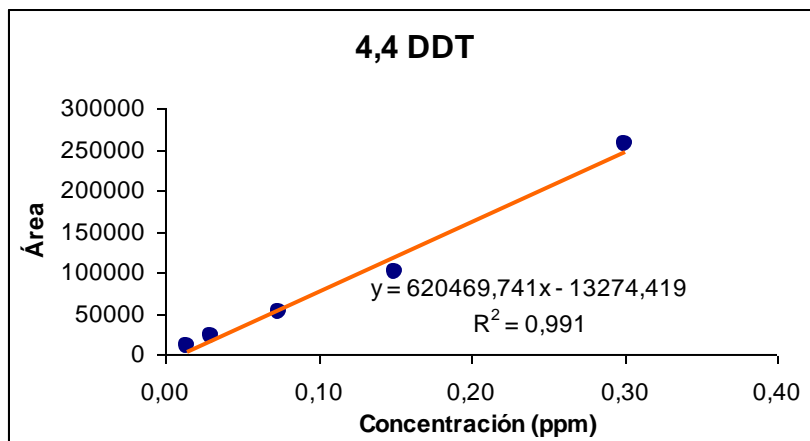
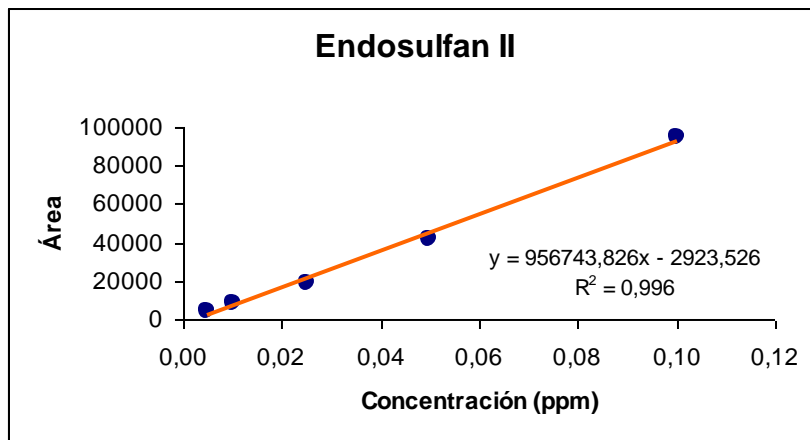
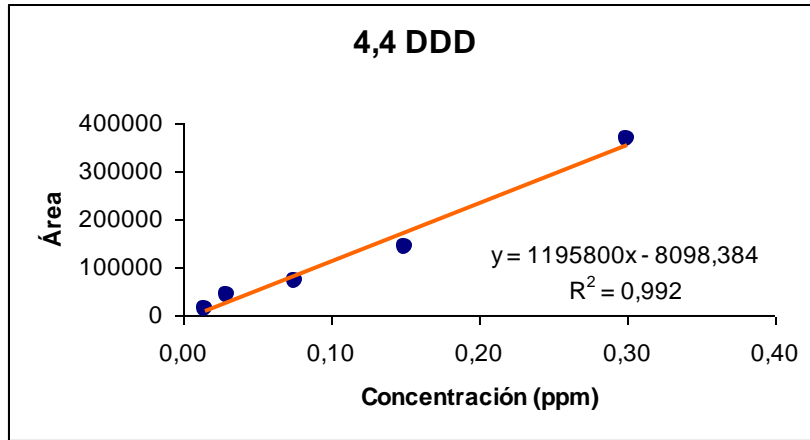
CURVAS DE CALIBRACIÓN PARA CADA PESTICIDA

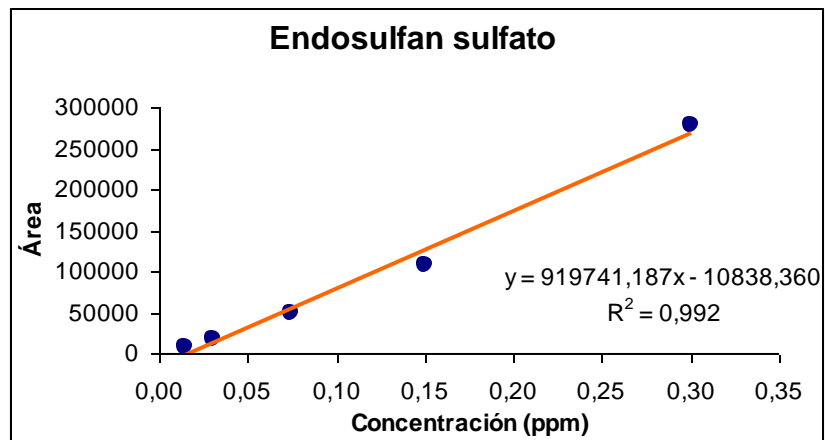
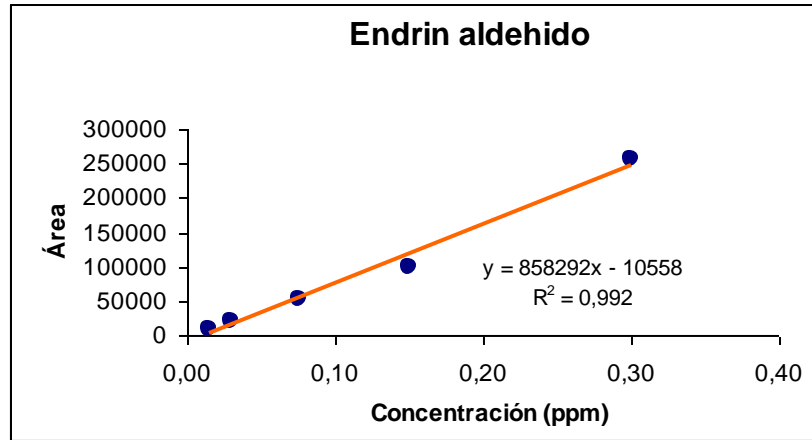












ANEXO 2

MAPA DE BIOINDICACION ZONA DE ESTUDIO RIO ROBLE

DETERMINACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL RIO ROBLE
CUENCA MEDIA Y BAJA EN EL DEPARTAMENTO DEL QUINDIO

ALFONSO LONDOÑO OROZCO
DIEGO TORRES MARTINEZ
MELIDA DEL PILAR ZARATE GUERRA
IRINA TATIANA MORALES
MIRIAM BELTRAN IBARRA
ANDRÉS MAURICIO ROJAS SEPULVEDA
ANA MARIA GÓMEZ ORTIZ
JUAN CAMILO ESCOBAR BUENO

GRUPO DE INVESTIGACION PLAGUICIDAS Y SALUD
UNIVERSIDAD DEL QUINDIO

2005