



REVISTA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS UNIVERSIDAD JAVERIANA

CONTENIDO

EDITORIAL	7
TRABAJOS DE INVESTIGACION	9
Comparación citogenética de dos poblaciones de <i>Aedes aegypti</i> en Colombia: Felio Bello, Bertha Ospina de Dulce, Alejandro Giraldo y Sofía Duque	11
Análisis limnológico y concentración de biocidas en peces de los ríos Ariari, Guayuriba, Humea y Meta: John Ch. Donato	29
Perfil lipídico en pacientes renales crónicos hemodializados: Martha Guerra de Muñoz y Ernesto Pachón M.	55
Contribución a los estudios en anélidos Glossoscolécidos de Colombia. Morfología y anatomía de <i>Martiodrilus crassus</i> : Giovani M. Iafrancesco V. y Edith Portella	65
Tabla de desarrollo del estado metamórfico en <i>Hyla labialis</i> : Eliseo Ladino e Irma Colmenares de Escamilla	85
Anillos de Boole: Carlos Ruiz S.	101
Disminución de danlings bonds sin oxidación: Alfonso Suárez G.	133
Flavonas metoxiladas de tres especies del género <i>Eupatorium</i> : Rubén D. Torrenegra, Julio A. Pedrozo, Alvaro Roza y Jorge E. Robles	141
REVISIONES	153
Presencia de <i>Achirus novoae</i> Cervigón (Pisces: Soleidae) en la Orinoquía Colombiana: Germán Galvis y José I. Mojica	155
RESUMENES DE TESIS	161
INSTRUCCIONES PARA LA PRESENTACION DE ARTICULOS	180

**ANALISIS LIMNOLOGICO Y CONCENTRACION DE
BIOCIDAS EN PECES DE LOS RIOS ARIARI,
GUAYURIBA, HUMEA Y META (1)**

John Ch. Donato (2)

RESUMEN

En el presente trabajo se realizó una evaluación limnológica haciendo énfasis en las concentraciones de biocidas (plaguicidas) en peces y sedimentos de estaciones tradicionalmente arroceras de los ríos Ariari, Guayuriba, Humea y Meta de los Llanos Orientales (Departamento del Meta).

Las áreas de muestreo presentan características físico-químicas muy particulares que magnifican el efecto de los biocidas sobre las comunidades bióticas. Con base en estos parámetros y a las diferencias bióticas (diversidad, riqueza de especies), la zona se agrupa en dos subsistemas uno de los cuales presenta signos de creciente eutroficación.

Los registros existentes a partir de 1980 indican que la comunidad de peces presenta un preocupante aumento de biocidas, especialmente aldrin-dieldrin y metilparation, en concentraciones que superan las normas establecidas por la FAO/OMS.

-
1. Contrato INDERENA, Regional Llanos Orientales - AZOBIONAL.
 2. Unidad de Ecología y Sistemática (UNESIS), Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Javeriana.

ABSTRACT

In the present work a limnological evaluation was made with special emphasis on the effect of concentration of pesticides on fish and sediments in traditional rice crops areas near of the rivers Ariari, Guayuriba, Humea and Meta in the Orinoco Basin (Llanos Orientales).

The sampling areas showed interesting physicochemical characteristics which magnify the effect of pesticides upon the biotic communities. Based on these parameters and the biotic differences (due to diversity and richness of species), the area was grouped into two sub-systems, one of which presented increasing signs of eutrofication.

The information recorder since 1980 shows that the fish communities present preoccupating hazardous increase of pesticide specially aldrin-dieldrin and metilparation in concentrations which exceed those established by FAO/OMS.

Palabras clave: Limnología - Ríos - Biocidas - Peces - Llanos Orientales, Col.

INTRODUCCION

El objetivo principal del hombre ha sido crear un sistema artificial e inestable, con el fin de incrementar la producción de un número limitado de plantas, situación que puede ser usualmente mantenida con considerables costos energéticos.

El principal problema, entonces, es la protección de esos cultivos contra plagas y enfermedades igualmente bien adaptadas. Es entonces cuando aparece un nuevo componente en el sistema: los biocidas, los cuales han solucionado en parte el problema; pero su uso indiscriminado e irracional ha causado graves consecuencias en los sistemas naturales, uno de los cuales es la contaminación ambiental y la intoxicación de los organismos que los habitan.

En los Llanos Orientales el arroz es un cultivo de gran importancia en la producción agrícola, por su extensión y por ser una fuente generadora de empleo y de ingresos de numerosas familias. Este cultivo ha alcanzado un alto desarrollo tecnológico y no escapa a la denominación de sistemas altamente subsidiados que utilizan en gran medida productos comerciales como los biocidas.

La falta de control en el uso de estos compuestos (organofosforados, organoclorados, piretroides, etc.), ha permitido una indiscriminada utilización, hecho que ha ejercido grandes efectos sobre el medio circundante. En consecuencia, el alto vertimiento sobre ecosistemas acuáticos y terrestres ha producido efectos nocivos sobre la fauna, flora, ganadería, pesca y poblaciones humanas.

Campesinos y pescadores de las zonas arroceras del Río Ariari (Puerto Caldas), Caño Tigre (Puerto Porfía), Río Meta (Cabuyaro), Caño Lechemiel (Barranca de Upía), Río Guayuriba (Pompeya), denuncian constantemente la mortandad de peces y aves, después de la aplicación de Metilparation y Endrex. También indican que la escorrentia de los lotes de arroz durante la época de lluvias produce significativa mortandad de peces como el Nicuro (*Pimelodus sp*), Capaz (*Pimelodus spp*), Bocachico (*Prochilodus mariae*), que son utilizados como fuente de alimento.

Estas son, entre otras, las principales razones que han motivado la realización del presente trabajo, que es un aporte al conocimiento de los efectos de los biocidas sobre ecosistemas lóticos localizados en el Departamento del Meta, y representa un esfuerzo más del INDERENA Regional Llanos Orientales a los problemas relacionados con la calidad de las aguas.

DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en el Departamento del Meta, municipios de Puerto Caldas (Río Ariari), Pompeya (Río Guayuriba), Puerto Porfia (Río Humea) y Cabuyaro (Río Meta).

A continuación se describe cada una de las estaciones:

A. Río Ariari:

Estación 1: Corresponde a aguas de riego utilizadas en los cultivos de arroz. Este canal transporta sus aguas al Caño Guanayas.

Estación 2: Caño Guanayas. Este caño es el principal colector de aguas utilizadas en la zona arrocera.

Estación 3: Río Ariari, Puerto Caldas.

B. Zona de influencia Río Humea

Estación 4: Canal de riego que recoge aguas utilizadas en los cultivos, desemboca en Caño Tigre.

Estación 5: Caño Tigre, recolector de aguas de riego de los cultivos de arroz.

Estación 6: Río Humea, Puerto Porfia.

C. Río Guayuriba

Estación 7: Río Guayuriba, vía Pompeya.

Estación 8: Aguas de cultivo.

Estación 9: Canal de riego que recoge agua de los cultivos y las transporta de nuevo al río Guayuriba.

D. Río Meta.

Estación 10: Río Meta, Cabuyaro.

MATERIALES Y METODOS

La ubicación de las diez estaciones de muestreo se realizó con base en criterios sobre la influencia y aporte de las zonas arroceras a los caños y canales de riego y a los ríos seleccionados previamente para el estudio.

En cada estación se realizaron dos muestreos (época seca) para el análisis de plancton, utilizando para ello una malla con ojo de 45 μ y una botella Kemmerer de un litro de capacidad. Así mismo se tomaron muestras de perifiton, utilizando placas de colonización, y se capturaron algunos peces para realizar el análisis de biocidas. Se determinaron en campo parámetros como: Temperatura superficial ($^{\circ}$ C), pH, Oxígeno disuelto (ppm) y CO_2 (ppm), con un laboratorio compacto AguaMerk ref. 8.

La determinación de nitrógeno amoniacal (mg/1 N), nitratos (mg/1 =N), fósforo (mg/1 PO₄ =), conductividad ($\mu \Omega$ /cm 25°C), dureza total (mg/L CaCO₃), cloruros (mg/1 cl⁻), sulfatos (mg/1 SO₄), potasio (mg/L K) y sólidos disueltos (gravimetría) se realizó refrigerando las muestras y efectuando el análisis dentro de las 48 horas siguientes a su recolección; en el Laboratorio de Aguas y Suelos del HIMAT, y en el Laboratorio de Aguas del Departamento de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional, de acuerdo con la metodología estandarizada por la APHA (1980) y la EPA (1979).

Para el análisis de biocidas en peces y en sedimento, las muestras se congelaron sin ningún tipo de preservativo o fijador. Posteriormente se transportaron a los Laboratorios del Instituto de Investigaciones Tecnológicas (IIT), en donde fueron procesadas para tal fin.

Las muestras de fitoplancton y perifiton se fijaron en una solución de formol al 4% con lugol (0.5 ml de solución por cada 100 ml de muestra). El zooplancton se fijó con una solución de formol al 3%.

Los géneros de algas se identificaron utilizando las claves de Prescott (1966), Coesel (1982 y 1985), Streble y Krauter (1982). El análisis cuantitativo se llevó a cabo por el método del microscopio invertido.

El análisis matemático-estadístico de los resultados físico-químicos se efectuó en un computador Data General, previa transformación de las variables a logaritmo, con excepción del pH, utilizando el paquete estadístico SPSS (Nie et al, 1975).

Para el análisis biológico, se tuvo en cuenta la técnica de información para diversidad (Margalef, 1957) y el sistema de clasificación (método de similitud de Jaccard) para facilitar la interpretación y correlación de las diferentes estaciones.

RESULTADOS

Físico-Químicos

Ciertos factores de tipo ambiental son capaces de modificar notoriamente el efecto tóxico agudo de los contaminantes. Ese efecto tóxico varía de acuerdo con la calidad del agua, siendo los factores más importantes, la temperatura, pH, dureza, oxígeno disuelto y sólidos disueltos, parámetros que en estudios de ecotoxicología son factores importantes en la acción de los biocidas sobre organismos acuáticos (Mason, 1984; Muirhead-Thomson, 1977; Branco, 1984 y Donato et al, 1986).

Tabla 1

**RESULTADOS FISICO-QUIMICOS OBTENIDOS
EN LAS 10 ESTACIONES DE MUESTREO**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
NITRATOS (mg/L N)	—	—	0.30	0.20	0.15	0.25	0.18	0.15	0.20	0.06
CONDUCTIVIDAD (Micromhos)	47	47	218	176	121	159	148	112	110	106
DUREZA TOTAL (mg/L CaCO ₃)	17.0	24.1	116.7	400.8	57.1	75.8	71.1	47.5	48.6	50
SULFATOS (mg/L SO ₄)	0.0	1.4	8.5	44.5	35.5	29.5	22.0	13.3	12.3	28
FOSFATOS (mg/L PO ₄)	0.010	0.015	0.050	0.070	0.03	0.040	0.040	0.045	0.045	0.12
CLORUROS (mg/L Cl ⁻)	4.2	2.8	2.8	6.3	6.3	8.5	8.5	8.8	9.2	2.5
SOLIDOS DISUELTOS	31.0	31.0	145.0	117.0	80.0	106.0	99	74	73	80.0
CALCIO (mg/L CA)	3.9	5.9	12.4	28.6	18.9	25.7	23.9	14.2	13.4	40.0
SODIO (mg/L Na ⁺)	3.6	2.4	3.4	5.1	4.8	4.6	6.9	5.5	5.5	1.8
POTASIO (mg/L K ⁺)	1.6	0.6	1.1	1.4	1.6	0.9	0.9	1.2	1.3	1.1
OXIGENO DISUELTO* (ppm)	6.6	6.1	7.6	4.3	3.6	4.3	10.0	3.5	4.1	3.0
pH *	5.5	6.0	6.5	5.5	5.5	6.5	7.5	5.5	5.5	4.0
TEMPERATURA * (°C)	30	27	27.5	31.0	27	30	26	32	30	26
CO ₂ * (ppm)	0.37	0.1	0.03	0.03	0.06	0.04	0.03	0.03	0.03	0.32

* Datos obtenidos en el campo.

Con base en este aspecto, se caracterizó la calidad, tipos de agua y evaluación de los parámetros físico-químicos relevantes en la amplificación de los efectos tóxicos de los biocidas en las 10 estaciones de muestreo. De acuerdo con la tabla 1, se destaca lo siguiente:

1. Altas temperaturas del agua en las estaciones estudiadas, que oscilan entre 26°C y 32°C.
2. Sitios de depleción de oxígeno (3.0 a 4.3 ppm), con excepción de las estaciones 1, 2, 3 y 7.
3. Los valores de dureza total, nos permiten clasificar las aguas de las estaciones (excepto la estación 4) como blandas.
4. Las estaciones 3 a 10 presentan altos valores de fósforo.
5. La tendencia general del pH, en las zonas de estudio corresponden a aguas ácidas.

Como se aprecia en la tabla 2 y la figura 1, se agrupan dos conjuntos de variables físico-químicas. El primero de ellos, con alta correlación positiva, está constituido por la conductividad, dureza, nitratos, sólidos disueltos, sulfatos, calcio, fosfatos y bicarbonatos; agrupación que caracteriza la acelerada intervención sobre las cuencas respectivas, situación evidentemente reflejada en la dinámica de estos cuerpos de agua.

TABLA 2
MATRIZ DE CORRELACIONES ENTRE LAS DIFERENTES
VARIABLES FISICO-QUIMICAS
MEDIDAS EN LAS 10 ESTACIONES DE MUESTREO*

	pH	TEM	NO ₃	PO ₄	COND	DURE	Ca
pH	1.00000	.13376	.15269	-.35266	.26115	.13928	-.18520
TEM	.13376	1.00000	.39618	.57304	.42283	.42625	.41349
NO ₃	.15269	.39618	1.00000	.75948	.93985	.71519	.78861
PO ₄	-.35266	.57304	.75948	1.00000	.72446	.65766	.89892
COND	.26115	.42283	.93985	.72446	1.00000	.83656	.73246
DURE	.13928	.42625	.71519	.65766	.83656	1.00000	.65740
Ca	-.18520	.41349	.78861	.89892	.73146	.65740	1.00000
Mg	-.18608	.36757	.37763	.59332	.53159	.35513	.32532
Na	.61364	.00036	.50871	-.03731	.41303	.33296	.14147
K	-.34395	-.57855	.22551	.07530	.15060	.16278	.04750
Cl	.39565	.06185	.49855	.04660	.30887	.21094	.26472
SO ₄	.02511	.54887	.80595	.78175	.73645	.65104	.85017
SOLD	.20338	.43433	.93923	.76925	.99684	.82989	.76878

	Mg	Na	K	Cl	SO ₄	SOLD
pH	-.18608	.61364	-.34385	.39565	.02511	.20338
TEM	.36757	.00036	-.57855	.06185	.54887	.43433
NO ₃	.37763	.50871	.22551	.49855	.80595	.93923
PO ₄	.59332	-.03731	.07530	.04660	.78175	.76925
COND	.53159	.41303	.15060	.30887	.73654	.99684
DURE	.35513	.33296	.16278	.21094	.65104	.82989
Ca	.32532	.14147	.04750	.26472	.85017	.76878
Mg	1.00000	-.43959	-.05616	-.56975	.30149	.56757
Na	-.43959	1.00000	.29953	.90924	.21697	.35917
K	-.05616	.29953	1.00000	.24539	-.18575	.14567
Cl	-.56975	.90924	.24539	1.00000	.28834	.26973
SO ₄	.30149	.21697	-.18575	.28834	1.00000	.74988
SOLD	.56757	.35917	.14567	.26973	.74966	1.00000

* Enero - Febrero de 1987

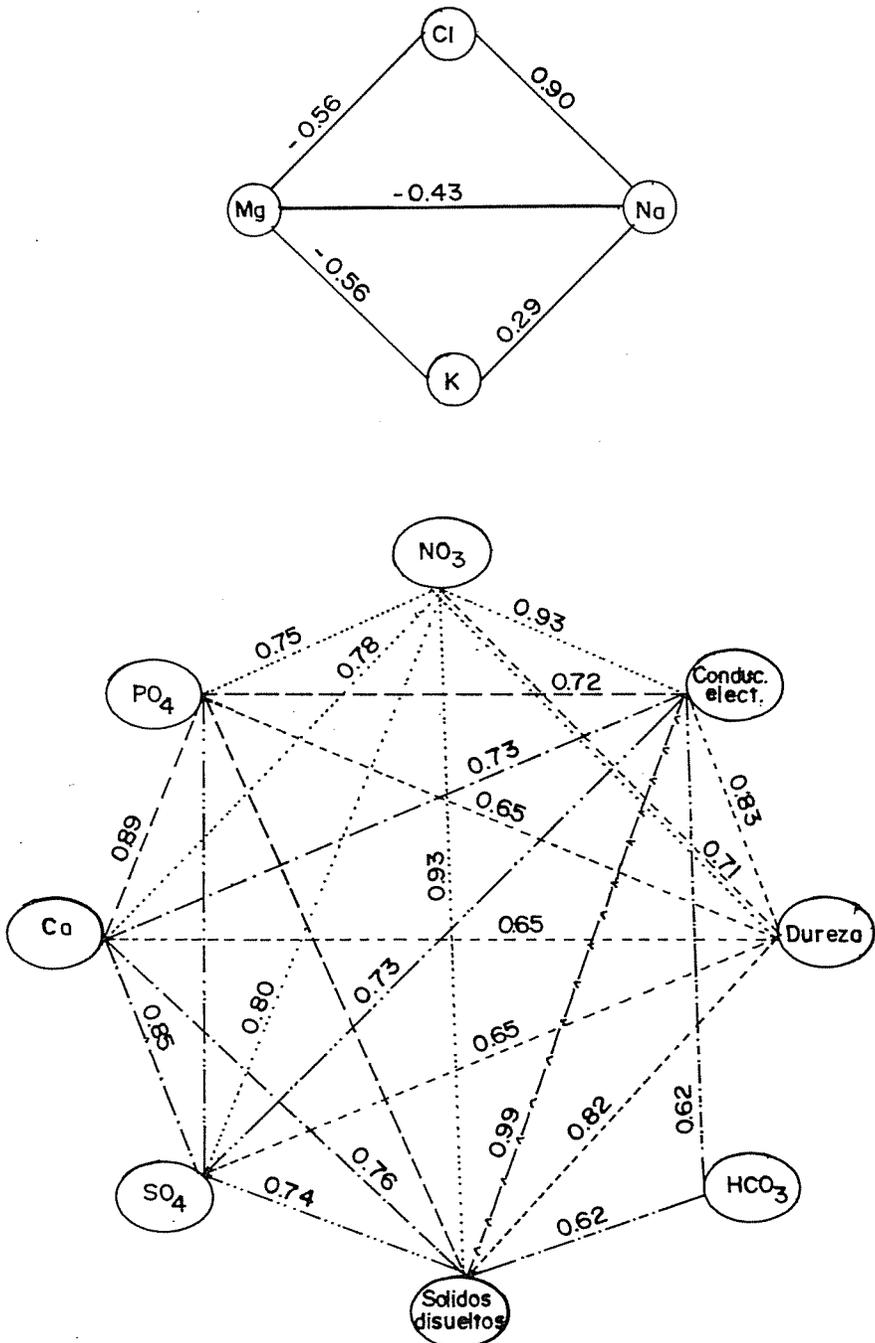


FIG.1. Correlaciones significativas entre las variables fisico-quimicas en las estaciones de muestreo. (Ene-Feb/87).

El segundo grupo, con baja correlación negativa, reúne elementos inherentes a los sistemas acuáticos de la altillanura, (Magnesio, cloro, potasio y sodio), sistema que de por sí es de bajas conductividades eléctricas y bajos contenidos de sales.

BIOLOGICOS

Peces

La determinación taxonómica de los ejemplares capturados, para los análisis de biocidas, fue llevado a cabo en el Museo de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional, utilizando las claves de Eigenmann (1912, 1922), Gery (1964) y Dahl (1971). A continuación se relacionan las especies de peces encontradas.

- A. Río Ariari
 - *Prochilodus mariae* *
 - *Curimata sp*
 - *Astyanax cf bimaculatus* *
 - *Astinax sp* *
 - *Pimelodus sp*

- B. Río Humea, Caño Tigre
 - *Farlowella cf vittata*
 - *Loricaria* * sp 1
 - *Loricaria* *

- C. Río Guayuriba
 - *Pimelodus sp* *
 - *Prochilodus mariae*
 - *Curimata sp*

- D. Canales de Riego (arrocera)
 - *Astyanax sp* *
 - *Cicla ocellaris* *
 - *Crenicichla sp* *
 - cf *Aequidens* *

* Utilizadas para el análisis de biocidas.

PLACTON Y PERIFITON

En la tabla 3, se consignan los organismos encontrados en las 10 estaciones de muestreo.

TABLA 3

LISTA DE ALGAS (PERIFITON Y PLANCTON), ENCONTRADAS EN LAS 10 ESTACIONES DE MUESTREO

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CIANOFICEAS										
Merismopedia delicatissima	X	X	X							
Lyngbya sp ¹		X					X			
Lyngbya sp ²									X	X
Chroococcus sp			X							
Oscillatoria sp									X	
Cianoficeae				X		X	X			X
DESMIDIAS										
Gonatozygon monotaenium	X			X	X				X	
Euastrum denticulatum	X									
Cosmarium sp ¹	X			X						
Cosmarium sp ²	X	X			X	X				
Cosmarium sp ³	X	X	X		X	X	X			
Staurastrum setigerum	X									
Closterium sp ¹	X	X		X	X	X	X		X	
Euastrum sp ¹	X									
Staurodesmus sp	X									
Cosmarium type depressum	X									
Euastrum sp ²		X			X	X				
Closterium sp ²		X			X					X
Cosmarium sp ⁴		X								
Cosmarium sp ⁵		X	X							
Staurastrum hirsutum		X			X	X				
Staurastrum quadrangulare		X								
Staurastrum pinnatum		X				X				X
Closterium acutum		X								
Closterium sp ³				X		X				
Desmidium sp ¹				X						
Euastrum sp ³				X						
Micrasterias truncata				X						
Closterium setaceum				X		X				
Closterium sp ⁵					X					

Closterium sp ⁶					X	X		
Euastrum denticulatum					X			
Cosmarium sp ⁶						X		
VOLVOCALES								
Eudorina elegans	X						X	X
Sphaerocystis sp								X
CHLOROCOCCALES								
Scenedesmus sp	X			X				
Scenedesmus denticulatus	X		X					
Scenedesmus sp ²						X		
Scenedesmus sp ³			X					
Scenedesmus javanensis						X		
Scenedesmus quadricauda						X		
Dictyosphaerium erenbergi	X							
Ankistrodesmus sp	X						X	
Actinastrum sp							X	
Coelastrum cf reticulatum								X
CLOROFICEAS								
FILAMENTOSAS								
Spyrogira sp ¹	X	X		X		X	X	X
Spirogyra sp ²	X	X		X		X	X	
Oedogonium sp	X	X	X	X		X	X	
Stigeoclonium sp	X						X	
Zygnema sp			X	X				
Cloroficeae							X	X
FLAGELADAS								
Euglena sp	X		X			X		
Euglena acus			X					
Euglena oxyuris								X
Euglena sp ²					X	X		
Trachelomonas hispida				X	X			
Trachelomonas sp ¹					X			
Trachelomonas sp ²						X		
Phacus triqueter					X			
Phacus sp ¹					X			X
Phacus longicuada						X		
Crisofita	X							

DIATOMEAS

Gomphonema sp ¹	X	X	X		X	X			
Gomphonema sp ²	X	X	X		X	X	X		X
Navicula sp ¹	X		X		X				
Navicula sp ²	X	X	X		X	X	X		X
Navicula sp ³						X		X	
Navicula sp ⁴									X
Diatoma sp	X	X	X						X
Cocconeis sp	X	X	X			X			
Coscinodiscus sp	X			X	X	X	X		
Cyclotella sp ¹	X	X		X	X				
Cyclotella sp ²	X	X			X	X		X	X
Pinnularia sp ¹	X	X							
Pinnularia sp ²	X	X	X	X					
Nitzschia cf acicularis	X	X			X	X	X		X
Nitzschia palea		X	X			X	X	X	X
Fragilaria sp	X	X	X			X	X		X
Synedra ulna	X	X	X		X	X	X	X	X
Eunotia sp ¹	X	X	X		X		X		
Eunotia sp ²					X				
Eunotia sp	X								
Ceratoneis arcus	X		X			X	X		
Amphipleura sp		X	X						
Gomphonema sp ³			X						
Pleurosigma sp ¹			X		X		X	X	X
Pleurosigma sp ²							X		
Asterionella cf formosa			X						
Cymbella sp			X						
Amphora sp			X			X			X
Surirella sp		X	X				X		X
Diatomea			X						
Hantzschia sp			X						
Melosira cf granulata			X			X			X
Gyrosima sp					X	X			

Estos resultados nos permiten, por los tipos de algas presentes estimar las condiciones y calidad de las aguas analizadas. A continuación se registran las zonas sapróbicas respectivas con algunos organismos de este estudio asociadas a ellas.

Zona Mesosapróbica

- *Oscillatoria cf tenuis*
- *Spyrogira* sp 1 y sp 2

- *Gomphonema* sp 1 y sp 2
- *Nitzschia acicularis*
- *Eudorina elegans*
- *Euglena cf gracilis*
- *Closterium acutum*
- *Lyngbia* sp
- *Nitzschia palea*
- *Pediastrum duplex*
- *Euglena acus*
- *Scenedesmus quadricauda*
- *Phacus triqueter*
- *Euglena oxyuris*
- *Trachelomonas acanthopora*
- *Staurastrum quadrangulare*
- *Fragilaria cf construens*

Zona oligosapróbica

- *Cocconeis* sp
- *Cyclotella cf bodonica*
- *Pinnularia viridis*
- *Staurastrum setigerum*

Los demás organismos, por motivos taxonómicos no se agrupan en ninguna categoría, sin embargo es interesante analizar esta información mediante el estudio de comunidades y tipos biológicos. La figura 2 presenta el dendrograma de similitud de ligamiento promedio para indicar las diferencias en la composición de plancton y perifiton entre las diversas estaciones.

ANALISIS DE BIOCIDAS EN SEDIMENTOS Y PECES

La tabla 4, muestra las concentraciones de biocida en sedimentos y peces. Con relación a sedimentos las concentraciones de residuos de biocidas clorados fluctúan entre 0.20 y 0.40 ppm para Aldrin-Dieldrin; y 0.10 ppm para DDT, no se encontró ni residuos de Lindano ni de organofosforados. Podemos deducir que estas concentraciones provocan una considerable reducción y desequilibrio en la estructura de la comunidad, ya que superan las dosis letal para invertebrados bentónicos.

Comparando la determinación efectuada en peces con los límites máximos recomendados por la FAO/OMS se deduce:

1. La concentración de Aldrin-Dieldrin (3.00 - 0.80 ppm) supera las tolerancias recomendadas y los límites prácticos de residuos (ppm). Además, son superiores a la ingestión diaria (máxima) en ppm, si se considera el consumo de estos por un ser humano.

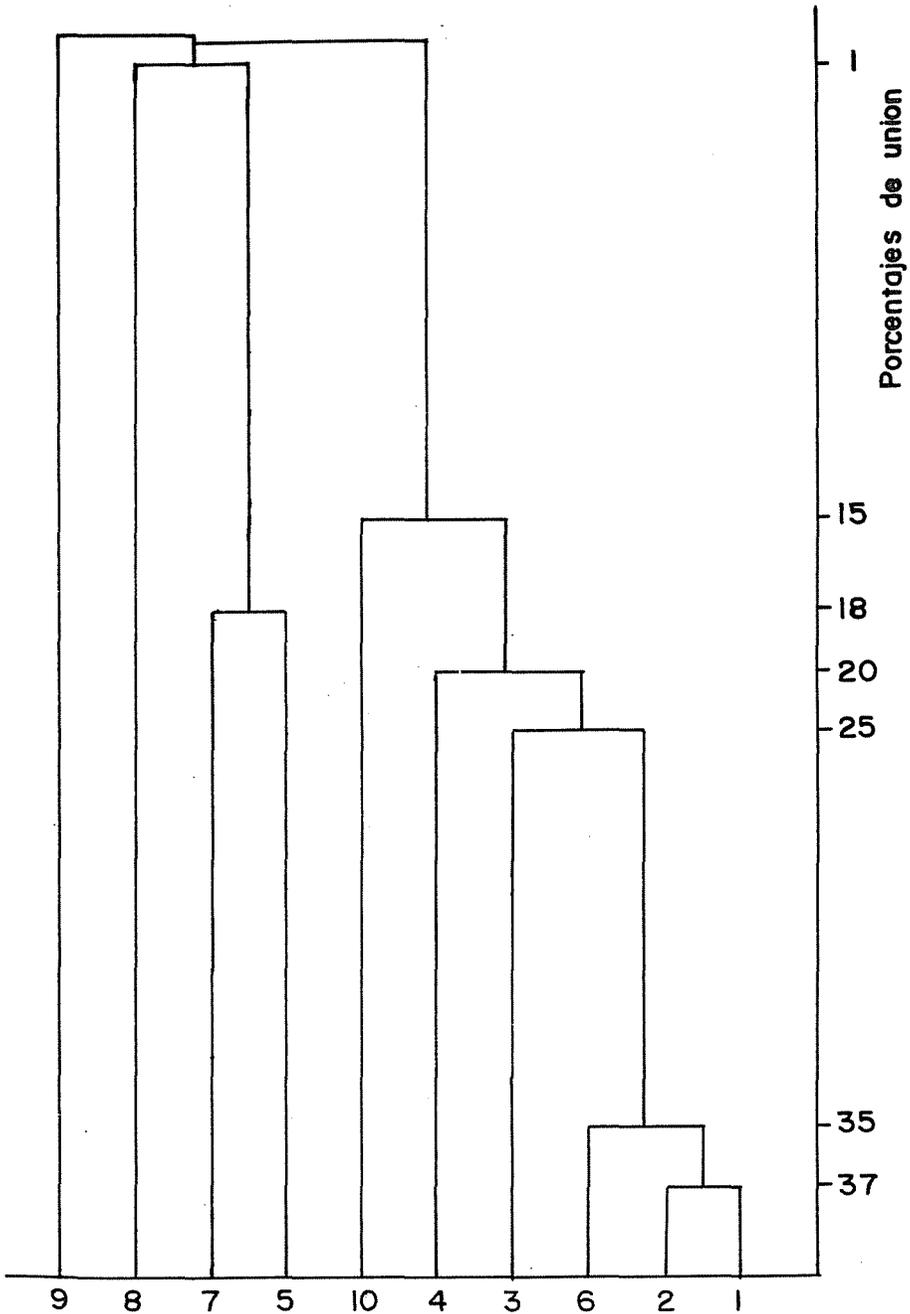


FIGURA 2. Dendrograma de similitud, ligamiento promedio (Jaccard)
FITOPLANCTON-ESTACIONES

2. El DDT y metabolitos son muy inferiores a las tolerancias recomendadas (ppm), pero superan los límites prácticos de residuos (ppm).
3. Los valores de Lindano son muy bajos, estando entre la norma establecida.
4. En las muestras de peces de la estación 1 y 4, se obtuvieron concentraciones de metil paratión (0.1 ppm) valor que duplica al estimado en la concentración de la tolerancia recomendada.

DISCUSION

Las estaciones de estudio presentan dos tendencias en su comportamiento tanto en el aspecto físico-químico (conductividad, dureza, fósforo, sulfatos y oxígeno disuelto), como en el biológico (riqueza de especies y diversidad). Estas tendencias nos permiten distinguir dos grupos, los cuales serán analizados a continuación (tabla 1, figura 3).

Sistema I: (Figuras 1 y 3) Zona del Ariari que ha sido tradicionalmente arrocera y habitualmente conocida como sitio de alta mortandad de peces, hecho que puede ser explicado debido a las altas temperaturas (30°C), que al parecer incrementan la toxicidad de los biocidas y la susceptibilidad de los organismos a su acción (Muirhead-Thomson, 1971 y Tuffery, 1979). Los valores de dureza (17.0-24.1) corresponden a aguas blandas, lo cual, como ha sido demostrado por varios autores (Muirhead-Thomson, 1971; Guenzi, 1974; Branco, 1984), permite que el efecto residual de un biocida se incremente. Además estudiando los efectos sobre truchas (*Salmo sp*), se ha demostrado una vez más que los efectos letales son más evidentes en aguas ácidas blandas que en otros tipos de agua, razón por la cual, los pH ácidos de éste sistema asociado con la dureza de sus aguas magnifican la acción letal de los plaguicidas sobre las comunidades de peces.

Las concentraciones de fósforo y los bajos valores de conductividad y sulfatos, nos indican que estamos frente a sistemas oligotróficos típicos del piedemonte llanero. Sin embargo dadas las características intrínsecas, como sus altas temperaturas, pH ácidos, aguas blandas; permiten magnificar la acción de los tóxicos en este sistema.

Las comunidades de plancton presentan una alta complejidad que refleja por un lado organismos bentónicos (*Gomphonema sp*, *Navícula spp*), reofilicos (*Pleurosigma sp*, *Nitzschia sp*, entre otros) y grupos cuyo hábit es el ambiente acuático de los arrozales como Desmidiás y Cianofíceas resistentes debido al uso continuo de biocidas. La reunión de estos elementos permite que este sistema posea una alta riqueza de especies, y valores de diversidad que superan los 3.0 bits, que por supuesto no reflejan en su verdadera dimensión la estructura y dinámica de las poblaciones de algas.

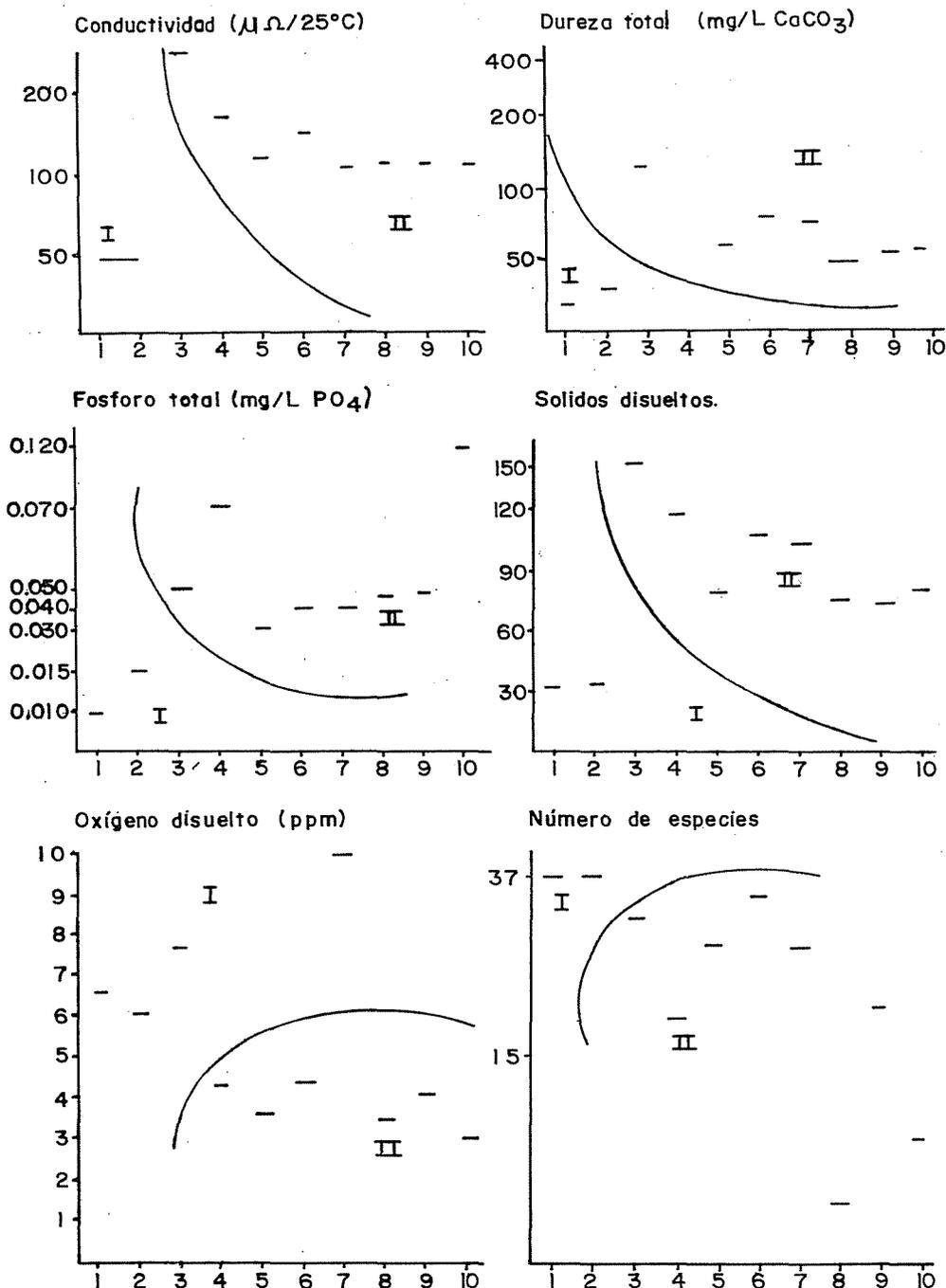


FIG 3. Caracterización físico-química y biológica de las estaciones de muestreo y su diferencia en dos subsistemas. (I y II).

En la Tabla 4 se dan los valores de biocidas encontrados en peces de este Sistema (correspondiente al Ariari), los cuales pueden compararse con los Valores Límites Internacionales recomendados por la FAO/OMS.

Es indudable que este sistema tradicionalmente arrocerero, que descarga sus desechos a los caños, ha influido sobre los valores acumulativos de Aldrin-Dieldrin y en la acción letal de los organofosforados, que superan ampliamente las tolerancias recomendadas.

TABLA 4
CONCENTRACIONES DE BIOCIDAS EN LA COMUNIDAD
DE PECES EN LOS AÑOS 1980, 1986 Y 1987
EN EL DEPARTAMENTO DEL META

	Aldrin Dieldrin (ppm)	DDT (ppm)	Lindano (ppm)	Endrin (ppm)	Metil Paration	
Caño Quename, 1980 (1)	0.1	8.7	—	6.0	(—)	INAS
Río Upía, 1985 (2)						
Estación 1	1.0	0.10	0.05	—	0.2	
Estación 2	0.50	0.40	0.05	—	0.2	
Estación 3	1.50	0.80	0.05	—	0.2	IIT
Estación 4	0.80	0.10	0.05	—	0.2	
1987 (3)						
Río Ariari	3.00	0.40	0.08	—	0.1	
Río Humea	1.00	0.30	0.03	—	—	
Río Guayuriba	1.00	0.20	0.02	—	—	IIT
Río Meta	0.80	0.50	0.06	—	—	
Río Guayaraba	2.00	0.40	0.10	—	0.1	

1. Análisis gentilmente cedido por el Dr. Mauricio Valderrama UNIFEM, Bogotá.
2. Donato et al, 1986
3. Resultados obtenidos en el presente trabajo.

La aplicación continua de estas sustancias ha provocado profundas alteraciones en las comunidades bióticas, especialmente en el recurso hidrobiológico, elemento importante de consumo y fuente de trabajo y alimento para la población humana. Efecto que se confirma en el presente trabajo al detectar la presencia de biocidas en especies comerciales como el Bocachico (*Prochilodus mariae*) que forman parte de la dieta humana.

Sistema II: (Figuras 1 y 3) Lo constituye las estaciones de los ríos Humea, Guayuriba, Meta y una estación del Río Ariari. En general presentan incrementos en los valores de conductividad (106 a 210 μ S), dureza (hasta 400.8), sulfatos

(hasta 44.5 ppm SO_4), sitios con déficit de oxígeno (3.5 ppm y 4.1 ppm) y un notable aumento en la concentración de fósforo (desde 0.030 hasta 0.12).

Estos sistemas reúnen las condiciones físico-químicas necesarias para aumentar la acción letal de los biocidas. La acción de estos factores debe mencionarse dado que se trata de sistemas fluviales importantes, en donde la corriente es otro factor que incrementa la captación de contaminantes en organismos acuáticos, y constituye junto con la turbidez y el volumen de sólidos transportados factores que incrementan frecuentemente la acción de los tóxicos.

Sumado a lo anterior, este sistema presenta otro grave problema como son las cargas de fósforo y materia orgánica que originan una alta eutroficación. Este fenómeno es amplificado por una alta intervención humana ejercida a través del deterioro gradual de las cuencas (erosión) y de las intensivas actividades agrícolas y ganaderas que aportan materia orgánica con los subsecuentes aumentos de fósforo y déficit de oxígeno.

Los ríos de este sistema, al registrar incrementos de sulfatos, conductividad y sólidos disueltos originados en parte por materia orgánica alóctona y autóctona, parecen reforzar un proceso de eutroficación cultural.

Los sistemas lóticos son ecosistemas regulados por el transporte horizontal de nutrientes, la turbidez, la velocidad de la corriente y las variaciones de caudal, son factores que influyen en la dinámica, productividad y abundancia de los organismos.

De tal manera que la composición de plancton de estos ríos (Sistema II), está sujeta a los factores antes mencionados. Además, ciertos factores biológicos reflejan condiciones de polución y algunas especies mencionadas son conocidas como tolerantes o resistentes a los biocidas.

A continuación, se analiza cada una de las formas de vida encontradas en este sistema:

- Comunidades de Epífitas: (*Oedogonium sp*, *Stigeoclonium sp*, *Zignema sp*, *Cloroficea filamentosa*), organismos con alta capacidad de persistencia lo cual les permite competir, sobreponiéndose a los efectos de selección impuestos por las variaciones de flujo y turbidez.
- Comunidad perifito-Bentica: (*Nitzschia spp*, *Amphora sp*, *Navícula sp* 3, *Pleurosigma sp*, *Gyrosigma sp*, *Surirella sp*, entre otras), adaptadas a los efectos abrasivos de la corriente y la pérdida por deriva.

- Comunidad de Desmidiás: (*Microsterias truncata*; *Closterium* sp3, sp 4; *Desmidium* sp 1; *Euastrum* sp3; *Closterium setaceum* sp5 y sp 6; *Cosmarium* sp), organismos derivados de sitios de poca velocidad o de ambientes litorales, también, pueden ser arrastrados de los cultivos de arroz y llegan accidentalmente a las corrientes de agua.
- Comunidad Mesosapróbica de Clorofíceas y Diatomeas: (*Pediastrum duplex*, *Scenedesmus* spp, *Euglena acus*, *Euglena oxyuris*, *Euglena* sp 2, *Trachelomonas hispida*, *Trachelomonas acanthophora*, *Phacus triqueter*, *Phacus* sp, *Phacus longicauda* y la Cianofíceas *Oscillatoria* cf *tenuis*), que indican no sólo ambientes ricos en materia orgánica sino también una alta capacidad de acumulación y adaptación a los biocidas. Con relación a esto Brooker (1975) y Hill I.R., Wright (1978) han reconocido *Scenedesmus* spp y *Euglena* spp, las cuales crecen bien en ambientes con disponibilidad de detritus y de continua exposición a organoclorados, igualmente Stuart H. Mulla Mir (1972), ha resaltado el interesante papel de *Euglena* spp, como indicador que persiste y se desarrolla inmediatamente después de un tratamiento con Metil-Paratión.

La acción de los tóxicos y la condición de eutroficación cultural que se presenta en este Sistema, resulta de una dominancia de especies resistentes o tolerantes a la polución tales como *Euglena*, *Scenedesmus*, *Navícula* y *Oscillatoria* sp, organismos que han sido reconocidos (Walsh, 1977 y Palmer, 1969) como indicadores de aguas altamente polucionadas.

En síntesis, las comunidades de plancton de este sistema (II), están constituidas por poblaciones reofilicas (Perifito-Benticas), plancton ocasional debido a las arroceras inundadas y organismos heterótrofos tolerantes a los residuos tóxicos y a la polución generada de la eutroficación cultural, razón por la cual los índices de diversidad varían entre 1.0 y 1.9 bits, valores que de acuerdo con Margalef (1982) y Branco (1984), corresponden a aguas con polución moderada.

A pesar de que los resultados de biocidas en peces presentan las mismas consideraciones del Sistema I (discutidos anteriormente), es necesario tener en cuenta algunos aspectos dinámicos de los biocidas y su incidencia en la comunidad de peces.

Se enfatiza que los compuestos organofosforados son menos tóxicos a peces que los organoclorados y ellos están sujetos a una rápida hidrólisis, no se acumulan en seres humanos ni en las cadenas tróficas (Stocker & Seager, 1981; Shubert, 1984) y su persistencia en peces es sólo de una semana (Calvies, 1972).

En cambio los organoclorados, a pesar de su baja solubilidad en el agua, son más tóxicos y presentan efectos de amplio espectro (Moriarty, 1976) y con

persistencia en peces que varían de un mes (Dieldrin) a más de cinco meses (DDT), (Calvie op cit), además, poseen la característica de ser transportados como película, emulsión o en asociación con materia particulada y sedimentos (Barthel et al, 1972; Perfect, 1980).

Es indudable que el poder de persistencia, toxicidad y biomagnificación de los compuestos organoclorados constituyen el más serio peligro para peces, especialmente para aquellos de hábit detrítóphago (Loricaridae, *Prochilodus mariae*, *curimata sp*) y de niveles tróficos superiores (*pimelodus spp*), que muestran efectos significativos de acumulación (tabla 4).

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos durante la investigación permiten agrupar las zonas de estudio atendiendo a sus características físico-químicas en los siguientes sistemas:

- Sistema I. Los valores bajos de dureza total, asociados con el pH ácido y las altas temperaturas de sus aguas, son factores que actúan incrementando el efecto de los biocidas sobre las comunidades bióticas.
- Sistema II. Con características físico-químicas que incrementan el efecto residual; este sistema (estaciones del Río Meta, Humea, Guayuriba, principalmente) presentan signos de una creciente eutroficación.

La comunidad de plancton refleja situaciones de complejidad y sobreposición de hábitats (reofilas y de ambientes de los arrozales) que sobreestiman los valores de diversidad (1.0-1.9 bits) y la presencia de comunidades mesosapróbicas en el Sistema II suponen situaciones de mayor trofia.

La comunidad de peces presenta a partir de 1980 un preocupante aumento de biocidas especialmente Aldrin-Dieldrin y metil-paration, concentraciones que están por encima de las tolerancias permitidas por la FAO/OMS.

De acuerdo con los valores de biocidas encontrados en peces las concentraciones de Dieldrin-Lindano y DDT son superiores con respecto a la dosis letal media para peces (0.005 a 0.03 ppm en los primeros y 0.005 ppm para DDT después de 48 horas). Igualmente los niveles encontrados para Metil-Paration superan la dosis letal que está calculada entre 0.05 a 0.1 ppm en 48 horas de aplicación (Margalef, 1983).

MODELO DE FUNCIONAMIENTO

Cada sistema es un conjunto de elementos, compartimientos o unidades organizacionales, interactuantes, esto es, influenciables entre sí, por los estados que puedan tener en un momento dado de distintos elementos. Tales interrelaciones

de variables pueden ser conceptualizadas y traducidas a un lenguaje lógico expresable en un modelo que a la vez es cometido a análisis. (Donato et al, 1986).

El funcionamiento del modelo de los canales de riego y caños adyacentes a los ríos evaluados en el área de estudio, está regulado por variables netamente externas íntimamente relacionadas con la dinámica y mantenimiento del monocultivo de arroz. En la figura 4 se visualiza el modelo general de funcionamiento y su interpretación con factores externos, se hace énfasis en los elementos implicados en la polución como son los biocidas y sus residuos orgánicos.

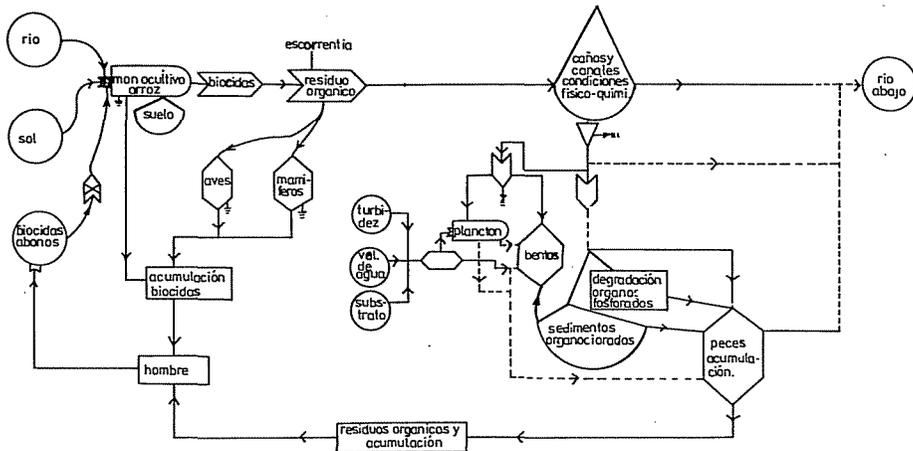


FIGURA 4. Diagrama de flujo de los biocidas y sus efectos en sistemas adyacentes a los ríos estudiados. Simbología basada en ODUM.

La acción tóxica de esos compuestos sobre las comunidades bióticas es frecuentemente magnificada por las condiciones físico-químicas de las aguas de canales y caños, así como por factores que están ligados a los ríos como turbidez, velocidad del agua y sedimentos transportados.

Del modelo se deduce que los compuestos que producen contaminación, afectan la dinámica y respuesta de los organismos planctónicos y perifíticos resultando en la dominancia de especies resistentes o tolerantes.

El efecto de este tipo de sustancias se refleja en la alta mortandad de peces, lo que indica el uso indiscriminado y el deficiente control en su aplicación. Ese efecto se incrementa con el tipo de alimentación de los peces (ilíofagos y omnívoros) y el envenenamiento directo que se magnifica por las condiciones físico-químicas de las aguas del área de estudio.

En síntesis, la aplicación continua de biocidas a los monocultivos de arroz y su lavado, especialmente en épocas lluviosas a los canales, caños y ríos son

factores que conllevan al surgimiento de especies resistentes o tolerantes y además causan mortandad de peces.

RECOMENDACIONES

1. Poner en marcha el siguiente PLAN DE MONITOREO, para controlar y vigilar los rios Meta, Ariari, Guayuriba y Humea.

— Análisis Físico-Químico

AGUA (semestral)	Parámetros a analizar pH, DBO Oxígeno disuelto Conductividad Dureza Fósforo total Sólidos totales Sulfatos
SEDIMENTO (anual)	Relación C/N Concentración de fósforo Biocidas Aldrin/Dieldrin Toxafeno Endrex Metil-Paratión Determinación granulométrica y tipo de sedimento

— Análisis Biológicos

- Plancton: (semestral, seguimiento cualitativo y cuantitativo de las poblaciones tolerantes y resistentes a los efectos residuales: *Scenedesmus* spp, *Pediastrum* spp, *Navícula* sp₁, *Euglena* spp, *Spyrogira* spp, entre otros, y de especies Oligotróficas: *Cyclotella* sp, algunas Desmidias etc.
- Bentos: (semestral), evaluar cambios de las poblaciones de macroinvertebrados bentónicos y su relación con concentraciones de Biocidas en el sedimento.
- Bacterias: (anual), monitoreo de coliformes fecales, totales y bacterias patógenas.
- Peces: (anual), determinación de Biocidas en: *Prochilodus mariae*, *Pimelodus* ssp, Loricaridos (varias especies).

Bioensayos para evaluar consecuencias del uso de biocidas y de eutroficación en los aspectos reproductivos y de desarrollo en especies de alto consumo humano.

2. Análisis de plaguicidas en fuentes de agua para consumo humano especialmente de la zona del caño tigre, río Humea (Puerto Porfía), río Guayuriba (vía Pompeya), caño Guanayas (vía Puerto Caldas-San Juan de Arama) y río Meta (Cabuyaro).

AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar su agradecimiento al INDERENA regional Llanos Orientales, a su ex-director Mario Avellaneda, actual Jefe de Planeación, Subgerencia Medio Ambiente y a la doctora Claudia Merino, Jefe de Pesca e Interventora del trabajo. A la Asociación de Zoólogos Botánicos y Biólogos de la Universidad Nacional - Azobional.

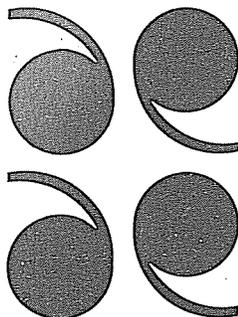
A los Biólogos Mauricio Valderrama (UNIFEM, INDERENA), por la información aportada y a Jorge Luis Amaya por su colaboración en el campo.

LITERATURA CITADA

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), 1980. *Métodos estándar para el examen de Aguas y Aguas de desechos*. México.
- BERTHEL W.F. et al, 1977. *Surface Hydrology and Pesticides*. In: Review effects in Aquatic Ecological effects of Pesticide, Linnean Society of London. A. Press. London.
- BRANCO, S., 1984. *Limnología Sanitaria, estudio de la polución de Aguas Continentales*. O.E.A. Washington.
- BROOKER M. P. and R. W. Edwards, 1975. *Aquatic Herbicides and the Control of Water Weeds*. Water Research (9): 1-15.
- CALVIE E. MENZIE, 1972. *Effects of Pesticide on Fish and Wildlife*. In: Environmental Toxicology of Pesticides. Academic Press London and New York.
- COESEL P., 1982. *De Desmidiaceen Van Nederland. Deel. Seralgen. Fam. Closteriaceae*. K.N.N.V. Hoogwood. N. H.
- — — — — 1985. *De Desmidiaceen Van Nederland. Deel. 3. Fam. Desmideaceae (1)*. K. N. N. V., Hoogwood. N. H.
- DAHL, G., 1971. *Los peces del norte de Colombia*. INDERENA. Bogotá.
- DONATO et al, 1986. *Evaluación preliminar del impacto de los plaguicidas en el río Upiá*. Convenio INDERENA- OIKOS.
- EIGENMANN C. H., 1912. *The freshwater fishes of British Guiana, including a study of the ecological groupings of species, and de Carnegie Museum*. 5 (1): 1-578.
- — — — — 1982. *The fishes of Northwestern South America. Part. I. I the freshwater fishes of North Western South America, including Colombia, Panamá and Pacific slopes of Ecuador and Perú, together with and appendix upon the fishes of the rio Meta in Col. mem. Carnegie Museum*. 9 (1): 1-346.

- EPA (UNITED STATES ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY), 1980. *Methods for chemical analysis of water and wastes*. Cincinnati.
- GERY A., 1977. *Characoids of the world*. T. F. H. Public. Neptuna. New York.
- GUENZI W.D. (ED)., 1974. *Pesticides in soil and water*. Soil Science Society of America. Inc. Publisher Madinson U.S.A.
- HILL I. AND R. WRIGHT, 1978; *Pesticide Microbiology*. A. P. London and New York.
- INFORME COMISION DEL CODEX ALIMENTARIOS. ONU, PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMEN-
TACION, 1976. *Residuos de plaguicidas en los alimentos*.
- MASON, C. F., 1984. *Biología de la contaminación del Agua Dulce*. Ed. Alhambra. España.
- MARGALEF R., 1957. *La Teoría de la Información en Ecología*. Mem. R. Acad. Ciencias. Artes Barcelona. 32 (13): 373-449.
- — — — —. 1982. *Ecología*. Barcelona. Omega.
- — — — —. 1983. *Limnología*. Barcelona. Omega.
- MORIARTY F., 1976. *Ecological effects of Pesticides*. Academic Press London and New York.
- MUIRHEAD-THOMSON, 1971. *Pesticidas and freshwater fauna*. A. P. London and New York.
- NIE et al, 1975. *SPSS Statistical Package for the Social Sciences*. McGraw-Hill Book CO New York.
- PALMER M. C., 1969. *A composite rating of algae tolerating organic pollution*. J. Phycol. 5: 78:82.
- PERFECT J., 1980. *The environmental Impact og DDT. In a Tropical agro-ecosystems*. Ambio. 9:16-21.
- PRESCOTT C.W., 1966. *Algae of the Panama Canal and its tributaries II. Conjugales*. Phykos 5 (1-2): 1-49.
- SHUBERT E., 1984. *Algae as ecological indicators*. A. P. Inc. Londres and New York.
- STOCKER AND SEAGER., 1981. *Química Ambiental, Contaminación del Aire y del Agua*. Blume Ecología.
- STUART H. AND MULLA MIR., 1972. *Efects of and organophosphorus insecticida on the phytoplankton, zooplankton and insect populations of freshwater ponds*. Ecological Monographs. 42 (3): 269-299.
- STREBLE H. UND D. KRAUTER., 1982. *Das Leben Im Wasser Trofen*. Verlag. Sttugart.
- TUFFERY G., 1979. *Incidencias ecológicas de la polución de las aguas corrientes. Reveladores biológicos de la Polución*. In: La Contaminación de las Aguas Continentales. Editor P. Pesson. Mundi-Prensa. Madrid.
- WALSH G.E. and GROW E., 1971. Citado por T. P. *The Effect of Environmental Contamination Aquatic Algae*.

ASOCIACION COLOMBIANA PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA



La Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia A.C.A.C., fue fundada el 9 de Octubre de 1970 y agrupa actualmente a nivel nacional, cerca de quince mil Miembros, profesionales en Medicina, Física, Ingeniería, Biología, Química, Electrónica, Cibernética, Sicología, Geología, Agronomía, Informática, Astronomía, etc.

Los Objetivos Generales son:

- Propender por el desarrollo de la Investigación Científica del país;
- Coordinar a los Científicos de diversas áreas para su participación en proyectos conjuntos con profesionales de otras ramas;
- Mantener informados a los Miembros sobre los avances tecnológicos en el mundo, y desde luego en el país;
- Realizar intercambio permanente de información con Entidades de carácter Científico Nacionales y Extranjeras;
- Representar a la Comunidad Científica colombiana, ante organismos gubernamentales y en Foros de interés para sus objetivos;
- Promover y coordinar la participación de Científicos en Congresos, Simposy otros eventos internacionales;
- Buscar mayor reconocimiento de la importancia de la Actividad Científica en el desarrollo del país, y tratar de obtener la vinculación de los Científicos en los proyectos de carácter nacional;
- Gestionar la consecución de financiación para la realización de Estudios e Investigaciones Científicas;
- Asesorar a los afiliados en sus necesidades de importación de equipos, repuestos, materiales y materia prima destinados a sus investigaciones y trabajos;
- Propender por la creación de la carrera del Investigador en el país y buscar estímulos e incentivos para esta actividad;
- y fortalecer los vínculos institucionales de las Asociaciones y Entidades de Carácter Científico entre sí y con la A.C.A.C.