

PRESENCIA DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS ORGANOCORADOS Y CARBAMATOS EN EL RIO OCHOMOGO Y EFECTOS SOBRE LA COMUNIDAD MACROZOOBENTICA

Salvatierra Suárez, Thelma

RESUMEN

Se estableció la relación entre el comportamiento de la comunidad del macrozoobentos y la presencia de residuos de plaguicidas organoclorados y carbamatos en el río Ochomogo. Se recolectaron las muestras en seis estaciones y en dos períodos: época seca (Abril 1997) y época de lluvia (Octubre 1997). Los valores máximos de plaguicidas organoclorados en la matriz sedimentos se encontraron en la época seca. En la estación 2 (Ingenio a) se detectó la mayor concentración de los metabolitos pp-DDT y pp-DDE, con 7.91 y 6.77 ng.g⁻¹ respectivamente. Los compuestos Heptacloro y Dieldrin se detectaron en la mayoría de las estaciones en los dos muestreos, aunque en menor concentración. El Lindano solamente se detectó durante la época seca, con un rango de 0.26 y 0.79 ng.g⁻¹. Se encontró además, residuos de los plaguicidas carbamatos tales como, Aldicarb, Metomil, Carbofuran y Carbaril en agua. La fauna del macrozoobentos presentó diferencias significativas en ambos períodos de muestreo. Se identificó un total de 60 especies del macrozoobentos. La comunidad estuvo dominada numéricamente y en términos de diversidad por la Familia Chironomidae, los géneros más abundantes fueron *Polypedilum* y *Saetheria*. La densidad de los organismos fue mayor en la época seca en comparación con la época de lluvia, con 12860 y 2165 Ind m⁻², respectivamente. La riqueza de especies, la estructura comunitaria y la abundancia del macrozoobentos evidencian la alterada situación ambiental del río Ochomogo, en especial la estación 2, probablemente por la presencia de los residuos de plaguicidas organoclorados y carbamatos.

INTRODUCCIÓN

El uso de los plaguicidas en Nicaragua se incrementó con el cultivo de algodón en los años cincuenta. En la actualidad el empleo de los plaguicidas es masivo para el control de plagas en cultivos de importancia económica para el país, como son la caña de azúcar, arroz y café, por cuanto la tendencia de los agricultores ha sido aumentar sin bases técnicas la concentración y dosis de un plaguicida en uso o hacer combinaciones con otros, con el propósito de combatir mejor a las plagas que se han vuelto resistentes.

El uso intensivo de plaguicidas en las actividades agrícolas ocasiona alteraciones al medio ambiente, provocando daños a los diferentes ecosistemas, en especial al acuático, al cual llegan por emisiones accidentales, fumigación o por escorrentía superficial. La contaminación de las fuentes de agua superficiales o subterráneas por plaguicidas constituye un problema grave por la importancia del agua en todas las actividades humanas y para los procesos biológicos de los organismos. La baja degradabilidad de la mayoría de estas sustancias tóxicas, así como la alta persistencia en el medio ambiente, tienden a favorecer su acumulación y magnificación en la biota acuática, constituyendo un riesgo severo para el hombre, especialmente en el caso de los plaguicidas

organoclorados.

En Nicaragua la mayoría de los estudios e investigaciones sobre los plaguicidas se han orientado hacia el sector de la salud, principalmente por la atención que generan los efectos de intoxicaciones agudas y crónicas en la población expuesta a ellas en labores agrícolas. Recientemente se ha logrado la determinación de la presencia de residuos de plaguicidas en sedimentos, agua y tejidos biológicos, pero aún muy poca atención se ha brindado hacia la evaluación de los efectos de estas sustancias tóxicas sobre las comunidades acuáticas y en especial a los organismos del macrozoobentos.

Alvarez (1994) encontró presencia de residuos de plaguicidas organoclorados y organofosforados en las aguas y sedimentos del río Atoya, detectando con mayor frecuencia los compuestos pp-DDD, pp-DDE y Toxafeno.

Picado et al (1997) encontró residuos de plaguicidas organoclorados en muestras de sedimentos y tejidos biológicos en las Lagunas Costeras de Occidente en Chinandega, detectando los compuestos pp-DDT, Lindano, Toxafeno, Dieldrin, pp-DDE, pp-DDD, Endrin, alfa-Endosulfan y Heptacloro.

Lacayo et al (1997) hace referencia de los plaguicidas organoclorados encontrados en los sedimentos del Río San Juan, siendo los compuestos pp-DDD, pp-DDE, Heptacloro, Lindano, los detectados con mas frecuencia, el pp-DDT fue encontrado solamente en un punto de muestreo(RSJ-8).

En la búsqueda de organismos que sirvan de indicadores biológicos que muestran su respuesta a la situación ambiental que prevalece sobre un cuerpo de agua en particular, la presencia y abundancia de algunos de estos organismos en un área dada usualmente se relaciona con las condiciones favorables para su desarrollo, o se encuentra en función de las tolerancias a cambios en la calidad de las aguas. Se considera posible que la presencia de plaguicidas en los sedimentos ocasione un desbalance ecológico en la composición, riqueza de especies, abundancia de individuos y distribución de la comunidad macrozoobéntica.

Por tal razón se determinó la presencia y concentración de residuos de plaguicidas organoclorados y carbamatos en muestras de sedimentos y agua, y se estimó el efecto de estas sustancias tóxicas sobre la comunidad del macrozoobentos, además se tomó en cuenta algunas variables físico – químicas como oxígeno disuelto, pH, temperatura, conductividad y las diferentes formas de sólidos como factores abióticos necesarios en el crecimiento y desarrollo de los organismos del macrozoobentos.

AREA DE ESTUDIO

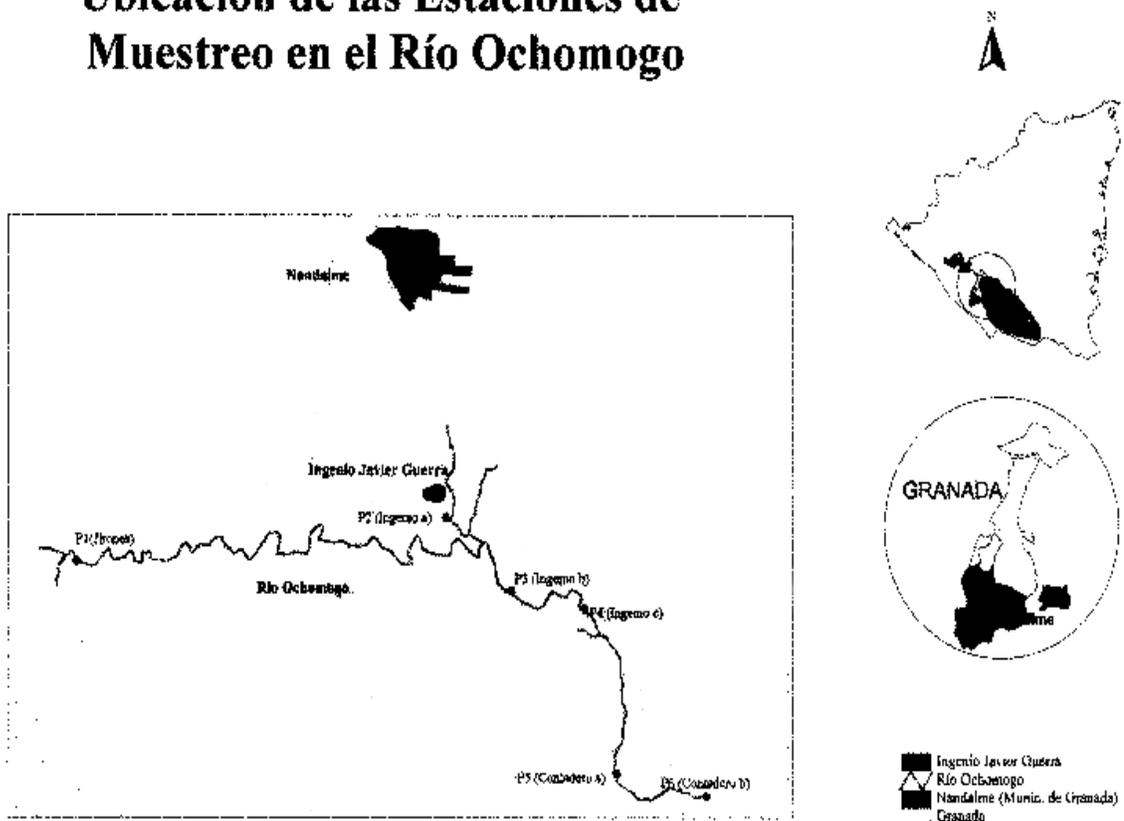
La cuenca del Río Ochomogo elegida para este estudio está ubicada en el Municipio de Nandaime, correspondiente al Departamento de Granada. Se ubicaron las coordenadas con ayuda de la hoja topográfica de Nandaime con escala de 1:50 000. Se tomaron las coordenadas, partiendo de la estación de control (Jirones), hasta la Comarca "El Contadero". El río Ochomogo desemboca en el Lago Cocibolca ó Nicaragua, enfrente de la Isla el Menco. El Río Ochomogo es un afluente importante del Lago Cocibolca.

Fueron seleccionadas seis estaciones de muestreo, en razón de las diferentes situaciones que representan a la zona en los diferentes usos: agua para consumo humano, riego y captación de desechos de plaguicidas, debido a la intensa actividad agrícola. La estación de control se ubicó en "Los Jirones que

está localizado en la parte alta de la cuenca del río, esto para la zona de Nandaime; las cinco estaciones restantes fueron ubicadas en la parte del Ingenio Azucarero Javier Guerra y el Barrio "El Contadero", lugar donde llegan los residuos de tóxicos (ver mapa). Las estaciones o puntos de muestreo están descritos a continuación:

Punto	Nombre	Ubicación (coordenadas)		Meses de colecta
		Longitud	Latitud	
1	Jirones	86° 07' 08"	11° 42' 44"	Abril y Octubre 1997
2	Ingenio a	86° 02' 57"	11° 43' 10"	Abril y Octubre 1997
3	Ingenio b	86° 02' 15"	11° 42' 29"	Abril y Octubre 1997
4	Ingenio c	86° 01' 30"	11° 42' 27"	Abril y Octubre 1997
5	Contadero a	86° 01' 08"	11° 40' 56"	Abril y Octubre 1997
6	Contadero b	86° 00' 20"	11° 40' 36"	Abril y Octubre 1997

Ubicación de las Estaciones de Muestreo en el Río Ochomogo



METODOS

En el año 1997 se llevaron a cabo dos misiones de campo en los meses de Abril y Octubre correspondientes a las épocas seca y lluviosa del año. En el plano de ubicación, se muestran las estaciones de muestreo. En ambas campañas se colectaron muestras de sedimentos, para determinar residuos de plaguicidas organoclorados y muestras de agua para el análisis de plaguicidas carbamatos, además se tomaron muestras para el análisis de las variables físico - químicos y muestras de sedimentos para el análisis hidrobiológico del macrozoobentos.

Colecta de muestras

Sedimentos

Las muestras de sedimentos para la identificación de los organismos del macrozoobentos y determinación de los plaguicidas organoclorados, fueron tomadas utilizando una draga Van Veen con una área de captura de 305.8 cm². Para los organismos se colectaron tres submuestras en cada punto, colocando cada una en bolsas plásticas de 25 lbs, preservándolas con formalina al 4% rotulándolas con el nombre del punto y número de submuestras, hasta la llegada al laboratorio de Hidrobiología en el CIRA-UNAN. Los sedimentos captados para la determinación de los plaguicidas organoclorados, se colocaron en frascos de 250 gramos, fueron rotuladas y almacenadas en recipientes adecuados para su posterior traslado hacia el laboratorio de Cromatografía de Gases del CIRA-UNAN.

Agua

Las muestras de agua para el análisis de plaguicidas carbamatos fueron colectadas por duplicado en botellas de vidrio con capacidad de un (1) litro, adecuadamente prelavadas, forradas con papel de aluminio para protegerlas de la luz solar, debidamente rotuladas, preservadas en termos con hielo para su inmediato traslado al laboratorio de Cromatografía Líquida en el CIRA-UNAN.

Para los análisis de las variables físico - químicas se colectaron 300 mL de muestras de agua superficial en botellas de vidrio para oxígeno disuelto, éstas fueron preservadas con 1 mL de MnSO₄ y 1 mL de NaOH + NaN₃, también se tomaron 500 mL de muestras para temperatura, pH, conductividad y las diferentes formas de sólidos, posteriormente se preservaron en hielo hasta llegar al laboratorio de Aguas Naturales del CIRA-UNAN.

Procedimientos analíticos

Macroinvertebrados bénticos

Las muestras en el laboratorio fueron procesadas de acuerdo a los procedimientos descritos en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA – AWWA 1996). Para la identificación de los organismos se utilizó un microscopio compuesto, clasificándolos según Clase, Orden, Familia, Género y Especie cuando esto fue posible, utilizando las claves taxonómicas de Roldán, 1988, Pennak, 1978 y Merritt & Cummins, 1984. La densidad total de los organismos fue calculada en m⁻².

También se determinó la abundancia numérica de los organismos encontrados en cada estación, utilizando la siguiente expresión: $\% N = N / NT * 100$

En donde:

N = Número de Individuos de cada especie capturada

NT = Número de Individuos de todas las especies

Este índice es una expresión matemática utilizada por diversos autores (Ramírez, 1984; Horn y Allen, 1985; entre otros), la determinación de la abundancia numérica relativa permite evidenciar mediante porcentajes las especies predominantes en la estructura de la comunidad y sus variaciones en el tiempo (Rodríguez et al, 1994).

Para conocer el valor de la riqueza de especies, se utilizó el índice de Margalef 1983, cuya expresión es la siguiente: $D_n = (S-1) / \ln N$

donde:

S = Número de especies

N = Número total de Individuos (organismos)

Plaguicidas organoclorados

El método empleado para el análisis de plaguicidas organoclorados en sedimentos fue el de Villanueva, 1995.

Plaguicidas carbamatos

El método empleado para la determinación de los plaguicidas carbamatos fue una combinación del método de la EPA 531 revisado por Graves, 1989 y el Manual del Método de Análisis de Carbamatos en Agua desarrollado por la Corporación WATERS, 1989.

Variables físico – químicas

Para el análisis de las variables físico - químicas, se utilizó el número de referencia del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th edition, APHA-AWWA 1996. A continuación se describen los procedimientos de acuerdo al Standard Methods, APHA – AWWA 1996.

Variabes	Nombre del Método	Número de referencia del Standard Methods (19th Edition 1996)
Oxígeno Disuelto	Modificación de la azida	4500 - 0C
Sólidos Totales, Totales Disueltos y Totales suspendidos	Método Gravimétrico	2540 - B 2540 - D
Conductividad	Método Potenciométrico	2510 - B
pH	Método Electromético	4500 - H ⁺
Temperatura	Método Potenciométrico	2550 - B

RESULTADOS

A partir de la literatura existente se observa que en Nicaragua no se han realizado trabajos Limnológicos previos sobre el impacto de los Plaguicidas Organoclorados y Carbamatos en la comunidad del Macrozoobentos, específicamente en ambientes lóticos (ríos), si bien se ha trabajado ampliamente en sistemas lacustrinos (lagos), especialmente en el Lago Cocibolca y Xolotlán. La dinámica de los ríos por ser diferente a la de los lagos, justifica la necesidad e importancia de la realización de estudios dirigidos al comportamiento de los ríos. A continuación se presentan los resultados obtenidos en las dos campañas de muestreo en las seis estaciones estudiadas, estos se ordenaron de la siguiente manera: Macroinvertebrados Bénticos y Plaguicidas Organoclorados, en muestras de sedimentos, Plaguicidas Carbamatos y variables físico-químicas en muestras de agua.

Descripción del macrozoobentos

La fauna del macrozoobentos varió considerablemente en ambas épocas (seca y lluvia). En la época seca, correspondiente al mes de Abril, se observó un incremento en la densidad comunitaria expresada en ind.m⁻², con relación a la época de lluvia, correspondiente al mes de Octubre, en donde los valores para la densidad disminuyeron significativamente.

En Abril (época seca), la densidad total de los organismos encontrados fue de 12860 ind.m⁻², se identificaron 46 especies, siendo las Familias Oligochaeta, Chironomidae, Ceratopogonidae, el Orden Ephemeroptera, y las Clases Gastropoda, Arachnoidea, Ostracodas, los organismos más representativos. Los análisis de abundancia numérica reflejan que la Familia Chironomidae fue la más importante tanto en abundancia como en composición de especies, encontrando un total de 20 especies. Los quironomidos representaron el 56.18% de abundancia numérica, siendo el Género *Polypedilum* el más abundante con 24.58%. Dentro del Orden Ephemeroptera se reportaron 6 especies, representando el 11.71% de abundancia numérica, el Género más representativo fue *Tricorythodes* (7.71%). La Familia Ceratopogonidae constituyó el 7.38% de abundancia, siendo el Género *Bezzia* el más numeroso con 5.42% (Fig. 1). La Clase Oligochaeta constituyó el 6.62% de abundancia, se identificaron 2 especies en total, la especie más representada fue *Limnodrilus* con 6.52%. Las Clases Ostracoda, Gastropoda y Arachnoidea (Hydracarina) se encontraron en menor proporción 6.86%, 3.82 % y 0.34% respectivamente. La estación E2 (Ingenio a) presentó baja diversidad de organismos en comparación con las otras estaciones de muestreo.

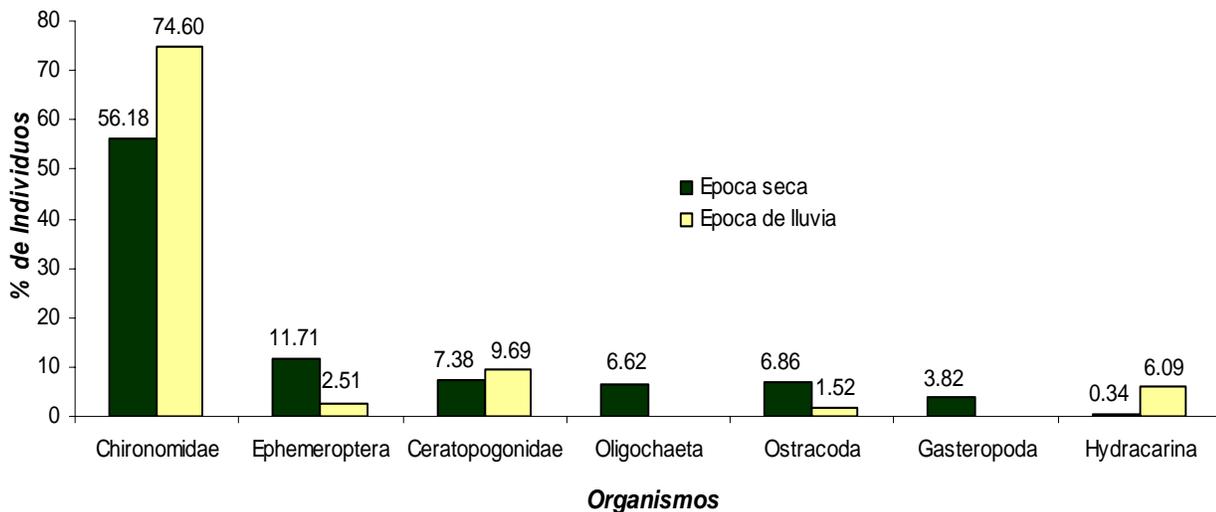


Fig.1 Variación de la abundancia numérica de los organismos más representativos en las dos épocas de muestreo (seca y lluvia)

Con relación al segundo muestreo, correspondiente a la época de lluvia (Octubre) se observó un cambio drástico en la composición de especies y abundancia numérica. En la figura 1 se presentan los valores encontrados en el análisis de abundancia numérica en las dos épocas de muestreo (seca y lluvia). La densidad comunitaria encontrada en el segundo muestreo fue de 2165 ind.m⁻², con un total de 14 especies. A igual que el primer muestreo la Familia Chironomidae fue la más numerosa tanto en composición de especies y abundancia numérica, encontrando un total de 6 especies, representando el

74.60% de abundancia, siendo el Género *Saetheria* (42.30%) el más representativo. Dentro de la Familia Ceratopogonidae se encontró un 9.69% de abundancia numérica, reportando solamente el Género *Bezzia* con 9.60% en abundancia. El Orden Ephemeroptera se encontró en menor proporción, en comparación al primer muestreo, reportando un 2.51% de abundancia numérica. La Clase Arachnoidea y Ostracoda, en el análisis de abundancia numérica presentaron valores bajos, con 6.09% y 1.52% respectivamente. La Clase Oligochaeta y Gastropoda no fueron reportados en este periodo de muestreo, variando significativamente con la época seca. La estación E2 (Ingenio a), presentó ausencia total de organismos en la época de lluvia, en comparación con la época seca.

De manera general las estaciones E1(Jirones) y E5(Contadero a) fueron las que presentaron las mayores densidades comunitarias (4110 y 3524 ind.m⁻², respectivamente), correspondientes al primer muestreo (época seca), se observó que los valores encontrados en el segundo muestreo (época de lluvia), para todas las estaciones de recolección fueron siempre bajos (Fig.2).

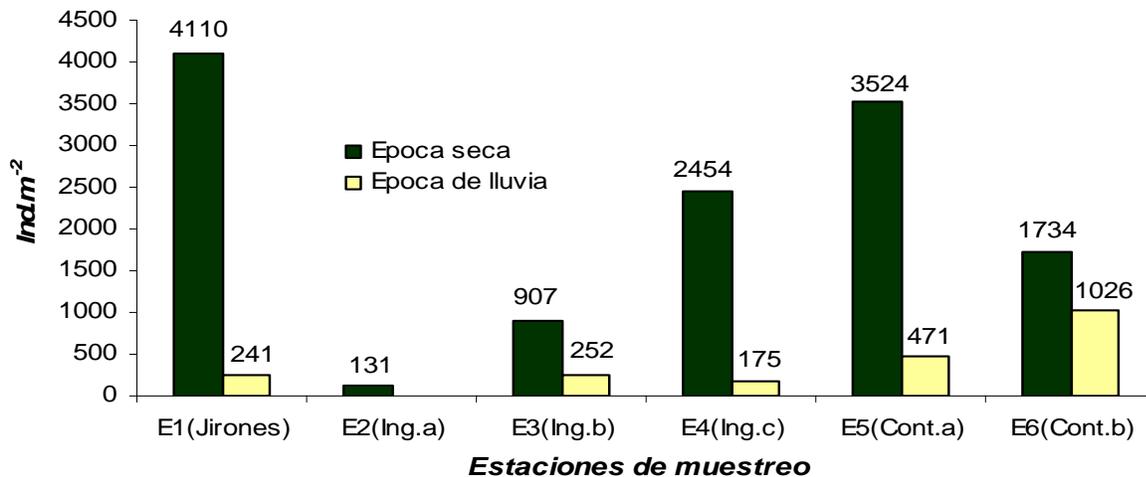


Fig.2 Comparación de la densidad total de los organismos del macrozoobentos en las dos épocas de muestreo (seca y lluvia), expresados en ind.m⁻²

El análisis de riqueza de especies de los organismos recolectados, se describe por estaciones de muestreo y meses de colecta. En Abril (época seca), los mayores valores de riqueza de especies se encontró en las estaciones de recolección E5, E1 y E4 (en este orden), representando el 2.32, 2.28 y 2.17 respectivamente. En Octubre (época de lluvia), los mayores valores de riqueza de especies se reportaron para las estaciones E6 y E5, con valores de 1.15 y 1.13 respectivamente, en la figura 3 se presentan los diferentes valores encontrados en el análisis del índice de riqueza de especies, para las dos épocas de muestreo. En el análisis global de riqueza de especies por épocas de muestreo, se observó diferencias en los valores encontrados. Durante la época seca los valores en la riqueza de especies aumentaron reflejando el 4.75, a diferencia de la época de lluvia que presentó los valores más bajos 1.69.

Es importante mencionar la pobreza en los valores de riqueza de especies en la estación E2 (Ingenio a), obteniendo 0.20 para la época seca y cero en la época de lluvia, éstos fueron los valores más bajos encontrados en las seis estaciones seleccionadas (Fig.3).

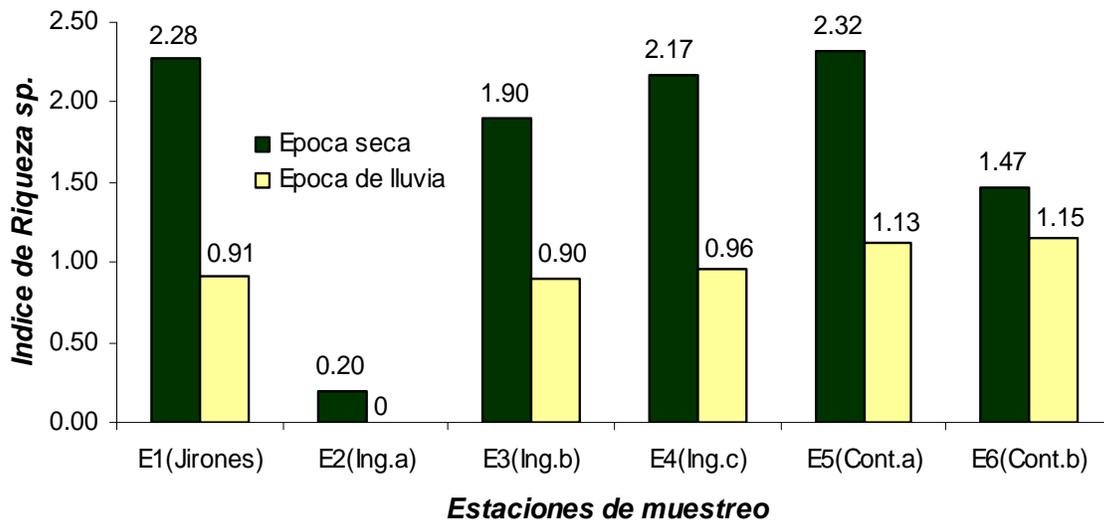


Fig.3 Comparación de los valores encontrados en el análisis del Índice de riqueza de especies (sp) en las dos épocas de muestreo (seca y lluvia)

Con toda la información obtenida en las seis estaciones y épocas de muestreo, se observó el comportamiento de los organismos encontrados en todo el estudio, obteniendo la distribución de la abundancia numérica de los diferentes grupos encontrados (Tabla 1). El análisis se obtuvo por épocas de recolección. En el primer muestreo (época seca) el grupo predominante, con el mayor número de especies y la abundancia numérica relativa más representativa fue la Familia Chironomidae, constituyendo el 56.18% en distribución, el otro grupo representativo fue el Orden Ephemeroptera representando el 11.71%. La Familia Ceratopogonidae representó el tercer grupo con mayor abundancia 7.38%. Los otros organismos se encontraron con valores bajos. En el segundo muestreo (época de lluvia) disminuyó la composición de especies y abundancia numérica, sin embargo al igual que en la época seca, predominó la Familia Chironomidae presentando una distribución de 74.60%.

Tabla 1. Distribución de la abundancia numérica en los dos periodos de muestreo

Organismos	Epoca seca		Epoca de lluvia	
	Ind.m ⁻²	% Individuos	Ind.m ⁻²	% Individuos
Clase Nematoda	186	1.44	11	0.50
Clase Ostracoda	883	6.86	33	1.52
Clase Oligochaeta	850	6.62	-	-
Clase Hirudinea	76	0.59	-	-
Familia Tipulidae	327	2.54	88	4.06
Familia Ceratopogonidae	949	7.38	208	9.69
Familia Chironomidae	7221	56.18	1616	74.60
Orden Ephemeroptera	1505	11.71	55	2.51
Orden Odonata	77	0.60	-	-
Orden Coleoptera	207	1.61	22	1.01
Orden Trichoptera	44	0.34	0	0
Clase Arachnoidea	44	0.34	132	6.09
Clase Gastropoda	491	3.82	-	-
Total	12860		2165	

Concentraciones de plaguicidas organoclorados

Se analizaron 15 plaguicidas organoclorados en muestras de sedimentos, de los cuales los encontrados en mayores concentraciones fueron el pp-DDT y pp-DDE. El Lindano, Heptacloro y el Dieldrin se encontraron en menores concentraciones. A diferencia de los compuestos alfa-BHC, beta-BHC, delta-BHC, Heptacloro-epóxido, alfa-Endosulfano, beta-Endosulfano, Aldrin, Endrin, pp-DDD y Toxafeno no fueron detectados en ninguna de las muestras analizadas. En la figura 4 se presentan las concentraciones de los plaguicidas organoclorados encontrados en las seis estaciones estudiadas en las dos épocas de muestreo (seca y lluviosa).

El metabolito pp-DDT únicamente se reportó en la estación E2 (Ingenio a), para ambas épocas de muestreo, presentando los niveles mas altos (7.916 ng.g^{-1}) en el primer muestreo. El pp-DDT fue el compuesto detectado con la mayor concentración, en comparación a los otros compuestos (Fig.4).

En el primer muestreo (Abril), el pp-DDE fue el compuesto cuya presencia fue reportada en todas las muestras analizadas, la variación en las concentraciones osciló desde 0.176 hasta 6.77 ng.g^{-1} . A diferencia del segundo muestreo el compuesto pp-DDE solamente fue detectado en las estaciones (E2, E3, E5), presentando un rango en las concentraciones de 0.074 a 3.559 ng.g^{-1} (Fig.4).

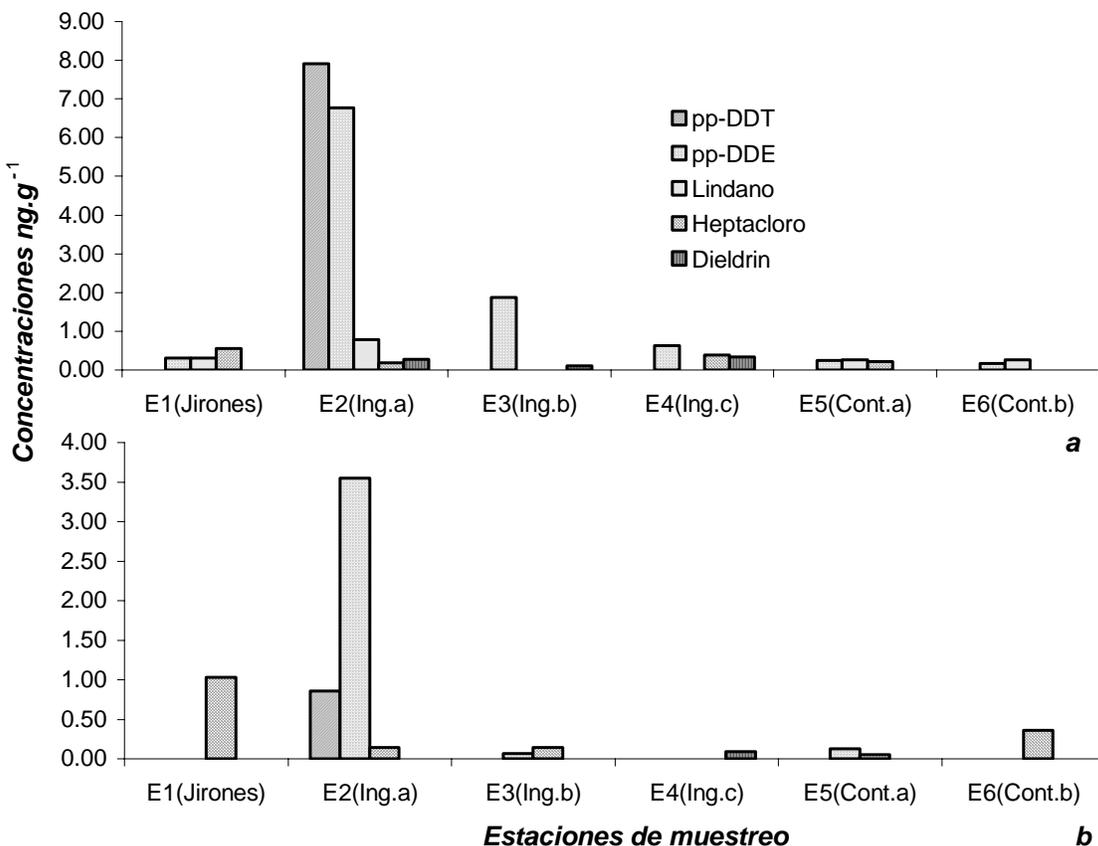


Fig.4 Residuos de plaguicidas organoclorados detectados en muestras de sedimentos secos del río Ochomogo en las dos épocas de muestreo a) seca y b) lluvia

El Lindano se detectó en cuatro de las seis estaciones (E1, E2, E5, E6), con valores entre 0.261 a 0.796 ng.g^{-1} esto para el primer muestreo. En el segundo

muestreo se observó la ausencia de Lindano, el cual no fue detectado en ninguna de las muestras analizadas (Fig.4).

Para el primer muestreo el Heptacloro fue encontrado en cuatro de las seis estaciones seleccionadas (E1, E2, E4, E5), las concentraciones presentaron un rango desde 0.191 a 0.564 ng.g⁻¹. El Heptacloro en el segundo muestreo se detectó en todas las estaciones, excepto en la estación E4(Ingenio c), presentando concentraciones que oscilaban desde 0.054 hasta 1.003 ng.g⁻¹, a diferencia de los valores encontrados en el primer muestreo estos fueron menores, a excepción de la estación E1(Jirones) donde las concentraciones de Heptacloro aumentaron de 0.564 a 1.003 ng.g⁻¹ (Fig.4). El Dieldrin se encontró en tres de las seis estaciones seleccionadas (E2, E3, E4), para el primer muestreo, con valores que fluctúan desde 0.109 a 0.349 ng.g⁻¹. En el segundo muestreo el Dieldrin solamente fue detectado en la estación E4 (Ingenio c), con un valor de 0.090 ng.g⁻¹.

Concentraciones de plaguicidas carbamatos

Se analizaron cinco plaguicidas carbamatos, en muestras de agua los cuales fueron Aldicarb sulfón, Metomil (Lannate), Aldicarb, Carbofurán y Carbaril. Es importante mencionar que estos son datos que se separan de la simetría del estudio debido a que corresponden a un solo muestreo (época de lluvia), debido a que esta elaborada capacidad técnica no estaba aún disponible para la primera parte del estudio, y las muestras de entonces se degradan rápidamente. En la tabla 2 se presentan las concentraciones de los plaguicidas carbamatos en agua correspondientes a las seis estaciones seleccionadas.

De los cinco plaguicidas analizados, el Aldicarb fue el compuesto encontrado en todas las estaciones, con un rango en las concentraciones de 120.37 a 672.38 µg.L⁻¹ presentando los niveles más altos en la estación E2 (Ingenio a).

El Metomil (Lannate) fue encontrado en las estaciones (E1, E2, E4, E5), con un valor desde 22.61 hasta 54.87 µg.L⁻¹. Para el Carbofurán los valores encontrados estuvieron por debajo del límite de detección (10 µg.L⁻¹) en las estaciones (E2, E4, E5 y E6), en las dos restantes estaciones (E1 y E3) no fue detectado. En cuanto al plaguicida Carbaril los valores también estuvieron por debajo del límite de detección (10µg.L⁻¹), en las estaciones (E4, E5 y E6), no detectándose en las estaciones E1, E3 y en las estaciones E2 (Ingenio a) fue encontrado con un valor de 169.75 µg.L⁻¹. El Aldicarb Sulfón no fue detectado en ninguno de las estaciones seleccionadas.

Tabla 2. Concentraciones de Plaguicidas Carbamatos en muestras de agua del río Ochoмого, expresados en µg.L⁻¹

Puntos de Muestreo	Adicarb	Metomil	Cabofurán	Carbaril	Aldicarb Sulfon
Pto.1 Jirones	134.62	54.87	nd	nd	nd
Pto.2 Ing. a	672.38	51.01	<L.D	169.75	nd
Pto.3 Ing. b	137.43	nd	nd	nd	nd
Pto.4 Ing. c	131.16	22.61	<L.D	<L.D	nd
Pto.5 Cont. a	120.37	46.90	<L.D	<L.D	nd
Pto.6 Cont. b	174.44	nd	<L.D	<L.D	nd

L.D: Límite de Detección del método = 10 µg.L⁻¹ para ambos plaguicidas nd: no detectado

Variables Físico - Químicas

Oxígeno disuelto, Temperatura, pH

Los cambios encontrados en los valores de oxígeno disuelto evidencian alteración en la cuenca estudiada. En todas las estaciones analizadas hubo variación en las concentraciones de oxígeno disuelto en el agua, encontrando un rango de 2.7 a 7.5 mg.L⁻¹, observando en la estación E2 (Ingenio a) la menor concentración de oxígeno disuelto, con un valor de 2.7 mg.L⁻¹. En cuanto a los valores de temperatura en las muestras analizadas, estos fluctuaron para cada punto, presentando un rango en los valores entre 28 a 34 °C, observándose disminución del oxígeno disuelto en las estaciones donde la temperatura aumentó, ya que a medida que la temperatura aumenta los gases se solubilizan menos. Además se observó que en la estación E2 se presentaron los valores más altos de temperatura. Con respecto al pH no hubo grandes variaciones en las seis muestras analizadas, encontrando valores que oscilaban entre 7.4 a 7.9, considerándose estos valores normales para aguas naturales (Tabla 3).

Conductividad y las diferentes formas de sólidos

La conductividad de las estaciones estudiadas fluctuó entre 386 a 450 µS/cm, no encontrándose grandes diferencias. Se considera que los valores reportados son normales para aguas superficiales. En cuanto a las diferentes formas de sólidos, los valores de los rangos encontrados fueron los siguientes: 922-309 mg.L⁻¹ (sólidos totales), 729-279 mg.L⁻¹ (sólidos disueltos), 193-22 mg.L⁻¹ (sólidos suspendidos) y sólidos sedimentables tomados únicamente en la estación E2 (Ingenio a), estimando un valor de 1.20 mg.L⁻¹. Se observó que los valores de los sólidos mostraron un comportamiento diferente debido a la estación E2, en esta estación es donde se encontraron los niveles más altos de sólidos (totales, disueltos, suspendidos y sedimentables), además en esta estación se observó un alto contenido de materia orgánica flotante (brozas, palos, etc.) a diferencia de las otras estaciones, que mantuvieron constantes sus valores (Tabla 3).

Tabla 3. Variables Físico - Químicas analizadas en muestras de agua en la época de lluvia

Estaciones de muestreo	Conduc. µS.cm ⁻¹	Sol.Tot. mg.L ⁻¹	Sol.Dis. mg.L ⁻¹	Sol.Susp. mg.L ⁻¹	Sol.Sed. mg.L ⁻¹	OD mg.L ⁻¹	Temp.°C	pH
E1(Jirones)	435.00	309.00	284.00	25.00	nr	7.5	28.4	7.9
E2(Ing.a)	386.00	922.00	729.00	193.00	1.20	2.7	34.4	7.4
E3(Ing.b)	424.00	316.00	293.00	23.00	nr	3.7	28.9	7.4
E4(Ing.c)	437.00	322.00	300.00	22.00	nr	2.9	29.4	7.6
E5(Cont.a)	450.00	339.00	285.00	54.00	nr	3.5	31.2	7.6
E6(Cont.b)	449.00	322.00	279.00	43.00	nr	4.2	33.2	7.7

nr: no realizados

OD: Oxígeno disuelto

DISCUSIÓN

Se encontró variabilidad en la composición de especies, número de individuos y distribución de los mismos en los diferentes puntos seleccionados para las dos épocas (seca y lluvia). En todas las muestras analizadas en la época seca la fauna macrozoobéntica estuvo constituida principalmente por larvas de Chironomidae (en proporciones altas 56.18%), Ephemeroptera (11.71%), Ceratopogonidae (7.38%) y oligochaeta (6.62%). Los quironómidos han evolucionado de manera que juegan un papel sustancial en la biología de las aguas dulces (Margalef, 1983). Algunas larvas de quironómidos poseen un tipo de hemoglobina en su sangre que funciona eficientemente a bajas concentraciones de oxígeno (Infante, 1992), debido a la presencia de hemoglobina disuelta en la hemolinfa son capaces de tolerar bajas concentraciones de oxígeno disuelto en el agua. Algunas larvas de chironomidae son indicadores de contaminación ambiental, tales como los Géneros *polypedilum* y *chironomus* encontrados en este trabajo, siendo el Género *polypedilum* el más abundante. Es importante destacar la presencia del Género *Tricorythodes* del Orden Ephemeroptera, que son propios de ambientes lóticos (ríos). De acuerdo a la literatura se sabe que todos los ephemerópteros prefieren ambientes limpios para vivir, considerándolos buenos indicadores de la calidad del agua, sin embargo los organismos pertenecientes al Género *Tricorythodes* están considerados como indicadores de aguas medianamente contaminadas (Roldán, 1988). Los representantes de la Clase Oligochaeta pueden vivir a varios metros de profundidad donde el oxígeno escasea, en los ríos contaminados con materia orgánica y aguas negras, los Oligochaetas se encuentran en términos de miles por metro cuadrado, constituyéndose estos en indicadores de contaminación acuática (Roldán, 1988).

En la época de lluvia, la fauna encontrada varió considerablemente en comparación con la época seca. Esta vez no se encontraron organismos pertenecientes a la Clase Oligochaeta y el Orden Ephemeroptera fue reportado con valores bajos (2.51%), a igual que en la época seca la Familia Chironomidae predominó con el 74.60% en abundancia numérica, siendo estos valores más altos en la época de lluvia. La heterogeneidad encontrada en la fauna del macrozoobentos fue evidente en las dos épocas, disminuyendo considerablemente la composición de especies, abundancia de organismos (número de individuos) y distribución en el segundo muestreo (época de lluvia).

Es probable que la presencia de residuos de plaguicidas organoclorados (pp-DDT, pp-DDE, Heptacloro, Lindano y Dieldrin) y carbamatos (Aldicarb, Metomil, Carbofurán, Carbaril) haya ocasionado alteraciones en la composición, abundancia y distribución de los organismos encontrados en todas las estaciones estudiadas. La estación de muestreo que presentó las mayores concentraciones de plaguicidas organoclorados y carbamatos analizados fue la estación E2 (Ingenio a), correspondiéndose con la información obtenida en el análisis del índice de riqueza de especies, estimando valores bajos, encontrando en el primer muestreo (época seca) un valor de 0.20 y en el segundo muestreo (época de lluvia) representó cero. Es evidente que estos valores demuestran una alteración a la fauna del macrozoobentos, como se mencionó anteriormente, lo que sugiere con firmeza que la presencia de residuos de plaguicidas organoclorados en los sedimentos y carbamatos en el agua ocasionan este

desbalance en la comunidad del macrozoobentos (Fig. 5 y 6).

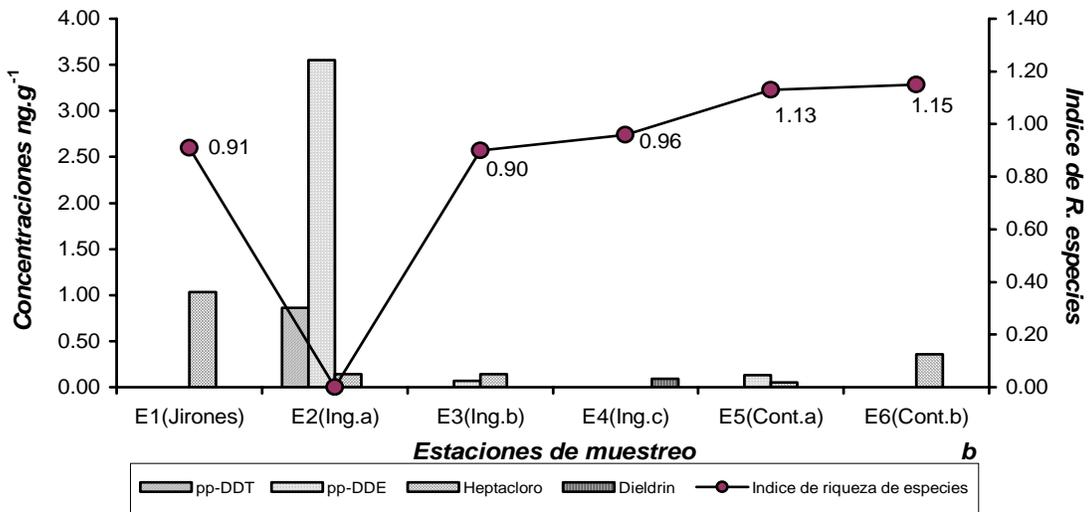
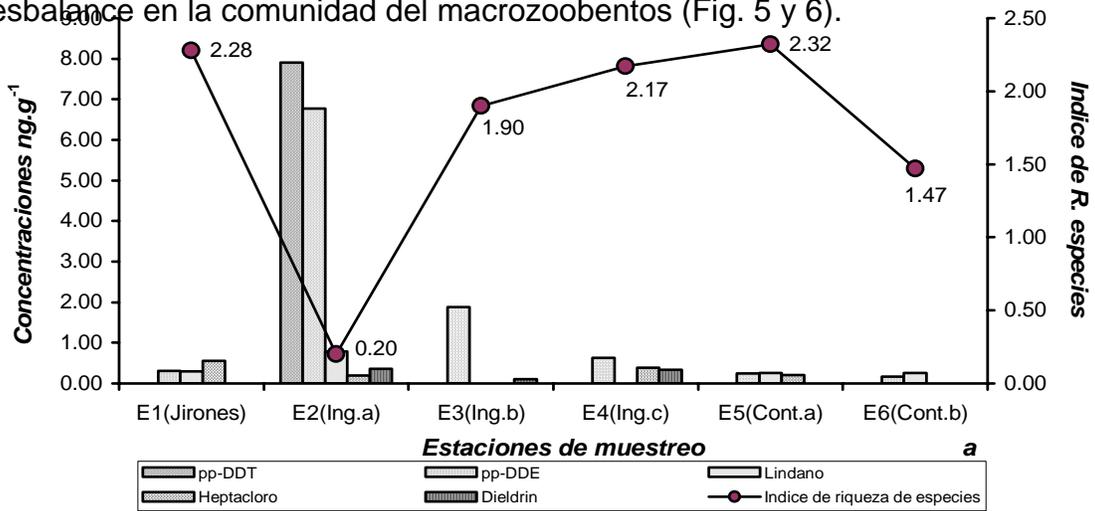


Fig. 5 Residuos de Plaguicidas Organoclorados relacionados con los valores de riqueza de especies en las dos épocas de muestreo: a) seca y b) lluvia

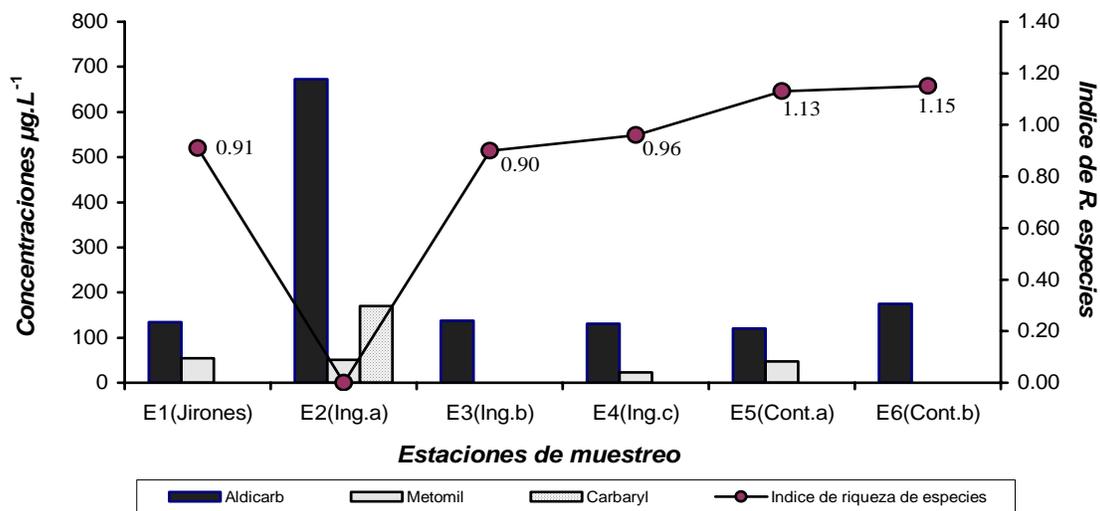


Fig. 6 Residuos de Plaguicidas Carbamatos relacionados con los valores de riqueza de especies en la época seca

Los plaguicidas organoclorados encontrados en esta investigación fueron pp-DDT, pp-DDE, Lindano, Dieldrin y Heptacloro. No obstante, según la Dirección de Sanidad Vegetal del Ministerio de Agricultura y Ganadería, de acuerdo a resolución de la Comisión Nacional de Agroquímicos del año 1993, estas sustancias están prohibidas para usos agrícolas en nuestro país. Sin embargo los resultados de este estudio reflejan la existencia de concentraciones importantes de estos compuestos tóxicos en la cuenca estudiada.

Es importante destacar que los metabolitos pp-DDT y pp-DDE son productos de la degradación del compuesto de origen el DDT, este compuesto (DDT) es insoluble en agua, es un insecticida de acción persistente, suele ser estable bajo la mayor parte de condiciones ambientales y resistente a su completa ruptura por parte de las enzimas presentes en los microorganismos del suelo y en organismos superiores (OPS, 1987). Los metabolitos del DDT suelen ser más tóxicos y persistentes que el compuesto de origen. La presencia de DDT en los sedimentos evidencia la utilización reciente de este compuesto, el cual demora tres años después de la aplicación en degradarse a metabolitos. Los plaguicidas organoclorados se caracterizan por la persistencia en el ambiente, progresiva acumulación en la cadena trófica y por su lenta biodegradación, ocasionando serios daños a la biota acuática.

La presencia de los compuestos pp-DDT (solamente fue detectado en la estación E2) y pp-DDE varió en las dos épocas, encontrándose disminución en la concentración de estos residuos para la época de lluvia (segundo muestreo). Es probable que este comportamiento de los residuos en dicha época, lo ocasione el factor de dilución y arrastre de las fuertes corrientes que presenta el río Ochomogo debido a las lluvias. También es posible que la disminución en las aplicaciones de plaguicidas por efecto de las intensas lluvias, impidió el acceso a las diferentes áreas de cultivos, además el tipo de sedimento encontrado en la mayoría de las muestras que fue predominantemente sedimento de arena gruesa con un número considerable de piedras, impidiendo de esta forma la retención de residuos de plaguicidas organoclorados.

El Dieldrin presentó diferencias en las dos épocas, tanto en los niveles de concentración como en la frecuencia de aparición en los puntos estudiados, a diferencia del segundo muestreo únicamente fue detectado en la estación E4 (Ingenio c). El Dieldrin se forma a partir del Aldrin por oxidación metabólica en los animales, y por oxidación química en los suelos. Ambos plaguicidas se han utilizado para tratar el suelo contra diversos tipos de insectos, el tratamiento de semillas y la aplicación foliar en diversos cultivos agrícolas (OPS, 1987). Esto sugiere que el compuesto utilizado en la zona de estudio es el Aldrin en el manejo de la caña de azúcar. El Dieldrin pudo variar en sus concentraciones debido a los factores abióticos (temperatura, luz, lluvias, vientos, presión de vapor) y probablemente al bajo potencial de lixiviación.

El comportamiento del Lindano fue diferente en las dos campañas de muestreo. No fueron encontrados residuos de este compuesto en ninguna de las muestras analizadas en la segunda misión de campo (época de lluvia), en comparación con los datos obtenidos en el primer muestreo (época seca).

Es probable que la ausencia de Lindano en la época de lluvia se deba a la baja solubilidad en agua (10 mg.L^{-1}) y alta volatilidad en condiciones de clima tropical (OPS, 1987); la textura del sedimento incide en la acumulación del plaguicida,

como se mencionó anteriormente en los metabolitos pp-DDT y pp-DDE. También la ausencia del Lindano en la época de lluvia pudo estar afectado por el lavado del sedimento debido a las fuertes corrientes aumentando el caudal del río, desplazando de esta forma las posibles concentraciones existentes en el segundo muestreo. Es probable que en el tiempo anterior al segundo muestreo no se aplicó Lindano en la zona de estudio.

La frecuencia de aparición del Heptacloro fue totalmente diferente en comparación con los otros compuestos analizados. En el segundo muestreo, el Heptacloro se encontró en mayor ocurrencia en cuanto al número de puntos seleccionados, con poca variación en relación a los valores detectados en cada época a excepción de la estación E1 (Jirones) que presentó una concentración más alta en la época de lluvia. Es probable que la presencia del Heptacloro se deba a su persistencia o vida media en el medio ambiente por períodos prolongados (de 7 a 12 años). El Heptacloro se convierte a heptacloro-epóxido siendo un metabolito más tóxico al contacto con el suelo, las plantas y los mamíferos (OPS, 1987). El Heptacloro y su epóxido presentan un proceso de bioconcentración en numerosas especies, llegándose a acumular en la cadena trófica. En el trabajo de Lacayo et al (1997) encontró residuos de plaguicidas organoclorados en el río San Juan, encontrando similitud con los resultados de este trabajo.

Los plaguicidas carbamatos a diferencia de los plaguicidas organoclorados no son persistentes en el medio ambiente, sin embargo por su elevada toxicidad ocasionan daños a la biota acuática.

De los cinco compuestos analizados, cuatro fueron detectados en las seis estaciones de muestreo. El Aldicarb estuvo presente en todos los puntos, es probable que la presencia de Aldicarb en las muestras se deba a la aplicación de este compuesto en el cultivo de caña de azúcar en la zona. También es posible la acumulación de residuos en los cultivos, después de la aplicación en el suelo, ejemplo de esto es el caso del banano en Costa Rica en el año 1991 (Castillo et al., 1995). Los residuos acumulados en los cultivos pueden ser lavados por las lluvias, trasladándose al río por medio de las aguas de escorrentías. El Aldicarb detectado en todas las muestras se encontró por encima de los límites permisibles según la Norma Regional de Calidad del Agua (CAPRE, 1995) que corresponde a $10 \mu\text{g.L}^{-1}$, encontrándose los valores más altos en la estación E2 (Ingenio a). El Aldicarb se degrada en Aldicarb sulfón y sulfóxido de Aldicarb, siendo estos iguales de móviles en el suelo que el compuesto de origen (Castillo et al., 1995).

El Metomil (Lannate) se encontró en menores concentraciones que el Aldicarb, detectándose solamente en cuatro de las estaciones estudiadas. Según las normas del Decreto 33-95 (1995), las concentraciones detectadas en todas las muestras estuvieron por encima de los valores permisibles ($0.05 \mu\text{g.L}^{-1}$). Este compuesto es utilizado en los cultivos de algodón, cucurbitáceas, frutales, ornamentales y tabaco (Castillo et al., 1995), es posible que la presencia de Metomil en las estaciones encontradas, se relacione con la utilización de este compuesto en el cultivo de melones en la zona estudiada.

Los plaguicidas Carbofurán y Carbaril fueron detectados en concentraciones por debajo del límite de detección teniendo un valor de $10 \mu\text{g.L}^{-1}$, a excepción de la estación E2 (Ingenio a) que presentó una concentración alta, encontrándose por encima del límite de detección. Es posible que estos compuestos no se

estuvieran utilizando en la época que se realizaron las tomas de muestras. El Carbofurán y Carbaril son extremadamente tóxicos para algunos organismos acuáticos.

En relación con las variables físico – químicas tomadas en cuenta para esta investigación, especialmente el oxígeno disuelto y la temperatura pudieron incidir en la heterogeneidad de la fauna macrozoobéntica. El contenido de oxígeno disuelto en el agua es de importancia fundamental en la distribución de los organismos del macrozoobentos (Solabarieta & Weibezahn, 1980). La disponibilidad de oxígeno no sólo limita la concentración de vida animal (y de otros heterótrofos), sino que influye sobre el consumo específico de oxígeno, de modo que tiene un efecto de grado superior.

El consumo específico de oxígeno declina a medida que disminuye la concentración de oxígeno en el medio y llega un punto por debajo del cual disminuye muy rápidamente; este límite es serio para la persistencia de la especie y su posición en la escala da idea del grado de adaptación del animal (Margalef, 1983).

Cuando la temperatura aumenta, se acelera el crecimiento, la madurez sexual es precoz y la longevidad es menor (Vegas, 1980). Es posible que estas variables estuvieran afectadas por la presencia de plaguicidas organoclorados y carbamatos.

Es importante mencionar la relación existente entre la presencia de residuos de agroquímicos (plaguicidas), variables físico - químicas y factores biológicos que pueden alterar las condiciones necesarias de vida para estos organismos

Resulta importante destacar que es muy grande la variación que el río experimenta en términos de aumento de caudal, aumento de nivel del río, incremento de velocidad, de capacidad mecánica de arrastre y de dilución entre la época seca y la época de lluvia. Estos factores por sí solos constituyen una fuente importante de variación que afecta profundamente la comunidad del macrozoobentos.

CONCLUSIONES

- Se estableció la presencia de concentraciones importantes de residuos de los plaguicidas organoclorados pp-DDT, pp-DDE, Heptacloro y Dieldrin en los sedimentos del río Ochomogo, tanto en la época seca como en la lluviosa y de Lindano en la época seca.
- Se encontró residuos de plaguicidas carbamatos Aldicarb, Metomil, Carbofuran y Carbaril en el agua del Río Ochomogo, en la época de lluvia.
- Las concentraciones encontradas de los residuos de plaguicidas analizados transgreden en su mayoría las normas del Decreto 33-95 y la Norma de Calidad del Agua (CAPRE).
- Se determinó que la Familia Chironomidae fue la más importante tanto en abundancia numérica, composición y distribución de especies, en ambas épocas de muestreo.
- Entre las variables físico – Químicas, el oxígeno disuelto se destacó como factor para la distribución y abundancia de los organismos.
- Se estableció que la presencia de residuos de plaguicidas organoclorados y carbamatos causa impacto negativo sobre los macroinvertebrados bénticos del Río Ochomogo.
- Se estableció que la estación E2 (Ingenio a), presentó las peores condiciones ambientales para la fauna macrozoobéntica estudiada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA., AWWA., WEF., 1996. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 19 th Edition. Washington, D.C.
- Alvarez, A., 1994. **Niveis de contaminacao das aguas da bacia do rio Atoya por residuos de pesticidas organoclorados e organofosforados aplicados na cultura do algodao**. Nicaragua. Tesis de Maestría, Universidad de Pará, Brasil.
- CAPRE, 1995. **Norma Regional de Calidad del Agua**. Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana.
- Castillo, L., Chaveri, F., Ruepert, C. & Wesseling, C., (Eds) 1995. **Manual de plaguicidas**. Guia para América Central. Programa de plaguicidas: desarrollo, salud y ambiente. Universidad Nacional, Costa Rica. 680 pp.
- Corporation Waters, 1989. **Carbamate Analysis System Method Manual**. Millipore Corporation, Waters Chromatography Division, Publications PB, 34 Maple Street. Manual Number 30804. 1-14;3-27 pp.
- Decreto 33–95, 1995. **Disposiciones para el Control de la Contaminación Proveniente de las Descargas de Aguas Residuales Domésticas, Industriales, y Agropecuarias**. La Gaceta, Diario Oficial de la República de Nicaragua No. 118.
- Graves, R.L., 1989. **Method 531, measurement of N-METHYLCARBAMOYLOXIMES and N-METHYLCARBAMATES in water by direct aqueous inyection HPLC with post column derivatization**. Revisión No. 3. Environmental Monitoring Systems Laboratory, Office of Research and Development. U.S. Environmental Protection Agency. Cincinnati, Ohio 45268. 357-378 pp.

- Horn, M.H. & Allen, I.G., 1985. ***Fish community ecology in southern California bays and estuaries, chap. 8. In: A. Yáñez-coastal Lagoons: Towards and Ecosystem Integration.*** UNAN, México. 654pp.
- Infante, A., 1992. ***Curso introductorio sobre bentos de agua dulce.*** CIRA-UNAN, Managua, Nicaragua.
- Lacayo, M., López, A. & Picado, F., 1997. ***Plaguicidas organoclorados y organofosforados en agua y sedimentos del Río San Juan.*** Reporte de resultados del CIRA-UNAN de la primer campaña de estudio Binacional de contaminación por plaguicidas en el Río San Juan. Managua, Nicaragua.
- Margalef, R., 1983. ***Limnología.*** Ediciones Omega, S.A., Barcelona. 985 pp.
- Merrit, R.W & Cummins, K.W., 1984. ***An introduction to the aquatic insects of North América.*** Second Edition. Kundall / Hunt Publishing Company, Iowa. 711pp.
- MAG,1993. ***Plaguicidas Prohibidos. Comunicado del Departamento de Registro y Control de Agroquímicos.*** Dirección General de Protección y Sanidad agropecuaria. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Managua, Nicaragua.
- OPS, 1987. ***Guías para la calidad del agua potable,*** vol. 2, Criterios relativos a la salud y otra información de base. Publicación Científica No.506. Organización Panamericana de Salud, Washington, D, C. 343 pp.
- Pennak, R., 1978. ***Fresh-water invertebrates of the United States.*** University of Colorado. Second Edition, Boulder, Colorado. 783 pp.
- Picado F., Lacayo M. & López A., 1997. ***Plaguicidas organoclorados en sedimentos y tejidos biológicos de las Lagunas Costeras de Occidente, Chinandega.*** CIRA-UNAN, Managua, Nicaragua. 24 pp.
- Ramírez, R.M., 1984. ***Análisis preliminar de las pesquerías artesanales del área de bahía Magdalena, B.C.S, durante 1982-1983, en V simposio de biología marina.*** UABCS, La Paz, B.C.S., México. 149-154 pp.
- Rodríguez, J., Abitia, L. A., Galvan, F. & Chavéz, H., 1994. ***Composición, Abundancia y Riqueza Específica de la Ictiofauna de Bahía Concepción, Baja California Sur, México.*** Publicación Ciencias Marinas. Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la Universidad Autónoma de Baja California. 321-350 pp.
- Roldán, G., 1988. ***Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquía.*** Universidad de Antioquía, Colombia. 215pp.
- Solabarieta, M. & Weibezahn, F., 1980. ***Distribución y abundancia de los macroinvertebrados bénticos del Lago de Valencia.*** Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela. Folleto multicopiado. 247-274 pp.
- Vegas, M., 1971. ***Introducción a la ecología del Bentos Marino.*** Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, D.C. 93 pp.
- Villanueva, J.P., 1995. ***Training Course on the Measurements of Organochlorines and Petroleum Hydrocarbons in Environmental Samples.*** IAEA-MEL/MESL.