

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA

**RECINTO UNIVERSITARIO "RUBEN DARIO"
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN Y HUMANIDADES
ESCUELA DE BIOLOGÍA**



**TRABAJO MONOGRÁFICO PARA OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIADA
EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN Y HUMANIDADES CON MENCIÓN EN
BIOLOGÍA**

TEMA

***PRESENCIA DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS
ORGANOCOLORADOS Y CARBAMATOS
EN EL RÍO OCHOMOGO
Y
EFECTOS SOBRE LA COMUNIDAD MACROZOOBÉNTICA***

AUTORA

Bra. Thelma Salvatierra Suárez

TUTORA

Dra. Katherine Vammen

ASESORAS

MSc. Lorena Pacheco

MSc. Martha Lacayo

MANAGUA, NICARAGUA, OCTUBRE 2000

Tabla de Contenido

Dedicatoria
Agradecimientos
Resumen

I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	
<i>General</i>	3
<i>Específicos</i>	3
III. MARCO TEÓRICO	4
3.1 <i>Reseña histórica sobre el uso y efectos de los plaguicidas Organoclorados y Carbamatos en el medio ambiente</i>	5
3.2 <i>Importancia de la Comunidad macrozoobéntica</i>	6
3.3 <i>Qué son los plaguicidas</i>	7
3.4 <i>Clasificación de los plaguicidas</i>	7
3.5 <i>Plaguicidas Organoclorados: Características generales</i>	9
3.6 <i>Plaguicidas Carbamatos: Características generales</i>	13
3.7 <i>Contaminación ambiental causada por los plaguicidas Organoclorados y Carbamatos</i>	14
3.8 <i>Efectos y consecuencias del mal uso de los plaguicidas</i>	17
3.9 <i>Comunidad Macrozoobéntica: Características generales</i>	19
IV. HIPÓTESIS	27
V. DISEÑO METODOLÓGICO	
5.1 <i>Tipo de estudio</i>	28
5.2 <i>Universo de estudio</i>	28
5.3 <i>Muestra de estudio</i>	28
5.4 <i>Selección del área de estudio</i>	28
5.5 <i>VARIABLES de estudio</i>	29
5.6 <i>Fuentes de información</i>	30
5.7 <i>Técnicas y procedimientos</i>	31

5.7.1 <i>Colecta de muestras</i>	31
5.7.2 <i>Procedimientos analíticos</i>	32
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
6.1 <i>Descripción de la comunidad macrozoobéntica</i>	36
6.2 <i>Concentraciones de Plaguicidas Organoclorados</i>	47
6.3 <i>Concentraciones de Plaguicidas Carbamatos</i>	51
6.4 <i>Variables Físico Químicas</i>	54
VII. CONCLUSIONES	58
VIII. RECOMENDACIONES	59
XIX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
ANEXOS	

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, en donde se encuentra una intensa actividad agrícola. 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 Dieldrín 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.

I. 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 los conocimientos técnicos 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 factor de alto riesgo para el hombre.

Los plaguicidas organoclorados y carbamatos ocasionan serios daños a la fauna acuática, provocando alteraciones al sistema reproductor y en los procesos metabólicos que regulan el crecimiento y desarrollo, lo cual genera cambios en la composición, abundancia, riqueza de especies, ocasionando eventualmente una considerable reducción en la biodiversidad.

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.

Para posibilitar el desarrollo de alternativas para el uso y manejo correcto de estas sustancias que tantos problemas ocasionan a la salud y al ambiente, resulta esencial conocer el efecto causado por los residuos de los agroquímicos empleados en la agricultura sobre el ambiente natural, especialmente en los cuerpos receptores que son los que acusan mayor nivel de impacto.

La encuesta realizada con los trabajadores de las cooperativas agrícolas y el Ingenio Javier Guerra, reflejó que en la cuenca del Río Ochomogo, escogida como área de estudio, ubicada en el Municipio de Nandaime, se encuentran cultivos de alta intensidad agrícola tales como caña de azúcar, arroz, melón y tabaco y que los agroquímicos más utilizados para el control de las plagas son los plaguicidas organoclorados y carbamatos.

Se juzga que las condiciones físico naturales y la dinámica económica productiva del área geográfica seleccionada constituyen el entorno adecuado para valorar la interacción con los organismos del macrozoobentos, cuya respuesta en términos de biodiversidad y abundancia numérica muestran los efectos o impactos causados por los residuos de los agroquímicos empleados en la zona de estudio.

En el presente trabajo se determinó la presencia y cuantificación de los plaguicidas organoclorados y carbamatos en muestras de sedimentos y agua respectivamente, colectadas en el río Ochomogo, relacionando los resultados de los análisis químicos con la composición, riqueza de especies, abundancia y distribución de los macroinvertebrados bénticos, con el fin de establecer así la relación que existe entre contaminación ambiental causada por los plaguicidas organoclorados y carbamatos, con la estabilidad de la comunidad del macrozoobentos, contribuyendo así a los esfuerzos realizados por otros estudios para conocer la naturaleza y dinámica del problema de contaminación por plaguicidas organoclorados y carbamatos.

II. OBJETIVOS

2.1 General

Determinar la presencia de residuos de plaguicidas organoclorados y carbamatos en el Río Ochomogo y efectos sobre la comunidad macrozoobéntica.

2.2 Específicos

- 2.2.1** Determinar la presencia de residuos de plaguicidas organoclorados y carbamatos en muestras de sedimentos y agua.
- 2.2.2** Conocer la composición y abundancia de los macroinvertebrados bénticos en muestras de sedimentos.
- 2.2.3** Aplicar el índice de Margalef (1983) como parámetro de diversidad biológica.
- 2.2.4** Conocer la distribución de los macroinvertebrados bénticos.
- 2.2.5** Valorar el efecto causado por los residuos de plaguicidas organoclorados y carbamatos sobre la comunidad macrozoobéntica.
- 2.2.6** Estimar algunas variables físico – químicas como OD, pH, Temperatura, Conductividad y las diferentes formas de sólidos.

III. MARCO TEÓRICO

El entorno del Ingenio azucarero Javier Guerra del municipio de Nandaime fue escogido como área de estudio por ser el más afectado por intoxicaciones humanas, en el Departamento de Granada, siendo la más frecuente la de tipo laboral con 32 casos en el 96 y 38 en el 97, según información proporcionada por el SILAIS de Granada.

Este Municipio presenta más casos de intoxicación debido a la intensa actividad agrícola en la zona, por el tipo de cultivo existente caña de azúcar, arroz, melón, siendo los plaguicidas más utilizados para el control de plagas los incluidos en el grupo de los organoclorados y carbamatos. En esta zona en el año 1994, según información proporcionada por el Centro de Salud de Nandaime, se realizaron análisis de agua, enfocando como prioridad el cólera, coliformes totales y pruebas físico-químicas, descartando el análisis de residuos de plaguicidas en el río Ochomogo. Sin embargo, no se tiene registros sobre los resultados.

La presencia de residuos de plaguicidas organoclorados y carbamatos pueden ocasionar efectos a corto y largo plazo a la biota acuática en especial a los organismos pertenecientes a la comunidad macrozoobéntica, resulta de gran relevancia este trabajo por ser el primero llevado a cabo en una cuenca de ambientes lóticos (ríos) en nuestro país, considerando que los plaguicidas organoclorados y carbamatos son sustancias muy tóxicas capaces de ocasionar severos daños al ecosistema acuático, pero a diferencia de los organoclorados los carbamatos no persisten mucho tiempo en el ambiente.

A través de la literatura existente se encontró que en Nicaragua no se han realizado trabajos Limnológicos previos sobre el impacto de los Plaguicidas Organoclorados y Carbamatos en la comunidad macrozoobéntica, 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 la comunidad macrozoobéntica en los ríos.

3.1 *Reseña histórica sobre el uso y efectos de los plaguicidas organoclorados y carbamatos en el medio ambiente*

A partir del año de 1945, después de la Segunda Guerra Mundial, los países industrializados empezaron a fabricar plaguicidas sintéticos en forma comercial con el objetivo de aumentar la producción agrícola. El primer plaguicida utilizado en forma masiva fue el insecticida DDT, producto empleado con gran éxito en el combate de plagas de la agricultura y de los mosquitos transmisores de la Malaria, pero con efectos colaterales muy drásticos para la salud humana y el ambiente (CARE, 1994).

El uso de plaguicidas en Nicaragua se incrementó con el cultivo de algodón provocando alteraciones al medio ambiente, en especial al ecosistema acuático, ocasionando también daños a la salud humana, sin embargo en la actualidad el empleo de los plaguicidas es masivo en otros cultivos de gran importancia económica para el país, como son la caña de azúcar, arroz, café, etc.

Castillo (1988), encontró residuos de Toxafeno en muestras de agua y sedimentos colectadas en el Lago Xolotlán, incluyendo las aguas residuales de la Industria fabricante HERCASA, entre los años 1984 y 1987. También Castillo (1988), reportó la muerte de camarones en afluentes del río Grande en Carazo en el año 1986, ocasionado por el lavado de equipos de fumigación en las riberas de los ríos, utilizado en fincas en las técnicas de control de malaria.

Alvarez (1994), estudió los niveles de contaminación por plaguicidas organoclorados y organofosforados en muestras de agua y sedimentos en la cuenca del río Atoya, habiéndose detectado en ambas matrices los residuos de pp-DDD, pp-DDE y Toxafeno, en mayor frecuencia. El Aldrín, Dieldrín y el Lindano fueron encontrados en bajas concentraciones.

En el Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua (CIRAUNAN) se han realizado varios estudios en diferentes cuerpos de agua, entre ellos:

Rugama, et al.(1992) encontraron residuos de plaguicidas organoclorados en el Río San Juan en las seis estaciones de muestreo, siendo el Dieldrín el compuesto presente en todas las estaciones, tanto en muestras de agua como en sedimentos. Estos resultados correspondieron con información del zooplancton y fitoplancton de los ríos San Carlos y Sarapiquí mostrando reducción en la composición de especies y especialmente con organismos del macrozoobentos.

Picado, et al. (1997) hacen referencia a los residuos de plaguicidas organoclorados encontrados en muestras de sedimentos y tejidos de peces, conchas y ostiones en las Lagunas Costeras de Chinandega, encontrando las mayores concentraciones de los compuestos Toxafeno, pp-DDE, pp-DDT, Lindano y Dieldrín. Los residuos Endrín, alfa-Endosulfano y Heptacloro fueron detectados en menores concentraciones.

Según Lacayo, et al. (1997) hacen mención de los residuos de plaguicidas organoclorados encontrados en muestras de sedimentos superficiales, colectados en el transcurso del río San Juan desde su origen en el Lago Cocibolca hasta el Delta. Mencionan a los compuestos pp-DDD, pp-DDE, Heptacloro, Lindano y pp-DDT, este ultimo fue encontrado solamente en el punto RSJ-8 presentando una concentración de 271.77 pg.g^{-1} .

En relación con los plaguicidas carbamatos y su incidencia al medio ambiente, no existen registros de estudios realizados en Nicaragua.

3.2 *Importancia de la comunidad macrozoobéntica*

El estudio del macrozoobentos en un determinado ecosistema acuático es de vital importancia en relación con la información que nos suministra, la composición, abundancia y distribución, nos puede reflejar las condiciones de calidad del hábitat. La presencia y ausencia de los organismos, y el dominio de algunas especies pueden brindar información importante sobre el estado en que se encuentra el ecosistema. Los macroinvertebrados bénticos son sensibles a las diferentes variaciones químicas, físicas y biológicas existentes en un determinado recurso hídrico.

Son pocos los estudios realizados en Nicaragua sobre la dinámica poblacional del macrozoobentos en los ríos y su estabilidad en el ecosistema, específicamente en zonas tropicales, como nuestro país. Se han realizado estudios Limnológicos en Nicaragua dirigidos al lago Cocibolca, enfocando el comportamiento de la fauna béntica en este ambiente (García, 1993).

3.3 *Que son los plaguicidas*

El término plaguicida puede definirse como cualquier sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, destruir o controlar una plaga cualquiera, incluyendo los vectores de enfermedades humanas o de animales, las especies no deseadas de plantas o animales que causan perjuicio o que interfieren de cualquier otra forma en la producción, elaboración, almacenamiento, transporte o comercialización de alimentos (INCAP, 1994).

3.4 *Clasificación de los plaguicidas*

Los plaguicidas se clasifican de acuerdo a los siguientes aspectos:

3.4.1 *Según el tipo de organismos que desea controlar*

- Insecticidas: Cuando actúan sobre los insectos
- Acaricidas: Cuando actúan sobre los ácaros
- Nematicidas: Cuando actúan sobre los nematodos
- Molusquicidas: Cuando actúan sobre los moluscos
- Rodenticidas: Cuando actúan sobre los roedores
- Bactericida: Cuando actúan sobre Bacterias
- Herbicida: Controlan las malas hierbas

3.4.2 Según el grupo químico

- **Inorgánicos:** Son compuestos cuya base o ingrediente activo es un metal o un elemento inorgánico, no contienen Carbono y son altamente tóxicos. Ejemplo: arseniato de calcio, azufre, etc.
- **Orgánico Sintéticos:** Este grupo de plaguicidas es sintetizado a partir de compuestos orgánicos cuya composición química consiste en Carbono, Hidrógeno y Oxígeno, se clasifican en:
 - Compuestos Organoclorados
 - Compuestos Organofosforados
 - Carbamatos
 - Bupiridilos
 - Triazinas
 - Derivados del Cloronitrofenol
 - Piretrinas y Piretroides
 - Tiocarbamatos
 - Otros

3.4.3 Según la toxicidad

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha recomendado (sujeta a actualizaciones periódicas), una clasificación de plaguicidas según el grado de peligrosidad, entendiendo ésta como su capacidad de producir daño agudo a la salud cuando se da una o múltiples exposiciones en un tiempo relativamente corto. La clasificación distingue entre:

- Formas de mayor y menor riesgo de cada producto
- Ingredientes activos
- Formulaciones

Esta clasificación se basa en la dosis letal media (DL₅₀) que es una estimación estadística de los miligramos del tóxico por kilogramo de peso corporal que son necesarios para matar al 50% de una población animal usada experimentalmente (INCAP, 1994).

Según la clasificación química descrita anteriormente, todos los compuestos presentan algún grado de toxicidad crónica y aguda, a continuación se describen las características de los plaguicidas organoclorados y carbamatos más utilizados en las diferentes actividades agrícolas y cuyo uso prolongado puede ocasionar alteraciones severas al medio ambiente.

3.5 Plaguicidas Organoclorados: *Características Generales*

En este grupo se incluye los insecticidas cuya estructura química corresponde a los hidrocarburos clorados aromáticos, aunque algunos de ellos contienen otros elementos, como oxígeno y azufre. Dentro de los compuestos organoclorados más conocidos se encuentran el DDT, Heptacloro, Aldrín, Endrín, Dieldrín, Lindano, Metoxicloro, Endosulfan, BHC, Toxafeno (INCAP, 1994).

Los plaguicidas organoclorados fueron fabricados a partir de 1940 y se distribuyeron ampliamente, pero en la actualidad algunos de sus analitos han sido retirados del mercado, por los problemas de su lenta descomposición en el ambiente, biodegradación y acumulación en la cadena alimenticia.

La principal acción tóxica de los plaguicidas organoclorados la ejercen sobre el sistema nervioso, interfiriendo con el flujo de cationes a través de las membranas de las células nerviosas, aumentando la irritabilidad de las neuronas. Los organoclorados, a diferencia de los organofosforados y los carbamatos, no inhiben las colinesterasas (INCAP, 1994).

A continuación se describen los plaguicidas organoclorados encontrados con más frecuencia en los casos de contaminación ambiental, por su persistencia en el ambiente.

✓ **DDT (1,1,1-tricloro-2,2-bis (4-clorofenil) etano)**

El DDT es insoluble en agua, siendo soluble en solventes orgánicos, de acción persistente y estable en condiciones ambientales. Algunos metabolitos (pp-DDT, pp-DDE, pp-DDD) en especial el pp-DDE (4,4-dicloro-difenil-dicloro-etileno), posee una estabilidad igual o mayor que el compuesto del cual se origina (OPS, 1987). Los metabolitos del DDT suelen ser más tóxicos y persistentes que el compuesto de origen.

El DDT fue utilizado por primera vez durante la segunda guerra mundial para proteger al personal militar, de los vectores transmisores de enfermedades como malaria y el tifo.

El DDT se absorbe muy poco a través de la piel, su efecto principal del DDT es sobre el sistema nervioso (OPS, 1987). El producto comercial contiene 70 a 90 % de pp-DDT y de 10 a 20 % de isómero op-DDD. El compuesto normalmente contiene pequeñas cantidades de productos de degradación tales como: pp-DDE, op-DDE, pp-DDD (pp-TDE) y op-DDD (op-TDE).

✓ **Heptacloro (1,4,5,6,7,8,8-heptacloro-3a,4,7,7a-tetrahydro-4,7-metanoideno)**

El Heptacloro es estable en el medio ambiente por períodos prolongados por lo tanto cuando entra en contacto con el suelo, plantas y mamíferos es convertido a Heptacloro- epóxido que es un metabolito más tóxico. El Heptacloro y su epóxido pasan por un proceso de bioconcentración en muchas especies llegando a acumularse en la cadena alimentaria (OPS, 1987). Los mamíferos metabolizan el Heptacloro fácil y rápidamente y lo convierten en Heptacloro- epóxido, este metabolito se acumula principalmente en el tejido adiposo, aunque también en el hígado, los riñones y los músculos (OMS, 1967).

✓ **Aldrín (1,2,3,4,10,10-hexacloro-1,4,4a,5,8,8a-hexahidro-endo-1,4-exo-5,8-dimetanonaftaleno)**

El Aldrín es casi insoluble en agua (0.2 ppm), por lo tanto es soluble en casi todos los solventes orgánicos. El Aldrín es estable en medio alcalino y se disuelve en medio ácido.

En plantas, tejidos animales y en el suelo el Aldrín es rápidamente convertido en su epóxido Dieldrín (OPS, 1987). El Aldrín ha sido objeto de medidas de control, principalmente por su elevada toxicidad, persistencia en el medio ambiente y de la bioacumulación de residuos en la cadena alimentaria y en los tejidos humanos. El Aldrín tiene una toxicidad variable para los microorganismos y es altamente tóxica para los peces, crustáceos y muchas especies de aves y otros animales (MAG, 1993).

✓ **Dieldrín** (1,2,3,4,10,10-hexacloro-6,7-epoxi-1,4,4a,5,6,7,8,8a-octahidro-1,4-endo-endo-5,8-dimetanonaftaleno)

El Dieldrín es más estable y persistente en el ambiente, es fuertemente absorbido al sedimento, tiene bajo potencial de lixiviación. Puede persistir en el suelo por décadas, provoca efectos negativos en la reproducción de las aves y causa disminución en el espesor de la cáscara de los huevos (Castillo et al., 1995). El Dieldrín se deposita en los tejidos adiposos, en el hígado, cerebro y músculos de los mamíferos, los peces y los pájaros, al igual que en otras partes de la cadena alimentaria (OPS, 1987).

✓ **Endrín** (1,2,3,4,10,10-hexacloro-6,7-epoxi-1,4,4a,5,6,7,8,8a-octahidro-1,4-endo-endo-5,8-dimetanonaftaleno)

El Endrín es un estero-isómero menos estable que el Dieldrín. El Endrín técnico es un polvo liviano, en cuanto que el compuesto puro es un sólido cristalino blanco con punto de ebullición de 200° C. Químicamente este es muy similar al Dieldrín, pero el Endrín puede ser fácilmente degradado por la acción del calor de la luz (Cruz & Lacayo., 1997). El Endrín es altamente tóxico y provoca efectos negativos en la reproducción de las aves, puede persistir en el suelo por años (Castillo et al., 1995).

✓ **Lindano** (1,2,4,5/3,6) - Gamma) Hexaclorociclohexano

El Lindano es un insecticida de amplio espectro, es usado en el tratamiento de ectoparásitos en animales, en la ropa, en el agua, en las plantas, en las semillas y en el suelo (OPS, 1987).

La evaporación y el transporte de Lindano por aire juegan un rol importante en la contaminación ambiental, los metabolitos son capaces de contaminar aguas superficiales y subterráneas (Castillo et al., 1995). Cuando está presente en altas concentraciones en todo el organismo, el Lindano es un estimulante del sistema nervioso central, produciendo espasmos musculares y convulsiones. El Lindano induce también la actividad enzimática en los microsomas hepáticos.

En animales de experimentación, la administración de Lindano ha producido lesión hepática, así como tumores de hígado en ratones (OMS, 1982). El Lindano se metaboliza en el hígado y sus metabolitos se excretan sobre todo en la orina y las heces (OMS, 1982).

Los plaguicidas organoclorados descritos anteriormente están incluidos en la llamada "Docena Sucia" por su alta toxicidad y la persistencia en el ambiente, también pueden acumularse en la cadena trófica, grasa corporal, leche materna y en el torrente sanguíneo. En la actualidad son mucho más de una docena los plaguicidas prohibidos.

En general los plaguicidas organoclorados son poco solubles en agua, estables a la luz solar, a la humedad, al aire y al calor, lo que los hace bastante persistentes en el medio ambiente. Los plaguicidas organoclorados ingresan al organismo a través de los sistemas digestivos y respiratorio, o por la piel (INCAP, 1994).

La descomposición de los organoclorados, específicamente del DDT es muy lenta y se han encontrado los metabolitos (pp-DDD, pp-DDE) de este en grasas de animales (leche y carne) de ganado que se ha alimentado de forraje (pastos) sembrados donde anteriormente se había cultivado algodón, cultivo en el que el DDT se aplicó intensivamente. Los análisis en general se hacen sobre los metabolitos pp-DDD y pp-DDE, que surgen como producto de la descomposición del DDT.

Algunos plaguicidas y metabolitos de este grupo (Aldrín, Dieldrín, Heptacloro, Clordano, DDT, pp- DDE, pp-DDD, Toxafeno y los isómeros alfa, beta y gamma del hexaclorociclohexano) tienen efectos carcinogénicos en animales de laboratorio, induciendo tumores en el hígado, tiroides, pulmón y otros órganos (INCAP, 1994).

3.6 Plaguicidas Carbamatos: *Características Generales*

Los plaguicidas carbamatos son derivados del ácido carbámico, se emplean como insecticidas (Carbaryl, Cartap, Metomil, Propoxur), funguicidas (Thiran), herbicidas (Tiobencarb) o nematicidas (Aldicarb, Carbofuran, Oxamil).

Los mecanismos de acción de los carbamatos están relacionados con la transmisión de los impulsos nerviosos (García, 1997).

Los carbamatos ingresan al organismo por vía cutánea, respiratoria o digestiva. No se acumulan en el organismo; su biotransformación se realiza a través de tres mecanismos básicos: hidrólisis, oxidación y conjugación. La eliminación se realiza principalmente por vía urinaria (INCAP, 1994).

A continuación se describe las características más importantes de los plaguicidas carbamatos encontrados en esta investigación.

✓ *Aldicarb*

El Aldicarb se aplica al suelo para el control de insectos masticadores y chupadores, puede degradarse a metabolitos como sulfan Aldicarb y sulfóxido de Aldicarb con mayor persistencia, pero igual movilidad en el suelo (Castillo et al., 1995). El sistema nervioso resulta principalmente afectado por el Aldicarb.

✓ *Carbaril*

El Carbaril es un compuesto orgánico que se utiliza sobre todo como insecticida y en menor grado, como acaricida y molusquicida. La producción comercial del Carbaril comenzó en 1958 (OMS, 1982).

La sobre exposición al Carbaril ocasiona la inhibición de la enzima colinesterasa, que es esencial para el funcionamiento del sistema nervioso.

✓ **Metomil**

El Metomil fue introducido en 1966, como insecticida de amplio espectro (Hayes, 1990). Metomil es potencialmente un compuesto altamente venenoso para el hombre. Se absorbe a través de los ojos, fosas nasales y la piel. El Metomil inhibe el funcionamiento de la enzima colinesterasa (Sax, 1984 ; EPA, 1989 a).

El Metomil es moderadamente a altamente tóxico en peces y altamente tóxico en invertebrados acuáticos (EPA, 1989 a; Kaplan & Sherman, 1977).

✓ **Carbofurán**

El Carbofurán es altamente tóxico y se adquiere a través de la ingestión e inhalación, y es moderadamente tóxico por la absorción cutánea (piel) (Hayes, 1982). El Carbofurán es inhibidor de la colinesterasa a corto plazo. El Carbofurán es altamente tóxico para las aves, un gránulo es suficiente para matar pequeñas aves (EPA, 1989 b).

3.7 Contaminación ambiental causada por los Plaguicidas Organoclorados y Carbamatos

La contaminación ambiental es un problema serio en nuestro país; el uso irracional de los plaguicidas está ocasionando la contaminación del aire, suelos y aguas, aunque todas son perjudiciales para la población, la contaminación del agua es aún más peligrosa para la salud humana y la biota acuática.

A los plaguicidas se les considera contaminantes ambientales, entre cuyas propiedades está la toxicidad, la estabilidad y la persistencia. Estas propiedades son las que facilitan la contaminación del agua, suelo y aire, unidas a otros factores como los propiciados por el hombre en su afán de dominio de la naturaleza e industrialización (INCAP, 1994).

Los plaguicidas organoclorados son los más frecuentemente implicados en las situaciones de contaminación ambiental, ya sea en el lugar de la aplicación o por movimientos a través del ecosistema, especialmente en cursos de agua, siendo eventualmente depositados en los lagos y océanos. Sus residuos se acumulan en forma progresiva en la cadena alimentaria, siendo más notable en peces y aves.

El problema causado por los plaguicidas organoclorados es muy serio, porque son tóxicos persistentes en el ambiente. Ellos se bioacumulan en el tejido adiposo, y además se han encontrado residuos por ejemplo de DDT en leche materna y también pueden provocar acumulación de estos compuestos en concentraciones peligrosas en suelos y agua. En relación con los plaguicidas carbamatos no se conoce el impacto ocasionado en el ambiente en nuestro país, sin embargo se sabe que los plaguicidas carbamatos pueden provocar serios daños a todos los seres vivos.

3.7.1 Contaminación del Agua

La contaminación del agua consiste en la adición a la misma de materia extraña que deteriora su calidad, entendiéndose por calidad su aptitud para los usos benéficos a que ha sido destinada.

El agua contaminada tiene diferentes grados de afectación; con frecuencia el sabor, color, olor y el aspecto del agua indican que está contaminada. En algunos casos la presencia de contaminantes peligrosos se revela solamente por medio de pruebas químicas elaboradas. El contenido de residuos de plaguicidas ilustra bien este caso.

Las fuentes de contaminación de nuestros recursos hídricos pueden ser *puntuales* y *no puntuales*. Las **fuentes puntuales** es consecuencia directa del desagüe de aguas negras o de descargas industriales y las **fuentes no puntuales** o indirecta de la contaminación del aire o de desagües agrícolas o urbanos.

Una parte importante de los plaguicidas que se usan para fines de salud pública para el control de vectores de malaria y dengue siguen siendo organoclorados en particular el DDT y aunque el uso con fines agrícolas de este producto está prohibido o severamente restringido, en algunos países se mantiene su aprobación para las Campañas de Salud Pública (INCAP, 1994).

En cuanto a la contaminación de cursos y masas de agua por plaguicidas (mediante agentes químicos), las formas más comunes ocurren por la descarga de residuos industriales y sobrantes de agua del lavado de equipos, por una aplicación directa al agua, por el desplazamiento de plaguicidas arrastrados por la lluvia hacia los cauces; por la aplicación aérea cercana a los ríos y lagos y por uso de estos productos como medios de pesca (ECO, 1986).

3.7.2 Contaminación del Suelo

Se ha estimado que aproximadamente un 50% de los plaguicidas aplicados al follaje, llegan al suelo en forma directa, además de los que son arrastrados de otros lugares, por escorrentía o por dispersión aérea (INCAP, 1994).

Después del esparcimiento del plaguicida en el trabajo de campo, el plaguicida se dispersa por diferentes vías. Una parte queda como residuos en los cultivos, afectando la salud de la persona que ingiere el producto. Otra parte se gasifica por evaporación y por transporte eólico ésta puede ser llevada muy lejos.

El plaguicida evaporado puede volver a caer en la superficie del suelo a través de la lluvia. El plaguicida puede ser adsorbido al humus de la capa superficial del suelo y también puede ser degradado por los organismos presentes en el suelo. La adsorción y la degradación son los dos principales factores que determinan si el plaguicida puede ser lixiviado hacia el agua subterránea.

En general, una adsorción fuerte y una degradación rápida disminuyen la probabilidad que el plaguicida sea lixiviado al agua subterránea. A la vez, la adsorción fuerte puede afectar la velocidad de degradación porque un plaguicida fuertemente adsorbido difícilmente llega a tener contacto con los microorganismos (Fomsgaard, 1997).

La presencia de los plaguicidas en los suelos está ligada a su persistencia y a la composición de los suelos. Inicialmente se encontró organoclorados, posteriormente se han encontrado organofosforados y sus productos de degradación (MARENA, 1994). En el caso de los plaguicidas organoclorados, relacionados con la ganadería, pasan del suelo al forraje y finalmente son absorbidos por los animales, depositándose en su grasa aumentando las concentraciones de residuos en carne y leche (INCAP, 1994).

3.8 Efectos y Consecuencias del mal uso de los plaguicidas

Los efectos y consecuencias del mal uso y abuso de los plaguicidas pueden ser resumidos en agroecológicos y ecológico-ambientales.

✓ Agroecológicos

- Efectos directos e indirectos en los enemigos naturales
- Estímulo sobre la reproducción de las plagas
- Introducción al desarrollo de la resistencia
- Eliminación de insectos polinizadores

✓ Ecológico - ambientales

Aunque los plaguicidas aparentemente son específicos para una o varias plagas, pueden afectar a otros organismos que son útiles al hombre o que son parte importante del ecosistema. La desaparición o la reducción de un número considerable de individuos de una especie dada, puede ocasionar un desequilibrio ecológico, en la mayoría de casos, incuantificable e impredecible. El daño puede ser a corto o largo plazo (MARENA, 1994).

- ***Daños a corto plazo:***

Intoxicación aguda con posible inmediata mortalidad sobre la fauna silvestre, esta puede ser:

Accidental (arrastre de plaguicidas por el viento, etc.)

Deliberada (pesca en los ríos con plaguicidas, derrame y lavado del equipo en fuentes de agua, etc.)

- ***Daños a largo plazo:***

Intoxicación crónica o de baja intensidad.

El efecto no es visible como la mortalidad, pero la acumulación del producto a través del tiempo puede causar mayores problemas (MARENA, 1994). Algunos plaguicidas tienen efectos subletales, tales como:

Fisiológicos: Afectan los movimientos, la respiración y el crecimiento.

Reproductivos: Pueden afectar la fertilidad, la viabilidad de los huevos y embriones, desarrollo larval o juvenil, el desarrollo de los órganos reproductivos y comportamiento reproductivo de una especie.

Bioquímicos: Pueden causar cambios en la actividad enzimática y hormonal, cambios en el nivel de los tejidos y mutaciones, que podrían estar relacionados con carcinogénesis.

Etológicos: Afectando el comportamiento de los organismos.

El uso de plaguicidas organoclorados y carbamatos de forma intensiva está provocando serios daños a la calidad de vida incluyendo la humana, y ocasionando la pérdida en la diversidad biológica; por ello se estudió el comportamiento de los organismos del macrozoobentos, encontrados en los sedimentos, como indicadores de la calidad del agua en el río Ochomogo.

En general, la diversidad de especies, es decir, el número total de especies existentes en un hábitat determinado, es reducida en los lugares donde la aplicación de plaguicidas es alta o donde se acumulan sus residuos (ECO, 1986).

3.9 Comunidad Macrozoobéntica: Características Generales

La comunidad béntica está constituida por los organismos asociados al fondo de un lago o río, entre ellos se encuentran insectos, crustáceos, anélidos, nemátodos y moluscos.

Los representantes de la comunidad macrozoobéntica pueden presentar diferentes formas de alimentación, ejemplo de algunas omnívoros, herbívoros, carnívoros, filtradores, entre otras.

Algunos miembros de la comunidad macrozoobéntica, por ejemplo organismos de la Clase Oligochaeta, se alimentan de algas filamentosas, diatomeas y detritus de animales y plantas. Otros, de la Clase Hirudinea, se alimentan de residuos orgánicos, aunque la mayoría son carnívoros, alimentándose de caracoles, insectos, lombrices de agua y otros pequeños invertebrados. Algunas especies son parásitos de peces, crustáceos, tortugas, ranas, entre otros.

Los nemátodos en su mayoría son parásitos de peces, crustáceos y otros invertebrados, pero algunas especies son de vida libre y se alimentan de materia orgánica en descomposición.

Los insectos son abundantes dentro de la comunidad macrozoobéntica, algunas larvas de insectos se alimentan de algas y tejidos de plantas acuáticas, otras se alimentan de pequeños invertebrados.

Algunas especies de la comunidad macrozoobéntica son hermafroditas, siendo su reproducción sexual, otras especies tienen sexos separados. Algunos representantes de la comunidad presentan reproducción asexual, por gemación como por ejemplo organismos del Phylum Coelenterata.

Algunos integrantes de la comunidad macrozoobéntica pueden vivir en los ríos, para lo cual han desarrollado algunas estructuras adaptativas que les sirven para no ser arrastrados por las fuertes corrientes. Otras especies habitan en los lagos en donde las corrientes no son tan fuertes y otras en los océanos, mares, embalses y estuarios.

A continuación se describen las características más importantes de algunos integrantes de la comunidad macrozoobéntica encontrados con mayor frecuencia en los sedimentos.

✓ **Anélidos**

A este Phylum pertenecen dos grupos: los miembros de la Clase Oligochaeta y los de la Clase Hirudinea, los cuales se consideran representantes de agua dulce.

Los Oligoquetos son típicamente segmentados y hermafroditas. Miden desde menos de 1mm hasta más de 40 mm, aunque excepcionalmente hasta 200 cm. Las formas de agua dulce miden menos de 5cm (Infante, 1992).

Las setas quitinoideas varían en número y forma, constituyéndose, por lo tanto, en caracteres taxonómicos importantes. Algunos individuos se desplazan arrastrándose sobre el suelo, pero otros como algunos de la Familia Naididae pueden nadar. Su alimentación consiste principalmente de algas filamentosas, diatomeas y detritus de plantas y animales.

La mayoría de los oligoquetos viven en aguas eutróficas, sobre fondo fangoso y con abundante cantidad de detritus (Roldán, 1988).

La reproducción de los oligoquetos es variable; aún cuando sea continua, cierta periodicidad en la reproducción es usual. La maduración toma un año en algunas especies y 2-4 en otras, aunque la variación es grande aún dentro de una misma especie (Infante, 1992).

Los organismos pertenecientes a la Familia Tubificidae pueden vivir a varios metros de profundidad donde el oxígeno escasea. En los ríos contaminados con materia orgánica y aguas negras, los tubificidos se encuentran en términos de miles por metro cuadrado, constituyéndose éstos en indicadores de contaminación acuática (Roldán, 1988).

La clase Hirudinea representada por las sanguijuelas viven por lo regular en aguas quietas o de poco movimiento, sobre troncos, plantas, rocas y residuos vegetales.

Toleran bajas concentraciones de oxígeno, por lo que es frecuente encontrarlas en gran número en lugares donde hay abundante materia orgánica en descomposición, se consideran por lo tanto, indicadores de aguas eutroficadas por efectos de contaminación orgánica (Roldán, 1988).

✓ **Insectos Acuáticos**

Es el grupo más abundante y diverso de la tierra, siendo la mayoría de ellos terrestres; de los acuáticos, casi todos son dulceacuícolas (Infante, 1992).

En este trabajo, se encontró representantes de varios órdenes de insectos, cuyas características se ilustran a continuación.

El orden Díptera se considera uno de los grupos de insectos más evolucionados, junto con Lepidóptero y Trichoptera (Roldán, 1988). Los Dípteros son constituyentes importantes de la fauna de invertebrados bentónicos en muchas aguas corrientes y lagos. Los adultos no son nunca acuáticos, pero cumplen la mayor parte de su ciclo de vida como formas inmaduras en el agua dulce (Infante, 1992).

La mayoría de las especies tiene una generación por año, algunas tienen dos por año y unas pocas tienen un ciclo de vida que dura dos años. La mayoría de las larvas tiene respiración cutánea o por medio de branquias que funcionan además en la regulación iónica (Infante, 1992).

El hábitat de los Dípteros es variado, se encuentran en ríos, arroyos, quebradas, lagos, existen representantes de aguas limpias como la familia Simuliidae o contaminadas como Tipulidae y Chironomidae (Roldán, 1988).

Los ephemerópteros viven por lo regular en aguas corrientes, limpias y bien oxigenadas, solo algunas especies parecen resistir cierto grado de contaminación. En general se consideran indicadores de buena calidad del agua. Sus ninfas se encuentran normalmente adheridas a rocas, troncos, hojas o vegetación sumergida, algunas especies se encuentran enterradas en fondos lodosos o arenosos (Roldán, 1988).

El Orden Díptera es más abundante en cuanto al número de individuos y diversidad de especies, por tal razón se hace más referencia a este orden en comparación a los demás insectos acuáticos. Entre los organismos más representativos o los que se encuentran en mayor cantidad dentro del orden Díptera es la Familia Chironomidae, los que transcurren su fase larvaria en el agua, esta característica es igual para los otros órdenes que habitan en un río, como son Coleoptera, Odonata, Trichoptera, Ephemeroptera, Hemiptera y Plecoptera, por lo general estos órdenes predominan en los ambientes lóticos debido a las estructuras adaptativas que desarrollan para vivir en corrientes rápidas, estas estructuras evitan que sean arrastrados por dicha corriente.

✓ **Mollusca**

Los moluscos de agua dulce se dividen en dos grupos: los caracoles de una concha (Gastropoda) y los caracoles de dos conchas o bivalvos (Pelecypoda).

Los gastrópodos viven por lo regular en ambientes con muchas sales, el cual es esencial para la construcción de la concha. En general, se les puede considerar como indicadores de aguas duras y alcalinas.

Los bivalvos de agua dulce se encuentran tanto en aguas lóticas como lénticas, siendo especialmente abundantes en estas últimas. Es muy frecuente encontrar bivalvos enterrados en el sustrato o fijados a la vegetación acuática. En general, son característicos de aguas no contaminadas (Roldán, 1988).

Todos los caracoles de agua dulce tienen respiración cutánea a través de las membranas del cuerpo. El pulmón tiene una función secundaria y se usa solamente cuando las concentraciones de oxígeno disuelto bajan a niveles mínimos (Infante, 1992).

Las poblaciones anteriormente descritas reflejan la variedad de organismos existentes en el fondo; sin mencionar el resto de organismos que son parte de la comunidad macrozoobéntica.

3.9.1 *Algunos Factores que regulan la estructura comunitaria del macrozoobentos en los ríos*

Las comunidades acuáticas están reguladas por diversos factores abióticos como luz, temperatura, turbidez, composición química del agua, así como por factores bióticos: competencia, depredación y parasitismo que determinan la distribución, abundancia y la diversidad de especies, por tanto las variaciones en estos aspectos poblacionales y comunitarios están directamente relacionadas con las condiciones ambientales que prevalecen y que son caracterizadas en general como calidad del agua.

El hábitat bentónico de los lagos muestra algunas diferencias con el de los ríos, principalmente en lo que respecta a la provisión de O₂ y al tipo de sustrato.

El contenido de oxígeno disuelto en el agua es de importancia fundamental en la distribución de los organismos bénticos. Se sabe que la distribución vertical de oxígeno en el agua resulta de su difusión a partir de la superficie, de la turbulencia del cuerpo de agua y de la actividad de los organismos (Solabarrieta & Weibezahn., 1980).

Los factores principales que diferencian a los ríos de los lagos son: la presencia de corrientes, la dependencia de la producción primaria alóctona y que el mayor gradiente se da en el eje horizontal y no el vertical (Infante & Montenegro, 1992).

3.9.2 Indicadores biológicos

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, se ha trabajado con amplia variedad de organismos del zooplancton y fitoplancton, peces y los organismos del fondo que componen la comunidad del zoobentos.

En razón del íntimo contacto con los sedimentos y las características de ciclos de vida univoltinos o multivoltinos, 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.

Especies muy particulares, indican con su presencia y abundancia algunas condiciones relevantes que prevalecen en su hábitat, entre ellos se encuentran los organismos pertenecientes a la Clase Oligochaeta y algunos dípteros de la Familia Chironomidae que son buenos indicadores de las condiciones de contaminación o degradación ambiental (Roldán, 1988)

El bentos de aguas dulces (y particularmente el macrozoobentos) ofrece buena información acerca de las investigaciones sobre la calidad de las aguas por diferentes aspectos, entre ellos: (Wais, 1983)

- El alto grado de fidelidad al sustrato o soporte sobre el cual viven
- La sensibilidad a las alteraciones ambientales
- La escasa aptitud de los organismos propiamente bentónicos de efectuar migraciones rápidas
- La mayor parte de los integrantes de la comunidad macrozoobéntica son artrópodos de ciclo de vida de un año, por lo tanto si se produce una perturbación, aunque de corta duración, una vez que una especie es eliminada del ecosistema no reaparecerá hasta la generación siguiente (Wais, 1983).

La presencia o ausencia de un organismo en particular del zoobentos es una respuesta natural a las características o calidad de un determinado cuerpo de agua. Cuando un ambiente es perturbado, la parte de la fauna que no puede tolerar el estrés que es producto de esa alteración desaparecerá.

3.9.3 Efectos de la contaminación por plaguicidas sobre la comunidad macrozoobéntica

La comunidad del macrozoobentos, por habitar en el sustrato que acumula los precipitados y sedimentos, refleja mejor los efectos causados por la presencia de sustancias exógenas en el ecosistema.

La estructura de la comunidad acuática es primariamente resultado de dos factores: procesos ambientales permanentes o de largo plazo y condiciones críticas de corta duración, cuyo balance determina la composición específica (Wais, 1983).

Es posible que la presencia de residuos de plaguicidas en un determinado cuerpo de agua, ocasione alteraciones en la fauna acuática principalmente a la comunidad macrozoobéntica por el íntimo contacto con los sedimentos, en los cuales se acumulan los residuos de plaguicidas organoclorados siendo más persistentes en el ambiente y a su vez son acumulados en los sedimentos por mucho tiempo, ocasionando efectos en la disminución de especies y provocando dominancia en las mismas, aumentando el número de individuos y volviéndose mas resistentes a la contaminación por plaguicidas. Margalef (1983), plantea que la diversidad puede bajar en los tramos inferiores de los ríos como consecuencia de la contaminación o de la mezcla con agua salada. La contaminación del agua determina un descenso de la diversidad, tanto por establecer condiciones rigurosas que pocas especies pueden resistir, como por estimular el fuerte desarrollo de unas especies en ambientes altamente fluctuante e inestable.

También los residuos de plaguicidas carbamatos que no son acumulados en los sedimentos, pero que pueden encontrarse en el agua logran provocar efectos en el macrozoobentos a igual que los plaguicidas organoclorados.

Para conocer otros efectos como por ejemplo alteraciones en el ciclo reproductivo, posibles mutaciones, formación de tumores, alteración en el crecimiento y desarrollo de los organismos, entre otros, es necesario la realización de pruebas toxicológicas con períodos de estudios longitudinales.

Lo reflejado anteriormente muestra la importancia de estudiar con más profundidad y precisión a los organismos pertenecientes a la comunidad del macrozoobentos, para relacionarlos posteriormente con el uso de plaguicidas en una zona determinada, valorando así su importancia en la evaluación de la calidad del agua; aportando al mismo tiempo mayor información sobre su comportamiento en ambientes lóticos.

IV. HIPÓTESIS

La presencia de residuos de plaguicidas organoclorados y carbamatos en el Río Ochomogo provoca cambios en las condiciones naturales de vida de la comunidad macrozoobéntica.

V. DISEÑO METODOLÓGICO

5.1 Tipo de estudio: Este estudio es de tipo descriptivo y de corte transversal, que se llevo a cabo en el Municipio de Nandaime, en el período comprendido entre los meses de Abril y Octubre de 1997, correspondientes a las épocas seca y lluviosa del año. Las unidades de análisis lo constituyen las muestras de agua y sedimentos seleccionadas para el estudio.

5.2 Universo de estudio: El universo de estudio comprende la cuenca del Río Ochomogo, ubicada en el Municipio de Nandaime, correspondiente al Departamento de Granada. El Río Ochomogo desemboca en el Lago Cocibolca ó Nicaragua, enfrente de la Isla el Menco, siendo un afluente importante del Lago Cocibolca.

5.3 Muestra de estudio: En total fueron colectadas 12 muestras de sedimentos para el macrozoobentos y 12 para los plaguicidas organoclorados, en dos períodos de muestreo. Para las muestras de agua se colectaron en total 6 muestras para los plaguicidas carbamatos y 12 para los parámetros físico – químicos, en un período de muestreo (época de lluvia).

5.4 Selección del área de estudio: Fueron seleccionadas seis estaciones de muestreo, representando diferentes ambientes de la cuenca del Río Ochomogo. Se ubicaron las coordenadas con ayuda de una 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, abarcando en total 15 Km² de extensión. Las estaciones fueron seleccionadas en razón de las diferentes situaciones que representan a la zona en los múltiples 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 están ubicadas en la parte del Ingenio Azucarero "Javier Guerra" y el Barrio "El Contadero", lugar donde llegan los residuos de tóxicos (ver mapa en anexo). Las estaciones de muestreo están descritas a continuación:

Estaciones de muestreo	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

5.5 Variables:

Las variables tomadas en cuenta fueron:

- **Residuos de plaguicidas:** Se refiere a las concentraciones de plaguicidas organoclorados expresados en ng.g^{-1} y carbamatos en $\mu\text{g.L}^{-1}$ encontrados en los sedimentos y agua del río Ochomogo.
- **Estructura de la comunidad macrozoobéntica:**
Composición: Se refiere a las especies del macrozoobentos, encontradas en los sedimentos de un determinado cuerpo de agua, lo cual es una medida sencilla de la riqueza o diversidad de especies.
Abundancia: Es la medición de las proporciones relativas de las diferentes especies en la comunidad macrozoobéntica.
- **Distribución de la comunidad macrozoobéntica:** Consiste en la dispersión geográfica de los individuos en su hábitat.

- **Índice de diversidad (Margalef,1983):** Expresa el número de especies en función del logaritmo de la extensión de la muestra, puede usarse como índice de diversidad y refleja bien los atributos de la misma, tanto en número total de especies como en relaciones entre sus numerosidades respectivas.

- **Variables físico – químicas:**

Conductividad: Indica la capacidad de transmisión eléctrica a través del agua, mayor a mayor concentración iónica o de “sólidos disueltos”.

Temperatura: Magnitud física que indica el contenido calórico.

Oxígeno Disuelto: El contenido de oxígeno gaseoso incorporado o disuelto en el agua, es una función de la temperatura, presión y densidad del agua.

pH: Es el potencial de iones Hidronio en el agua.

Diferentes formas de Sólidos(sólidos totales, disueltos, sedimentables y suspendidos):

Se refiere a la cantidad de materia orgánica, partículas o residuos presentes en el agua.

5.6 Fuentes de información: La información se obtuvo a través de fuentes primarias y secundarias; el mecanismo de recolección de la información se llevo a cabo mediante el reconocimiento de campo que permitió la observación y ubicación de las estaciones de muestreo, aplicación de encuestas a los trabajadores de las Cooperativas agrícolas, entrevistas a los diferentes actores sociales relevantes en la comunidad, recopilación bibliográfica, tomas de muestras de agua y sedimentos y hojas de resultados de análisis de residuos de plaguicidas organoclorados y carbamatos, macrozoobentos y físico-químicos de dichas muestras.

5.7 Técnicas y procedimientos: Se aplicaron instrumentos tales como encuestas a los trabajadores de las cooperativas, arroceras, meloneras e Ingenio Javier Guerra, en total se aplicaron 40 encuestas, obteniendo información sobre los plaguicidas más utilizados en la zona, siendo los plaguicidas organoclorados y carbamatos los que frecuentemente son usados para el control de las plagas en los cultivos de arroz, caña de azúcar, melón y

actualmente tabaco, además en la encuesta se presenta otra información relevante, este instrumento se encuentra reflejado en el anexo 15. También se realizaron entrevistas a representantes del SILAIS, Alcaldía Y Comisión Intersectorial de Plaguicidas de Nandaime.

Dentro de todo esto se incluye la selección, captación y transporte de las muestras de agua y sedimentos para realizar análisis de plaguicidas, macrozoobentos y físico-químicos, siguiendo las orientaciones en el campo de toma de muestras de agua y sedimentos. Para coleccionar las muestras y posteriormente analizarlas se usaron los siguientes métodos:

5.7.1 Colecta de Muestras

Sedimentos

Las muestras de sedimentos para la búsqueda 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 coleccionaron tres submuestras en cada estación, colocando cada una en bolsas plásticas de 25 Lbs, preservándolas con formalina al 4% rotulándolas con el nombre de la estación y número de submuestras, seguidamente se colocaron en bolsas de plástico de textura más fuerte y grandes que las anteriores con el propósito de conservarlas en buen estado, hasta la llegada al laboratorio de Hidrobiología en el CIRA-UNAN.

Los sedimentos captados para la determinación de los plaguicidas organoclorados, se depositaron en bandejas de metal previamente cubiertas con papel de aluminio, homogenizándolos con una espátula metálica, tomando una alícuota (porción), formando de esta manera una muestra. Las muestras de sedimentos contenidas en los frascos (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 $MnSO_4$ y 1 mL de $NaOH + NaN_3$, 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.

5.7.2 Procedimientos Analíticos:

Se llevo a cabo un total de análisis de las muestras de: macrozoobentos (72), organoclorados (12), carbamatos (6) y físico-químicas (96).

Comunidad Macrozoobéntica

Las muestras en el laboratorio fueron lavadas utilizando un tamiz de 250 μm para separar los organismos de los sedimentos, las muestras totalmente limpias fueron guardadas en recipientes de plástico preservándolas con alcohol al 98% y rotuladas nuevamente con el nombre del lugar, fecha de colecta y número de submuestras. Una vez que las muestras con las tres submuestras estuvieron listas para el análisis, el sedimento fue colocado en pocas cantidades en un plato petri revisando y separando los organismos uno por uno por medio de pinzas bajo un microscopio estéreo, seguidamente fueron colocadas en frascos de vidrio conteniendo alcohol y agregando 2-3 gotas de glicerina, para mantener blandas y flexibles las estructuras de los organismos. Posteriormente se procedió a identificarlos con ayuda de 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 expresada en (Ind.m⁻²) se obtiene de la siguiente manera:

$$\text{Ind.m}^{-2} = N \cdot A$$

En donde:

N = Promedio de individuos contados en las tres submuestras

A = Factor resultante de la relación m² / área de captura de la draga Van Veen

El promedio de los individuos se obtiene aplicando el cálculo de la media aritmética y se obtiene de la siguiente forma:

$$X = \frac{\sum x}{n}$$

En donde:

$\sum x$ = Sumatoria de todos los organismos encontrados en cada una de las submuestras

n = número de submuestras tomadas, en este caso fueron tres submuestras

También se determinó la Abundancia Relativa Numérica de los organismos encontrados en cada estación, se utilizó la siguiente expresión:

$$\% N = N / NT \cdot 100$$

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 relativa numérica 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 específica, se utilizó el índice de Margalef (1983), cuya expresión es la siguiente:

$$Dn = (S-1) / \ln N$$

donde:

S = Número de especies

N = Número total de Individuos (organismos)

Plaguicidas Organoclorados

Las muestras de sedimentos en el laboratorio, fueron extendidas en bandejas forradas con papel de aluminio para ser secadas a temperatura ambiente, homogenizadas y pulverizadas en morteros, pasadas por tamices de 600 micrómetros y finalmente colocadas en frascos limpios y secos para su posterior análisis. Fueron tomados 20 gramos de sedimentos secos, extraídos en un Soxhlet con dos tipos de solventes (hexano y diclorometano) durante 8 horas para cada uno, ambas extracciones fueron concentradas en un rota evaporador, uniéndose posteriormente, luego se reconcentraron en un equipo de Kuderna Danish a 4 mL. Las muestras fueron evaporadas con flujo de nitrógeno a un volumen de 2 mL.

La limpieza de las muestras se realizó en una columna de florisil, eluídas con tres diferentes solventes: hexano 70 mL, mezcla de hexano–diclorometano (70:30) 50mL y diclorometano 40 mL, obteniendo los siguientes compuestos: en la Fracción 1, se obtuvo el pp-DDE, HCB (IS) y Aldrín; en la Fracción 2 el pp-DDT, pp-DDD, alfa-BHC, gamma-BHC, beta-BHC y Toxafeno, en la Fracción 3 el alfa-endosulfano, Dieldrín, Endrín, beta-endosulfano. Las tres fracciones fueron concentradas en el rota evaporador, la fracción 1 fue evaporada con flujo de nitrógeno, las fracciones 2 y 3 fueron reconcentradas en el equipo de Kuderna Danish a un volumen de 4 mL, después se evaporaron con flujo de nitrógeno, cada fracción fue aforada a 1ml. El método empleado para el análisis de plaguicidas organoclorados en sedimentos fue el de Villanueva, 1995.

Plaguicidas Carbamatos

Las muestras de agua fueron pasadas por filtros Whatman GF/ F con el objetivo de separar la materia orgánica presente en la muestra y evitar que el disco de membrana C₁₈ sea saturado durante la extracción de fase sólida. Los Discos de Membrana C₁₈ fueron acondicionados con 3 x 10 mL de Acetato de Etilo, 15 mL de Metanol y 20 mL de Agua Ultra pura, seguidamente fue adicionada la muestra (1litro) habiéndose efectuado la filtración con una tasa de flujo de 30 mL / min, sin dejar secar el disco.

Se aplicó tensión de vacío (200 mmHg) durante 30 minutos. Los compuestos fueron eluidos con 3 porciones de 10 mL, con una mezcla de acetona–metanol, para disolver los compuestos (carbamatos) retenidos en el Disco C₁₈, posteriormente se lavaron las paredes del embudo con 5 mL de la mezcla y finalmente se aplicó vacío suavemente.

La muestra colectada en el tubo fue transferida con pipetas Pasteur a un balón de 250 mL, el cual se colocó en el rota evaporador reconcentrando la muestra a 3 mL aproximadamente, finalmente la muestra fue aforada a 10 mL con agua acidificada (pH=3), teniendo el cuidado de realizar al menos 3 enjuagues.

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

En los métodos utilizados en la determinación de las variables físico - químicas, se aplicó el número de referencia del Standard Methods for the Examination of Water and WasteWater, 19 th edition (APHA-AWWA 1996).

A continuación se describen los procedimientos de acuerdo al Standard Methods (APHA – AWWA 1996).

Variables	Nombre del Método	Número de referencia del Standard Methods (19th Edition 1996)
Oxígeno Disuelto	Modificación de la azida	4500 - O C
Sólidos Totales, disueltos, suspendidos y sedimentables	Método Gravimétrico	2540 - B
		2540 - D
Conductividad	Método Potenciométrico	2510 - B
pH	Método Electrométrico	4500 - H'
Temperatura	Método Potenciométrico	2550 - B

VI RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan los resultados obtenidos en las dos campañas de muestreo en las seis estaciones seleccionadas, 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.

6.1 Descripción de la comunidad macrozoobéntica

En la época seca, correspondiente al mes de Abril, se observó diferencias en la estructura comunitaria del macrozoobentos, con relación a la época de lluvia, correspondiente al mes de Octubre, en donde los valores para la densidad total, abundancia relativa numérica y número de especies fueron significativamente menores.

Para la época seca (Abril), en la estación E1(Jirones), seleccionada como la estación de control, la densidad total de los organismos encontrados en esta estación fue de 4110 Ind.m⁻², siendo identificadas 20 especies en total (ver anexo 1). En la figura 1 se observa el comportamiento de la abundancia relativa numérica en las dos épocas de muestreo. Las taxa más representativas fueron la Clase Ostracoda y las Familias Ceratopogonidae y Chironomidae. Los resultados de los análisis de abundancia relativa numérica reflejan que la Familia Chironomidae fue la más importante tanto en abundancia como en composición de especies, encontrando un total de 10 especies en comparación con las otras categorías. La Familia Chironomidae constituyó el 40.61% de abundancia relativa numérica (Fig.1), siendo el Género *Rheotanytarsus* el mas abundante con 16.45% del total (Anexo1). La Clase Ostracoda representó el 21.21% de abundancia. De la Familia Ceratopogonidae se identificaron 3 especies, representando el 15.65% en abundancia relativa numérica. También se encontró miembros de la Orden Ephemeroptera (9.54%), Familia Tipulidae (7.95%), Coleoptera (4.23%) y las Clases Gastropoda (0.53%) y Arachnoidea (Hydracarina 0.26%) todas en menor proporción (Fig.1).

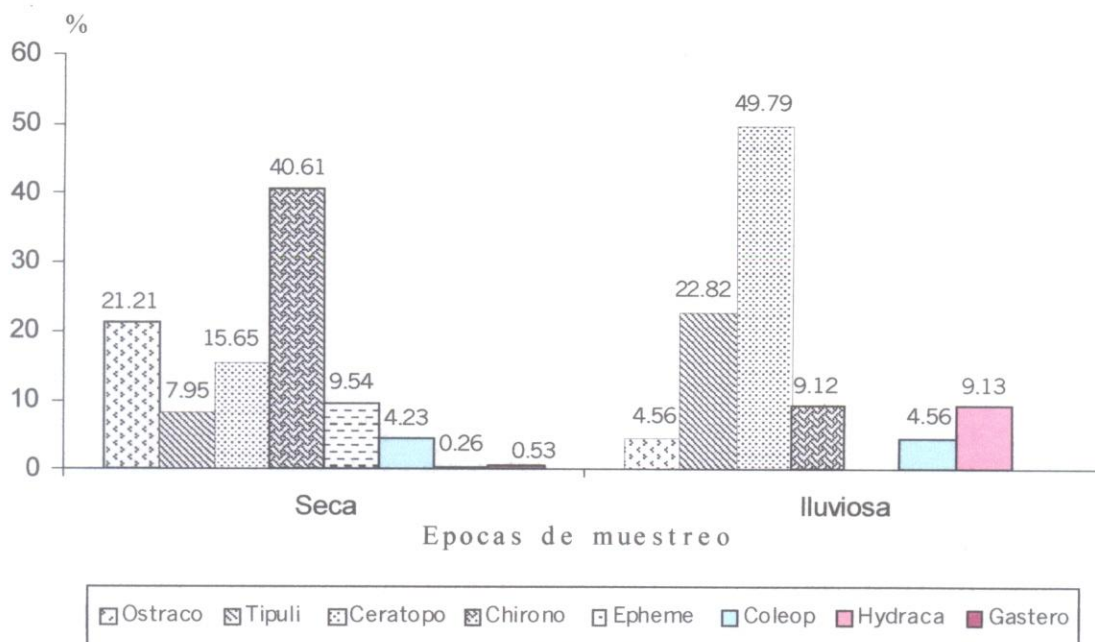


Fig.1 Variación de la Abundancia Relativa Numérica de las taxa más representativas encontradas en las dos épocas de muestreo en la estación E1 (Jirones)

En relación con el segundo muestreo (época de lluvia) la estructura comunitaria presentó cambios considerables en cuanto a la densidad total, abundancia relativa numérica y diversidad de especies. En la figura 1 se observa los cambios en la estructura comunitaria, en comparación al primer muestreo, se encontró un total de 6 especies y una densidad total de 241 Ind.m⁻²(Anexo1). Las taxa con mayor número de individuos pertenecen a las Familias Tipulidae y Ceratopogonidae. Dentro de la Familia Ceratopogonidae solamente se encontró el Género *Bezzia*, constituyendo el 49.79%. La Familia Tipulidae representó el 22.82% de la densidad total, identificando 2 especies. Hay que destacar la presencia de la Familia Chironomidae, identificándose solamente 1 especie, representando el 9.12%, que a diferencia del primer muestreo el número de individuos y especies que se encontró fue mayor. Fue notoria la presencia de la Clase Arachnoidea (Hydracarina 9.13%) y el Orden Coleoptera (4.56%).

En la estación E2 (Ingenio a) la composición de especies y abundancia relativa numérica de los organismos encontrados fue totalmente diferente para las dos épocas de muestreo (seca y de lluvia). En el primer muestreo se encontraron 2 especies, con una densidad total de 131 Ind.m⁻², las dos categorías representativas fueron Oligochaeta y Coleoptera (Anexo 2).

La Clase Oligochaeta estuvo representada por la Familia Tubificidae, con solamente el Género *Limnodrilus*, representando el 83.21 % en abundancia, siendo el Género más abundante en toda la muestra; en el Orden Coleoptera se identificó una especie, encontrando una abundancia relativa numérica de 16.79 %. En la figura 2 se observan los porcentajes encontrados en el análisis de la abundancia relativa numérica, para las dos épocas de muestreo. Hay que destacar la presencia de abundantes fragmentos del Género *Limnodrilus* que no se contabilizaron.

En relación con el segundo muestreo se observó un cambio drástico en la composición de especies y abundancia relativa numérica, encontrando cero por ciento de abundancia, sin ninguna especie (Fig.2).

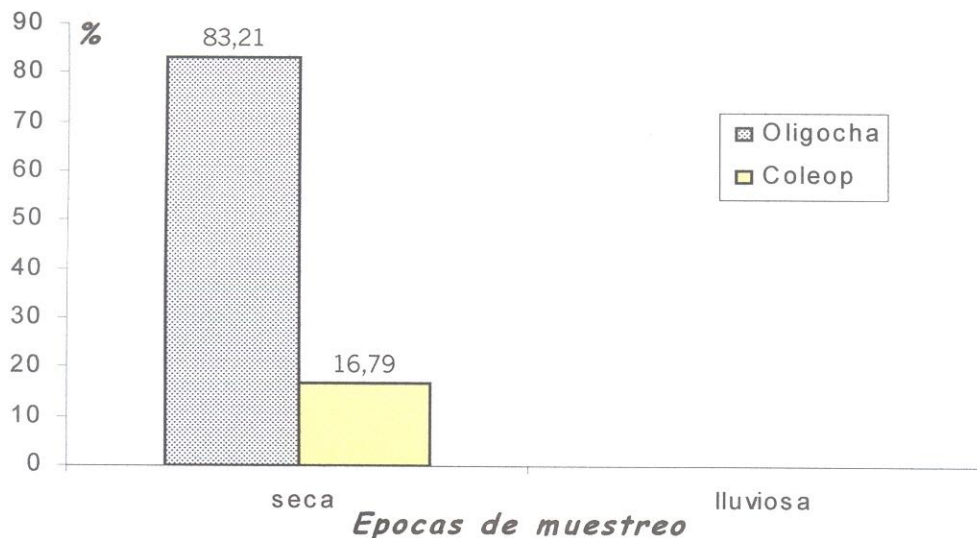


Fig.2 Comportamiento de la abundancia relativa numérica de las dos taxa encontradas en la época seca en la estación E2 (Ing.a), para la época de lluvia no se evidencio presencia de organismos

En la estación E3 (Ingenio b), para la época seca se encontró un total de 14 especies, con una densidad comunitaria de 907 Ind.m⁻² (Anexo 3).

Los grupos más representativos fueron la Familia Chironomidae y Clase Oligochaeta. En la Familia Chironomidae fueron identificadas 7 especies, constituyendo el 62.62% de la densidad total, los Géneros *Chironomus* (28.88%) y *Xenochironomus* (24.03%) fueron los más abundantes (Anexo 3).

Dentro de la Clase Oligochaeta se identificaron 2 Familias con un Género por Familia, representando en total el 24.03% en abundancia relativa numérica, siendo el Género *Limnodrilus* el más numeroso (22.82%). También fueron encontrados en menor número representantes del Phylum Nematoda, Familia Ceratopogonidae, Orden Odonata y la Clase Gastropoda (Fig.3, Anexo 3).

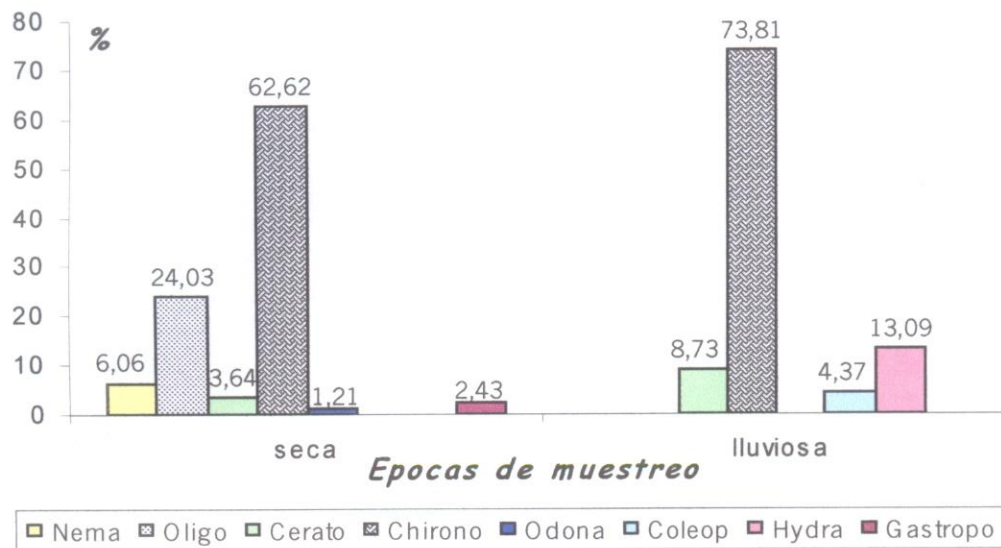


Fig.3 Variación de la abundancia relativa numérica de las taxa más representativas en la estación E3 (Ingenio b) para las dos épocas de muestreo

En relación con el macrozoobentos en el segundo muestreo, se identificó un total de 6 especies, con una densidad comunitaria de 252 Ind.m⁻² en el total de la muestra (Anexo 3). La Familia Chironomidae fue la más representada, con un total de 3 especies y un porcentaje de 73.81 siendo el Género *Saetheria* el más abundante (47.62%). La Clase Arachnoidea (Hydracarina), con solamente una especie, reporto un valor en la abundancia relativa numérica de 13.09%, a diferencia de la época seca, que no fue encontrada (Fig.3). Otras taxa de menor importancia fueron la Familia Ceratopogonidae (8.73%) y el Orden Coleoptera (4.37%). El Phylum Nematoda, las Clases Oligochaeta y Gastropoda, el Orden Odonata no fueron encontradas en este periodo de muestreo, variando significativamente con respecto a la época seca (Fig.3).

En la estación E4 (Ingenio c), se encontró para el primer muestreo una densidad de 2,454 Ind.m⁻², identificando 18 especies en total (Anexo 4). Las taxa más importantes recolectados en esta estación E4 fueron la Clase Oligochaeta, Familia Chironomidae y Orden Ephemeroptera. En la Familia Chironomidae se identificaron 6 especies en total, con un 31.09 % de la abundancia total, siendo el Género *Cryptochironomus* (10.68%), el más representado (Anexo 4). El Orden Ephemeroptera estuvo representado por 2 especies, constituyendo el 24.45%, con el Género *Tricorythodes* (23.11%) como el más abundante. Dentro de la Clase Oligochaeta, se identificó la Familia Tubificidae, predominando solamente el Género *Limnodrilus*, constituyendo el 20.42% de la abundancia numérica. En esta estación también se encontraron Gastropoda (8.44%), Ceratopogonidae (6.23%), Hirudinea (3.09%), Nematoda (2.24%), Odonata (2.24%), Hydracarina (1.34%) y Trichoptera (0.45%), en la figura 4 aparecen los valores encontrados en el análisis de variación de la abundancia relativa numérica en las dos épocas de muestreo.

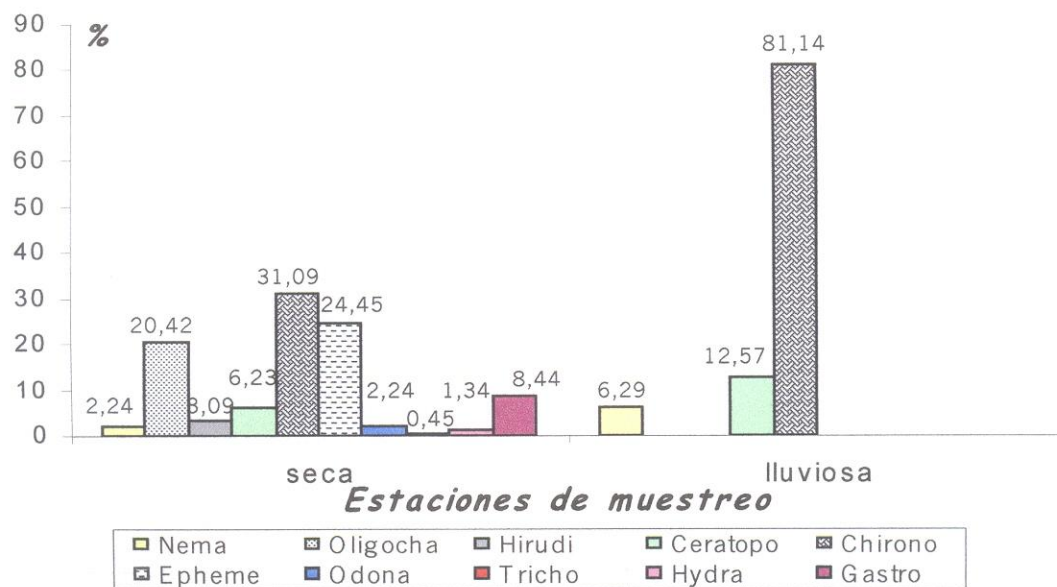


Fig.4 Comparación de la abundancia relativa numérica de las taxa más representativas encontradas en la estación E4 (Ing.c) en ambas épocas de muestreo

En el segundo muestreo (época de lluvia), la diversidad fue considerablemente menor reportándose un total de 6 especies, con una densidad comunitaria de 175 Ind.m⁻² (Anexo 4).

Las especies más numerosas fueron las incluidas en la Familia Chironomidae, con 4 especies en total, representando el 81.14%, siendo el Género *Polypedilum*, el más abundante (34.94%). También fueron reportados representantes de la Familia Ceratopogonidae (12.57%) y el Phylum Nematoda (6.29%) en menor proporción. Estas fueron las únicas taxa encontradas en el segundo muestreo (Fig. 4).

La estación E5 (Contadero a) fue la segunda estación con el mayor número de individuos durante el estudio. En la época seca la composición de especies fue variada, y la densidad fue de 3,524 Ind.m⁻² y 20 especies en total (Anexo 5). La Familia Chironomidae presentó el mayor número de organismos y especies, obteniendo el 76.45%, el Género más abundante fue *Polypedilum* (50.11%). El Orden Ephemeroptera representó el 12.40% de abundancia relativa numérica, con 4 especies, siendo el Género *Tricorythodes* (9.90%) el más representado (Anexo 5), en la figura 5 se presentan los valores de abundancia relativa numérica para las dos épocas de muestreo. También fueron encontrados en menor número Gastrópoda (6.19%), Ceratopogonidae (2.47%), Oligochaeta (0.62%), Nematoda (0.31%), Ostracoda (0.31%), Trichoptera (0.94%), y Coleoptera (0.31%).

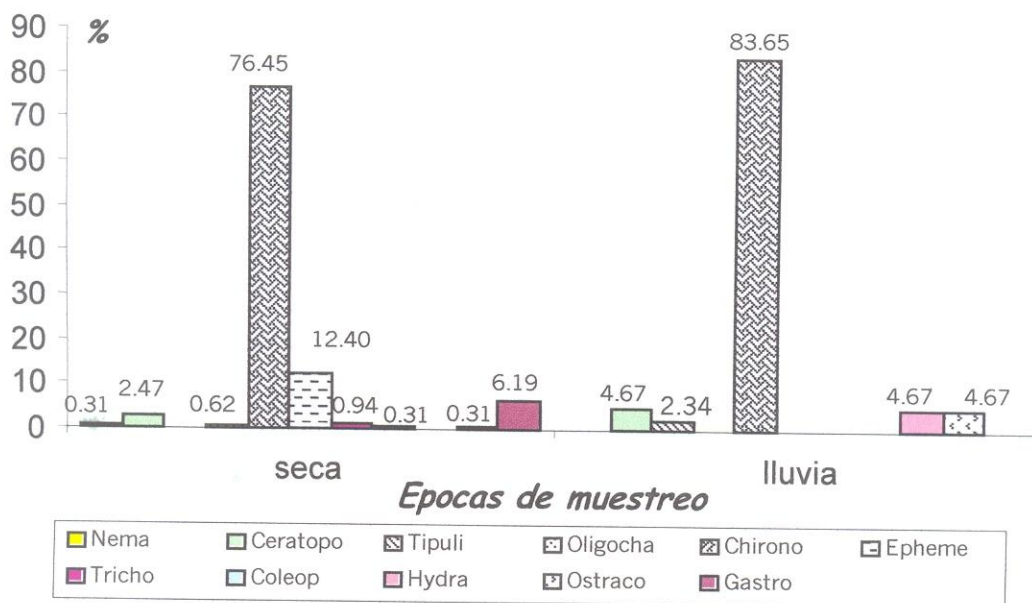


Fig.5 Comparación en los valores de abundancia relativa numérica de las taxa encontradas en la estación E5(Contadero a) en las dos épocas de muestreo

Cabe destacar las diferencias en densidad total entre la época seca y la lluviosa observada en la estación E5 (Cont. a). Se encontró un total de 8 especies y 471 Ind.m⁻². La Familia con mayor número de organismos y especies fue Chironomidae, se identificaron 4 especies, representando el 83.65%, siendo el Género *Saetheria* (55.62%) el más representado, a diferencia del primer muestreo la abundancia relativa numérica de Chironomidae fue más alta. También se encontraron representantes de las Clases Hydracarina (4.67%) y Ostracoda (4.67%), Familias Ceratopogonidae (4.67%) y Tipulidae (2.34%), aunque en menor proporción (Fig. 5).

La composición y abundancia de especies en la estación E6 (Contadero b), no varió considerablemente con relación a las dos épocas de muestreo, pero si hubo grandes diferencias con las estaciones E2 y E3, además fue la única estación que presentó las mayores densidades para la época de lluvia. En la época seca se identificaron 12 especies en total, con una densidad comunitaria de 1,734 Ind.m⁻², para la época de lluvia se encontraron 9 especies, con un total de 1,026 Ind.m⁻² (Anexo 6).

La Familia Chironomidae fue reportada con el mayor número de especies para ambas épocas, en la época seca se identificaron 7 especies, representando el 88.06%, siendo el Género *Polypedilum* (72.31%) el más representado, en la época de lluvia Chironomidae constituyó el 84.99%, con 5 especies, el Género *Saetheria* (48.83%) fue el más abundante (Anexo 6), en la figura 6 se observa el comportamiento de los valores de abundancia relativa numérica para ambas épocas de muestreo.

Para la época seca también se encontraron Nematoda (3.75%), Gastropoda (1.27%) y Odonata (0.63%) y para la época de lluvia se reportaron Hydracarina (5.36%) y Tipulidae (2.14%). Además para ambas épocas se encontró representantes del Orden Ephemeroptera (4.38% época seca y 5.36% época de lluvia) y la Familia Ceratopogonidae (1.90% época seca y 2.14% época de lluvia) todos encontrados en menor número (Fig.6).

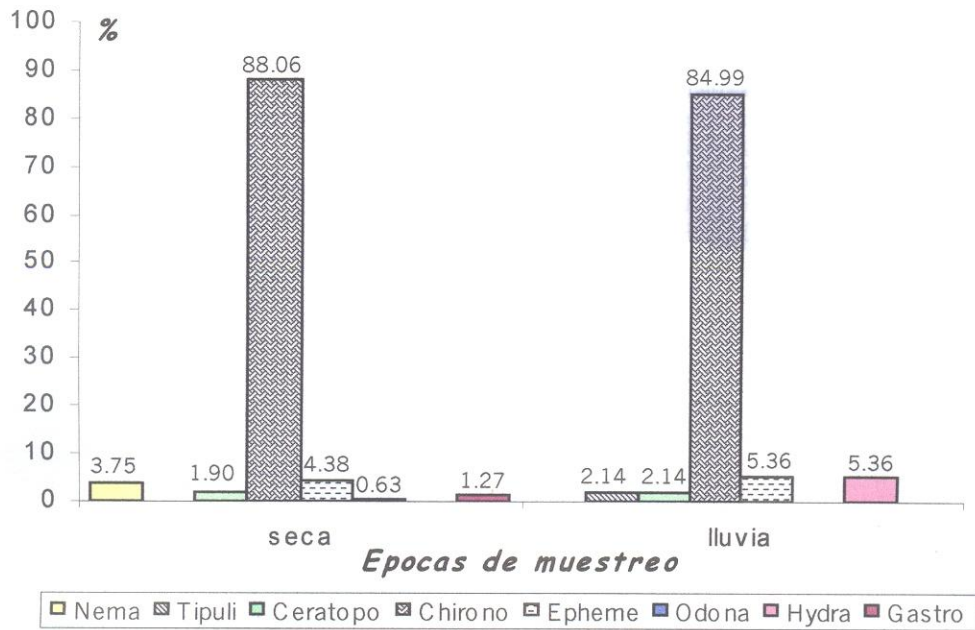


Fig.6 Abundancia relativa numérica de las taxa encontradas en la estación E6(Contadero b) para ambas épocas de muestreo

De manera general las estaciones E1(Jirones) y E5 (Contadero a) presentaron las mayores densidades comunitarias durante la época seca, con 4,110 y 3,524 Ind.m⁻², respectivamente. También se observó que en el segundo muestreo (época de lluvia), la densidad fue siempre menor en todas la estaciones de muestreo en relación a la época seca.(Fig.7).

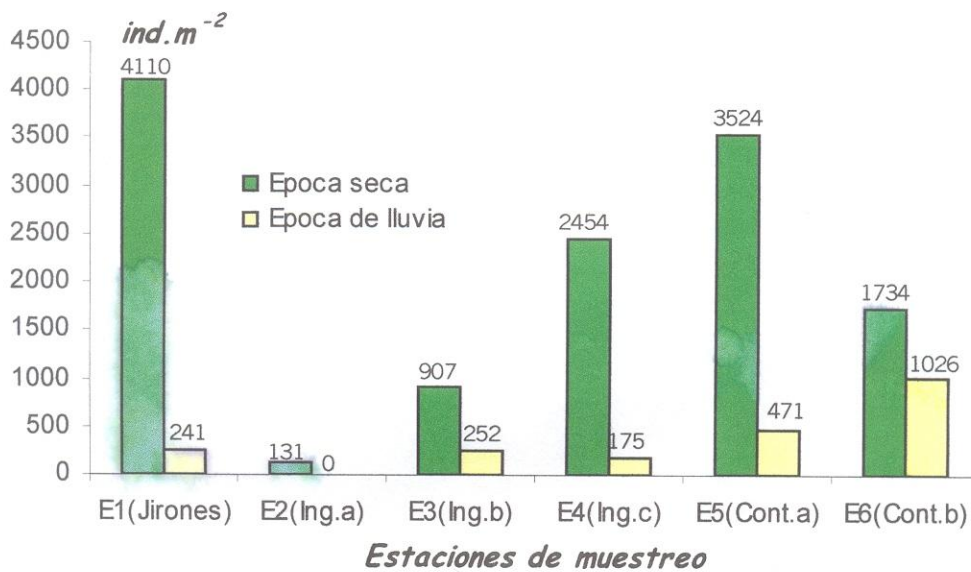


Fig.7 Comparación de la densidad total en las seis estaciones para las dos épocas de muestreo (seca y lluvia), expresada en Ind.m⁻²

El análisis de riqueza específica de los organismos recolectados, se describe por estaciones de muestreo y meses de colecta (ver tabla en anexo 7). En Abril (época seca), los mayores índices de riqueza específica se encontraron 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 específica se reportaron para las estaciones E6 y E5, con valores de 1.15 y 1.13 respectivamente (Fig.8).

En el análisis global de riqueza específica por épocas de muestreo, se observó diferencias en los valores encontrados. Durante la época seca los valores de la riqueza específica fueron mayores a diferencia de la época de lluvia que presentó los valores más bajos (Anexo 7). Es importante mencionar los bajos índices de riqueza específica encontrados en la estación E2 (Ingenio a), con 0.20 para la época seca y cero en la época de lluvia (Fig.8).

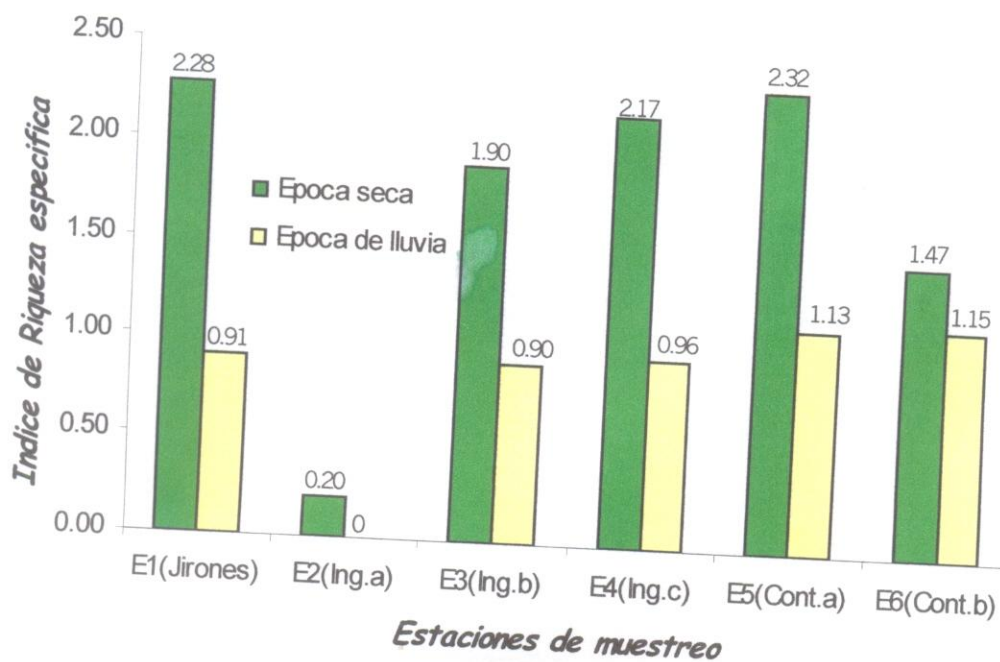


Fig.8 Comparación de los valores encontrados en el análisis del Índice de riqueza específica, en las dos épocas de muestreo (seca y lluvia)

La información obtenida en las seis estaciones y en las dos épocas de muestreo, mostró diferencias en la composición de especies y en la distribución de los organismos en lo largo del eje horizontal del río Ochomogo. En la época seca el grupo predominante, con el mayor número de especies y mayor densidad fue la Familia Chironomidae, con 7,221 ind.m⁻², siendo el Género *Polypedilum* (3,161 ind.m⁻²) el más numeroso. El Orden Ephemeroptera fue la segunda categoría taxonómica de importancia con un total de 1,505 ind.m⁻², con el Género *Tricorythodes* (992 ind.m⁻²) el más abundante (Anexo 8 y 10). Las otras taxa que presentaron densidades altas fueron Ceratopogonidae (949 ind.m⁻²), Ostracoda (883 ind.m⁻²), Oligochaeta (850 ind.m⁻²) y Gastropoda (491 ind.m⁻²).

En el segundo muestreo (época de lluvia) la composición de especies y densidad comunitaria fueron significativamente diferentes, sin embargo al igual que en la época seca, predominó la Familia Chironomidae encontrando un total de 1,616 ind.m⁻², siendo el Género *Saetheria* (916 ind.m⁻²) el más numeroso. En este período de muestreo las otras taxa encontradas con densidades altas fueron Ceratopogonidae (208 ind.m⁻²) y Arachnoidea (Hydracarina, 132 ind.m⁻²). A diferencia del primer muestreo la Clase Oligochaeta y Gastropoda no fueron reportados para esta época de muestreo (Anexo 9 y 10).

En esta investigación se encontró variación en la composición de especies, número de individuos y distribución de los mismos entre las diferentes estaciones y entre las épocas seca y lluviosa. En todas las muestras analizadas en la época seca la fauna macrozoobéntica estuvo constituida principalmente por larvas de Chironomidae (en proporciones altas 56.18%), seguidos por Ephemeroptera (11.71%), Ceratopogonidae (7.38%) y Oligochaeta (6.62%).

La presencia y abundancia de los quironómidos en los ecosistemas acuáticos ha sido relacionado por muchos investigadores, entre ellos Margalef (1983), habla de la evolución de los quironómidos de manera tal que juegan un papel sustancial en la biología de las aguas dulces.

Infante (1992), plantea que algunas larvas de quironómidos poseen un tipo de hemoglobina en su sangre que funciona eficientemente a bajas concentraciones

de oxígeno, 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 la Familia Chironomidae son indicadoras 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, dentro de la Clase Oligochaeta los individuos de la Familia Tubificidae se encuentran en términos de miles por metro cuadrado, constituyéndose estos en indicadores de contaminación acuática (Roldán, 1998).

En la época de lluvia, la fauna encontrada varió considerablemente en comparación con la época seca. No se encontraron representantes de las Clases Oligochaeta y Gastropoda, predominando siempre la Familia Chironomidae, a diferencia de la época seca se encontró menor número de especies y la densidad poblacional fue baja (1,616 ind.m⁻²). La heterogeneidad encontrada en la fauna del macrozoobentos fue evidente en las dos épocas, variando significativamente la composición de especies, abundancia de organismos (número de individuos) y distribución en el segundo muestreo (época de lluvia).

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 flujo, 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 probablemente afectó profundamente a la comunidad macrozoobéntica.

6.2 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 (solamente detectado en el primer muestreo), Heptacloro y el Dieldrín se encontraron en menores concentraciones. Los compuestos alfa-BHC, beta-BHC, delta-BHC, Heptacloro-epóxido, alfa-Endosulfano, beta-Endosulfano, Aldrín, Endrín, pp-DDD y Toxafeno no fueron detectados en ninguna de las muestras analizadas para ambos muestreos (Anexo 11).

En la figura 9 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 más altos (7.91 ng.g^{-1}) en el primer muestreo, en comparación a los otros compuestos (Fig.9a). En el segundo muestreo el metabolito pp-DDT se detectó en menor concentración con un valor de 0.86 ng.g^{-1} (Fig.9b).

En el primer muestreo (Abril), el metabolito pp-DDE fue el compuesto cuya presencia fue reportada en todas las muestras analizadas, la variación en las concentraciones osciló desde 0.17 hasta 6.77 ng.g^{-1} (Fig.9a). 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 0.07 y 3.55 ng.g^{-1} (Fig.9b).

El Lindano se detectó en cuatro de las seis estaciones (E1, E2, E5, E6), con valores entre 0.26 y 0.79 ng.g^{-1} (Fig.9a) esto para el primer muestreo. En el segundo muestreo se observó ausencia de Lindano, el cual no fue detectado en ninguna de las muestras analizadas (Fig.9b).

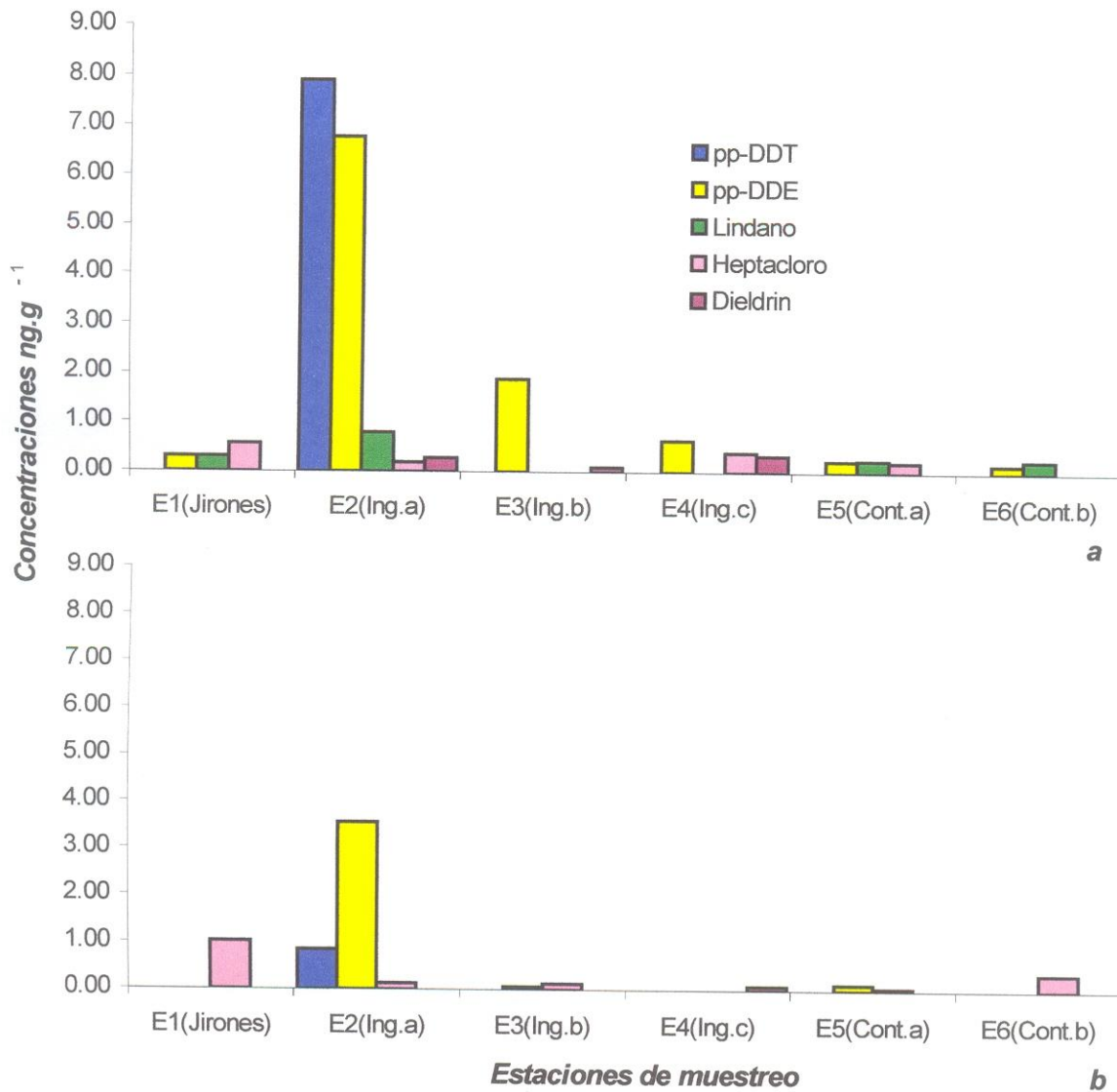


Fig.9 Residuos de plaguicidas organoclorados detectados en muestras de sedimentos seco del río Ochomogo en las épocas de muestreo a) seca b) lluvia

En el primer muestreo el Heptacloro fue encontrado en cuatro de las seis estaciones seleccionadas (E1, E2, E4, E5), las concentraciones presentaron un rango desde 0.19 a 0.56 ng.g⁻¹(Fig.9a). El Heptacloro en el segundo muestreo se detectó en todas las estaciones, excepto en la estación E4(Ingenio c), presentando concentraciones que oscilaban desde 0.05 hasta 1.03 ng.g⁻¹, a diferencia de los valores encontrados en el primer muestreo estos fueron bajos, a excepción de la estación E1(Jirones) donde la concentración de Heptacloro aumentó de 0.56 (época seca) a 1.03 ng.g⁻¹ en la época de lluvia(Fig.9b).

El Dieldrín se encontró en tres de las seis estaciones (E2, E3, E4), para el primer muestreo, con valores que fluctuaron desde 0.10 a 0.34 ng.g⁻¹(Fig.9a).

En el segundo muestreo el Dieldrín solamente fue detectado en la estación E4 (Ingenio c), con un valor de 0.09 ng.g⁻¹(Fig.9b).

Los resultados obtenidos en esta investigación muestran la presencia de residuos de plaguicidas organoclorados en el Río Ochomogo provenientes de los cultivos de caña de azúcar, arroz, melón y actualmente el tabaco.

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 (pp-DDT, pp-DDE, Lindano, Dieldrín y Heptacloro) 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.

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.

La presencia de los compuestos pp-DDT (detectado únicamente en la estación E2) y pp-DDE varió en las dos épocas, encontrándose disminución de la concentración de estos residuos para la época de invierno (segundo muestreo). Es probable que este comportamiento de los residuos en dicha época, lo ocasionó el factor de dilución y arrastre por las fuertes corrientes que presenta el río Ochomogo debido a las lluvias. También es posible la disminución en las aplicaciones de plaguicidas debido a las intensas lluvias, impidiendo 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 **Dieldrín** presentó diferencias en las dos épocas, tanto en los niveles de concentración como en la frecuencia de aparición en las estaciones estudiadas, a diferencia del segundo muestreo únicamente fue detectado en la estación E4 (Ingenio c). El **Dieldrín** se forma a partir del **Aldrín** 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 **Aldrín** en el manejo de la caña de azúcar. El **Dieldrín** 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 debió 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 de **Lindano** en la época de lluvia pudo estar afectado por el lavado del sedimento debido a las fuertes corrientes incrementándose así 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 el área de estudio. El **Lindano** es utilizado en el control de insectos del suelo, ectoparásitos, productos almacenados y tratamiento de semillas (Castillo et al., 1995).

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 estaciones seleccionadas, con poca variación en relación con los valores detectados en ambas épocas.

Es probable que la presencia del Heptacloro se debió 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.

6.3 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 los plaguicidas carbamatos se degradan rápidamente, no se podía entonces guardar las muestras.

En la tabla 1 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 $\mu\text{g.L}^{-1}$ detectando los niveles más altos (672.38 $\mu\text{g.L}^{-1}$) en la estación E2 (Ingenio a).

El Metomil (Lannate) fue encontrado en las estaciones (E1, E2, E4, E5), con valores que oscilaron desde 22.61 hasta 54.87 $\mu\text{g.L}^{-1}$. Para el Carbofurán los niveles encontrados estuvieron por debajo del límite de detección (10 $\mu\text{g.L}^{-1}$) en las estaciones (E2, E4, E5 y E6), en las otras dos estaciones (E1 y E3) no fue detectado.

En cuanto al plaguicida Carbaril los valores también estuvieron por debajo del límite de detección (10 $\mu\text{g.L}^{-1}$), en las estaciones (E4, E5 y E6), no detectándose en las estaciones E1 y E3 y en estación E2 (Ing.a) fue encontrado con una concentración de 169.75 $\mu\text{g.L}^{-1}$. El Aldicarb Sulfón no fue detectado en ninguna de las estaciones seleccionadas.

Tabla 1 Concentraciones de Plaguicidas Carbamatos en muestras de agua del Río Ochomogo, expresados en $\mu\text{g.L}^{-1}$

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

L.D: Límite de Detección del método $10 \mu\text{g.L}^{-1}$ para ambos plaguicidas nd: no detectado

Es probable que la presencia de Aldicarb en las muestras se debió 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, 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 $10 \mu\text{g.L}^{-1}$, siendo la estación E2 (Ingenio a) la que presentó los niveles de residuos más altos ($672.38 \mu\text{g.L}^{-1}$).

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 Aldicarb fue restringido para usos agrícolas en Nicaragua en el año 1993 (MAG, 1993).

El Metomil (Lannate) 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.

En cuanto a los compuestos Carbofurán y Carbaril es probable que las lluvias hayan ocasionado el efecto de dilución y los residuos de plaguicidas fueron lavados por las fuertes corrientes. También es posible que estos compuestos no se estuvieran utilizando en la época que se realizaron las tomas de muestras. Los plaguicidas Carbofurán y Carbaril son extremadamente tóxicos para algunos organismos acuáticos.

Es probable que la presencia de residuos de plaguicidas organoclorados (pp-DDT, pp-DDE, Heptacloro, Lindano y Dieldrín) y carbamatos (Aldicarb, Metomil, Carbofurán, Carbaril) hayan ocasionado alteraciones en la composición, abundancia y distribución de los organismos encontrados en todas las estaciones estudiadas para las dos épocas de muestreo.

La estación de muestreo que presentó las mayores concentraciones de plaguicidas organoclorados y carbamatos mencionados anteriormente fue la estación E2 (Ingenio a), correspondiéndose con los bajos valores del índice de riqueza específica, 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 muestran 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 desequilibrio en la comunidad del macrozoobentos (ver anexos 12,13 y 14).

6.4 Variables Físico – Químicas

6.4.1 Oxígeno disuelto, Temperatura, pH

Los valores de oxígeno disuelto evidencian alteración en las estaciones estudiadas del río Ochomogo. En la figura 10 se observan los valores de oxígeno disuelto con relación a la temperatura. En todas las estaciones estudiadas las concentraciones de oxígeno disuelto en el agua fueron bajas con excepción de la estación E1 (Jirones), el rango encontrado fue de 2.7 a 7.5 mg.L⁻¹ y se observó que la estación E2(Ingenio a) presentó la menor concentración de oxígeno disuelto, con un valor de 2.7 mg.L⁻¹. Los valores de temperatura en las muestras fueron diferentes para cada estación, presentando un rango entre 28.9 a 34.4 °C, observándose menor concentración de oxígeno disuelto en las estaciones donde la temperatura fue mayor. Además se observó que en la estación E2 (Ingenio a) se encontró el valor más alto de temperatura (Fig.10), es probable que estos valores de temperatura hayan estado relacionadas con las diferencias de horas entre las seis estaciones de muestreo. 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.

6.4.2 Conductividad y las diferentes formas de sólidos

La conductividad en las estaciones estudiadas fluctuó entre 386 a 450 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, no encontrándose grandes diferencias. En la tabla 2 se presentan los valores de conductividad y los sólidos. 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 en la estación E2 (Ingenio a), fue en esa estación donde se encontraron los niveles más altos de sólidos (totales, disueltos, suspendidos y sedimentables).

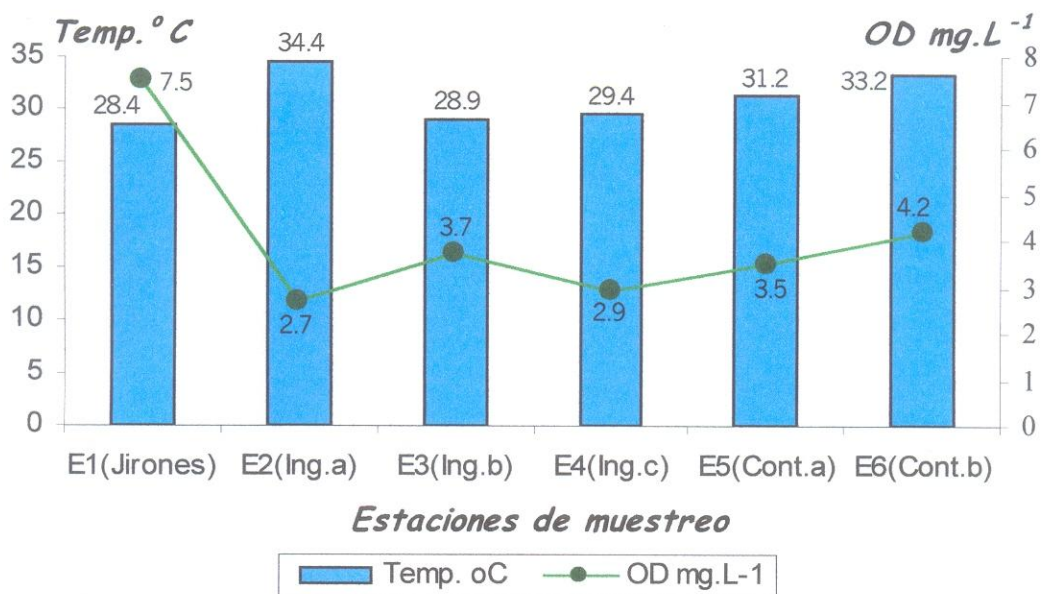


Fig.10 Comportamiento del Oxígeno disuelto con relación a los valores de Temperatura en las seis estaciones seleccionadas

Tabla 2 Variables físico-químicas analizadas en muestras de agua en las seis estaciones seleccionadas para la época de lluvia

Estaciones de muestreo	Conduc. ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	Sol.Tot. (mg.L^{-1})	Sol.Dis. (mg.L^{-1})	Sol.Susp. (mg.L^{-1})	Sol.Sed. (mg.L^{-1})	pH
Est.1 Jirones	435.00	309.00	284.00	25.00	nr	7.9
Est.2 Ing. a	386.00	922.00	729.00	193.00	1.20	7.4
Est.3 Ing. b	424.00	316.00	293.00	23.00	nr	7.4
Est.4 Ing. c	437.00	322.00	300.00	22.00	nr	7.6
Est.5 Cont. a	450.00	339.00	285.00	54.00	nr	7.6
Est.6 Cont. b	449.00	322.00	279.00	43.00	nr	7.7

nr: no realizados

Las variables físico – químicas tomadas en cuenta para esta investigación, especialmente el oxígeno disuelto, la temperatura y las diferentes formas de sólidos, juegan un rol fundamental en la heterogeneidad y abundancia de la fauna macrozoobéntica. El contenido de oxígeno disuelto en el agua es de importancia primordial en la distribución de los organismos del macrozoobentos (Solabarieta & Weibezahn, 1980). La disponibilidad de oxígeno no sólo limita la abundancia de la 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).

En la estación E2 (Ingenio a) la concentración de oxígeno disuelto fue relativamente bajo, mientras que la temperatura y los sólidos fueron altos. Las diferencias en las concentraciones de oxígeno entre las estaciones de muestreo y específicamente los bajos niveles encontrados en la estación E2, probablemente estén relacionadas con la elevada carga orgánica y por los residuos de plaguicidas presentes. Tanto la oxidación de los plaguicidas como la reducción de la materia orgánica por actividad bacteriana requieren de un suministro elevado de oxígeno disuelto, lo que pudo haber provocado un déficit de ese elemento para los organismos bénticos.

También es probable que la baja diversidad de organismos del macrozoobentos durante la época seca y la ausencia total de individuos en la época de lluvia en la estación E2 sean el producto de la alteración y destrucción de hábitats como lo indican la alta conductividad y los altos valores de las diferentes formas de sólidos. Durante la época seca la velocidad de flujo es baja en esta estación y se concentra una gran cantidad de materia orgánica flotante (brozas, palos, hojas etc.) mientras que durante la época de lluvia las fuertes corrientes arrastran el material del fondo dificultando el establecimiento de la comunidad macrozoobéntica.

Es importante mencionar además, que la estructura y la función de las comunidades, es decir, la composición de especies y los procesos que regulan los cambios en la abundancia relativa y la distribución de cada especie depende de una serie de factores bióticos y abióticos muy complejas. La alteración de las condiciones naturales y más aun la contaminación de los ecosistemas acuáticos por sustancias tóxicas como los plaguicidas provocan respuestas en las comunidades muy difíciles de valorar, y las respuestas estarán en dependencia del nivel de tolerancia y adaptación de cada especie en particular.

VII. CONCLUSIONES

7.1 Se detectó la presencia de importantes concentraciones de plaguicidas en los sedimentos (pp-DDT, pp-DDE, Heptacloro y Dieldrín) y en el agua (Aldicard, Metomil, Carbofuran y Carbaril) del río Ochomogo, esto indica que los cultivos establecidos en la cuenca aportan estas sustancia tóxicas al medio acuático.

7.2 La variedad y abundancia numérica de los representantes de la Familia Chironomidae en la fauna macrozoobéntica, en especial la dominancia de especies de amplia tolerancia a la polución, reflejan la situación ambiental y el deterioro de la calidad de las aguas del río Ochomogo.

7.3 Los niveles de plaguicidas en el agua y en los sedimentos así como la baja diversidad y abundancia de la fauna béntica en la estación E2 (Ingenio a) revelan el grado de contaminación de este tramo del río, y el riesgo de afectación de las localidades ubicadas río abajo.

7.4 El régimen hidrológico juega un papel importante en la dispersión de los plaguicidas y en el establecimiento de las comunidades del bentos en el río Ochomogo.

7.5 Entre las variables físico-químicas analizadas, el oxígeno disuelto presenta concentraciones no aceptables para la vida acuática en cinco de las seis estaciones estudiadas.

VIII. RECOMENDACIONES

8.1 Realizar estudios dirigidos a la búsqueda de residuos de los plaguicidas carbamatos que son usados ampliamente en la Cuenca del río Ochomogo, desde la parte alta (Meseta de Carazo) hasta su desembocadura en el Lago Cocibolca.

8.2 Desarrollar estudios de biotoxicidad usando macroinvertebrados bénticos, especialmente con aquellos organismos encontrados sensibles por este estudio como son los ephemeropteros del Género *Tricorythodes*, a fin de disponer de métodos de diagnósticos confiables y de bajo costo.

8.3 Integrar la información generada por este estudio a las iniciativas actuales y futuras para el control efectivo en el uso de plaguicidas organoclorados y carbamatos en la zona.

XIX. 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.
- CARE., 1994: ***Manual de diagnóstico y tratamiento de intoxicaciones agudas causadas por plaguicidas***. Managua, Nicaragua.
- Castillo, C., 1988: ***Diagnóstico sobre uso e impacto de los plaguicidas en Nicaragua***. Programa de plaguicidas, Departamento de higiene comunal y salud ocupacional. Nicaragua.
- Castillo, L., Chaveri, F., Ruedert, C. & Wesseling, C., (Eds.) 1995: ***Manual de plaguicidas, Guía 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.
- Cruz, A & Lacayo, M., 1997: ***Efectos de los plaguicidas sobre la salud humana***. Comisión Local Intersectorial de Plaguicidas de Granada (CLIP-GRANADA), Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua (CIRA-UNAN), Folleto multicopiado. Managua, Nicaragua

- ECO, 1986: ***Plaguicidas organoclorados y carbamatos***. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. Organización Panamericana de la Salud. México. 173 pp.
- EPA, 1989 (a): ***Registration standards for pesticide products containing Methomyl as the active ingredient***. Environmental Protection Agency, Office of Pesticide Programs, Washington, DC.
- EPA, 1989 (b): ***Health advisory summary for Carbofuran***. Environmental Protection Agency, Office of Pesticide Programs, Washington, DC.
- Fomsgaard, I., 1997: ***Degradación y adsorción de plaguicidas en el suelo y en los sedimentos***. Memorias, Congreso Nacional: Impacto de Plaguicidas en ambiente, salud, trabajo y agricultura. Managua, Nicaragua. 490; 395-396 pp.
- García, R., 1993: ***Fauna Béntica de la zona litoral occidental del Lago Cocibolca***. Nicaragua. CIRA-UNAN. Managua, Nicaragua.
- García, J., 1997: ***Introducción a los plaguicidas***. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San, José, Costa Rica. 450 pp.
- Graves, R.L., 1989: ***Method 531, measurement of N-METHYLCARBAMOYLOXIMES and N-METHYLCARBAMATES in water by direct aqueous injection HPLC with post column derivatization***. Revision No. 3. Environmental Monitoring Systems Laboratory, Office of Research and Development. U.S. Environmental Protection Agency. Cincinnati, Ohio 45268. 357-378 pp.
- Hayes, W.J. & Laws, E.R. (Ed.), 1990: ***Handbook of pesticide toxicology***. vol.3, classes of pesticides. Academic Press, Inc., NY.
- Hayes, W.J. 1982: ***Pesticides studied in man***. Baltimore, MD: Williams & Wilkins.

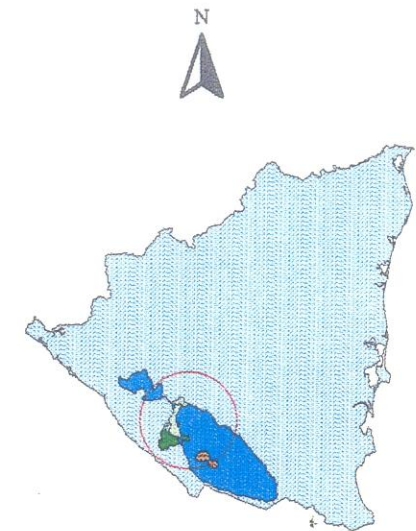
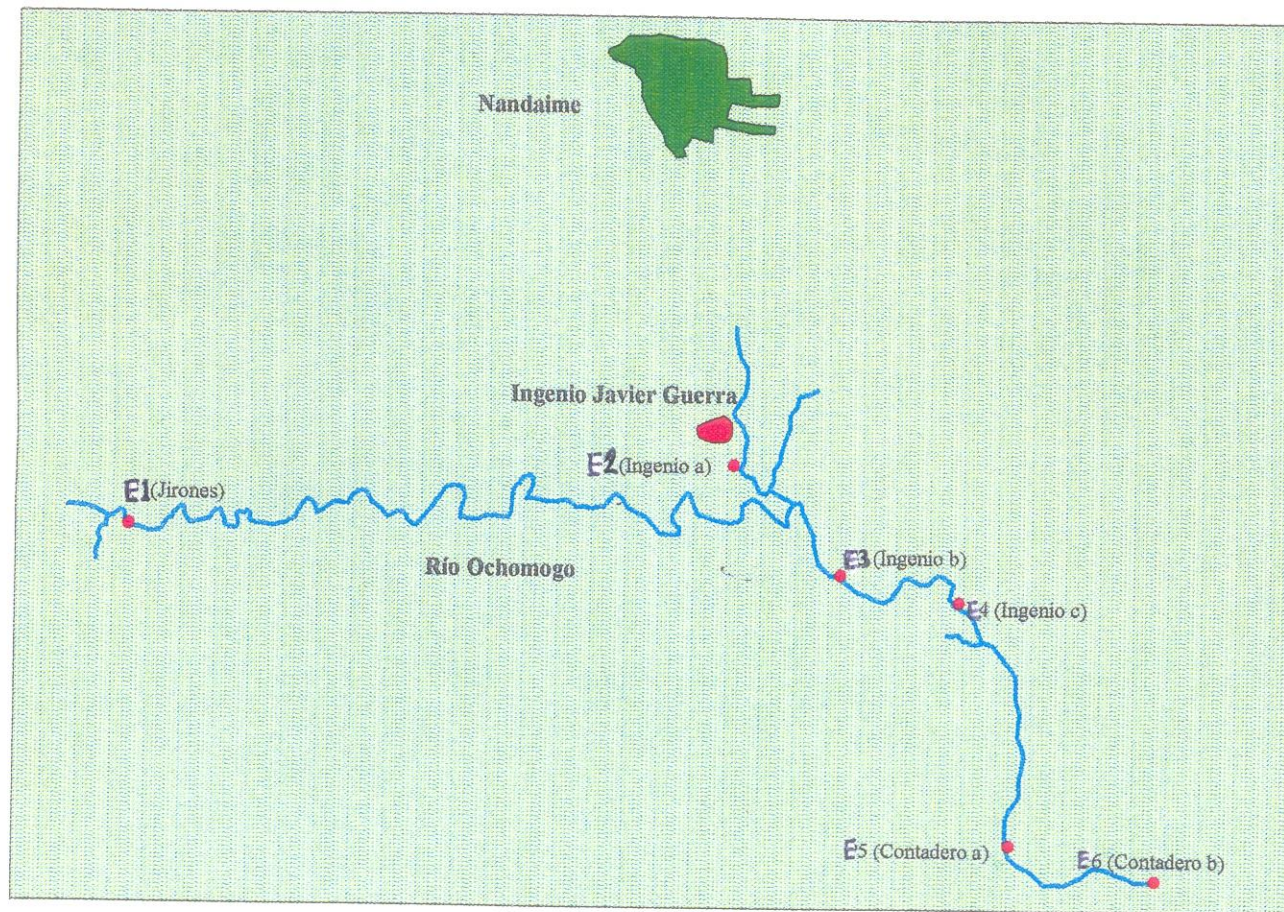
- Horn, M.H. & Allen, I.G., 1985: ***Fish community ecology in southern California bays and estuaries, chap. 8. In: A. Yáñez-coastal Lagoons: Towards and Ecosystem Integration.*** UNAN, México. 654pp.
- INCAP(Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá), 1994: ***Diagnóstico, tratamiento y prevención de intoxicaciones agudas causadas por plaguicidas.*** México.
- Infante, A., 1992: ***Curso introductorio sobre bentos de agua dulce.*** CIRA-UNAN, Managua, Nicaragua.
- Infante, A. & Montenegro, S., 1992: ***Informe final sobre el curso Latinoamericano de Limnología.*** Proyecto Multinacional del Medio Ambiente y los Recursos Naturales. Organización de los Estados Americanos. CIRA-UNAN, Managua, Nicaragua. 56 pp.
- Kaplan, M.A. & Sherman, H., 1977: ***Toxicity studies with Methyl N-Methylamino, Carbonyl-oxy-ethanimidothioate.*** Toxicology and applied pharmacology 40: 1-17. Great Britain: Academic Press, Inc.
- 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(Ministerio de Agricultura y Ganadería), 1993: Dirección General de Protección y Sanidad agropecuaria. ***Plaguicidas Prohibidos. Comunicado del Departamento de Registro y Control de Agroquímicos.*** Managua, Nicaragua.





- MARENA(Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales), 1994: **Manual didáctico para la formación de instructores en el uso y manejo seguro de plaguicidas.** Nicaragua.
- OMS(Organización Mundial de la Salud), 1967: **Evaluations of some pesticide residues in food.** Ginebra, Suiza.
- OMS(Organización Mundial de la Salud), 1982: **Limites recomendados por razones de salud en la exposición profesional a los plaguicidas.** Ginebra, Suiza.
- OPS(Organización Panamericana de Salud), 1987: **Guías para la calidad del agua potable**, vol. 2, Criterios relativos a la salud y otra información de base. Publicación Científica No. 506. 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 Especifica 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. 215 pp.

- Rugama, R., Lacayo, M. & Calero, S., 1992: ***Resultados de los análisis de plaguicidas organoclorados y organofosforados en sedimentos y agua en el río San Juan.*** CIRA-UNAN, Managua, Nicaragua. 12 pp.
- Sax, N.I., 1984: ***Dangerous properties of industrial materiales.*** Sixth NY: VanNostrand Reinhold Company.
- 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.
- Villanueva, J.P., 1995: ***Training Course on the Measurements of Organochlorines and Petroleum Hydrocarbons in Environmental Samples.*** IAEA-MEL/MESL.
- Wais, I., 1983: ***Importancia del Bentos en los estudios de la calidad de las aguas.*** Santiago, Chile. Folleto multicopiado.

Anexos

Ubicación de las Estaciones de Muestreo en el Río Ochomogo



-  Ingenio Javier Guerra
-  Río Ochomogo
-  Nandaime (Munic. de Granada)
-  Granada

Anexo 1. Abundancia Numérica Relativa de los organismos encontrados en la estación E1 (Jirones) en las dos épocas de muestreo (seca y lluvia)

Organismos	Epoca seca		Epoca de lluvia	
	Ind.m ⁻²	% N	Ind.m ⁻²	% N
Clase Ostracoda				
Género n.i	872	21.21	11	4.56
Clase Insecta				
Orden Diptera				
Familia Tipulidae				
<i>Hexatoma sp.</i>	262	6.37	55	22.82
<i>Limnophila sp.</i>	65	1.58	*	*
Familia Ceratopogonidae				
<i>Bezzia sp.</i>	403	9.80	120	49.79
<i>Culicoides sp.</i>	207	5.03	*	*
<i>Dasyhelia sp.</i>	33	0.80	*	*
Familia Chironomidae				
<i>Procladius sp.</i>	229	5.57	*	*
<i>Paratendipes sp.</i>	142	3.45	*	*
<i>Lenziella sp.</i>	33	0.80	*	*
<i>Tanytarsus sp.</i>	55	1.33	*	*
<i>Zavreliomyia sp.</i>	327	7.95	*	*
<i>Larsia sp.</i>	11	0.26	*	*
<i>Rheotanytarsus sp.</i>	676	16.45	*	*
<i>Paracladopelma sp.</i>	76	1.85	*	*
<i>Polypedilum sp.</i>	76	1.85	*	*
<i>Cryptochironomus sp.</i>	44	1.07	*	*
<i>Saetheria sp.</i>	*	*	22	9.12
Orden Ephemeroptera				
Familia Ephemerellidae				
<i>Ephemerella sp.</i>	392	9.54	*	*
Orden Coleoptera				
Familia Elmidae				
<i>Cleptelmis sp.</i>	174	4.23	*	*
Género n.i	*	*	11	4.56
Clase Arachnoidea				
Orden Acari (Hydracarina)				
Género n.i	11	0.26	22	9.12
Clase Gasteropoda				
Género n.i	22	0.53	*	*
Total de individuos	4110		241	

Ind.m⁻² : Individuos por metro cuadrado

% N : Abundancia Numérica Relativa

n.i : no identificado

* : No se encontro organismos

Anexo 2. Abundancia Numérica Relativa de los organismos encontrados en la estación E2 (Ingenio b) en las dos épocas de muestreo (seca y lluvia)

Organismos	Epoca seca		Epoca de lluvia	
	Ind.m ⁻²	% N	Ind.m ⁻²	% N
Clase Oligochaeta				
Familia Tubificidae				
<i>Limnodrilus sp.</i>	109	83.21	*	*
Clase Insecta				
Orden Coleoptera				
Familia Salpingidae				
<i>Aegialitis sp.</i>	22	16.79	*	*
Total de Individuos	131		0	

Ind.m⁻² : Individuos por metro cuadrado

% N : Abundancia Numérica Relativa

n.i : no identificado

* : No se encontro organismos

Anexo 3. Abundancia Numérica Relativa de los organismos encontrados en la estación E3 (Ingenio b) en las dos épocas de muestreo (seca y lluvia)

Organismos	Epoca seca		Epoca de lluvia	
	Ind.m ⁻²	% N	Ind.m ⁻²	% N
Nematoda				
Género n.i	55	6.06	*	*
Clase Oligochaeta				
Familia Tubificidae				
<i>Limnodrilus sp.</i>	207	22.82	*	*
Familia Naididae				
<i>Nais sp.</i>	11	1.21	*	*
Clase Insecta				
Orden Diptera				
Familia Ceratopogonidae				
<i>Bezzia sp.</i>	22	2.42	22	8.73
<i>Culicoides sp.</i>	11	1.21	*	*
Familia Chironomidae				
<i>Tanypus sp.</i>	11	1.21	*	*
<i>Coelotanypus sp.</i>	11	1.21	*	*
<i>Chironomus sp.</i>	262	28.88	*	*
<i>Xenochironomus sp.</i>	218	24.03	*	*
<i>Procladius sp.</i>	11	1.21	*	*
<i>Acricotopus sp.</i>	11	1.21	*	*
<i>Axarus sp.</i>	44	4.85	*	*
<i>Saetheria sp.</i>	*	*	120	47.62
<i>Paratendipes sp.</i>	*	*	11	4.36
<i>Lopescladius sp.</i>	*	*	55	21.82
Orden Odonata				
Familia Libellulidae				
<i>Macrothelmis sp.</i>	11	1.21	*	*
Orden Coleoptera				
Familia Elmidae				
<i>Cleptelmis sp.</i>	*	*	11	4.37
Clase Arachnoidea				
Orden Acari (Hydracarina)				
Género n.i	*	*	33	13.09
Clase Gastropoda				
Género n.i	22	2.43	*	*
Total de Individuos	907		252	

Ind.m⁻² : Individuos por metro cuadrado

% N : Abundancia Numérica Relativa

n.i : no identificado

* : No se encontro organismos

Anexo 4. Abundancia Numérica Relativa de los organismos encontrados en la estación E4 (Ingenio c) en las dos épocas de muestreo (seca y lluvia)

Organismos	Epoca seca		Epoca de lluvia	
	Ind.m ⁻²	% N	Ind.m ⁻²	% N
Nematoda				
Género n.i	55	2.24	11	6.29
Clase Oligochaeta				
Familia Tubificidae				
<i>Limnodrilus sp.</i>	501	20.42	*	*
Clase Hirudinea				
Familia Glossiphoniidae				
<i>Placobdella sp.</i>	76	3.09	*	*
Clase Insecta				
Familia Ceratopogonidae				
<i>Bezzia sp.</i>	153	6.23	22	12.57
Familia Chironomidae				
<i>Procladius sp.</i>	218	8.88	*	*
<i>Zavreliomyia sp.</i>	98	3.99	*	*
<i>Polypedilum sp.</i>	65	2.64	65	34.94
<i>Cryptochironomus sp.</i>	262	10.68	*	*
<i>Nanocladius sp.</i>	55	2.24	*	*
<i>Tanypus sp.</i>	65	2.64	*	*
<i>Saetheria sp.</i>	*	*	11	5.91
<i>Paratendipes sp.</i>	*	*	11	5.91
<i>Lopescladius sp.</i>	*	*	55	29.56
Orden Ephemeroptera				
Familia Tricorythidae				
<i>Tricorythodes sp.</i>	567	23.11	*	*
<i>Leptohypes sp.</i>	33	1.34	*	*
Orden Odonata				
Familia Gomphidae				
<i>Progomphus sp.</i>	22	0.89	*	*
<i>Dromogomphus sp.</i>	11	0.44	*	*
<i>Gomphus sp.</i>	22	0.89	*	*
Orden Trichoptera				
Familia Hydropsychidae				
<i>Smicridea sp.</i>	11	0.45	*	*
Clase Arachnoidea				
Orden Acari (Hydracarina)				
Género n.i	33	1.34	*	*
Clase Gastropoda				
Género n.i	207	8.44	*	*
Total de individuos	2454		175	

Ind.m⁻² : Individuos por metro cuadrado

% N : Abundancia Numérica Relativa

n.i : no identificado

* : No se encontro organismos

Anexo 5. Abundancia Numérica Relativa de los organismos encontrados en la estación E5 (Contadero a) en las dos épocas de muestreo (seca y lluvia)

Organismos	Epoca seca		Epoca de lluvia	
	Ind.m ⁻²	% N	Ind.m ⁻²	% N
Nematoda				
Género n.i	11	0.31	*	*
Clase Ostracoda				
Género n.i	11	0.31	22	4.67
Clase Oligochaeta				
Familia Tubificidae				
<i>Limnodrilus sp.</i>	22	0.62	*	*
Clase Insecta				
Familia Tipulidae				
<i>Hexatoma sp</i>	*	*	11	2.34
Familia Ceratopogonidae				
<i>Bezzia sp.</i>	87	2.47	22	4.67
Familia Chironomidae				
<i>Tanytus sp.</i>	120	3.40	*	*
<i>Procladius sp.</i>	153	4.34	*	*
<i>Zavreliomyia sp.</i>	33	0.93	*	*
<i>Polypedilum sp.</i>	1766	50.11	55	11.67
<i>Chironomus sp.</i>	240	6.81	*	*
<i>Cladopelma sp.</i>	22	0.62	*	*
<i>Tanytarsus sp.</i>	87	2.46	*	*
<i>Nanocladius sp.</i>	109	3.09	*	*
<i>Saetheria sp.</i>	164	4.65	262	55.62
<i>Paratendipes sp.</i>	*	*	44	9.34
<i>Lopescladius sp.</i>	*	*	33	7.006
Orden Ephemeroptera				
Género n.i	55	1.56	*	*
Familia Tricorythidae				
<i>Tricorythodes sp.</i>	349	9.90	*	*
Familia Caenidae				
<i>Caenis sp.</i>	22	0.62	*	*
Familia Baetidae				
<i>Baetis sp.</i>	11	0.31	*	*
Orden Trichoptera				
Familia Hydroptilidae				
Género n.i	33	0.94	*	*
Orden Coleoptera				
Familia Elmidae				
<i>Cleptelmis sp.</i>	11	0.31	*	*
Clase Arachnoidea				
Orden Acari (Hydracarina)				
Género n.i	*	*	22	4.67
Clase Gastropoda				
Género n.i	218	6.19	*	*
Total de individuos	3524		471	

Ind.m⁻² : Individuos por metro cuadrado

% N : Abundancia Numérica Relativa

n.i : no identificado

* : No se encontro organismos

Anexo 6. Abundancia Numérica Relativa de los organismos encontrados en la estación E6 (Contadero b) en las dos épocas de muestreo (seca y lluvia)

Organismos	Epoca seca		Epoca de lluvia	
	Ind.m ⁻²	% N	Ind.m ⁻²	% N
Nematoda				
Género n.i	65	3.75	*	*
Clase Insecta				
Orden Diptera				
Familia Tipulidae				
<i>Hexatoma sp.</i>	*	*	22	2.14
Familia Ceratopogonidae				
<i>Bezzia sp.</i>	33	1.90	22	2.14
Familia Chironomidae				
<i>Saetheria sp.</i>	65	3.74	501	48.83
<i>Cryptochironomus sp.</i>	109	6.28	*	*
<i>Tanypus sp.</i>	11	0.63	*	*
<i>Zavrelimyia sp.</i>	11	0.63	33	3.21
<i>Polypedilum sp.</i>	1254	72.32	*	*
<i>Cryptotendipes sp.</i>	22	1.26	*	*
<i>Chironomus sp.</i>	55	3.17	*	*
<i>Paratendipes sp.</i>	*	*	87	8.47
<i>Lopescladius sp.</i>	*	*	218	21.24
<i>Nanocladius sp.</i>	*	*	33	3.21
Orden Ephemeroptera				
Familia Tricorythidae				
Género n.i	*	*	55	5.36
<i>Tricorythodes sp.</i>	76	4.38	*	*
Orden Odonata				
Familia Gomphidae				
<i>Gomphus sp.</i>	11	0.63	*	*
Clase Arachnoidea				
Orden Acari (Hydracarina)				
Género n.i	*	*	55	5.36
Clase Gastropoda				
Género n.i	22	1.27	*	*
Total de Individuos	1734		1026	

Ind.m⁻² : Individuos por metro cuadrado

% N : Abundancia Numérica Relativa

n.i : no identificado

* : No se encontro organismos

Anexo 7. Valores encontrados en el Índice de Riqueza específica y la relación con la densidad total y el número de especies encontrados en las seis estaciones seleccionadas en las dos épocas de muestreo (seca y lluvia)

Epoca seca

Estaciones de muestreo	Ind.m⁻²	Esp.	Dn
E1 (Jirones)	4110	20	2.28
E2 (Ing.a)	131	2	0.20
E3 (Ing.b)	907	14	1.90
E4 (Ing.c)	2454	18	2.17
E5 (Cont.a)	3524	20	2.32
E6 (Cont.b)	1734	12	1.47
Totales	12860	46	4.75

Epoca de lluvia

Estaciones de muestreo	Ind.m⁻²	Esp.	Dn
E1 (Jirones)	241	6	0.91
E2 (Ing.a)	0	0	0
E3 (Ing.b)	252	6	0.90
E4 (Ing.c)	175	6	0.96
E5 (Cont.a)	471	8	1.13
E6 (Cont.b)	1026	9	1.15
Totales	2165	14	1.69

Claves

Ind.m⁻²: Densidad Total

Esp : Número de especies encontradas

Dn : Índice de Riqueza específica

Anexo 8. Distribución de la densidad comunitaria y la relación con la Abundancia Numérica de los organismos encontrados en las seis estaciones seleccionadas en la época seca

Organismos	E1(Jirones) Ind/m ²	E2(Ing.a) Ind/m ²	E3(Ing.b) Ind/m ²	E4(Ing.c) Ind/m ²	E5(Cont.a) Ind/m ²	E6(Cont.b) Ind/m ²	Total Ind/m ²	% N
Nematoda								
Género n.i	*	*	55	55	11	65	186	1.44
Clase Ostracoda								
Género n.i	872	*	*	*	11	*	883	6.86
Clase Oligochaeta								
Familia Tubificidae								
<i>Limnodrilus sp.</i>	*	109	207	501	22	*	839	6.52
Familia Naididae								
<i>Nais sp.</i>	*	*	11	*	*	*	11	0.08
Clase Hirudinea								
<i>Placobdella sp.</i>	*	*	*	76	*	*	76	0.59
Clase Insecta								
Orden Diptera								
Familia Tipulidae								
<i>Hexatoma sp.</i>	262	*	*	*	*	*	262	2.03
<i>Limnophila sp.</i>	65	*	*	*	*	*	65	0.50
Familia Ceratopogonidae								
<i>Bezzia sp.</i>	403	*	22	153	87	33	698	5.42
<i>Culicoides sp.</i>	207	*	11	*	*	*	218	1.69
<i>Dasyhelia sp.</i>	33	*	*	*	*	*	33	0.25
Familia Chironomidae								
<i>Procladius sp.</i>	229	*	11	218	153	*	611	4.75
<i>Paratendipes sp.</i>	142	*	*	*	*	*	142	1.10
<i>Lenziella sp.</i>	33	*	*	*	*	*	33	0.25
<i>Tanytarsus sp.</i>	55	*	*	*	87	*	142	1.10
<i>Zavreliomyia sp.</i>	327	*	*	98	33	11	469	3.64
<i>Larsia sp.</i>	11	*	*	*	*	*	11	0.08
<i>Rheotanytarsus sp.</i>	676	*	*	*	*	*	676	5.25
<i>Paracladopelma sp.</i>	76	*	*	*	*	*	76	0.59
<i>Polypedilum sp.</i>	76	*	*	65	1766	1254	3161	24.58
<i>Cryptochironomus sp.</i>	44	*	*	262	*	109	415	3.22
<i>Saetheria sp.</i>	*	*	*	*	164	65	229	1.78
<i>Tanypus sp.</i>	*	*	11	65	120	11	207	1.60
<i>Coelotanypus sp.</i>	*	*	11	*	*	*	11	0.08
<i>Chironomus sp.</i>	*	*	262	*	240	55	557	4.33
<i>Xenochironomus sp.</i>	*	*	218	*	*	*	218	1.69
<i>Acricotopus sp.</i>	*	*	11	*	*	*	11	0.08
<i>Axarus sp.</i>	*	*	44	*	*	*	44	0.34

Cont.....

Cont. anexo 8. Distribución de la densidad comunitaria y la relación con la abundancia numérica de los organismos encontrados en las seis estaciones seleccionadas en la época seca

Organismos	E1(Jirones)	E2(Ing.a)	E3(Ing.b)	E4(Ing.c)	E5(Cont.a)	E6(Cont.b)	Total	
	Ind.m ⁻²	Ind.m ⁻²	Ind.m ⁻²	Ind.m ⁻²	Ind.m ⁻²	Ind.m ⁻²	Ind.m ⁻²	% N
<i>Nanocladius sp.</i>	*	*	*	55	109	*	164	1.27
<i>Cladopelma sp.</i>	*	*	*	*	22	*	22	0.17
<i>Cryptotendipes sp.</i>	*	*	*	*	*	22	22	0.17
Orden Ephemeroptera								
Género n.i	*	*	*	*	55	*	55	0.42
Familia Ephemerelellidae								
<i>Ephemerelella sp.</i>	392	*	*	*	*	*	392	3.04
Familia Tricorythidae								
<i>Tricorythodes sp.</i>	*	*	*	567	349	76	992	7.71
<i>Lepthohypes sp.</i>	*	*	*	33	*	*	33	0.25
Familia Caenidae								
<i>Caenis sp.</i>	*	*	*	*	22	*	22	0.17
Familia Baetidae								
<i>Baetis sp.</i>	*	*	*	*	11	*	11	0.08
Orden Odonata								
Familia Libellulidae								
<i>Macrotelmis sp.</i>	*	*	11	*	*	*	11	0.08
Familia Gomphidae								
<i>Progomphus sp.</i>	*	*	*	22	*	*	22	0.17
<i>Dromogomphus sp.</i>	*	*	*	11	*	*	11	0.08
<i>Gomphus sp.</i>	*	*	*	22	*	11	33	0.25
Orden Coleoptera								
Familia Elmidae								
<i>Cleptelmis sp.</i>	174	*	*	*	11	*	185	1.43
Familia Salpingidae								
<i>Aegialitis sp.</i>	*	22	*	*	*	*	22	0.17
Orden Trichoptera								
Familia Hydroptilidae								
Género n.i	*	*	*	*	33	*	33	0.25
Familia Hydropsychidae								
<i>Smicridea sp.</i>	*	*	*	11	*	*	11	0.08
Clase Arachnoidea								
Orden Acari (Hydracarina)								
Género n.i	11	*	*	33	*	*	44	0.34
Clase Gastropoda								
Género n.i	22	*	22	207	218	22	491	3.81
Total de Individuos	4110	131	907	2454	3524	1734	12860	

% N = Abundancia Numérica Relativa

Ind.m² = Individuos por metro cuadrado

n.i = no identificado

* no se encontro organismos

Anexo 9. Distribución de la densidad comunitaria y la relación con la abundancia numérica de los organismos encontrados en las seis estaciones seleccionadas en la época de lluvia.

Organismos	E1(Jirones) Ind.m ⁻²	E2(Ing.a) Ind.m ⁻²	E3(Ing.b) Ind.m ⁻²	E4(Ing.c) Ind.m ⁻²	E5(Cont.a) Ind.m ⁻²	E6(Cont.b) Ind.m ⁻²	Total Ind.m ⁻²	% N
Nematoda								
Género n.i	*	*	*	11	*	*	11	0.50
Clase Ostracoda								
Género n.i	11	*	*	*	22	*	33	1.52
Clase Insecta								
Orden Diptera								
Familia Tipulidae								
<i>Hexatoma sp.</i>	55	*	*	*	11	22	88	4.06
Familia Ceratopogonidae								
<i>Bezzia sp.</i>	120	*	22	22	22	22	208	9.6
Familia Chironomidae								
<i>Paratendipes sp.</i>	*	*	11	11	44	87	153	7.06
<i>Zavrelimyia sp.</i>	*	*	*	*	*	33	33	1.52
<i>Polypedilum sp.</i>	*	*	*	65	55	*	120	5.54
<i>Saetheria sp.</i>	22	*	120	11	262	501	916	42.3
<i>Lopescladius sp.</i>	*	*	55	55	33	218	361	16.67
<i>Nanocladius sp.</i>	*	*	*	*	*	33	33	1.52
Orden Ephemeroptera								
Familia Tricorythidae								
Género n.i	*	*	*	*	*	55	55	2.54
Orden Coleoptera								
Familia Elmidae								
<i>Cleptelmis sp.</i>	*	*	11	*	*	*	11	0.50
Género n.i	11	*	*	*	*	*	11	0.50
Clase Arachnoidea								
Orden Acari (Hydracarina)								
Género n.i	22	*	33	*	22	55	132	6.09
Total de Individuos	241	*	252	175	471	1026	2165	

% N = Abundancia Numérica Relativa

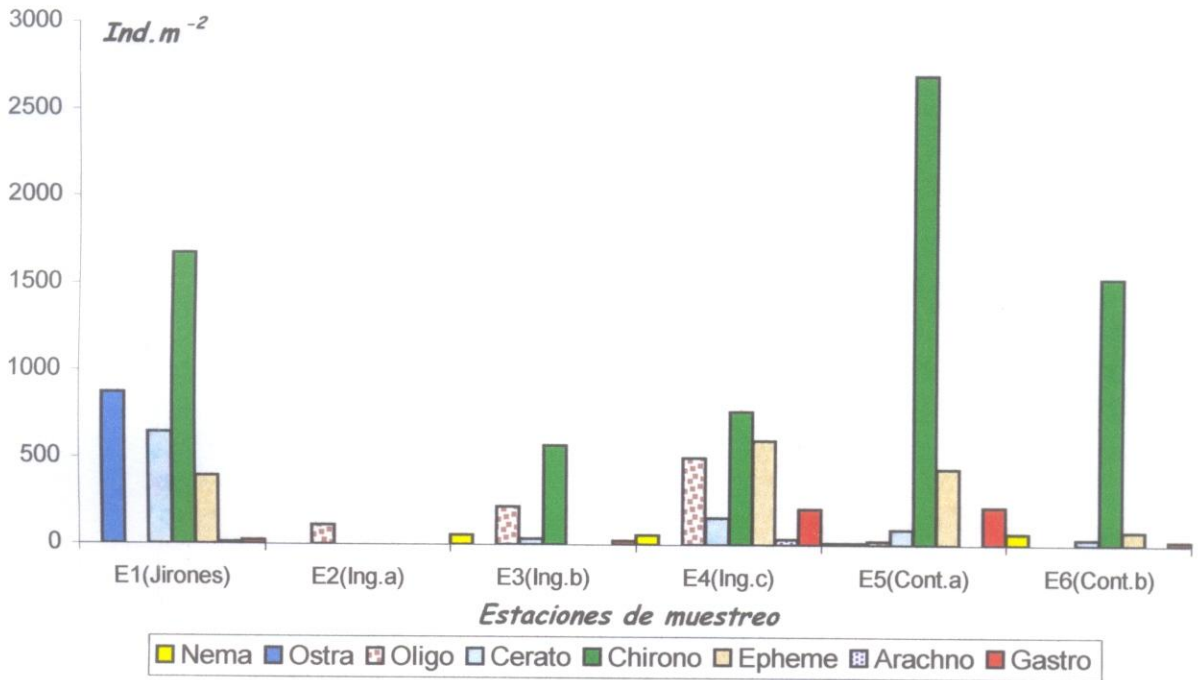
Ind.m⁻² = Individuos por metro cuadrado

n.i = no identificado

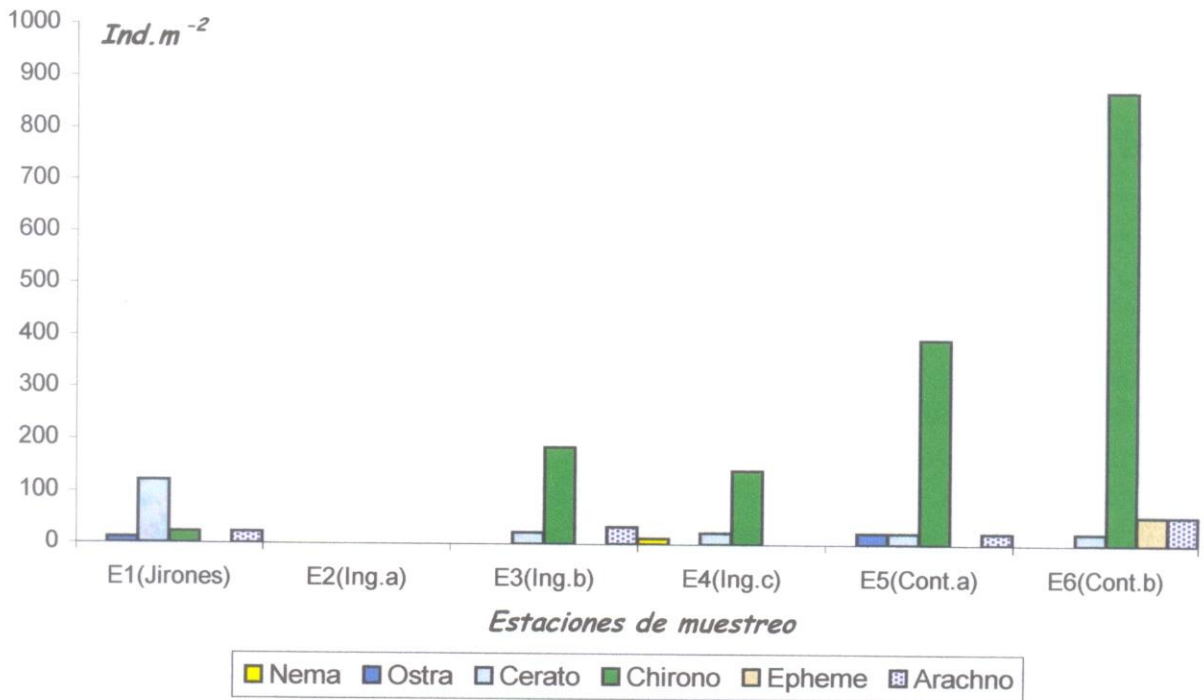
* no se encontro organismos

Anexo 10. Distribución de la densidad total de las taxas mas representativas en las seis estaciones seleccionadas para las dos épocas de muestreo (seca y lluvia)

Epoca seca



Epoca de lluvia



Anexo 11. Residuos de Plaguicidas Organoclorados encontrados en muestras de sedimentos secos en las estaciones seleccionadas en las dos épocas (seca y lluvia), expresados en ng.g⁻¹

Epoca seca

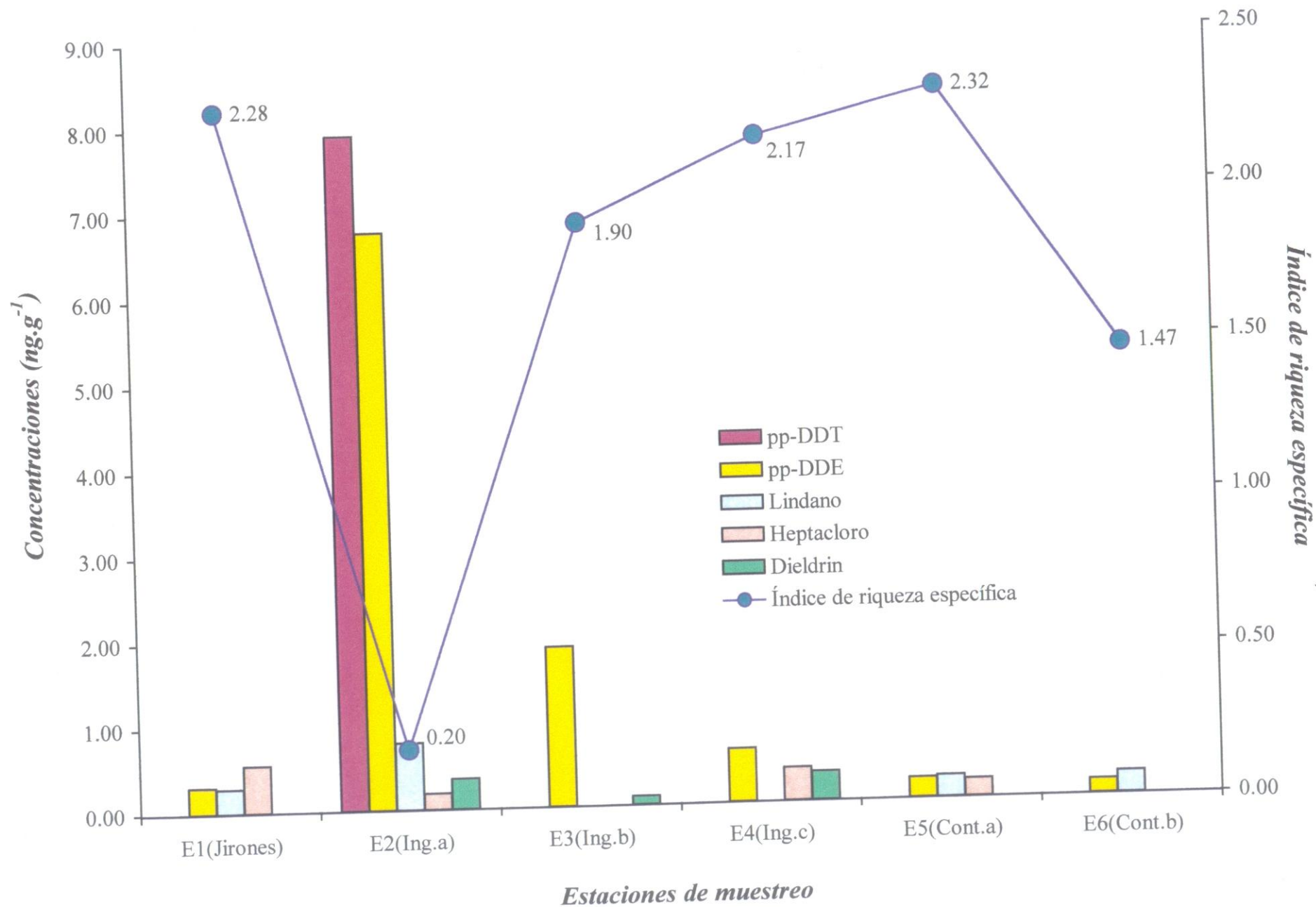
Estaciones de muestreo	Plaguicidas				
	pp-DDT	pp-DDE	Lindano	Heptacloro	Dieldrin
E1 (Jirones)	nd	0.31	0.31	0.56	nd
E2 (Ing.a)	7.91	6.77	0.79	0.19	0.28
E3 (Ing.b)	nd	1.88	nd	nd	0.10
E4 (Ing.c)	nd	0.63	nd	0.39	0.34
E5 (Cont.a)	nd	0.24	0.26	0.21	nd
E6 (Cont.b)	nd	0.17	0.26	nd	nd

Epoca de lluvia

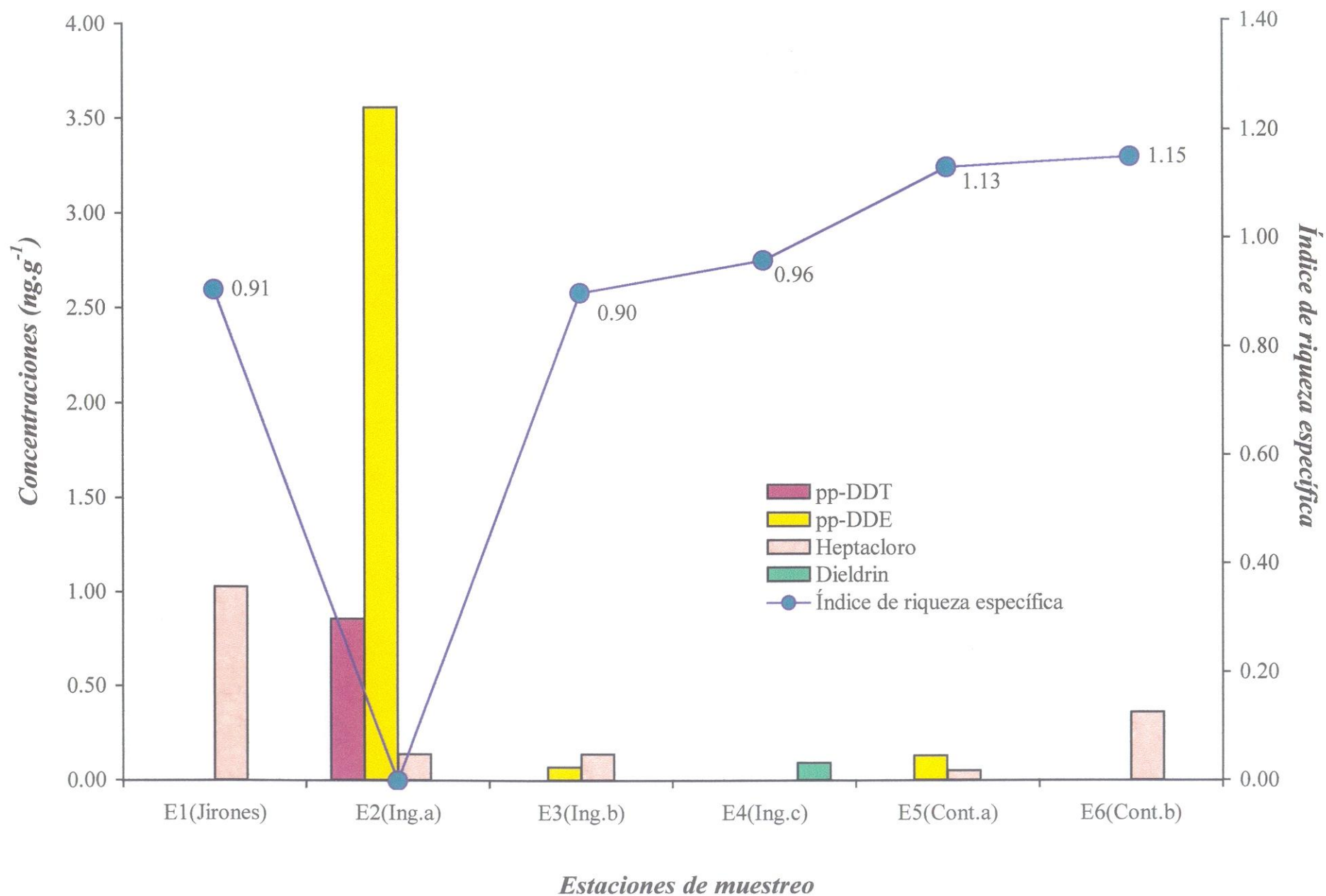
Estaciones de muestreo	Plaguicidas				
	pp-DDT	pp-DDE	Lindano	Heptacloro	Dieldrin
E1 (Jirones)	nd	nd	nd	1.03	nd
E2 (Ing.a)	0.86	3.55	nd	0.14	nd
E3 (Ing.b)	nd	0.07	nd	0.14	nd
E4 (Ing.c)	nd	nd	nd	nd	0.09
E5 (Cont.a)	nd	0.13	nd	0.05	nd
E6 (Cont.b)	nd	nd	nd	0.36	nd

nd: no detectado

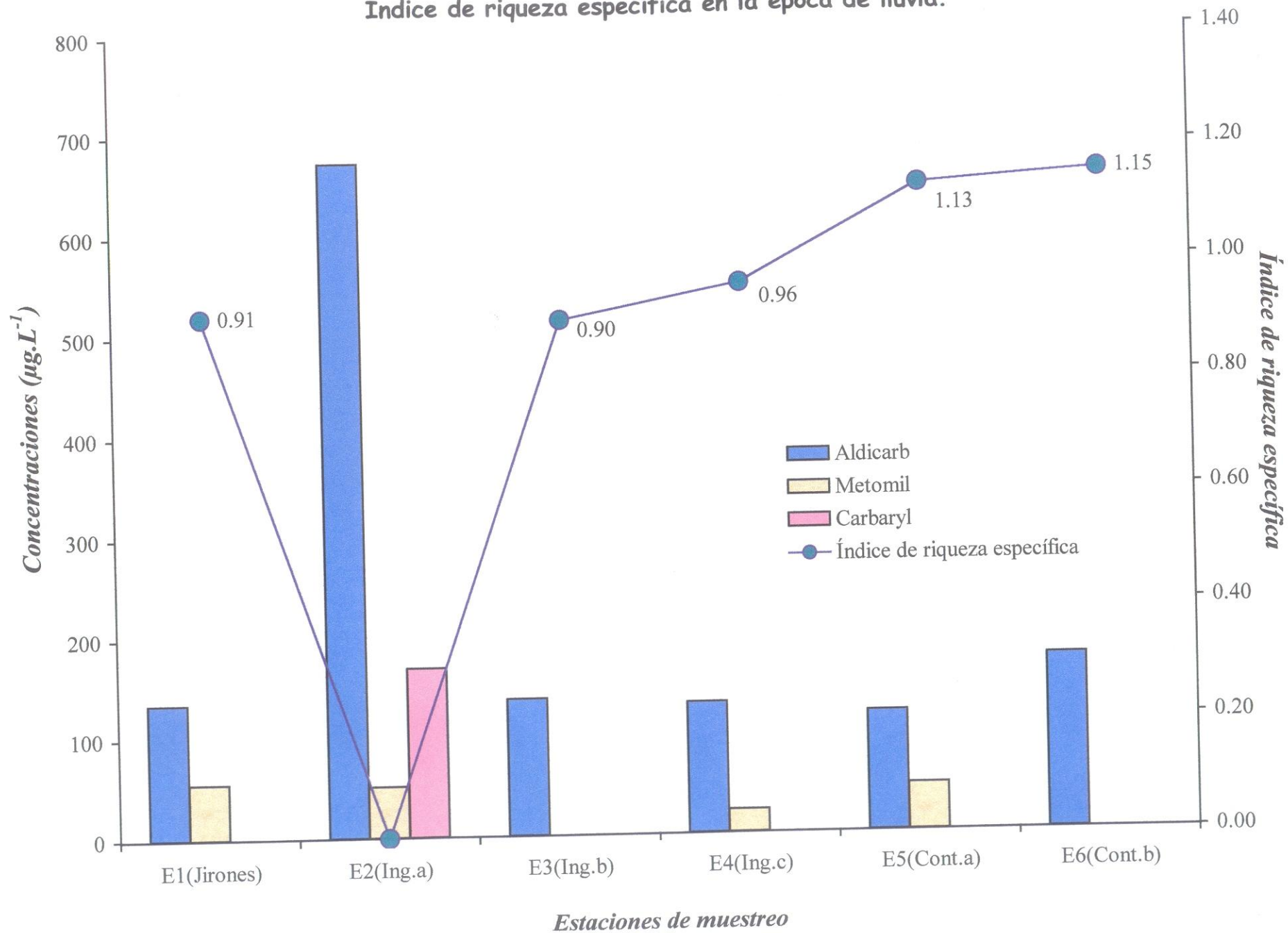
Anexo 12. Residuos de Plaguicidas Organoclorados en muestras de sedimentos secos relacionados con el Índice de riqueza específica para la época seca



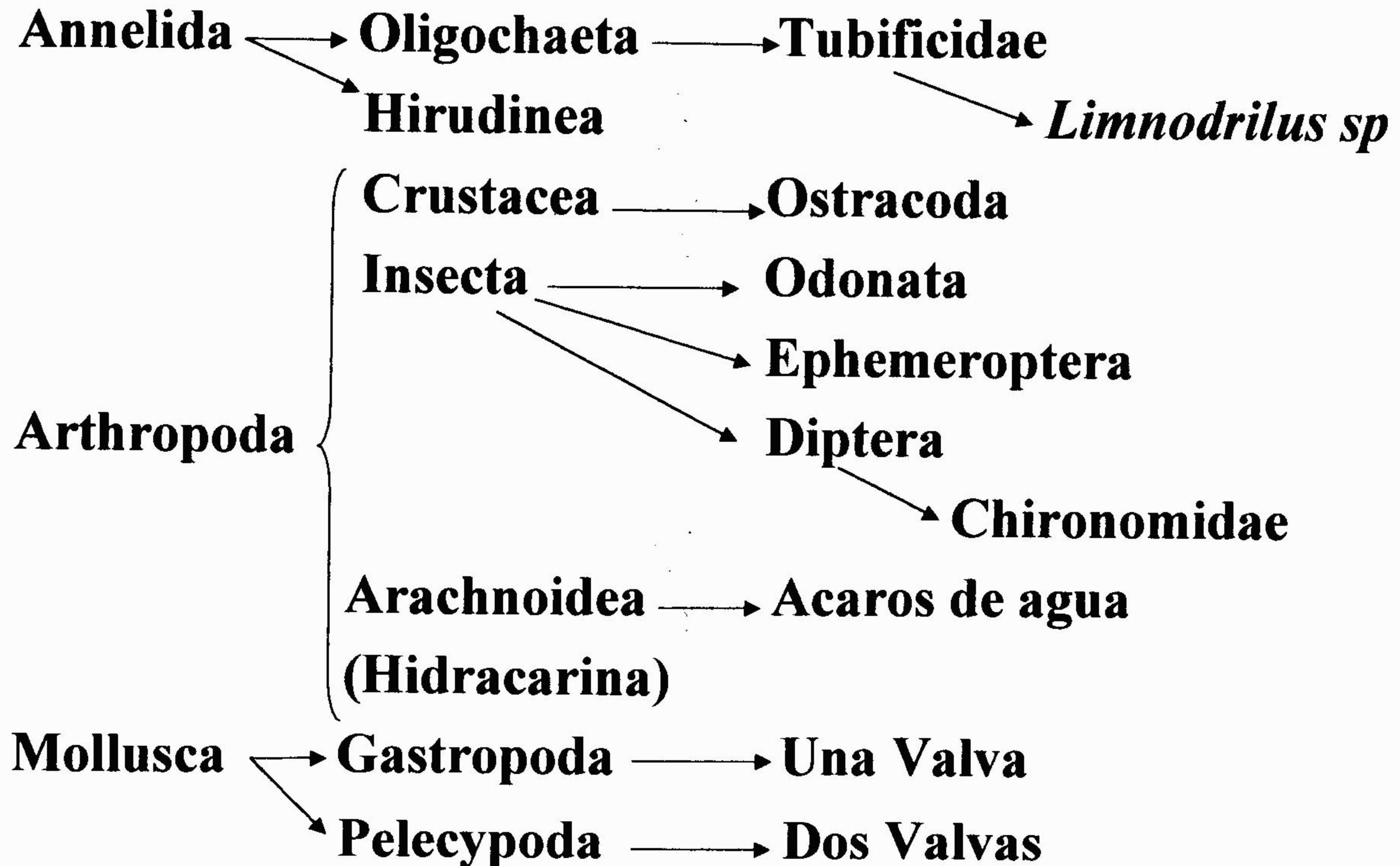
Anexo 13. Residuos de Plaguicidas Organoclorados en muestras de sedimentos secos relacionados con el Índice de riqueza específica para la época de lluvia.

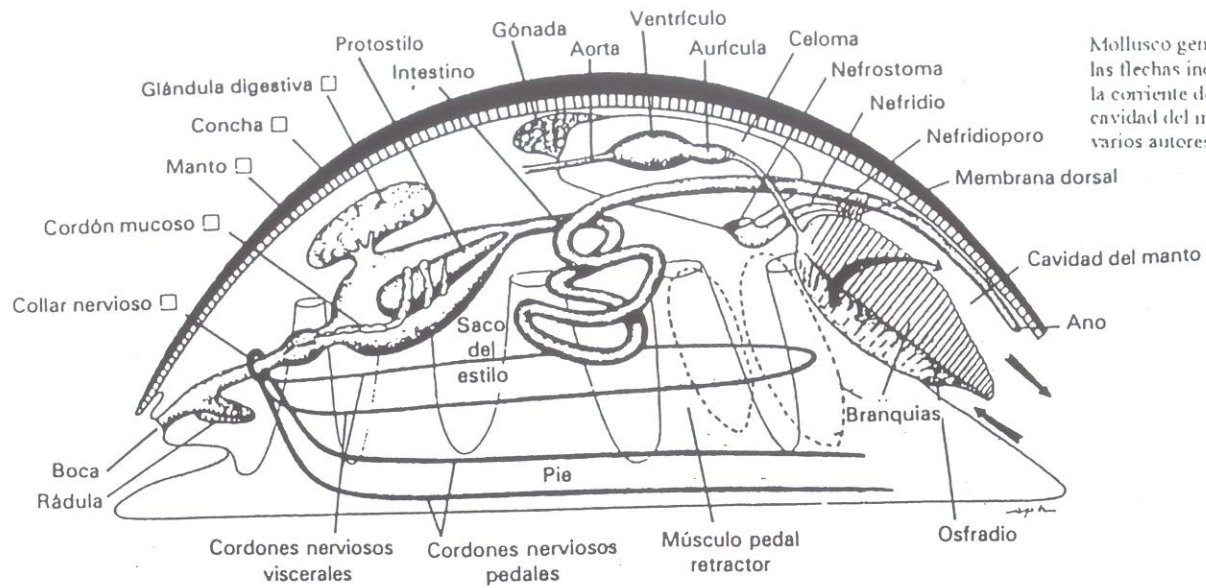


Anexo 14. Residuos de Plaguicidas Carbamatos en muestras de agua relacionados con el Índice de riqueza específica en la época de lluvia.

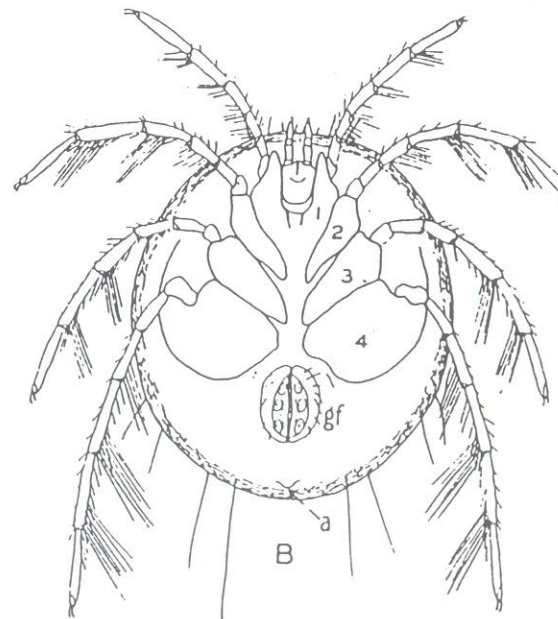
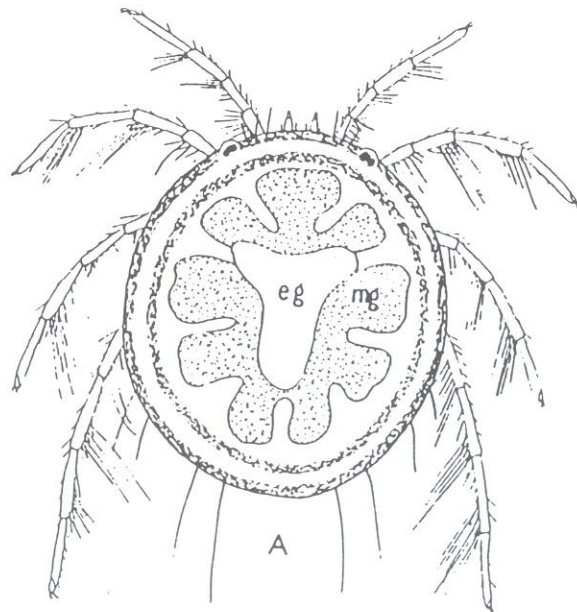


Grupos mas representativos de la comunidad macrozoobéntica





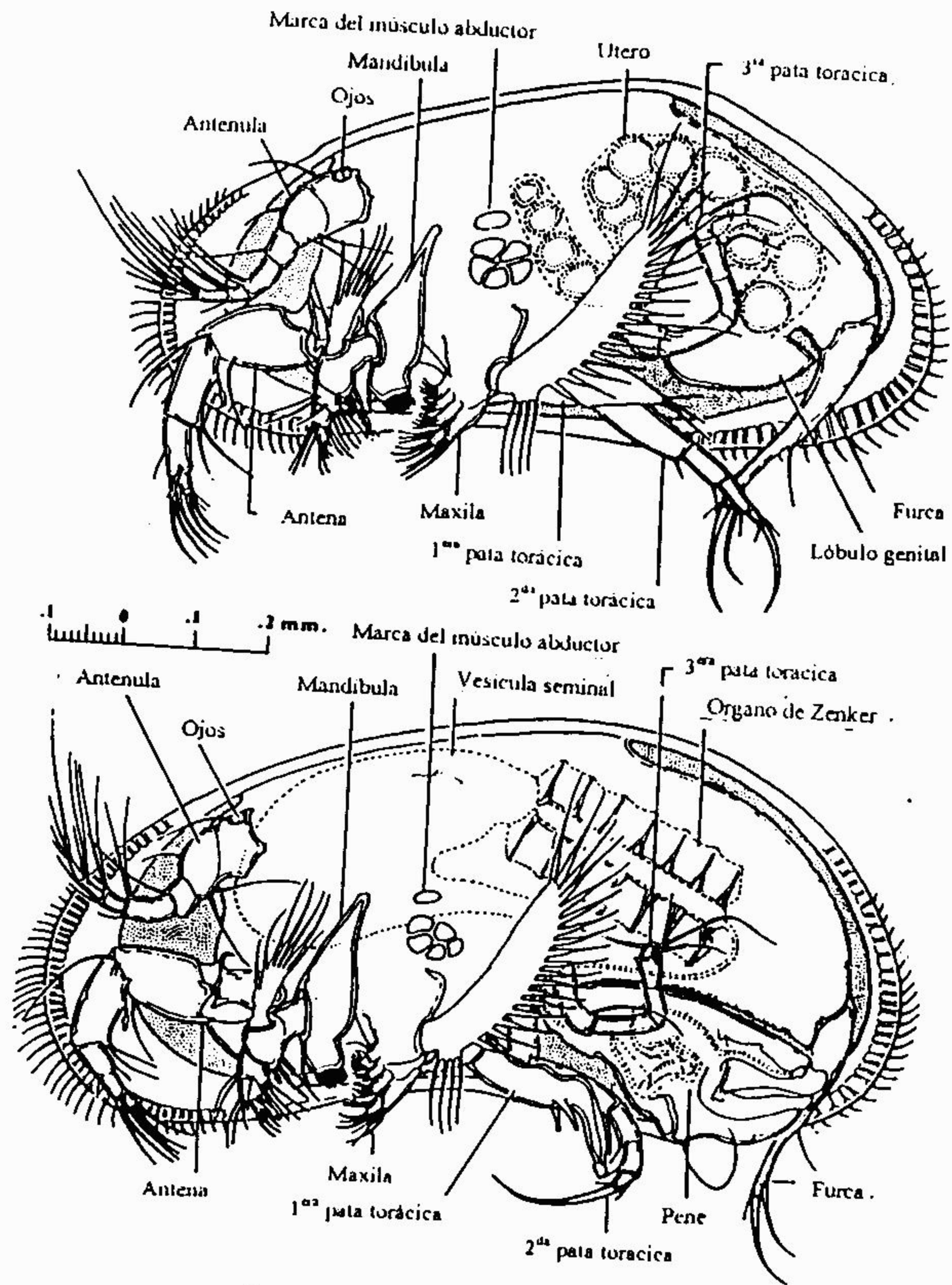
Mollusco generalizado (vista lateral).
 Las flechas indican la trayectoria de la corriente de agua a través de la cavidad del manto (Adaptado de varios autores).



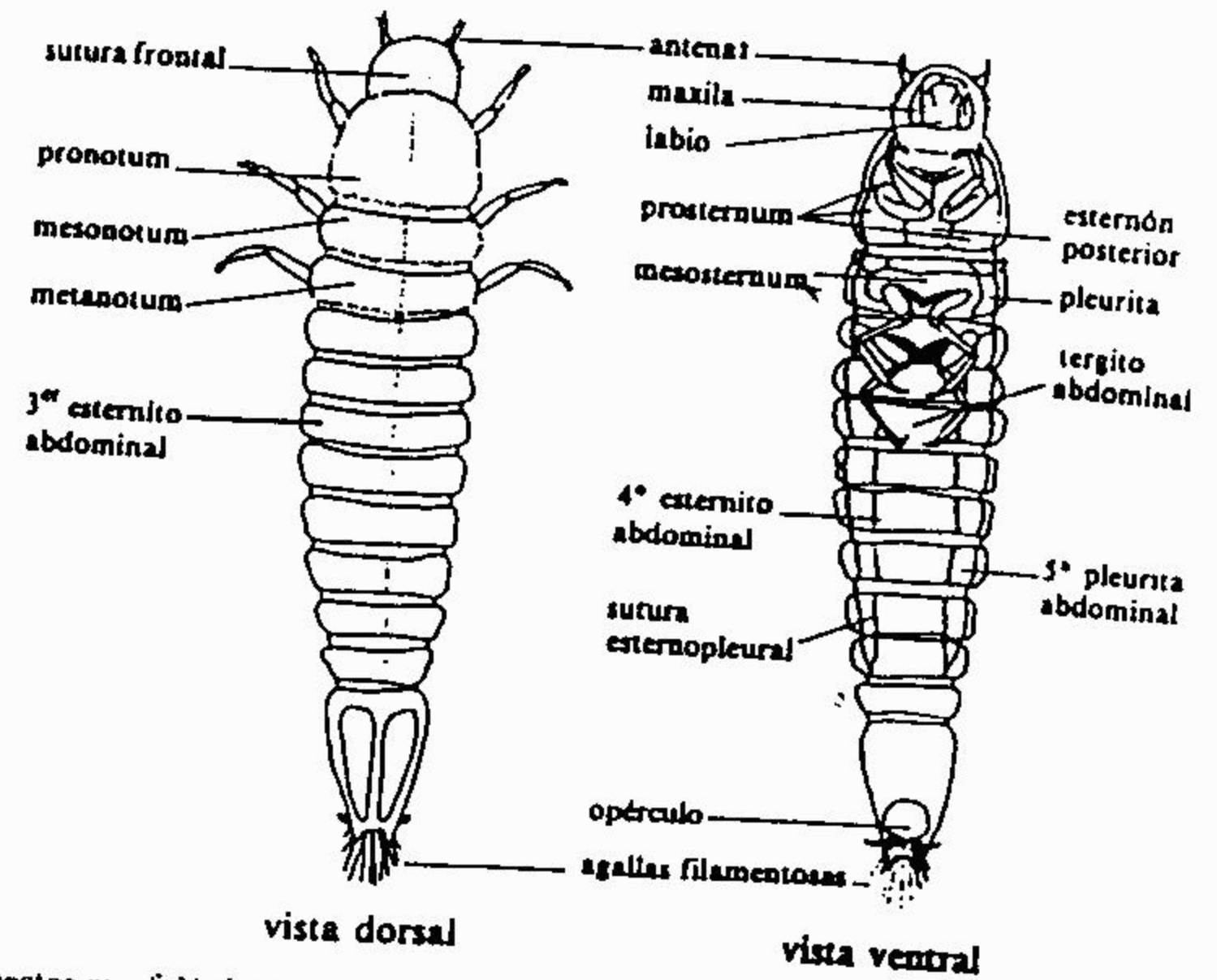
Estructura general de una Araclnoídea (Hydraecaria) hembra. A, dorsal; B, Ventral. 1, 2, 3 y 4, primero, segundo, tercero y cuarta partes, a, ano, pe, glándula excretora, eg, campo genital, em, estomago medio (Modificado por Soar y Williamson)



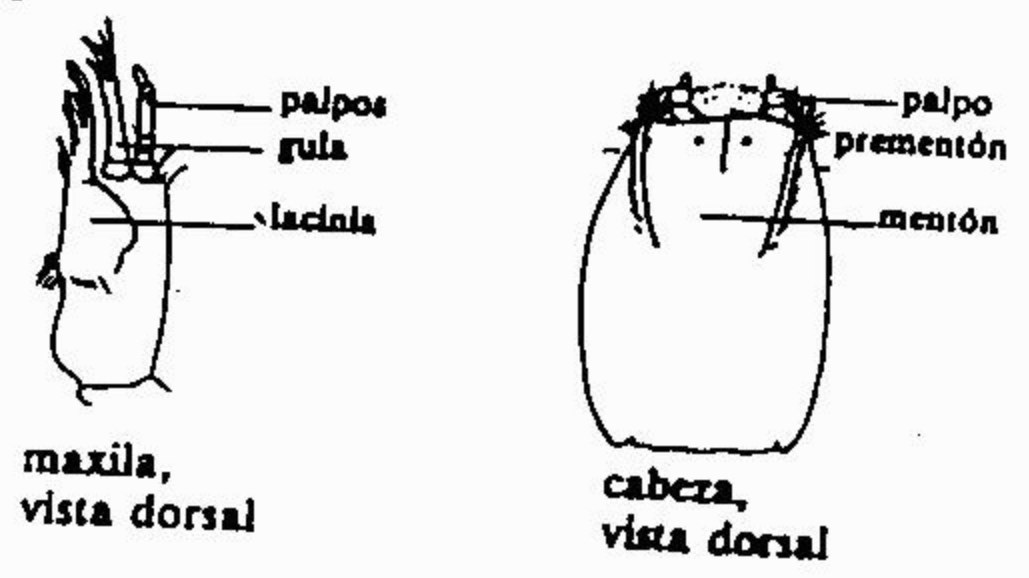
Mollusca
 Clase: Pelecypoda
 Bivalvia



Anatomía general de una ostracoda
 a. Hembra b. Macho



Aspectos morfológicos de una larva de Coleóptero. Posición dorsal y ventral



maxila, vista dorsal

cabeza, vista dorsal