

PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS Y ORGANOFOSFORADOS EN AGUAS Y SEDIMENTOS DEL RÍO SAN JUAN Y EN SUS PRINCIPALES SUB - CUENCAS , 1992 , 1993 Y 1997

Lacayo R. Martha L., López G. Armando., Picado P. Francisco., Cuadra L. Jorge A.,
Pitty T. Jorge ., Montenegro R. Katia., Calero R. Sandra E.

Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua
Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua

RESUMEN

El presente trabajo tiene por objetivo realizar un estudio comparativo sobre los niveles de Plaguicidas organoclorados y organofosforados en aguas y sedimentos en el Río San Juan y el aporte potencial de sus principales sub-cuencas. Este estudio fué realizado en los meses de Julio de 1992, Septiembre de 1993 y Mayo de 1997. De los plaguicidas organoclorados analizados en agua, en el muestreo de 1992, los de mayor incidencia fueron: dieldrín, y lindano en concentraciones máximas de 2.67 ng.L^{-1} y 0.94 ng.L^{-1} respectivamente. En el caso de los organofosforados fueron: malatión y terbufos (129.2 ng.L^{-1} y 77.3 ng.L^{-1}). En los sedimentos, el plaguicida organoclorado con mayor presencia fue: dieldrín (4.51 ng.L^{-1}) y de los organofosforados fueron: malatión ($64,498 \text{ ng.L}^{-1}$) y terbufos (342 ng.L^{-1}). Las concentraciones de plaguicidas organofosforados en agua, del muestreo de 1997 mostraron presencia de fentión y el etil-paratión en concentraciones máximas de 257 ng.L^{-1} y 126 ng.L^{-1} respectivamente. Entretanto, en las muestras de sedimentos se detectaron los plaguicidas organoclorados: lindano, pp-DDT, pp-DDE y pp-DDD en concentraciones máximas de 63 pg.g^{-1} ; 271.77 pg.g^{-1} ; 122.15 pg.g^{-1} ; y 124.50 pg.g^{-1} respectivamente. Son alarmantes las concentraciones de plaguicidas detectadas en el río San Juan y sus principales sub-cuencas, de no tomarse acciones correctivas, las situación futura sería de mayor acumulación en el sedimento causando un impacto negativo en el ecosistema.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años los gobiernos de Nicaragua y Costa Rica han manifestado un marcado interés por el desarrollo sostenible de la cuenca del Río San Juan. Por otro lado las áreas fronterizas entre estos países favorecen la posibilidad de crear corredores biológicos que permitan la conservación más eficaz de la biodiversidad, evitando la fragmentación de los ecosistemas naturales. Sin embargo existen factores que inciden negativamente en la ejecución de un Plan de Manejo Ambiental y Desarrollo Sostenible de la Cuenca.

El sector de la cuenca correspondiente a cada país se ha visto afectado por un fuerte crecimiento de las actividades agrícolas y ganaderas, las que se han expandido generalmente tanto sobre áreas aptas, como sobre suelos cuya capacidad de uso en las condiciones actuales es forestal. Como consecuencia se ha producido una deforestación indiscriminada y sus ecosistemas naturales fuertemente alterados, en algunos casos con pérdidas irreversibles de recursos, entre ellos los de biodiversidad.

Las principales amenazas que se han identificado para la conservación de la biodiversidad en la cuenca son:

- La actividad minera, la explotación maderera y la deforestación.
 - La colonización no planificada y los asentamientos precarios.
 - La contaminación por agroquímicos y otros productos tóxicos.
 - La erosión, las pérdidas de suelo y los problemas de tenencia de la tierra.
- (MINAE / MARENA., OEA, PNUMA. Agosto 1996 pag.4-5).

La Cuenca del Río San Juan tiene una superficie aproximada de 41,600 km². Comprende territorios situados en Nicaragua con aproximadamente 29,000km² y Costa Rica con unos 12,600 km². Es la más extensa de Centroamérica y comprende las subcuencas :

- Lago Xolotlán ó de Managua con 6,669 km²
- Lago Cocibolca ó de Nicaragua con 23,844 km²
- Sub cuenca del Río San Juan en Nicaragua con 2,650 km²
- Sub cuenca del Río San Juan en Costa Rica con 8,475 km².

El lago de Nicaragua, con un volumen de agua de aproximadamente 104 Km³, se constituye el cuerpo de agua dulce más importante del istmo Centroamericano. El Río San Juan es su drenaje natural, perteneciendo todo el curso del río a Nicaragua, estando situada la línea fronteriza a dos millas al sur del margen del Lago Cocibolca y del Río San Juan hasta llegar a un punto situado a tres millas aguas abajo de el Castillo. A partir de este punto la línea derecha del río es la línea fronteriza, tiene un recorrido de aproximadamente 205 km desde su nacimiento hasta su desembocadura en el Océano Atlántico.

En Nicaragua la cuenca participa con un 26% de la producción nacional de frijol, con casi el 21% de la de sorgo y con algo mas del 16% de maíz y caña de azúcar. El sector Costarricense lo hace con 54% de la producción de frijol, con un 11% de caña de azúcar, seguida con un 6% de la producción de maíz y banano, concretándose en ella el 90% de la producción de tubérculos y raíces. Estos indicadores reflejan fundamentalmente la situación asociada al uso de insecticidas. En general, salvo los productores tecnificados y que cuentan con asistencia técnica, el empleo de los plaguicidas se decide en base a una percepción subjetiva del grado de infestación y a las condiciones climáticas reinantes. Solo un 20% revela que selecciona los plaguicidas a emplear en base a recomendaciones técnicas, casi el 60% lo hace por tradición o porque conoce el plaguicida y le tiene confianza en cuanto a efectividad. (MINAE / MARENA., OEA, PNUMA. Agosto 1996, pag.4,6,98).

El presente trabajo tiene como objetivos:

- Determinar la presencia de plaguicidas organoclorados y organofosforados en muestras de agua y sedimentos del Río San Juan y en sus principales afluentes.
- Sentar las bases para definir estudios binacionales en la Cuenca Hidrográfica del Río San Juan - Lago Cocibolca, con la participación de los países de Nicaragua y Costa Rica.

- Generar información ambiental sobre el estado de los recursos hídricos en la Cuenca del Río San Juan para propiciar la toma de medidas preventivas y correctivas en pro de su desarrollo sostenible.

METODOS

En el presente trabajo se comparan los resultados de análisis de plaguicidas organoclorados y organofosforados en aguas y sedimentos de tres muestreos realizados por el Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua en el Río San Juan y sus principales sub-cuencas en los años de 1992, 1993 y 1997 (Anexo 1, Fig.1).

El primer muestreo se realizó en el mes de Julio de 1992 y en esta primera misión fueron estudiadas seis estaciones, en un área comprendida desde el origen en el Lago Cocibolca hasta el Delta (unos 175 km de distancia). Además fueron estudiados tres tributarios del Río San Juan: Río Frío, San Carlos y Sarapiquí.

El segundo muestreo se llevó a cabo en el mes de Septiembre de 1993 y fueron investigadas 24 estaciones de muestreo, incluyendo las siete estaciones del primer muestreo de 1992. El área estudiada estuvo comprendida desde el origen en el Lago Cocibolca hasta el Delta. También se colectaron muestras en los tributarios: Río Frío, Río Melchora, Río Medio Queso, Río Poco Sol, Río San Carlos, Río Sarapiquí y Río Sábalo.

El tercer muestreo se realizó en el mes de Septiembre de 1997. Se colectaron un total de 19 muestras superficiales de agua para analizarlas con el método de extracción Líquido – Líquido y 15 muestras para ser analizadas con el método de extracción de Fase Sólida, con el objetivo de confirmar la presencia o ausencia de los plaguicidas analizados. También se se colectaron un total de 19 muestras de sedimento superficial con una draga Van Veen (305.8 cm^2). En este tercer muestreo se priorizaron el Río San Juan y sus principales afluentes: Río Sábalo, Río Santa Cruz, Río Melchora y Río Machado.

Se ubicaron cuatro puntos de muestreo:

- En la subcuenca, cerca de posibles fuentes de contaminación.
- En la desembocadura al Río San Juan.
- En el Río San Juan, antes de la desembocadura del afluente.
- En el Río San Juan después de la desembocadura del afluente.

ANÁLISIS DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS EN AGUA. (EXTRACCIÓN LIQUIDO – LIQUIDO)

A 5 litros de muestra previamente preservada con hexano, se adicionaron 120 ml de una mezcla hexano / MTBE (1 : 1) y se le agregó el estándar interno Hexaclorobenceno (HCB). Seguidamente, se le extrajo la fase orgánica y se reconcentró en un rotavapor, pasando la muestra después por un flujo de nitrógeno hasta un volumen de 2 ml (extracto).

Al extracto se le realizó destrucción de azufre agregándole 1 ml de 2- propanol y 1 mL de TBA (tetrabutil amonio hidrógeno sulfato), aplicándole 2 extracciones y reconcentrando la muestra con flujo de nitrógeno y aforándola a 1 ml. (muestra extracto).

DESTRUCCIÓN ÁCIDA.

Para la determinación de plaguicidas organoclorados, se tomaron 200 µl del extracto de la muestra y se le practicó la destrucción ácida con 2 ml de H₂SO₄ concentrado y después de 2 extracciones fue evaporada con flujo de nitrógeno, aforada a 1 ml e inyectada en un Cromatógrafo de gases, marca Varian equipado con columna capilar de 30 m. de largo y 0.32 mm de ID y con detector de captura electrónica.

DESTRUCCIÓN ALCALINA.

Para la determinación de plaguicidas organoclorados y toxafeno, se tomaron 200 µl de la muestra extracto y se le realizó la destrucción alcalina añadiéndole KOH y Etanol, después se le agregó NaCl y H₃PO₄, realizándole 2 extracciones y reconcentrándola con flujo de nitrógeno e inyectándola en el Cromatógrafo de gases.

Para el análisis de residuos de plaguicidas organoclorados y organofosforados en las muestras de sedimentos, se utilizaron los métodos (Villeneuve 1991), los cuales fueron adecuados en el laboratorio del CIRA - UNAN.

ANÁLISIS DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS EN AGUA. (EXTRACCIÓN FASE SOLIDA).

Un litro de muestra con estándar interno agregado (Clortión) es filtrado a través de un filtro Whatman GF / F para eliminar la materia orgánica en suspensión. Luego se procede a cambiar el filtro Whatman por un C18 (Fase sólida), el que es acondicionado con metanol, acetato de etilo y agua deionizada. Se agrega la muestra en pequeñas porciones (250 ml) con una presión de vacío que permita un flujo de 30 ml por minuto. Una vez filtrada toda la muestra, el filtro se debe secar al vacío durante 20 minutos. El agua filtrada es eliminada y se procede a eluir los plaguicidas atrapados en el filtro C18 con 3 porciones de 10 ml cada una de acetato de etilo. La muestra se concentra en el rotaevaporador hasta aproximadamente 5 ml y se afora a 10 ml. Con acetato de etilo (muestra extracto). Seguidamente se inyecta 1 µl de extracto en el Cromatógrafo de gases.

ANÁLISIS DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS EN SEDIMENTOS.

Se pesaron 10 g de sedimentos previamente secados a temperatura ambiente y tamizados en luz de malla de 600 µm. Posteriormente los sedimentos fueron extractados con 250 ml de n-hexano por 8 horas y se reconcentraron en un rotavapor hasta un volumen de 20 ml, seguidamente fueron trasladados a un equipo de reconcentración Kuderna-Danish en baño María y se concentró la fase orgánica hasta 5 ml. A los extractos de las muestras de los años 1992 y 1993 se les practicó una limpieza con mercurio metálico y a las del año 1997 con 2 – propanol y TBA sulfito para eliminar las interferencias debidas al azufre.

Después los extractos fueron limpiados pasándolos por columnas cromatográficas empacadas con 16 g de Florisil, realizando 3 eluciones; la primera con 70 ml de hexano, la segunda con 50 ml de mezcla hexano/diclorometano (7:3) y la tercera con 40 ml de diclorometano. Todas las fracciones fueron reconcentradas en un Kuderna -Danish hasta un volumen de 1 ml e inyectadas en un Cromatógrafo de Gases.

ANÁLISIS DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS ORGANOFOSFORADOS EN AGUA.

Para la determinación de los plaguicidas organofosforados, se tomaron 200 μ l de la muestra extracto y se aforó a 1 ml trasladando la muestra a un frasco de vidrio para su inyección en un Cromatógrafo de gases con detector de captura electrónica.

ANÁLISIS DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS ORGANOFOSFORADOS EN SEDIMENTOS.

Para el análisis de residuos de plaguicidas organoclorados y organofosforados en las muestras de sedimentos, se utilizaron los métodos según (Villeneuve 1991), los cuales fueron estandarizados en el laboratorio del CIRA - UNAN.

Se pesaron 10 g de sedimentos previamente secados a temperatura ambiente y tamizados en luz de malla de 600 μ m, y se extractaron con 250 ml de acetona durante 8 horas, reconcentrándose el extracto orgánico en un rotaevaporador hasta un volumen de 10 ml.

Al extracto de las muestras se le practicó la destrucción de azufre agregándole 2-3 gotas de mercurio metálico. Luego la muestra fue reconcentrada hasta un volumen de 0.5 ml bajo un flujo de nitrógeno. Seguidamente la muestra se limpió pasándola por una columna cromatográfica con 3.5 g de Florisil, eluyendo la muestra con 25 ml de ácido acético 1% en n-hexano. Finalmente los extractos eluidos fueron reconcentrados hasta un volumen de 1 ml e inyectados en un Cromatógrafo de gases.

CONTROL DE CALIDAD ANALITICO

Para asegurar la exactitud y precisión de los métodos utilizados en el presente estudio, se realizaron análisis por duplicado al 10% del total de las muestras analizadas, incluyéndose en cada grupo un blanco y muestras fortificadas con concentraciones conocidas de plaguicidas organoclorados, organofosforados y toxafeno. Las muestras fortificadas se realizaron con el objetivo de determinar los porcentajes de recuperación de los plaguicidas analizados.

A todas las muestras analizadas al inicio del análisis se les adicionó un estándar interno (HCB), si el porcentaje de recuperación del estándar interno fue menor que el 70%, las muestras fueron nuevamente analizadas. (Anexo 2).

A este control analítico, se le incorporó dentro de la rutina de análisis una muestra certificada de sedimentos, suministrada por la Agencia Internacional de Energía Atómica con sede en Mónaco. (Anexo 3) . Los límites de detección en agua y sedimento para la determinación de plaguicidas organoclorados y fosforados se encuentran en el anexo 4.

RESULTADOS

RESIDUOS DE PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS EN AGUA.

En el Primer Muestreo de 1992, fueron analizados un total de quince plaguicidas organoclorados, entre los cuales se encuentran : A-BHC, B-BHC, D-BHC, Lindano, Heptacloro y Heptacloroepóxido, Aldrín, Dieldrín, A-Endosulfano, B-Endosulfano, pp-DDE, pp-DDD, pp-DDT y Toxafeno.

El lindano se detectó en bajas concentraciones en un rango que osciló entre 0.18 ng.L^{-1} y 0.94 ng.L^{-1} , encontrándose la mayor concentración en la estación de muestreo 3 en donde está ubicada la desembocadura del Río Sarapiquí.

El dieldrín se encontró en todas las estaciones de muestreo y la concentración se mantuvo entre 2.15 ng.L^{-1} y 2.70 ng.L^{-1} . El pp-DDE fue detectado en tres estaciones de muestreo, en Río San Juan 3, Río Sarapiquí y Río San Juan 1 en las siguientes concentraciones : 1.11 ng.L^{-1} , 0.98 ng.L^{-1} y 0.45 ng.L^{-1} respectivamente. El pp-DDD y el pp-DDT solamente fueron detectados en una estación de muestreo (Río San Juan 1). (Tabla N° 1)

En el Segundo muestreo de 1993, no se colectaron muestras de agua solamente muestras de sedimentos, ya que el objetivo de este muestreo fue establecer intercomparaciones con la Agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA) de los Estados Unidos.

En el Tercer muestreo de 1997, ninguno de los quince plaguicidas organoclorados analizados en agua por el método de extracción Líquido-Líquido fue detectado en ningún punto de los 19 muestreados.

En relación a los plaguicidas analizados en agua por el método de extracción de fase sólida (Clorotalonil, Clorpirifos, A-Endosulfano, B-Endosulfano, pp-DDE y pp-DDT), tampoco fueron detectados.

RESIDUOS DE PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS EN SEDIMENTOS.

En el Primer muestreo de 1992, de los quince plaguicidas analizados en los sedimentos, se detectaron el dieldrín, el pp-DDD, el endrín y el pp-DDE. El dieldrín fue encontrado en un rango de concentraciones desde 2.44 ng.g^{-1} hasta 4.51 ng.g^{-1} , detectándose la mayor concentración en Río Sarapiquí (La Ceiba).

El pp-DDD y pp-DDE solamente fueron detectados en Río Sarapiquí y la concentración encontrada fue de 1.53 ng.g^{-1} y 0.59 ng.g^{-1} respectivamente. El endrín se detectó solamente en la estación de muestreo Río San Carlos (200 m) en una concentración de 1.09 ng.g^{-1} . (Tabla N° 2)

En el Segundo muestreo de 1993, del total de plaguicidas analizados, solamente estuvieron presentes B - BHC, Lindano, Aldrín, pp – DDE y Dieldrín en concentraciones menores que los límites de detección obtenidos en el laboratorio.

En el Tercer muestreo de 1997, en sedimentos se analizaron 15 plaguicidas organoclorados: A-BHC, B-BHC, D-BHC, Lindano, Heptacloro y su epóxido, A y B - Endosulfano, Aldrín, Dieldrín, Endrín, pp-DDE, pp-DDD, pp-DDT y Toxafeno.

De los compuestos analizados, el pp-DDE fue encontrado en 10 estaciones de muestreo, en un rango de concentraciones desde 19.90 ng.g⁻¹ hasta 122.15 ng.g⁻¹, detectándose la mayor concentración en la desembocadura del Río Sábalo (Río San Juan - 10). El pp-DDD se detectó en 6 estaciones, en un rango de concentraciones desde 30.85 ng.g⁻¹ hasta 124.50 ng.g⁻¹, correspondiendo la mayor concentración al punto Río San Juan – 24. El pp-DDT solamente estuvo presente en el Río Sábalo (Río San Juan – 8) con una concentración de 272.00 ng.g⁻¹.

El Heptacloro se encontró en 7 estaciones de muestreo, en un rango que osciló desde 62.50 ng.g⁻¹ hasta 242.44 ng.g⁻¹, correspondiendo la mayor concentración a la desembocadura del Río Santa Crucita (Río San Juan – 12). El lindano estuvo presente en 6 estaciones muestreadas en un rango de concentraciones desde 39.20 ng.g⁻¹ hasta 63.00 ng.g⁻¹, ubicados estos niveles en el (Río San Juan – 13, 14, 15). (Tabla N° 3)

RESIDUOS DE PLAGUICIDAS ORGANOFOSFORADOS EN AGUA.

En el Primer muestreo de 1992, de los 16 plaguicidas organofosforados que fueron analizados , se detectaron : el Terbufos y el Malatión en todas las estaciones de muestreo, en un rango de concentraciones que varió desde 30.40 ng.L⁻¹ hasta 77.30 ng.L⁻¹ para el terbufos y desde 28.9 ng.L⁻¹ hasta 129.20 ng.L⁻¹ para el malatión. El resto de plaguicidas organofosforados analizados no fueron detectados. (Tabla N° 4).

En el Segundo muestreo de 1993, no se colectaron muestras de agua.

En el Tercer muestreo de 1997, de los 15 plaguicidas organofosforados estudiados, solamente se detectaron: el Fentión (14 estaciones), Etil-Paratión (5 estaciones) y el Zolone (1 estación) en concentraciones que oscilaban desde 95.00 ng.L⁻¹ hasta 2571.00 ng.L⁻¹ para el fentión, desde 17.00 ng.L⁻¹ hasta 126.00 ng.L⁻¹ para el etil-paratión y 24.00 ng.L⁻¹ para el Zolone. El resto de plaguicidas no fueron detectados o sus concentraciones fueron menores que el límite de detección del método analítico aplicado en el análisis. (Tabla N° 6).

RESIDUOS DE PLAGUICIDAS ORGANOFOSFORADOS EN SEDIMENTOS.

En el Primer muestreo de 1992, de los quince plaguicidas organofosforados analizados, se encontraron: El Mocap el cual solamente estuvo presente en dos estaciones de muestreo, las cuales son: Río Frío (100 m adentro) y Río San Juan 3; con

concentraciones de 55 ng.g^{-1} y 57 ng.g^{-1} respectivamente. El Forate fue detectado en tres estaciones de muestreo: en la desembocadura del Río San Carlos, Río San Carlos (200 m) y en la desembocadura del Sarapiquí; las concentraciones encontradas fueron: 56 ng.g^{-1} , 146 ng.g^{-1} y 55 ng.g^{-1} , respectivamente.

El Terbufos también fue encontrado en tres estaciones: Río San Carlos (200 m), desembocadura del Sarapiquí y Río Sarapiquí (La Ceiba). La mayor concentración de se encontró en la estación Río San Juan 3 (desembocadura del Sarapiquí) con 342 ng.g^{-1} ; siguiéndole en el orden, Río Sarapiquí (La Ceiba) con 285 ng.g^{-1} . La menor concentración fue encontrada en Río San Carlos (200 m) con 108 ng.g^{-1} . El Disistón se detectó en cuatro estaciones de muestreo en un rango de concentraciones de 89 ng.g^{-1} a 200 ng.g^{-1} . El Diazinón solamente fue encontrado en Río Frío (100 m adentro) en una concentración de 211 ng.g^{-1} . El Malatión fue compuesto que se encontró en las más altas concentraciones y estuvo presente en cinco de las estaciones muestreadas , en un rango de concentraciones que osciló entre 168 ng.g^{-1} hasta $64,498 \text{ ng.g}^{-1}$. La mayor concentración fue detectada en la estación de muestreo: Río San Juan 2, ubicada en la desembocadura del Río San Carlos. (Tabla N° 5)

En el Segundo muestreo de 1993, de los 15 plaguicidas organofosforados analizados en sedimentos en las 24 estaciones, ninguno fue detectado.

En el Tercer muestreo de 1997, no se analizaron plaguicidas organofosforados en los sedimentos.

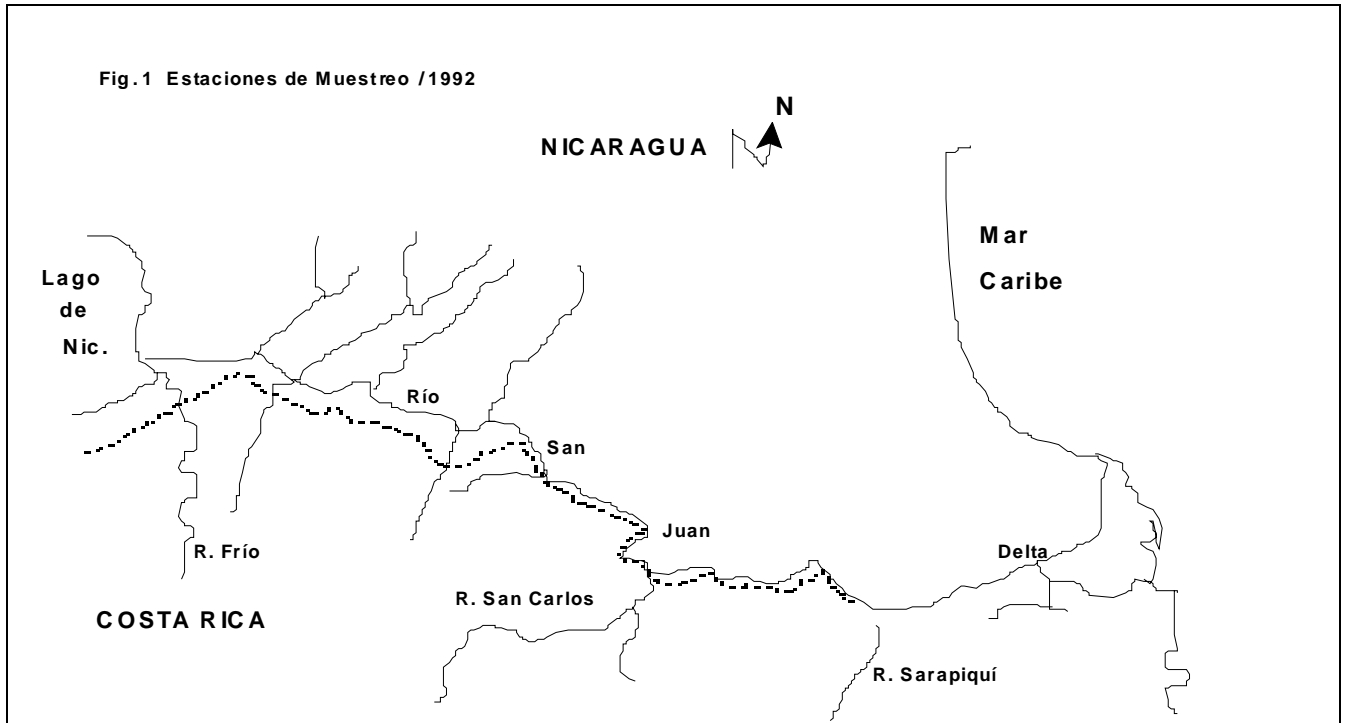


Tabla Nº 1 Plaguicidas organoclorados en aguas del Río San Juan y sus principales afluentes, expresados en ng . L⁻¹ (Primer muestreo 1992)

Puntos de muestreo	A-BHC	B-BHC	D-BHC	Lindano	Heptacloro	Heptclepo	Aldrin	Dieldrin	Endrin	A-endos.	B-endos.	pp-DDE	pp-DDD	pp-DDT	Tox.
Río San Juan. 1	nd	Nd	nd	0.28	<LD	nd	nd	2.7	0.25	nd	nd	0.45	0.28	0.21	nd
Río Frío.(100 m adentro)	nd	Nd	nd	0.26	nd	nd	nd	2.15	<LD	nd	nd	nd	<LD	<LD	nd
Río San Juan. 2	nd	nd	nd	0.18	nd	nd	nd	2.44	nd	nd	nd	nd	nd	<LD	nd
Río San Carlos.(200 m)	nd	nd	nd	0.81	nd	nd	nd	2.7	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Río San Juan 3.	nd	nd	nd	0.94	nd	< LD.	nd	2.67	nd	nd	nd	1.11	nd	nd	nd
Río Sarapiquí (La Ceiba)	0.26	nd	nd	0.28	nd	nd	nd	2.4	nd	nd	nd	0.98	nd	nd	nd

* nd: No detectado
 < LD: Menor que el Límite de Detección
 Tox.: Toxafeno

Tabla Nº 2 Plaguicidas organoclorados en sedimentos del Río San Juan y sus principales afluentes, expresados en ng . g⁻¹ (Primer muestreo 1992)

Puntos de muestreo	A-BHC	B-BHC	D-BHC	Lindano	Heptacloro	Heptclepo	Aldrin	Dieldrin	Endrin	A-endos.	B-endos.	pp-DDE	pp-DDD	pp-DDT	Tox.
Río San Juan. 1	nd	nd	nd	<LD	<LD	<LD	nd	<LD	nd	<LD	nd	<LD	<LD	<LD	nd
Río Frío.(100 m adentro)	<LD	nd	nd	<LD	nd	<LD	nd	3	nd	nd	nd	<LD	<LD	<LD	nd
Río San Juan. 2	nd	nd	nd	<LD	nd	nd	nd	4.07	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Río San Carlos.(200 m)	nd	nd	nd	<LD	nd	nd	nd	3.61	1.09	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Río San Juan 3.	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	2.45	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Río Sarapiquí (La Ceiba)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	4.51	nd	nd	nd	0.59	1.53	nd	nd

* nd: No detectado
 < LD: Menor que el Límite de Detección
 Tox.: Toxafeno

Tabla Nº 3 Plaguicidas organoclorados en sedimentos del Río San Juan y sus principales afluentes, expresados en ng . g⁻¹ (Tercer muestreo 1997).

Puntos de muestreo	A-BHC	B-BHC	D-BHC	Lindano	Heptacloro	Heptclepo	Aldrin	Dieldrin	Endrin	A-endos.	B-endos.	pp-DDE	pp-DDD	pp-DDT	Tox.
Río San Juan – 1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Río San Juan – 4	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Río San Juan – 5	nd	nd	nd	nd	103.35	nd	nd	nd	nd	nd	nd	97.94	39.25	nd	nd
Río San Juan – 6	nd	nd	nd	nd	73.15	nd	nd	nd	nd	nd	nd	64.97	31.85	nd	nd
Río San Juan – 7	nd	nd	nd	nd	76.70	nd	nd	nd	nd	nd	nd	86.30	30.85	nd	nd
Río San Juan – 8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	272.00	nd
Río San Juan – 9	nd	nd	nd	nd	100.95	nd	nd	nd	nd	nd	nd	40.90	nd	nd	nd
Río San Juan – 10	nd	nd	nd	39.20	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	122.15	112.00	nd	nd
Río San Juan – 12	nd	nd	nd	48.00	242.44	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Río San Juan – 13	nd	nd	nd	33.85	62.50	nd	nd	nd	nd	nd	nd	19.90	nd	nd	nd
Río San Juan – 14	nd	nd	nd	49.75	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	25.65	nd	nd	nd
Río San Juan – 15	nd	nd	nd	63.00	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	36.70	nd	nd	nd
Río San Juan – 16	nd	nd	nd	43.95	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Río San Juan – 20	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Río San Juan – 21	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Río San Juan – 22	nd	nd	nd	nd	88.65	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Río San Juan – 23	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Río San Juan – 24	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	78.20	124.50	nd	nd
Río San Juan – 25	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	33.70	49.52	nd	nd

* nd: No detectado
Tox.: Toxafeno

Tabla Nº4 Plaguicidas organofosforados en aguas del Río San Juan y sus principales afluentes, expresados en ng . L⁻¹ (Primer muestreo 1992)

Puntos de muestreo	Mocap	Naled	Forate	Terbufos	Disiston	Diazinon	M-Paration	Malation	E-Paration	Clorfenv.	Def	Etion	Edifenfos	Gution	Zolone	Coral
Río San Juan. 1	15.5	<LD	34.9	77.3	22	17.2	<LD	124.5	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Río Frío.(100 m adentro)	15.3	11.8	31.1	70.9	26.1	12	<LD	129.2	nd	nd	nd	nd	<LD	nd	nd	nd
Río San Juan. 2	<LD	<LD	<LD	14.8	<LD	nd	nd	52.8	nd	nd	<LD	nd	nd	nd	nd	nd
Río San Carlos. (200 m)	17.2	<LD	13.3	51.2	<LD	<LD	nd	37.3	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Río San Juan 3.	<LD	<LD	<LD	30.4	nd	nd	nd	28.9	nd	nd	<LD	nd	nd	nd	nd	nd
Río Sarapiquí (La Ceiba)	<LD	<LD	nd	31.3	nd	<LD	nd	36.3	nd	nd	nd	nd	<LD	nd	nd	nd

* nd: No detectado
< LD: Menor que el Límite de Detección

Tabla Nº5 Plaguicidas organofosforados en sedimentos del Río San Juan y sus principales sub-cuencas. expresados en ng . g⁻¹ (Primer Muestreo 1992)

Puntos de muestreo	Mocap	Naled	Forate	Terbufos	Disiston	Diazinon	M-Paration	Malation	E-Paration	Clorfenv.	Def	Etion	Edifenfos	Gution	Zolone	Coral
Río San Juan. 1	nd	nd	nd	<LD	nd	nd	nd	<LD	nd	nd	<LD	<LD	<LD	nd	nd	nd
Río Frío.(100m adentro)	55	nd	nd	<LD	89	211	nd	549	nd	nd	<LD	nd	<LD	nd	nd	nd
Río San Juan. 2	<LD	nd	56	<LD	<LD	<LD	nd	64498	nd	nd	<LD	nd	<LD	nd	nd	nd
Río San Carlos. (200m)	<LD	nd	146	108	200	nd	<LD	168	<LD	nd	<LD	<LD	<LD	nd	nd	nd
Río San Juan 3.	57	nd	55	342	108	nd	<LD	445	<LD	nd	<LD	nd	nd	nd	nd	nd
Río Sarapiquí (La Ceiba)	<LD	nd	nd	285	168	nd	nd	5680	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

* nd: No detectado
< LD: Menor que el Límite de Detección

Tabla N°6 Plaguicidas organofosforados en agua del Río San Juan y sus principales afluentes, expresados en ng.L⁻¹ (Tercer muestreo de 1997).

Puntos de muestreo	Mocap	Naled	Forate	Terbufos	Diazinon	Fention	M-Paration	Malation	E-Paration	Clorfenv.	Def	Etion	Edifenfos	Gution	Zolone	Coral
Río San Juan – 1	nd	nd	nd	nd	nd	1187	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Río San Juan – 4	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Río San Juan – 5	nd	nd	nd	nd	nd	693	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Río San Juan – 6	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	126	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Río San Juan – 7	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Río San Juan – 8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	37	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Río San Juan – 9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	54	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Río San Juan – 10	nd	nd	nd	nd	nd	776	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Río San Juan – 11	nd	nd	nd	nd	nd	95	<LD	nd	<LD	nd	<LD	nd	nd	nd	24	nd
Río San Juan – 13	nd	nd	nd	nd	nd	1230	nd	nd	17	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Río San Juan – 14	nd	nd	nd	nd	nd	1744	nd	nd	98	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Río San Juan – 15	nd	nd	nd	nd	nd	1485	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Río San Juan – 16	nd	nd	nd	nd	nd	1299	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Río San Juan – 20	nd	nd	nd	nd	nd	1370	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Río San Juan – 21	nd	nd	nd	nd	nd	958	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Río San Juan – 22	nd	nd	nd	nd	nd	1438	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Río San Juan – 23	nd	nd	nd	nd	nd	1486	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Río San Juan – 24	Nd	nd	nd	nd	nd	2571	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Río San Juan – 25	Nd	nd	nd	nd	nd	1502	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

* nd: No detectado

< LD: Menor que el Límite de Detección

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS EN AGUAS Y SEDIMENTOS.

PRIMER MUESTREO (1992).

Muestras de aguas: En la Zona Este de la cuenca, se presenta un régimen típico de las áreas tropicales húmedas, siendo los meses más lluviosos Julio, Noviembre y Diciembre. Por lo tanto habiéndose realizado el muestreo en el mes de Julio (mes más lluvioso), los residuos de plaguicidas organoclorados pudieron haber sido arrastrados y depositados en las aguas del río por escorrentía superficial. Desde la Boca del Río San Carlos, hasta llegar a la bifurcación del Río Colorado, el caudal de la época lluviosa equivale a un incremento del 224% con relación al caudal de la estación seca, principalmente por la descarga de sus dos grandes tributarios Río San Carlos y Río Sarapiquí. (López M. 1995)

La presencia del Lindano en agua de todos los puntos del primer muestreo se debe probablemente a que este compuesto fue aplicado directamente como hexaclorociclohexano técnico o bien fue utilizado para combatir los mosquitos en esa época en Nicaragua. De los BHCs; el lindano es el más importante; por tener las mejores propiedades de insecticida. Las propiedades físicas son: bastante solubilidad en el agua (10 mg.L^{-1}). y alta volatilidad en condiciones de tipo tropical. En suelos con abundante materia orgánica, el lindano es retenido y movilizado por la filtración e irrigación del agua, se degrada en el ambiente por clorinación de la luz ultravioleta y por los organismos del suelo. (WHO,1991). El Lindano es estable a la luz, alta temperatura, agua caliente y ácidos. (Ulman, 1972). El lindano en Nicaragua fue prohibido por el Ministerio de Agricultura desde el año 1977. pero aunque legalmente los plaguicidas estén prohibidos o restringidos se siguen utilizando. En Costa Rica es utilizado restringidamente desde el año 1988.(Castillo, et al., 1995). La mayor concentración del lindano (0.94 ng.l^{-1}) se detectó en la desembocadura del Río Sarapiquí; esto probablemente se debe a que este río recibe la escorrentía de áreas cultivadas.

El Dieldrín se encontró en las aguas de todos los puntos de muestreo. Según las Normas del Water Quality todos los puntos sobrepasan los límites permisibles para agua de consumo humano. En Nicaragua y en Costa Rica está prohibido su uso desde el año 1988. El Dieldrín es fuertemente adsorbido al sedimento. Tiene bajo potencial de lixiviación, puede persistir en el suelo por décadas, es destruido solamente con ácidos fuertes y por exposiciones a la luz ultravioleta. Es un insecticida de acción persistente y se acumula en la cadena alimentaria. Este compuesto es formado por oxidación metabólica en los animales y por oxidación química en los suelos. (Castillo et al., 1995).

Es importante mencionar que en un inventario de plaguicidas vencidos, realizado por el Programa de Manejo de Plaguicidas (PROMAP), se encuentra dieldrín; lo que indica que este plaguicida fue utilizado en algún cultivo en Nicaragua. (Inventario de plaguicidas vencidos, PROMAP/MARENA, 1995).

En la única estación de muestreo donde estuvieron presentes, el pp - DDT, pp - DDD, y pp - DDE en agua fue en la estación de muestreo Río San Juan 1 (desembocadura del Río Frío). Aunque las concentraciones detectadas fueron menores que los límites de las Normas del Water Quality de la Universidad de Florida; este hecho llama la atención porque la presencia del pp - DDT indica que este fue empleado recientemente. En Nicaragua el pp - DDT fue prohibido desde el año 1980 y el Ministerio de Salud siguió usándolo para el control de vectores desde el año 1981 hasta 1989, habiéndose utilizado en ese período 141,000 kg de este compuesto. (APPEL et al., 1992).

En los sedimentos, el dieldrín fue otro de los residuos que se encontró en cinco de las seis estaciones del primer muestreo; habiéndose detectado la mayor concentración en Río Sarapiquí (La Ceiba), principal tributario y responsable de la casi totalidad de la carga de sedimentos al Río San Juan . La presencia del Dieldrín probablemente se deba a sus características de alta persistencia en el suelo. El dieldrín existió en los inventarios de plaguicidas hasta el año 1992; indicando el uso reciente del compuesto en esos años.

En la única estación del primer muestreo que estuvieron presentes el pp - DDE y el pp - DDD en los sedimentos fue en Río Sarapiquí (La Ceiba). Esta situación se debe a que el pp - DDT se bioacumula a través de la cadena trófica. Es esencialmente no biodegradable, se degrada en DDE y DDD, metabolitos que son también extremadamente persistentes y puede persistir en suelos por décadas.(Castillo et al., 1995).

El Lindano no estuvo presente en los sedimentos de todas las estaciones del primer muestreo (1992); esto probablemente se deba a la época en que se colectaron las muestras. En el mes de Julio llueve con mucha frecuencia, se incrementa la escorrentia en este período y los plaguicidas son fácilmente arrastrados y difícilmente podrian depositarse ó adherirse al sedimento del río.

SEGUNDO MUESTREO (1993).

En el Segundo muestreo no fueron colectadas muestras de agua para análisis de plaguicidas organoclorados y las bajas concentraciones de los compuestos organoclorados **en sedimentos** en relación al primer muestreo posiblemente se deban al arrastre continuo de los sedimentos, los que son trasladados de un lugar a otro. Este proceso podría aportar al incremento de los niveles de turbidez de las aguas debido a los procesos erosivos, generados por lluvias de tipo tropical de gran intensidad.

TERCER MUESTREO (1997).

La ausencia de los plaguicidas organoclorados analizados **en agua** por ambos métodos de extracción (líquido – líquido y fase sólida), podría deberse a la baja solubilidad de los plaguicidas organoclorados en agua. Otro factor a considerar es el regimen de precipitación de la zona (4,000 – 6,000 mm anuales) que produciria un efecto de dilución en la concentración de plaguicidas.

En el caso de los plaguicidas Lindano, Heptacloro y pp-DDT encontrados en los **sedimentos** y que en el país su utilización esta prohibida desde los años 80, su presencia nos confirma la gran estabilidad y persistencia de estos compuestos, asi como su facilidad de ser adsorbidos en los suelos y sedimentos que actuan como colectores y fuentes de exposición de estos plaguicidas a largo plazo.

PLAGUICIDAS ORGANOFOSFORADOS EN AGUA Y SEDIMENTOS.

PRIMER MUESTREO (1992).

De los 16 plaguicidas organofosforados analizados en **agua** del Primer Muestreo; el malatión estuvo presente en las estaciones de muestreo Río San Juan 1 (desembocadura del Río Frío) y en Río Frío (100 m. adentro), esto probablemente se debe a que este compuesto había sido utilizado recientemente en esa época. Otro de los factores que pudo haber influenciado para que se haya detectado el malatión en agua en bajas concentraciones de todos los puntos de muestreo, es el hecho de que estos son sitios abiertos, con una alta influencia de corrientes fuertes (altos caudales), produciendose un efecto de dilución en la concentración del malatión. La persistencia del malatión en sistemas acuáticos estará sujeta a la influencia de factores físicos, químicos y biológicos. Este compuesto puede sufrir una hidrólisis relativamente rápida en ambientes alcalinos y salinos a temperaturas elevadas, pero es más persistente con pH ácido y neutral. (Centro Panamericano de Ecología y salud, 1988).

En el muestreo de 1992 el pH de todas las estaciones de muestreo estuvo en un rango de 7.07 a 7.85 y la temperatura fue de 25°C a 30°C; lo que obliga a suponer que el malatión pudo haber estado disuelto en el agua debido al uso reciente en esa época ó al uso combinado con otros plaguicidas, ó como trazas de impureza que contienen algunos plaguicidas.

En los sedimentos el malatión estuvo presente en cinco de los puntos de primer muestreo. Las mayores concentraciones de malatión en sedimentos fueron detectadas en Río San Juan 2 (desembocadura del Río San Carlos), siguiéndole en el orden de descendencia Río Sarapiquí (La Ceiba); Río Frío (100 m. adentro) y Río San Juan 3 (desembocadura del Sarapiquí).

Meyers y otros (1970) investigaron que el malatión se adsorbe considerablemente a los sedimentos que tienen alto contenido de arcilla y limo. Una de las causas de las altas concentraciones de malatión en Río San Juan 2 (desembocadura de Río San Carlos) pudo haber sido la textura del sedimento el cual era del tipo (arcilla - limoso).

SEGUNDO MUESTREO (1993).

La ausencia de los compuestos organofosforados en este segundo muestreo podría estar relacionada con:

- Los períodos de muestreo no coincidieron en el tiempo.
- Las condiciones climáticas fueron distintas en los años 1992 y 1993, caracterizándose el muestreo de 1992 con una estación lluviosa y el de 1993 con una estación seca.
- La textura de los sedimentos del segundo reconocimiento, estuvo marcada con sedimentos de tipo arenoso.
- Hubo una pequeña variación de pH y temperatura con respecto al primer muestreo.
- Debe sumarse a lo anterior, el hecho específico del transporte y destino del malatión en el ambiente. En cuanto a la no detección del malatión en las muestras analizadas para este

segundo período de muestreo, este hecho se corresponde con las observaciones fundamentadas según (Wolfe et al, 1977) de que la detección del malatión en el ambiente acuático, está en dependencia de su vida media. la cual es de 10.5 a 120 días a 20°C y pH de 7.4 a 6.1 y de factores de tipo físico-químicos y biológicos.

TERCER MUESTREO (1997).

La presencia de los plaguicidas organofosforados como el Fentión, Etíl-Paratión, Zolone, Metil-Paratión y DEF, es debido a que estos plaguicidas son mucho más solubles en agua que los plaguicidas organoclorados, estos a su vez están siendo utilizados con mayor frecuencia en la actualidad por ser menos tóxicos y mucho menos persistentes en el ambiente. Las altas concentraciones encontradas de Fentión se debe a que su uso no ha sido restringido ni prohibido en el país. Además ha sido utilizado en el control de vectores transmisores de la malaria (Anopheles culex) por el Minsa, así como en el control de larvas defoliadoras del arroz, caña de azúcar y vegetales.

CONCLUSIONES

- En todas las estaciones del primer muestreo de 1992, se detectaron residuos de plaguicidas organoclorados y organofosforados, encontrándose las mayores concentraciones en los afluentes del Río San Juan: Desembocadura del río San Carlos y Desembocadura del río Sarapiquí.
- Las bajas concentraciones de residuos de plaguicidas determinados en el segundo muestreo de 1993, se debieron al arrastre continuo de los sedimentos, debido a los procesos erosivos generados por lluvias de tipo tropical de gran intensidad.
- Las altas concentraciones de Fentión, Heptacloro, Lindano, pp-DDE y pp-DDD, encontradas en el año de 1997, corresponden a las sucuencias: Río Melchora, Río Sábalo, Río Santa Cruz, Río San Carlos, Río Machado y Río Sarapiquí.

- El hallazgo de plaguicidas como el malatión, fentión, pp-DDT, se debe al uso reciente y al incremento de la utilización de estos plaguicidas en zonas aledañas a las sub-cuencas.
- La presencia y persistencia de los residuos de plaguicidas organoclorados y organofosforados en las principales sub-cuencas del Río San Juan ha impactado negativamente en las comunidades bióticas.

BIBLIOGRAFÍA

- Appel, J. & Matus, F. M. 1991. Uso, Manejo y Riesgos asociados a Plaguicidas en Nicaragua. CSUCA.
- Castillo, L. & Chaverry F. 1995. Manual de Plaguicidas, Guia para America Central. EUNA, p.224-408.
- Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, OPS y OMS.1988. Malatión: Efectos sobre la salud y el Ambiente. México.
- Diagnóstico Integral de la Cuenca del Río San Juan y Lineamientos del Plan de Acción. 1996. Informe Final Preliminar MINAE / MARENA., OEA, PNUMA. p. 3-8.
- INEC. Censos Nacionales 1995. Cifras oficiales preliminares. Sept. 1995. Nicaragua.
- López ,M. J. 1995. Caracterización del Uso de Plaguicidas en el sector nicaragüense de la Cuenca del Río San Juan. OEA 1995.
- Nicaragua: Inventario de Plaguicidas vencidos.1995. Información general; PROMAP / MARENA.
- Ulman E. 1972. Lindane Monograph of an insecticide. Freiburg Verlag K., Schillinger. p.23
- Villeneuve J. P., 1995. Training Course on the Measurements of Organochlorine and Petroleum Hydrocarbons in Environmental Samples. IAEA - MEL / MESL.
- Wolfe N. L., Zepp R. G., et al., 1977. Kinetics of Chemical degradation of Malation In Environmental. Sci. Technol. 11 (1). p.88 - 93
- World Health Organization (WHO). Lindane Environmental Health Criteria 124.Geneva,1991. p. 135.

ANEXO 1 LISTADO DE ESTACIONES DE MUESTREO

Primer Muestreo (1992)

- Pto.1 – Río San Juan 1 (Desembocadura del río Frío)
- Pto.2 – Río Frío (100 m adentro)
- Pto.3 – Río San Juan 2 (Desembocadura del río San Carlos)
- Pto.4 – Río San Carlos (200 m)
- Pto.5 – Río San Juan 3 (Desembocadura del Sarapiquí)
- Pto.6 – Río Sarapiquí (La Ceiba)

Segundo Muestreo (1993)

- Pto.1 – San Carlos
- Pto.2 – Venada / Barlovento
- Pto.3 – Venada / Sotavento
- Pto.4 – Boyas
- Pto.5 – Río Zapote
- Pto.6 – Río Papaturre
- Pto.7 - Mancarron
- Pto.8 - Río Frío
- Pto.9 - Río Melchor
- Pto.10-Melchora / RSJ
- Pto.11-Río Medio Queso
- Pto.12-Río Medio Queso / RSJ
- Pto.13-Río Pocosal
- Pto.14-Río Pocosal / RSJ
- Pto.15-Río San Carlos
- Pto.16-Río San Carlos / RSJ
- Pto.17-Río Sarapiquí
- Pto.18-Río Sarapiquí / RSJ
- Pto.20-Río Bartola
- Pto.21-Río Bartola / RSJ
- Pto.22-Río Sabalos
- Pto.23-Río Sabalos / RSJ
- Pto.24-El Castillo

Tercer Muestreo (1997)

- | | | |
|-----------------|------------------------|--------------------------|
| Río San Juan 1 | Lago de Nicaragua | 530 m antes del río Frío |
| Río San Juan 4 | Río Melchora | 505 m. antes |
| Río San Juan 5 | | 700 m. arriba |
| Río San Juan 6 | | Desembocadura |
| Río San Juan 7 | | 639 m. después |
| Río San Juan 8 | Río Sábalos | 626 m. antes |
| Río San Juan 9 | | 1200 m. arriba |
| Río San Juan 10 | | Desembocadura |
| Río San Juan 11 | | 507 m. después |
| Río San Juan 12 | Río Santa Crucita | Desembocadura |
| Río San Juan 13 | Río Santa Cruz | 390 m. arriba |
| Río San Juan 14 | | Desembocadura |
| Río San Juan 15 | | 551 m. después |
| Río San Juan 16 | Delta del Río San Juan | Frente al puesto |
| Río San Juan 20 | Río Sarapiquí | Desembocadura |
| Río San Juan 21 | Río Machado | 669 m. después |
| Río San Juan 22 | | 222 m. arriba |
| Río San Juan 23 | | Desembocadura |
| Río San Juan 24 | | 429 m. antes |
| Río San Juan 25 | Río San Carlos | Desembocadura |

**ANEXO 2 PORCENTAJES DE RECUPERACIÓN DE PLAGUICIDAS
ORGANOCOLORADOS EN MUESTRAS DE SEDIMENTOS DEL RÍO SAN JUAN,
EXPRESADOS EN ng.g⁻¹ (PESO SECO)**

Plaguicidas	Media Geométrica	Desviación Estándar	Desviación estándar Relativa.	Varianza	Máximo	Mínimo
A-BHC	102	11	10.88	123	113	84
B-BHC	112	8.6	7.6	73.4	124	100
D-BHC	106.2	10.9	10.3	119.3	117.6	87
Lindano	106	12.5	11.8	156.6	127	91.7
Heptacloro	102.6	7.5	7.3	55.9	125.7	107.7
Aldrín	101.6	13	12.7	168.2	116.4	81
Dieldrín	114.9	12.2	10.6	149.6	128.8	92.5
Endrín	107.5	9.7	9.3	94.1	119.1	91.4
A-endosulfano	103.4	23	22.2	525.7	116.5	87
B-endosulfano	84.9	25.5	30	650.6	101.5	39.7
pp-DDE	114.2	11.8	10.4	140.7	134.6	99.7
pp-DDD	101.4	14.8	14.6	220.6	118.6	80.6
pp-DDT	99.8	12.5	12.5	156.8	117.1	85.8

**ANEXO 3 RESULTADOS MEDIOS Y DESVIACIONES ESTÁNDARES DE
MUESTRA CERTIFICADA Nº 357 ANALIZADA EN EL CIRA/UNAN EN
COMPARACIÓN CON VALORES MEDIOS Y RANGOS REPORTADOS
POR IAEA, EXPRESADOS EN ng.g⁻¹**

	Muestra certificada # 357		IAEA	
Plaguicidas	Media Geométrica	Desviación Estándar	Media Geométrica	Rango
HCB	3.67	0.35	2.4	0.01 - 5.0
A-BHC	1.25	0.64	1.1	0.06 - 2.7
B-BHC	na	-	-	-
Lindano	0.36	0.35	1.8	0.14 - 5.0
Heptacloro	2.59	0.30	1.5	0.62 - 2.7
Aldrín	1.10	0.77	1.2	0.07 - 1.2
Dieldrín	4.88	5.18	3.1	0.23 - 8.7
Endrín	4.29	1.76	4.8	0.20 - 15.9
A-endosulfano	na	-	-	-
B-endosulfano	na	-	-	-
pp-DDE	40.66	25.51	25	0.56 - 48.5
pp-DDD	4.24	1.03	30.0	4.7 - 56.6
pp-DDT	44.75	9.22	35.0	3.0 - 81

na: no analizado

**ANEXO 4 LÍMITES DE DETECCIÓN DE PLAGUICIDAS
ORGANOCORADOS EN AGUA Y SEDIMENTOS.**

Plaguicidas	Agua (ng.L⁻¹)	Sedimentos (ng.g⁻¹)
A- BHC	0.02	0.5
B- BHC	0.08	2.0
Lindano	0.04	1.0
Heptacoloro	0.08	2.0
Heptacoloro-Epóxido	0.04	1.0
Aldrín	0.08	1.0
Dieldrín	0.08	2.0
Endrín	0.08	1.0
A- Endosulfano	0.08	1.0
B- Endosulfano	0.08	1.0
pp – DDE	0.04	1.0
pp – DDD	0.08	2.0
pp – DDT	0.08	2.0
Toxafeno	8.00	20.0

El límite de detección de nuestro laboratorio (CIRA – UNAN) para todos los plaguicidas organofosforados analizados en agua fue de 10 ng . L⁻¹