

# DETERMINACION DE 15 PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS Y ORGANOFOSFORADOS EN SEDIMENTOS DEL LAGO COCIBOLCA (MAYO-1994-JUNIO 1997), NICARAGUA)

Lacayo R Martha L., López G Armando J., Picado P., Francisco y Cuadra L. Jorge.

## RESUMEN

El número de estaciones monitoreadas en el Lago Cocibolca fueron 30; de las cuales en el 80% se detectó pp-DDE, lindano en el 60%, dieldrin 56% y metil-paratión en el 23%.

Los valores máximos de los plaguicidas organoclorados detectados en el primer muestreo fueron: pp-DDE con  $790.27 \text{ pg.g}^{-1}$  en el punto N° 3; lindano  $181.30 \text{ pg.g}^{-1}$  y dieldrin con  $198.46 \text{ pg.g}^{-1}$ , ambos en el punto N° 8; heptacloro  $84.34 \text{ pg.g}^{-1}$  y aldrin  $67.67 \text{ pg.g}^{-1}$ , ambos en el punto N° 6. El pp-DDT se detectó únicamente en el punto N° 23 con  $199.60 \text{ pg.g}^{-1}$ ; el endrin con  $66.80 \text{ pg.g}^{-1}$  en el punto N° 22. De los plaguicidas organofosforados analizados solamente se detectó la presencia de metil – paratión en un rango de concentración de  $1500 \text{ pg.g}^{-1}$  hasta  $6130 \text{ pg.g}^{-1}$  en 7 estaciones. Las mayores concentraciones de plaguicidas organoclorados en el segundo muestreo correspondieron a: pp-DDE ( $1352.70 \text{ pg.g}^{-1}$ ), heptacloro ( $1117.90 \text{ pg.g}^{-1}$ ), lindano ( $812.0 \text{ pg.g}^{-1}$ ), dieldrin ( $204.16 \text{ pg.g}^{-1}$ ), heptacloro-epóxido ( $386.64 \text{ pg.g}^{-1}$ ) y endrin ( $124.13 \text{ pg.g}^{-1}$ ). En ambos períodos de muestreo (Mayo 1994, Junio 1997) fue notoria la presencia de residuos de plaguicidas (clorados y fosforados) en el Lago Cocibolca, los cuales probablemente causaron la mortandad de peces, ya que las concentraciones de agroquímicos detectados sobrepasan el límite de tolerancia para los peces y organismos acuáticos.

## INTRODUCCIÓN

Enmarcados en la problemática del ambiente, específicamente en la degradación de la calidad de las aguas e impulsados a obtener información fundamental, referente a la distribución de contaminantes, sobre uno de los recursos hídricos superficiales de mayor potencial y de mucha importancia para el desarrollo del país; como lo es el Lago Cocibolca (Lago de Nicaragua). El Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos (CIRA/UNAN), ha realizado tres estudios en este cuerpo de agua cuyos resultados han demostrado la existencia de residuos de agroquímicos en sus sedimentos superficiales.

El lago Cocibolca está ubicado en la parte sur oeste de Nicaragua entre las coordenadas de longitud  $85^{\circ}$  y  $86^{\circ}$  Oeste y de latitud de  $11^{\circ}$  y  $12^{\circ}$  Norte y una altitud sobre el nivel del mar de 31 m. Este lago posee un espejo de agua con una superficie de  $8,133 \text{ Km}^2$  y una profundidad máxima de 51 m, a el desembocan 45 ríos a través de flujo subsuperficial recibe  $450 \text{ mm}^3$  al

año. Según datos reportados en estudios anteriores, el lago Cocibolca presenta un excedente promedio anual de  $460 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (Evaluación Rápida de los Recursos Hídricos-Comisión Nacional de los Recursos Hídricos-Volumen 2, 1997). Entre otras características está su riqueza en ictiofauna, su carácter polimíctico está atribuido a la formación de oleaje en su superficie debido a la acción del viento.

Un primer muestreo (17, 18, 19 de mayo 1994) fue propuesto por el CIRA/UNAN al Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARENA), para ejecutar un reconocimiento exhaustivo y encontrar las explicaciones a la aparición de peces muertos al suroeste del gran lago. Este estudio fue aprobado por MARENA y ejecutado con el soporte económico de DANIDA (Agencia Danesa para el Desarrollo).

Un segundo muestreo (12, 13, 14 de junio 1997) se realizó en conjunto con un grupo de especialistas de la Universidad de Michigan; cuyo objetivo fue realizar un estudio Paleolimnológico y Paleoecológico; así como obtener un perfil sísmico (Fallas o fracturas) del lago. El objetivo para este segundo muestreo fue determinar la composición del bentos, analizar  $\text{Pb}_{210}$  (resultados en proceso), determinar concentraciones de metales pesados y de residuos de plaguicidas organoclorados y organofosforados en los sedimentos superficiales del lago Cocibolca.

En este mismo año 1997, el CIRA/UNAN ejecutó el "Proyecto Generación de las Bases Científico-Técnicas y Sociales para la Formulación de un Plan de Saneamiento de Granada y su Área de Influencia", en el cual se muestra la presencia de residuos de plaguicidas en arroyos de la ciudad de Granada y en el propio Lago Cocibolca.

Por todas sus características limnológicas el Lago Cocibolca, ha sido propuesta de estudios ambiciosos, los que no pueden ser desarrollados por la pobre economía del país. Actualmente este lago está siendo utilizado para el desarrollo de actividades de producción y servicios, como por ejemplo: actividad pesquera tradicional, transporte acuático relacionado a cuatro puertos lacustres (Puerto San Jorge, Puerto de Granada, Ometepe y San Carlos), servicios relacionados al turismo, extracción de agua para riego, fuente de agua para ganado y receptor de desechos industriales y domésticos.

En estudios realizados por el CIRA/UNAN, el Lago Cocibolca ha sido considerado como una fuente de gran potencial de agua con buena calidad (Características Físico-químicas de las aguas del Lago de Nicaragua CIRA/UNAN, 1993-1994).

Por otra parte, resultados de estudios realizados por el Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA), han demostrado que sus aguas son de buena calidad y ha sido evaluado como una alternativa de agua potable, una vez que los acuíferos de Managua estén agotados.

El lago Cocibolca a pesar de ser la fuente de agua más importante de Nicaragua, ha sido descuidada y la actividad antropogénica (deforestación, vertido de desechos sólidos y líquidos tanto de la actividad doméstica como de la industrial, el uso de agroquímicos y fertilizantes, etc.) que se desarrolla en su cuenca ( con una extensión de 15 600 Km<sup>2</sup> ) está teniendo un efecto sobre la calidad de sus aguas.

El objetivo de este estudio es investigar la distribución de los plaguicidas organoclorados y organofosforados en sedimentos del Lago Cocibolca

## **DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO**

El área de estudio seleccionada fue el Lago Cocibolca también conocido como Lago de Nicaragua o Lago de Granada, es el cuerpo de agua dulce más grande y está ubicado en la parte sur oeste de Nicaragua entre las coordenadas de longitud 85° y 86° Oeste y de latitud de 11° y 12° Norte y una altitud sobre el nivel del mar de 31 m.

Los puntos muestreados en ambos estudios (mayo 1994-junio 1997) fueron elegidos de forma que fueran los más representativos y fueron fijados haciendo uso de un Sistema de Posicionamiento Global (SPG) en los que se tomaron muestras de sedimentos superficiales (Tabla No. 1 y No. 2). Ver coordenadas en la tablas 1 y 2.

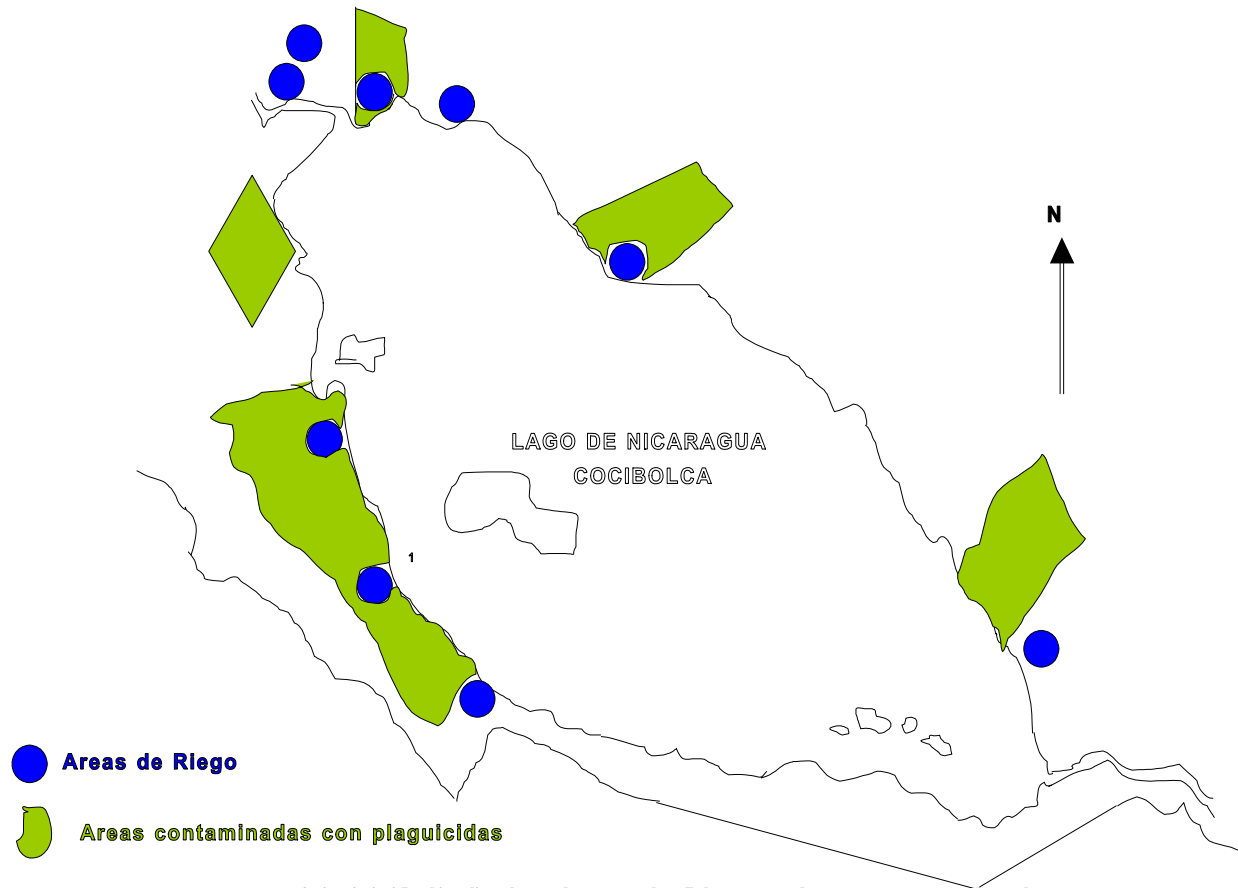


Fig. No.1 Principales Areas de Riego y Areas contaminadas con plaguicidas. Fuente: PARH-Comisin Nacional de los Recursos Hdricos-1997.

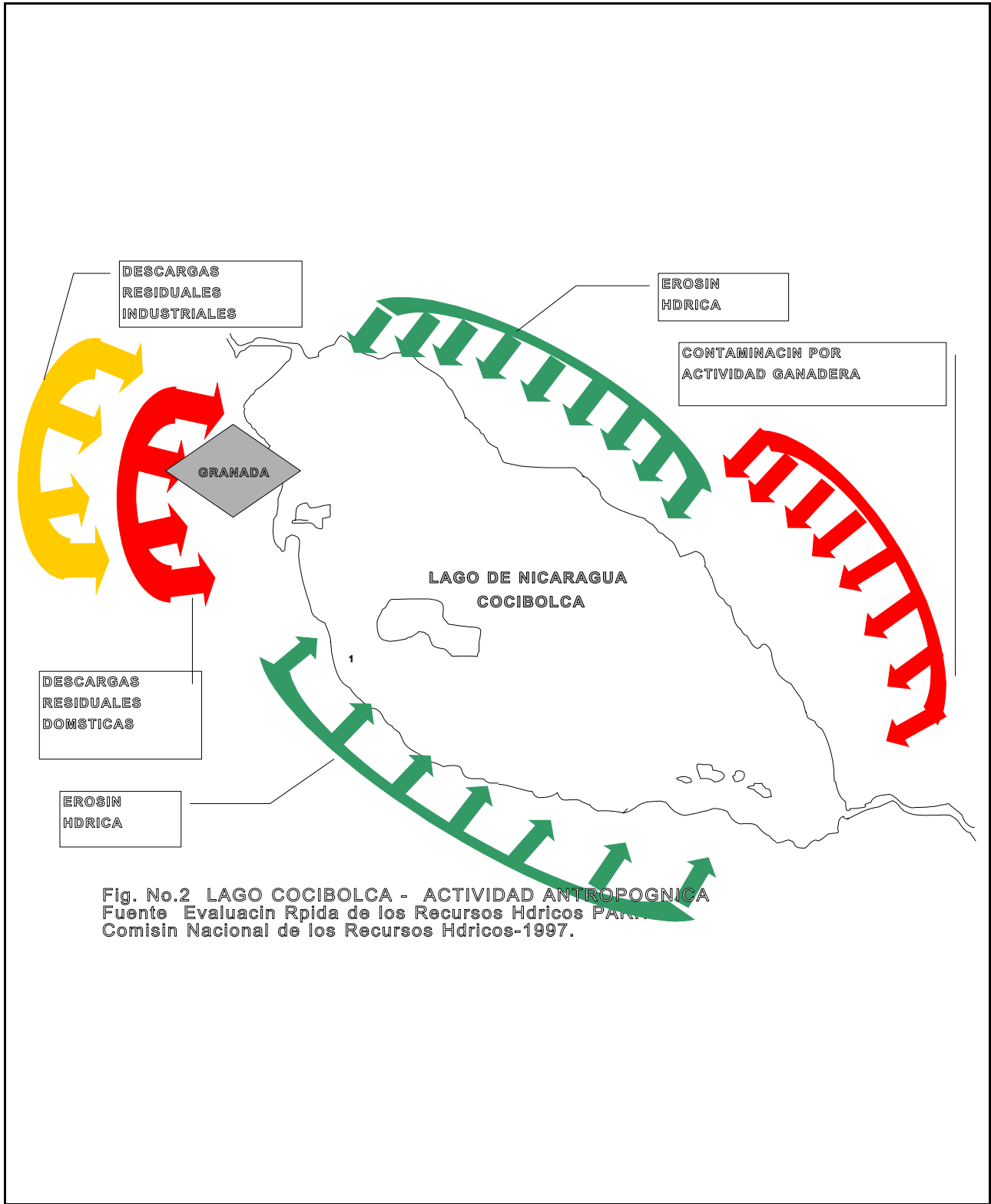


Fig. No.2 LAGO COCIBOLCA - ACTIVIDAD ANTROPOGNICA  
Fuente Evaluacin Rpida de los Recursos Hdricos PA...  
Comisin Nacional de los Recursos Hdricos-1997.

**Tabla No. 1 Puerto Sn. Jorge ( muelle ) - 11<sup>0</sup> 27' 35.2 N 79<sup>0</sup> 47' 23.7O ( Mayo 1994)**

PUNTOS	COORDENADAS		PROFUNDIDAD ( metros )
	N	O	
1	11 <sup>0</sup> 27' 52.4"	85 <sup>0</sup> 44' 32.4"	09
2	11 <sup>0</sup> 27' 51.5"	85 <sup>0</sup> 43' 04.2"	10
3	11 <sup>0</sup> 27' 41.5"	85 <sup>0</sup> 40' 17.9"	10
4	11 <sup>0</sup> 24' 58.4"	85 <sup>0</sup> 40' 37.3"	15
5	11 <sup>0</sup> 22' 15.9"	85 <sup>0</sup> 40' 13.6"	13
6	11 <sup>0</sup> 22' 41.6"	85 <sup>0</sup> 38' 33.5"	12
7	11 <sup>0</sup> 22' 57.3"	85 <sup>0</sup> 35' 46.2"	13
8	11 <sup>0</sup> 23' 25.7"	85 <sup>0</sup> 32' 56.7"	15
9	11 <sup>0</sup> 23' 40.9"	85 <sup>0</sup> 30' 12.2"	41.5
10	11 <sup>0</sup> 26' 48.9"	85 <sup>0</sup> 25' 04.2"	08
11	11 <sup>0</sup> 30' 47.3"	85 <sup>0</sup> 28' 07.9"	15
12	11 <sup>0</sup> 32' 47.9"	85 <sup>0</sup> 30' 20.3"	15
13	11 <sup>0</sup> 34' 54.8"	85 <sup>0</sup> 32' 33.6"	10
<b>MOYOGALPA MUELLE - 11<sup>0</sup> 32'20.8"N 85<sup>0</sup> 42' 08.2"O</b>			
14	11 <sup>0</sup> 30' 32.6"	85 <sup>0</sup> 44' 18.3"	06
15	11 <sup>0</sup> 26' 18.0"	85 <sup>0</sup> 37' 08.8"	12
16	11 <sup>0</sup> 22' 19.7"	85 <sup>0</sup> 27' 36.8"	35
17	11 <sup>0</sup> 19' 40.6"	85 <sup>0</sup> 26' 41.0"	17
18	11 <sup>0</sup> 17' 18.7"	85 <sup>0</sup> 25' 11.2"	17
19	11 <sup>0</sup> 14' 45.7"	85 <sup>0</sup> 16' 10.3"	10
20	11 <sup>0</sup> 13' 36.3"	85 <sup>0</sup> 11' 14.8"	09
21	11 <sup>0</sup> 13' 49.4"	85 <sup>0</sup> 05' 39.8"	07
22	11 <sup>0</sup> 13' 28.8"	85 <sup>0</sup> 00' 01.6"	09

**Tabla No.1 (contin.) Isla Macarrón, Solentiname 11° 10' 10.1" N 85° 58' 59.4" O  
(Mayo 1994)**

PUNTOS	COORDENADAS		PROFUNDIDAD ( metros )
	N	O	
23	11° 21' 34.1"	85° 58' 53.4"	05
24	11° 24' 34.1"	85° 06' 45.6"	08
25	11° 31' 40.5"	85° 09' 57.1"	10
26	11° 32' 01.5"	85° 18' 15.9"	12
27	11° 34' 10.5"	85° 26' 14.6"	12
28	11° 36' 07.1"	85° 35' 07.5"	13
29	11° 34' 49.9"	85° 42' 49.9"	14
30	11° 32' 25.5"	85° 43' 37.58"	0

**Tabla No.2 MUESTREO junio de 1997**

PUNTOS	COORDENADAS		PROFUNDIDAD ( metros )
	N	O	
COC-01	12° 02.806'	85° 51.638'	01.5
COC-02	11° 58.600'	85° 50.400'	07.6
COC-03	11° 52.100'	85° 47.800'	09.8
COC-04	11° 49.800'	85° 44.500'	10.7
COC-05	11° 47.300'	85° 40.900'	10.4
COC-06	11° 44.800'	85° 37.000'	12.8
COC-07	11° 42.100'	85° 33.300'	13.1
COC-08	11° 31.827'	85° 15.640'	22.9
COC-10	11° 20.600'	85° 26.100'	33.2
COC-11	11° 27.500'	85° 39.400'	10.4
COC-12	11° 25.300'	85° 35.000'	10.7
COC-13	11° 15.500'	85° 31.200'	14.0
COC-14	11° 18.250'	85° 08.500'	09.0
COC-15	11° 42.704'	85° 18.132'	09.0
COC-16	11° 51.052'	85° 25.052'	07.0
COC-17	11° 56.914'	85° 35.045'	07.0
COC-18	11° 55.464'	85° 40.100'	08.5
COC-19	12° 01.637'	85° 42.806'	07.0

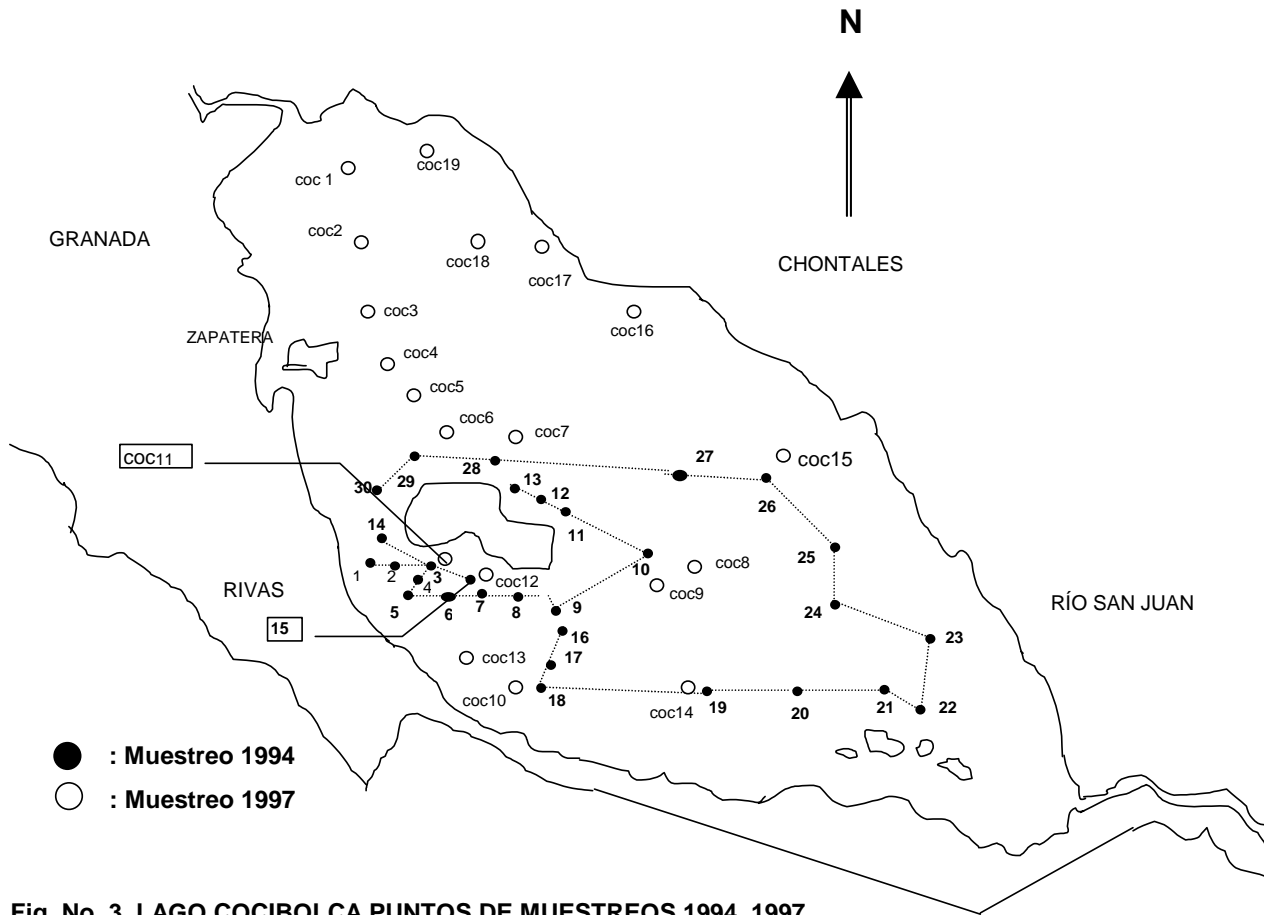


Fig. No. 3 LAGO COCIBOLCA PUNTOS DE MUESTREOS 1994, 1997



## **MATERIALES Y METODOS**

El primer muestreo de sedimentos fue realizado en los días 17,18 y 19 de mayo de 1994 en 30 puntos que comprendieron aproximadamente el 50 % de la superficie del lago, estos fueron distribuidos así: 13 puntos alrededor de Puerto San Jorge (muelle), 9 puntos alrededor de Moyogalpa (muelle) y 8 puntos en la isla Macarrón, Solentiname.

El segundo muestreo fue realizado los días 12, 13 y 14 de junio de 1997, en el que fueron seleccionados 18 puntos para la toma de muestras de sedimentos.

En ambos muestreos los sedimentos fueron colectados con una draga Van Veen (305.8 cm<sup>2</sup>). Luego los sedimentos colectados se colocaron en una bandeja metálica cubierta con papel de aluminio; se homogenizaron con vidrio previamente lavados y rotulados con la información exacta del punto una espátula metálica y seguidamente fueron transferidos a frascos de de muestreo. Las muestras posteriormente fueron transportadas en termos con hielo hasta al laboratorio.

Previo al análisis los sedimentos fueron secados a temperatura ambiente, y homogenizados a travez de de un tamíz de 600 micrómetros de luz malla. Posteriormente se les práctico el análisis de residuos de plaguicidas organoclorados y organofosforados.

## **EXTRACCIÓN DE LOS PLAGUICIDAS**

Para la extracción de los residuos de plaguicidas se pesaron 20 g de sedimento seco; luego fueron extractados por la técnica de Soxhlet con dos tipos de solventes grado pesticida (n-hexano y Diclorometano, respectivamente), luego ambas extracciones fueron concentradas en Kuderna Danish, enjuagando con n-hexano para eliminar todo el diclorometano y reemplazarlo por hexano; la muestra fue evaporada con un flujo suave de nitrógeno hasta un volumen aproximado de 2 ml. Luego al extracto de los sedimentos se le realizó destrucción de azufre.

## **DESTRUCCIÓN DE AZUFRE**

El extracto de 2 ml fue tratado con 2-Propanol, Tetrabutyl Amonio, sulfito de sodio y agua destilada, la cual había sido previamente extractada con hexano. Luego se separó el extracto y se evaporó hasta un volumen de 0.5 ml aplicando flujo de nitrógeno posteriormente se aforó a 5 ml.

## **SEPARACIÓN POR COLUMNA DE FLORISIL**

Para la separación de los plaguicidas organoclorados la muestra fue transferida a una columna empacada con 16 g de florisil y eluída con los solventes hexano, hexano-diclorometano y diclorometano, obteniéndose los siguientes compuestos: en la primera fracción se obtuvo HCB, heptacloro, Aldrin y pp-DDE; en la segunda fracción -BHC, -BHC, lindano, -BHC, pp-DDD, pp-DDT y toxafeno; en la tercera fracción el heptacloro-epóxido, -endosulfano, dieldrín y endrín.

Las tres fracciones fueron concentradas individualmente en el rotaevaporador, la primera

fracción fue evaporada con flujo de nitrógeno; la segunda y la tercera fracción se pasaron individualmente

al equipo de Kuderna Danish, fueron concentradas y evaporadas con flujo de nitrógeno. Posteriormente fueron aforadas e inyectadas en el Cromatógrafo de Gases.

## **CONTROL DE CALIDAD ANALÍTICO**

Para asegurar la exactitud y precisión de los análisis fueron extractadas a la par de las muestras de sedimentos, muestras fortificadas conteniendo 15 plaguicidas organoclorados de concentraciones conocidas.

En el caso de los plaguicidas organofosforados, la metodología que se sigue es la misma a diferencia que la muestra estándar contiene 15 plaguicidas organofosforados de concentraciones conocidas.

El control de la reproducibilidad de los plaguicidas analizados se obtuvo realizando el análisis por duplicado a cada grupo de muestras de sedimento, incluyendo en cada grupo un blanco conteniendo HCB como estándar interno, una muestra fortificada con los 15 plaguicidas organoclorados y una muestra fortificada de toxafeno.

A todas las muestras de sedimentos se les agregó HCB como estándar interno desde el inicio del análisis (extracción de los residuos).

## **ANALISIS INSTRUMENTAL DE LAS MUESTRAS**

Los extractos de las muestras fueron inyectados en un Cromatógrafo de Gases VARIAN 3400 equipado con Detector de Captura Electrónica (ECD Ni<sup>63</sup>), fue utilizado para la identificación y cuantificación de los residuos de los plaguicidas analizados. Las muestras fueron inyectadas en el modo de "splitless" dentro de una columna capilar DB-5 de 30 mt. de longitud y de un diámetro interno de 0.32 mm, utilizando como gas portador hidrógeno con una velocidad lineal de 55 cm.S<sup>-1</sup> y nitrógeno como gas de limpieza. El programa de temperatura utilizado fue: 80 ° C ( 1min ), 4 ° c.min<sup>-1</sup> a 200 ° C, 3 ° c.min<sup>-1</sup> a 230 ° C, 15 ° c.min<sup>-1</sup> a 250 ° C (5 min). La temperatura del detector y la del inyector fueron 350 y 250° respectivamente.

**Tabla No. 3 Resultados de plaguicidas organoclorados en sedimentos del lago Cocibolca (pg/g peso seco) Mayo 1994**

Puntos	$\alpha$ -BHC	$\beta$ -BHC	$\delta$ -BHC	Lindano	Aldrin	Dieldrin	Endrin	Heptacl	Heptepóx	$\alpha$ -endo	$\beta$ -endo	pp-DDE	pp-DDD	pp-DDT	Toxafeno
1	nd	Nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	99.49	nd	nd	nd
2	nd	Nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	168.78	nd	nd	nd
3	nd	Nd	nd	82.71	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	790.27	nd	nd	nd
4	nd	Nd	nd	44.24	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	216.12	nd	nd	nd
5	nd	Nd	nd	78.50	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	85.60	nd	nd	nd
6	nd	Nd	nd	nd	6767	nd	nd	84.34	nd	nd	nd	348.67	nd	nd	nd
7	nd	Nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
8	nd	Nd	nd	181.30	nd	198.46	nd	nd	nd	nd	nd	296.42	nd	nd	nd
9	nd	Nd	nd	nd	nd	66.92	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
10	nd	Nd	nd	124.70	nd	127.27	nd	nd	nd	nd	nd	244.33	nd	nd	nd
11	nd	Nd	nd	114.58	nd	168.38	nd	nd	nd	nd	nd	184.82	nd	nd	nd
12	nd	Nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
13	nd	Nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
14	nd	Nd	nd	nd	nd	73.97	nd	nd	nd	nd	nd	78.92	nd	nd	nd
15	nd	Nd	nd	nd	nd	96.27	nd	nd	nd	nd	nd	192.64	nd	nd	nd
16	nd	Nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
17	nd	Nd	nd	157.61	nd	184.55	nd	nd	nd	nd	nd	210.79	nd	nd	nd
18	nd	Nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
19	nd	Nd	nd	72.00	nd	98.30	nd	nd	nd	nd	nd	416.37	nd	nd	nd
20	nd	Nd	nd	63.54	nd	73.05	nd	nd	nd	nd	nd	119.19	nd	nd	nd
21	nd	Nd	nd	90.21	nd	97.18	nd	nd	nd	nd	nd	247.41	nd	nd	nd
22	nd	Nd	nd	131.30	nd	nd	66.80	nd	nd	nd	nd	186.67	nd	nd	nd
23	nd	Nd	nd	66.30	nd	94.13	nd	nd	nd	nd	nd	169.40	nd	199.58	nd
24	nd	Nd	nd	55.57	nd	148.57	nd	nd	nd	nd	nd	178.40	nd	nd	nd
25	nd	Nd	nd	69.36	nd	99.69	nd	nd	nd	nd	nd	111.40	nd	nd	nd
26	nd	Nd	nd	46.12	nd	100.29	nd	nd	nd	nd	nd	135.86	nd	nd	nd
27	nd	Nd	nd	81.29	nd	98.56	nd	nd	nd	nd	nd	238.63	nd	nd	nd
28	nd	Nd	nd	85.27	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	211.76	nd	nd	nd
29	nd	Nd	nd	88.47	nd	170.30	nd	nd	nd	nd	nd	217.98	nd	nd	nd
30	nd	Nd	nd	nd	nd	70.02	nd	nd	nd	nd	nd	256.21	nd	nd	nd

nd: Analizado pero no detectado

**Tabla No.4 Resultados de plaguicidas organofosforados en sedimentos del lago Cocibolca (pg/g peso seco) Mayo 1994**

Puntos	Mocap	Naled	forate	Terbufos	Diazinon	Fention	E-Paration	M-paration	Clorfenv	Def	Etion	Gution	Zolone	Coral
1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
3	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
4	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
5	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
6	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
7	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	3,140.00	nd	nd	nd	nd	nd	nd
9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
10	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
11	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	3,990.00	nd	nd	nd	nd	nd	nd
12	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
13	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	3,140.00	nd	nd	nd	nd	nd	nd
14	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	6,130.00	nd	nd	nd	nd	nd	nd
15	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1,500.00	nd	nd	nd	nd	nd	nd
16	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
17	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
18	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
19	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
20	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
21	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	4,540.00	nd	nd	nd	nd	nd	nd
22	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
23	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
24	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
25	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
26	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
27	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
28	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
29	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1,630.00	nd	nd	nd	nd	nd	nd
30	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

**Tabla No. 5 Resultados de plaguicidas organoclorados en sedimentos del lago Cocibolca ( pg/g peso seco) Junio1997**

Puntos	$\alpha$ -BHC	$\beta$ -BHC	$\delta$ -BHC	Aldrin	Dieldrin	Endrin	Heptacl	Heptaepóx	$\alpha$ -endos	$\beta$ -Endos	pp-DDE	pp-DDD	pp-DDT	Lindano	Toxafeno
COC-01	nd	nd	nd	nd	nd	Nd	1,019.31	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
COC-02	nd	nd	nd	nd	79.16	Nd	286.31	nd	nd	nd	1,352.70	nd	nd	370.00	nd
COC-03	nd	nd	nd	nd	150.00	Nd	1,117.90	nd	nd	nd	429.50	nd	nd	469.10	nd
COC-04	nd	nd	nd	nd	96.66	nd	567.25	nd	nd	nd	989.95	nd	nd	48.65	nd
COC-05	nd	nd	nd	nd	120.40	nd	326.00	234.75	nd	nd	920.83	nd	nd	410.40	nd
COC-06	nd	nd	nd	nd	65.40	nd	610.70	385.88	nd	nd	817.21	nd	nd	734.92	nd
COC-07	nd	nd	nd	nd	183.00	nd	418.30	293.80	nd	nd	588.80	nd	nd	619.02	nd
COC-08	nd	nd	nd	nd	172.81	nd	435.65	nd	nd	nd	172.22	nd	nd	267.68	nd
COC-10	nd	nd	nd	nd	199.30	nd	734.84	220.28	nd	nd	325.36	nd	nd	744.38	nd
COC-11	nd	nd	nd	nd	nd	nd	583.79	145.50	nd	nd	631.57	nd	nd	495.30	nd
COC-12	nd	nd	nd	nd	141.15	nd	771.80	nd	nd	nd	333.21	nd	nd	385.85	nd
COC-13	nd	nd	nd	nd	204.16	nd	655.96	nd	nd	nd	174.03	nd	nd	348.00	nd
COC-14	nd	nd	nd	nd	135.73	nd	594.95	nd	nd	nd	447.50	nd	nd	333.47	nd
COC-15	nd	nd	nd	nd	nd	nd	932.16	nd	nd	nd	384.42	nd	nd	370.81	nd
COC-16	nd	nd	nd	nd	203.69	nd	448.31	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
COC-17	nd	nd	nd	nd	131.33	nd	925.66	324.89	nd	nd	314.52	nd	nd	533.60	nd
COC-18	nd	nd	nd	nd	158.57	124.13	839.20	386.64	nd	nd	469.11	nd	nd	400.28	nd
COC-19	nd	nd	nd	nd	134.72	101.31	523.04	217.00	nd	nd	341.92	nd	nd	812.00	nd

nd: Analizado pero no detectado

## **RESULTADOS**

### **MUESTREO MAYO 1994**

#### **PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS**

De los 15 plaguicidas organoclorados analizados en las 30 muestras de sedimentos del lago los que tuvieron mayor presencia son; pp-DDE, lindano y dieldrin. Los que se detectaron en menor frecuencia son heptacloro, aldrin, endrin y pp-DDT.

Los valores máximos de los plaguicidas organoclorados detectados fueron:pp-DDE( 790.27  $\text{pg.g}^{-1}$ ) en el punto No. 3; lindano (181.30  $\text{pg.g}^{-1}$ ) y dieldrin con (198.46  $\text{pg.g}^{-1}$ ) ambos en el punto No. 8 heptacloro (84.30  $\text{pg.g}^{-1}$ ) y aldrin( 67.67  $\text{pg.g}^{-1}$ ) ambos en el punto No. 6. El pp-DDT se detectó únicamente en el punto No. 23 con (199.58  $\text{pg.g}^{-1}$ ) y el endrin con (66.80  $\text{pg.g}^{-1}$ ) en el punto No. 22.(Tabla N<sup>o</sup> 3).

#### **PLAGUICIDAS ORGANOFOSFORADOS**

Referente a los 15 plaguicidas organofosforados solamente se detectó presencia de metilparation en un rango de concentración de 1,500  $\text{pg.g}^{-1}$  hasta 6,130  $\text{pg.g}^{-1}$  en 7 puntos de muestro. Análisis de plaguicidas organofosforados en los sedimentos superficiales del Lago Cocibolca solamente fueron realizados en el muestreo de mayo 1994 (Tabla N<sup>o</sup> 4).

### **MUESTREO JUNIO 1997**

#### **PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS**

Respecto a los resultados de plaguicidas organoclorados en la segunda mision de campo, realizada en Junio de 1997 estos reflejan la presencia de: lindano, dieldrin, endrin, heptacloro, heptacloroepóxido y pp-DDE. El lindano fue encontrado en concentraciones que variaron de 267.68 a 812.00  $\text{pg.g}^{-1}$  peso seco la mayor concentración fue encontrada en el punto No. 19; dieldrin fue otro de los plaguicidas que se encontró con mayor frecuencia, las concentraciones variaron de 65.40 a 204.16  $\text{pg.g}^{-1}$  peso seco la mayor concentración se encontró en el punto No. 13. La presencia de heptacloroepóxido fue poca frecuencia los valores encontrados variaron de145.50 a 386.64  $\text{pg.g}^{-1}$  ; el pp-DDE es el plaguicida que se encontró con mayor frecuencia, se encontró en 16 de los 18 puntos muestreados; y sus concentraciones variaron 172.22 a 1,352.70  $\text{pg.g}^{-1}$  peso, la mayor concentració fue encontrada en el punto No. 2. Y por último, el heptacloro fue encontrado en todos los puntos de muestreo; las concentraciones encontradas van desde 286.31 $\text{pg.g}^{-1}$  a 1,117.90  $\text{pg.g}^{-1}$  (Tabla N<sup>o</sup> 5).

## **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

El Lago Cocibolca tiene como principal fuente de contaminación antropogénica a la población de la ciudad de Granada, debido a que existe un débil e insuficiente manejo y procesamiento de desechos sólidos y líquidos generados por la actividad industrial y doméstica. Se pueden apreciar basureros ilegales a orillas de la costa y arroyos que llegan a

las mismas con un importante contenido de desechos crudos, a esto hay que sumar la deposición de sólidos generados por la actividad turística.

También al Lago Cocibolca llegan directamente compuestos tóxicos como metales, fertilizantes y plaguicidas que afectan la calidad de sus aguas. Estos compuestos, adheridos a partículas de suelos cultivados de varias subcuencas, llegan directamente a las costas del gran lago por escorrentías originadas por las lluvias que han lixiviados los suelos erosionados, posteriormente son dispersados en la superficie del cuerpo de agua por la acción del viento y trasladados a capas de aguas inferiores por las corrientes internas ( mediciones de corrientes internas ) para finalmente ser depositados en los sedimentos del mismo. Estas sustancias de alta toxicidad tienen su origen en el uso irracional por la actividad agrícola en las subcuencas y se incorporan al lago gradualmente con las escorrentías.

## **PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS**

### **MUESTREO MAYO DE 1994**

Los resultados del muestreo de **mayo de 1994** reflejan datos puntuales de concentraciones de plaguicidas distribuidos a lo largo del área de estudio. Plaguicidas como: **pp-DDE**, **dieldrín** y **lindano** en menor concentración, fueron detectados en concentraciones máximas de **790.27**, **198.46**, y **181.30 pg.g<sup>-1</sup>** respectivamente. Estos agroquímicos caracterizados por ser compuestos organoclorados, son de gran persistencia y acumulación en el medio ambiente y algunos son productos de degradación del compuesto original como es el caso del pp-DDE.

La presencia del pp-DDE en concentraciones relativamente altas en el Lago Cocibolca, puede ser atribuida al uso del pp- DDT tanto en la agricultura como en control de vectores, en las zonas de amortiguamiento, ya que, este compuesto una vez incorporado al medio ambiente es metabolizado a pp-DDE.

Es importante mencionar que las características granulométricas que presentan los sedimentos son de: limo-arcillosos, lo que hace, que con mayor facilidad se adhieran estos compuestos. Los puntos de muestreo donde no se detectó el pp-DEE, fueron en aquellos sedimentos que se encuentran a mayor profundidad.

El lindano fue detectado en los puntos que se encuentran distribuidos en el área comprendida entre Moyogalpa y Solentiname, a excepción de los puntos donde los sedimentos son más profundo.

La presencia del lindano se le puede atribuir a su uso en el control de insectos del suelo, salud pública y tratamiento de semillas en zonas aledañas a San Jorge, La Virgen, Moyogalpa y Solentiname.

Al igual que el lindano, la presencia de dieldrín puede ser atribuida a la misma actividad de esas mismas zonas.

Caracterizados por sus propiedades químicas y físicas, estos compuestos no son degradados rápidamente por el ambiente una vez que son incorporados al ecosistema, permaneciendo en éste por años. Condiciones ambientales como humedad, temperatura, precipitaciones, tipos de suelos, corrientes de aire, uso inadecuado de los mismos, etc.

hacen que estos compuestos permanezcan a un más tiempo incorporados a matrices ambientales y en el cuerpo del hombre mismo, producto de su gradual acumulación.

El uso de algunos plaguicidas organoclorados a nivel nacional ha sido prohibido, pero sin duda alguna recientemente han sido utilizados, la evidencia puede ser mostrada por la presencia de algunos de ellos en el ambiente, ejemplo de esto es la presencia de los compuestos mencionados anteriormente en el Lago Cocibolca.

### **MUESTREO JUNIO 1997.**

Los resultados del muestreo realizado en junio de 1997 en sedimentos en otros puntos del lago, también demuestran su uso. Plaguicidas depositados en los sedimentos son distribuidos por la dinámica de las aguas y por su movilidad una vez incorporados a éste.

Cualitativamente el muestreo de **junio de 1997** ha demostrado la presencia y distribución horizontal en el lago de los plaguicidas como: **dieldrín**, **pp-DDE** y **lindano** en concentraciones relativamente más altas que las encontradas en mayo de 1994. Adicionalmente plaguicidas como el **heptacloro** y su metabolito el **heptacloroepóxido** fueron encontrados en sedimentos. La presencia de estos compuestos en concentraciones altas revelan la influencia que tiene la asentuada erosión hídrica de la subcuenca al noroeste del lago y tipos de sedimentos.

La presencia de estos plaguicidas es atribuída a su prolongada vida media en el ambiente, más específicamente en el suelo, en el caso del heptacloro se ha estimado una vida media de 7 hasta 12 años, para el dieldrín de 1 a 7 años, para el pp-DDT de 3 a 10 años y para el lindano de 2 años.

Estos mismos plaguicidas han sido clasificado por la Organización Mundial de la Salud como tóxicos y se ha estimado un rango de concentraciones de alto riesgo en cuanto a su toxicidad para peces en: 20-36  $\text{g.L}^{-1}$  de lindano, 0.9-1.7  $\text{g.L}^{-1}$  de dieldrín y 6.8-11.4  $\text{g.L}^{-1}$  de pp-DDT.



Una característica del **lindano** es su volatilidad relativamente alta, lo que hace que este sea fácilmente evaporado y transportado por el aire, su presencia indica su uso reciente en áreas cercanas, puesto que su persistencia en los suelos es relativamente corta. Se estima que el 60 % de la cantidad aplicada a los cultivos es incorporada al suelo donde ha sido aplicado.

La presencia del **dieldrín** en el lago en concentraciones considerables se debe a su prolongada persistencia y a su estabilidad tanto en medios ácidos como alcalinos, es fuertemente absorbido por el sedimento y posee un bajo potencial de lixiviación. Su presencia en los sedimentos del lago se debe a la incorporación por la dinámica de las lluvias, vientos y por ende de su aplicación en la actividad agrícola en la macrocuenca.

Concentraciones de **pp-DDE** son producto de la degradación del **pp-DDT** que se encuentra ampliamente distribuido en el ambiente. La presencia del pp-DDE en la mayoría de los puntos indica que el pp-DDT ha sido ampliamente utilizado en algunos cultivos en la cuenca del lago, y posiblemente utilizado en el control de vectores en las comunidades aledañas. Estas concentraciones indican que la contaminación no es reciente, debido a que no se detectó el pp-DDT que es el compuesto original.

Las relativamente altas concentraciones de **heptacloro** que fueron detectadas en este muestreo y la poca presencia de heptacloroepóxido puede indicar una contaminación reciente causada por la actividad agrícola en las isletas, así como en las distintas subcuencas, ya que en puntos cercanos a las costas del lago el heptacloro fue detectado en concentraciones un poco más altas.

## **PLAGUICIDAS ORGANOFOSFORADOS**

De los 15 plaguicidas organofosforados analizados en los sedimentos en el período de muestreo (Mayo, 1994), solamente se encontró **metil-Paratión** en 7 de los 30 puntos estudiados, las concentraciones variaron de **1500.00 a 6130.00 pg.g<sup>-1</sup>**. A diferencia de los plaguicidas organoclorados y de acuerdo a sus propiedades físicas y químicas, este plaguicida cuando entra en contacto con el suelo no permanece mucho tiempo en él, debido a que se degrada con bastante rapidez. Las concentraciones encontradas son altas lo que implica que su degradación sea más lenta; la presencia de estas concentraciones indican que esta contaminación se debe al uso reciente del metil-paratión en el control de plagas. **La mayoría de los puntos donde se detectó la presencia del metil-Paratión son puntos aledaños al poblado de Moyogalpa, por lo que hace indicar el uso directo de este plaguicida en cultivos oriundos de la zona.**

## CONCLUSIONES

- De acuerdo a los resultados de ambos períodos de muestreos (mayo 1994, junio 1997), es notoria la amplia distribución y presencia de residuos tóxicos en los sedimentos del lago, específicamente de pp-DDE, dieldrín, lindano y heptacloro. Las concentraciones de dieldrín y pp-DDE son similares en los dos muestreos realizados. En cuanto al lindano las concentraciones más altas se detectaron en el segundo muestreo.
- La contribución de plaguicidas puede ser atribuída a las actividades agrícola en las distintas subcuencas del lago, el uso de plaguicidas organoclorados y organofosforados en esta actividad antropogénica.
- La falta de control en el uso de estos agroquímicos, a lo largo de la cuenca del lago y la implementación de nuevos cultivos, hacen de esta fuente superficial de agua un receptor de residuos tóxicos.
- Aunque algunos de estos compuestos han sido prohibidos en décadas pasadas a nivel interno, sin embargo no ha existido un control estricto en su uso, por tal razón las posibilidades de encontrarlos en el ambiente son alta.
- La principal defensa de este cuerpo de agua ante la acción antropogénica, es su inmenso volumen de agua, el que permite la asimilación y depuración natural de los contaminantes que llegan a él, un caso de excepción, son los de algunos residuos tóxicos que son muy pocos biodegradables y de prolongada persistencia, cuyos efectos son a largo plazo producto de su acumulación e incorporación a organismos vivos en el ecosistema.
- Los efectos de la presencia de residuos tóxicos en los sedimentos del lago Cocibolca, podrían ser determinados por la contaminación de los peces de este lago y una posible desaparición de algunas especies que habitan en este ecosistema, así como su afectación a la comunidad de indicadores biológicos como el Zooplancton y el Zoobentos.
- El desarrollo agrícola en las subcuencas, el mal manejo de suelos, la inexistencia de control sobre el uso de agroquímicos, la erosión de los suelos, la dirección de los vientos y lluvias y otros factores, han sido los responsables de la presencia de residuos tóxicos en el gran lago.

## RECOMENDACIONES

- Entidades gubernamentales y ONGs de Granada así como de las diferentes subcuencas, podrían desempeñar un papel importante en cambiar el uso tradicional de plaguicidas sintéticos por el uso de plaguicidas naturales para el control de plagas, en los agricultores de las zonas de amortiguamiento, como una alternativa para detener la contaminación del lago por agroquímicos.
- Crear un proyecto de capacitación dirigida a los agricultores, el que integre elementos como: manejo de suelos en la cuenca de drenaje del lago, la problemática ambiental, impacto del uso de agroquímicos en las diferentes subcuencas. Esto contribuiría a minimizar la erosión del suelo y el consiguiente arrastre de sedimentos contaminados con plaguicidas hacia el lago.
- Se recomienda que el Ministerio de Agricultura y Ganadería, aumente e intensifique programas de Manejo Integrado de Plagas en las diferentes subcuencas y hacer público la lista de los plaguicidas prohibidos y restringidos con su respectiva argumentación y explicación al alcance.
- Los gobiernos locales podrían diseñar un Programa de Monitoreo para la macrocuenca en cuanto a contaminación por: desechos sólidos y líquidos, contaminación bacteriológica, contaminación por tóxicos (metales pesados y plaguicidas) y desechos industriales.
- Realizar un estudio de Impacto Ambiental debido al desarrollo del turismo en la macrocuenca.
- Definir el uso del agua del Lago Cocibolca considerando los resultados de la presencia de plaguicidas en este cuerpo de agua.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Castillo., L., 1995. Manual de plaguicidas: Universidad Nacional (Costa Rica). Programa de plaguicidas.

Plan de Acción para el Manejo Sostenible de los Recursos Hídricos en Nicaragua. República de Nicaragua, Comisión Nacional de los Recursos Hídricos. Evaluación Rápida de los Recursos Hídricos Volumen 1 y 2.

CIRA/UNAN, 1997. Informe Final Proyecto Generación de las Bases Científico-Técnicas y Sociales para la Formulación de un Plan de Saneamiento de Granada y su Área de Influencia.