

**ESTUDIO DE LA CONTAMINACION POR PESTICIDAS, EN ECOSISTEMAS
COSTEROS EN EL ÁREA DE CARTAGENA,
CIÉNAGA DE LA VIRGEN Y ZONA AGRICOLA ADYACENTE (CIOH-IAEA)**

Luz Angela Castro S.¹

*Sección de Contaminación Marina, Centro de Investigaciones Oceanográficas e
Hidrográficas, Cartagena de Indias D.T. y C., Colombia*

RESUMEN

El presente trabajo, se realizó con el fin de evaluar las fuentes que aportan compuestos organoclorados a la Ciénaga de la Virgen, ubicada al noroeste de la Bahía de Cartagena, y establecer los niveles actuales de estos compuestos en esta zona.

Se establecieron tres estaciones en el suelo de la zona adyacente a la Ciénaga de la Virgen, así como en el arroyo Hormiga. Se analizaron los niveles de concentración de residuos de plaguicidas organoclorados, realizando muestreos en cada una de las épocas climáticas del año (seca, húmeda e intermedia), durante 1996. Los mayores valores promedio encontrados en esta zona fueron para DDT y DDD.

Durante esta misma época también se establecieron estaciones en la ciénaga y un punto de referencia fuera de ella. Los niveles encontrados en los sedimentos y las aguas de la Ciénaga presentaron pequeñas variaciones en la época seca e intermedia, mientras que en época húmeda se presentaron los mayores valores, especialmente el DDT y metoxiclor con un promedio total de 0.374 y 0.111 ng/g respectivamente en sedimentos. En aguas los mayores valores fueron para DDT y DDD con un valor promedio de 24.490 y 1.291 ng/g respectivamente. La estación de referencia no presenta influencia de la ciénaga hacia este punto por arrastre de contaminantes.

Por la biodisponibilidad de estos compuestos en la columna de agua, en los peces de la ciénaga se detectaron niveles de DDT y sus metabolitos por encima de los valores máximos admitidos por la FAO/OMS.

ABSTRACT

To determine the sources it was necessary to consider the human activities in the surroundings, such as the rice fields, which have been located on the East Side of the coastal lagoon, for decades. To the south there are several open sewage canals with wastewater from the city that goes into coastal lagoon with out any treatment.

DDT, DDD, DDE and Linden were found in the soil and waters coming from the rice fields although they have not used for that purpose since three years ago varies so the organochlorine compounds were found in both wet and dry seasons showing us their show degradation and persistence. The dry season concentration varies from 0 to 1.426 ng/g and in the wet season from 0 to 10.678 ng/g for sediment.

PCB's were also detected in the wet season especially at the sample station located near the sewage channel; these PCBs seems to be transported by the water and were also detected at the sample stations located in the opening that communicates the coastal lagoon with the Caribbean Sea.

DDT, DDD, DDE were also detected in a fish caught on the coastal lagoon. The scarce presence of fish and bivalves in these waters is remarkable.

¹ Química

1. AREA DE ESTUDIO

1.1 Descripción General

La Ciénaga de la Virgen se encuentra localizada al noroeste de Cartagena, en el departamento de Bolívar, Colombia entre latitudes 10°24'30" a 10°30'00" Norte y longitudes 75°27'30" a 75°31'00" Oeste. Posee una forma triangular, estrecha en el norte y amplia en el sur, con una anchura máxima de 4.5 Km. , una longitud de 7 Km. aproximadamente y un espejo de agua de 22.5 Km².

La Ciénaga posee en sus márgenes vegetación de manglar del tipo *Rhizophora mangle*, excepto en las zonas sur y Sur-Oeste.

En la zona sur se encuentran asentamientos humanos alcanzando una población alrededor de 35000 habitantes, por donde también pasan algunos caños que hacen sus aportes a la ciénaga. Adicionalmente recibe el 60% de las aguas negras que genera la ciudad de Cartagena con un caudal de 62900 m³/día y una carga de 11.52 Ton/día como DBO₅ (Acuacar 96), a través de varios canales colectores tanto abiertos como de alcantarillado ubicados todos estos en esta misma zona.

La ciénaga posee una barra litoral que la separa del mar Caribe, con el que solamente tiene comunicación en la época de invierno (Mayo a Noviembre), cuando cerca de su extremo norte se abre una boca que permite el ingreso de aguas oceánicas, obteniéndose mezcla de agua salada y de origen fluvial, constituyéndose en un sistema estuarino o de laguna costera.

1.2 Estaciones de Muestreo

Teniendo como referencia lo reportado en el estudio de monitoreo realizado por el CIOH en 1993 y, la suspensión de los cultivos de arroz de la zona oriental de la ciénaga desde hace tres años, se seleccionaron una serie de estaciones de muestreo tanto para sedimentos como para aguas y organismos distribuidas así: (Fig. 1)

- * Cinco en el cuerpo de agua principal de la Ciénaga de la Virgen
- * Tres distribuidos a lo largo del suelo antes cultivado en el sector oriental de la Ciénaga
- * Número de arroyos que se encuentren en la zona agrícola del sector oriental de la Ciénaga.
- * Una de referencia en mar abierto

2. MATERIALES Y METODOS

En cada una de las cinco (5) estaciones en la Ciénaga, escogidas previamente, se recolectaron muestras de sedimento superficial y agua. Los peces fueron facilitados por pescadores los cuales los capturaron en la ciénaga. También se recolectaron tres muestras de suelo a lo largo de la zona agrícola, y una de agua en el arroyo Hormiga. También se tomó un punto de referencia mar afuera, ubicado en el sector de la Boquilla, en el mar Caribe, (Tabla 4) donde se tomó muestra de sedimento y agua.

Se planearon tres campañas de muestreo, teniendo en cuenta cada época climática: Seca (Abril de 1996), Intermedia (julio de 1996) y Húmeda (Octubre de 1996).

Las muestras fueron transportadas al laboratorio y congeladas inmediatamente, mientras se realizaba el análisis.

El método de extracción utilizado para organoclorados fue el Soxhlet, utilizando 10g de muestra aproximadamente, mediante reflujo con hexano y diclorometano separadamente, durante 8 horas. Los extractos obtenidos se purificaron mediante cromatografía de columna empacada con 16g de florisil. El azufre presente en los sedimentos se eliminó con mercurio metálico. En los organismos se eliminaron lípidos mediante tratamiento con ácido.

Para la cuantificación y cualificación se utilizó un cromatógrafo de gases Hewlet Packard 5890 Serie II Plus dotado de sistema capilar con una columna HP5 al 3% de 30 m de longitud y 0.320mm de ID bajo las siguientes condiciones:

Puerto de Inyección:	Split/Splitless
Detector:	ECD
Gas de Arrastre:	N ₂ Alta Pureza, 46 cm/Seg medidos a 80 °C
Presión de Cabeza :	15,8 Flujo constante.
Tem. Inicial:	80 °C 1 min.
Rampas:	
1 Rampa	30°C/min. A 175°C(5 min).
2 Rampa	6 °C/min a 212 °C (2 min).
3 Rampa	20°C/min a 280 °C(2 min).
Tem. Detector:	300°C
Makeup gas:	N ₂ , 60 ml/min.
Anodo de purga:	3 ml/min.



Figura N° 1. Fuentes de contaminación por plaguicidas y estaciones de muestreo.

3. DISCUSIÓN Y RESULTADOS

3.1 Suelo y Sedimentos

Las muestras correspondientes a sedimentos de la ciénaga y a suelo, en la zona de cultivo, evidencian la presencia de pesticidas organoclorados durante todas las épocas del año.

En la época seca se observa DDT, DDE y DDD en una concentración promedio de 1.426, 0.021 y 0.087 ng/g respectivamente en las estaciones 8, 9 y 10 ubicadas en la zona de cultivo, y en menor concentración heptacloro. (Tabla 1)

En la época húmeda, aparecen prácticamente los mismos compuestos que en la época seca, pero en mayor concentración. Los valores encontrados fueron de 8.00 ng/g, para DDT, 10.678 ng/g para DDD, 1.90 ng/g para DDE.

Diversos estudios han demostrado que los residuos de plaguicidas organoclorados pueden ser absorbidos sobre

ICA, cancelan licencias del DDT y sus derivados, autorizando su uso en los programas y campañas sanitarias (Morales, Carlos. Regulaciones de plaguicidas).

Debido a que la zona agrícola, arrocerá por excelencia, fue una zona receptora de un gran número de agroquímicos por la misma actividad, en el análisis de cromatografía de gases se observa la presencia de gran cantidad de picos no resueltos y no identificados.

Los sedimentos recolectados en el cuerpo de agua de la Ciénaga de la Virgen, también presentan compuestos como el DDT, DDD y DDE, lindano, y heptacloro en todas las épocas del año, en un rango de concentraciones promedio de 0.080 a 0.420 ng/g, valores inferiores si los comparamos con los encontrados en el suelo cultivado; debido posiblemente al fenómeno de absorción de estos compuestos al material particulado y otra parte soluble en la columna de agua quedando así biodisponibles para los organismos estuarinos, (Livingston, 1976, en: Espinosa et-al 1995). De esta forma podría explicarse la baja deposición de los plaguicidas en los sedimentos estuáricos. Tabla 2.

Tabla 1 Concentración promedia de plaguicidas organoclorados, en 3 estaciones, en suelo de la zona de cultivo, adyacente a la ciénaga de la Virgen, durante 1996. Expresados en ng/g.

Plaguicidas muestreo	Epoca seca (Abril/96)	Epoca Húmeda. (Oct/96)	Promedio Total 1996
α BHC	<0.01	<0.01	<0.01
Heptacloro	0.076	<0.01	0.039
PP' DDE	0.021	1.900	0.961
PP' DDD	0.087	10.678	5.382
PP' DDT	1.426	8.000	4.713
Lindano	0.008	0.142	0.075
Metoxiclor	<0.01	<0.01	<0.01
PCBs	<0.01	21.712	10.857

los sedimentos, principalmente cuando el contenido de los ácidos húmicos es alto (Burnside 1974, en: Espinosa et-al 1995). Por consiguiente, en la época de lluvias estos compuestos presentes absorbidos en el suelo de esta zona, pueden hacerse solubles o estar más disponibles que durante la época seca, reportando por eso una concentración mayor.

Otra razón que puede ayudar al incremento de concentración de estos compuestos durante esta época, es el hecho de que aún se siga aplicando DDT, para la erradicación del mosquito de la Malaria. Sin embargo, durante 1986 los ministerios de Salud, Agricultura y el

La estación que más contribuye al incremento del promedio de concentración de los compuestos encontrados es la estación 4, debido probablemente a su localización. Esta coincide con la desembocadura de cuatro canales del alcantarillado que deposita aguas servidas, sin ningún tratamiento, provenientes de la ciudad de Cartagena. (Fig 1).

El análisis de los sedimentos de la estación 7, ubicada fuera de la ciénaga, mar abierto, refleja una situación prácticamente sin problemas de contaminación, debido a que no se detecta ninguno de estos compuestos a

excepción de PCBs en la época húmeda con una concentración de 15.279 ng/g. Esto probablemente por la influencia de algunos compuestos provenientes de los aviones que llegan muy cerca de este lugar, por la cabecera de la pista del aeropuerto, más no por que alcancen a llegar a este punto aguas provenientes de la ciénaga.

Estos resultados son muy importantes, puesto que esta zona es considerada turística y recreacional y el uso de sus aguas es de contacto primario (Decreto 1594/84).

Si se comparan estos niveles de concentración con los reportados en los sedimentos de diferentes lugares de la costa pacífica colombiana, se puede decir que son bajos pues allí se han encontrado rangos de 0 a 147.16 ng/g para DDT, 1.474 a 15.278 ng/g para lindano y 0.62 a 34.61 ng/g para heptacloro (Casanova R, 1995).

cuando el arroyo ya estaba crecido y había cambiado su aspecto físico, presentó una alta evidencia de DDT, sin presencia de productos de degradación. Lo cual indica que aún se hacen aplicaciones de DDT para la eliminación del mosquito, abundante en esta época. También se encontró PCBs en una concentración mucho mayor que durante la época seca, correspondiente a 16.210 ng/L

Los residuos de organoclorados encontrados en las aguas de las diferentes estaciones de muestreo en la Ciénaga de la Virgen, presentan pequeñas variaciones en sus valores de concentración, a excepción del DDT, que siempre presentó valores muy superiores a los demás, durante las tres épocas climáticas con un promedio de 24.5 ng/L. (Tabla 3)

Las variaciones en los valores de concentración de estos

Tabla 2 Concentración promedio, por muestreo de 6 estaciones, de plaguicidas organoclorados en sedimentos de la Ciénaga de la Virgen, durante 1996. Expresados en ng/g.

Plaguicidas muestreo	Epoca seca	Epoca Intermedia	Epoca Húmeda	Promedio Total.
	(Abril/96)	(Jul/96)	(Oct/96)	1996
α BHC	0.009	0.063	0.019	0.030
Heptacloro	0.048	0.280	<0.01	0.110
PP' DDE	0.023	1.029	0.209	0.420
PP' DDD	0.026	0.023	0.109	0.053
PP'DDT	0.300	<0.001	0.821	0.374
Lindano	0.261	<0.001	0.070	0.111
Metoxiclor	<0.01	0.070	0.369	0.147
PCBs	1.324	3.300	6.870	3.830

3.2 Aguas

El análisis de aguas de la ciénaga y de las escorrentias existentes en la zona adyacente, puede ayudar a establecer con mayor certeza la ubicación de algunas de las fuentes de contaminación de este tipo de sustancias en la ciénaga.

El análisis realizado al agua tomada en el Arroyo Hormiga, único encontrado en el área adyacente a la ciénaga en el costado oriental, el cual recorre gran parte del terreno utilizado años atrás para el cultivo del arroz, indica la presencia de Heptacloro en una concentración de 1.470 ng/L y de PCBs 1.95 ng/L en el periodo seco (Tabla 3); mientras que la muestra tomada en la época de lluvias,

compuestos en aguas corresponden probablemente a los cambios en los regímenes de lluvias (Wiedemann 1973 en: Espinosa, et-al 1995), es decir, cuando fluye la mayor cantidad de agua dulce continental y de lluvias locales, aumenta el arrastre de sustancias, removiéndose parte de sedimento de fondo con gran cantidad de materia orgánica y arcillas provenientes del cerro de la Popa, por la erosión producida, haciendo que los compuestos se absorban en mayor cantidad a estas partículas, disminuyendo por supuesto el valor de la concentración de las disueltas en la columna de agua.

Cuando las lluvias disminuyen, el flujo de agua continental disminuye y la materia orgánica y arcillas

suspendidas en la columna de agua vuelven a depositarse de nuevo en el sedimento y la fracción soluble de la columna aumenta como ocurre en este estudio durante la época seca.

Sin embargo, no es el caso de los arocloros que, en la época húmeda aumentan el valor de la concentración, debido a la alta solubilidad de estos en el agua que llega a la Ciénaga, provenientes a través de los canales colectores de aguas servidas.

Debido a que la fuerza de entrada del agua de mar hacia la ciénaga es más fuerte que la de la salida de ésta, no permite que la zona turística aledaña a la boca de la

mangle, acabaron con la producción de bivalvos, los cuales se comportan como los mejores bioindicadores. Por esta razón se analizó un pez de talla pequeña (*Mugil sp.*), capturado dentro de la ciénaga por pescadores de la región.

Los análisis se realizaron en el tejido del músculo, en el cual se detectó DDT, DDE, DDD en un rango de 0.07 a 0.78 ng/g. Esto conduce a pensar que probablemente, estas sustancias no sólo están presentes en los sedimentos y agua de la ciénaga sino también en los diferentes niveles de la cadena trófica, debido a la solubilidad de éstos en el agua y por consiguiente a la biodisponibilidad, afectando la cadena trófica por

Tabla 3 Concentración promedio, por muestreo de 6 estaciones, de plaguicidas organoclorados en aguas de la Ciénaga de la Virgen, durante 1996. Expresados en ng/L.

Plaguicidas muestreo Promedio	Epoca Seca	Epoca Intermedia	Epoca Húmeda	Promedio Total
	(Abril/96)	(Jul/96)	(Oct/96)	1996
α BHC	< 0.001	0.234	< 0.001	0.079
Heptacloro	0.170	1.227	< 0.001	0.466
PP' DDE	< 0.001	0.212	0.547	0.256
PP' DDD	3.625	0.248	< 0.001	1.291
PP' DDT	53.438	2.467	17.552	24.490
Lindano	1.680	0.917	0.313	0.970
Metoxiclor	0.665	0.454	0.010	0.376
PCBs*	5.081	0.140	173.398	59.540

*1254+1260

ciénaga, en la época en que ésta se encuentra abierta, tenga problemas de contaminación por transporte y deposición de sustancias tóxicas provenientes de la ciénaga.

Comparando estos niveles de organoclorados encontrados en las muestras de aguas de la ciénaga con los encontrados en la costa Chilena, se observa que la Ciénaga de la Virgen presenta mayores valores, ya que los de Chile están en un rango de 0.002 a 2.1 ng/g representados en lindano, aldrin, DDE, y DDT (Gutiérrez, 1989) y por debajo de los resultados en la Costa Pacífica Colombiana, los cuales se encuentran entre 40.59 y 29.32 ng/g para DDT principalmente (Casanova R. 1995).

3.3. Organismos

La baja calidad de las aguas de la ciénaga y la tala de

bioacumulación.

En la zona de Tumaco y Buenaventura, Costa Pacífica, los bivalvos, utilizados como bioindicadores, muestran niveles de concentración hasta de 121.28 y 113.77 ng/g respectivamente de DDT. (Casanova R, 1995).

4. CONCLUSIONES

El estudio realizado al suelo de la zona adyacente a la Ciénaga de la Virgen, utilizada durante algunas décadas al cultivo del arroz, presenta compuestos organoclorados tales como DDT, DDD, DDE, heptacloro, lindano cuyos mayores niveles de concentración se detectaron en la época húmeda. Estos valores se encuentran en un rango de concentración de 0.02 a 2.86 ng/g en la época seca y 0.07 a 21.10 en la época húmeda.

Por lo tanto, la persistencia de estos compuestos, la continua aplicación y los formados por degradación, siguen siendo vertidos a la ciénaga tanto por arroyos de esta área, como por el efecto de lavado de suelo o a través de canales de alcantarillado. Fenómeno que se incrementa especialmente en la época de invierno.

Los sedimentos de la Ciénaga de la Virgen presentan también DDT y sus metabolitos, lindano, heptacloro, metoxiclor y PCBs en una rango de concentración de 0.030 a 3.831 ng/g.

El lindano encontrado en los sedimentos presenta valores relativamente bajos, 0.261 ng/g como máximo, si lo comparamos con el encontrado en la ciénaga Grande de Santa Marta (Colombia), el cual obtuvo un valor máximo de 44.2 ng/g, (Ramírez, G. 1985).

Comparando los resultados obtenidos durante 1992 con los de esta investigación, se observa que, a través de los años, a la ciénaga siguen entrando compuestos organohalogenados puesto que para 1996 el rango de concentración fue mayor.

El refluo que alcanza a producirse cuando se abre la boca de la ciénaga, no afecta el contorno, ya que en la estación 7 escogida como de referencia, los sedimentos y las aguas no presentan pesticidas organoclorados.

El pez analizado refleja resultados inquietantes al detectarse DDT, DDE, DDD y lindano, en concentraciones de 0.090 a 0.783 ng/g, por ser un factor de riesgo para la población adyacente, que lo consume. Este mismo comportamiento se había reportado en el estudio anterior, concentraciones hasta 8.9 ng/g de DDE. Sin embargo, siguen siendo niveles muy inferiores a los reportados para los bivalvos de la zona del Pacífico colombiano, hasta 566.5 ng/g para DDT. (Casanova R, 1995).

La Ciénaga sigue siendo el destino final de muchos contaminantes, entre ellos los compuestos organoclorados aportados por diferentes vías, tales como arroyos, canales de alcantarillado, escorrentias de asentamientos humanos con alta presencia de basuras domésticas.

Los compuestos detectados con mayor frecuencia y mayor concentración son el DDT, DDE y arocloros, en sedimentos y aguas de la ciénaga, deteriorando la calidad de las aguas y sus recursos.

La Ciénaga de la Virgen y sus alrededores superan en la mayoría de los casos las cantidades admisibles reportadas en la tabla de la FAO/OMS, donde la Σ total de la concentración (en mg/L), para 16 plaguicidas organoclorados no debe exceder los 0.1 mg/L; se puede concluir que estos valores tanto en peces como en sedimentos y algunas veces en aguas, penetran al ser humano por tres vías: Absorbida por el tubo digestivo; por el tracto respiratorio; y a través de la piel por contacto directo, creando enfermedades principalmente de tipo hepático y también de tipo neurológico.

Por lo anterior, se observa cómo la población adyacente a la Ciénaga de la Virgen, se encuentra expuesta a estos procesos de contaminación por compuestos tóxicos. Que por la alta liposolubilidad de estos tóxicos, pasa a los diferentes organismos vivos haciendo tránsito a través de las cadenas alimenticias. Además, que en mayor o menor grado no son biodegradables ni en organismos vivos ni en el medio ambiente.

Agradecimientos: El autor agradece a la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA) por el apoyo económico y científico recibido durante la ejecución de este programa; a todo el personal de laboratorio de Contaminación Marina del CIOH por la realización de los análisis y a todas las personas que de una u otra forma colaboraron en todo este trabajo.

5. BIBLIOGRAFIA

Garay, J. y L.A. Castro, Evaluación del Impacto sobre Ecosistemas Marinos Costeros Generados por el Uso de Plaguicidas en Zonas Agrícolas (Arroceras) Adyacentes a la Ciénaga de la Virgen Municipio de Cartagena-Colombia, UNESCO/COI/CIOH, Informe final. 1993,

Ramírez, G. Niveles de Contaminación por Plaguicidas Organoclorados en Sedimentos de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Boletín Científico, No.16 INVEMAR. 1988.

Garay, J. y L.A. Castro, Monitoreo de la Contaminación en el Caribe colombiano: Petróleo, Pesticidas y Residuos Sólidos Flotantes, Informe final CIOH, Cartagena de Indias, 1992.

UNEP/IOC/IAEA. Determination of DDTs and PCBs by Capillary Gas Chromatography/Electron Capture detection. Reference methods for Marine Pollution Studies No. 40 UNEP. 1986.

HEWLETT-PACKARD Environmental Catalog, Columns and Supplies, p.p: 35 - 37, USA. 1993.

EPA. Manual for Analytical Quality Control for Pesticides and Related Compounds in Human and Environmental samples. Revised 1979.

ESPINOSA, L.F., Ramírez, G., Campo, N., Análisis de residuos de

organoclorados en los sedimentos de zonas de manglar en la dénaga Grande de Santa Marta y la bahía de Chengue, Caribe colombiano. Anales del INVEMAR, Santa Marta. N° 24, p, 79 - 94, 1995.

Casanova, R. Estudio de la Contaminación por Compuestos Organoclorados en la Costa Pacífica Colombiana. Boletín Científico CCCP N° 5 Agosto 1995.

- Tkalín A.V., T.S., Lishavskaya y A.A., Veretshak Persistent Organochlorines in the East Sea (Japón Sea), Ocean Research 18(2) p.p. 159 - 163, 1996.

Giraldo, M.C. y O. Herrera, Contribución al Conocimiento del Zooplancton de la Ciénaga de la Virgen o de Tesca. Tesis. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Bogotá. 1982.

L. Angela Castro, Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas.
A.A .982 Tel 6694465, Fax 6694390
E-mail: cloh@sirius.enap.edu.co Cartagena, Colombia