

## 4. CONTAMINACION DE ORIGEN AGRICOLA

### 4.1. CONTAMINACION POR CATIONES METALICOS.

#### 4.1.1. En aguas

En la tabla 4.1.1.1 se reunen los resultados encontrados en las determinaciones efectuadas en las tres Albuferas. Puede observarse que no se detecta la presencia de Cr(III), Cd(II) y Fe(III) en ningún caso, y sólo en algunos puntos de la Albufera Nueva y Honda se encontró ión Pb(II) en las muestras tomadas en el año 1984 y en ningún caso en las correspondientes a 1985. La ocasional presencia de Pb(II) es atribuible a la cercanía de Las Albuferas de la Carretera Nacional 340, dada la presencia de este catión en gasolinas. Otras situaciones análogas se encuentran descritas en bibliografía (SERRANO, 1982).

El ión Mn(II) se encuentra presente en una concentración prácticamente constante de 0'03 ppm. Concentraciones de 1 ppm en aguas se consideran normales. La W.H.O. International Standard establece como límite permisible para aguas de uso doméstico 0'1 ppm y como límite máximo 0'5 ppm, mientras que la W.H.O. European Standard recomienda un límite de 0'1 ppm, si bien estos límites están establecidos por criterios estéticos y económicos más que fisiológicos (Mc KEE y WOLF, *op. cit.*). Frecuentemente acompaña al hierro cuando su procedencia es la disolución de rocas. Su presencia en concentraciones elevadas cabe atribuirla a tratamientos de suelos de vocación agrícola. Es un elemento esencial para el crecimiento de las plantas actuando como activador (WILCOX y DURUM, *op. cit.*). Su nivel tóxico para peces se sitúa en 40 ppm, sin embargo el nivel es dependiente de la presencia de otros componentes químicos.

El ión Cu(II) se encuentra presente en las aguas de Las Albuferas en el rango de concentración comprendido entre 0'02 y 0'05 ppm. Su presencia en aguas naturales se considera normal hasta una cantidad de 0'05 ppm, concentraciones superiores indican procesos de contaminación. La W.H.O. European Standard establece para aguas de uso doméstico un límite superior de

0'05 ppm. Su toxicidad para peces está notablemente afectada por la presencia de otros componentes y sobre todo  $\text{PO}_4^{3-}$  y  $\text{Mg(II)}$  (Mc KEE y WOLF, op. cit; HOOD, op. cit.). Trazas de  $\text{Cu(II)}$  son beneficiosas para el crecimiento de las plantas (WILCOX y DURUM, op. cit.).

Tabla. 4.1.1.1.- Cationes metálicos en aguas de Las Albuferas. (Las concentraciones se expresan en ppm). Fecha: Septiembre de 1984.

Muestra	Mn(II)	Cu(II)	Pb(II)	Cd(II)	Cr(III)	Fe(III)
H-1	0,03	0,03	—	—	—	—
H-2	—	—	—	—	—	—
H-3	0,03	0,04	—	—	—	—
H-4	—	—	—	—	—	—
H-5	0,04	0,02	—	—	—	—
H-6	—	0,02	—	—	—	—
H-7	—	—	—	—	—	—
H-8	—	—	0,3	—	—	—
H-9	0,03	—	0,4	—	—	—
H-10	—	—	—	—	—	—
N-1	—	—	—	—	—	—
N-2	—	—	—	—	—	—
N-3	—	—	—	—	—	—
N-4	—	—	—	—	—	—
N-5	—	0,02	—	—	—	—
N-6	—	0,02	—	—	—	—
N-7	—	0,03	—	—	—	—
N-8	0,04	0,03	0,4	—	—	—
L-1	0,05	0,03	—	—	—	—

Tabla. 4.1.1.1.- (continuación). Fecha: Diciembre de 1984.

Muestra	Mn(II)	Cu(II)	Pb(II)	Cd(II)	Cr(III)	Fe(III)
H-1	0,03	—	—	—	—	—
H-2	—	—	—	—	—	—
H-3	—	0,03	—	—	—	—

H-4	—	—	—	—	—	—
H-5	—	0,02	—	—	—	—
H-6	—	0,02	—	—	—	—
H-7	—	—	0,3	—	—	—
H-8	—	—	0,5	—	—	—
H-9	—	—	—	—	—	—
H-10	—	—	—	—	—	—
N-1	—	—	—	—	—	—
N-2	—	—	—	—	—	—
N-3	—	—	—	—	—	—
N-4	—	—	—	—	—	—
N-5	—	—	—	—	—	—
N-6	—	0,02	—	—	—	—
N-7	—	—	—	—	—	—
N-8	0,03	0,03	0,2	—	—	—
L-1	0,04	0,03	—	—	—	—

Tabla. 4.1.1.1.- (continuación). Fecha: Marzo de 1985.

Muestra	Mn(II)	Cu(II)	Pb(II)	Cd(II)	Cr(III)	Fe(III)
H-1	—	0,02	—	—	—	—
H-2	—	—	—	—	—	—
H-3	—	0,03	—	—	—	—
H-4	0,03	—	—	—	—	—
H-5	—	—	—	—	—	—
H-6	—	0,02	—	—	—	—
H-7	—	0,02	—	—	—	—
H-8	—	—	—	—	—	—
H-9	—	—	—	—	—	—
H-10	—	—	—	—	—	—
N-1	—	—	—	—	—	—
N-2	—	—	—	—	—	—
N-3	0,03	—	—	—	—	—
N-4	—	—	—	—	—	—
N-5	—	0,02	—	—	—	—
N-6	0,03	0,04	—	—	—	—

N-7	—	0,04	—	—	—	—
N-8	—	0,05	—	—	—	—
L-1	0,03	0,03	—	—	—	—

Tabla. 4.1.1.1.- (continuación. Fecha: Junio de 1985.

Muestra	Mn(II)	Cu(II)	Pb(II)	Cd(II)	Cr(III)	Fe(III)
H-1	—	—	—	—	—	—
H-2	—	0,02	—	—	—	—
H-3	—	—	—	—	—	—
H-4	—	—	—	—	—	—
H-5	0,03	—	—	—	—	—
H-6	—	—	—	—	—	—
H-7	—	—	—	—	—	—
H-8	—	—	—	—	—	—
H-9	—	—	—	—	—	—
H-10	—	—	—	—	—	—
N-1	—	—	—	—	—	—
N-2	—	—	—	—	—	—
N-3	0,03	—	—	—	—	—
N-4	—	—	—	—	—	—
N-5	0,03	—	—	—	—	—
N-6	—	—	—	—	—	—
N-7	0,03	0,02	—	—	—	—
N-8	0,03	—	—	—	—	—
L-1	0,03	0,02	—	—	—	—

Límite de detección: Mn(II) 0,02; Cu(II) 0,01; Pb(II) 0,1; Cd(II) 0,03; Cr(III) 0,15 y Fe(III) 0,08.

#### 4.1.2. En suelos y lodos.

La consideración sobre la toxicidad de elementos traza en suelos y lodos está determinada por factores físico-químicos inherentes a ambos, como el pH que influye sobre la forma en la que el ión metálico está presente, contenido en materia orgánica, a través de la formación de complejos fundamentalmente, textura del suelo y otros factores como potencial redox, presencia de óxidos metálicos, etc. (HERNANDEZ y otros, 1965; Mc LAREN y otros, 1979;

AUBERT y PINTA, 1977; HODGSON, 1963; RANDHAMA y BROADBENT, 1965).

En principio, la disponibilidad de elementos traza por un suelo, no es igual a la concentración en el mismo, sino la cantidad puesta en disolución de manera que sea utilizable por la planta. En las técnicas de análisis empleadas, son especialmente interesantes en consecuencia los reactivos empleados como extractantes.

En las tablas 4.1.2.1 y 2, se reúnen los valores correspondientes a cationes metálicos en los suelos y lodos de Las Albuferas.

Tabla. 4.1.2.1.- Análisis de cationes metálicos en suelos de Las Albuferas.

Cación	Muestra						
	1	2	3	4	5	6	7
Co(II)	9	8	9	8	8	8	8
Zn(II)	48	28	38	230	14	36	27
Pb(II)	30	20	24	19	11	20	16
Cr(III)	9	7	8	9	4	5	5
Cu(II)	21	8	17	103	5	6	7
Mn(II)	342	354	327	20	287	296	300
Al(III)	2200	2150	720	1530	1280	750	680
Fe(III)	7630	7940	1030	1270	250	380	320
Ni(II)	23	17	11	23	17	20	19
Rb(I)	1	1	1	1	1	1	1
Sr(II)	26	14	19	482	67	34	48
Li(I)	1	2	1	1	0,5	0,5	0,5
Ag(I)	5	2	3	3	1	1	1
Ti(IV)	20	20	20	24	8	4	6

Las concentraciones están expresadas en pp,

Tabla. 4.1.2.2.- Análisis de cationes metálicos en lodos de Las Albuferas. Fecha: Septiembre de 1984.

Muestra	Mn(II)	Cu(II)	Pb(II)	Cd(II)	Cr(III)	Fe(III)
H-1	0,28	0,04	—	—	—	0,88
H-2	0,12	0,04	—	—	—	0,90
H-3	0,08	0,04	—	—	—	0,91
H-4	0,08	0,05	—	—	—	0,88
H-5	0,08	0,05	—	—	—	0,91
H-6	0,32	0,04	—	—	—	0,90
H-7	0,36	0,06	—	—	—	—
H-8	0,36	0,06	—	—	—	—
H-9	0,06	0,05	—	—	—	0,91
H-10	0,12	0,05	—	—	—	—
N-1	0,40	0,04	—	—	—	—
N-2	0,24	0,04	—	—	—	—
N-3	0,30	0,03	—	—	—	—
N-4	0,30	0,02	—	—	—	—
N-5	0,12	0,02	—	—	—	—
N-6	0,24	0,03	—	—	—	—
N-7	0,36	0,01	—	—	—	—
N-8	0,12	0,04	—	—	—	—

Tabla. 4.1.2.2.- (continuación). Fecha: Diciembre de 1984.

Muestra	Mn(II)	Cu(II)	Pb(II)	Cd(II)	Cr(III)	Fe(III)
H-1	0,08	0,05	—	—	—	0,90
H-2	0,28	0,05	—	—	—	0,91
H-3	0,32	0,04	—	—	—	0,92
H-4	0,12	0,04	—	—	—	0,86
H-5	0,12	0,05	—	—	—	0,88
H-6	0,08	0,06	—	—	—	0,90
H-7	0,28	0,06	—	—	—	0,91

H-8	0,32	0,05	—	—	—	0,92
H-9	0,12	0,04	—	—	—	0,92
H-10	0,32	0,04	—	—	—	0,90
N-1	0,06	0,04	—	—	—	—
N-2	0,12	0,03	—	—	—	—
N-3	0,24	0,02	—	—	—	—
N-4	0,24	0,03	—	—	—	—
N-5	0,12	0,02	—	—	—	—
N-6	0,06	0,02	—	—	—	—
N-7	0,12	0,04	—	—	—	—
N-8	0,12	0,03	—	—	—	—

Tabla. 4.1.2.2.- (continuación) Fecha: Marzo de 1985.

Muestra	Mn(II)	Cu(II)	Pb(II)	Cd(II)	Cr(III)	Fe(III)
H-1	0,24	0,04	—	—	—	0,88
H-2	0,12	0,04	—	—	—	0,06
H-3	0,12	0,05	—	—	—	0,90
H-4	0,24	0,05	—	—	—	0,84
H-5	0,36	0,06	—	—	—	0,88
H-6	0,36	0,06	—	—	—	0,86
H-7	0,32	0,03	—	—	—	0,90
H-8	0,32	0,04	—	—	—	0,84
H-9	0,32	0,04	—	—	—	0,88
H-10	0,12	0,03	—	—	—	0,86
N-1	0,30	0,03	—	—	—	—
N-2	0,24	0,02	—	—	—	—
N-3	0,24	0,03	—	—	—	—
N-4	0,30	0,02	—	—	—	—
N-5	0,30	0,03	—	—	—	—
N-6	0,24	0,02	—	—	—	—
N-7	0,12	0,03	—	—	—	—
N-8	0,30	0,02	—	—	—	—

Tabla. 4.1.2.2.- (continuación). Fecha: Junio de 1985.

Muestra	Mn(II)	Cu(II)	Pb(II)	Cd(II)	Cr(III)	Fe(III)
H-1	0,28	0,05	—	—	—	0,88
H-2	0,24	0,05	—	—	—	0,86
H-3	0,12	0,06	—	—	—	0,90
H-4	0,30	0,05	—	—	—	0,84
H-5	0,28	0,03	—	—	—	0,84
H-6	0,30	0,05	—	—	—	0,90
H-7	0,24	0,05	—	—	—	0,88
H-8	0,12	0,05	—	—	—	0,86
H-9	0,12	0,05	—	—	—	0,84
H-10	0,30	0,04	—	—	—	0,90
N-1	0,30	0,04	—	—	—	—
N-2	0,30	0,04	—	—	—	—
N-3	0,40	0,03	—	—	—	—
N-4	0,18	0,02	—	—	—	—
N-5	0,18	0,03	—	—	—	—
N-6	0,40	0,03	—	—	—	—
N-7	0,30	0,03	—	—	—	—
N-8	0,30	0,02	—	—	—	—

Límite de detección. Mn(II) 0,02; Cu(II) 0,01; Pb(II) 0,1; Cd(II) 0,03; Cr(III) 0,15; Fe(III) 0,08.

El contenido de hierro en suelos se ha relacionado con el pH, contenido en materia orgánica y distancia de estos a carreteras, (SERRANO, 1983). Los valores medios considerados normales, de hierro en suelos son de 30000 ppm. Junto con el Manganeso influye en la distribución de otros elementos traza. Se ha observado que el Mn(II) se ha encontrado relacionado con el porcentaje de arena en el suelo, así como con el pH. Concentraciones medias normales en suelos, están comprendidas entre 500 y 1000 ppm (FERGUSON, 1982). Otros elementos de los analizados, como Cd(II) se consideran igualmente normales. En sedimentos de lagos, se han encontrado contenidos de Cd(II) comprendidos entre 0,5 y 11 ppm (FLEISHER y otros 1974). El Pb(II) se encuentra presente en suelos cercanos a carreteras, debido a ser uno de los elementos exis-



tentes en los residuos de la combustión de automóviles (SERRANO, op. cit.). Los niveles de Cu(II) y Zn(II) reflejan la concentración de la roca madre. Los rangos de concentración normales son de 15 a 40 ppm para Cu(II) y de 50 a 100 ppm para Zn(II) (JONES, 1975; KOEHNG, 1973). Contenidos superiores a estos se deben a procesos de contaminación, que puede ser debida a la utilización de fertilizantes, y en el caso del Cu(II), a la presencia de pesticidas. Asimismo se ha encontrado relación entre niveles anómalos de este catión y la cercanía a carreteras. Niveles de concentración de 20 a 30 ppm de Ni(II) en suelos, se consideran normales, así como entre 10 y 15 ppm de Co(II). El reparto de este catión en el suelo ha sido relacionado con el porcentaje de carbonatos en el mismo.

En sedimentos de lagos, los elementos traza con más frecuencia encontrados son: cromo, cadmio, cobre, molibdeno, níquel, cobalto, manganeso y plomo. La razón entre la concentración de metal en agua y la concentración de metal en el sedimento, es menor que uno para plomo, cromo, cobre arsénico y mercurio, y mayor de uno para cadmio, cinc y níquel (PURVES, 1977).

En general, de la observación de los resultados que se reúnen en las tablas 4.1.2.1. y 2, se deduce que las concentraciones de elementos traza determinados en lodos de Las Albuferas y suelos de su entorno, son inferiores a las consideradas como tóxicas. Si bien, como antes hemos indicado, la disponibilidad por las plantas de estos elementos puede verse apreciablemente modificada por la concurrencia de factores adversos.

Segundo entre 25 y 35 en las tres Albuferas, contenidos que se aproximan a los previstos en agua de mar. Sin embargo, de las prácticas agrícolas que se realizan en el entorno de Las Albuferas, cabe esperar un aumento en la concentración de Na(I) y en consecuencia un incremento en la relación Na(I)/K(I).

En conjunto, los índices considerados permite hablar de un proceso de intrusión, en el sistema acuático de Las Albuferas, con agua de mar.

## **4.2. CONTAMINACION POR PLAGUICIDAS.**

### **4.2.1. En aguas.-**

En la tabla 4.2.1.1 se reúnen los valores encontrados de plaguicidas en Las Albuferas Honda, Nueva y Litoral. Los resultados de cada compuesto se expresan en cantidades equivalentes de Aldrín, en ug/l, así como el total de hidrocarburo. La identificación de los diferentes picos se ha realizado por com-

paración con los tiempos de retención encontrados en mezclas de composición conocida, en consecuencia, dichas asignaciones no pueden considerarse sino como provisionales. Habría sido preciso emplear otras técnicas analíticas adicionales a fin de haber elevado a definitivas las identificaciones de compuestos realizadas (espectroscopía de masas, RMN, IR, TLC, etc). Estas técnicas no se emplearon, por entender que para el fin seguido en la presente memoria era suficiente el grado de aproximación, que posibilita la cromatografía de gases en cuanto a identificación de sustancias, dado que el objetivo fundamental por nosotros buscado es más la concentración de plaguicidas presentes que de qué compuestos concretos se trata.

Puede observarse que, entre las diferentes muestras de agua analizadas, se ha detectado 17 picos diferentes, que deben corresponder a otros tantos compuestos. Las cantidades encontradas son sensiblemente análogas en Las Albuferas Honda y Nueva e inferior en la Litoral. Por otra parte, las concentraciones totales halladas, permanecen prácticamente constantes en los muestreos realizados en Diciembre de 1984 y Junio del 85, así como los compuestos identificados con ligeras variaciones.

De este modo, en la Albufera Nueva se observa la presencia de Dicloroetano en Diciembre 1984 y no en el muestreo correspondiente a Junio de 1985, mientras que ocurre lo contrario con DDE y Acefato. En la Albufera Honda vuelve a señalarse el pico correspondiente a Dicloroetano el XII del 84 y no se encuentra el VI del 85; en La Albufera Litoral aparece DDE y Acefato en el primer muestreo realizado y Dicloroetano y Dicolfol en el segundo. El resto de los compuestos han sido identificados en ambos muestreos.

Tabla. 4.2.1.1.- Determinación de pesticidas en aguas de Las Albuferas.

Muestra	trr	Compuesto	Aldrín(ug/l)	Total Aldrán(ug/l)
N-7	0,32	Dicloroetano	6,1	
XII-84	0,38	$\alpha$ -BHC	25,2	
	0,57	$\beta$ -BHC	51,7	
	0,74	Paratión	786,1	
	0,86	Malatión	639,2	
	1,00	Aldrín	11,1	
	1,85	Dieldrín	32,6	
	0,69	Carbendacimas	198,7	

	1,60	Dicofol	27,2	
	1,20	Vinclozolina	921,1	
	0,96	Metamidofos	1221,7	3920,7
<hr/>				
H-8	0,33	Dicloroetano	3,0	
	0,38	$\alpha$ -BHC	2,1	
XII-84	0,57	$\beta$ -BHC	2,2	
	0,70	Carbendacimas	139,7	
	0,74	Paratión	639,1	
	0,86	Malatión	574,6	
	0,97	Metamidofos	1164,1	
	1,18	Vinclozolina	397,1	
	1,60	Dicofol	16,2	
	1,69	DDE	13,1	
	1,73	Acefato	8,7	
	1,85	Dieldrín	26,5	2986,4

Tabla. 4.2.1.1.- (continuación).

Muestra	trr	Compuesto	Aldrín(ug/1)	Total : Aldrán(ug/1)
L-1	0,38	$\alpha$ -BHC	17,1	
	0,57	$\beta$ -BHC	25,3	
XII-84	1,69	DDE	16,3	
	1,71	Acefato	14,2	
	1,84	Dieldrín	6,4	79,3
<hr/>				
N-7	0,32	$\alpha$ -BHC	22,1	
	0,58	$\beta$ -BHC	78,7	
VI-85	0,70	Carbendacimas	596,7	
	0,74	Paratión	613,7	
	0,86	Malatión	314,2	
	1,00	Aldrín	10,0	
	1,21	Vinclozolina	274,2	
	1,59	Dicofol	36,8	

1,69	DDE	22,9	
1,72	Acefato	131,4	
1,86	Dieldrín	54,9	
0,96	Metamidofos	769,1	2919,7

Tabla. 4.2.1.1.- (continuación).

Muestra	trr	Compuesto	Aldrín(ug/l)	Total Aldrín(ug/l)
H-8	0,31	$\alpha$ -BHC	31,0	
	0,37	$\beta$ -BHC	37,2	
VI-85	0,70	Carbendacimas	176,9	
	0,75	Paratión	796,1	
	0,85	Malatión	654,6	
	0,98	Metamidofos	398,7	
	1,00	Aldrín	9,9	
	1,59	Vinclozolina	569,7	
	1,70	Dicofol	42,7	
	1,71	DDE	16,1	
	1,20	Acefato	121,6	
	1,86	Dieldrín	16,0	3020,5
L-1	0,32	Dicloroetano	31,3	
	0,38	$\alpha$ -BHC	21,1	
VI-85	0,57	$\beta$ -BHC	61,7	
	1,00	Aldrín	6,2	
	1,58	Dicofol	32,2	
	1,85	Dieldrín	10,1	
1,86	Malatión	67,7	230,3	

La contaminación por pesticidas en las aguas de Las Albuferas, parece indudable que debe atribuirse a las intensas prácticas agrícolas que se desarrollan en su entorno, con independencia de pérdidas con carácter accidental derivadas del empleo de los mismos. En este sentido son numerosos los trabajos existentes que explican y demuestran claramente como pesticidas usados

en agricultura se integran en el Medio Acuático (NICHOLSON, 1962; MILES y HARRIS, 1978; MILES, HARRIS y MOY 1978; MILLER, TOMLINSON y NORGREU 1967).

La forma de aplicación del pesticida con fin agrícola afecta a sus mecanismos de transporte en el Medio Ambiente. Los que se utilizan en gránulos, casi exclusivamente en suelos, son difícilmente arrastables salvo por el agua que extrae la materia activa; sin embargo, los que se emplean en forma de polvos, las emulsiones y las disoluciones destinadas a la parte aérea de la planta son dispersadas con ayuda de dispositivos de pulverización.

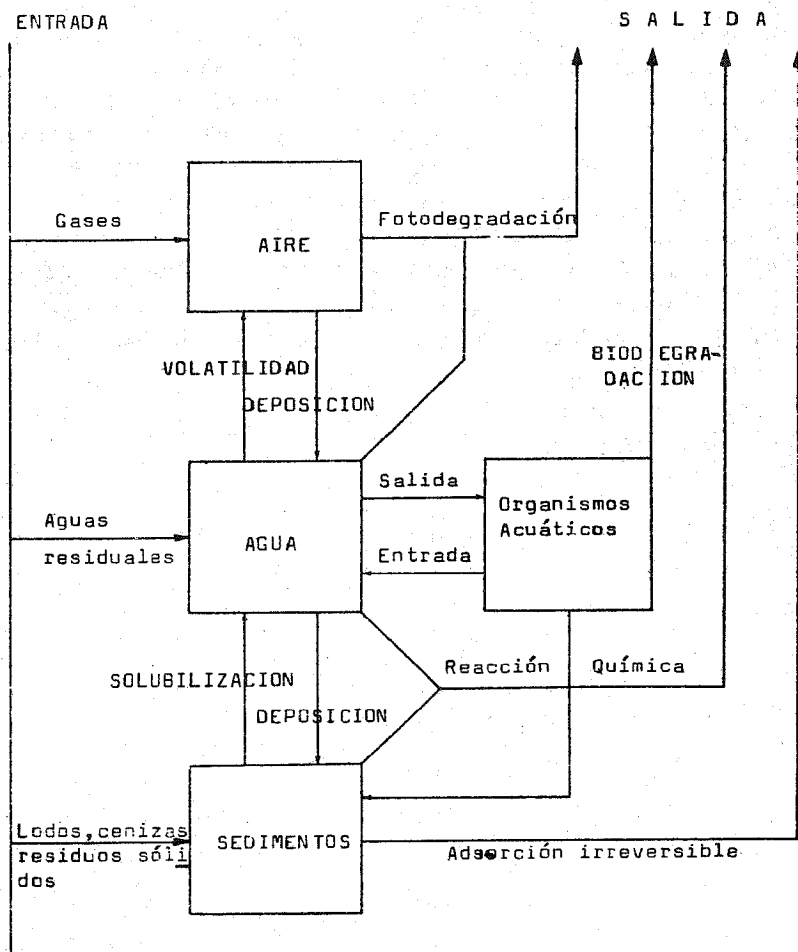


Figura 4.2.1.1. Modelo esquemático del comportamiento de un pesticida en el Medio Ambiente.

En las Albuferas de Adra, los agricultores del entorno aplican los pesticidas según la última forma indicada como quedó explicitado en el capítulo de Introducción. En este caso, la dimensión de las gotas y partículas que se originan en el proceso de pulverización, influyen notablemente sobre su movilidad y transporte en el área por la acción del viento.

La solubilidad de un pesticida en agua es el factor determinante del paso y concentración del mismo en el Medio Acuático. Una vez integrado el pesticida en el Medio Acuático, su permanencia en el mismo depende de tres factores fundamentales: volatilidad, deposición y degradación (FAUST 1972; KHAN 1977).

En la figura 4.2.1.1 se esquematiza el comportamiento ecocinético de un pesticida en un Medio Acuático como el de Las Albuferas.

En la figura 4.2.1.1 se esquematiza el comportamiento ecocinético de un pesticida en un Medio Acuático como el de Las Albuferas, así como los procesos que determinan dicho comportamiento (DEL RIO y VIDAL, 1981).

Los fenómenos de solubilización y volatilización de un pesticida están determinados por sus valores de solubilidad y tensión de vapor respectivamente. En la tabla 4.2.1.2 se reúnen estos valores para varios de los identificados en Las Albuferas. Los datos expresados concuerdan con algunos autores y sin embargo se observan algunas discrepancias poco importantes con los reportados por otros (LEONARD, 1966).

Tabla. 4.2.1.2.- Solubilidad en agua y tensión de vapor de algunos pesticidas. (BRITISH CROP PROTECTION COUNCIL, 1983; EDWARDS, 1976).

Compuesto	Solubilidad	Tensión de vapor
Paratión	24 ppm (25° C)	5,0 mPa (20° C)
Metamidofos	» 2 Kg/l (20° C)	40 mpa (30° C)
Endosulfán	0,32 ppm (22° C)	1,2 Pa
Vinclozolina	1g/l (20° C)	« 10 mPa (20° C)
Dimetoato	25g/l (21° C)	1,1 mPa (25° C)
Dicofol	despreciable	
DDT	0,0012 ppm	0,1 mm Hg (25° C)
α -HCH	7 ppm	1,4 mm Hg (25° C)
Dieltodrín	0,18 ppm	100 uPa (20° C)
Aldrín	0,01 ppm	600 uPa (20° C)
Acefato	650g/l (20° C)	226 uPa (24° C)
Lindano	7 ppm (20° C)	5,6 uPa (20° C)

Tabla. 4.2.1.2.- (continuación).

Compuesto	Solubilidad	Tensión de vapor
DDE	despreciable	25 uPa (20° C)
Dicloroetano	4,3g/l (20° C)	10,4 KPa (20° C)
Malatión	145 ppm (20° C)	5,0mPA (20° C)
Heptacloro	56 ug/l (25-29° C)	53 mPa (25° C)

Por comparación entre los datos correspondientes a la solubilidad y concentraciones encontradas en las aguas de Las Albuferas podemos establecer algunas observaciones. En primer lugar la relación entre solubilidad y concentración, actuando como factor limitante el primero de estos parámetros sobre el segundo en el caso de los compuestos poco solubles, así, el Aldrín se encuentra en una concentración que corresponde prácticamente a la solubilidad del mismo, como puede comprobarse en los análisis efectuados en la N-7 el XII del 1984 y en la N-7 y H-8 el VI del 1985, con concentraciones próximas a 0,01 ppm. Análogamente ocurre con otros organoclorados como DDE y Dicofol que presentan un asolubilidad en agua practicamente despreciable y que han sido determinados en concentraciones comprendidas entre 0,01 y 0,02 ppm el primero y ligeramente superiores el segundo. Otros dos pesticidas, DDT y Haptacloro se significan asimismo por su escasa solubilidad y no han sido identificados en los análisis realizados. Finalmente, el resto alcanzan valores de solubilidad en agua tales que es poco probable qu este parámetro pueda actuar como factor limitante de su concentración. Por otra parte, la tensión de vapor afecta también a la presencia del pesticida en el Medio Acuático. De la observación de los datos reunidos en la tabla 4.2.1.2 se deduce la apreciable volatilidad de algunos organoclorados (Dicloroetano, Dieldrín, etc.). Los organo fosforados presentan asimismo una tensión de vapor notable. No obstante, WEBER (1975) considera que, dada la alta solubilidad de estos compuestos y su capacidad para adsorberse y biodrgradarse (ETO, 1976; MESTRES, 1970; FEST y SCHMIDT, 1973; GOMAA y FAUST, 1960), las pérdidas por volatilización a la atmósfera son practicamente despreciables.

En la tabla 4.2.1.3 se reúnen datos relativos a la persistencia de algunos de los pesticidas encontrados en las aguas de Las Albuferas. Los estudios han sido llevados a cabo en laboratorios en los que se ha intentado reproducir fiel-

mente las condiciones del medio natural, partiendo en todos los casos de concentraciones iniciales de pesticida de 10 ug/l.

Tabla. 4.2.1.3.- Persistencia de pesticidas en aguas. (EICHEBERGER y LICHTENBERG, 1971).

Muestra	Mn(II)	Cu(II)	Pb(II)	Cd(II)	Cr(III)
Organoclorados					
BHC	100	100	100	100	100
Heptacloro epóxido	100	100	100	100	100
Aldrín	100	100	80	40	20
Endosulfán	100	30	5	0	0
DDE	100	100	100	100	100
DDT	100	100	100	100	100
Endrín	100	100	100	100	100
Organofosforos					
Paratión	100	50	30	«5	0
Malatión	100	25	10	0	0

De la observación de los datos que se reúnen en la tabla 4.2.1.3 cabe destacar, la notable estabilidad en general de los organoclorados en aguas así como la escasa persistencia de los organofosforados y algunos organoclorados como Aldrín y Endosulfán. Es pues preciso pensar en la existencia de un aporte continuado de los compuestos menos persistentes en aguas derivado de prácticas agrícolas que justifiquen su presencia.

Algunos autores han insistido en el hecho de que la persistencia de un pesticida en aguas superficiales puede variar en función de las condiciones concretas del medio y no ser reproducibles los resultados encontrados en laboratorio (MESTRES op. cit.). Pueden darse diversos ejemplos en este sentido; así, variaciones del pH entre 6 y 8 hacen oscilar la vida media del Malatión de cinco meses hasta una o dos semanas (WEISS y GARSTATTER 1964). Otros autores han comprobado que entre pH 7,3 y 8,0, el 90% de Malatión se degrada después de dos semanas (EICHEBERGER y LICHTENBERG op. cit.). En este mismo intervalo de pH (7,3 a 8,0) la vida media de Paratión en aguas superficiales es de una semana (EICHEBERGER y LICHTENBERG, op. cit.),



mientras que experiencias realizadas a pH 5,1, 7,0 y 8,4 resulta ser de 40, 35 y 20 días respectivamente (WEISS y GARSTATTER 1964).

Estas variaciones en la vida media de un pesticida, ocasionadas por el cambio de las condiciones ambientales, no afecta sin embargo al criterio antes explicitado de la necesidad de un vertido permanente de fitosanitarios que sea responsable de sus niveles de concentración en las aguas de Las Albuferas, sobre todo en lo referente a aquellos compuestos más rápidamente degradables. Es este sentido, es preciso hacer notar, la apreciable analogía existente entre la concentración de pesticidas hallada en Diciembre de 1984 y en Junio de 1985.

#### **4.2.2.- En lodos**

En la tabla 4.2.2.1 se reúnen los valores encontrados en lodos de las Albuferas Honda, Nueva y Litoral. Los resultados se expresan en ug/l equivalentes de Aldrín. En varias de las muestras analizadas se han detectado picos con tiempo de retención relativos que no coincidían con ninguno de los patrones ensayados por nosotros y que en consecuencia, no nos ha sido posible asignar. Hay que tener presente que en el transcurso de las dos últimas décadas, los agricultores de la zona han cambiado con frecuencia los fitosanitarios empleados.

Puede comprobarse, que entre las diferentes muestras analizadas se han detectado, más de veinte picos correspondientes a otros tantos compuestos. Las concentraciones totales halladas en los dos muestreos realizados en cada Albufera, son semejantes; 40,5 y 42,5 ppm en la Nueva correspondientes a los muestreos de los años 84 y 85; 26,8 y 26,9 ppm en la Honda y 9,1 ppm en ambos muestreos en la Litoral respectivamente. Ello parece indicar que en el periodo estudiado, los niveles de contaminación por pesticidas apenas han cambiado, lo que es lógico, ya que ambas tomas se realizaron en un intervalo de sólo seis meses.

En relación con las concentraciones totales de pesticidas hallados en las mismas fechas en las aguas de Las Albuferas, puede observarse un factor de concentración (lodos : aguas) aproximadamente de diez.

De la comparación de los resultados obtenidos en los análisis efectuados a aguas y lodos de una misma Albufera, puede observarse que en los lodos han sido detectados practicamente todos los compuestos identificados en el agua y otros adicionales. Por comparación de las respectivas concentraciones halladas en ambos compartimentos medioambientales, puede indicarse con carác-

ter general que el factor de concentración encontrado en el proceso de adsorción en el lodo es superior para pesticidas clorados que para los organofosforados. Algún compuesto de especial significación como el DDT, no detectado en aguas, sí lo ha sido en lodos, lo que indica su empleo, al menos anteriormente.

Si bien el orden de magnitud de las concentraciones totales encontrado en las tres Albuferas es análogo, puede indicarse que los contenidos son algo superiores en la Albufera Nueva y más bajos en la Albufera Litoral.

Tabla. 4.2.2.1.- Determinación de pesticidas en lodos de Las Albuferas.

Muestra	trr	Compuesto	Aldrín(ug/l)	Total Aldrín(ug/l)
Lodos	0,30	Dicloroetano	849	
N-7	0,31	& -BHC	1897	
XII-84	0,58	B -BHC	3227	
	0,74	Paratión	24	
	0,89	Malatión	168	
	0,96	Metamidofos	197	
	1,00	Aldrín	7323	
	1,20	Vinclozolina	5497	
	1,31	Endosulfán	1494	
	1,59	Dicofol	3143	
	1,71	DDE	1312	
	2,00	DDT	1027	
	1,86	Dieldrín	1739	
	2,84		954	
	2,96		652	
	3,02		1318	
	3,34		3492	
	3,41		5414	
	3,71		798	40525

Tabla. 4.2.2.1.- (continuación).

Muestra	trr	Compuesto	Aldrín(ug/1)	Total Aldrían(ug/1)
Lodos	0,31	Dicloroetano	632	
N-7	0,39	& -BHC	2336	
VI-85	0,57	B -BHC	4159	
	0,74	Paratión	132	
	0,90	Malatión	397	
	0,95	Metamidofos	326	
	1,02	Aldrín	5496	
	1,18	Endrín	2196	
	1,22	Vinclozolina	6339	
	1,31	Endosulfán	1587	
	1,60	Dicofol	2978	
	1,69	DDE	2324	
	1,86	Dieldrín	1594	
	2,00	DDT	1549	
	2,85		1036	
	3,02		1533	
	3,33		2876	
	3,42		4971	42461

Tabla. 4.2.2.1.- (continuación).

Muestra	trr	Compuesto	Aldrín(ug/1)	Total Aldrían(ug/1)
Lodos	0,31	Dicloroetano	397	
H-8	0,38	& -BHC	1396	
XII-84	0,57	B -BHC	2609	
	0,89	Malatión	237	
	0,95	Metamidofos	139	
	0,99	Aldrín	4522	
	1,16	Endrín	2033	

	1,22	Vinclozolina	3974	
	1,29	Endosulfán	1259	
	1,60	Dicofol	738	
	1,70	DDE	1736	
	1,83	Dieldrín	1324	
	1,98	DDT	1231	
	3,42		1370	
	3,69		5147	26788
<hr/>				
Lodos	0,38	& -BHC	693	
L-1	0,58	B -BHC	1228	
VI-85	0,94	Metamidofos	132	
	1,03	Aldrín	2073	
	1,21	Vinclozolina	1294	
	1,71	DDE	796	
	1,84	Dieldrín	1687	
	2,01	DDT	1308	9111
<hr/>				

Tabla. 4.2.2.1.- (continuación).

Muestra	trr	Compuesto	Aldrín(ug/1)	Total Aldrían(ug/1)
Lodos	0,38	& -BHC	1527	
H-8	0,56	B -BHC	1931	
VI-85	0,75	Paratión	132	
	0,90	Malatión	323	
	1,01	Aldrín	4931	
	1,17	Endrín	1472	
	1,22	Vinclozolina	4296	
	1,32	Endosulfán	772	
	1,59	Dicofol	876	
	1,68	DDE	1347	
	1,85	Dieldrín	2017	
	1,99	DDT	970	
	3,42		944	
	3,86		3325	24864

Lodos	0,32	Dicloroetano	396	
L-1	0,39	& -BHC	349	
XII-84	0,57	B -BHC	787	
	1,01	Aldrín	1768	
	1,21	Vinclozolina	970	
	1,83	Dieldrín	1323	
	1,99	DDT	1043	
	3,02		472	
	3,33		2018	9126

Si bien se está de acuerdo sobre el hecho de que una vez un pesticida está integrado en el Medio Acuático, los fenómenos de adsorción-desorción influyen notablemente sobre su movilidad, las conclusiones que de ello se derivan son divergentes según diversos autores. ROBBE (1975), atribuye a las materias en suspensión y lodos una capacidad depuradora neta más que un factor de transmisión de polución, a través de los procesos de desorción, en contra de lo que opinan otros autores (MESTRES op. cit.). La controversia parece difícil de resolver de una manera general ya que el fenómeno adsorción-desorción depende de un número, muy importante de parámetros como naturaleza del pesticida y características físico-químicas del sustrato y del Medio Acuático (salinidad, pH, temperatura, plancton, fauna, granulometría, contenido en materia orgánica, composición química, régimen del contacto agua-sustrato etc). Pequeñas variaciones en estos parámetros, pueden ocasionar el desplazamiento del equilibrio adsorción-desorción en un sentido ó en otro (JU CHAN HUANG 1975).

Se ha comprobado, como era de esperar, que para pesticidas como Dieldrin y Lindano, la adsorción aumenta con el incremento de la concentración de pesticida en disolución (ROBBE op. cit.). Este comportamiento parece ser genérico para diferentes compuestos.

La salinidad del agua afecta de una manera desigual a diferentes pesticidas. Así, el Endrín presenta un máximo de adsorción (34%) después de una hora de contacto agua-sustrato para una salinidad de la fase acuosa comprendida entre el 13 y el 17%. Sin embargo, parece no verse afectado por variaciones en la salinidad del agua en cuanto a su adsorción por un determinado sustrato y resulta ser casi completa (90-98%) después de tres días de contacto sólido-líquido (ROBER, op. cit.).

Lodos ricos en materia orgánica como los de Las Albuferas, se caracterizan por alcanzar una alta capacidad de adsorción debido a su contenido en carbono (GORDON, 1972). El papel jugado por la materia orgánica en el mecanismo de fijación de pesticidas parece ser complejo, tanto en los procesos de adsorción a corto plazo como en los de desorción.

El tamaño de las partículas del lodo afecta de manera importante al proceso adsorción-desorción. La adsorción de Lindano y Dieldrín se incrementa cuando la granulometría disminuye de 0,35-0,50 mm hasta el intervalo 0,18-0,30 mm (BOUCHER y LEE 1972). En relación con el tamaño de la partícula del sustrato se conoce que el factor de concentración de DDT sobre coloides de hierro de tamaño comprendido entre 5 y 10  $\mu\text{m}$  es de 15800 respecto a su concentración en agua (POIRRIER, BARDELON y LAFSTER, 1972).

Estos importantes factores de concentración (suelo/agua) son en parte evidenciados en los análisis efectuados por nosotros. Así el DDT que no ha sido identificado en las muestras de agua (probablemente debido a que se encuentra presente en una cantidad inferior al límite de detección de la técnica analítica empleada), sí aparece en muestras de lodos, en concentraciones que oscilan entre 1 y 1,5 ppm, lo que por otro lado, es una muestra de su persistencia. Para otros organoclorados se observan asimismo altos factores de concentración. A partir de los dos muestreos realizados en la Albufera Nueva el XII de 1984 y el VI de 1985 calculamos los siguientes factores de concentración (suelo/agua) respectivamente: A -BHC 75 y 106; B -BHC 92 y 54; Lindano 45 y 49 y Aldrín 665 y 549. Valores análogos se obtienen a partir de los análisis de resultados de la Albufera Honda y Litoral. Es de resaltar, por otra parte, la relativa constancia encontrada del factor de concentración para cada pesticida en ambos muestreos. Para los organofosforados (Paratión y Malatión) encontramos en general factores de concentración inferiores a la unidad.

Son escasos los datos referentes a persistencia de organofosforados en lodos de habitat acuáticos (NICHOLSON y otros 1962) ha determinado concentraciones altas de Paratión (1,9 ppm) en lodos, correlacionando su presencia con la erosión de suelos contaminados en el entorno. MULLA, KEITH y GUNTER, (1966) han comprobado que lodos tratados con Paratión experimentaban muy rápidamente una pérdida en su contenido, a través de procesos de degradación; su nivel de concentración fué prácticamente despreciable 22 días después de tratamiento.

Las consideraciones hasta aquí realizadas parecen indicar que los equilibrios: adsorción — desorción, que se ponen en juego entre el agua de Las Albuferas y sus sustratos, se encuentran desplazados en el sentido de la adsor-

ción, de manera, que la actividad neta por parte de los lodos es una depuración del Medio Acuático. BOUCHER y LEE (op. cit), han comprobado que después de tres lavados con agua destilada, las arenas de un acuffero contaminado por pesticidas perdían por desorción un 17% de Dieldrín y un 70% de Lindano. Sin embargo, no son estas las condiciones de las aguas de Las Albuferas y en consecuencia, los resultados no son trasladables. En un sistema como el que es objeto de nuestro estudio, los equilibrios que movilizan a un pesticida entre los tres compartimentos ambientales, son continuamente alterados, no tan solo por los cambios en los parámetros medioambientales, sino por el aporte continuado de pesticidas al Medio. En consecuencia, las condiciones que rigen a los equilibrios fisico-químicos no son aplicables.

#### 4.2.3.- En suelos

En la tabla 4.2.3.1 se reúnen los valores encontrados de pesticidas en muestras de suelo tomadas en el entorno de Las Albuferas, expresados en ug/l de Aldrín. No ha sido posible identificar algunos de los picos de los cromatogramas realizados a partir del criterio establecido del tiempo de retención, bien por tratarse de pesticidas de cuyos patrones no disponíamos, bien por tratarse de alguno de sus metabolitos.

Las concentraciones totales halladas oscilan entre 2 y 5 ppm de Aldrín. Los compuestos identificados son aproximadamente los mismos que los hallados en aguas y en lodos, si bien el número de picos señalados parece ser superior en los cromatogramas correspondientes a suelos, lo que indica la existencia de compuestos adicionales respecto a los presentes en aguas. Es de notar asimismo una mayor abundancia de organoclorados que de organofosforados. Esta mayor persistencia de los primeros es señalada en la numerosa bibliografía existente sobre la interacción pesticida-suelo (SPENCER, 1970; YARON y SALTZMAN 1978; WIERSMA, TAI y SAND, 1972; SETHUNATHAN y otros, 1977; HSIEH y otros, 1975; PARIS y LEWIS, 1973; GORING y otros, 1975; EDWARDS y THOMPSON, 1973; CROSBY, 1970; CAREY y otros, 1972; ALEXANDER, 1965).

Así, algunos autores han constatado que el 80% de la cantidad de Aldrín inicialmente presente en un suelo desaparece en un año y un 7,5% de la cantidad restante se transforma en Dieldrín al cabo de 5 años (MESTRES, op. cit.).

Tabla. 4.2.3.1.- Determinación de pesticidas en suelos del entorno de Las Albuferas.

Muestra	trr	Compuesto	Aldrín(ppm)	Total Aldrían (ppm)
Suelos	0,30	Dicloroetano	0,21	
S-1	0,40	$\alpha$ -BHC	0,32	
III-86	0,60	$\beta$ -BHC	0,27	
	0,96	Metamidofos	0,06	
	1,02	Aldrín	0,31	
	1,26	Vinclozolina	0,79	
	1,32	Endosulfán	0,20	
	1,58	Dicofol	0,62	
	1,69	DDE	0,29	
	1,83	Dieldrín	0,40	
	1,99	DDT	0,19	
	3,82		0,23	3,89
<hr/>				
Suelos	0,30	Dicloroetano	0,17	
S-2	0,40	$\alpha$ -BHC	0,18	
III-86	0,57	$\beta$ -BHC	0,32	
	0,76	Paratión	0,04	
	0,95	Metamidofos	0,05	
	1,01	Aldrín	0,31	
	1,22	Vinclozolina	0,68	
	1,32	Endosulfán	0,18	
	1,58	Dicofol	0,54	
	1,70	DDE	0,32	
	1,84	Dieldrín	0,39	
	2,00	DDT	0,17	
	3,86		0,15	3,50
<hr/>				
Suelos	0,40	$\alpha$ -BHC	0,29	
S-3	0,60	$\beta$ -BHC	0,27	
XII-86	0,90	Malatión	0,06	



0,94	Metamidofos	0,04	
1,01	Aldrín	0,31	
1,22	Vinclozolina	0,68	
1,33	Endosulfán	0,06	
1,59	Dicofol	0,32	
1,68	DDE	0,16	
1,86	Dieldrín	0,36	
2,01	DDT	0,014	2,49

Tabla. 4.2.3.1.- (continuación).

Muestra	trr	Compuesto	Aldrín(ppm)	Total Aldrín(ppm)
Suelos	0,31	Dicloroetano	0,26	
S-4	0,39	$\alpha$ -BHC	0,14	
III-86	0,59	$\beta$ -BHC	0,58	
	0,75	Paratión	0,04	
	0,91	Malatión	0,02	
	0,99	Aldrín	0,27	
	1,22	Vinclozolina	0,72	
	1,34	Endosulfán	0,31	
	1,59	Dicofol	0,71	
	1,69	DDE	0,48	
	1,84	Dieldrín	0,39	
	2,00	DDT	0,29	
	3,39		0,24	
	3,68		0,32	4,77
Suelos	0,31	Dicloroetano	0,33	
S-5	0,39	$\alpha$ -BHC	0,22	
III-86	0,59	$\beta$ -BHC	0,56	
	0,76	Paratión	0,12	
	0,92	Malatión	0,08	
	0,98	Aldrín	0,33	
	1,23	Vinclozolina	0,54	
	1,59	Dicofol	0,68	

Tabla. 4.2.3.1.- (continuación).

Muestra	trr	Compuesto	Aldrín(ppm)	Total Aldrín(ppm)
Suelos	1,30	Endosulfán	0,37	
S-5	1,69	DDE	0,44	
III-86	1,84	Dieldrín	0,41	
	1,99	DDT	0,28	
	3,42		0,47	
	3,59		0,20	5,03
Suelos	0,30	Dicloroetano	0,26	
S-6	0,40	$\alpha$ -BHC	0,31	
III-86	0,58	$\beta$ -BHC	0,46	
	0,91	Malatión	0,03	
	0,96	Metamidofos	0,03	
	1,21	Vinclozolina	0,33	
	1,35	Endosulfán	0,27	
	1,59	Dicofol	0,44	
	1,70	DDE	0,36	
	1,83	Dieldrín	0,28	2,96
Suelos	0,39	$\alpha$ -BHC	0,29	
S-7	0,57	$\beta$ -BHC	0,21	
III-86	1,02	Aldrín	0,22	
Suelos	1,21	Vinclozolina	0,26	
S-7	1,33	Endosulfán	0,08	
III-86	1,59	Dicofol	0,19	
	1,70	DDE	0,07	
	1,83	Dieldrín	0,18	
	3,32		0,01	
	3,46		0,41	1,93

Según WHETLY (1965), el periodo de vida media del DDT en suelos oscila entre 25 y 40 años y para el Lindano entre 15 y 20 semanas. El Isodrin tiene un periodo de vida media de 4 semanas (KLEIN, ZARIF, WEISGERBER, 1972; SUZUKI, YAMATO, WATANABE, 1974). El  $\gamma$ -Endosulfán de 60 días y el isómero B de 800 días. Otros datos relativos a alta persistencia en suelos se refieren a Aldrin que fué detectado en suelos 10 años después de su aplicación (KILZER y otros, 1974; LICHTENSTEIN, FUHREMANN, SCHULZ, 1971; WEISGERBER, ROHLI, RAUL, KLEIN; 1974). Entre los organofosforados, el Malation ha sido reportado como un pesticida de corta vida en suelos, así, se ha encontrado que transcurridos 8 días desde su aplicación se pierde el 97,5% de la cantidad vertida, comportamiento facilmente explicable en función de su notable solubilidad en agua y tendencia a la hidrólisis (TAGATZ y otros, 1974).

El Paratión resulta sin embargo más persistente en suelos, encontrándose en bibliografía datos que cifran la vida media entre seis semanas y 16 años (BURKHARDT, FAIRCHILD, 1967; MULLA, ISAAK, 1961; KUNTSON, y otros, 1971; STEWART, CHISHOLM, RABAG, 1971). Esta aparente disparidad de datos ilustran la influencia que la variedad de factores ambientales ejercen sobre el comportamiento de un pesticida en la litosfera. Bajo un punto de vista Medioambiental la interacción pesticida-suelo influye notablemente en cuestiones tan importantes como distribución y movimiento de un pesticida en el Medio Ambiente.

La alta estabilidad de la mayoría de los compuestos identificados en suelos hace suponer que han ido acumulándose durante años a causa de las prácticas agrícolas de la zona. Los suelos analizados no han sido cultivados en ningún momento, sino que se localizan en el entorno de Las Albuferas, muy próximos a cultivos bajo plástico y enarenados. Su contenido en pesticidas no puede en consecuencia atribuirse a una aplicación directa sobre los mismos, sino a fenómenos de transporte desde las zonas cultivadas próximas. En este sentido es de significar que son precisamente las muestras recogidas en lugares más alejados de invernaderos las que presentan un menor grado de contaminación.

La forma predominante de aplicación de fitosanitarios en la zona, por pulverización, y el viento generalmente existente facilitan el transporte de los mismos. No conocemos, por otra parte, estudios previos sobre este tema realizados en la Provincia de Almería.

#### 4.2.4.- En la cadena trófica

En la tabla 4.2.4.1 se reúnen los valores encontrados de diferentes pesticidas en ciprínidos y huevos de galápagos, así como en diferentes órganos de Mujol y Anguila y de Focha y Porrón común, todos ellos capturados en las Albuferas en el año 1985. Hemos optado por indicar valores totales de organoclorados y de organofosforados ya que en los cromatogramas obtenidos se observaban numerosos picos de difícil asignación a través de los tiempos de retención, por comparación con los patrones de pesticidas usados por nosotros, probablemente debido a la presencia de metabolitos. En todos los casos observamos picos correspondientes a DDT, DDE, Dieldrín, & - BHC, B - BHC, Lindano y Heptacloro epóxido.

Es de notar, en todas las muestras analizadas, la bioacumulación de organoclorados y la menor persistencia de organofosforados debido a su mayor facilidad de bioacumulación. Los niveles de contaminantes detectados en anátidas, huevos de galápagos y peces no alcanzan las concentraciones que suelen encontrarse asociadas en bibliografía a depresiones rápidas de estas poblaciones.

Tabla. 4.2.4.1.- Concentración total de organoclorados (POC) y organofosforados (POP) en muestras de anátidas, peces y huevos de galápagos capturados en Las Albuferas.

Muestra	Clase de compuesto	Total en Aldrín(ppm)	
Ciprínidos	POC	1,7	
	POP	0,3	
Mujol	Hígado	POC	2,6
		POP	0,6
	Músculo	POC	3,7
		POP	1,2
Anguila	Hígado	POC	3,1
		POP	0,9
	Músculo	POC	5,2
		POP	1,3

Focha	Encéfalo	POC	2,3
		POP	0,3
	Hígado	POC	4,3
		POP	0,6
	Intestino	POC	4,6
		POP	0,8
	Pechuga	POC	6,2
		POP	1,4
	Músculo	POC	5,8
		POP	1,2
T. Adiposo		POC	16,8
		POP	1,7
Porrón común			
Encéfalo		POC	1,9
		POP	0,6
Hígado		POC	3,2
		POP	0,9
Intestino		POC	3,6
		POP	1,2
Pechuga		POC	4,2
		POP	1,9
Músculo		POC	4,9
		POP	1,7
T. Adiposo		POC	15,4
		POP	0,9
Huevos de galápagos			
		POC	0,3
		POP	0,1

En la tabla 4.2.4.2 se reúnen valores relativos a toxicidad de algunos pesticidas, de entre los identificados en Las Albuferas, para peces, expresadas en concentración de pesticida precisa para originar la muerte de la mitad de una población ( $LC_{50}$ ), indicándose el intervalo de tiempo de exposición de la población de peces al pesticida en un Medio Acuático contaminado. Si bien los datos relacionados no se refieren a especies de peces encontradas en Las Albu-

feras pueden servir a fin de comparar las toxicidades relativas de los diferentes pesticidas. Destacan por su notable toxicidad compuestos como Endosulfan, Aldrín, Dieldrín, DDT y Malatión, con  $LC_{50}$  0,1 mg/l. Esta concentración se sobrepasa en algunos casos en los análisis de aguas efectuados; así el Malatión detectado en niveles comprendidos entre 0,3 y 0,6 ppm, ó el Aldrín y Dieldrín detectados en concentraciones análogas a las correspondientes a sus  $LC_{50}$  para diversas especies de peces. Por otra parte, no se dispone de datos en bibliografía sobre el efecto originado, en poblaciones de peces, por la presencia simultánea de varios pesticidas como ocurre en Las Albuferas, probablemente debido, a que no son situaciones frecuentes y a que en estos casos es muy difícil diferenciar efectos imputables a los diferentes pesticidas, sin embargo cabe una influencia igual o mayor que la suma de las toxicidades correspondientes a cada fitosanitario.

Tabla. 4.2.4.2. - Toxicidad de pesticidas para peces (COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, 1981).

Compuesto	$LC_{50}$ (ppm)	Tiempo de exposición	Especie
Carbendacimas	0,36	96	truchas
Vinclozolina	52,5	96	"
Dimetoato	40-60	96	pez-mosquito
Paratión	1,5	96	truchas
	0,57	96	doradas
Malatión	0,1	24	truchas
	0,103	96	pez-azul
Metamidofos	51	96	truchas
Endosulfán	0,002	96	doradas
Lindano	0,16	48	diversas
Aldrín	0,018-0,089	24	"
Endrín	0,75-5,6	24	"
Dieldrín	0,018-0,089	24	"
Acefato	1000	24	truchas
	9550	24	doradas
	2230	24	pez-gato
DDT	0,016	96	pez-azul
	0,018	96	truchas
Heptac. epox.	0,019	96	pez-azul
	0,15	96	truchas

Los niveles medios de concentración encontrados en ciprínidos, mujos y anguila son elevados: 1, 7, 3, 1 y 4, 1 ppm respectivamente para organoclorados.

Son escasos los datos encontrados en bibliografíaa relativos a contaminación por pesticidas en especies de avifauna y ecosistemas semejantes al que es objeto de este estudio. En un trabajo realizado sobre contaminantes organoclorados en tejidos de pato cuchara, capturado en Doñana (HERNANDEZ, MURADO y BALUJA, 1975) se encontraron niveles de contaminación inferiores a los determinados por nosotros, con concentraciones totales de organoclorados en hígado de 1,9 ppm, músculo 1,9 ppm, riñón 2,7 ppm, encéfalo 1,0 ppm y gónadas 34,7 ppm. La contaminación de esta especie capturada en la Reserva se interpreta en el trabajo referido como importada de otras zonas regadas por las aguas del Guadalquivir y que finalmente alimentan Doñana. En cualquier caso es de resaltar que las concentraciones determinadas por nosotros en hígado, encéfalo y músculo de Focha y Porrón común son aproximadamente un 100% superiores a las halladas en los mismos tejidos y órganos del pato cuchara, como era de esperar en función del mayor grado de contaminación del ecosistema estudiado por nosotros, que indica importantes niveles de bioacumulación a lo largo de la cadena trófica. En la figura 4.2.4.1 se reproducen datos relativos a la bioacumulación de pesticidas en la cadena trófica de un ecosistema marismeno análogo al estudiado y a partir de datos encontrados en bibliografía (DEL RIO y VIDAL, op. cit.)

Exámenes efectuados sobre la distribución de organoclorados entre diferentes tejidos de anátidas evidencian que estos se localizan preferentemente en gónadas, adiposo, músculo, hígado y encéfalo, ordenados de mayor a menor capacidad de bioacumulación (ABERNATHY; HODGSON y GUTHRIE 1971), orden que se observa en los análisis efectuados de anátidas en Las Albuferas. La preferente acumulación de organoclorados en las grasas se debe a su liposolubilidad.

En relación con la llamada toxicidad aguda que implica la muerte súbita por adsorción de pesticida en una determinada fracción de una población, las correlaciones más sólidas se han establecido entre aquella y concentración de pesticida en el encéfalo (KAPOOR y otros 1978). En los encéfalos de Focha y Porrón Común capturados en Las Albuferas, las concentraciones halladas distan de las consideradas por diversos autores como causantes de toxicidad aguda. No son abundantes los datos que aparecen en bibliografía referentes a valores de toxicidad aguda para las anátidas. Los estudios más sistemáticos desarrollados en este sentido lo han sido sobre roedores. En la tabla 4.2.4.5

se reúnen valores de  $LC_{50}$  para algunos de los pesticidas identificados en Las Albuferas.

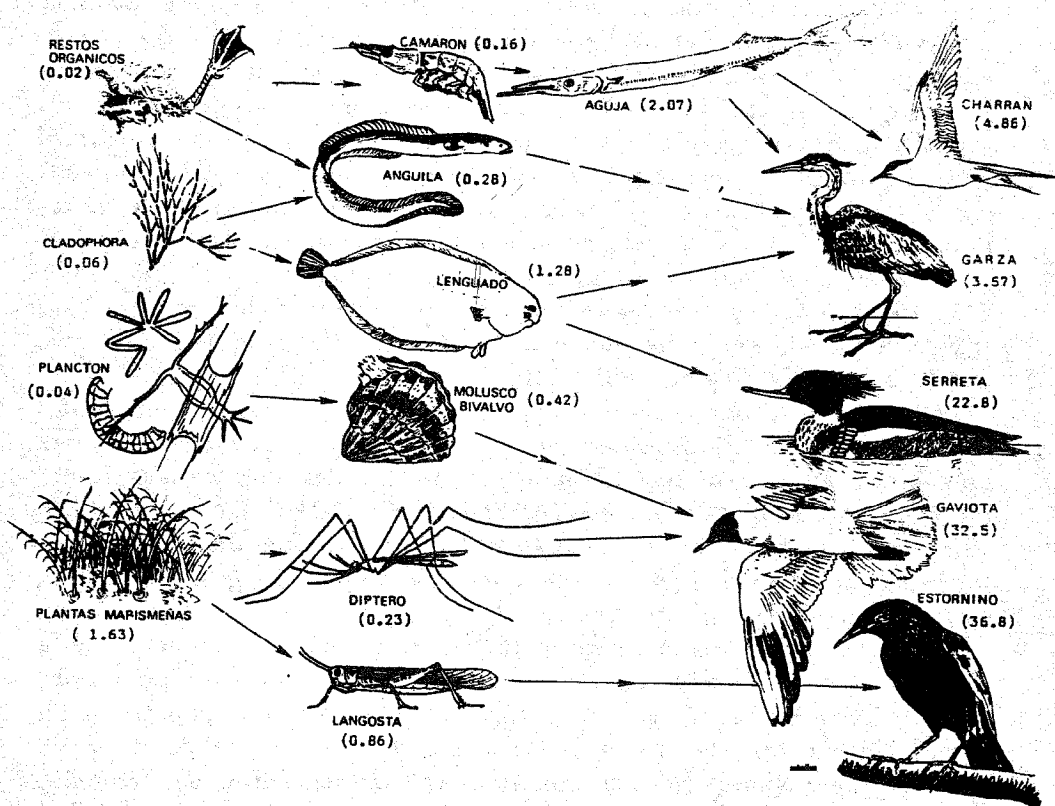


Figura 4.2.4.1. ppm de organoclorados en un ecosistema típico marismero.



Tabla. 4.2.4.3.- Toxicidad de algunos pesticidas encontrados en Las Albuferas. (COMMISSION OF THE EUROPEAN COMUNITIES.

Compuesto	ratas	ratones	ratas	conejos
Acefato	H:866 M:945	361		2000
DDT	113-800	150-400	H:2510	
Carbendac.	» 1510		» 2000	» 10000
Vinclozol.	1000 tech.			
Dicofol	668-842			
Dicloroetano	670-890	870-950		
Dimetoato	H: 500-600 M: 570-680		» 800	
Paratión	H: 13 M: 3,6		H: 21 M: 6,8	
Malatión	2800		4100	
Metamidofos	30		H: 50-110	» 2000
Heptacloro	147-220			
Endosulfán	88-100 tech.			359 tech.
Aldrín	38-60		98	
Endrín	7,5-17,5		15	

tech. compuesto comercial; H. Hembra; M. macho.

Los valores reunidos pueden utilizarse a fin de comparar la toxicidad de los diferentes pesticidas identificados en Las Albuferas frente a roedores. Así cabe destacar que para producir la muerte del 50% de una población de ratas bastan cantidades de DDT 113, Paratión 3,6 Metamidafos 30, Heptacloro 47, Aldrín 38 y Endrín 7,5, expresados todos ellos en mg de pesticida por cada kilogramo de peso de ejemplar.

Otro tipo de actuación de los contaminantes se establece a través de la toxicidad latente. Esta acción necesita largos periodos de tiempo para manifestar sus efectos y es por tanto más difícil de valorar cuantitativamente a través de parámetros análogos a  $LD_{50}$ . La valoración cabe hacerla bajo un punto de vista cualitativo. En este sentido, se ha establecido una relación entre contaminación por pesticidas y depresión de una población de aves en función de una pérdida en la fertilidad de las mismas. STICKELL y otros (1969) esta-

blecen como rango de concentración tóxico para aves cantidades superiores a 50 ppm de DDT. Sin embargo, a partir de concentraciones de 0,15 ppm en gónadas, comienzan a manifestarse anomalías en los procesos de formación de las cáscaras de los huevos, que afectan notablemente a la reproducción BLUS y otros (1972).

Si bien no hemos realizado determinaciones de organoclorados en gónadas de anátidas de Las Albuferas, es de suponer que alcancen niveles superiores al umbral establecido de 0,15 ppm ya que, según se ha puesto de manifiesto en otros estudios realizados, las gónadas acumulan organoclorados en cantidades superiores a otros órganos, así como tejidos (ABERNATHY, HODGSON y GUTHRIE op. cit.). En este sentido cabe indicar que ya han sido puesto de manifiesto en otro trabajo fenómenos de contaminación por pesticidas en huevos de anátidas en ecosistemas salineros almerienses (DEL RIO, CASTRO y VIDAL, 1984).

Menos abundantes son los estudios realizados sobre el efecto de organofosforados en peces y avifauna. MILLER, ZUCKERMAN y CHARIG (1966) han determinado concentraciones de Paratión en peces de 1,68 ppm, mientras que, en el agua era de 0,02 ppm y observaron que era biodegradado y metabolizado a una velocidad rápida.

Las LD<sub>50</sub> de Paratión y Malatión en pato silvestre son respectivamente de 1,9 y 1485 mg/Kg de peso respectivamente (TUCKER; CRABTREE 1970). HEITH y MULLA (1966) han confirmado la toxicidad del Paratión para patos. En el estudio realizado sometieron ejemplares de pato a dietas que contenían Paratión, durante 5 a 9 semanas. No observaron anomalías en dietas diarias de 5 ppm de Paratión, pero cuando la dieta contenía 25 ppm al día, los patos repelían el alimento, perdían peso y finalmente morían. Por otra parte, dietas con 10 ppm de Paratión durante más de 90 días, con lo que fueron alimentados patos, produjeron un apreciable adelgazamiento en la cáscara de los huevos (SAUTER; STEELE 1972).

En conclusión, si bien el Malatión y Paratión son ambos organofosforados, el primero ofrece un considerable margen de seguridad para diversas especies de aves mientras que el segundo se describe en bibliografía como altamente tóxico para aves y peces.

Han sido numerosos los autores, que han intentado establecer modelos que permitan predecir los fenómenos de distribución de pesticidas a partir de parámetros característicos del Medio Ambiente y de propiedades de estos compuestos. Una de las propiedades más empleada ha sido el coeficiente de partición del pesticida, establecido como la relación entre su concentración en n-

octanol y en agua y que mide la afinidad del pesticida por las grasas y en consecuencia su tendencia a la bioacumulación (METCALF 1976; HAGUE; KEARNEY y FREED 1965).

SCHNOOR, ASCE y Mc ROY (1981) han desarrollado un modelo matemático y lo han aplicado a un área de EEUU, encontrando que el 50% del Aldrín vertido durante un periodo de tiempo fué trasportado fuera del área, el 40% absorbido sobre sedimento y un 10% acumulado en peces. La distribución de Dieldrin entre peces y agua es del 74% en los primeros, 25% en agua y un 1% se absorbe en sólidos suspendidos. Sin embargo, el estudio se realizó a partir de consideraciones termodinámicas derivadas de sistemas en equilibrio y no puede trasladarse a otros sistemas en lo que el equilibrio esté alternándose continuamente por el cambio en la concentración del contaminante. En realidad los modelos teóricos, aplicados a los sistemas reales y complejos, como el que nos ocupa, llegan a conclusiones muy alejadas de las reales.