

Ejercicio 7

Sobre la base de lo expuesto en la sección Plaguicidas y de la adaptación del artículo "Contaminación por plaguicidas órganoclorados en un sistema de drenaje agrícola del Estado de Sinaloa", que se anexa:

- 1 Interprete y comente la conclusión a que llega el artículo, o sea, el estancamiento de la producción pesquera en la Bahía de Altata y la Ensenada de Pabellón y su relación con la acumulación local de plaguicidas.
- 2 ¿Estima conveniente conocer algún otro antecendente local respecto del problema estudiado que pueda incidir en la conclusión a la que se llegó? En caso afirmativo, indíquelo.

CONTAMINACION POR PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS EN UN SISTEMA DE DRENAJE AGRICOLA DEL ESTADO DE SINALOA*

RESUMEN

Se presentan los resultados del análisis cualitativo y cuantitativo de residuos de plaguicidas organoclorados en las aguas del Sistema de Drenaje del Distrito de Riego N° 10 del Estado de Sinaloa, México.

El sistema de drenaje estudiado descarga sus aguas principalmente en la Bahía de Altata y en la Ensenada del Pabellón y puede incorporar, en esta forma, grandes cantidades de plaguicidas a estas importantes zonas pesqueras.

Se encontraron residuos de plaguicidas organoclorados en todas las muestras y durante todo el período considerado.

Los compuestos que se encontraron con mayor frecuencia fueron: p,p'-DDT, p,p'-DDE, p,p'-DDD, α -HCH, dieldrín, endrín y lindano.

1 INTRODUCCION

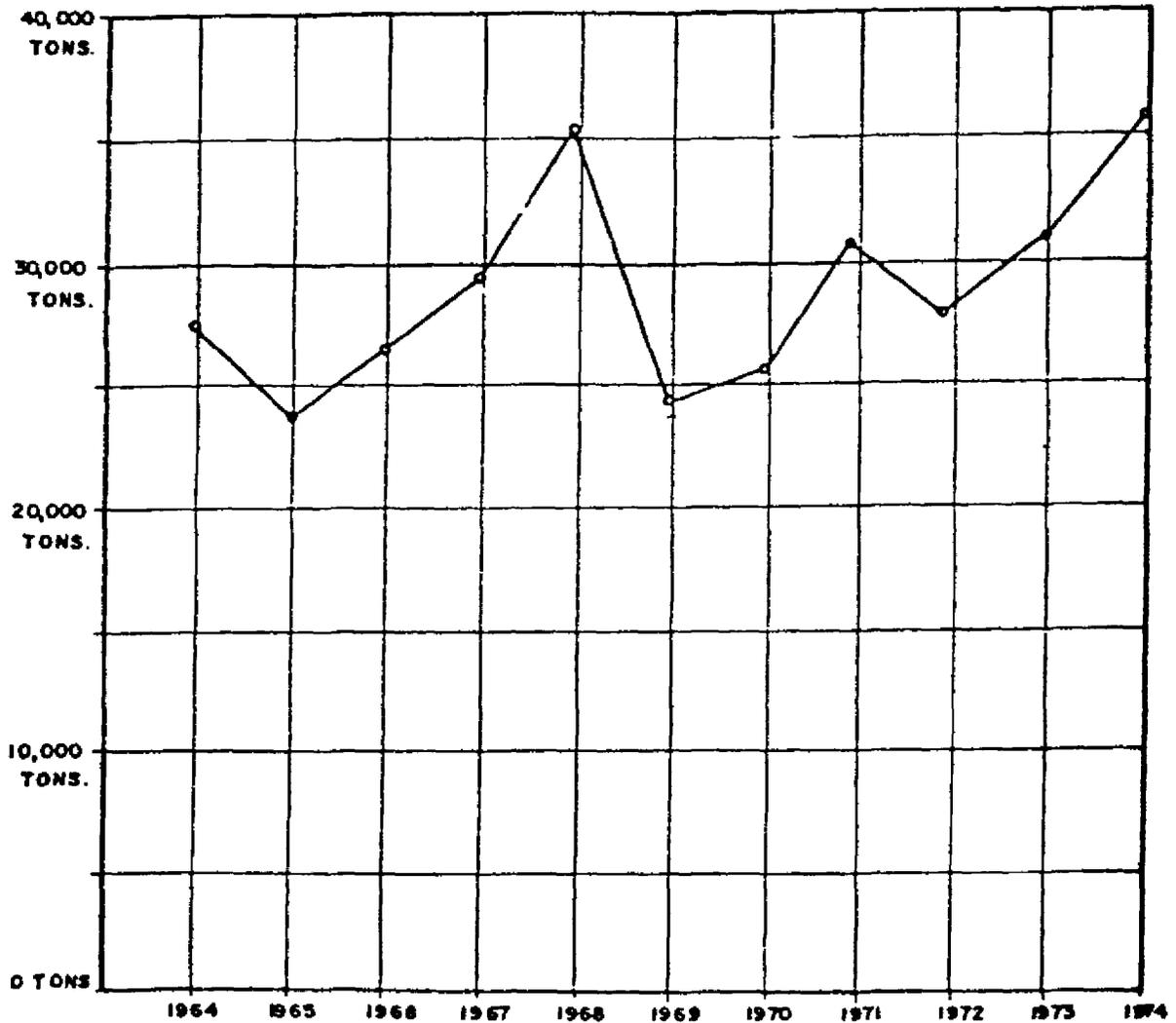
Sinaloa es un Estado eminentemente agrícola y también de los más importantes en cuanto a su producción pesquera, ya que sus costas reúnen condiciones ideales para el desove y crianza de muchas especies de peces y mariscos.

*Fuente: Dra. Lilia Albert, I.B.Q. Víctor Manuel Armienta en Protección de la Calidad del Agua, 1977, Vol. 3 (1), pp. 5-17 (adaptación).

En la actualidad, con el objeto de obtener una mayor producción pesquera, se han perfeccionado los métodos de pesca, se ha fomentado el cultivo de diversas especies marinas y se ha logrado también en gran medida, el cumplimiento de los períodos de veda y captura. A pesar de lo anterior, en los últimos años la producción pesquera de la Ensenada del Pabellón y de la Bahía de Altata no ha aumentado en la forma esperada (1) (gráficas 1 y 2).

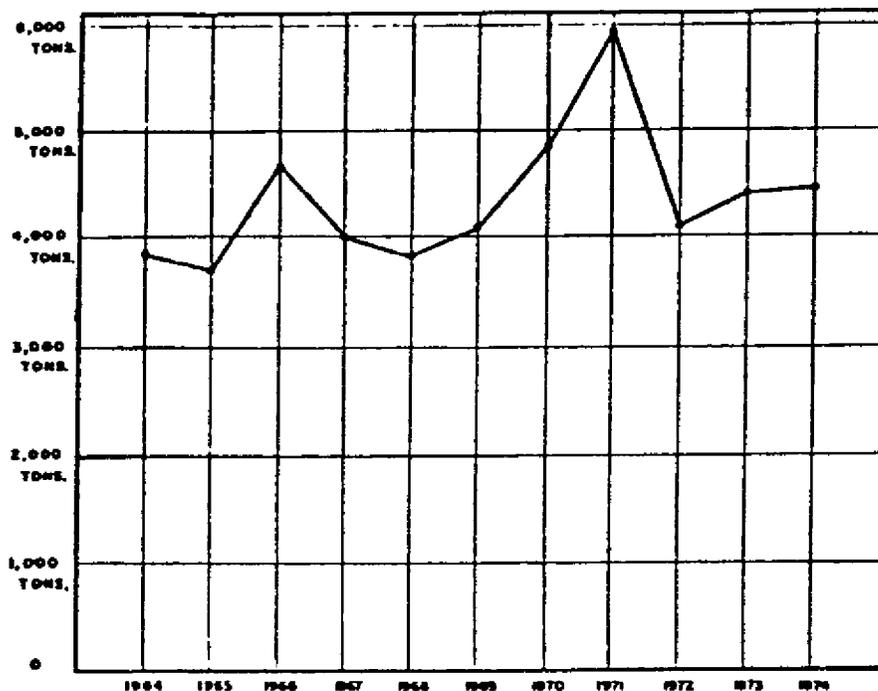
Gráfica 1

VARIACIONES DE LA PRODUCCION PESQUERA EN SINALOA



Gráfica 2

VARIACIONES DE LA PRODUCCION PESQUERA EN DR-10



Esto podría atribuirse, en buena medida, a la acumulación de residuos de plaguicidas organoclorados y sus metabolitos en estas importantes zonas pesqueras, ya que en ellas descargan las aguas del sistema de drenaje del Distrito de Riego N° 10 y, con el fin de obtener mejores cosechas, en dicho Distrito, al igual que en el resto de Sinaloa, se emplean grandes cantidades de plaguicidas sintéticos, los que llegan a las aguas de los drenes agrícolas como consecuencia de las aplicaciones aéreas, de los lavados de las tierras para el control de la salinidad, del lavado de los recipientes que los han contenido, o bien por el desagüe del agua de riego sobrante.

En todos los casos, el depósito final de los residuos de plaguicidas provenientes del Distrito de Riego N° 10, son la Bahía de Altata y la Ensenada del Pabellón y, por lo tanto, una de las causas del estancamiento en la producción pesquera podría ser la acumulación de dichos residuos y su efecto sobre la ecología de la zona.

Por lo anterior, y por los muchos riesgos para el equilibrio ecológico y para la salud del hombre que pueden derivarse de las altas concentraciones de residuos de plaguicidas organoclorados y de sus metabolitos en el medio ambiente (2,3) se consideró de la mayor importancia efectuar una evaluación preliminar de la contaminación causada por dichas sustancias en las aguas del Distrito de Riego N° 10 del Estado de Sinaloa.

2 PARTE EXPERIMENTAL

2.1 Solventes y reactivos.

Metanol, hexano, heptano, benceno, sulfato de sodio anh. granular, ácido sulfúrico conc., bicarbonato de sodio anh., anhídrico acético, sodio metálico, florisil.

2.2 Purificación de solventes y reactivos

Todos los solventes y reactivos se purificaron conforme a los métodos del Department of the Environment, Canadá (4). Todos los solventes pasaron la prueba de concentración (4, 5).

2.3 Estándares

α -HCH, β -HCH, γ -HCH, clordano α , clordano β , metoxi-cloro, heptacloro, epóxido de heptacloro, aldrín, dieldrín, endrín, o,p'-DDE, o,p' -DDT, p,p' -DDD, p,p' -DDE, p,p' -DDT.

2.4 Equipos y condiciones de operación para la cromatografía gas-líquido

2.5 Muestreo

Las muestras de agua se colectaron en el sistema de drenaje del Distrito de Riego N° 10 del Estado de Sinaloa, de julio de 1973 a febrero de 1974. Todas las muestras se tomaron de la superficie de los drenes respectivos, siguiendo las "Normas Oficiales de Muestreo" de la Dirección General de Normas (6).

2.6 Conservación de las muestras

Para el transporte de las muestras se usaron botellas de vidrio. Estas se lavaron previamente con agua corriente y jabón, se trataron con mezcla crómica y se enjuagaron con agua destilada, acetona y hexano. Antes de usarse se secaron en estufa a 100°C.

Hasta el momento de su extracción, las muestras se conservaron en cuarto frío a $0^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Después de la extracción, y en el transcurso del análisis, los extractos se mantuvieron en congelador a -20° .

2.7 Extracción y purificación

Las muestras se extrajeron con benceno y hexano y los extractos se concentraron en rotavapor y se purificaron por cromatografía en columna de florisil (4).

2.8 Identificación preliminar

Se prepararon 5 soluciones estándar de plaguicidas en n-heptano en concentraciones de 20 pg/ μ l (2×10^{-8} g/ml) con la siguiente composición:

	I	II
	α -HCH	Heptacloro
	Aldrín	Aldrín
	Clordano	Epóxido de heptacloro
	Dieldrín	
	Endrín	p,p'-DDD
III	IV	V
β -HCH	δ -HCH	γ -HCH
o,p'-DDE	Telodrín	Aldrín
o,p'-DDD	p,p'-DDT	Clordano
o,p ¹ -DDT	Metoxicloro	p,p'-DDE

La identificación preliminar se hizo por comparación de los tiempos de retención de los picos en el cromatograma de cada extracto con los tiempos de retención de los picos en cada mezcla estándar.

2.9 Cuantificación

Después de la identificación preliminar de los plaguicidas presentes en la muestra problema, se procedió a cuantificar cada uno de los compuestos identificados. Se utilizó, para ello, la solución en hexano de la muestra, aforada a 1 ml, y soluciones individuales en n-heptano de cada plaguicida estándar, en concentraciones de 2×10^{-8} g/ml.

2.10 Confirmación de la identidad

En todas las muestras, la identidad asignada a cada pico de manera preliminar se confirmó rutinariamente por el método de multicolumna (7) en dos fases estacionarias de polaridad diferente, por ejemplo, OV-101 al 3% y OV-210 al 3%. Además, dieldrín, endrín y p,p'-DDT se confirmaron también por formación de derivados (4).

2.11 Control de los resultados

Para cada serie de cuatro muestras se hizo un análisis de recuperación y un testigo. Los análisis de recuperación se efectuaron para verificar la eficiencia de los métodos empleados en la extracción y la purificación de las muestras de agua. Para esto, a un litro de agua purificada se le agregaron cantidades conocidas de estándares de plaguicidas y se analizó por los mismos procedimientos de extracción y purificación que se usaron para las muestras problemas.

Los análisis en testigo tuvieron por objeto verificar la pureza de los reactivos y controlar la incorporación de contaminantes durante el proceso de análisis.

3 RESULTADOS

Los resultados del análisis cualitativo de las muestras se presentan en la tabla IV. En ellas se indican con una cruz los plaguicidas que se encontraron en cada muestra y, con una cruz rodeada por un círculo, aquéllos cuyos niveles de concentración excedieron a los recomendados por la Federal Water Pollution Control Administration de los Estados Unidos (FWPCA) para aguas que descargan en estuarios o lagos (8) (tabla V).

En la tabla VI se resumen los resultados del análisis cuantitativo. En él se muestran, también las concentraciones mínimas, máxima y promedio para cada plaguicida, expresadas en ug/l.

En la tabla VII se presentan los datos de número de muestras analizadas, número de muestras en las que se encontró cada plaguicida y número de muestras en las que se excede el límite fijado por la FWPCA para las aguas que, por descargar en lagos o estuarios, pueden afectar a la ecología de la zona considerada.

TABLA IV

RESULTADOS DEL ANALISIS CUALITATIVO DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS EN EL DR - 10

Plaguicida	M u e s t r a																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
α-HCH			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
γ-HCH	+	+			+	+	+	+	⊕		+								+				+		+		+	+	+	+
β-HCH																							+				+			
p,p'-DDE												+	+	+	+	+														
p,p'-DDT																														
Dieldrín										+	+		+	+	+		+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+
Endrín										+	⊕	⊕	+	+	+	+	⊕	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
p,p'-DDE	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
p,p'-DDD	+	+			+	+	+	+		+	+																			
p,p'-DDT	+	+	⊕	⊕	⊕	⊕	+	+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Heptacloro						⊕			⊕																					
Clordano				⊕																										
Aldrín	⊕	⊕																												
Telodrín														+	+	+														
Plaguicidas	5	5	3	2	6	5	5	6	2	5	7	5	5	6	7	6	6	8	6	6	5	7	7	4	6	5	5	5	5	6
Muestra																														

+ Plaguicidas identificados en cada muestra.

⊕ Concentraciones superiores a los límites establecidos por la FWPCA, (Tabla V).

TABLA V

CRITERIOS PARA LA CALIDAD DEL AGUA (8)

Plaguicidas órgano- clorados	Agua potable (niveles deseables)	Niveles permisibles (µg/l)		
		Agua potable en cuerpo receptor	Usos agropecuarios e irrigación en cuerpo receptor	En estuarios
Aldrín	cero	17,0	17,0	0,04
Clordano	cero	3,0	3,0	2,0
DDT	cero	42,0	42,0	0,6
Dieldrín	cero	17,0	17,0	0,3
Endrín	cero	1,0	1,0	0,2
Heptacloro	cero	18,0	18,0	0,2
Epóxido de Hep- tacloro	cero	18,0	18,0	0,2
γ-HCH (lindano)	cero	56,0	56,0	0,2
Metoxicloro	cero	35,0	35,0	4,0

TABLA VI

RESULTADOS DEL ANALISIS CUANTITATIVO DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS EN EL DR-10

Plaguicida	Total de muestras	Muestras positivas	Concentración mínima (µg/l)	Concentración máxima (µg/l)	Concentración promedio (µg/l)
α -HCH	30	26	0,005	1,850	0,1600
γ -HCH	30	16	0,007	0,851	0,107
β -HCH	30	3	0,012	0,054	0,029
o,p' -DDE	30	5	0,025	0,057	0,035
o,p' -DDT	30	6	0,005	0,038	0,019
Dieldrín	30	19	0,002	0,093	0,027
Endrín	30	16	0,004	0,730	0,159
p,p' -DDE	30	28	0,006	1,266	0,152
p,p' -DDD	30	11	0,003	0,510	0,144
p,p' -DDT	30	27	0,027	1,440	0,388
Heptacloro	30	2	0,547	0,767	0,657
Clordano	30	1	2,600	2,600	2,600
Aldrín	30	2	0,084	0,120	0,102
Telodrín	30	3	0,019	0,031	0,026

4 DISCUSION

Como se puede observar en la tabla IV, los plaguicidas organoclorados y metabolitos que se encontraron con mayor frecuencia fueron, en el orden que se indica:

p,p'-DDE > p,p'-DDT > α -HCH > dieldrín > endrín > γ -HCH > p,p'-DDD > o,p'-DDT > o,p'-DDE > telodrín > aldrín > heptacloro > clordano.

El examen de las tablas VI y VII muestra que los plaguicidas o metabolitos que se encontraron más frecuentemente en concentraciones elevadas fueron:

p,p'-DDT; p,p'-DDE; α -HCH, endrín y γ -HCH

Es de notarse, también, que aunque clordano y heptacloro se encontraron en pocas muestras, sus concentraciones fueron muy elevadas.

Como puede observarse en la tabla VII, en las muestras analizadas se encontró que los siguientes compuestos sobrepasaron el límite establecido por la FWPCA: lindano en una; aldrín en dos; heptacloro en dos; clordano en una; endrín en tres y p,p'-DDT en cuatro.

En la gráfica 3 se muestra una comparación de los resultados del presente estudio con los de uno efectuado en los Estados Unidos para la evaluación de la calidad del agua (9).

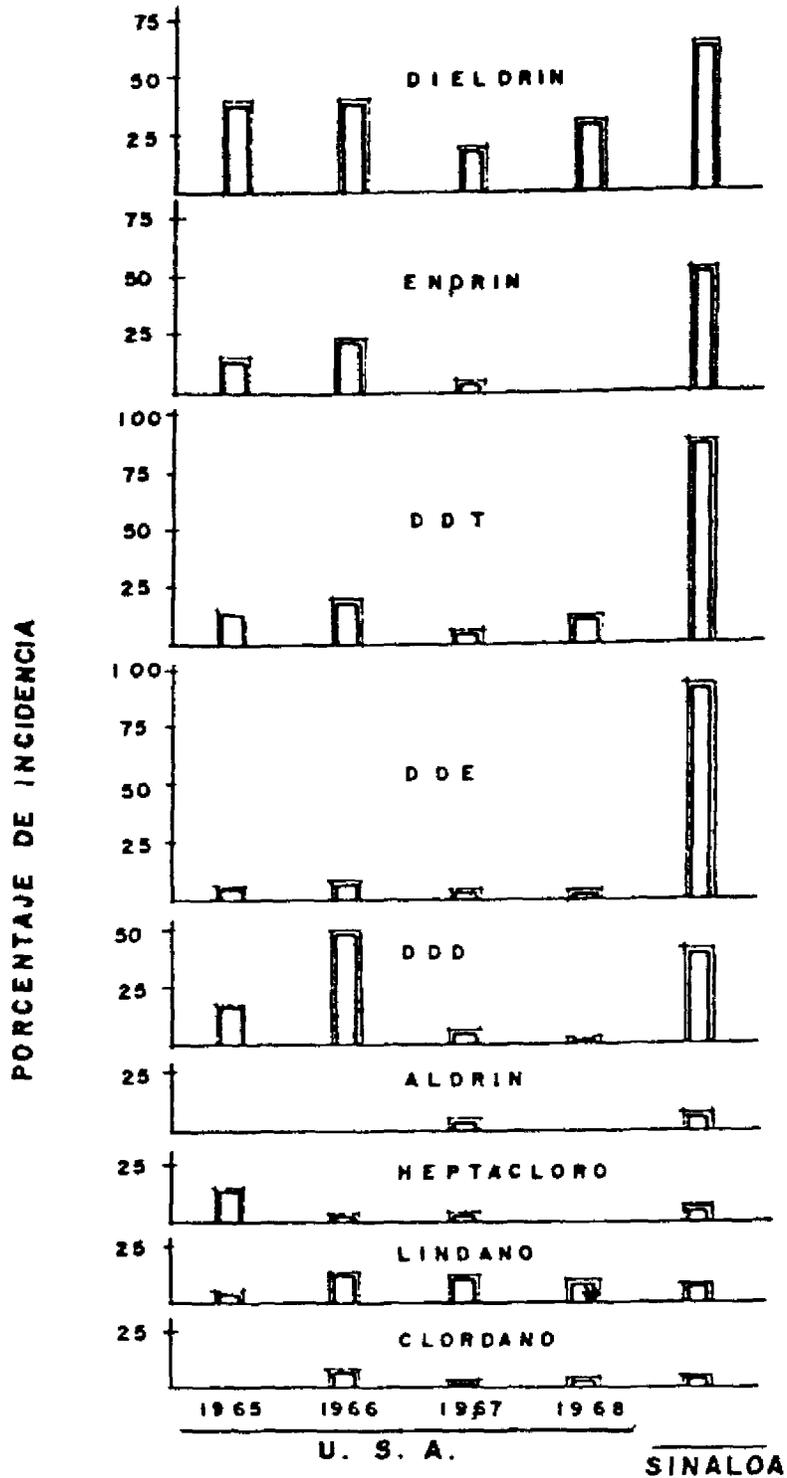
TABLA VII
MUESTRAS CON CONCENTRACIONES SUPERIORES A
LOS LIMITES PERMISIBLES

Plaguicidas	Total de muestras	Muestras positivas	Niveles permisibles para descargas en estuarios (8) ($\mu\text{g}/\text{l}$)	Muestras con concentraciones superiores al límite
α -HCH	30	26	-	-
γ -HCH	30	15	0,2	1
β -HCH	30	3	-	-
o,p'-DDE	30	5	-	-
o,p'-DDT	30	6	-	-
Dieldrín	30	19	0,3	-
Endrín	30	16	0,2	3
p,p'-DDE	30	28	-	-
p,p'-DDD	30	11	-	-
p,p'-DDT	30	27	0,6	4
Heptacloro	30	2	0,2	2
Clordano	30	1	2,0	1
Aldrín	30	2	0,04	2
Telodrín	30	3	-	-

En ella puede observarse que el porcentaje de frecuencias con que se encontraron residuos de plaguicidas organoclorados fue considerablemente mayor en Sinaloa que en los Estados Unidos, en especial para p,p'-DDT, p,p'-DDE, dieldrín y endrín.

En la tabla VIII se presentan, para su comparación, los resultados de este estudio, los valores de residuos de plaguicidas encontrados en dos ríos de regiones agrícolas de

GRAFICA 3



los Estados Unidos (10) y las concentraciones medias de residuos de plaguicidas en ríos del mismo país, encontradas en 1970 (11).

TABLA VIII
 NIVELES DE CONCENTRACION DE PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS
 EN EL DR-10 Y EN RIOS DE E.U.A.

Plaguicida	Distrito de riego N° 10 Sinaloa, Méx.	Río Missouri (9)	Río Colorado (9)	Ríos de los E.U.A. (10)
α -HCH	0,160			
γ -HCH (lindano)	0,107	0,005	0,0083	0,0028-0,028
β -HCH	0,029			
o,p'-DDE	0,035			
o,p'-DDT	0,019			
Dieldrín	0,027	0,0400	0,0046	0,0023-0,010
Endrín	0,159	0,0145	0,0081	0,0014-0,541
p,p'-DDE	0,152	0,0056	0,0099	
p,p'-DDD	0,144	0,0080	0,0142	0,0082-0,0103
p,p'-DDT	0,388	0,0316	0,0380	
Heptacloro	0,657	0,0133	0,0050	0,0001-0,0063
Clordano	2,600			
Aldrín	0,102	0,0023	0,0066	0,0002-0,005
Telodrín	0,026			

El análisis de las tablas IV, V, VI, VII y VIII y de la gráfica 3 permite afirmar:

- a) Que la presencia de residuos de los plaguicidas organoclorados más comunes fue constante en las aguas del Distrito de Riego N° 10 del Estado de Sinaloa, México, en el período de julio de 1973 a febrero de 1974.
- b) Que en varias de las muestras los niveles de concentración de los plaguicidas organoclorados en-

contrados excedieron a los límites recomendados para la conservación de flora y fauna por la FWPCA de Estados Unidos.

- c) Que en la mayoría de las muestras estos residuos se encontraron en concentraciones promedio muy superiores a las correspondientes a ríos de los Estados Unidos (10, 11). Por ejemplo, la concentración promedio de aldrín en el DR-10 fue de 15 a 500 veces superior a las obtenidas en los estudios realizados en Estados Unidos.
- d) Que la concentración promedio de algunos plaguicidas, por ejemplo, endrín ($X = 0,159 \mu\text{g}/\text{l}$) y p,p'-DDT ($X = 0,388 \mu\text{g}/\text{l}$), fue aproximadamente dos terceras partes de la máxima concentración permisible, mientras que para otros, tales como heptacloro y aldrín, la concentración promedio fue superior a la máxima concentración permisible.
- e) Que entre los plaguicidas que se encontraron más frecuentemente en concentraciones altas están, precisamente, aquéllos cuyo uso se ha restringido por ley, o ha sido prohibido en otros países (3), ya sea por sus efectos perniciosos sobre el medio ambiente o por sus propiedades toxicológicas (12), por ejemplo, p,p'-DDT, dieldrín y endrín.
- f) Que para la mayoría de los plaguicidas organoclorados el porcentaje de incidencia con que se encontraron fue muy superior al obtenido en estudios hechos en Estados Unidos, especialmente en el caso de dieldrín, endrín y los metabolitos del p,p'-DDT.

5 CONCLUSIONES

Tomando en consideración los resultados que se han descrito y sabiendo que los plaguicidas organoclorados pueden resistir la degradación biológica en el medio ambiental acuático y pueden persistir en él durante períodos prolongados y que las especies de estuario, tales como ostras, ostiones, camarones y cangrejos, son muy susceptibles a los efectos tóxicos de las bajas concentraciones de plaguicidas, efectos que se manifiestan, en unos casos, como una marcada disminución del crecimiento y/o la reproducción y en otros, como tasas de mortalidad muy elevadas (8), se puede concluir que sí es posible que el estancamiento que se ha observado en la producción pesquera de la Bahía de Altata y la Ensenada del Pabellón se deba a la acumulación en la zona de residuos de plaguicidas persistentes.

Los resultados de este estudio indican que se ha llegado a un serio deterioro ecológico de la zona considerada, la cual, si no se eliminan los factores que lo han causado, en el futuro pueden llegar, inclusive, a paralizar la producción pesquera y, en consecuencia, a causar graves trastornos a la economía del Estado de Sinaloa y del país.

BIBLIOGRAFIA DEL ARTICULO

- 1 "Sinaloa en cifras", pp. 76, 77, Secretaría de Desarrollo Económico del Estado de Sinaloa, Culiacán, (1972). Ibid, pp. 89, 90, (1976).
- 2 Muirhead-Thompson, R.C., "Pesticides and Freshwater Fauna", 2a. ed., Caps. 2 y 7, Academic Press, Nueva York, 1973.
- 3 Matsumara, F., "Toxicology of Insecticides", 1a. ed., Caps. 10 y 11, Plenum Press, Nueva York, 1975.
- 4 Chau, A.S.Y., "Analysis of Chlorinated Hydrocarbon Pesticides in Waters and Wastewaters: Methods Use in Water Quality Division Laboratories", Secciones 3, 4, 7 y 8, Department of the Environment, Ottawa, 1972.
- 5 Thompson, J.F., "Analysis of Pesticide Residues in Human and Environmental Samples", Sección 3C, U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, N.C., 1974.
- 6 "Normas Oficiales de Muestreo; DGN-AA-3-1973, Dirección General de Normas, Diario Oficial de los Estados Unidos Mexicanos, México, D.F., 27 de noviembre de 1973.
- 7 Egan, H., "Pesticide Residues in Fat Containing Foods and Human Fat", Procs, of the Nutrition Society, 25, (1), 44-55, 1966.
- 8 "Report of the Committee on Water Quality Criteria", Federal Water Pollution Control Administration, U.S. Department of the Interior, Washington, D.C. 1968.

- 9 Matsumura, F., B.G. Mallory, y T. Misato, "Environmental Toxicology of Pesticides", p. 59, Academic Press, Nueva York, 1972.
- 10 "Water Quality Criteria Data Book: Organic Chemical Pollution of Fresh Water", U.S. Environmental Protection Agency, Water Quality Office, Vol. I, pp. 49-124, Cambridge, Massachusetts, 1970.
- 11 Edwards, C.A., CRC Crit. Rev. Environm. Control., 1, 7-67, 1970.
- 12 Matsumura, F., "Toxicology of Pesticides", Cap. 1, Plenum Press, Nueva York, 1975.

7 GASES OXIDANTES QUE CONTAMINAN LA ATMOSFERA: BIOXIDO DE AZUFRE (SO_2), OXIDOS DE NITROGENO (NO_x), Y SUS DERIVADOS

7.1 Introducción

En la tabla siguiente se muestra la composición gaseosa del aire no contaminado a una temperatura de 25°C y una presión atmosférica de 760 mm Hg:

FIGURA 16

COMPONENTE (FORMULA)	ppm (vol)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Nitrógeno (N)	780 900	$8,95 \times 10^8$
Oxígeno (O_2)	209 400	$2,74 \times 10^8$
Argón (Ar)	9 300	$1,52 \times 10^7$
Anhídrido carbónico (CO_2)	315	$5,67 \times 10^7$
Neón (Ne)	18	$1,49 \times 10^5$
Helio (He)	5,2	$8,50 \times 10^4$
Metano (CH_4)	1,1	$7,20 \times 10^2$
Kriptón (Kr)	1,0	$3,32 \times 10^3$
Oxido Nitroso (N_2O)	0,5	$8,73 \times 10^2$
Hidrógeno (H_2)	0,5	$4,00 \times 10$
Xenón (Xe)	0,08	$4,17 \times 10^2$

El bióxido de azufre (SO_2) se encuentra naturalmente en la atmósfera en cantidades muy pequeñas. El bióxido de azufre antropogénico es producto de la oxidación del azufre durante la combustión del carbón, petróleo y sus derivados. Las principales fuentes emisoras de SO_2 son: centrales de energía eléctrica, calderas industriales y

fundidoras de cobre y aluminio. Se ha calculado que a escala mundial, se emiten anualmente unas 146×10^6 toneladas de dióxido de azufre (21). Las variaciones de las concentraciones de SO_2 en el aire de áreas urbanas son muy amplias. Las concentraciones medias anuales del dióxido de azufre en las áreas urbanas oscilan entre 100 y $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y las medias diarias más elevadas entre 300 y $900 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (21). En la figura 17 se muestran los valores alcanzados en 24 horas para algunas ciudades latinoamericanas.

En la escala global, los óxidos de nitrógeno se producen naturalmente por acción bacteriana y volcánica y por la energía eléctrica de los rayos, en cantidades muy superiores a las generadas por la actividad humana. Sin embargo, las concentraciones atmosféricas naturales son muy pequeñas, debido a su distribución homogénea en toda la superficie terrestre. Dichas concentraciones suelen variar entre 0,4 y $9,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,0002-0,005 ppm) (22).

Los óxidos de nitrógeno (NO , NO_2) de origen antropogénico, se forman durante la combustión del petróleo y sus derivados. Dichos óxidos son emitidos, junto con hidrocarburos gaseosos, por centrales de energía eléctrica, calderas industriales, toda clase de vehículos con motores de gasolina, etc. Las concentraciones anuales medias de dióxido de nitrógeno en zonas urbanas de todo el mundo varían entre 20 y $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,01-0,05 ppm). No obstante, los promedios más elevados para diversos períodos de tiempo pueden alcanzar valores superiores en grandes zonas urbanas, a saber (22):

- promedios mensuales más elevados $60-110 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- promedios diarios más elevados $130-400 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- promedios horarios más elevados $240-850 \mu\text{g}/\text{m}^3$

FIGURA 17
ANHIDRIDO SULFUROSO (SO₂) EN EL AIRE DE 5 CIUDADES LATINOAMERICANAS
VALORES MAXIMOS Y VALORES DE 24 HORAS EN µg/m³
EN EL CENTRO DE LAS CIUDADES, SECTORES COMERCIALES
AÑOS 1977 A 1980

AÑO	SAO PAULO MAX. MEDIA ARIT	STGO. DE CHILE MAX. MEDIA ARIT.	BOGOTA MAX. MEDIA ARIT.	LA HABANA MAX. MEDIA ARIT.	L I M A* MAX. MEDIA ARIT.
1977	388 126,4	1969** 100,4	45 15,1	263 57,9	19 8,9
1978	351 124,9	360 92,8	35 13,2	138 51,1	43 16,2
1979	466 153,4	213 54,5	23 -	249 47,5	33 -
1980	483 134,6	441 58,5	7 -	- -	43 -

- Dato no disponible

Fuente: Calidad del aire en áreas urbanas seleccionadas. GEMS AIRE 1977, 1978, 1979, 1980, OMS.
 Publicaciones Offset N° 57 (1980) y N° 76 (1983).

*En el caso de Lima, los datos disponibles son para centro de la ciudad, sector residencial.

**La situación en 1977 con una cifra que está fuera de la tendencia anual se debió a un año inusual en cuanto a niveles de contaminación del aire alcanzados en Santiago en el período otoño-invierno.

La emisión mundial de óxidos de nitrógeno en 1970 se estimó en aproximadamente 53×10^6 toneladas (22). (ver figura 18).

7.2 Contaminación atmosférica: contaminantes primarios y contaminantes secundarios

El SO_2 , los NO_x y los hidrocarburos (HC) son emitidos como tales a la atmósfera y son denominados contaminantes primarios. En la atmósfera estos contaminantes se dispersan y se transportan a largas distancias; durante su recorrido sufren transformaciones fotoquímicas, produciéndose otros contaminantes como son: el ácido sulfúrico (H_2SO_4), el ácido nítrico (HNO_3); diversos nitratos en especial el peroxiacetil nitrato y el ozono (O_3). A estos productos se les denomina contaminantes secundarios (23).

FIGURA 19
PRINCIPALES CONTAMINANTES PRIMARIOS Y SECUNDARIOS DE LA ATMOSFERA

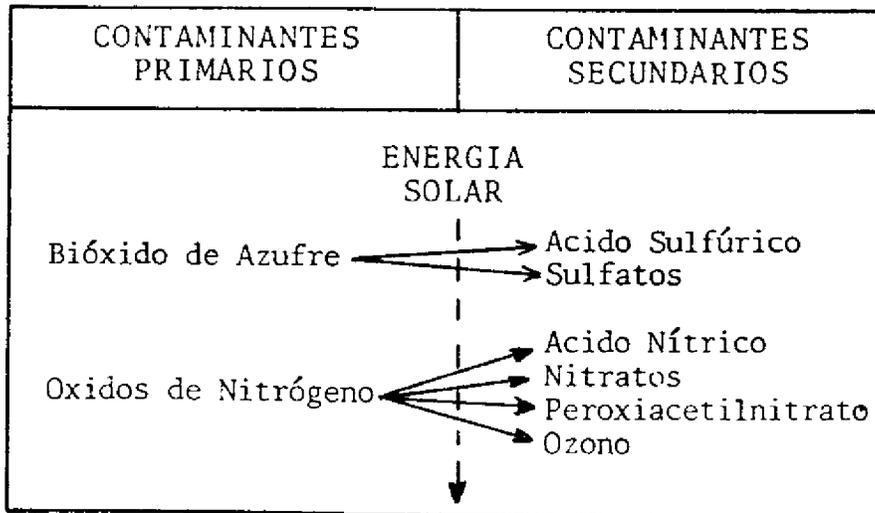
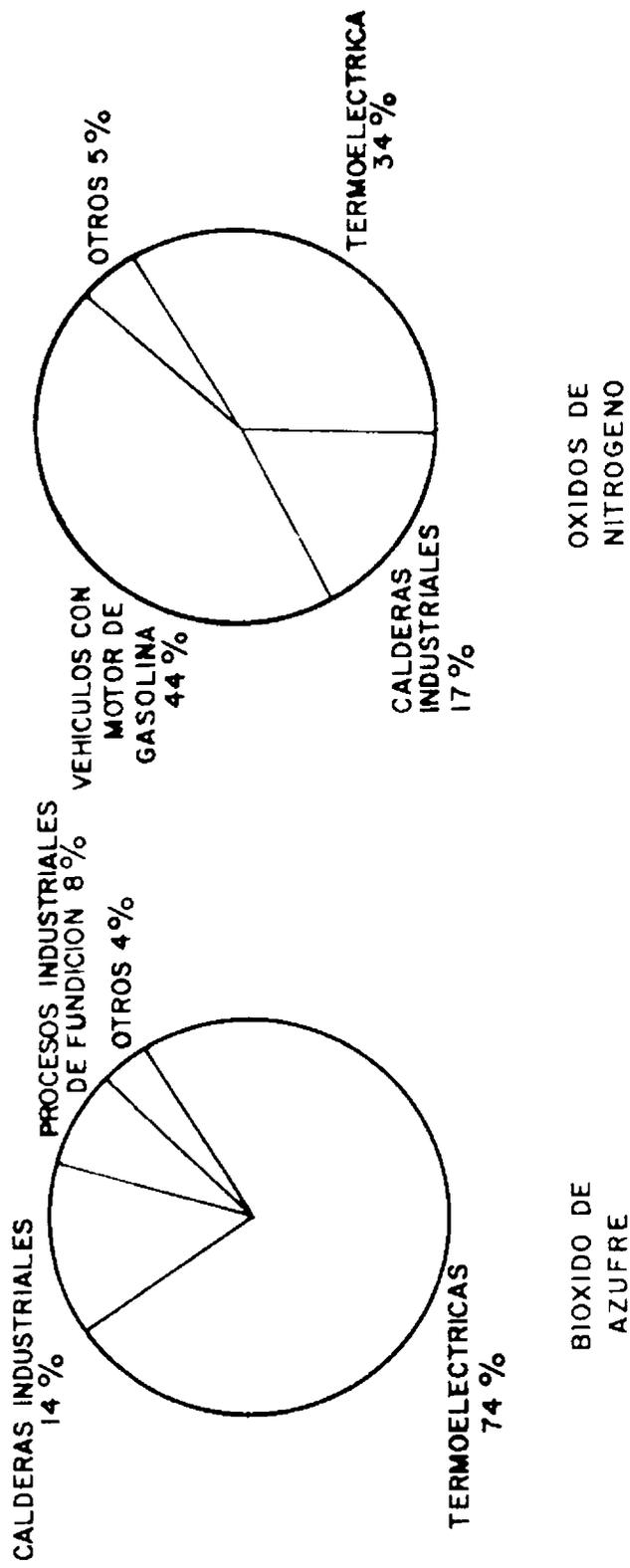


FIGURA 18
 DISTRIBUCION PORCENTUAL DE LAS DIFERENTES FUENTES DE EMISION DE BIOXIDO DE AZUFRE
 Y DE OXIDOS DE NITROGENO EN UN PAIS INDUSTRIALIZADO



Nota: la sección otros incluye a las emisiones naturales

Los contaminantes secundarios tienen varias características en común; por ejemplo, se producen en períodos de horas o hasta días; se les encuentra a cientos de kilómetros de la fuente de emisión primaria; no son controlables de manera directa; pueden provenir de un mismo contaminante primario y sus efectos se pueden manifestar de diferentes maneras.

Los contaminantes primarios y secundarios pueden ser transportados a largas distancias a partir de la fuente emisora.

De manera arbitraria, se han dividido los contaminantes atmosféricos según las distancias a las que son transportados; se consideran locales aquéllos que se desplazan hasta 50 km desde su fuente de emisión; los que se encuentran entre 50 a 300 km de su fuente emisora se denominan contaminantes con un transporte de rango medio, en tanto que los que se encuentran de 300 a 2 000 km de su fuente, se conocen como contaminantes con transporte de rango largo (23).

Los óxidos SO_2 , NO_x , sus ácidos (H_2SO_4 , HNO_3) y en menor grado el ácido clorhídrico (HCl), que también se produce durante la combustión del carbón, al precipitarse de la atmósfera hacia el agua y los suelos, producen un aumento en la acidez del agua de interfase de suelos y plantas, así como del agua de lagos, ríos, estuarios, etc.

El agua pura tiene un pH de 7 y es neutra. El agua de la lluvia normal tiene un pH de 5,6 debido a que el bióxido de carbono atmosférico en el agua forma ácido

carbónico ionizado, que le da una concentración de hidrogeniones equivalente a un pH de 5,6*.

En ciertas regiones donde se han detectado concentraciones atmosféricas altas de los óxidos y ácidos ya citados, la lluvia tiene una acidez más alta que la normal (pH menor a 5) y en ella se encuentran además de H_2SO_4 , HNO_3 y HCl , concentraciones elevadas de hidrocarburos y metales pesados. A esta precipitación se le conoce como lluvia ácida y se le ha asociado con daños a lagos, ríos, tierras, cosechas, bosques, materiales de construcción y posiblemente a la salud humana.

7.3 Contaminación terrestre y acuática

El ozono solo o en combinación con el SO_2 y el NO_2 causa un efecto directo sobre los cultivos, afectando el aspecto de los productos y disminuyendo el rendimiento. En 1981 se relacionaron los datos sobre la concentración atmosférica de ozono en las áreas de cultivo con las estadísticas sobre los rendimientos agrícolas y se encontró una relación dosis-respuesta en diversos plantíos, siendo los más sensibles los plantíos de cacahuete y soya; el trigo tiene una susceptibilidad intermedia, en

*La acidez de una solución acuosa está dada por la concentración de iones hidrógeno o hidrogeniones (H^+); a mayor concentración de hidrogeniones, mayor acidez. La acidez se mide con una escala logarítmica de valores que van de 0 a 14, estos valores se denominan pH (pH= potencial de hidrogeniones).

Debido a que la escala de valores de pH es logarítmica un cambio de una unidad de pH corresponde a un cambio de 10 veces la concentración de hidrogeniones o bien, si la concentración de hidrogeniones se dobla, el cambio en pH corresponde a un valor de 0,3.

tanto que el maíz es tolerante a la acción del ozono (23).

El aumento en la acidez en las tierras de cultivo provoca una disminución en el crecimiento de las plantas y también se observa daño directo sobre ellas. En los bosques se ha asociado la disminución del crecimiento de ciertas especies de pinos, de cedros y del abeto con el aumento de la acidez en el suelo y la presencia de lluvia ácida (23).

Al dispersarse los componentes principales de la lluvia ácida, el H_2SO_4 y el HNO_3 , en los suelos y en el agua, su acidez potencial es neutralizada por las sustancias alcalinas que se encuentran en estos medios. La concentración de las sustancias alcalinas (carbonatos, silicatos, etc.) en los suelos y en el agua depende de las condiciones biogeoquímicas de cada región. De ahí que se encuentren regiones más sensibles que otras a los efectos de la lluvia ácida.

Los ácidos no neutralizados en los suelos, provocan la remoción de nutrientes esenciales como el Ca y el Mg, además de provocar la desadsorción de metales principalmente de Al, que es el de mayor toxicidad para la fauna y la flora (23).

En los lagos, ríos, estuarios, etc., cuando se sobrepasa su capacidad para neutralizar la acidez y su pH disminuye por abajo de 5,5 la concentración y la variedad de la biota acuática se reduce drásticamente. A pH menor de 5 los peces mueren. El aumento de la concentración de aluminio combinado con el pH bajo tiene un efecto tóxico intenso sobre los peces. Su reproducción

no se lleva a cabo en aguas con pH por debajo de 4,5 (23).

En general el zooplancton, el fitoplancton, los moluscos, batracios, insectos, etc., desaparecen de los medios con acidez por debajo de 4,5. A esta acidez sólo sobreviven ciertas especies de algas.