

Residuos de plaguicidas organoclorados en tejido adiposo humano en Costa Rica*

Mercedes Barquero

Facultad de Medicina y Centro de Investigación en Contaminación Ambiental (CICA), Universidad de Costa Rica.

Manuel A. Constenla

Centro de Investigación en Contaminación Ambiental (CICA) y Escuela de Química, Universidad de Costa Rica. Investigador del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT).

(Recibido: 7 de febrero de 1985)

Abstract: Organochlorine pesticide residues were found in 82 samples of human adipose material from 82 surgical cases in 16 Costa Rica hospitals. Identification was made by gas-liquid chromatography. The highest pesticide concentration was that of DDT and its metabolites ($33.16 \mu\text{g/g}$). Residues of almost all commercial pesticides were also found. Concentrations of α -chlordane, Aldrin and Polychlorinated biphenyls were not significant.

Los insecticidas organoclorados han sido ampliamente utilizados en Centroamérica y en otros países tropicales para combatir las plagas en la agricultura y los vectores de enfermedades como la malaria y la fiebre amarilla. Estos plaguicidas presentan baja toxicidad aguda para mamíferos (Stephen, 1979), peces y otras especies animales (Gillet, 1979).

El problema ecológico principal que produce su uso ha sido la persistencia (Moriarty, 1978) y la resistencia a la degradación por las condiciones ambientales. Además, varios estudios señalan efectos diversos en la reproducción de las aves silvestres (Blus, 1982), especialmente las rapaces y piscívoras.

Entre los primeros investigadores que encontraron que la ingestión crónica de plaguici-

das organoclorados produce depósitos y almacenamiento en el tejido adiposo de los seres humanos están Dale y Quinby (1963), pero no existen datos suficientes que lo relacionen de manera definitiva con estados patológicos humanos.

Parte de los residuos que un humano puede acumular proviene de la ingestión en los alimentos. Otras vías son la asimilación cutánea (obros que manipulan plaguicidas) y la respiración. El flujo de los residuos de plaguicidas persistentes ha sido estudiado por diferentes autores (Maier-Bode, 1968).

El estudio presente se emprendió para determinar los niveles de plaguicidas organoclorados en la población costarricense. Se estudiaron los plaguicidas HCB, α -HCH, γ -HCH, hepta-

¹/ Lista de abreviaturas

HCB: Hexaclorobenceno

HCH (BHC); Hexaclorociclohexano

DDT: Dicloro difenil tricloroetano

p,p'-DDE: 2, 2,-Bis- (p-clorofenil) -1, 1-dicloroetileno

o, p'-DDT: 1-(o-clorofenil) -1-(p-clorofenil) -2, 2, 2-tricloroetano

p, p' -DDD: 2, 2-Bis (p-clorofenil) -1, 1-dicloroetano

p, p' DDT: 1, 1-Bis- (p-clorofenil) -2, 2, 2-tricloroetano

* Esta investigación ha sido posible gracias a la colaboración económica parcial del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT), de la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica y de la Sociedad Alemana de Cooperación Técnica (GTZ), Darmstadt, Alemania Occidental.

CUADRO 1

Plaguicidas organoclorados en grasa humana ($\mu\text{g/g}$)

País	Autor	Período de estudio	No. de muestras	DDT ($\mu\text{g/g}$) Total
Estados Unidos	Dale y Quinby	1961-62	28	6,72
Gran Bretaña	Egan <i>et al.</i>	1963-64	66	3,3
India	Dale <i>et al.</i>	1964	104	12,8-31,0
Gran Bretaña	Robinson <i>et al.</i>	1964	100	3,3
Gran Bretaña	Abbot <i>et al.</i>	1965-67	248	3,0
Gran Bretaña	Cassidy <i>et al.</i>	1965	101	2,6
Holanda	DeVlioger <i>et al.</i>	1966	11	2,02
Estados Unidos	Edmundson <i>et al.</i>	1967	146	10,3
Canadá	Kadis <i>et al.</i>	1967-68	51	5,72
Estados Unidos	Burns	1969-72	221	23,18
Alemania	Acker y Shulte	1970	393	3,3-8,5
Groenlandia	Jensen y Clausen	1974	33	4,1
Dinamarca	Jensen y Clausen	1974	17	2,3
México	Albert <i>et al.</i>	1974-75	56	3,44-21,47
Irán	Hashemy-Tonkabony y Soleimani-Amiri	1974-76	170	8,13
Bélgica	Dejonckheere <i>et al.</i>	1975	60	8,29
España	Herrera <i>et al.</i>	1977	40	4,549
Costa Rica*	(Este trabajo)	1981-82	82	33,16

cloro, epóxido de heptacloro, α -clordano γ -clordano, aldrín, dieldrín, endrín, bifenilos policlorados, p,p'-DDT, o,p'-DDT y los metabolitos o productos de degradación del p,p'-DDT como son p,p'-DDE y el p,p'-DDD.

Los plaguicidas clorados, por su persistencia y acumulación son excelentes indicadores del grado de contaminación, por lo que han sido objeto de numerosos estudios en diferentes países (Cuadro 1).

MATERIAL Y METODOS

Se tomó 82 muestras de tejido adiposo durante las intervenciones quirúrgicas a igual número de pacientes, en 16 hospitales de Costa Rica desde octubre de 1981 hasta febrero de 1982 (55 hombres y 27 mujeres). El ámbito de edades fue de 11 a 81 años. Las muestras fueron recogidas en recipientes de vidrio lavados especialmente para análisis de plaguicidas, cubiertas con papel de aluminio y almacenadas en congelación a -15°C hasta su análisis. Se utilizó el método del Laboratorio de Residuos de Plaguicidas de la Sociedad Alemana de Cooperación Técnica de Darmstadt (Steinwandter y Schuter, 1977).

Reactivos:

- Eter de petróleo para análisis de residuos de plaguicidas $40-60^{\circ}\text{C}$ (Merck 1772).
- Gel de sílice 60 para cromatografía en columna $0,063-0,200$ mm (tamiz de $70-230$ ASTM) Merck 7754.
- Sulfato de sodio, anhidro, para análisis de residuos (Merck 6649).
- Arena de mar purificada con ácido y calcinada para análisis (Merck 7712).
- Filtros para extracción (No. 603,33 94 mm Schleicher & Schull).
- Lana de vidrio previamente lavada con éter de petróleo.
- n-Heptano para análisis de residuos (Merck 4379).

Extracción de las muestras: Cada muestra se colocó en un soxhlet y se extrajo su contenido lípido con 200 mL de éter de petróleo durante tres horas. Posteriormente se evaporó el extrac-

CUADRO 2

Residuos de plaguicidas organoclorados en tejido adiposo humano (lípidos extraíbles) en Costa Rica ($\mu\text{g/g}$)

Plaguicida	Promedio	Ambito	Frecuencia	
			Absoluta	%
HCB	0,12	nd - 0,49	80	98
α -HCH	Insuf.*	nd - 0,05	6	7
γ -HCH	0,01	nd - 0,22	10	12
Heptacloro	Insuf.*	nd - 0,06	5	6
Epóxido de heptacloro	0,33	nd - 2,00	74	90
α -clordano	0,01	nd - 0,36	4	5
Dieldrín	0,12	nd - 2,20	8	10
Endrín	0,01	nd - 0,18	21	26
p, p'-DDE	24,94	0,17-314,00	82	100
o, p'-DDT	0,52	nd - 5,70	81	99
p, p'-DDD	0,34	nd - 7,60	56	68
p, p'-DDT	7,36	nd - 86,00	81	99
Σ DDT	33,16	0,17-403,60	82	100

* Valor de muestra insuficiente para hacer promedios

nd = No detectable

CUADRO 3

Residuos de plaguicidas organoclorados ($\mu\text{g/g}$) en tejido adiposo humano de las áreas rurales y urbana de Costa Rica

Plaguicida	Hombres del área rural (n = 43)			Mujeres del área rural (n = 13)			Hombres del área urbana (n = 12)			Mujeres del área urbana (n = 14)		
	Promedio	Frecuencia absoluta	%	Promedio	Frecuencia absoluta	%	Promedio	Frecuencia absoluta	%	Promedio	Frecuencia absoluta	%
HCB	0,10	42	98	0,05	12	92	0,18	12	100	0,09	14	100
α -HCH	Insuf.*	3	7	Insuf.*	1	8	nd	0	0	0,91	2	14
γ -HCH	Insuf.*	4	9	nd	0	0	0,04	5	36	0,02	1	7
Heptacloro	Insuf.*	3	7	Insuf.*	1	8	nd	0	0	Insuf.*	1	7
Epóxido de heptacloro	0,37	38	88	0,23	13	100	0,45	11	90	0,19	12	86
α -clordano	0,02	3	7	0,02	1	8	nd	0	0	nd	0	0
Dieldrín	0,15	6	14	nd	0	0	0,09	1	9	0,16	1	7
Endrín	0,01	9	21	0,02	3	23	0,02	4	27	0,02	5	36
p, p'-DDE	35,36	43	100	21,68	13	100	9,46	12	100	9,20	14	100
o, p'-DDT	0,61	42	98	0,47	13	100	0,49	12	100	0,31	14	100
p, p'-DDD	0,49	27	63	0,38	11	85	0,03	5	36	0,13	13	93
p, p'-DDT	9,52	42	98	10,17	13	100	1,93	12	100	2,79	14	100
Σ DDT	45,99	43	100	32,70	13	100	11,91	12	100	12,43	14	100

*Valor de muestra insuficiente para sacar promedios

to hasta reducir el volumen a unos 50 mL que se transfirieron a un balón aforado de 100 mL. Se separó un volumen de 25 mL de esta disolución para calcular el porcentaje de grasa en cada muestra de tejido adiposo.

Con el objeto de no sobrepasar la capacidad de separación, se colocó una alícuota con me-

nos de 500 mg de grasa en una columna de 2 cm de diámetro interno por 40 cm de longitud, empacada con 20 g de gel de sílice y una capa de 2 ó 3 cm de sulfato de sodio anhidro en la parte superior. Se eluyó con 250 mL de éter de petróleo a una velocidad de 2 ó 3 gotas por segundo.

Las muestras fueron analizadas en un cromatógrafo de gases Hewlett Packard 5710 A con detector de captura de electrones, en dos columnas de vidrio de 2 m de longitud con un diámetro interno de 3 mm y un diámetro externo de 6 mm. Una columna contenía 1,5% de silicona OV-17/1,95% de silicona OV-202 sobre Chromosorb WHP con tamiz 80-100. La otra columna contenía 1% de Dexsil 300 GC sobre Chromosorb WHP con tamiz 100-120. La temperatura de las columnas fue de 200°C y 190°C respectivamente, la del inyector 250°C y la del detector 300°C. El flujo del gas portador (argón-metano) fue de 23 mL/min en la primera columna y de 30 mL/min en la segunda. Además se analizó en un cromatógrafo de gases DANI 6800 con detector de captura de electrones ^{63}Ni en una columna capilar de 30 m de longitud con un diámetro interno de 0,252 mm. Esta columna contenía DB-1. La temperatura de la columna fue programada 4 minutos a 70°C, 3 minutos a 260°C y 2 minutos a 260°C; la temperatura del inyector fue de 240°C y la del detector de 270°C. El volumen de inyección fue de 1 microlitro (Split 80:1) y se usó el inyector automático Hewlett Packard 7672 A.

Los niveles de residuos fueron calculados por la medida del área bajo la curva y se usó el integrador Hewlett Packard 3380A. La precisión y la reproducibilidad del método se establecieron por el análisis de muestras duplicadas. La concentración mínima fue de 0,01 $\mu\text{g/g}$ para todos los compuestos con base en los lípidos extraíbles. Las concentraciones menores a 0,005 $\mu\text{g/g}$ fueron consideradas como no detectables.

La eficiencia del método analítico se determinó mediante la prueba de recuperación, enriqueciendo muestras de grasa de vaca previamente analizadas con cantidades conocidas de los plaguicidas a estudiar. Las recuperaciones obtenidas se encuentran en el ámbito de 85-99%.

Como método de análisis estadístico se usó la Prueba de T de Student.

RESULTADOS Y DISCUSION

El Cuadro 2 muestra los niveles promedio y la frecuencia de los plaguicidas organoclorados en tejido adiposo humano en Costa Rica.

El predominio en cantidad y frecuencia corresponde al DDT y principalmente a su meta-

bolito DDE, resultado concordante con el encontrado en leche humana en Costa Rica por Umaña y Constenla (1984).

En el Cuadro 3 se puede observar los niveles promedio y la frecuencia de los plaguicidas según la zona de residencia (urbana o rural) y el sexo.

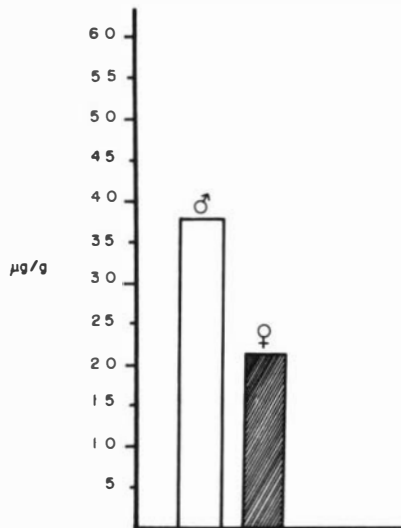


Fig. 1. Niveles promedio de DDT total ($\mu\text{g/g}$) en tejido adiposo de pacientes masculinos y femeninos en Costa Rica.

La figura 1 nos muestra niveles más altos de DDT total en hombres (38,55 $\mu\text{g/g}$) que en mujeres (22,19 $\mu\text{g/g}$) al igual que lo encontrado por Abbott *et al.* (1968) en Inglaterra. Sin embargo, la diferencia entre los promedios no es significativa al 5% debido a la gran variabilidad de los valores encontrados en hombres.

La carga de DDT es mucho más elevada en sujetos del área rural (Fig. 2), donde también hay una tendencia a mayor promedio en hombres (45,99 $\mu\text{g/g}$) que en mujeres (32,70 $\mu\text{g/g}$). Sin embargo, esta diferencia no es significativa. Los hombres del área rural acumulan más DDT (45,99 $\mu\text{g/g}$) que los del área urbana (11,91 $\mu\text{g/g}$; significancia del 5%). La diferencia entre promedios de niveles de DDT en mujeres del área rural (32,70 $\mu\text{g/g}$) y mujeres del área urbana (12,43 $\mu\text{g/g}$) no es significativa. Tampoco hay diferencia significativa entre hombres y mujeres del área urbana.

La figura 3 compara la acumulación de DDT en tejido adiposo de 30 hombres agricultores (59,28 $\mu\text{g/g}$) y de 25 hombres no agricultores (13,68 $\mu\text{g/g}$). Claramente se nota que la exposición a los plaguicidas debido a la ocu-

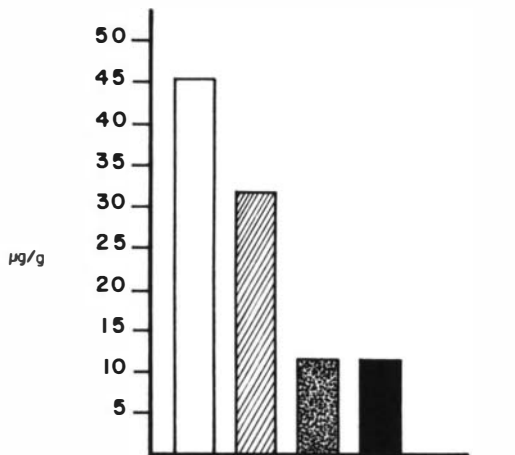


Fig. 2. Niveles promedio de DDT total (µg/g) en tejido adiposo de pacientes del área rural y del área urbana de Costa Rica.

- Hombres del área rural
- Mujeres del área rural
- Hombres del área urbana
- Mujeres del área urbana

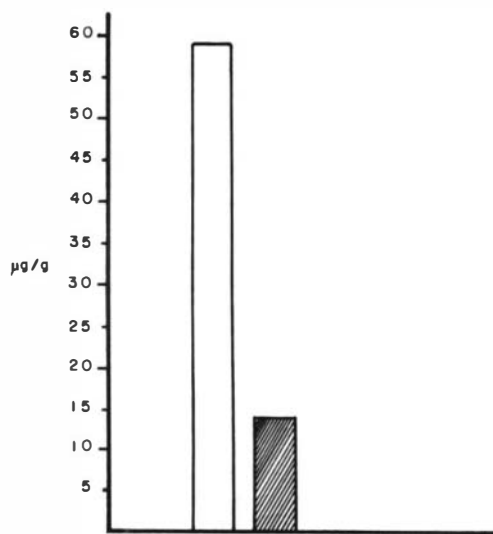


Fig. 3. Niveles promedio de DDT total (µg/g) en tejido adiposo de hombres agricultores y no agricultores de Costa Rica.

- Agricultores
- No agricultores

pación es un factor muy importante para su acumulación en tejido adiposo.

En Costa Rica el DDT se usó intensamente durante tres décadas para el combate de la malaria y la protección de las cosechas. En 1981 se restringió su uso, pero nuestros resultados muestran todavía un nivel promedio muy elevado (33,16 µg/g), llegando algunos datos individuales a tener valores mayores que 100 µg/g (403,30 µg/g; 355,80 µg/g; 205,93 µg/g; 154,50 µg/g; 134,40 µg/g y 111,35 µg/g).

RESUMEN

Mediante cromatografía gas-líquido se analizó los residuos de plaguicidas en 82 muestras de tejido adiposo humano obtenidas durante operaciones quirúrgicas en 16 hospitales de Costa Rica. Se detectó los siguientes plaguicidas en las concentraciones que se incluyen: HCB 0,12 µg/g, γ-HCH 0,01 µg/g, epóxido de heptacloro 0,33 µg/g, α-clordano 0,01 µg/g, dieldrín 0,12 µg/g, endrín 0,01 µg/g, p,p' -DDE 24,94 µg/g, o,p' -DDT 0,52 µg/g, p,p' -DDD 0,34 µg/g, p,p' -DDT 7,36 µg/g.

De α-HCH y de heptacloro se obtuvieron valores insuficientes para calcular promedio.

No se encontró concentraciones detectables de γ-clordano, aldrín y bifenilos policlorados.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a R. Thiel, Hans y Gertrude Werner, de la Sociedad Alemana de Cooperación Técnica, Darmstadt (Alemania Occidental), a Virginia Umaña y a los médicos y microbiólogos que ayudaron en la recolección de las muestras de tejido adiposo.

REFERENCIAS

Abbott, D. C., R. Gouling, & J.O.G. Tatton. 1968. Organochlorine pesticide residues in human fat in Great Britain. *Br. Med. J.* 3: 146-149.

Acker, L., & E. Schulte. 1974. Chlorkohlenwassertoffe in menschlichen Fett. *Naturwissensch.* 61: 32.

Albert, L., M. Cebrián, F. Méndez, & A. Portales. 1980. Organochlorine pesticide residues in human adipose tissue in Mexico: results of a preliminary study in three Mexican cities. *Arch. Environ. Hlth.* 35: 262-269.

- Blus, L. J. 1982. Further interpretation of the relation of organochlorine residues in Brown Pelican eggs to reproductive success. *Environ Pollution* 28: 15-33.
- Burns, J. E. 1974. Organochlorine pesticide and polychlorinated biphenyl residues in biopsed human adipose tissue-Texas, 1969-1972. *Pest. Mon. J.* 7: 122-126.
- Cassidy, W., A. J. Fisher, J. D. Peden, & A. Parry-Jones. 1967. Organochlorine pesticide residues in human fats from Somerset. *Mon. Bull. Minist. Health (Lond.)* 26: 2-6.
- Dale, W. E., F. Copeland, & W. J. Hayes. 1965. Chlorinated insecticides in the body fat of people in India. *Bull. Wild. Hlth. Org.* 33: 471-477.
- Dale, W. E., & G. E. Quinby. 1963. Chlorinated insecticides in the body fat of people in the United States. *Science* 142: 593-595.
- Dejonckheere, W., W. Steurbaut, R. Verstraeten, & R. H. Kips. 1978. Residues of organochlorine pesticides in human fat in Belgium. *Toxicol. Eur. Res.* 1: 93-98.
- DeVlieger, M., J. Robinson, M.K. Baldwin, A. N. Crabtree, & M. C. van Dijk. 1968. The organochlorine insecticide content of human tissues. *Arch. Environ. Hlth.* 17: 759-767.
- Edmundson, W. F., J. E. Davies, & W. Hull. 1968. Dieldrin storage levels in necropsy adipose tissue from a South Florida population. *Pest. Mon. J.* 2: 86-89.
- Egan, H., R. Goulding, J. Roburn, & J. O'G. Tatton. 1965. Organochlorine pesticide residue in human fat and human milk. *Br. Med. J.* 2: 66-69.
- Gillet, J. W. 1979. *Environmental Health Sciences*, serie No. 1. Oregon State University Press. 210 p.
- Hashemy-Tonkabony, S. E., & M. J. Soleimani-Amiri. 1978. Chlorinated pesticide residues in the body fat of people in Iran. *Environ. Res.* 16: 419-422.
- Herrera, A., L. M. Polo, M. Jodral, G. Polo, J. Mallol, & R. Pozo. 1978. Residuos de plaguicidas en grasa humana en España. *Rev. San. Hig. Púb.* 52: 1125-1144.
- Jensen, G. E., & J. Clausen. 1979. Organochlorine compounds in adipose tissue of Greenlanders and Southern Danes. *J. Toxicol. Environ. Hlth.* 5: 617-629.
- Kadis, V. W., W. E. Breitreitz, & O. J. Jonasson. 1970. Insecticide levels in human tissues of Alberta residents. *Can. J. Pub. Hlth.* 61: 413-416.
- Maier-Bode, H. 1968. Zur Verbreitung von Schadlingsbekämpfungsmitteln. *Naturwissensch.* 55: 470-473.
- Moriarty, F. 1978. Organochlorine insecticides: persistent organic pollutants. Academic Press. London.
- Robinson, J., A. Richardson, C. G. Hunter, A.N. Crabtree, & H. J. Rees. 1965. Organochlorine insecticide content in human adipose tissue in southeastern England. *Br. J. Ind. Med.* 22: 220-229.
- Steinwandter, H., & H. Schuter. 1977. Beitrage zur Verwendung von Kieselgel in der Pesticidanalytik. *Z. Anal. Chem.* 286: 90-94.
- Stephen, W. P. 1979. Effects of pesticides on health and neurophysiology of mammals. *In* J. W. Gillet (ed.). *The biological impact of pesticides in the environment*. Environmental Health Sciences, ser. No. 1. Oregon State University Press.
- Umaña, V., & M. Constenla. 1984. Determinación de plaguicidas organoclorados en leche humana en Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 32: 233-239.