

NIVELES SANGUINEOS DE INSECTICIDAS ORGANOCLORADOS EN VARIOS GRUPOS DE POBLACION COLOMBIANA

Libardo Hernández E. *
Enrique Guerrero M. **
Fabiola Cubillos ***
Fabio Salazar H. ***

Resumen:

Utilizando cromatografía de gases se determinaron los niveles sanguíneos de organoclorados en grupos de población ocupacionalmente expuestos (Formuladores, aplicadores del servicio de erradicación de la malaria y aplicadores agrícolas) y grupos no ocupacionalmente expuestos, encontrándose que el 98% que conforman los grupos estudiados resultaron contaminados con residuos de insecticidas organoclorados; los niveles de contaminación fueron bajos en comparación con los observados en otros países a excepción del DDT en el grupo de aplicadores del servicio de erradicación de la malaria y en el grupo que habita en regiones con aplicación agrícola y sin uso sanitario.

Summary

The serum levels of organochlorinated compounds in populations occupationally exposed (workers involved in the formulation and application of the chemicals in agricolas areas or at the malaria eradication service) and populations no occupationally exposed, were analyzed by means of gas chromatography. The results showed that 98% of the whole population was contaminated with organochlorinated insecticides residues. The contamination levels with all the insecticides studied, except DDT, were low by comparison with the results found in other countries. In the case of DDT these levels were higher of the groups of workers of malaria eradication service involved in the application of the insecticides and also for the population living in agricolas areas with insecticide application and without sanitary use.

INTRODUCCION

La historia de los insecticidas organoclorados (IOC) usados en la actualidad, empieza en el año de 1939 con el descubrimiento de Muller de las propiedades insecticidas del DDT (1).

En Colombia, el consumo de estos productos alcanza cifras altas entre los años de 1956 a 1958 (2), y en la actualidad nuestro país es uno de los más grandes consumidores de plaguicidas, estimándose que el 65% del total del consumo de los países andinos se presenta en el país en un volumen que oscila entre 17 y 18 mil toneladas de principios activos por año (3).

Debido al uso intenso y masivo de los insecticidas organoclorados, ellos se encuentran ampliamente difundidos en nuestro medio y sus propiedades de persistencia y baja degradación metabólica contribuyen a su peligrosidad (4, 5, 6). Es decir, que estas sustancias por el hecho de permanecer activas durante largos períodos, incrementan sus concentraciones a lo largo de las cadenas tróficas (Figura No. 1.). Este aumento, cada vez mayor de sus concentraciones en los diferentes compartimientos de un ecosistema puede alcanzar valores tan altos como 6 ppm en el tejido adiposo del hombre. Por su gran toxicidad intrínseca, los IOC son considerados peligrosos no solo para los grupos ocupacionalmente expuestos a ellos, sino para la comunidad en general (7, 8, 9).

Con el uso de los IOC se han logrado efectos benéficos y desfavorables. Es innegable la eficacia de estos compuestos en la lucha contra la malaria, eliminando vectores, lo cual ha contribuido a la protección de millones de vidas; por otra parte, han jugado un papel muy importante en el aumento de la productividad agrícola. En cuanto a los efectos adversos, ellos han sido considerados como una amenaza para el medio ambiente, ya que ha sido demostrada su toxicidad para muchas

* Profesor Asociado Universidad Nacional, Facultad de Ciencias Departamento de Farmacia.

** Médico Toxicólogo, Instituto Nacional de Salud

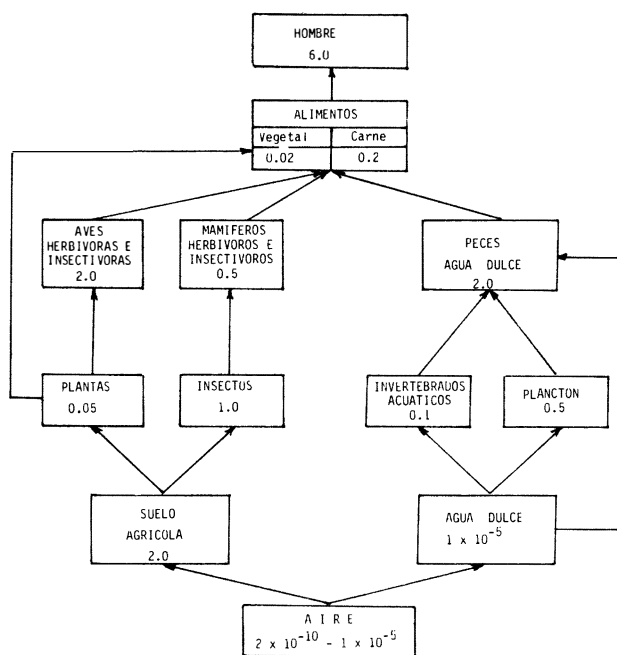
*** Estudiantes.

Agradecimientos:

Los autores agradecen a los doctores Mauricio Restrepo, Luis Alfonso Cadena y María del Carmen Vallejo del Instituto Nacional de Salud, y al Doctor Jaime Avendaño del Servicio de Salud del Tolima, su valiosa colaboración.

formas de vida acuática, como el fitoplancton, los crustáceos, los moluscos y los peces (4). Las aves también pueden ser afectadas por estos insecticidas y en los Estados Unidos de América al DDT se le atribuye la extinción de muchas especies tales como: el petirrojo, el halcón, el águila y el pinguino (9). Sus propiedades biológicas y su toxicidad los convierten en una amenaza para la salud humana, ya que son capaces de producir intoxicaciones agudas y crónicas. En el hombre, la acción tóxica sobresaliente se ejerce sobre el sistema nervioso central en el cual producen una estimulación generalizada (10,11) habiéndose relacionado con neuropatías (2, 12, 13, 14); por poseer una estructura de hidrocarburo halogenado, son capaces de producir fibrilación ventricular (7) y la administración crónica es suficiente para producir lesiones hepáticas irreversibles (13). Estudios hechos en ratas sobre la toxicidad aguda de algunos IOC administrados por vía oral concluyen que los más tóxicos son el Aldrin y el Dieldrin (15).

FIG. No. 1 - ACUMULACION DE DDT EN LOS DIFERENTES COMPARTIMENTOS DE UN ECOSISTEMA



- Tomado de C A Edwards (8) y modificado

* Datos dados en ppb.

A los IOC se les atribuyen también propiedades carcinogénicas, teratogénicas y mutagénicas. Estudios recientes, hechos en ratones, han demostrado que el DDT a dosis altas, aumenta las incidencias de cáncer, especialmente hepático, lo cual indica que el DDT y otras sustancias relacionadas podrían ser cancerígenas para los seres humanos (16, 17).

Además otros estudios confirman las propiedades mutagénicas y teratogénicas de los plaguicidas (17).

Aunque los IOC son capaces de producir intoxicaciones agudas, en realidad el aspecto más importante para la comunidad en general no es la toxicidad inmediata, (18) sino los efectos que se pueden presentar a largo plazo por la absorción constante de pequeñas cantidades que se encuentran como contaminantes de los alimentos y del medio ambiente (19, 20, 21, 22, 23, 24, 25) y su eventual concentración tisular.

OBJETIVOS

— Conocer en forma preliminar los niveles sanguíneos de algunos IOC en varios grupos de la población colombiana, como medida de la exposición ocupacional y no ocupacional en las diversas regiones.

— Establecer riesgos potenciales para la salud humana tomando como base los niveles encontrados.

— Comparar los niveles hallados con los resultados de los estudios hechos en otros países, para expresar las tendencias de contaminación humana en Colombia.

— Establecer bases para futuros estudios epidemiológicos de mayor amplitud referente a la acumulación de estos insecticidas y hacer recomendaciones con el fin de disminuir al máximo el peligro de exposición.

MATERIALES Y METODOS.

Grupos de población estudiados. Después de hacer un extenso análisis de las diferentes regiones agrícolas del país en las cuales se aplica gran cantidad de estos insecticidas y de las regiones donde había aplicación intensiva del DDT para erradicación de la malaria, se escogieron seis grupos de población con diferente grado de exposición a los insecticidas.

El estudio se realizó en varones adultos exclusivamente con el objeto de disminuir las diferencias entre los varios grupos.

Grupos ocupacionalmente expuestos: Conformados por personas de similares niveles socio-económicos y ocupacionalmente envueltos en el uso de IOC.

1. **Formuladores:** Este grupo está formado por 56 hombres con edades que oscilan entre los 18 y 55 años, y trabajan como operarios en una empresa formuladora de insecticidas, fungicidas y herbicidas ubicada en Bogotá.

2. *Aplicadores del servicio de erradicación de la malaria (SEM):*

Este grupo está formado por 56 personas que trabajan en el SEM, 27 muestras se tomaron en la ciudad de Villavicencio y las 29 restantes en Puerto Boyacá.

3. *Aplicadores agrícolas:* Este grupo consta de 50 varones adultos; 40 de estas personas fueron muestreadas en algunas de las pistas de fumigación de los municipios de Flandes, Espinal y Saldaña del Departamento del Tolima. Las 10 muestras restantes se tomaron de agricultores que fumigan con bomba de espalda.

Grupos no ocupacionalmente expuestos: Se tomaron tres grupos en los cuales el contacto que tiene con estos insecticidas es de tipo ambiental y alimenticio.

1. *Población rural en regiones donde se aplican los insecticidas agrícola y sanitariamente:* Este grupo está integrado por 31 varones adultos habitantes de la zona rural de Villavicencio.

2. *Población rural en regiones donde se aplica los insecticidas agrícola y sin usos sanitarios:* Está conformado por 50 campesinos mayores de 18 años habitantes de las veredas de los municipios de Flandes y Espinal en el Departamento del Tolima, regiones en las cuales el consumo de IOC es alto. Por otra parte, el SEM de la localidad informó no haber fumigado esta región en los últimos 5 años.

3. *Población donde no hay aplicaciones de insecticidas agrícola ni sanitariamente:* Este se considera como el grupo control y fué seleccionado en la ciudad de Bogotá; conformado por 50 varones, trabajadores y estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional así como por operarios de una industria farmacéutica. Todos informaron haber estado domiciliados en la ciudad de Bogotá durante los últimos 5 años.

TOMA Y PREPARACION DE MUESTRAS

Utilizando jeringas desechables para la veno punción, a cada persona se le tomaron 10 ml. de sangre; se centrifugó a 1.000 RPM y se almacenó a 4°C hasta el momento del análisis. (26)

Procedimiento analítico: El análisis de los IOC se hizo por cromatografía de gases según el método descrito por Dale y col. (27); las condiciones utilizadas fueron:

Detector de captura de electrones de Ni 63.
Columnas: UV-17 al 1.5% y QF-1 al 1.95% sobre chromosor B

Columna de vidrio borosilicato de 6 pies de longitud y diámetro externo de 1/4 de pulgada y un diámetro interno de 5/32 de pulgada a temperatura de 200°C.

El análisis cualitativo se llevó a cabo por comparación entre los tiempos de retención de los patrones y las muestras objeto de análisis.

El análisis cuantitativo se hizo por integración directa del área de cada pico, aplicándose la ecuación siguiente para expresar los niveles en ppb.

$$\text{ppb} = \frac{ab \times d}{c \times y \times z}$$

donde:

- a nanogramos inyectados del insecticida patrón
- b área del pico de la muestra
- c área del pico patrón
- d volumen de hexano añadido para la extracción
- v volumen de la alícuota tomada para llevar al tubo concentrador
- x volumen en microlitros del extracto final de la muestra
- y volumen en microlitros del extracto final inyectado al cromatógrafo
- z volumen del suero analizado (2 ml. en todos los casos).

reactivos y aparatos: Se usó hexano grado pesticida y cloruro de sodio reactivo analítico.

Los patrones de insecticidas fueron adquiridos de la casa: Polyscience corporation chemical division.

Los aparatos fueron: Centrifuga Rototix modelo 12918, mezclador Vortex Gemie Mixer modelo S8223, evaporadores Micro-snyder de vidrio y cromatógrafo de gases Hewlett Packard modelo 7620A.

RESULTADOS

Niveles sanguíneos de los IOC hallados en varios grupos de población colombiana.

De las 294 muestras analizadas el 97.95% presentó contaminación con residuos de IOC. Se encontraron: lindano, aldrín, dieldrín, heptacloro epóxido y DDT.

En la Figura No. 4 se muestran los resultados obtenidos en la cuantificación de Lindano. Se puede observar que el grupo que presentó el nivel sanguíneo promedio más alto fué el de los formuladores (1.91 ppb); los otros grupos en los cuales se encontró lindano, presentan niveles inferiores a 0.2 ppb.

TABLA No. I

Niveles sanguíneos del aldrín en varios grupos de población colombiana, expresados en ppb.

Grupos	Generales(a)				Positivos(b)					
		promedio	D.S.	Máx.	n	%	promedio	D.S.	Mín.	Máx.
Formuladores	56	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Aplicadores del SEM	57	0.86	2.57	13.7	9	15.9	5.47	4.24	0.8	13.7
Aplicadores agrícolas	40	0.17	0.3	1.43	19	47.5	0.35	0.35	0.05	1.43
Pistas de fumigación										
Aplicadores agrícolas	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Bomba de espalda										
Población rural en regiones con aplicación agrícola y sanitaria	31	0.01	0.01	0.14	1	3.23	—	—	—	—
Población rural en regiones con aplicación agrícola sin aplicación sanitaria	50	0.11	0.24	1.09	15	30	0.34	0.35	0.04	0.08
Población en donde no hay aplicación agrícola ni sanitaria	50	0.03	0.08	0.52	11	22	0.15	0.14	0.03	0.52

Nota. (a) : se refiere al tratamiento estadístico para el número total de muestras de cada grupo.

(b) : se refiere al tratamiento estadístico hecho a las personas que presentaron niveles detectables.

D.S. : desviación estándar

n : número de individuos

Mín. : mínimo

Máx. : máximo

(-) : no detectable

Obsérvese cómo los niveles promedio más altos de aldrín se presentaron en el grupo del Servicio de Erradicación de la Malaria (SEM).

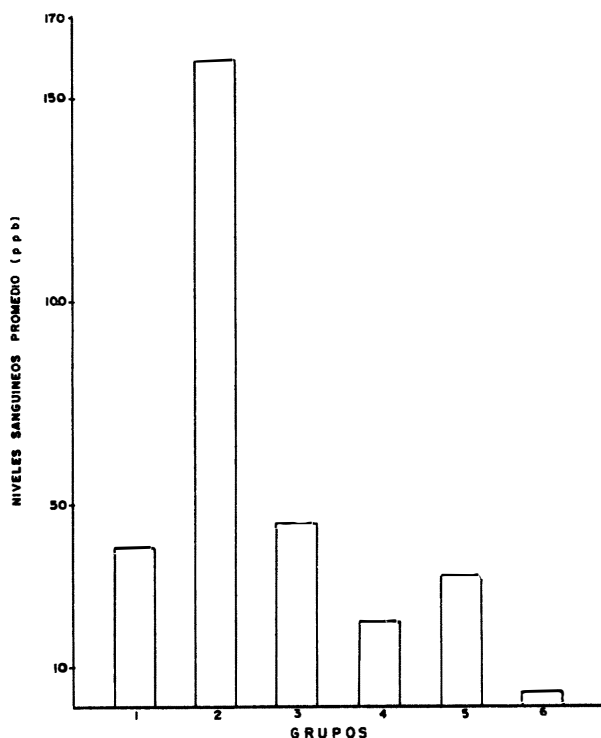
En la tabla No. I se visualizan los resultados obtenidos en la cuantificación de aldrín. Se puede apreciar que el grupo que presentó el nivel sanguíneo promedio más alto fué el de aplicadores del SEM; además se detectaron niveles sanguíneos de aldrín en 5 grupos de población de los 6 estudiados, en concentraciones promedio de 1 ppb.

Los resultados obtenidos con el dieldrin se anotan en la Figura No. 4. El grupo más contaminado fué el de los formuladores, quienes presentaban un nivel promedio de 4.89 ppb. Los otros 2 grupos contaminados poseían concentraciones promedio menores de 1 ppb.

En la Figura No. 4 se encuentran los resultados obtenidos en la evaluación del heptacloro epóxido. Se puede observar cómo el grupo de formuladores presentó la mayor contaminación con niveles sanguíneos promedio de 11.4 ppb. Los otros 2 grupos que resultaron contaminados con este IOC poseían niveles promedio de 0.8 ppb.

En la Figura No. 2 se encuentran los resultados obtenidos en el análisis del DDT. Se puede destacar que todos los grupos estudiados presentaron algún grado de contaminación. El grupo de rociadores del SEM presentó la mayor contaminación y el nivel sanguíneo promedio era de 159 ppb; uno de estos trabajadores presentó un nivel de 994.6 ppb. El segundo grupo, en orden decreciente de contaminación con DDT fué el de aplicadores agrícolas, presentando niveles promedio de 45.2 ppb. El siguiente grupo contaminado fué el de los formuladores con niveles promedio de 39 ppb. También se puede observar cómo entre los grupos no ocupacionalmente expuestos al IOC, la mayor contaminación con DDT la presentó el grupo de campesinos que habita regiones con aplicación agrícola del insecticida y sin aplicación sanitaria del IOC; el nivel promedio hallado en este grupo fué de 32.3 ppb. El grupo de personas que habitan regiones rurales con aplicaciones agrícolas y sanitarias de IOC presentó un promedio de contaminación de 21.8 ppb de DDT y el grupo de personas que viven en regiones sin

Fig. No. 2 - NIVELES SANGUINEOS DE DDT TOTAL EN SEIS GRUPOS DE POBLACION COLOMBIANA



(1) Formuladores, (2) Aplicadores SEM, (3) Aplicadores agrícolas, (4) Población rural con aplicación agrícola y sanitaria, (5) Población rural en regiones con aplicación agrícola y sin uso sanitario (6) Población donde no hay aplicación agrícola ni sanitaria.

aplicación agrícola y sanitaria de IOC, el que presentó la menor contaminación con DDT (3.7 ppb).

También podemos observar cómo entre los grupos ocupacionalmente expuestos, el de mayor índice de contaminación es el de los aplicadores del SEM y entre los no ocupacionalmente expuestos, el más contaminado es el grupo de campesinos que habitan regiones con aplicación agrícola del insecticida y sin uso sanitario.

En la Figura No. 3 se observan los niveles sanguíneos del lindano, heptacloro epóxido y dieldrín en los grupos estudiados. Es de anotar que el grupo más contaminado con estos insecticidas es el de los formuladores y entre los grupos sin exposición ocupacional, el de mayor contaminación es el de los campesinos que habitan regiones con aplicación agrícola y sin uso sanitario del IOC.

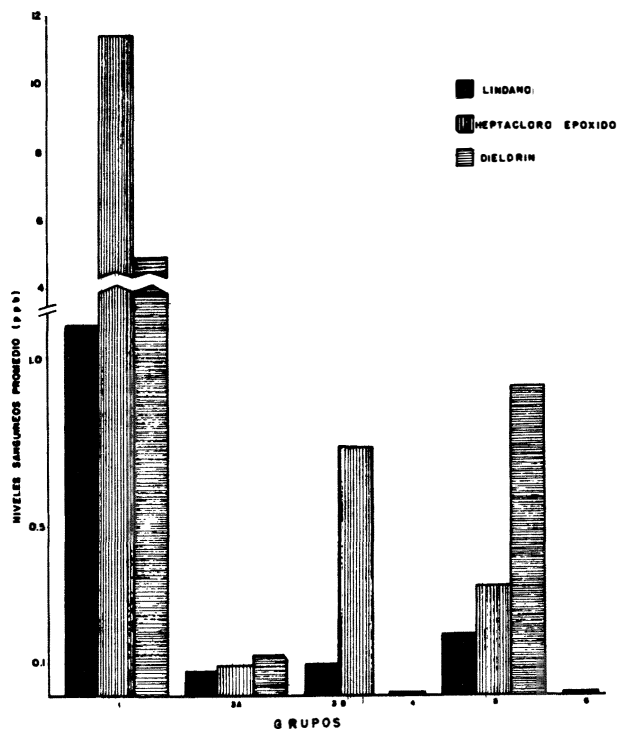
Relación entre el tiempo de exposición ocupacional y los niveles sanguíneos de IOC hallados en tres grupos de población colombiana.

Con el fin de establecer la correlación entre las variables "nivel, tiempo de exposición ocupacio-

nal" en 3 grupos de población, se agruparon convenientemente los sujetos de cada uno de estos grupos para diferentes intervalos de tiempo de exposición ocupacional; en cada uno de ellos se determinaron los niveles sanguíneos promedio de los distintos IOC con el fin de establecer la influencia del tiempo de exposición ocupacional sobre la contaminación humana con estos compuestos.

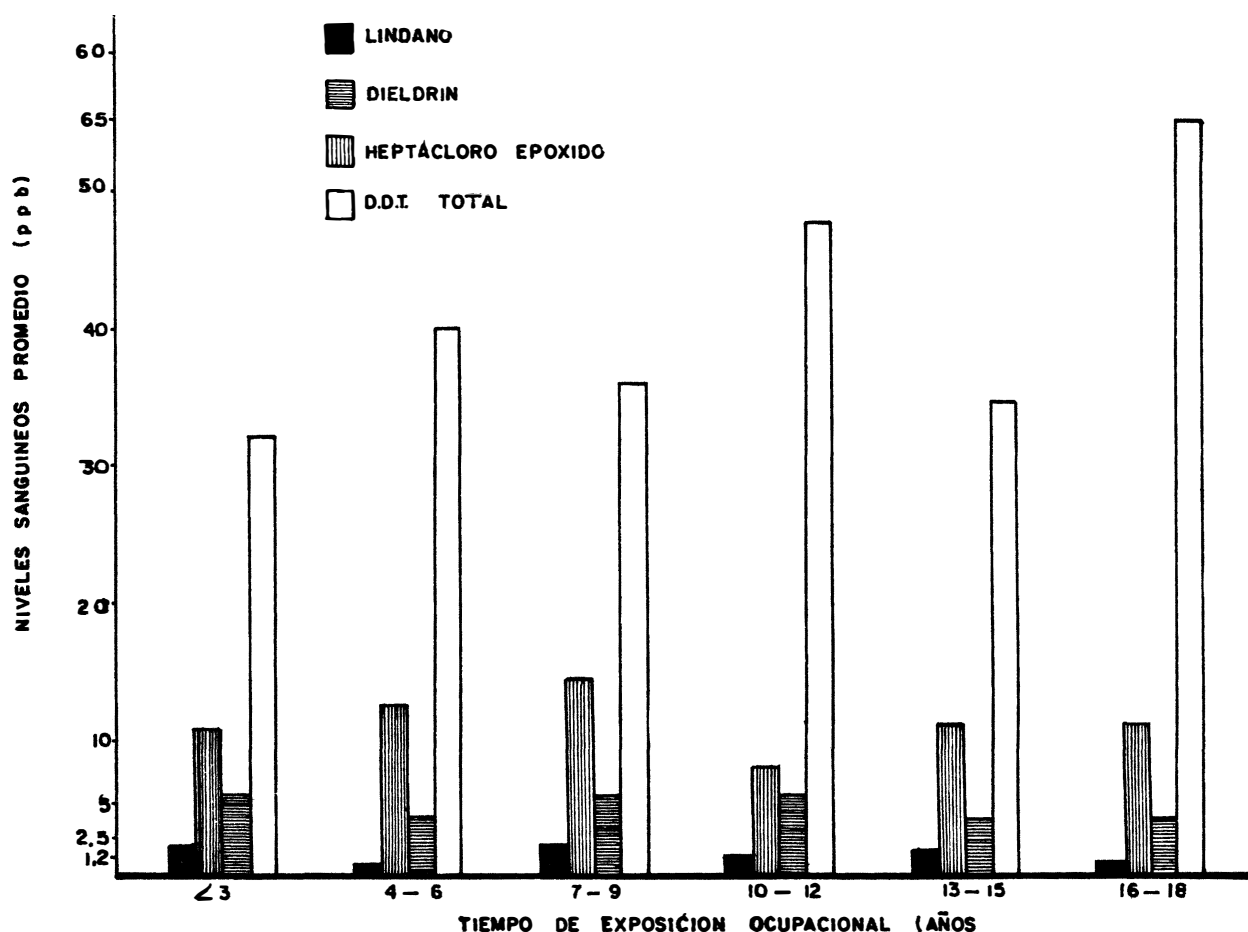
En la Figura No. 6 se aprecian los niveles sanguíneos de IOC en función del tiempo de exposición del grupo de los formuladores. Se puede observar que el nivel máximo de DDT lo presentan las personas que tienen un tiempo de exposición ocupacional que oscila entre los 16 y 18 años y el nivel inferior, las personas cuyo tiempo de exposición es menor de 3 años. Los niveles de contaminación con lindano son similares; los de heptacloro apóxico presentan pequeñas diferencias al igual que los de dieldrín. También se observa cómo para el DDT se manifiesta una tendencia a que los niveles aumenten en función del tiempo de exposición ocupacional.

Fig. 3 - NIVELES SANGUINEOS DE LINDANO HEPTACLORO EPOXIDO Y DIELDRIN EN SEIS GRUPOS DE POBLACION COLOMBIANA



(1) Formuladores, (3A) Aplicadores agrícolas en pistas de fumigación, (3B) Aplicadores agrícolas con bomba a la espalda, (4) población rural en regiones con aplicación agrícola y sanitaria, (5) población rural en regiones con aplicación agrícola y sin aplicación sanitaria, (6) población donde no hay aplicación agrícola ni sanitaria.

FIG. Nº 4- NIVELES SANGUÍNEOS DE INSECTICIDAS ORGANOCLORADOS EN FUNCION DEL TIEMPO DE EXPOSICION DEL GRUPO DE FORMULADORES



En la Figura No. 5 se observan los niveles sanguíneos de DDT y sus metabolitos en función del tiempo de exposición del grupo de aplicadores del SEM. Se destaca que las personas con mayor tiempo de exposición ocupacional presentan niveles más altos de DDT, al igual que en el grupo de formuladores, se manifiesta una tendencia a que los niveles de DDT aumentan en función del tiempo de exposición ocupacional.

En la Figura No. 6 se encuentran los niveles sanguíneos de IOC en función del tiempo de exposición en el grupo de aplicadores agrícolas. Se observa que los niveles de DDT tienden a aumentar con el tiempo de exposición ocupacional hasta alcanzar un punto máximo para después presentar un ligero descenso. Para los otros IOC no se observa el mismo fenómeno.

Relación entre la edad y los niveles sanguíneos de IOC hallados en los diferentes grupos de población colombiana.

Los resultados de los residuos de IOC detectados en función de la edad en el grupo de formuladores, muestran que no se presenta

relación entre los niveles de IOC y la edad. Los resultados obtenidos para los otros dos grupos con exposición ocupacional son similares.

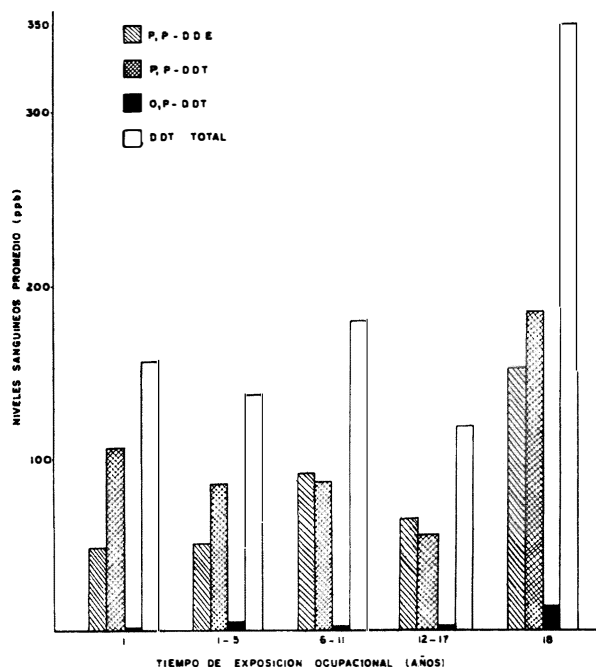
En la tabla No. II se anotan los niveles sanguíneos de IOC en función de la edad del grupo de población rural en regiones con aplicación agrícola y sanitaria del insecticida. Se observa que con el DDT hay una tendencia no lineal a que los niveles se incrementen a medida que aumenta la edad.

Los resultados obtenidos, con los otros, dos grupos sin exposición ocupacional, son similares; por lo tanto, con el DDT en estos grupos se presenta una relación directa, no lineal entre los niveles hallados y la edad. Con los demás insecticidas no se observa el mismo fenómeno.

DISCUSION

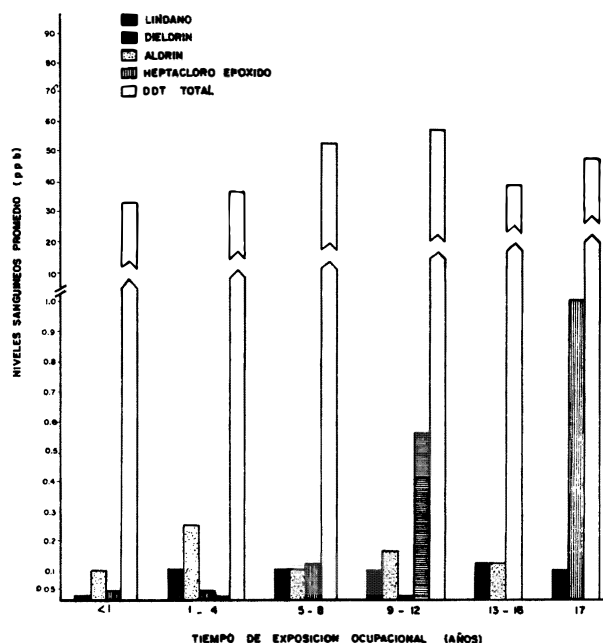
El 97.95% de la población estudiada presentó contaminación con residuos de IOC, lo cual era de esperar si tenemos en cuenta las propiedades de persistencia y biomagnificación de estos compues-

Fig. No. 5 NIVELES SANGUINEOS DE DDT Y METABOLITOS EN FUNCION DEL TIEMPO DE EXPOSICION DEL GRUPO DEL SERVICIO DE ERRADICACION DE LA MALARIA



Obsérvese cómo para un tiempo de exposición ocupacional de 18 años o más, hay un aumento significativo en los niveles sanguíneos de DDT total.

Fig. No. 6 NIVELES SANGUINEOS DE INSECTICIDAS ORGANOCORADOS EN FUNCION DEL TIEMPO DE EXPOSICION DEL GRUPO DE APLICADORES AGRICOLAS



Obsérvese cómo los niveles de DDI tienden a aumentar en función del tiempo de exposición ocupacional hasta alcanzar un punto máximo y después se presenta un ligero descenso.

tos, y el alto consumo agrícola y sanitario de plaguicidas que en los últimos años asciende a 22.000 toneladas de principios activos por año (3, 28).

Los resultados mostraron que entre los grupos con exposición ocupacional a IOC el que presentó una mayor contaminación con DDT fué el grupo de los aplicadores del SEM, lo cual puede explicarse por la manipulación diaria de este insecticida, por parte de los rociadores y por no usar el equipo de protección personal. La mayor contaminación con lindano, heptacloro epóxido y dieldrín, la presenta el grupo de formuladores (Figura No. 3), lo cual se puede explicar por la permanente exposición ocupacional de estos trabajadores.

En las figuras 2 y 3 se puede observar cómo entre los grupos no ocupacionalmente expuestos, el de mayor contaminación fué el de la población rural de regiones con aplicación agrícola sin uso sanitario de IOC (Flandes, Espinal), lo cual puede ser debido a que esta región ha tenido un empleo agrícola mucho más intenso y prolongado que la región rural de Villavicencio, en donde a pesar de haber 2 supuestas fuentes importantes de contaminación, se determinaron niveles inferiores. En el grupo de la población donde no hay aplicación agrícola ni sanitaria de IOC (Bogotá) como era de esperar, se encontraron los niveles promedio de 3.7 ppb. Para el DDT, inferior a lo reportado por varios autores (29, 30, 31, 32).

Los niveles de lindano encontrados en el presente estudio en los formuladores fueron de 1.91 ppb lo cuales son inferiores a los reportados en la literatura (33, 34, 35).

En cuanto a los niveles encontrados en la población general son inferiores a 01 y 11 ppb reportados por varios autores (29, 30, 32, 33, 34, 35).

Al comparar los niveles sanguíneos de heptacloro epóxido con los reportados para la población en general de varias regiones de USA (36) y Austria (30), los cuales oscilan entre 0.07 y 1.1 ppb, son equiparables a los encontrados en el presente trabajo (0.32 ppb) para la población rural con aplicación agrícola y sin aplicación sanitaria.

Los niveles sanguíneos de Dieldrín encontrados en los formuladores, 4,89 ppb, son inferiores a los reportados, 1.8 a 32 ppb, en el mismo tipo de población en otros estudios (33, 37). En los aplicadores agrícolas se encontró en este estudio un nivel de 0.12 ppb, el cual es inferior al reportado de 16.6 ppb en un grupo similar en el Estado de Arizona (37). En relación con la población en general, se reportan niveles de dieldrín entre 0.14 y 1.9 ppb (30, 36, 38, 39, 40), equiparables a los

TABLA No. II

Niveles sanguíneos de insecticidas organoclorados en función de la edad del grupo de población rural en regiones con aplicación agrícola y sanitaria

Edad (años)	n	Residuo	%	Promedio	Mín.	Máx.
Menores 20	2	p,p-DDE	6.45	1.03	—	2.06
	2	DDT total	6.45	1.03	—	2.06
20-24	11	Aldrín	3.22	0.13	—	0.14
	11	p,p-DDE	35.48	6.15	0.17	11.4
	11	DDT total	35.48	6.15	0.17	11.4
25-29	12	Lindano	3.22	0.014	—	0.17
	12	p,p-DDE	38.71	24.8	2.83	70.84
	12	DDT total	38.71	24.8	2.83	70.84
30-34	4	p,p-DDE	12.9	36.23	10.43	88.4
	4	p,p-DDT	3.22	0.22	—	0.80
	4	DDT total	12.9	36.45	10.43	89.26
40-44	1	p,p-DDE	3.22	2.91		
	1	DDT total	3.22	2.91		
45-49	1	p,p-DDE	3.22	197.72		
	1	DDT total	3.22	197.72		

n = número de individuos.

Obsérvese cómo los niveles promedio de DDT tienden a aumentar con la edad.

obtenidos en este trabajo en el grupo de campesinos de la región rural de Flandes y Espinal. Para el aldrín se reporta un nivel sanguíneo promedio de 0.41 ppb (36). La escasa presencia de aldrín encontrada se debe a la transformación de su metabolito el dieldrín, compuesto más frecuentemente encontrado en sangre como lo confirma la literatura (30, 33, 36, 37, 38, 40).

Al comparar los niveles sanguíneos de DDT entre varios países, se observa en el grupo de formuladores niveles entre 38 y 1.399 ppb (40), superiores a los obtenidos en nuestro grupo de formuladores (39 ppb). En el grupo de aplicadores sanitarios se reporta un nivel de 67.7 ppb (38), el cual es muy inferior al obtenido en nuestros aplicadores del SEM (159 ppb). Es de anotar que en estudio previo (41) se encontraron niveles superiores a 239 ppb en promedio. En los aplicadores agrícolas, los valores reportados oscilan entre 15 y 145.1 ppb y son equiparables al valor obtenido en nuestro grupo de aplicadores agrícolas. En relación a la población en general se reportan niveles sanguíneos que varían entre 5.01 ppb y 79.6 ppb, los cuales son similares a los obtenidos en este estudio en los grupos de campesino de la región rural de Villavicencio (21.1 ppb) y la región de Flandes y Espinal (32.3 ppb) y superiores al valor obtenido en nuestro grupo control (3.7 ppb).

Los resultados mostraron que el contaminante más destacado entre estos IOC es el DDT, lo cual

se explica por el hecho de ser el más utilizado y con mayor frecuencia y más ampliamente en Colombia. En el grupo de aplicadores del SEM el 28% de los individuos tienen niveles de DDT que oscilan entre 100 y 199 ppb, los cuales puede representar un peligro de intoxicación. El 12.28% tienen niveles que varían entre 200 y 299 ppb, hecho que implica la posibilidad de intoxicación con DDT. El 14.04% poseen niveles mayores de 300 ppb, lo que hace posible la intoxicación crónica de estas personas. El 45.61% tienen niveles menores a 100 ppb. En el grupo de los aplicadores agrícolas, el 90% tiene niveles menores de 100 ppb; el 10% restante presentó valores que varían entre 100 y 200 ppb.

En los grupos sin exposición ocupacional, la gran mayoría de individuos estudiados tiene niveles inferiores a 50 ppb, y sólo 2 presentaron niveles superiores a 100 ppb. En los 3 grupos con e Exposición ocupacional se encontró una tendencia a que los niveles de DDT aumenten en función al tiempo de exposición, lo cual era de esperarse que a mayor tiempo de exposición ocupacional se presente una mayor posibilidad de que la contaminación aumente por su propiedad de acumulación.

Al correlacionar las variables "Nivel-edad", observamos cómo para el DDT (Tabla No. 6) en los grupos ocupacionalmente expuestos no hay relación directa entre estas dos variables; esto puede explicarse debido a que la variable que mayormente incide en los trabajadores es el tiempo de exposición ocupacional. Por el contrario, en los grupos no ocupacionalmente expuestos, vemos cómo hay una tendencia a que los niveles de DDT aumenten a medida que aumenta la edad; este hallazgo coincide con lo encontrado por Watson y col. (40, 42) en la población general del sur de Idaho. Con los otros IOC no se encontró esta relación en ninguno de los grupos.

CONCLUSIONES

1. El 97.95% de las personas que conforman los grupos estudiados resultaron contaminados con residuos de insecticidas organoclorados.
2. La contaminación humana con lindano, aldrín, dieldrín, y heptacloro epóxido en los grupos de población estudiados, puede considerarse baja en comparación con la de otros países.
3. El grado de contaminación humana con DDT es alta en el grupo de aplicadores del Servicio de Erradicación de la Malaria (SEM) entre los ocupacionalmente expuestos y en el grupo de campesinos que habitan en regiones con

aplicación agrícola de IOC y sin uso sanitario (Flandes, Espinal) entre los no ocupacionalmente expuestos.

4. Al parecer, para la población en general, la fuente más importante de contaminación por insecticidas organoclorados es la aplicación agrícola de estos plaguicidas.
5. Los resultados del estudio mostraron que existe una relación directa entre los niveles sanguí-

neos de DDT y el tiempo de exposición ocupacional, aunque dicha relación no es completamente lineal.

6. En los grupos con exposición ocupacional no se encontró una relación directa entre los niveles sanguíneos de DDT y la edad. En los grupos no ocupacionalmente expuestos los niveles sanguíneos de DDT aumentan positivamente con la edad, hasta un punto máximo a partir del cual presentan un ligero descenso.

BIBLIOGRAFIA

1. BROOKE, G.T.: Clorinated insecticides. Vol. I. Technology and Application. CRC Press Inc. Cleveland, 1974.
2. ROSELLI, A., TORO, G., VERGARA, I., ESPINOSA, F., HURTADO, R., Y RESTREPO, M.: Leucoencefalopatía aguda difusa causada por exposición a organofosforados. Acta Méd. Col. 4: 13-21, 1979.
3. BUSTAMANTE, E.: Producción y comercialización de plaguicidas en Colombia. Instituto Colombiano Agropecuario. Informe Técnico No. 2, pp. 16, 1975.
4. CASARETT, L.J., and DOULL, J.: Toxicology: The basic science of poisons. Edit. MacMillan pp. 429-436, 1975.
5. MATSUMURA, F.: Toxicology of insecticides. Edit. Plenum Press, New York pp. 165-252, 1975.
6. ROBINSON, J.: Persistent pesticides. Ann. Rev. Pharmacol. 10: 353-372, 1970.
7. LITTER, M.: Farmacología. Edit. El Ateneo, Buenos Aires. pp. 1501-1505, 1977.
8. EDWARDS, C.A.: Persistent pesticides in the environment, CRC Press, 1975.
9. MILLER, B.F. y BURT, J.J.: Salud individual y colectiva. Editorial Interamericana. México, pp 13-14 y 49-50, 1973.
10. MEYERS, F.H.: Farmacología Clínica. Edit. El Manual Moderno S.A., México pp. 769-770, 1977.
11. MIZYUKOVA, I.G., and KURCHATOV, G.V.: Metabolismo of heptaclor, Russian Pharmacol. and Toxicol., 4: 212, 1970.
12. CORREA, P., GARCIA, C.A., SULIANTI, J. y QUIROGA, A.: Polineuropatías periféricas agudas. Antioquía Médica. 19: 337, 1969.
13. IBAÑEZ, E.H. y DE FRANZATTI, R.P.: Estudios psicométricos y su valor clínico en rociadores de dieldrin. Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana. 43: 531-553, 1957.
14. JENKINS, R.B., TOOLE, J.F.: Polyneuropathy following exposure to insecticides. Arch. Intern. Med. 113: 691-695, 1964.
15. IARC Monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to man, Vol. 5, Some organochlorine pesticides. Lyon, France: International Agency for research on cancer, 1974.
16. EHRLICH, P.R.: Población, recursos y medio ambiente. Ediciones Omega S.A. Bilbao pp. 168-173, 1975.
17. DURHAN, W.F., and WILLIAMS, C.H.: Mutagenic, teratogenic and carcinogenic properties of pesticides. Ann. Rev. of Ent. 17: 123-148, 1972.
18. GAINES, T.B.: Acute toxicity of pesticides. Toxicol. Appl. Pharmacol. 14: 528, 1969.
19. EPSTEIN, S.S.: DDT and the limits of toxicology. Science 175: 610 No. 4022, 1972.
20. EDMUNDSON, W.F.: Pharmacology of DDT. Pesticide publication C 574 Environmental Practication Agency Chamblor Georgia 30341 pp. 9-25, 1972.

21. CHHABRA, R.S. and FOUTS, J.R.: Stimulation of hepatic microsomal drug-metabolizing enzymes in mice by 1,1,1-trichloro-2,2-bis (p-chlorophenyl) ethane(DDT) and 3,4-benzopyrene. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 25: 60-70, 1973.
22. POLAND, A., SMITH, D., KUNTZMAN, R., JACOBSON, M., and CONNEY R.H.: Effects of intensive occupational exposure to DDT on phenylbutazone and cortisol metabolism in human subjects. *Clin. Pharmacol. Ther.* 11: 724, 1970.
23. TOCCI, P.M., MANN, J.B.: DAVIES, J.E., and EDMUNDSON, W.F.: Biochemical differences found in persons chronically exposed to high levels of pesticides. *Indust. Med.* 38: 40-47, 1969.
24. RESTREPO, M. y GUERRERO, E.: Los plaguicidas organofosforados. Revisión de sus aspectos médicos. *Acta Médica Colombiana.* 4: 23-47, 1979.
25. DAVIES, J.E.: Los plaguicidas y el ambiente. *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana*, 74: 480-490, 1973.
26. BROWN, V.K.H., HUNTER, C.G., and RICHERDSON, A.: A blood test diagnostic of exposure to aldrin and dieldrin, *Brit. J. Indust. Med.* 21: 283-286, 1964.
27. DALE, W.E., CURLEY, A., and CUETO, C. 1966: Hexane extractable chlorinated insecticides in human blood. *Life Sciences*, 5:47. Tomado del Manual of Analytical Methods for the Analysis of Pesticides Residues in Human Environmental samples. Prepared by U.S. Environmental Protection Agency. Section 5,A, (3), (a). pp. 1-7, 1977.
28. RESTREPO, M.: Comunicación personal.
29. KAZANTZIS, G., McLAUGHLIN, A.I.G., and PRIOR. P.F.: Poisoning in industrial workers by the insecticide aldrin. *Brit. J. Indust. Med.* 21: 46-50, 1964.
30. FORURMIER, E., TEICH, I., CAMPANE, L., et CEPELLE, N.: Pesticides organo-clorés dans le tissue adipeux d'êtres humaines en France. *European Journal of Toxicology*, 5: 11-26, 1972.
31. DAVIES, J.E., EDMUNDSON, W.F., MA-CEO, A., et al: An epidemiological application of the study of DDE niveles in whole blood. *Am. J. Public. Health.* 59: 435-441, 1969.
32. DAVIES, J.E., EDMUNDSON, W.F., CARTER, C.H., and BARQUET, A.: Effect of anticonvulsant drugs on dicophane (DD) residues in msn. *Lancet.* 2: 7, 1969.
33. WASSERMAN, M., WASSERMAN, D., and IUARIANI, M.: Organochlorine insecticides in the plasma of occupationally exposed workers. *Pesticides Symposia.* Edit. Halos, Inc. pp. 311-314, 1970.
34. SAMUELS, A.J., and MILBY, T.H.: Human exposure to lindano clinical hematological and biochemical effects. *Jour. Occup. Med.* 13: 146-151, 1971.
35. MILBY, T.H. and SAMUELS, A.J.: Human exposure to lindane comparation of an exposed and unexposed population. *J. Occup. Med.* 13: 256-258, 1971.
36. HAYES, W.J.: Toxicology of pesticides. Edit. Williams Wilkins Company Baltimor. pp. 346-349 y 383-385, 1975.
37. ROBINSON, J., and HUNTER, G.G.: Organochlorine insecticide. Concentrations in human blood and adipose tissue. *Arch. Environ. Health.* 13: 558-563, 1966.
38. EMBRY, T.L., MORGAN, D.P., and ROAN, C.C.: Serch for abnormalities of heme synthesis and sympothoadrenal activity in workers regulary exposed to pesticides. *J. Occup. Med.* 14: 918-921, 1972.
39. EDMUNDSON, W.F., DAVIES, J.E., NACHMAN, G.A., and ROETH, R.L.: p,p-DDT and p,p-DDE in blood samples of occupationally exposed workers. *Pub. Health. Rep.* 84: 53-58, 1969.
40. WATSON, M., BENSON, W.W. and GABICA, J.: Serum organochlorine pesticides leveles in people in southern Idaho. *Pest. Monitor* 4: 47-50, 1970.
41. GUERRA, A. y HERNANDEZ, L.: Niveles sanguíneos de pesticidas organoclorados en población del Valle del Cauca. *Acta Médica del Valle*, 4: 4-7, 1973.
42. KLEMMER, H.W., RASHAD, M.N.: Age, sex and race effects on the distribution of organochlorine pesticide residues in serum. Pesticide C 624, Environmental Protection Agency Chamblor, Georgia 30341, pp. 53-60, 1973.