

RESIDUOS DE INSECTICIDAS ORGANOCORORADOS EN LECHE HUMANA Y DE VACA EN COLOMBIA

— Armando Vargas Melo¹ y María del Carmen Vallejo R.¹ —

En estudios realizados en diversos países se ha determinado la presencia de insecticidas organoclorados en la leche humana y de vaca. Para cuantificar esa contaminación en el territorio colombiano se determinaron las concentraciones de dichos insecticidas en 170 muestras de leche de madres lactantes procedentes de Bogotá (105 muestras) y tres zonas agrícolas en las que es muy frecuente la fumigación (65 muestras). Se analizaron también con propósitos de comparación 75 muestras de leche fresca de vaca, 10 muestras de leche pasteurizada y 10 muestras de leche en polvo entera.

En todas las muestras de leche humana o de vaca analizadas se encontró DDT total en concentraciones altas. En algunas muestras se encontraron también cantidades apreciables de hexaclorociclohexano (HCH) y otros insecticidas no incluidos en el estudio. Las muestras de leche de vaca contenían concentraciones de DDT total bastante inferiores. Comparando las medias, las muestras de leche humana revelaron una contaminación varias veces mayor que las de leche de vaca. Las leches pasteurizadas y en polvo presentaron menor contaminación.

La cantidad media de DDT total en las muestras de leche humana (0,075 ppm, o $\mu\text{g/ml}$) excedió notablemente el límite de contaminación por DDT establecido para la leche por FAO/OMS (0,050 ppm). Sin embargo, la dispersión de los valores hallados fue muy grande (0,002 el menor y 0,680 el mayor), lo cual indica que en algunas muestras las concentraciones de DDT total detectadas excedieron más de 10 veces el límite máximo fijado por FAO/OMS, mientras que en muchas otras las concentraciones de DDT no se alejaron mucho del límite máximo recomendado.

Los países agrícolas como Colombia no pueden permanecer al margen de la polémica actual sobre el uso de los plaguicidas en la agricultura. Los residuos que estos productos dejan en las cosechas y los efectos nocivos que pueden producirse en los seres humanos como consecuencia del consumo de alimentos contaminados con estas sustancias son motivo de preocupación y controversia. Los organoclorados constituyen uno de los

tipos de insecticida actualmente utilizados en Colombia. Se consideran productos peligrosos por su escasa biodegradabilidad y su capacidad acumulativa en la grasa de los alimentos y en el tejido adiposo humano. Esta acumulación se produce también en la leche animal o humana.

Se considera que 90% del plaguicida acumulado en el organismo humano proviene de la dieta normal. Los organoclorados sufren a lo largo de las cadenas tróficas

¹ Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Medicina, Departamento de Ciencias Fisiológicas, Unidad de Toxicología. Dirección postal: Unidad de Toxicología, Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

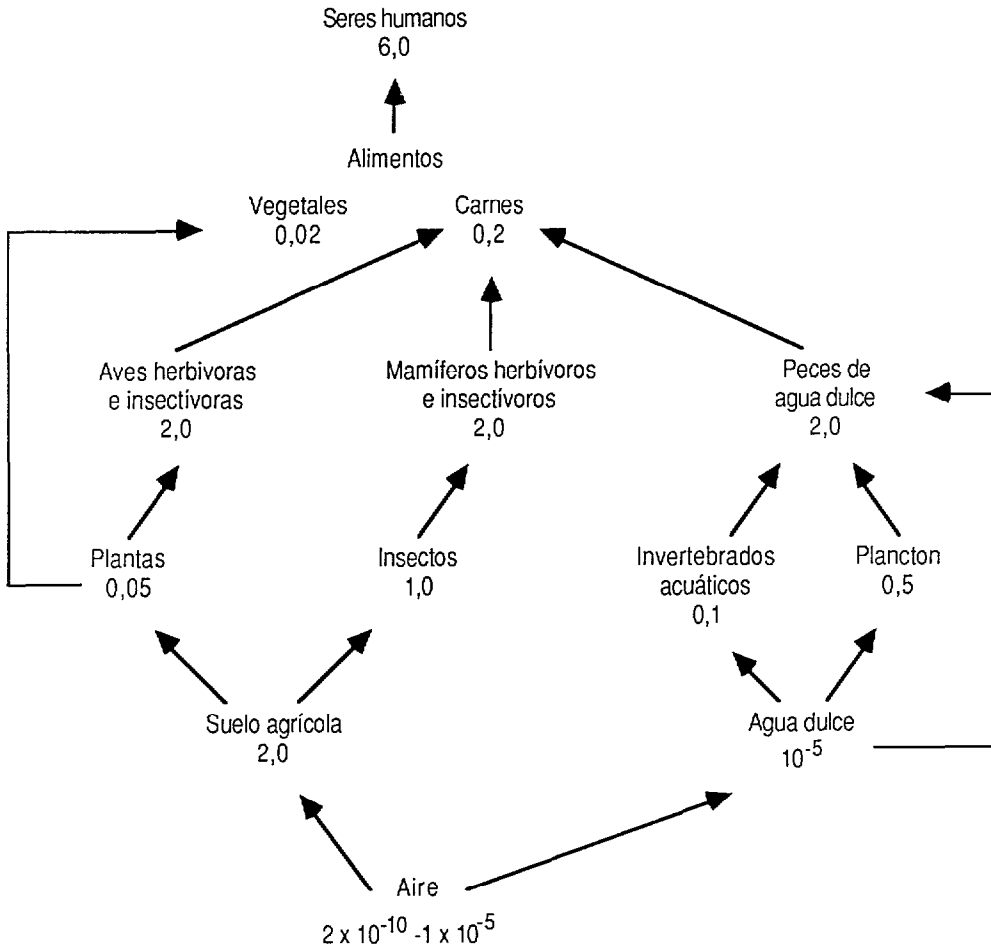
un proceso de concentración o "biomagnificación" (figura 1) que resulta acrecentado por el clima tropical y los estados de desnutrición (1).

La presencia de estos insecticidas en la leche humana y vacuna se demostró hace más de 30 años, mediante investigaciones efectuadas en varios países desarrollados. En 1950 Laug *et al.* (2) encontraron por primera vez DDT en la leche materna; a partir de entonces un gran número de investigaciones han confirmado su presencia en dicho

medio biológico. Lo mismo vale para otros plaguicidas usados en la agricultura.

En 1971 se realizó una investigación en Guatemala (3) para determinar las concentraciones de estos insecticidas en la leche. Las concentraciones que se encontraron resultaron muy altas al compararlas con las cifras notificadas en Europa y los Estados

FIGURA 1. Acumulación de DDT en los diferentes compartimentos de un ecosistema. Valores en partes por millón



Vargas y Vallejo • INSECTICIDAS ORGANOCOLORADOS

Fuente: Edwards, C. A. *Persistent Pesticides in the Environment* Cleveland, CRC Press, 1975, p. v

Unidos de América (4). Es de suponer que, en Colombia, el uso intensivo y sin limitaciones de estos insecticidas, no solo con fines agrícolas sino también en los programas de erradicación de la malaria, produce como resultado la contaminación del ambiente y los alimentos.

Teniendo en cuenta que la leche humana es el principal alimento de los lactantes en los primeros meses de su desarrollo, es necesario cuantificar los insecticidas organoclorados que contiene y establecer las cantidades de estas sustancias que está ingiriendo la población infantil.

Asimismo, la determinación de las concentraciones de organoclorados en la leche de vaca será útil como índice de la contaminación que sufren los consumidores en general a través de este alimento.

En la presente investigación se confirmó y se cuantificó la presencia de insecticidas organoclorados en la leche de madres lactantes de la ciudad de Bogotá y de zonas agrícolas en las que es frecuente la fumigación terrestre y aérea. También se analizaron muestras de leche de vaca recogidas en esas zonas, así como leche procedente de las pasteurizadoras más grandes de la ciudad de Bogotá, con el fin de poder comparar los niveles de contaminación con los de la leche humana.

Los insecticidas investigados se seleccionaron teniendo en cuenta criterios de consumo (mayor uso), persistencia (poca o nula biodegradabilidad), peligrosidad para la salud y factibilidad del análisis.

En concreto, los insecticidas organoclorados investigados fueron el DDT con algunos de sus homólogos y metabolitos (*p,p'*-DDT, *o,p*-DDT, *p,p'*-DD y *p,p'*-DDE), el HCH (isómeros alfa, beta, gamma y delta) y la dieldrina, un ciclodieno clorado.

Las determinaciones se efectuaron mediante métodos descritos por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos de América (5, 6).

La recolección de muestras de leche se realizó entre los meses de agosto y septiembre de 1987. El cuadro 1 indica el origen y número de muestras en las que se realizaron las determinaciones. Las muestras de leche humana (5-10 ml) se tomaron en tubos de vidrio de 15 ml con tapa de rosca

CUADRO 1. Origen y número de las muestras de leche utilizadas en las determinaciones toxicológicas del estudio; Colombia, 1987

Tipo de leche	Zona	No. de muestras	Sitio de recolección
Humana	Bogotá	105	Hospital Infantil y Clínica Fray Bartolomé
Humana	Espinal	25	Hospital
Humana	Guamo	25	Hospital
Humana	Girardot	15	Hospital
De vaca (fresca)	Bogotá	25	Veredas: Tabio, Faca, Guaymaral, Subachoque, Funza y Cota
De vaca (fresca)	Espinal	25	Veredas: Suárez, Rincón Santo y Caballo
De vaca (fresca)	Guamo	25	Veredas: El Badio, Guamal y Jardín
Pasteurizada	Bogotá	10	
En polvo	Bogotá	5 tarros y 5 bolsas	

recubierta con papel de aluminio, previamente lavados con mezcla sulfocrómica, agua corriente y agua destilada y, por último, con acetona y hexano grado pesticida. Las muestras permanecieron congeladas hasta el momento de su análisis.

La leche fresca de vaca (200 ml) se recolectó en frascos de vidrio de boca ancha previamente lavados por el procedimiento descrito.

De las 170 muestras de leche humana, 118 se tomaron de madres donantes voluntarias de uno a ocho días después del parto; las muestras restantes procedieron de madres lactantes que habían dado a luz de una a nueve semanas antes.

Las muestras de leche fresca de vaca se tomaron de camiones procedentes de distintas veredas (zonas rurales) en los que se transportaba la leche hacia otras localidades.

Las muestras de leche pasteurizada procedieron de las seis pasteurizadoras principales de Bogotá. Las de leche en polvo se tomaron de las diferentes marcas no importadas registradas en el país.

Los análisis se llevaron a cabo en el laboratorio de toxicología de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia. El análisis de la grasa en la leche humana y vacuna fue realizado por el Instituto de Ciencias y Tecnología de los Alimentos de la Universidad Nacional de Colombia mediante el micrométodo Milkotester (7).

El análisis estadístico se efectuó con asesoramiento del Centro de Cómputo y Procesamiento de la Información de la Universidad Nacional, mediante el paquete estadístico denominado SAS (*Statistical Analysis System*).

MÉTODOS ANALÍTICOS

Se utilizó el micrométodo de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (5, 6).

1 Extracción. Se tomaron 2 ml de leche y se colocaron en un triturador de tejidos Duall. Se realizó la extracción tres veces con 3 ml de acetonitrilo. Se juntaron los extractos. Se agregaron al extracto total 7 ml de una solución al 2% de sulfato sódico y 2 ml de hexano grado pesticida. Se agitó durante un minuto. Se repitió la extracción con hexano dos veces. El hexano se transfirió a un tubo concentrador de 10 ml; se colocó una columna Snyder y se evaporó el extracto en baño María a 0,5 ml.

2 Purificación. Se purificó el extracto a través de una microcolumna de florisil (5). Se evaporó a 0,5 ml.

3 Cromatografía de gas. Se utilizó un cromatógrafo de gases marca Varian. Se inyectaron 5 μ l del eluido evaporado. Las condiciones de trabajo del cromatógrafo fueron las siguientes: detector de captura de electrones Ni-63; columna de vidrio de 1,83 m (6 pies) de longitud, con diámetros externo e interno de 635 y 397 mm (1/4 y 5/32 de pulgada, respectivamente), con relleno de fase líquida de 4% de SE-30 y 5% de OV-210 y soporte sólido de Chromosorb WHP 80-100 mesh; temperatura de operación, 200 °C; temperatura del detector, 205 °C; temperatura de la puerta de inyección, 225 °C; flujo de gas (nitrógeno), 40-90 ml/minuto; atenuación, 16×12^2 ; tiempo de elución para el *p,p'*-DDT, 16-20 minutos; eficiencia (platos teóricos), 2 800.

El volumen de inyección fue constante, de 5 μ l tanto para estándares como para las muestras. Los cálculos se llevaron a cabo mediante comparación de la altura de los picos, en partes por millón (ppm, es decir, μ g/ml) referidas a la leche entera.

Los análisis se hicieron por duplicado.

RESULTADOS

En los cuadros 2 y 3 se resumen los resultados obtenidos. Se hallaron cantidades detectables de insecticidas organoclorados en gran parte de las muestras; en todas se encontró DDT. En 35% del total de las muestras de leche humana y en 45% de las de leche fresca de vaca se halló lindano (gamma HCH). También se encontraron dieldrina, heptacloro epóxido (metabolito del heptacloro) y transnonacloro (metabolito del clordano) en porcentajes menores de las muestras.

Las diferencias de concentración de los tres contaminantes encontrados con mayor frecuencia en los dos tipos de leche (DDT, HCH y dieldrina) fueron muy notables. También fueron importantes en los dos tipos de leche y en las cuatro zonas estudiadas las diferencias en los niveles promedio de los tres compuestos.

DDT total

En la zona de Bogotá, la contaminación de la leche humana en cuanto a DDT total (concentración media de 0,048 ppm) fue tres veces y media superior a la de la leche vacuna de la misma zona (concentración media de 0,014 ppm).

En las zonas agrícolas del Espinal y Guamo, las concentraciones medias de DDT total en leche humana fueron mayores (0,131 y 0,118 ppm) que las encontradas en la zona de Bogotá; esto quiere decir que la leche humana de estas dos zonas agrícolas está 2,7 y 2,4 veces más contaminada que la de la zona de Bogotá. Hay que hacer notar que en esas zonas los cultivos de soja, arroz y algodón cubren grandes áreas y la aplicación aérea y terrestre de plaguicidas es intensa.

Los hallazgos confirman que, en las zonas estudiadas, la magnificación biológica hace que la leche humana esté mucho más contaminada que la leche de vaca.

El valor medio de las concentraciones de DDT total en las muestras de leche humana de la zona de Bogotá estaba al nivel del límite (0,050 ppm) establecido por FAO/OMS (8).

La media ponderada de las concentraciones medias de DDT total de las muestras de leche humana procedente de zonas agrícolas (0,118 ppm) fue más del doble del límite recomendado por FAO/OMS.

En conjunto, la cantidad media de DDT total en las muestras de leche humana (0,075 ppm) excedió notablemente el límite de contaminación para la leche establecido por FAO/OMS (0,050 ppm). Sin embargo, la dispersión de los valores hallados fue muy grande (0,020 el menor y 0,680 el mayor, con una desviación estándar de 0,105), lo cual indica que las concentraciones de DDT en algunas muestras sobrepasaron en más de diez veces el límite máximo fijado por FAO/OMS mientras que en muchas otras no se alejaron tanto del límite máximo recomendado.

Los valores medios de DDT total en las muestras de leche fresca de vaca, tanto de la zona de Bogotá como de las zonas agrícolas, estaban muy por debajo del límite recomendado por FAO/OMS. Lo mismo sucedió con las muestras de leche pasteurizada y en polvo que se estudiaron.

HCH total

Si se supone que el HCH total corresponde casi en su totalidad a lindano (gamma HCH), la media de las concentraciones en leche humana contaminada (muestras positivas) procedente de la zona de Bogotá (0,008 ppm) estaba por encima del límite recomendado por FAO/OMS para este insecticida, que es de 0,100 ppm para la grasa láctea (8) y correspondería por lo tanto a 0,003 ppm para leche entera que, como esta, tiene un contenido graso medio de 3%. También las cifras correspondientes a las muestras posi-

CUADRO 2. Insecticidas organoclorados en leche humana procedente de varias zonas de Colombia, 1987. Concentraciones en partes por millón (ppm = µg/ml)

Zona	No. de muestras	DDT total				HCH total				Dieldrina			
		Media ±DE ^a	Intervalo	MP ^b	MEC ^c	Media ±DE ^a	Intervalo	MP	MEC	Media ±DE ^a	Intervalo	MP	MEC
		Bogotá	105	0,048 ± 0,071	(0,020-0,610)	105	35	0,008 ± 0,015	(0,001-0,070)	20	6	0,007 ± 0,008	(0,001-0,035)
Espinal	25	0,131 ± 0,138	(0,043-0,680)	25	23	0,011 ± 0,006	(0,002-0,020)	17	13	0,003 ± 0,002	(0,001-0,010)	10	3
Guamo	25	0,118 ± 0,128	(0,026-0,560)	25	17	0,007 ± 0,006	(0,002-0,021)	12	5	0,011 ± 0,012	(0,002-0,041)	11	6
Girardot	15	0,095 ± 0,085	(0,020-0,320)	15	9	0,009 ± 0,007	(0,001-0,020)	10	6	0,008 ± 0,080	(0,002-0,025)	6	5
Total	170	0,075 ± 0,105	(0,020-0,680)	170	84	0,003 0,010	(0,001-0,022)	59	30	0,001 0,007	(0,001-0,0041)	48	26

^a DE = desviación estándar (tanto esta como la media están calculadas basándose en las muestras positivas. Los intervalos también se refieren a estas).

^b MP = número de muestras positivas (se consideraron negativas las concentraciones inferiores a 0,001 ppm).

^c MEC = número de muestras con exceso de contaminación (aquellas en las que las concentraciones de insecticida fueron iguales o mayores al límite máximo recomendado por FAO/OMS, a saber, 0,050 ppm para DDT, 0,003 ppm para HCH y 0,0045 ppm para dieldrina)

CUADRO 3. Insecticidas organoclorados en leche de vaca procedente de varias zonas de Colombia, 1987. Concentraciones en partes por millón (ppm = µg/ml)

Zona y tipo de leche	No. de muestras	DDT total			HCH total			Dieldrina		
		Media ± DE ^a	Intervalo	MP ^b MEC ^c	Media ± DE ^a	Intervalo	MP MEC	Media ± DE ^a	Intervalo	MP MEC
Bogotá, leche fresca	25	0,014 ± 0,017	0,001-0,057	25 2	0,008	0,001-0,0070	20 0			0 0
Espinal, leche fresca	25	0,011 ± 0,008	0,002-0,040	25 0	0,010 ± 0,014	0,001-0,062	18 9	0,008 ± 0,016	0,001-0,050	5 1
Guamo, leche fresca	25	0,017 ± 0,010	0,003-0,040	25 0	0,005 ± 0,003	0,001-0,012	10 4	0,006 ± 0,005	0,003-0,015	4 1
Bogotá, leche pasteurizada	10	0,005 ± 0,004	0,001-0,012	10 0			0 0			0 0
Bogotá, leche entera en polvo	10	0,026 ± 0,006	0,016-0,037	10 0			0 0			0 0

^a DE = desviación estandar (tanto esta como la media están calculadas basándose en las muestras positivas. Los intervalos también se refieren a estas).

^b MP = muestras positivas (se consideraron negativas las concentraciones inferiores a 0,001 ppm, que no son detectables).

^c MEC = muestras con exceso de contaminación (aquellas en las que las concentraciones de insecticida fueron iguales o mayores al límite máximo recomendado por FAO/OMS, a saber, 0,050 ppm para DDT, 0,003 ppm para HCH y 0,0045 ppm para dieldrina).

tivas de Espinal (0,011), Guamo (0,006) y Girardot (0,007) excedieron en gran medida del límite recomendado.

En la leche vacuna de la zona de Bogotá las concentraciones de HCH total no fueron detectables. En cambio, la media de las concentraciones de HCH total en las muestras procedentes del Espinal y Guamo estuvo por encima del límite aconsejado por FAO/OMS.

Dieldrina

En la zona de Bogotá, 20% de las muestras de leche humana se encontraron contaminadas con dieldrina. La concentración media de las 21 muestras positivas fue de 0,007 ppm, cifra que sobrepasa el límite permisible (0,0045 ppm) para este insecticida (8).

En la leche de vaca de la zona de Bogotá no se detectó dieldrina pero en las zonas de Espinal y Guamo la contaminación sobrepasó el límite permisible.

La contaminación por HCH y dieldrina de la leche de vaca procedente de Espinal y Guamo contrasta con la ausencia de estos contaminantes en las muestras de leche de vaca de la zona de Bogotá.

DISCUSIÓN

Se considera que las fuentes potenciales de contaminación de la leche con insecticidas organoclorados son los alimentos contaminados, el uso doméstico de insecticidas y la fumigación agrícola. Es difícil cuantificar las contribuciones relativas de estas fuentes, pero el análisis de los resultados parece indicar que la fumigación agrícola contribuye en gran medida a dicha contaminación, que se magnifica a lo largo de la cadena trófica.

Según estudios llevados a cabo en el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá, un recién nacido normal pesa alrededor de 3,5 kg e ingiere diariamente 600 ml de leche materna.

De acuerdo con las recomendaciones FAO/OMS, la ingestión diaria admisible (IDA) para el DDT es de 5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de peso corporal (8). La máxima IDA para un niño de 3,5 kg sería entonces 17,5 μg . Según estas cifras, la ingestión media diaria de DDT de un lactante de cualquiera de las cuatro zonas en los 600 ml de leche sería superior a la IDA para ese insecticida. El valor límite se sobrepasa 1,6 veces (27 μg) en la zona de Bogotá, 4,5 veces (78 μg) en Espinal, 4,0 veces (71 μg) en Guamo y 3,2 veces (57 μg) en Girardot.

Las posibles consecuencias para la salud de la alimentación de estos niños con leche humana y vacuna contaminada con insecticidas organoclorados nunca han sido establecidas. La presencia de múltiples problemas de salud tales como la desnutrición, las infecciones y las parasitosis puede interferir las observaciones y dificultar la determinación del efecto directo de los plaguicidas que, por otra parte, puede tener lugar a medio o largo plazo.

Los datos obtenidos son significativos, pero no sorprendentes si se tiene en cuenta la gran cantidad de plaguicidas que se utiliza en el país.

La comparación entre las ventajas ampliamente reconocidas de la lactancia materna y sus desventajas potenciales favorece la alimentación natural. No obstante, debe señalarse que los posibles efectos a largo plazo de los insecticidas, aún no dilucidados, justifican que se consideren un factor de alto riesgo para las comunidades, en especial para los grupos vulnerables.

REFERENCIAS

- 1 Restrepo, M., Guerrero, E. Los plaguicidas organofosforados. *Acta Med Colomb* 4(1), 1979.
- 2 Laug, E. P., Kunze, F. y Prickett, G. Occurrence of DDT in human fat and milk. *Arch Ind Hyg Occup Med* 3:245-246, 1951.

- 3 Olszyna Marzys, A., De Campos, M., Taghi Farvar, M. y Thomas, M. Residuos de plaguicidas organoclorados en leche humana en Guatemala. *Bol Of Sanit Panam* 74(2):93-107, 1973.
- 4 Hayes, W. J. *Pesticides Studied in Man*, Baltimore, Williams & Wilkins. 1982, pp. 124-145.
- 5 Thompson, J.F., ed. *Manual of Analysis of Pesticide Residues in Human and Environmental Samples*. Research Triangle Park, NC, United States Environmental Protection Agency (EPA), Environmental Toxicology Division, 1972.
- 6 Winter, M. y Thomas, M. Analysis of pesticides residues in 290 samples of Guatemala mother's milk. *Bull Environ Contam Toxicol* 16:652-657, 1976.
- 7 Horwitz, W., ed. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*, 13a. ed. Washington, DC 1980. No.16255, p. 267.
- 8 Organización Mundial de la Salud. *Residuos de plaguicidas en los alimentos. Informe de la reunión conjunta FAO/OMS de 1970*. Ginebra, 1971. Serie de Informes Técnicos 474.

SUMMARY

ORGANOCHLORINE INSECTICIDE RESIDUES IN HUMAN AND COW'S MILK IN COLOMBIA

Studies carried out in various countries have determined the presence of organochlorine insecticides in human and cow's milk. To quantify this contamination in Colombia, the concentrations of these insecticides were measured in 170 samples of milk from lactating mothers in Bogotá (105 samples) and three agricultural areas where fumigation is done frequently (65 samples). Also, for purposes of comparison, the study included 75 samples of fresh cow's milk, 10 samples of pasteurized milk, and 10 samples of whole powdered milk.

In all the samples of human or cow's milk, high concentrations of total DDT were found. In some samples there were also appreciable amounts of benzene hexachloride (BHC) and other insecticides not included in the study. The samples of cow's milk contained lower concentrations of sufficient total DDT. In a comparison of the means, the samples of human milk showed contamination several times greater than the cow's milk. The pasteurized and powdered milks had lower levels of contamination.

The average amount of total DDT in the samples of human milk (0.075 ppm, or $\mu\text{g/ml}$) far exceeded the DDT contamination limit established for milk by FAO/WHO (0.050 ppm). However, there was a wide range in the levels found (the lowest being 0.002, and the highest, 0.680), which means that in some of the samples the concentrations of total DDT were more than 10 times greater than the maximum set by FAO/WHO while in many other cases they were close to the recommended limit.