

**NIVELES DE DDT EN TEJIDO ADIPOSO MATERNO, SUERO SANGUÍNEO Y LECHE DE MADRES RESIDENTES EN VERACRUZ, MÉXICO.
ESTUDIO 1997-1999**

Stefan M. WALISZEWSKI¹, Marco T. BERMÚDEZ² y Rosa M. INFANZÓN¹

¹ Instituto de Medicina Forense, Universidad Veracruzana, SS Juan Pablo II esq. Reyes Heróles, 94290 Boca del Río Ver. Correo electrónico: swal@uv.mx

² Hospital de Gineco-Pediatría No. 71 "Benito Coquet Lagunes", 91700 Veracruz, Ver.

(Recibido septiembre 1999, aceptado diciembre 2001)

Palabras clave: DDT, tejido adiposo, suero sanguíneo y leche materna

RESUMEN

Se determinaron los niveles del DDT y sus metabolitos en tejido adiposo materno, suero materno y leche materna madura de 112 voluntarias para observar el posible gradiente de concentración. Los resultados indicaron mayor concentración del metabolito pp'DDE en tejido adiposo con 3.76 mg/kg, seguido por 3.49 mg/kg en suero sanguíneo y 3.23 mg/kg en leche materna madura. La misma tendencia reveló el insecticida pp'DDT con 0.97 mg/kg en tejido adiposo, 0.82 mg/kg en suero sanguíneo y 0.51 mg/kg en leche madura. La mayor concentración del DDT total en leche madura se determinó en la población suburbana de 4.84 mg/kg en comparación con 2.49 mg/kg en la de Veracruz, así como un ascenso con la edad de 2.97 mg/kg en madres menores de 20 años a 4.60 mg/kg en madres mayores de 40 años y un descenso con la paridad con 4.10 mg/kg en primíparas y 3.41 mg/kg en tríparas. El DDT acumulado en el tejido adiposo materno forma un equilibrio con el suero sanguíneo y se excreta con las grasas endógenas que participan en la formación de la leche.

Key words: DDT, adipose tissue, blood serum and maternal milk

ABSTRACT

The levels of DDT and metabolites were determined in maternal adipose tissue, maternal blood serum and mature milk of 112 volunteers in order to observe the gradient of concentrations. The results obtained indicated the highest concentration of metabolite pp'DDE in adipose tissue at 3.76 mg/kg, followed by 3.49 mg/kg in blood serum and 3.23 mg/kg in mature milk. The same tendency was revealed for the insecticide pp'DDT with 0.97 mg/kg in adipose tissue, 0.82 mg/kg in blood serum and 0.51 mg/kg in mature milk. The higher concentrations of total DDT in mature milk correspond to the suburban population at 4.84 mg/kg compared to 2.49 mg/kg for the Veracruz population. Moreover, the elevation of their levels according to age was observed ranging from 2.97 mg/kg in mothers under 20 years of age, up to 4.60 mg/kg in mothers over 40. There was also a decreased tendency with parity from 4.10 mg/kg in primiparous to 3.41 mg/kg in triparous. The DDT accumulated in maternal adipose tissue forms an equilibrium with blood serum and then is excreted with the endogenous fat of maternal milk.

INTRODUCCIÓN

El insecticida organoclorado DDT ha sido utilizado en México hasta 1998 en los combates sanitarios de control de vectores transmisores de enfermedades endémicas, debido a su bajo costo y amplio espectro de acción (Aguirre *et al.* 1999). La exposición a sus residuos se hace por diversas vías, la más común y de mayor importancia es la inhalación de vapores (Waymann y Rüdél 1995, Nerín *et al.* 1996, Rüdél 1997). Una adicional es la digestiva por el consumo de alimentos contaminados, principalmente de origen animal, como lácteos y cárnicos (Bro-Rasmussen 1996, Hoogenboom y Kuiper 1997, Tomerlin *et al.* 1997). En las mujeres embarazadas el DDT y sus metabolitos atraviesan la barrera placentaria, exponiendo al producto en gestación (Rogan *et al.* 1986; Gladen *et al.* 1988). El bebé, después de su nacimiento se expone a través de la leche materna por la movilización de las grasas endógenas contaminadas por los plaguicidas, lo que constituye una ruta de descontaminación de la madre (Creamer y MacGibbon 1996, Jensen 1996, Vrecl *et al.* 1996, Waliszewski *et al.* 1997, 1998).

El efecto de la baja solubilidad del DDT en el agua y la elevada en los disolventes orgánicos, indica su acumulación en los tejidos ricos en grasa y en lipoproteínas, mientras que gran estabilidad físico-química se debe a su persistencia. Por esta última propiedad el tejido adiposo ha sido seleccionado como marcador biológico en la determinación de exposición al DDT (US Department of Health 1993). En la sangre, el DDT y sus metabolitos se transportan por medio de las lipoproteínas y albúminas y en grado menor por los quilomicrones que circulan en el torrente circulatorio, presentando un equilibrio entre el depósito del tejido adiposo y el del suero sanguíneo (Henriksen *et al.* 1998).

La leche humana es una emulsión de grasa acompañada por una dispersión coloidal de proteínas que, junto con la lactosa, minerales y vitaminas, constituye un alimento ideal para el lactante. Sólo el 25 % de los ácidos grasos de la leche humana provienen de la dieta y el 75 % restante se moviliza debido al reciclamiento de las grasas endógenas y su incorporación en la glándula mamaria (Patton *et al.* 1995). Por ello, la contaminación de la leche humana, se relaciona estrechamente con el grado de contaminación del tejido adiposo materno (Czaja *et al.* 1997).

El objetivo de este trabajo fue determinar la concentración del DDT y sus metabolitos en el tejido adiposo materno, en el suero materno y en la leche materna madura después del parto y observar el gradiente de concentración expresado en base lipídica del DDT y de sus metabolitos entre tejido adiposo materno / suero materno / leche materna madura.

METODOLOGÍA

En el estudio realizado en el período de octubre de 1997

a noviembre de 1999, participaron voluntariamente 112 madres, residentes en la ciudad de Veracruz y en su zona suburbana, programadas a parto por cesárea, llevándoles control prenatal en el Hospital de Gineco-Pediatría No. 71 "Benito Coquet Lagunes" del Instituto Mexicano del Seguro Social y en el Hospital General de Veracruz. A las voluntarias se les explicó el objetivo del proyecto para obtener su consentimiento de participación.

Toma y manejo de muestras

Suero materno. Aproximadamente 15 ml de sangre materna, se tomaron en ayunas dos días antes de la cesárea programada, para realizar análisis clínicos rutinarios preoperatorios que califican a una cirugía. La parte sobrante de la muestra de éste análisis fue destinada a la determinación de plaguicidas organoclorados. La sangre se centrifugó para separar el suero sanguíneo en el cual se estableció la cantidad de lípidos totales, se pesó la muestra y se guardó en congelación en un tubo de ensayo con tapón.

Tejido adiposo. Durante la cesárea se colectaron, aproximadamente 3 g, de tejido adiposo materno procedentes de la pared abdominal que constituyen los desechos de una preparación antes de suturar la cavidad abdominal. Las muestras se guardaron en frascos de cristal en congelación hasta su análisis.

Leche materna. Siguiendo las indicaciones sobre la secreción láctea y considerando el ritmo circadiano del contenido de lípidos en la leche humana, el día 30 *post partum* se extrajo en tres ocasiones (a las 10:00, 14:00 y 18:00 horas) toda la leche del seno izquierdo (Stafford *et al.* 1994, Ruel *et al.* 1997), tomando un porcentaje constante de volumen de cada una. Posteriormente, se centrifugó para separar la grasa de la leche y llevar a cabo el análisis de residuos de plaguicidas.

Extracción y purificación de las muestras

La extracción de las muestras y la purificación de los extractos se hicieron de acuerdo con el método de Waliszewski y Szymczynski (1982, 1991). Las determinaciones cualitativa y cuantitativa se realizaron siguiendo el Método 608 de la USEPA (1982), separando los DDT en un cromatógrafo de gases marca Varian 3400CX en una columna capilar megaboro SPB-608 de 320 μm de 30 m de longitud.

En la purificación de los extractos, se utilizó ácido sulfúrico porque precipita las grasas e hidroliza el complejo de plaguicidas con los compuestos endógenos del cuerpo humano (Waliszewski y Szymczynski 1982, 1983). El ácido sulfúrico, también remueve muchos componentes ambientales como ésteres de ftalatos, que interfieren en la determinación cromatográfica cubriendo las cavidades de picos de varios plaguicidas organoclorados incluyendo los DDT (Waliszewski y Szymczynski 1990).

Valoración del método analítico. Se adicionó una mezcla de estándares de los pp'DDT, op'DDT, pp'DDE

TABLA I. RESULTADOS DEL ESTUDIO DE FORTIFICACIÓN (mg/kg EN BASE LIPÍDICA) DE GRASA DE LECHE Y SUERO SANGUÍNEO DE BOVINO

Plaguicida	Grasa de leche			Suero sanguíneo		
	Nivel de fortificación (mg/kg)	$\bar{X} \pm DE$	Límite de detección (mg/kg)	Nivel de fortificación (mg/kg)	$\bar{X} \pm DE$	Límite de detección (mg/kg)
pp'DDE	0.02	96.1 \pm 5.8	0.01	0.02	91.6 \pm 7.3	0.01
op'DDT	0.03	96.2 \pm 5.1	0.01	0.03	89.9 \pm 8.5	0.01
pp'DDD	0.04	94.9 \pm 5.4	0.01	0.04	88.6 \pm 8.9	0.01
pp'DDT	0.03	94.9 \pm 5.6	0.01	0.03	91.1 \pm 7.7	0.01

y pp'DDD a una muestra de grasa de leche o de suero de sangre de vaca con un nivel mínimo de contaminación que osciló al límite de detectabilidad. Los valores obtenidos del estudio, se presentan en la **tabla I**.

Determinación de los lípidos totales en el suero. La determinación se realizó de acuerdo con el método espectrofotométrico con sulfofosfovainillina de Wiener Lab. Los lípidos séricos incluyendo el colesterol, formaron con el ácido sulfúrico un ion de carbono que reaccionó con el de la fosfovainillina produciendo un complejo de color rosa cuya intensidad se midió colorimétricamente.

Análisis estadístico. Los cálculos de los niveles promedio para cada plaguicida analizado con su desviación estándar, así como el apareado de los resultados entre los grupos de muestras y su coeficiente de correlación, se hicieron por medio del programa estadístico Minitab versión 12.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la **tabla II** se presentan frecuencias, valores promedios con sus desviaciones estándar e intervalos de niveles de los DDT determinados en tejido adiposo de las participantes. Durante el estudio se notó 100 % de frecuencia del metabolito pp'DDE con promedio de 3.76 mg/kg y del insecticida pp'DDT con promedio de 0.97 mg/kg. La presencia del metabolito pp'DDD con frecuencia de 10 % y promedio de 0.02 mg/kg, se observó sólo por corto tiempo, después de una exposición reciente al insecticida pp'DDT. La frecuencia de 92 % del isómero op'DDT y su promedio de 0.05 mg/kg se debe a que constituye la impureza del insecticida pp'DDT.

Para comparar el nivel de contaminación por DDT y sus metabolitos en la población estudiada de Veracruz, se presentan en la **tabla III** los niveles de contaminación del tejido adiposo humano determinados en diferentes países. Los valores obtenidos durante este estudio no exceden a los publicados en otros países, donde el DDT se aplica en el combate sanitario de la malaria. En com-

paración con los países industrializados, donde el uso del DDT fue prohibido desde principio de la década de los 70, los niveles en el tejido adiposo humano revelan valores 5 a 10 veces menores.

TABLA II. NIVELES (mg/kg EN BASE LIPÍDICA) DE LOS DDT EN TEJIDO ADIPOSO DE MADRES PARTICIPANTES

Plaguicida	Frecuencia %	$\bar{X} \pm DE$	Intervalos
pp'DDE	100	3.76 \pm 3.12	0.16 - 16.04
pp'DDD	10	0.02 \pm 0.05	n.d. - 0.18
op'DDT	92	0.05 \pm 0.06	n.d. - 0.19
pp'DDT	100	0.97 \pm 1.53	0.01 - 9.03
Σ -DDT		4.79 \pm 5.01	0.20 - 24.98

n.d., no detectado

El tejido adiposo en caso de su disponibilidad, se ha seleccionado como la muestra idónea para el estudio de acumulación de los plaguicidas organoclorados persistentes. Esto se debe a su alto contenido de grasa neutra (triglicéridos), donde se acumulan los compuestos lipofílicos persistentes y sus metabolitos. El tejido adiposo, siendo un excelente biomarcador de la contaminación ambiental, permite determinar la exposición pasada sin conocer sus fuentes y los hábitos alimenticios. También indica las rutas ambientales de la exposición y su entrada al organismo, condicionando su permanencia en los tejidos por un tiempo prolongado.

En la **tabla IV** se presentan los resultados de las determinaciones cromatográficas de los DDT en suero materno, así como la frecuencia de la determinación, la desviación estándar de los promedios y los intervalos. La mayor frecuencia de 99 % y concentración de 10.5 ng/ml correspondió al metabolito pp'DDE, que revela propiedades de persistencia y lipofilidad mayores comparados con el insecticida pp'DDT. El pp'DDT mostró su presencia en 87 % de las muestras analizadas con un valor promedio de 1.2 ng/ml. El isómero op'DDT y el metabolito pp'DDD indicaron frecuencias menores

TABLA III. COMPARACIÓN DE NIVELES (mg/kg EN BASE LIPÍDICA) DE DDT EN TEJIDO ADIPOSEO HUMANO EN DIFERENTES PAÍSES

PAÍS	AÑO	pp'DDE	op'DDT	pp'DDT	Σ-DDT	REFERENCIA
Alemania	1990	0.44	0.01	0.09	0.56	Teufel <i>et al.</i> 1990
EUA	1991	0.68	0.01	0.29	0.99	Adeshina y Todd 1991
India	1992	0.71	0.20	0.88	3.03	Nair y Pilai 1992
Kenia	1992	3.26	0.15	2.49	5.91	Kanja <i>et al.</i>
España	1993	6.00	-	1.18	7.18	Gómez <i>et al.</i> 1993
Polonia	1994	5.75	-	0.57	6.89	Ludwicki y Góralczyk 1994
España	1995	3.93	-	0.40	4.53	Gómez <i>et al.</i> 1995
Iran	1995	2.45	-	0.19	2.92	Burgaz <i>et al.</i> 1995
Italia	1995	0.40	0.02	0.06	0.48	Gallelli y Mongini 1995
México	1998-1999	3.76	0.05	0.97	4.79	Este estudio

de 45 y 6 % y concentraciones de 0.6 y 0.2 ng/ml, respectivamente.

TABLA IV. NIVELES DE DDT (ng/ml) EN SUERO SANGUÍNEO MATERNO DE MADRES RESIDENTES EN VERACRUZ

Plaguicida	Frecuencia %	$\bar{X} \pm DE$	Intervalos
pp'DDE	99	10.5 ± 21.0	n.d. - 190.4
pp'DDD	6	0.2 ± 0.1	n.d. - 0.9
op'DDT	45	0.6 ± 2.0	n.d. - 2.3
pp'DDT	87	1.2 ± 3.1	n.d. - 20.9
Σ-DDT		12.4 ± 25.0	0.3 - 212.3

n.d., no detectado

En la **tabla V** se muestran los niveles de los DDT determinados en suero sanguíneo, expresados en base de volumen, en personas que habitan en países tropicales, donde el DDT es utilizado en el combate del paludismo, propiciando las condiciones de exposición comparables a las de Veracruz. En general, los niveles obtenidos en este estudio no difieren de los de Brasil, Nicaragua, Kenia e India. Mientras que la mayor contaminación de la población de Kwazulu se debe a que el

estudio se limitó exclusivamente a la población expuesta en mayor grado a los vapores del DDT rociado para el combate de la malaria en esta entidad (Bouwman *et al.* 1991).

La **tabla VI** y la **figura 1** presentan una comparación de los valores promedio de los DDT determinados en tejido adiposo y en suero sanguíneo materno, expresados ambos en base lipídica, siendo mayor en el tejido adiposo. El análisis estadístico de valores de los DDT apareados entre el tejido adiposo y el suero sanguíneo, expresados en base lipídica, presenta una diferencia estadística no significativa entre el DDT y sus metabolitos determinados en tejido adiposo y suero sanguíneo y significativa para el op'DDT y el pp'DDD. El análisis del coeficiente de correlación (*r*) de Pearson entre ambos grupos de muestras revela una relación estrecha entre pp'DDE, DDT total y pp'DDT y una relación débil entre el pp'DDD y el op'DDT. Los resultados de apareado entre el tejido adiposo y el suero sanguíneo, indican que la muestra de suero sanguíneo refleja con gran precisión el nivel de contaminación del ser humano, ya que es uniforme y fácil de obtener para los estudios epidemiológicos de contaminación humana por plaguicidas organoclorados persistentes.

Los plaguicidas organoclorados y sus metabolitos, para su transporte en el torrente sanguíneo se enlazan a las

TABLA V. NIVELES DE DDT (ng/ml) EN MUESTRAS DE SUERO DESCRITOS PARA DIFERENTES PAÍSES

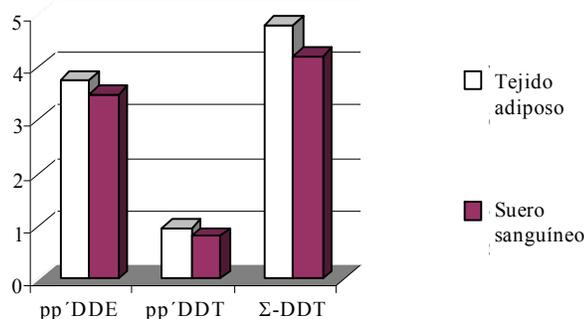
Plaguicida	Honduras ^a 1989	Kwazulu ^b 1991	Pakistán ^c 1989	Kenia ^d 1992	Nicaragua ^e 1993	Brasil ^f 1996	India ^g 1996	Este estudio 1997 - 1999
pp'DDE	42.5	103.4	8.6	6.6	-	14.3	16.1	10.5
pp'DDD	-	0.2	-	0.8	-	-	-	0.2
op'DDT	-	-	-	-	-	-	4.7	0.6
pp'DDT	2.7	37.3	0.6	4.7	-	1.5	-	1.2
Σ-DDT	-	140.9	-	12.4	12.5	16.1	20.8	12.4

^aSteinberg *et al.* 1989, ^bBouwman *et al.* 1991, ^cKrawinkel *et al.* 1989, ^dKanja *et al.* 1992, ^eRugama *et al.* 1993, ^fMinelli *et al.* 1996, ^gDua *et al.* 1996

TABLA VI. COMPARACIÓN DE LOS DDT (mg/kg EN BASE LIPÍDICA) CON EL TEJIDO ADIPOSO Y CON EL SUERO SANGUÍNEO DE MADRES HABITANTES DE VERACRUZ

Plaguicida	Tejido adiposo	Suero sanguíneo materno	Coefficiente de correlación (<i>r</i>)
pp'DDE	3.76	3.49	0.90
pp'DDD	0.02	0.01	0.42
op'DDT	0.05	0.04	0.41
pp'DDT	0.97	0.82	0.78
Σ-DDT	4.79	4.21	0.91

estructuras químicas lipofílicas más complejas, como son proteínas, lipoproteínas, fosfolípidos, albúminas y quilomicrones formando un complejo miscible en agua. En esta forma los plaguicidas organoclorados, se distribuyen en el organismo a través del torrente circulatorio alcanzando los sitios almacenadores, donde se depositan debido al proceso de partición entre los componentes transportadores del suero y los lípidos de la membrana celular. Del tejido adiposo, los plaguicidas organoclorados se liberan al suero sanguíneo de acuerdo con el coeficiente de partición (Haddad *et al.* 2000), siendo distribuidos uniformemente por todo el organismo. Por ello, el suero sanguíneo es el medio más accesible para los estudios epidemiológicos, ya que permite determinar el nivel de depósito del DDT en el organismo y su grado de contaminación de acuerdo con el coeficiente de partición entre el tejido adiposo y el suero sanguíneo (Waliszewski *et al.* 2000).

**Fig. 1.** Comparación de la concentración de los DDT (mg/kg en base lipídica) en tejido adiposo materno y suero sanguíneo materno de las habitantes de Veracruz

En la **tabla VII** se presentan los resultados de las determinaciones de los DDT en la leche materna madura, tomada en el día 30 *post partum*. La mayor frecuencia del 100 % y el nivel promedio más alto de 3.23 mg/kg en base lipídica en las muestras analizadas, corresponden al metabolito pp'DDE, debido a su gran persistencia y lipofílicidad. La presencia del in-

secticida pp'DDT se notó en 96 % de las muestras analizadas con un nivel promedio de 0.51 mg/kg en base lipídica. El isómero op'DDT y el metabolito pp'DDD revelaron menores frecuencias de 46 y 2 %, así como valores menores de 0.01 mg/kg en base lipídica, respectivamente.

TABLA VII. NIVELES DE DDT (mg/kg EN BASE LIPÍDICA) EN LECHE MATERNA MADURA DE MADRES RESIDENTES EN VERACRUZ

Plaguicida	Frecuencia %	$\bar{X} \pm DE$	Intervalos
pp'DDE	100	3.23 \pm 3.67	0.10 - 34.28
pp'DDD	2	0.01 \pm 0.01	n.d. - 0.05
op'DDT	46	0.01 \pm 0.03	n.d. - 0.19
pp'DDT	96	0.51 \pm 0.82	n.d. - 4.26
Σ-DDT		3.72 \pm 4.39	0.24 - 38.70

n.d., no detectado

El principal factor de contaminación humana por DDT en Veracruz, es la cercanía a la zona donde éste se aplica con mayor frecuencia porque es la fuente de sus vapores. La parte suburbana de Veracruz, se caracteriza por ser pantanosa e insalubre, por ello la Secretaría de Salud fumiga esta área para combatir los vectores transmisores del paludismo. Debido a esta circunstancia, se realizó un análisis estadístico de los resultados de leche materna madura, dividiéndolos en dos grupos: zona Veracruz y zona suburbana, cuyos valores promedio, desviaciones estándar y medianas se presentan en la **tabla VIII** y en la **figura 2**.

TABLA VIII. NIVELES DE DDT (mg/kg EN BASE LIPÍDICA) EN LECHE MATERNA MADURA DE ACUERDO AL LUGAR HABITACIONAL DE LAS PARTICIPANTES

Plaguicida	Veracruz		Suburbana	
	$\bar{X} \pm DE$	Mediana	$\bar{X} \pm DE$	Mediana
pp'DDE	2.10 \pm 2.40	1.71	4.09 \pm 5.28	3.07
op'DDT	0.01 \pm 0.01	0.00	0.02 \pm 0.03	0.00
pp'DDD	n.d.	n.d.	0.01 \pm 0.01	0.00
pp'DDT	0.39 \pm 0.71	0.12	0.76 \pm 0.89	0.32
Σ-DDT	2.49 \pm 3.10	2.16	4.84 \pm 5.18	3.86

n.d., no detectado

Los mayores valores de contaminación por los DDTs de leche materna madura, expresados como promedio y mediana corresponden a la zona suburbana. El pp'DDE reveló un nivel promedio de 4.09 mg/kg en la zona subur-

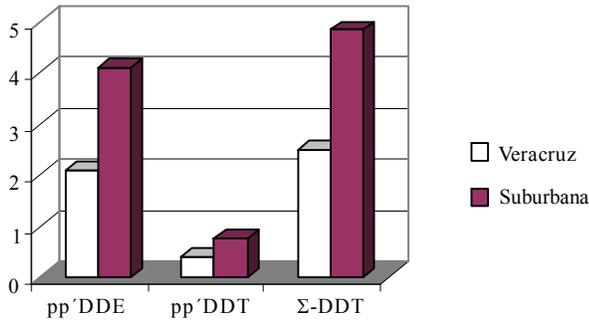


Fig. 2. Comparación de los niveles de DDT (mg/kg en base lipídica) en leche materna madura entre las habitantes de Veracruz y zona suburbana

Suburbana y 2.10 mg/kg en Veracruz, mientras que se determinó el valor promedio de 0.76 mg/kg del pp'DDT en la zona suburbana y 0.39 mg/kg en Veracruz y 4.84 mg/kg del DDT total en la zona suburbana y 2.49 mg/kg en Veracruz. La misma tendencia se observa al analizar los valores de la mediana, indicando que la leche materna madura de madres que habitan en la zona suburbana es la de mayor contaminación, debido a una exposición elevada de las habitantes a los vapores del DDT rociado en su entorno.

Para valorar la tendencia de los niveles de DDT en leche materna madura, los datos de las participantes se agruparon con relación a la edad en: menores de 21 años, entre 21 y 30 años, entre 31 y 40 años y más de 40 años, que se presenta en la **tabla IX** y en la **figura 3**.

TABLA IX. NIVELES DE DDTs (mg/kg EN BASE LIPÍDICA) EN LECHE MATERNA MADURA DE ACUERDO A LA EDAD DE MADRES PARTICIPANTES

Plaguicida	menores de 21	21-30	31-40	más de 40
pp'DDE	2.01	3.07	4.27	4.22
op'DDT	0.04	0.01	0.01	n.d.
pp'DDD	n.d.	0.01	0.01	n.d.
pp'DDT	0.92	0.53	0.61	0.38
Σ-DDT	2.97	3.60	4.29	4.60

n.d., no detectado

Los valores más significativos los presentan pp'DDE, pp'DDT y DDT total. La tendencia de los niveles del pp'DDE en la leche materna madura muestra un ascenso con la edad de 2.01 mg/kg en el grupo de madres jóvenes menores de 20 años y hasta 4.22 mg/kg en el grupo de madres con edad superior a los 40 años. Esta relación concuerda con las observaciones de Czaja *et al.* (1997), Schade y Heinzow (1998), Rhainds *et al.* (1999) y Waliszewski *et al.* (2000), que indican la acu-

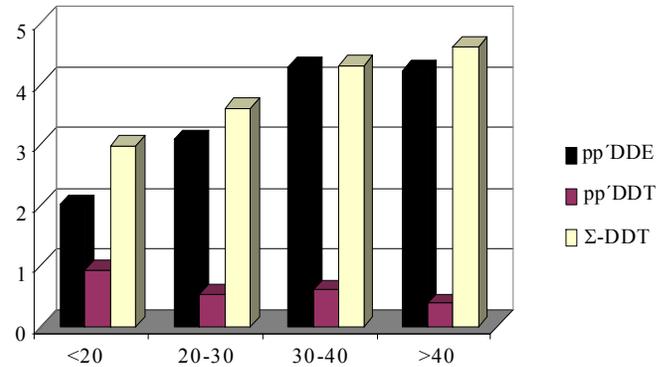


Fig. 3. Comparación de los niveles de DDT (mg/kg en base lipídica) en leche materna madura de acuerdo con la edad de las participantes

mulación de los plaguicidas organoclorados persistentes con la edad, justificada por la exposición más prolongada a estos compuestos persistentes y su larga permanencia en el organismo humano. La tendencia descendente de los niveles del pp'DDT con la edad de 0.92 mg/kg en el grupo de madres jóvenes, hasta 0.38 mg/kg del grupo de madres mayores de 40 años, se supone como coincidencia de una mayor exposición de las participantes al DDT ó su procedencia de la zona suburbana, la cual está contaminada en mayor grado. Los valores del DDT total que fueron influenciados principalmente por los del pp'DDE indican una tendencia ascendente con la edad, generalizando así el fenómeno de acumulación del DDT con la edad. La agrupación de los resultados del DDT en la leche materna madura de acuerdo con la paridad: un parto, dos partos y tres partos, se presenta en la **tabla X** y en la **figura 4**. Los valores del DDT indican una tendencia decreciente con la paridad que concuerda con las observaciones previas de Schade y Heinzow (1998) y Laden *et al.* (1999), comprobando la lactancia como una vía de descontaminación de las madres lactantes. Los valores del pp'DDE descendieron de 3.41 mg/kg en el grupo de primíparas a 3.12 mg/kg en el grupo de bíparas y a 3.18 mg/kg en la leche materna madura de tríparas. La misma tendencia se observa para el insecticida pp'DDT,

TABLA X. NIVELES DE DDT (mg/kg EN BASE LIPÍDICA) EN LECHE MATERNA MADURA DE ACUERDO AL NÚMERO DE PARTOS

Plaguicida	Uno	Dos	Tres
pp'DDE	3.41	3.12	3.18
op'DDT	0.03	0.01	0.01
pp'DDD	0.01	0.01	n.d.
pp'DDT	0.66	0.59	0.22
Σ-DDT	4.10	3.69	3.41

n.d., no detectado

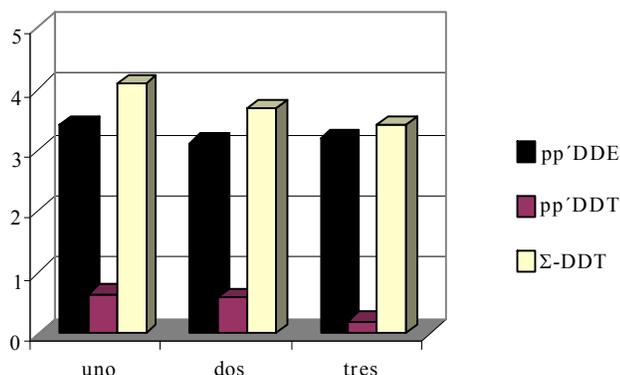


Fig. 4. Comparación de los niveles de DDT (mg/kg en base lipídica) en leche materna madura de acuerdo al número de partos de las participantes

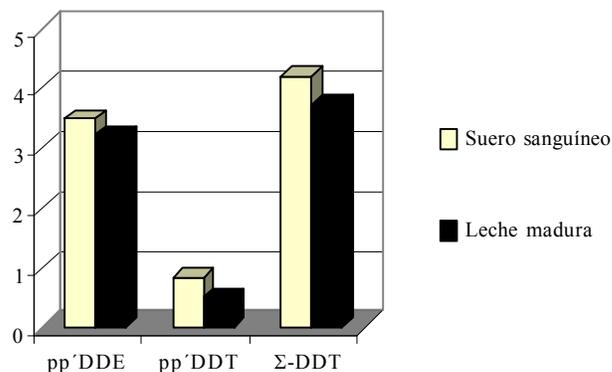


Fig. 5. Comparación de los niveles de DDT (mg/kg en base lipídica) entre suero sanguíneo materno y leche materna madura de las residentes en Veracruz

cuyos valores disminuyeron desde 0.66 mg/kg en el grupo de primíparas hasta 0.22 mg/kg en el grupo de tríparas. Esta tendencia descendente se puede observar también analizando los valores del op'DDT y del pp'DDD.

La transferencia de los plaguicidas organoclorados y sus metabolitos a la leche materna depende de su concentración en el suero sanguíneo materno y de sus propiedades lipofílicas (Noren 1983). Estos compuestos atraviesan las membranas de la barrera entre la sangre y las células de las glándulas mamarias, fluidificando la bicapa lipídica y debilitando las fuerzas hidrofóbicas y electrostáticas que establecen un equilibrio entre las concentraciones existentes en ambos lados de la membrana celular. De tal manera que la acumulación en el interior de la célula, se compara con la distribución en una interfase de aceite-agua (Batten y Hutson 1995).

En la **tabla XI** y en la **figura 5** se comparan los niveles de plaguicidas organoclorados con el suero sanguíneo y la leche materna madura. Aunque los valores promedio indican mayor concentración de todos los DDT en el suero sanguíneo, la diferencia no es estadísticamente significativa ($p > 0.05$). Se calculó el cociente de éstos entre el suero sanguíneo materno y la leche materna madura encontrando valores porcentuales de 92 % del pp'DDE, 61 % del pp'DDT y 88 % de la Σ-DDT. Este porcentaje de concentración del DDT en la

leche materna madura, se relaciona con el hecho de que tres cuartas partes de las grasas de la leche humana son de producción endógena (Jensen 1996, Dorea *et al.* 1997).

CONCLUSIONES

El DDT y sus metabolitos se acumulan principalmente en el tejido adiposo debido a su gran contenido de grasas neutras. Entre el tejido adiposo y el suero sanguíneo se forma un equilibrio, compartiendo entre ambos las grasas almacenadas con los contaminantes. Por ello, es importante incluir lo encontrado en las voluntarias, el suero sanguíneo y la leche materna madura pueden ser consideradas como las muestras adecuadas para medir el nivel de contaminación humana en los estudios epidemiológicos. El organismo humano utiliza para la producción de leche, las grasas endógenas con los compuestos lipofílicos persistentes almacenados, como el DDT, constituyendo la lactancia una vía de descontaminación materna.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó gracias al apoyo del CONACyT, Proyecto 4238P-M y SEP/FOMES 2000-31-05.

REFERENCIAS

- Adeshina F. y Todd E. (1991). Exposure assessment of chlorinated pesticides in the environment. *J. Environ. Sci. Health A* 26, 139-153.
- Aguirre A.A., Waliszewski S.M. e Infanzón Ruiz R.M. (1999). Ventajas y desventajas del uso del DDT en el combate del paludismo. *La Ciencia y el Hombre* 32, 17-29.

TABLA XI. COMPARACIÓN DE LOS DDT (mg/kg EN BASE LIPÍDICA) ENTRE SUERO SANGUÍNEO Y LECHE MATERNA MADURA DE MADRES HABITANTES DE VERACRUZ

Plaguicida	Suero sanguíneo	Leche materna madura
pp'DDE	3.49	3.23
pp'DDD	0.01	0.01
op'DDT	0.04	0.01
pp'DDT	0.82	0.50
Σ-DDT	4.21	3.72

- Batten P.L. y Hutson D.H. (1995). *The mammalian metabolism of agrochemicals*. Wiley, Nueva York, pp. 278-280.
- Bouwman H., Cooppan R.M., Becker P.J. y Ngxongo S. (1991). Malaria control and levels of DDT in serum of two populations in Kwazulu. *J. Toxicol. Environ. Health* **33**, 141-155.
- Bro-Rasmussen F. (1996). Contamination by persistent chemicals of food chain and human health. *Sci. Total Environ.* **188**, 45-60.
- Burgaz S., Afkham B.L. y Karakaya A.E. (1995). Organochlorine pesticide contaminants in human adipose tissue collected in Tebriz (Iran). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* **54**, 546-553.
- Creamer L.K. y MacGibbon A.K.H. (1996). Some recent advances in the basic chemistry of milk proteins and lipids. *Int. Dairy J.* **6**, 539-566.
- Czaja K., Ludwicki J.K., Góralczyk K. y Strucinski P. (1997). Effect of age and number of deliveries on mean concentration of organochlorine compounds in human breast milk in Poland. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* **59**, 407-413.
- Dorea J.G., Granja A.C. y Romero M. L. (1997). Pregnancy-related changes in fat mass and total DDT in breast milk and maternal adipose tissue. *Ann. Nutr. Metab.* **41**, 250-254.
- Dua V.K., Pant C.S., Sharma V.P. y Pathak G.K. (1996). Determination of HCH and DDT in finger-prick whole blood dried on filter paper and its field application for monitoring concentrations in blood. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* **56**, 50-57.
- Gallelli G. y Mangini S. (1995). Organochlorine residues in human adipose and hepatic tissue from autopsy sources in northern Italy. *J. Toxicol. Environ. Health* **46**, 293-300.
- Gladen B.C., Rogan W.J., Hardy P., Thullen J., Tingelstad J. y Tully M. (1988). Development after exposure to polychlorinated biphenyls and dichlorodiphenyl dichloroethane transplacentally and through human milk. *J. Pediatr.* **113**, 991-995.
- Gómez-Catalán J., Planas J., To-Figueras J., Camps M. y Corbella J. (1993). Organochlorine pesticide residues in the population of Catalonia (Spain). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* **51**, 160-164.
- Gómez-Catalán J., Lezaun M., To-Figueras J. y Corbella J. (1995). Organochlorine residues in the adipose tissue of the population of Navarra (Spain). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* **54**, 534-540.
- Haddad S., Poulin P. y Krishnan K. (2000). Relative lipid content as the sole mechanistic determinant of the adipose tissue: blood partition coefficients of highly lipophilic organic chemicals. *Chemosphere* **40**, 839-843.
- Henriksen E.O., Gabrielsen G.W. y Skaare J.U. (1998). Validation of the use of blood samples to assess tissue concentrations of organochlorine in Glaucous Gulls, *Larus hyperboreus*. *Chemosphere* **37**, 2627-2643.
- Hoogenboom L.A.P. y Kuiper H.A. (1997). The use of *in vitro* models for assessing the presence and safety of residues of xenobiotics in food. *Trends in Food Sci. Technol.* **8**, 157-166.
- Jensen A.A. (1996). The lipids in human milk. *Prog. Lipid Res.* **35**, 53-92.
- Kanja L.W., Skaare J.U., Ojwang S.B.O. y Maitai C.K. (1992). A comparison of organochlorine pesticide residues in maternal adipose tissue, maternal blood, cord blood, and human milk from mother/infant pairs. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* **22**, 21-24.
- Krawinkel M.B., Plehn G., Kruse H. y Kasi A.M. (1989). Organochlorine residues in Baluchistan/Pakistan: blood and fat concentrations in humans. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* **43**, 821-826.
- Laden F., Neas L.M., Spiegelman D., Hankinson S.E., Wlett W.C., Ireland K., Wolff M.S. y Hunter D.J. (1999). Predictors of plasma concentrations of DDE and PCBs in a group of U.S. women. *Environ. Health Perspect.* **107**, 75-81.
- Ludwicki J.K. y Góralczyk K. (1994). Organochlorine pesticides and PCBs in human adipose tissue in Poland. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* **52**, 400-403.
- Minelli E.V. y Ribeiro M.L. (1996). DDT and HCH residues in the blood serum of malaria control sprayers. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* **57**, 691-696.
- Nair A. y Pillai M.K.K. (1992). Trends in ambient levels of DDT and HCH residues in human and the environment of Delhi, India. *Sci. Total Environ.* **121**, 145-157.
- Nerín C., Polo T., Domeño C. y Echarri I. (1996). Determination of some organochlorine compounds in the atmosphere. *Intern. J. Environ. Anal. Chem.* **65**, 83-94.
- Noren K. (1983). Some aspects of the determination of organochlorine contaminants in human milk. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* **12**, 277-283.
- Patton S., Gendler S.J. y Spicer A.P. (1995). The epithelial mucin, MUC1, of milk, mammary gland and other tissues. *Biochem. Biophys. Acta* **1241**, 407-424.
- Rhainds M., Levallois P., Dewailly E. y Ayotte P. (1999). Lead, mercury, and organochlorine compound levels in cord blood in Quebec, Canada. *Arch. Environ. Health* **54**, 40-47.
- Rogan W.J., Gladen B.C., McKinney J.D., Carreras N., Hardy P., Thullen J., Tingelstad J. y Tully M. (1986). Polychlorinated biphenyls (PCBs) and dichlorodiphenyl dichloroethene (DDE) in human milk: effects of maternal factors and previous lactation. *AJPH* **76**, 172-177.
- Rüdel H. (1997). Volatilisation of pesticides from soil and plant surfaces. *Chemosphere* **35**, 143-152.
- Ruel M.T., Dewey K.G., Martinez C., Flores R. y Brown K.H. (1997). Validation of single daytime samples of human milk to estimate the 24-h concentration of lipids in urban Guatemalan mothers. *Am. J. Clin. Nutr.* **65**, 439-444.
- Rugama R., Caleros S., Fomsgaard Y., Lacayo M.L., Martínez V. y Pitty J. (1993). Levels of organochlorine residues in blood plasma from three populations in Nicaragua. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* **51**, 153-159.
- Schade G. y Heinzow B. (1998). Organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in human milk of mothers living in northern Germany: current extent of contamination, time

- trend from 1986 to 1997 and factors that influence the levels of contamination. *Sci. Total Environ.* *215*, 31-39.
- Stafford J., Villalpando S. y Urquieta Aguila B. (1994). Circadian variation and changes after a meal in volume and lipid production of human milk from rural mexican women. *Ann. Nutr. Metab.* *38*, 232-237.
- Steinberg K.K., Garza A., Bueso J.A., Burse V.W. y Phillips D.L. (1989). Serum pesticide concentrations in farming cooperatives in Honduras. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* *42*, 643-650.
- Teufel S., Niessen K.H., Sartoris J., Brands W., Lochbühler H., Waag K., Schweizer P. y Oelsnitz G. (1990). Chlorinated hydrocarbons in fat tissue: analyses of residues in healthy children, tumor patients and malformed children. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* *19*, 646-652.
- Tomerlin J.R., Berry M.R., Tran N.L., Chew S.B., Petersen B.J., Tucker K.D. y Fleming K.H. (1997). Development of dietary exposure potential model for evaluating dietary exposure to chemical residues in food. *J. Exposure Anal. Environ. Epidemiol.* *7*, 81-101.
- US Department of Health and Human Services (1993). Toxicological Profile for 4,4'-DDT, 4,4'-DDE, 4,4'-DDD (Update) En: *Toxicokinetics. Metabolism*. Agency for Toxic Substances, pp. 45-48, 119.
- USEPA (1982). Environmental Chemistry Section. Environmental Monitoring and Support Laboratory. Method 608, pp. 73-83.
- Vrecl M., Jan J., Pogacnik A. y Bavdek V. (1996). Transfer of planar and non-planar chlorobiphenyls, 4,4'-DDE and hexachlorobenzene from blood to milk and to suckling infants. *Chemosphere* *33*, 2341-2346.
- Waliszewski S.M. y Szymczynski G.A. (1982). Simple, low-cost method for determination of selected chlorinated pesticides in fat samples. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* *65*, 677-679.
- Waliszewski S.M. y Szymczynski G.A. (1983). Determination of selected chlorinated pesticides, bound and free in human semen. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* *12*, 577-580.
- Waliszewski S.M. y Szymczynski G.A. (1990). Determination of phthalate esters in human semen. *Andrologia* *22*, 69-73.
- Waliszewski S.M. y Szymczynski G.A. (1991). Persistent organochlorine pesticides in blood serum and whole blood. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* *46*, 803-809.
- Waliszewski S.M., Pardío Sedas V.T., Chantiri Pérez J.N., Aguirre Gutiérrez A.A., Infanzón Ruiz R.M. y Rivera J. (1997). Contaminación de leche materna por plaguicidas organoclorados. *La Ciencia y el Hombre* *25*, 23-35.
- Waliszewski S.M., Aguirre A.A., Infanzón R.M., Rivera J. e Infanzón R. (1998). Levels of organochlorine pesticide residues in human milk from mothers living in Veracruz, Mexico. *Fresenius Environ. Bull.* *7*, 709-716.
- Waliszewski S.M., Aguirre A.A., Infanzón R.M., López-Carrillo L. y Torres-Sánchez L. (2000). Comparison of organochlorine pesticide levels in adipose tissue and blood serum from mothers living in Veracruz, Mexico. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* *64*, 8-15.
- Waliszewski S.M., Aguirre-Gutiérrez A.A. e Infanzón-Ruiz R.M. (2000). Tendencia de 1988 a 1998 de los niveles de plaguicidas organoclorados persistentes en tejido adiposo humano en Veracruz, México. *Rev. Int. Contam. Ambient.* *16*, 13-18.
- Waymann B. y Rüdell H. (1995). Influence of air velocity, application dose, and test area size on the volatilisation of lindane. *Intern. J. Environ. Anal. Chem.* *58*, 371-378.