

NIVELES DE PESTICIDAS ORGANOCORADOS EN LECHE HUMANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Guadalupe Prado¹, Gilberto Díaz¹, Mario Noa², Ignacio Méndez³, Ignacia Cisneros¹, Fabiola Castorena¹, y Manuel Pinto.⁴

¹ Laboratorio de Análisis Instrumental, Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Coyoacán 04960, México, D.F. Email: gprado@cueyatl.uam.mx.

² Departamento de Farmacología y Toxicología, Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA). Apdo. 10, San José de las Lajas, La Habana, Cuba.

³ IIMAS, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria, México, D. F. México.

⁴ Facultad de Ciencias Agrarias, Instituto de Ciencia y Tecnología de los alimentos, Casilla 47, Valdivia, Chile. Email: mpinto@uach.cl

SUMMARY

Levels of organochlorine pesticides in human breast milk from Mexico City.

Key words: Organochlorine pesticides, human milk, Mexico City.

The organochlorine pesticides content was analyzed in thirty seven human milk samples derived from mothers from the urban zone of Mexico city (hospital 1) and in twenty six samples from another health center (hospital 2) located in a suburban zone of the same city, between 1997 and 1999. The analyses were carried out by gas-liquid chromatography using a capillary column and electron capture detector. The results from hospital 1 showed the following percentages of occurrence and concentrations expressed as mg/g fat base: b-Hexachlorocyclohexane, b-HCH: (37.8%, 0.70); dieldrin (62.2%, 1.74); aldrin (54%, 0.30); heptachlor (48.6%, 0.40); p-p' DDT (37.8%, 1.11); p-p' DDE (32.4%, 1.06). The findings from hospital 2 from suburban zone showed b-HCH (65%, 0.53); aldrin (76.9%, 0.06); heptachlor (38.4%, 0.13); p-p' DDT (26.9%, 0.18); p-p' DDE (96.1%, 0.65). Hospital 1 showed critical levels of aldrin + dieldrin, heptachlor and DDT + metabolites: 13.6; 6.9 y 2.0 times the LMR value, respectively. In hospital 2 (suburban zone) the relationship was 0.4; 1.7 y 0.7.

RESUMEN

Palabras Claves: Pesticidas Organoclorados, leche humana, ciudad de México.

Se analizó el contenido de plaguicidas organoclorados en treinta y siete muestras de leche humana de madres provenientes de una zona urbana (hospital 1) de la Ciudad de México y veintiséis muestras de otro centro hospitalario (hospital 2) ubicado en una zona suburbana de la misma ciudad, entre los años 1997 y 1999. Los análisis se realizaron por cromatografía de gas-líquido, utilizando columna capilar y detector de captura de electrones. Los resultados encontrados en el hospital 1, presentaron los siguientes porcentajes de ocurrencia y concentración, expresados en mg/g base grasa: b-Hexaclorociclohexano, b-HCH: (37,8%, 0,70); dieldrín (62,2%, 1,74); aldrín (54%, 0,30); heptacloro (48,6%, 0,40); p-p' DDT (37,8%, 1,11); p-p' DDE (32,4%, 1,06). En el hospital 2, zona suburbana, se encontró: b-HCH (65%, 0,53); aldrín (76,9%, 0,06); heptacloro (38,4%, 0,13); p-p' DDT (26,9%, 0,18); p-p' DDE (96,1%, 0,65). El hospital 1 (zona urbana) presentó niveles críticos de aldrín + dieldrín, heptacloro y DDT + metabolitos: 13,6; 6,9 y 2,0 veces el valor LMR respectivamente. En el hospital 2 (zona suburbana) la relación fue de 0,4; 1,7 y 0,7.

INTRODUCCION

Los plaguicidas son biocidas y, por lo tanto, sustancias tóxicas y peligrosas. Su toxicidad ha sido confirmada por diferentes estudios: inducen actividad enzimática, mediante radicales libres, afectan los procesos reproductivos, alteran el metabolismo lipídico, alteran la respuesta inmunológica, el transporte de vitaminas y de glucosa. Algunos son considerados mutagénicos, teratogénicos o carcinogénicos (Larsen, 1988; Heeschen y Blüthgen, 1991), no sólo en la especie humana, sino también en las comunidades bióticas con diferente nivel de sensibilidad.

Los productos agropecuarios tales como carne, leche y derivados, son de uso frecuente en la dieta del hombre y, por lo tanto, la aplicación de pesticidas órganoclorados (POs) ha sido prohibida o restringida en el entorno del ganado bovino en muchos países, por cuanto pueden producir contaminaciones por causales diversas, entre otras en el control de parásitos en el animal; en el control de insectos en los establos; al asperjar alimentos tales como pradera, ensilaje, heno, concentrados; contaminación ambiental (agua, aire, suelo) entre otras (Blüthgen et al, 1984; Luquet—et al, 1974; Pinto et al, 1987).

Los contaminantes órganoclorados lipofílicos persistentes se acumulan en el tejido adiposo del cuerpo humano y sus niveles reflejan la ingesta vía alimentos, bioacumulación y un medio ambiente contaminado. Tales compuestos son parcialmente eliminados por la leche y sus niveles están altamente correlacionados con su presencia en la grasa de la leche humana (Norén, 1988; Albert, 1996).

Los niveles de residuos de POs en la leche humana son un reflejo de la acumulación de éstos compuestos en el cuerpo de la mujer, los que son parcialmente eliminados vía leche (Norén, 1988; Prado et al, 2001).

No obstante las prohibiciones del uso de algunos pesticidas en México, tales como, endrín, dieldrín, aldrín, y las restricciones establecidas para el uso del lindano y hexaclorociclohexano (HCH), como también la autorización para el uso del DDT sólo en campañas oficiales (México, 1997), se han

encontrado estos POs en leche humana (Waliszewski et al, 1998, Torres et al, 1999).

El objetivo del presente estudio fue investigar el contenido de los plaguicidas órganoclorados (POs): hexaclorociclohexano ($\alpha+\beta$)-HCH, lindano (γ -HCH), aldrín, dieldrín, heptacloro y su epóxido, p,p'-DDT y sus metabolitos en leche de madres lactantes de áreas urbana y suburbanas de la Ciudad de México entre los años 1997 y 1999, y conocer posibles diferencias en las concentraciones de los compuestos POs mencionados, entre las áreas muestreadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestreo. Se tomó un total de 37 muestras de leche humana en el hospital 1 (zona urbana) y 26 muestras en el hospital 2 (zona suburbana), de la ciudad de México. Las muestras fueron colectadas desde el inicio del post-parto de madres voluntarias con edades entre 18 y más de 36 años, independientemente del número de partos. Las madres respondieron un cuestionario con la información correspondiente a peso, edad, número de hijos, hábitos alimenticios y ocupación de la madre, uso o no de plaguicidas. Todas las muestras se obtuvieron vía extracción manual, fueron almacenadas en tubos de polipropileno, tratados previamente con acetona y n-hexano y mantenidas a -20°C hasta el inicio de los análisis, en el laboratorio de cromatografía del Departamento de Producción Agrícola Animal, de la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, México D.F. Todo el material de vidrio después del lavado, fue tratado con acetona, metanol y n-hexano, para evitar contaminación de las muestras. El contenido de materia grasa en las muestras de leche materna, fue determinado por Espectroscopia Infrarrojo, a $5,73\ \mu\text{m}$ (equipo Milko Scan 133B. Foss Electric, Hilleroed. Denmark), según procedimiento recomendado por el manual de operaciones del fabricante.

Extracción de la materia grasa. Se siguió el método referido por Brunetto et al, (1996); las muestras de leche liofilizadas fueron extraídas en el sistema Soxhlet, utilizando un volumen de 100 mL de n-hexano y manteniendo un reflujo por 8 horas. La materia grasa fue separada en

evaporador rotatorio con vacío y se disolvió en n-hexano.

Purificación. La extracción y purificación de los POs se realizó según método de Stijve, recomendado por International Dairy Federation (FIL-IDF, 1991). En columna cromatográfica de 300 x 30 mm diámetro interno, empacada con florisil (Floridin Co. F9127. SIGMA Chemical Co. St. Louis. MO 63178 USA), 60-100 mallas, previamente calcinado a 550°C por ocho horas y desactivado parcialmente con 4% de agua, se fijó una muestra de 100 mg de grasa. La mezcla de plaguicidas fue extraída eluyendo con 72 ml de solución de hexano:diclorometano (4:1) a un flujo no mayor a 3 ml/ min. El eluato fue concentrado hasta casi sequedad en evaporador rotatorio con vacío y a 35 °C, redisolviendo el residuo en 2 ml de isooctano nanogrado, para su análisis posterior en un cromatógrafo gas-líquido.

Análisis cromatográfico. Se utilizó un cromatógrafo de gases Hewlett Packard modelo 5890 series II, con detector de captura de electrones (ECD ⁶³Ni) con integrador modelo 3396. Se incorporó una columna capilar SPB-5 de 30 m x 0.25 mm. D.I. x 0.25 µm de espesor de capa. Fase estacionaria fenilmetilsilicon al 5 %, volumen de muestra 1—µl, tiempo de Split 0.75 min. Condiciones de operación: temperatura inyector 260°C; temperatura

detector 320°C; gas de arrastre helio a 1 mL/min; gas auxiliar Nitrógeno a 30mL/min. Programa de temperatura: inicial de 90°C durante 2 min.; incremento de 30°C/min., hasta 180°C; incremento de 1°C/min, hasta 200°C; luego incremento de 10°C/min. hasta 300°C y mantenida a esta temperatura final por 3 min.

El análisis cuantitativo se realizó empleando el método de estándar externo, para lo cual se utilizó una mezcla estándar de organoclorados de Chem Service (CSM-8880 M. West Chester, PA 19381-0599.USA), de una concentración de 20ng/ml de cada componente, y los resultados se expresaron en µg/g de grasa anhidra. La confirmación de los compuestos POs analizados se realizó, cuando fue necesario, en un equipo GC-MS marca Finigan 5475 Mat CGQ con sistema de ionización electrónica que opera a 70 eV.

Las pruebas de recuperación fueron iguales o superiores al 80%, según lo recomendado por FIL-IDF, (1991). La linealidad en la calibración presentó coeficientes de correlación entre 0,9925 y 0,9992; en las pruebas de repetibilidad se obtuvo valores de desviación estándar entre 0,35-1,78. Los coeficientes de variación fluctuaron entre 1,65, 14,82 y los límites de detección se presentaron en el rango 0,010 y 0,038, (Quattrocchi et al, 1992).

Cuadro 1: Distribución por edad y número de lactancias de madres lactantes en dos hospitales de la Ciudad de México. (datos en %).

Table 1: Distribution of breast feeding mothers according to age and number of lactations in two hospitals from Mexico city (data in %).

	Hospital 1 (n=37)	Hospital 2 (n=26)
Edad madre (años)		
18-25	63.4	68.8
26-35	31.8	28.7
>36	4.7	2.4
Nº de lactancia		
1	65.2	53.8
2	20.7	26.1
3	14.0	20.0

Cuadro 2: Valores promedios, mínimos y máximos e incidencia de los residuos de pesticidas organoclorados en muestras de leche humana, de zona urbana (hospital 1) en Ciudad de México, n=37.

Table2: Average, minimum and maximal values and incidence of the organochlorine pesticides residues in human milk samples from urban zone (hospital 1) in Mexico city, n=37.

Pesticidas organoclorados	Concentración (µg/g) base grasa Promedio ± D.S.	Valores mínimo-máximo	Incidencia (%)
α-HCH	0.37 ± 0.33	0.017 – 1.330	54.0
β-HCH	0.70 ± 0.84	0.010 – 2.310	37.8
γ-HCH	0.30 ± 0.24	0.073 – 0.571	24.3
δ-HCH	0.21 ± 0.06	0.056 – 0.468	24.3
Heptacloro	0.40 ± 0.32	0.072 – 1.144	48.6
Heptacloro epóxido	0.64 ± 0.14	0.010 – 3.544	40.5
Aldrin	0.30 ± 0.36	0.060 – 1.140	54.0
Dieldrin	1.74 ± 1.05	0.115 – 10.08	62.2
Endrin	0.52 ± 0.43	0.048 – 1.233	18.9
p-p'-DDE	1.06 ± 1.16	0.041 – 9.430	32.4
p-p'-DDD	0.38 ± 0.40	0.084 – 1.290	21.6
p-p'-DDT	1.11 ± 2.38	0.150 – 6.840	37.8

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Materia grasa. El contenido de materia grasa en las 63 muestras de leche humana, analizadas por espectroscopía de infrarrojo, presentó un valor promedio de 2,43% y una desviación estándar de 1,08, con valores mínimos y máximos de 0,85% y 5,74%.

La edad y el número de lactancias de los grupos de madres lactantes estudiadas en dos hospitales de la ciudad de México, se presenta en el Cuadro 1. Se puede observar que el más alto porcentaje de madres lactantes presentó una edad entre 18 y 25 años, 63,4 % y 68,8 % del total para los hospitales 1 y 2 respectivamente; le siguió el grupo entre 26 y 35 años con porcentajes de 31,8% y 28,7% del total en los respectivos hospitales. También se observa que

la mayoría de los datos correspondió a primeras lactancias, en ambos hospitales.

En el Cuadro 2, se presentan los valores promedios, niveles mínimos y máximos y el porcentaje de muestras positivas de los residuos de POs encontradas en las muestras de leche humana, colectadas en el hospital 1 (n=37), en el área urbana de la ciudad de México. Se puede observar una gran variación en los valores encontrados debido, al parecer, a factores tales como: edad, número de lactancia, hábitos de alimentación, ocupación, origen urbano o rural, nivel económico (Albert et al, 1996; Czaja et al, 1997; Torres et al, 1999). Los POs encontrados con mayor frecuencia en las muestras analizadas fueron: dieldrín, aldrín y α-HCH, con incidencias relativas de 62,2%, 54,0 % y 54,0% respectivamente. Las concentraciones de

Cuadro 3 : Valores promedios, mínimos y máximos e incidencia de los residuos de pesticidas organoclorados en muestras de leche humana, de zona suburbana (hospital 2) en Ciudad de México, n=26.

Table 3: Average, minimum and maximal values and incidence of the organochlorine pesticides residues in human milk samples from suburban zone (hospital 2) in Mexico city, n=26.

Pesticida organoclorados	Concentracion ($\mu\text{g/g}$) base grasa Promedio \pm D. S.	Valores mínimo-máximo	Incidencia (%)
α -HCH	0.04 \pm 0.02	0.012 – 0.092	88.5
β -HCH	0.53 \pm 0.69	0.133 – 2.660	65.0
γ -HCH	0.26 \pm 0.02	0.011 – 0.042	7.7
δ -HCH	0.12 \pm 0.008	0.110 – 0.122	7.7
Heptacloro	0.13 \pm 0.32	0.014 – 0.300	38.4
Heptacloro epóxido	0.12 \pm 0.11	0.027 – 0.253	23.0
Aldrin	0.06 \pm 0.06	0.018 – 0.156	76.9
Dieldrín	N.D.*	N.D.	0
Endrin	0.42	0.424	3.85
p-p'-DDE	0.65 \pm 0.90	0.070 – 3.165	96.1
p-p'-DDD	N.D.	N.D.	0
p-p'-DDT	0.18 \pm 0.08	0.090 – 0.306	26.9

* N.D. No determinado.

residuos más altas encontradas, expresadas en $\mu\text{g/g}$ base grasa, fueron: β -HCH (0.70); dieldrín (1.74); DDE (1.06) y DDT (1.11). Estos niveles resultan altamente objetables si consideramos que los límites máximos de residuos en alimentos estipulados por la Organización Mundial de la Salud para dieldrín más aldrín y DDT más metabolitos son de 0,15 y 1,25 $\mu\text{g/g}$ base grasa, respectivamente (FAO/OMS, 1982). En relación con el isómero β -HCH, encontrado en las muestras de leche humana, Heeschen y Blüthgen, (1979) en Alemania, han indicado un valor de 0,10 $\mu\text{g/g}$ base grasa como valor LMR para la suma de (α + β)-HCH, lo que muestra la alta contaminación con este isómero.

El contenido de endrín (0,52 $\mu\text{g/g}$ base grasa) fue similar al informado por García-Bañuelos y Meza-Montenegro (1991) en Yaqui Valley

(0,523). Lo mismo ocurrió con el p-p' DDT encontrado en Veracruz (1,27) por Waliszewski et al, (1996) expresados en la misma unidad. Sin embargo el heptacloro presenta un valor promedio inferior (0,40) comparado en el valor informado por Alawi et al, (1992), en Sonora de 1,269 $\mu\text{g/g}$ base grasa.

En el Cuadro 3 se presentan los valores promedios mínimos y máximos, y el porcentaje de incidencia de los residuos de POs encontrados en muestras de leche, colectadas en el hospital 2 (n=26), en el área sub-urbana de la Ciudad de México. Se puede observar igualmente una variación en los valores encontrados, debido probablemente, a efectos similares a los mencionados para el hospital 1. Los POs encontrados con mayor frecuencia en este caso fueron: p-p' DDE (96,1%), α -HCH

Cuadro 4: Niveles críticos (/LMR) de pesticidas organoclorados en muestras de leche humana, en la Ciudad de México. Hospital 1 (zona urbana), hospital 2 (zona sub-urbana).

Table 4: Critical levels (/LMR) of organochlorine pesticides in human milk samples in Mexico city. Hospital 1 (urban zone), hospital 2 (suburban zone).

Plaguicida ($\mu\text{g/g}$ base grasa)	Valores promedios		Razón x /LMR		
	LMR ¹	Hospital 1	Hospital 2	Hospital 1	Hospital 2
(α + β)-HCH ²	0,10	1,07	0,57	10,7	5,7
Lindano	0,20	0,30	0,26	1,5	1,3
Aldrín+Dieldrín	0,15	2,04	0,06	13,6	0,4
Heptacloro+ heptacloro epóxido	0,15	1,04	0,25	6,9	1,7
DDT+Metabolitos	1,25	2,55	0,83	2,0	0,7

1 LMR = Límite máximo de residuos permisible (FAO/OMS, 1982)

2 Heesche y Blüthgen, 1979

(88,5%), aldrín (76,9%) y β -HCH (65%). Sin embargo, las concentraciones encontradas para los mismos residuos, fueron inferiores a los niveles encontrados en el hospital 1, incluso dieldrín y p,p'-DDD no fueron detectados.

El HCH técnico, contiene aproximadamente entre 60-70% de isómero α , 5,12% de isómero β y 10-15% de isómero γ -HCH (lindano), y es usado de preferencia en el tratamiento de semillas, control de insectos en suelo, desinfección de establos, etc (Luquet et al, 1974). Por razones de menor costo algunos agricultores usarían de preferencia, en estas labores, el lindano técnico, en reemplazo del lindano puro (γ -HCH).

Los niveles de β -HCH y α -HCH en el hospital 1, presentaron valores promedios de 0,70 y 0,37 $\mu\text{g/g}$ base grasa respectivamente y en el hospital 2 se redujeron a 0,53 y 0,04 $\mu\text{g/g}$. Por otra parte, se ha encontrado una mayor persistencia en el isómero β -HCH con respecto al α -HCH (Hernández 1993, Albert, 1996 y Waliszewski, 1996), no obstante estar presente en un menor porcentaje en el producto técnico.

El DDT se ha usado con frecuencia en México, en zonas dedicadas al cultivo de algodón (Albert, 1996) y para controlar enfermedades como el paludismo, transmitidas por insectos, (Rodríguez

et al 1994). Su manipulación en ésta y otras aplicaciones sanitarias se relaciona directamente con su presencia en leche humana. Su principal y más persistente metabolito es DDE y ambos han sido vinculados con efectos hepatocarcinogénicos y neurotóxicos así como con transtornos reproductivos e inmunológicos (Gladden y Rogan, 1995; Kumar et al, 1996; He, 2000). El contenido de DDT se ha considerado como un indicador biológico de la contaminación (Smith, 1999) y debido a que el DDE presenta la mayor persistencia y toxicidad (Toparí et al, 1996; Bjerregaard et al, 2001) hay un interés generalizado en las legislaciones nacionales, de muchos países, por prohibir el uso de éstos plaguicidas (México, 1997; Chile, 1984).

Los valores promedios de p-p' DDT encontrados en la leche humana analizadas en el hospital 1 y hospital 2, expresados en $\mu\text{g/g}$ base grasa fueron: 1,11 y 0,18 respectivamente, lo que está demostrando el efecto protector de las restricciones en el uso del p-p' DDT en algunas áreas. Con respecto al isómero p-p' DDE se observa igualmente una disminución, con valores de 1,06 y 0,65 respectivamente para los grupos mencionados.

En una zona periférica de la ciudad de México (hospital materno infantil de Tláhuac) se analizó un total de 108 muestras de leche humana entre enero de 1999 y febrero de 2000. El contenido promedio de p-p' DDT encontrado fue de 0,117 $\mu\text{g/g}$ y para su isómero p-p' DDE fue de 2,31 $\mu\text{g/g}$. Estos valores están asociados igualmente a una definitiva restricción en el uso del DDT y confirman la gran persistencia del p-p' DDE, (Prado et al, 2001)

En el Cuadro 4 se presentan algunos de los valores límites máximos de residuos (permisibles), LMR, establecidos por la Organización Mundial de la Salud (FAO/OMS, 1982), considerados como valores de referencia para estimar la gravedad de una contaminación de alimento por los residuos órganoclorados indicados.

Se puede observar que los niveles de residuos en las muestras de leche humana, provenientes de una zona urbana de la ciudad de México (hospital 1) indican una contaminación definitivamente superior a lo encontrado en muestras provenientes de una zona sub-urbana de la misma ciudad (hospital 2). Los valores promedios más objetables se presentaron en los residuos de aldrín + dieldrín, y ($\alpha+\beta$)-HCH, con niveles de 13,6 y 10,7 veces superior a lo estipulado respectivamente como LMR, según FAO/OMS, 1982. En el área suburbana muestreada se encontró valores promedios inferiores a los niveles LMR, para los residuos de aldrín + dieldrín (0,06 $\mu\text{g/g}$), DDT y metabolitos (0,83 $\mu\text{g/g}$). Sin embargo, se presentó igualmente una alta contaminación con ($\alpha+\beta$)-HCH, con un nivel 5,7 veces superior al valor LMR permisible. Waliszewski et al, (1996) analizaron 43 muestras de leche humana en Veracruz en los años 1994-1995 y encontraron un valor promedio para el residuo de β -HCH de 0,56 $\mu\text{g/g}$. Al parecer la contaminación indirecta por efecto de las aplicaciones del lindano técnico han sido similares. Con respecto a la presencia de DDT y su principal metabolito DDE, lo encontrado en Veracruz fue objetable con niveles promedio de 1,27 y 5,02 $\mu\text{g/g}$ respectivamente, muy superior a lo encontrado en la ciudad de México.

La alta frecuencia en la presencia de p-p' DDE, encontrada en las muestras analizadas, es

esperable, dada la gran estabilidad de este residuo entre los metabolitos del p-p' DDT. Frecuencias similares fueron encontradas en España por Hernández et al, (1993), en Canadá por Newsome et al, (1995). En México, Albert, (1996), se refiere a los altos niveles de p-p' DDE encontrados en leche humana, en la Comarca Lagunera en 1976, los que presentaron valores promedios de 13,18 $\mu\text{g/g}$; igualmente preocupante fue lo encontrado en Sonora (6,25 $\mu\text{g/g}$), por García-Bañuelos y Meza-Montenegro, (1991). Se debe tener presente que los contenidos encontrados en las distintas áreas estudiadas son respuestas a varios factores incidentes tales como geográficos, sociales y culturales relacionados con el lugar.

Dada la mayor estabilidad del isómero p-p' DDE con relación al p-p' DDT (Kavlock et al, 1996; Bjerregaard et al, 2001), se estimó la razón entre ambos residuos; se encontró un cociente p-p' DDE / p-p' DDT de 0,95 y 3,61 para el hospital 1 y hospital 2 respectivamente. Este último caso puede relacionarse con antiguas exposiciones del grupo muestreado, en ambientes contaminados con DDT, los que fueron posteriormente controlados, disminuyendo por lo tanto, los niveles de DDT y persistiendo su isómero más estable el DDE.

La Organización Mundial de la Salud, en conjunto con la FAO (FAO/WHO, 1985), estableció niveles máximos, como Ingesta Diaria Admisible (IDA), para algunos residuos de pesticidas, expresados en mg/kg de peso corporal por día, entre los cuales destacan los siguientes niveles de IDA: Σ HCH 0,012; heptacloro + heptacloro epóxido 0,0005; aldrín + dieldrín 0,0001 y Σ DDT 0,02.

Durante los meses de lactancia se asumió para el niño, como un caso, un peso promedio de 5 kilos, con una ingesta diaria de leche humana de 600 mL (Larsen, 1988), y un contenido promedio de materia grasa, según la presente investigación, de 2,43% (n=63). Con esta información es posible estimar una Ingesta Diaria Aceptable (IDA) y comparar con los niveles recomendados por la Organización Mundial de la Salud (FAO/WHO, 1985; Roos y Tuinstra, 1991).

En el Cuadro 5 se presentan los niveles de IDA encontrados para algunos grupos de plaguicidas

Cuadro 5: Ingesta Diaria Aceptable (IDA) y calculada para los plaguicidas Σ DDT y metabolitos, aldrín + dieldrín, heptacloro + heptacloro epóxido y Σ -HCH, encontrados en leche humana en un grupo urbano y suburbano de la Ciudad de México.

Table 5: Acceptable (ADI) and calculated daily intake for Σ DDT y metabolites, aldrin + dieldrin, heptachlor + heptachlor epoxide and Σ -HCH pesticides, found in human milk in a urban and suburban group, in Mexico city.

Plaguicida	IDA*(mg/Kg) para 5 Kg. De Peso corporal/día	IDA Calculado**	
		Hospital 1	Hospital 2
Σ DDT+metabolitos	0,1	0,037	0,012
Aldrín+Dieldrín	0,0005	0,029	0,0009
Heptacloro+Epóxido	0,0025	0,015	0,004
Σ -HCH	0,060	0,023	0,014

* FAO/WHO, (1985) Suponiendo un consumo diario de 600 ml de leche y 2,43 % de grasa en la leche.

** IDA calculada en este estudio.

en muestras de leche de madres de una zona urbana (hospital 1) y zona sub-urbana (hospital 2) en la Ciudad de México. Se puede apreciar que los valores de IDA calculados para el DDT y metabolitos, así como para el grupo de Hexaclorociclohexano (HCH), no presentaron niveles objetables (IDA calculado/IDA FAO). Sin embargo, en el caso del heptacloro y su epóxido se obtuvo niveles superiores en 6 y 1,6 veces lo recomendado por FAO/WHO, 1985, siendo menor en el hospital de la zona sub-urbana. Una situación muy objetable la presentó el aldrín + dieldrín en el hospital 1 con un valor de IDA 58 veces superior a lo recomendado por el organismo internacional, no así el hospital de área sub-urbana en donde se obtuvo un valor de IDA de 1,8 veces superior para este residuo.

Al parecer, en la zona urbana muestreada, se mantiene la costumbre de un uso frecuente de plaguicidas órganoclorados, tanto en el hogar como en sus lugares de trabajo, no así en las zonas sub-urbanas. En una investigación anterior realizada en el hospital materno-infantil de Tláhuac, zona periférica de la Ciudad de México, se observó una situación similar (Prado et al, 2001).

De los resultados obtenidos en la presente investigación, se puede apreciar el efecto área de muestreo de leche humana, zona urbana y suburbana de la Ciudad de México. Se aprecian diferencias en los niveles de contaminación según el origen de las muestras, de donde resulta altamente recomendable continuar con el seguimiento de estos trabajos para tomar acciones de protección a los consumidores y en especial de las madres lactantes, por razones de salud pública y de apoyo a las organizaciones de gobierno.

BIBLIOGRAFÍA

- ALAWI, M., AMMARI, N., AL-SHURAIKI, Y. 1992. Organochlorine Pesticide Contaminations in Human Milk Samples from Women Living in Amman, Jordan. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 23:235- 239
- ALBERT, L. 1996. Persistent Pesticides in Mexico. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology. 147:1-46
- BJERREGAARD, P., DEWAILLY, E., AYOTTE, P., PARS, T., FERRON, L., MULVADE, G. 2001. Exposure of Inuit in Greenland to Organochlorines Through the Marine Diet."Journal of Toxicology and Environmental Health Part A, 62: 69-81.

- BLÜTHGEN, A., HEESCHEN, W., NIJHUIS, M. 1984. Residues and Contaminants in milk and milk products. En: Challenges to Contemporary Dairy Analytical Techniques-University of Reading. England, Special publication N° 49: 206-235
- BRUNETTO, R., LEÓN, A., BURGUERA, L., BURGUERA, M. 1996. Levels of DDT Residues in Human Milk of Venezuelan Women from Various Rural Populations. *The Science of the Total Environment*. 186:203- 207
- CHILE. MINISTERIO DE AGRICULTURA. SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO. 1984. Prohíbe la importación, fabricación, venta, distribución y uso del plaguicida DDT. Resolución N°639.
- CZAJA, K., LUDWICKI, K., GÓRALCZYK, K., 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
- FAO/OMS. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 1982. Residuos de plaguicidas en los alimentos. Informe de la Reunión Conjunta 1981 de Cuadro Expertos de la FAO en Residuos de Plaguicidas y el Medio Ambiente y el grupo de Expertos de la OMS en Residuos de Plaguicidas. Estudio FAO: Producción y Protección Vegetal N°37. Roma, Italia.
- FAO/WHO (1985) Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues. Pesticide Residues in Food 1984. Report Paper 62. FAO Plant Production and Protection. 24 September-3 October.
- GARCÍA-BAÑUELOS, L., MEZA-MONTENEGRO, M. 1991. Principales Vías de Contaminación por Plaguicidas en Neonatos-lactantes Residentes en Pueblo Yaqui, Sonora, México. *ITSON-DIEP* 1:33-42
- GLADEN, C., ROGAN, W. 1995. DDE and Shortened Duration of Lactation in a Northern Mexican Town. *American Journal of Public Health* 85:504-508
- HE, F. 2000. Neurotoxic Effects of Pesticides – Current and Future Research: A Review-*Neurotoxicology* 21(5): 829-836.
- HEESCHEN, W., BLÜTHGEN, A. 1979. HCH (Hexachlorocyclohexane) residues in milk, *Milchpraxis* 17:80-1. En: Dairy Science Abstracts. 1981 43 (8285)
- HEESCHEN, W., BLÜTHGEN, A. 1991. Basic Terms-Definitions. En: Monograph on residues and contaminants in milk and milk products. International Dairy Federation Special Issue 9101. FIL-IDF. Brussels. Belgium: 2-11
- HERNÁNDEZ, M., FERNÁNDEZ, A., HOYAS, E., GONZÁLEZ, J., GARCÍA, F. 1993. Organochlorine Insecticide and Polychlorinated Biphenyls Residues in Human Breast Milk in Madrid (Spain). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 50:308-315
- FIL – IDF. INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION IDF STANDARD 75C, 1991. Milk and Milk Products. Recommended Methods for Determination of Organochlorine Compounds (PESTICIDES) IDF, General Secretariat. December, Brussels, Belgium.
- KAVLOCK, R., DASTON, P., DEROSA, C., FENNER-CRISP, P., GRAY, E., KAATTARI, S., LUCIER, G., LUSTER, M., MAC, J., MACZKA, C., MILLER, R., MOORE, J., ROLLAND, R., SCOTT, G., SHEEHAN, M., SINKS, T., TILSON, A. 1996. Research Needs for the Risk Assessment of Health and Environmental Effects of Endocrine Disruptors: A Report of the U. S. EPA-sponsored Workshop. *Environmental Health Perspectives* 104(4): 715-740.
- KUMAR, S., KAUSHIK, A., KAUSHIK, P. 1996. Assessment of Infant Exposure to Chlorinated Pesticide Residues Through Contaminated Mothers Milk in Haryana, India. *Toxicological and Environmental Chemistry* 55: 127-133.
- LARSEN, J. 1988. Toxicological implications of persistent organohalogens in mothers milk as indicated by animal experiments. En: A. A. JENSEN y S.A. SLORACH (Eds.). *Chemical Contaminants in Human Milk*. Denmark, CRC Press Inc., pp.223-270
- LUQUET, F., GOURSAND, J., CASALIS, J. 1974. Les résidues de pesticides organochlorés dans les laits d' animaux et d' humains. *Le Lait* 54: 269-301
- MÉXICO. 1997. CICOPLAFEST (1997) Catálogo Oficial de Plaguicidas. Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Secretaría de Desarrollo Social, Secretaría de Salud, Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. México.
- NEWSOME, H., DAVIES, D., DOUCET, J. 1995. PBC and Organochlorine Pesticides in Canadian Human Milk-1992. *Chemosphere* 30: 2143-2153.
- NORÉN, K. 1988. Changes of the levels of organochlorine pesticides, polychlorinated Biphenyls, dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in human milk from Stockholm, 1972-1985. *Chemosphere*, 17: 39-49
- PINTO, M., MONTES, L., TAMAYO, R., CRISTI, R. 1987. Determinación de residuos de plaguicidas organoclorados en grasa perirrenal de bovinos, *Agro Sur* 15: 62-74

- PRADO, G., MÉNDEZ, I., DÍAZ, G., NOA, M., GONZÁLEZ, M., RAMÍREZ, A., VEGA, S., PÉREZ, N., PINTO, M. 2001. Factores de participación en el contenido de plaguicidas órganoclorados persistentes en leche humana en una población sub-urbana de la ciudad de México. *Agro Sur* 29(2): 128-140.
- QUATTROCCHI, O., ANDRIZZI, S., LABA, R. 1992. Introducción a la HPLC. Cap. 12, Validación de Métodos. Ed. Artes Gráficas Farro S. A. Buenos Aires. Argentina.
- RODRÍGUEZ, L., LOYOLA, E., BETANZOS, R., VILLAREAL, T., NIELSEN, B. 1994. Centro Focal del Paludismo. Tratamiento Focal Usando Quimioprofilaxis y Rociado Intradomiciliario con Insecticida para el Control de Paludismo n el Sur de México. *Gaceta Médica de México*. 130(5): 313-319.
- ROOS, A., TUINSTRAN, L. 1991. Pesticides In: International Dairy federation Special Issue 9101. Monograph on Residues and Contaminants in Milk and Milk Products. International Dairy Federation. Brussels. Belgium. p 84-98.
- TOPARI, J., LARSEN, J., CHRISTIANSEN, P., GIWERMAN, A., GRANDJEAN, P., GUILLETTE, J., JÉGOU, B., JENSEN, K., JOUANNET, P., KEINDING, N., LEFFERS, H., McLANCHLAN, A., MEYER, O., MÜLLER, J., RAJPERT-DE MEYTS, E., SCHEIKE, T., SHARPE, R., SUMPTER, J., SKAKKEB, K. 1996. Male Reproductive Health and Environmental Xenoestrogens. *Environmental Health Perspectives* 14(4): 741-776.
- TORRES, L., LÓPEZ, L., TORRES, L., CEBRIÁN, M., RUEDA, C., REYES, R., LÓPEZ, M., ARREOLA, T., CARRILLO, L., SÁNCHEZ, T., CERVANTES, L. 1999. Levels of Dichloro-diphenyl-trichloroethane (DDT) Metabolites in Maternal Milk and their Determinant Factors. *Arch. Environmental Health* 54: 124-129
- SMITH, D. 1999. Worldwide trends in DDT levels in human breast milk. *International Journal of Epidemiology*, 28:179-188.
- WALISZEWSKI, M., PARDÍO-SEDAS, T., CHANTIRI, N., INFANZÓN, M., RIVERA, J. 1996. Organochlorine Pesticide Residues in Human Breast Milk from Tropical Áreas in México. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 57:22-28
- WALISZEWSKI, M., AGUIRRE, A., INFANZÓN, M., RIVERA, J., INFANZÓN, R. 1998. Levels of Organochlorine Pesticide Residues in Human Milk from Mothers Living in Veracruz, México. *Fresenius. Environ. Bull.* 7:709-716