

UNIVERSIDAD DE SONORA

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA SALUD

Ingesta de leche materna y transferencia de plaguicidas de madre a lactante en zonas agrícolas y urbanas de Sonora mediante dilución con deuterio, método "dosis a la madre"



Presenta

Ana Teresa Limón Miró

Hermosillo, Sonora

Enero de 2014

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

FORMA DE APROBACIÓN

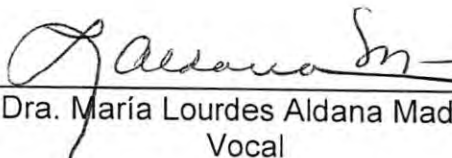
Los miembros del Jurado Calificador designado para revisar el trabajo de Tesis de **Ana Teresa Limón Miró**, lo han encontrado satisfactorio y recomiendan que sea aceptado como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias de la Salud.



Dr. Mauro E. Valencia Juillerat
Director



Dr. Gerardo Álvarez Hernández
Secretario



Dra. María Lourdes Aldana Madrid
Vocal



MC. Lesley Evelyn Antunez Roman
Suplente

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Sonora, particularmente al departamento de Posgrado en Ciencias de la Salud por haberme acogido y brindado la oportunidad de realizar mis estudios de maestría.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT por el apoyo económico brindado durante esta importante etapa en mi vida profesional.

Al Programa de Mejoramiento del Profesorado PROMEP por los recursos financieros proporcionados para el cumplimiento de los objetivos del estudio.

A las mujeres en periodo de lactancia que participaron en el estudio y sus familias. Mi más sincero agradecimiento por su tiempo, paciencia y hospitalidad, especialmente por confiarme a sus hijos.

Al Dr. Reginaldo Romo, director del Centro de Salud del Poblado Miguel Alemán; al Dr. Demetrio Cruz, director del Programa *Oportunidades* en el Poblado Miguel Alemán y al Dr. Alejandro Limón Cota, médico pediatra particular; por su valioso apoyo para la difusión del proyecto, captación de participantes voluntarias y facilitación del uso de sus instalaciones.

Doy las gracias a las personas que dentro y fuera de la Universidad de Sonora participaron de alguna manera en este trabajo. Sobra decir que su apoyo fue determinante para su realización: Lidia Peterson, Ramona Valencia, Abraham Ocejo, Bonizu Álvarez, Mónica López, Consuelo Villegas y Verónica López. Especialmente a los estudiantes de la Licenciatura en Ciencias Nutricionales de la Universidad de Sonora, que participaron activamente: Herminia Mendivil, Maribel Ramírez, Roxana Castro, Cynthia López, Martha Quiñonez, Obed

Barrera, Alejandra Domínguez, Guadalupe Tapia, Leonardo Gómez, Cynthia Borbón y Martín Castillo.

Por sus aportaciones metodológicas a la M.C. Patricia Grajeda, especialmente al M.C. Guillermo Rodríguez Olibarría por su valiosa colaboración en el escrito y en la parte experimental de este trabajo; sin su ayuda no habría sido posible.

Deseo agradecer a la Dra. Lourdes Aldana Madrid por su valiosa contribución en el proyecto de investigación y a lo largo de mi formación académica en el área de plaguicidas. Gracias por su paciencia en esta área nueva para mí. Su ayuda en la parte teórica y experimental ha sido fundamental para el estudio.

Agradezco emotivamente a la M.C. Lesley Evelyn Antunez Roman por su gran ayuda en el trabajo de campo, sus aportaciones como miembro de mi comité de tesis y su valiosa amistad.

Al Dr. Gerardo Álvarez Hernández le agradezco su amable disposición y valiosas contribuciones tanto en el proyecto de investigación como en mi formación académica y humana. Su convicción como docente y enorme experiencia en ciencias de la salud me han permitido aprender todo lo que ahora sé de epidemiología, bioética y salud pública.

Especialmente ha sido un honor y quiero agradecer de la forma más especial al Dr. Mauro Valencia. Su amplia experiencia, apoyo incondicional y valiosos conocimientos me han enseñado y guiado durante este tiempo a alcanzar y superar mis metas. Agradezco su paciencia y particularmente su confianza, la cual me permitió desarrollar este trabajo y tener la libertad de expresar mis ideas. Gracias a su ejemplo y consideración, me ha abierto puertas a experiencias y oportunidades invaluable.

Quiero agradecer a lo más importante que tengo, a Dios y a mi familia por siempre estar conmigo. A mis padres Alejandro Limón Cota y Loreto Miró Montaña por el amor con el que me han rodeado y lo feliz que siempre me han hecho. Gracias a ustedes, que siempre me han impulsado, he tenido la oportunidad de crecer y llegar a donde ahora estoy. A mis queridos hermanos Alejandro y Adriana Limón Miró les agradezco además de toda su ayuda en este proyecto, que ha sido mucha, su valiosa amistad. Les agradezco por acompañarme a alcanzar no sólo una meta sino un sueño más en mi vida.

ÍNDICE

LISTA DE TABLAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
OBJETIVOS.....	x
Objetivo General	x
Objetivos Específicos	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES.....	3
Lactancia Materna	3
Composición de la Leche Materna.....	5
Producción de Leche Materna	8
Efecto de la Lactancia en el Estado Nutricio Materno.....	9
Plaguicidas	10
MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
Marco Geográfico y Humano	21
Zona Agrícola	21
Zona Urbana	22
Tamaño de Muestra	23
Selección de los Sujetos de Estudio	23
Mediciones Antropométricas en el Lactante	24
Composición Corporal Materna.....	25
Ingesta de Leche Materna y Líquidos Adicionales.....	26
Toma de Muestra de Leche Materna	27
Extracción de Grasa en Leche Materna.....	28
Extracción de Plaguicidas en Leche Materna	29
Determinación de la Ingesta de Plaguicidas en Leche Materna Diaria.....	30
Análisis Estadístico	30

RESULTADOS.....	32
DISCUSIÓN	44
CONCLUSIONES	49
REFERENCIAS	50
APÉNDICES	65
Apéndice 1. Uso de DDT en países Mesoamericanos.....	65
Apéndice 2. Diagrama flujo método dosis a la madre muestreo	66
Apéndice 3. Procesamiento de muestras de saliva FTIR y software	67
Apéndice 4. Extracción grasa en leche materna.....	68

LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
I	Composición de la leche humana	7
II	Clasificación del los plaguicidas según su estructura molecular ...	11
III	Clasificación de los plaguicidas de acuerdo a su persistencia en el ambiente	13
IV	Clasificación de los plaguicidas según su toxicidad	17
V	Características físicas y antropométricas	33
VI	Cantidad y porcentaje de grasa en leche materna de zonas agrícolas y urbanas de Sonora (n=62)	40
VII	Plaguicidas organoclorados en leche materna de zonas agrícolas y urbanas de Sonora (n=62)	42
VIII	Piretroides en leche materna de zonas agrícolas y urbanas de Sonora (n=62)	43

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Promedio anual de viviendas rociadas con DDT en México, 1988-1999	18
2	Estado de nutrición de los lactantes según su zona de residencia basado en el indicador peso para la edad (n=62) ...	34
3	Estado de nutrición de los lactantes según su zona de residencia basado en el indicador peso para la longitud (n=62)	35
4	Estado de nutrición de los lactantes según su zona de residencia basado en el indicador longitud para la edad (n=62)	36
5	Ingesta de leche materna diaria según su zona de residencia (n=62)	38
6	Líquidos adicionales a la leche materna ingeridos por los lactantes según su zona de residencia (n=62)	39

OBJETIVOS

Objetivo General

Identificar y cuantificar la producción de leche materna así como la transferencia de plaguicidas organoclorados y piretroides, a través de la misma, a los lactantes que residen en zonas agrícolas y urbanas de Sonora.

Objetivos Específicos

- Medir y comparar la ingesta de leche materna entre las zonas de estudio.
- Cuantificar los niveles de plaguicidas organoclorados y piretroides en leche materna.
- Medir y comparar la grasa corporal de las mujeres en periodo de lactancia según su zona de residencia.

RESUMEN

La leche materna es considerada el mejor alimento para el lactante, durante los primeros seis meses de vida. A pesar de ser en esencia estéril e inocua, su contaminación puede deberse a la exposición de sustancias en el ambiente, como metales pesados y plaguicidas.

El objetivo del estudio fue identificar y cuantificar la producción de leche materna por métodos isotópicos, evaluar el estado de nutrición de las mujeres en periodo de lactancia y sus bebés, así como la transferencia de plaguicidas a través de la leche humana a los lactantes que residen en zonas agrícolas y urbanas de Sonora.

La cuantificación de la producción de leche materna se realizó por el método de dilución isotópica con óxido de deuterio (D_2O), dosis a la madre. Así mismo, la composición corporal materna se determinó a partir del agua corporal total derivada del método de dilución. En la leche materna se cuantificaron residuos de insecticidas organoclorados (*p,p'*-DDT, *p,p'*-DDE, *p,p'*-DDD) y piretroides (deltametrina, cipermetrina y cialotrina).

En la investigación participaron 62 mujeres en periodo de lactancia y sus lactantes, 48% residentes de la zona agrícola y 52% de la zona urbana. Se obtuvo una diferencia aproximada de 100 mL en la producción de leche materna diaria entre las zonas de estudio, 799 mL en zona agrícola y 707 mL en la urbana ($p < 0.05$). La concentración de los metabolitos del DDT fue mayor ($p < 0.002$) en la población urbana que en la agrícola, sin embargo los límites de seguridad no fueron rebasados en ninguna de las muestras de leche materna analizadas. Por lo anterior, podemos concluir que la leche materna de las mujeres participantes se puede considerar un alimento seguro para el consumo de los lactantes, debido a la baja carga de plaguicidas organoclorados y piretroides que se transfieren a través de ella.

ABSTRACT

Background: Breast milk is considered the best way to feed newborn babies in order to achieve optimal growth, development and health. Despite being essentially sterile and safe, breast milk may be exposed to various pollutants in different environments.

Objective: To measure human milk production by isotopic techniques, mother's body composition and pesticide transfer to babies through human milk in agricultural and urban areas of Sonora, Mexico.

Methods: Human milk intake was determined by the "dose to the mother" technique" using deuterium oxide dilution. Likewise, mother's body composition was assessed by the intercept method. Organochlorine pesticide residues (p,p'-DDT, p,p'-DDE, p,p'-DDD) and pyrethroids (deltamethrin, cypermethrin and cyhalothrin) in breast milk samples were measured by gas chromatography.

Results: 62 lactating women and their infants participated in the study, 32 were urban residents and 30 lived in the agricultural area. There was a difference of approximately 100 mL in the daily milk intake between the study areas (799 mL in the agricultural area and 707 mL in urban participants ($p < 0.05$)). The concentrations of DDT metabolites were higher in the urban group ($p < 0.002$), however none of the samples exceeded the safe limits established by the Environmental Protection Agency and FAO/WHO.

Conclusion: Breast milk intake is higher in agricultural areas in Sonora compared to the urban region. Consumption of human milk by infants can still be considered as a safe feeding practice in these environments.

INTRODUCCIÓN

La leche materna es considerada el mejor alimento para el lactante, que contribuye con mayor efectividad al desarrollo físico y mental del lactante, proporcionándole nutrientes en calidad y cantidades adecuadas (Raina y col., 2012; González, 2007). Por ello, la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda la lactancia exclusiva al seno materno durante los primeros seis meses de vida, para después complementarse con otros alimentos hasta cumplir los dos años de edad (OMS, 2011; Kramer y Kakuma, 2001).

Además de ser un medio de nutrición para el lactante, a través de la leche humana se pueden transferir sustancias como medicamentos, alcohol, drogas, metales pesados, plaguicidas, entre otras (D'Apolito, 2013). En esencia la leche materna es estéril e inocua, pero puede contaminarse por la exposición a éste tipo de sustancias (Torres-Sánchez y López-Carrillo, 2007; Sim y McNeil, 1995).

Más del 20% de los contaminantes químicos se pueden transferir durante los primeros seis meses de lactancia y son almacenados según su afinidad química en el organismo. Los plaguicidas organoclorados y piretroides son solubles en grasa y por lo tanto, se pueden concentrar en tejido adiposo y en la porción grasa de la leche materna (Waliszewski y col., 2012). La concentración de éstos en la leche humana se lleva a cabo por transferencia pasiva en plasma y es proporcional a su liposolubilidad (Ortega y col., 2004).

Se ha calculado que en los últimos 35 años se han aplicado 20,000 millones de libras de insecticidas sobre el planeta y de ellos 3 mil millones han sido diclorodifeniltricloroetano (DDT). En México, el uso de plaguicidas ha jugado un papel importante gracias a los beneficios que ofrecen. El DDT se utilizó por más de 50 años en la agricultura y en campañas antimalaria. Su persistencia en el ambiente, se refleja en los niveles de diclorodifenildicloroetileno (*p,p'*-DDE), su principal metabolito en el ambiente. El

DDT ha sido restringido y sólo en regiones donde la malaria representa un problema endémico, como es el caso de zonas costeras, se permite su uso. México ha logrado interrumpir la transmisión de malaria, aunque existen focos de transmisión persistentes en el noreste del país, Nayarit, Michoacán, Oaxaca y en la frontera sur (Uribarren, 2013).

De acuerdo con el Plan de Acción Regional para la Reducción de Riesgos, a partir del año 2007 se han implementado nuevas estrategias para el control de plagas y se propone el uso de deltametrina, un piretroide de baja persistencia en el ambiente, como sustituto del DDT (Secretaría de Salud, 2008). A pesar de su corta permanencia en el ambiente, la utilización de deltametrina puede ser tóxica y dañina para la salud de los seres vivos y su ecosistema (Torres-Sánchez y López-Carrillo, 2007).

ANTECEDENTES

Lactancia Materna

La leche materna beneficia al lactante y a su madre a corto y a largo plazo. Su composición no sólo está diseñada para nutrir, sino también para proteger a los lactantes de enfermedades infecciosas y crónicas. Además de ser el medio más efectivo para reducir la tasa de mortalidad en niños menores de seis meses, se considera que un niño amamantado al seno materno presenta una menor incidencia de enfermedades digestivas, respiratorias, enterocolitis necrotizante, obesidad, diabetes, leucemia, linfomas, otitis y alergias en su infancia. Es indispensable para formar un sistema inmune eficiente y sentar las bases de una buena salud en la vida adulta (Labbok y col., 2004; Academia Americana de Pediatría, 2012; UNICEF, 1995).

Beneficios de la Leche Materna

La leche materna ofrece múltiples ventajas que van más allá de favorecer un crecimiento y desarrollo adecuado en el lactante. Entre ellas se encuentra la posibilidad de economizar recursos, proteger al lactante y a su mamá contra enfermedades y establecer un vínculo afectivo entre ambos (González, 2007).

Una característica importante de algunos minerales como magnesio, calcio, hierro y zinc en la leche materna es su disponibilidad biológica para el recién nacido (Fransson y Lonnerdal, 1982). Los niños alimentados al seno materno tienen un bajo riesgo de anemia por deficiencia de hierro (Greer, 2012). Estos minerales se encuentran unidos a proteínas que aumentan su disponibilidad y capacidad de absorción. La cantidad adecuada de proteína, satisface las necesidades de los lactantes sin sobrecargar los riñones, que aún se encuentran inmaduros, con exceso de nitrógeno (Brown, 2008).

Se ha puesto especial atención en el papel de la alimentación al seno materno con respecto a la prevención de obesidad. Generalmente, los lactantes que han recibido lactancia materna exclusiva son más delgados al año de edad que los alimentados con sucedáneos de la leche materna (Dewey y col. 1992; Dewey, 2003).

Entre los beneficios cognitivos de la leche materna en el lactante, se ha relacionado la duración de la lactancia exclusiva al seno materno, con el nivel de inteligencia valorado por el cociente intelectual (IQ). Probando que aún ajustando por el ambiente familiar, son mayores los niveles de IQ de los lactantes que nacieron pequeños para su edad gestacional y que recibieron leche materna durante seis meses (11 puntos) que aquellos que tuvieron un peso adecuado al nacer y que no recibieron leche materna (3 puntos) (Rogan y Gladen, 1993). Al igual, la diferencia entre recién nacidos prematuros alimentados con leche materna con respecto a los alimentados con fórmula fueron significativas (Smith, 2003).

La mujer que brinda lactancia materna obtiene beneficios hormonales, físicos y psicológicos. Por ejemplo, aumenta de inmediato los niveles de oxitocina favoreciendo al útero a recuperar su tamaño previo al embarazo y minimizar la pérdida sanguínea posparto. Además, el retorno de la fertilidad se retrasa en la mayoría de las mujeres durante el periodo de puerperio, particularmente cuando la lactancia es exclusiva al seno materno (Heinig y Dewey, 1997).

Psicológicamente, aumenta la confianza de la mujer en periodo de lactancia debido a la pérdida de peso y la formación de lazos de unión con su hijo. En una cohorte donde se utilizó el método de dilución con deuterio para la estimación de la ingesta de leche materna y composición corporal, se probó la relación inversa existente entre la ingesta de leche humana y la grasa corporal materna entre las mujeres que brindan lactancia materna (Nafeesa y col., 2011).

Además de éstos beneficios a corto plazo, tienen menor riesgo de artritis reumatoide, cáncer de mama y de ovario (Hörnel y col., 2013). En 2012, reportaron que por cada año que una mujer brinda lactancia materna, reduce 4.3% el riesgo de presentar cáncer de mama (Eidelman y Schanler, 2012).

Composición de la Leche Materna

La leche humana posee una composición dinámica y equilibrio apropiado de nutrientes, satisfaciendo las necesidades de crecimiento y desarrollo del recién nacido como ninguna otra leche de origen animal ó sustituto de leche materna (HMS) lo puede lograr (Brown, 2008).

Existen cuatro tipos diferentes de leche materna: pretérmino, calostro, de transición y madura. Las mujeres en periodo de lactancia que tienen un parto prematuro, producen un tipo de leche de composición diferente, llamada leche pretérmino, que contiene mayor cantidad de proteínas y menor cantidad de lactosa que la leche madura, siendo una combinación apropiada para los requerimientos del lactante prematuro.

El calostro se produce durante los primeros 3 días después del nacimiento del niño. Es un líquido espeso de color amarillento del cual, los lactantes ingieren de 2 a 20 mL por toma de leche. Éste tipo de leche humana, aporta alrededor de 580 a 700 Kcal/L. Su composición nutrimental es similar a la que consumen los lactantes prematuros. Contiene una menor cantidad de grasa e hidratos de carbono y una mayor cantidad de proteínas, inmunoglobulina A secretora y lactoferrina, que la leche madura (Brown, 2008).

La leche de transición es aquella que se produce entre el cuarto y el quinceavo día postparto donde se produce un aumento súbito en la producción de leche hasta alcanzar un volumen aproximadamente de 600 a 800 mL al día. Finalmente, la leche madura se produce durante los siguientes meses y tiene un volumen promedio de 700 a 900 mL/día (Issler, y Casella, 2000).

La leche que recibe el lactante, varía en cuanto al contenido nutrimental por diversos factores. La cantidad de grasa en la leche materna se encuentra influenciada en mayor proporción por la composición corporal y dieta de la madre, paridad y factores socioeconómicos, a partir del tercer mes de lactancia (Caire, 2002; Nommsen y col., 1991; Butte, 1984; Picciano, 2001; Bedi y col., 2013).

Una de las características más importantes de la leche materna, es su función protectora contra infecciones. Los componentes de la leche que confieren beneficios inmunológicos son: las células linfocitos T y B, inmunoglobulinas secretoras (sIgA, sIgG, sIgM, sIgE, sIgD), antígenos de histocompatibilidad, proteínas transportadoras (lactoferrina, transferrina, proteína fijadora de vitamina B₁₂ y proteína fijadora de corticoides) y enzimas (lisozima, lipoproteína lipasa, enzimas leucocíticas). Las concentraciones de componentes celulares en la leche materna son muy altas en el calostro, pero dichos componentes están presentes por meses en concentraciones más bajas en la leche madura (Brown, 2008).

En la siguiente tabla, se muestra la composición de la leche humana, la cual se modifica en su contenido a medida que el lactante crece y se desarrolla. Permite una maduración progresiva del sistema digestivo y también lo prepara para recibir oportunamente otros alimentos en la etapa de ablactación (Tabla I) (UNICEF, 1995).

Los lípidos proveen aproximadamente la mitad de la energía de la leche materna. La cantidad de grasa de ésta es baja al principio de la toma, y se eleva al terminar una de las tomas de leche (Brown, 2008). Las proteínas proporcionan aproximadamente el 8% de las necesidades energéticas. La cantidad y calidad de las proteínas son importantes con respecto a las necesidades energéticas, y por lo tanto una carencia de las mismas produce efectos negativos a largo plazo sobre el crecimiento y neurodesarrollo del lactante (Butte y col. 2002).

Tabla I. Composición de la leche humana.

Componente	Unidad	Calostro	Leche Madura
Energía	Kcal	58	70
Agua	mL/100 mL	87	88
Lactosa	g/100 mL	5.3	7.3
Proteínas Totales	g/100 mL	2.3	0.9
Nitrógeno Total	mg	360	171
Nitrógeno Proteico	mg	313	129
Nitrógeno no Proteico	mg	47	42
Caseína	mg	140	187
Alfa Lactoalbúmina	mg	218	161
Lactoferrina	mg	330	167
IgA	g/100 mL	0.36	0.14
Grasas Totales	g/100 mL	2.9	4.2
n-6 Ácido Linoleico	% de grasas totales	6.8	7.2
n-3 Ácido Linolénico	% de grasas totales	---	1.0
Colesterol	mg/100 mL	28	16
Vitamina A	ng	89	47
Betacaroteno	ng	112	23
Vitamina D	ng	---	0.004
Vitamina E	ng	1280	315
Vitamina K	ng	0.23	0.21
Tiamina	ng	15	16
Riboflavina	ng	25	35
Niacina	ng	75	200
Ácido Fólico	ng	---	5.2
Vitamina B6	ng	12	28
Biotina	ng	0.1	0.6
Ácido Pantoténico	ng	183	225
Vitamina B12	ng	200	26
Calcio	mg	23	28
Magnesio	mg	3.4	3.0
Sodio	mg	48	15
Potasio	mg	74	58
Fósforo	mg	14	15
Azufre	mg	22	14

Fuente: UNICEF, 1995.

La lactosa es el principal carbohidrato de la leche materna y mejora la absorción de calcio. Los oligosacáridos son el segundo componente más abundante de los carbohidratos y aportan calorías de baja osmolalidad, estimulando el crecimiento de bacterias bífidas en intestino grueso ejerciendo un efecto prebiótico (Brown, J. 2008 y Carias y col., 1997).

Producción de Leche Materna

La síntesis de leche humana es variable entre una mujer en periodo de lactancia y otra. La producción típica de leche en promedio es de 750 a 800 mL por día a los cuatro y cinco meses posparto, pero puede oscilar entre 450 a 1200 mL/día. La densidad calórica de la leche materna, el peso del lactante y la edad del niño se relacionan con la demanda que tendrá de alimento. De igual manera, cuando son productos de embarazos múltiples, las glándulas mamarias sintetizan más leche de la que un sólo niño suele ingerir, para cubrir los requerimientos de los hermanos en iguales circunstancias (Brown, 2008).

Un niño alimentado exclusivamente al seno materno es aquel que recibe solo leche materna sin ningún alimento o bebida adicional, ni siquiera agua. En la mayoría de los países, los lactantes son alimentados predominantemente al seno materno, lo que significa que reciben agua, té y jugo adicional a la leche materna. Existe evidencia de que esto puede ocasionar que la ablactación o introducción de otros alimentos en la dieta del lactante diferentes a la leche materna, se establezca a edades tempranas disminuyendo a su vez el periodo de lactancia (González de Cossío y col., 2013). Por otra parte, Sachdev y colaboradores en 1991, concluyeron que la introducción de líquidos poco nutritivos en el bebé durante el periodo de lactancia se relaciona con una disminución en la producción de leche materna.

Aunque la lactancia materna es una práctica común en nuestro país, solamente una pequeña proporción de los lactantes son alimentados

exclusivamente al seno materno y la información sobre las cantidad consumida y el tiempo de ablactación es escasa y carece de precisión (IAEA, 2010).

Al utilizar isótopos estables, se puede obtener la estimación de la ingesta de leche materna y líquidos adicionales a la leche humana; lo cual permite clasificar adecuadamente la lactancia exclusiva si los líquidos ingeridos diferentes a la leche materna son de 25 ± 62 mL por día, 134 ± 47 mL por día como predominante al seno materno y mixta si son de 395 ± 214 mL por día (Haisma y col., 2003; Butte y col., 1988; Butte y col., 2001).

Cuando la lactancia materna es exclusiva o predominante al seno materno no existe diferencia entre la ingesta de leche humana promedio en el lactante. Analizándolo por el método de dilución se puede esperar en promedio una producción de 806 g/día si es lactancia exclusiva y predominante al seno materno 778 g/día. Sin embargo, con respecto al ingreso de líquidos adicionales a la leche materna en el lactante, ésta técnica permitir clasificar el tipo de lactancia que se brinda adecuadamente (Haisma y col., 2003; IAEA, 2010).

Efecto de la Lactancia en el Estado Nutricio Materno

La lactancia en condiciones fisiológicas tiene un impacto en el estado de nutrición de la mamá, dependiente de la duración en tiempo y la frecuencia de las tomas (Lozano de la Torre y col., 2011; García y col. 2005). Se produce una pérdida de peso corporal si el periodo de tiempo de lactancia es prolongado y no necesariamente porque se acompañe de una restricción calórica en la dieta de la mujer en periodo de lactancia (Dusdieker y col., 1994; Nafeesa y col., 2011). En el estudio DARLING (1991) la mayoría de las participantes perdieron peso después del parto y observaron que a mayor pérdida de peso, menor fue el porcentaje de proteína y grasa en la leche materna. Por otra parte, Wilden y col. en 2013 determinaron que el peso materno está directamente relacionado con la exclusividad de la lactancia (Dewey y col., 1991).

Plaguicidas

Los plaguicidas son sustancias que pueden ser transferidos a través de la leche materna como contaminantes. Se entiende por plaguicida a cualquier sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, destruir o controlar plagas, incluyendo los vectores de enfermedad humana o animal que causen perjuicio a la salud de los seres vivos o interfieran de cualquier forma con la producción, almacenamiento, transporte o comercialización de alimentos o productos agrícolas. La utilización de plaguicidas ofrece ventajas importantes en la agricultura, la salud pública, el control de plagas, la industria, el tratamiento de áreas verdes y grandes reservas y depósitos de agua, lo que hace que difícilmente se pueda prescindir de esta práctica en la actualidad. Independientemente de sus beneficios, es evidente que los plaguicidas son sustancias químicas tóxicas, creadas para interferir algún sistema biológico en particular y que carecen de selectividad real (Al-Saleh, 1994; Albert, 2004).

Existen varias formas de clasificar a los plaguicidas siendo considerada una de las más importantes, de acuerdo a su estructura molecular. En base a la estructura molecular derivan características como la solubilidad y persistencia del compuesto en el ambiente (Tabla II).

También pueden ser clasificados en base a la plaga que atacan, a su presentación comercial ó de acuerdo a su periodo de persistencia en el ambiente, esto es la capacidad de cualquier plaguicida para retener sus características físicas, químicas y funcionales en el medio en el cual es transportado o distribuido durante un periodo de tiempo después de su emisión (Gómez, 2007).

La estructura química de los plaguicidas organoclorados (OC) corresponde a la de hidrocarburos clorados, lo que les confiere una alta estabilidad física y química, haciéndolos insolubles en agua, no volátiles y altamente solubles en disolvente orgánicos.

Tabla II. Clasificación de los plaguicidas según su estructura molecular.

Organoclorados	Organofosforados	Carbamatos	Piretroides
DDT y sus metabolitos ^a	Malatión ^a	Carbaril ^a	Cialotrina ^b
Aldrín ^a	Diazinón ^b	Metomilo ^a	Aletrin ^b
Endosulfán ^a	Paration ^b	Propoxur ^a	Deltametrina ^b
Endrín ^a	Forato ^b	Carbofuran ^b	Cipermetrina ^a

Fuente: ^aRamírez y Lacasaña, 2001; ^bCICOPLAFEST, 2004.

Estas características favorecen su persistencia en el ambiente y su lenta biodegradabilidad (Ramírez y Lacasaña, 2001).

El plaguicida organoclorado más utilizado ha sido el DDT, el cual puede ser encontrado de tres formas isoméricas: *p,p*-DDT (85%), *o,p*-DDT (15%) y cantidades mínimas *o,o*-DDT. Tanto el DDE (diclorodifenildicloroetileno) como el DDD (diclorodifenildicloroetano) son productos de la degradación del DDT y también se han usado con menor frecuencia, para matar plagas (ATSR, 2002b).

La molécula del plaguicida no permanece intacta por tiempo indefinido ya que con el tiempo sufre una degradación influenciada por microorganismos, pH, clima, y contenido de materia orgánica del suelo. Los plaguicidas que persisten más tiempo en el ambiente, tienen mayor probabilidad de interactuar con los diversos elementos que conforman los ecosistemas (Prado y col., 2002). La vida media es el lapso de tiempo necesario para que se degrade la molécula del compuesto ó mezcla aplicada (Ramírez y Lacasaña, 2001). Se ha calculado que la vida media del DDT es de 16 a 20 años en el suelo y en sedimentos de ríos puede alcanzar hasta 46 años (Tabla III) (CICOPLAFEST, 2004).

La exposición aguda se presenta principalmente en el ámbito laboral, mientras que la de tipo crónica afecta comúnmente la población en general. Los plaguicidas pueden ser absorbidos por vía dérmica, respiratoria y digestiva. En el ámbito laboral es común el contacto dérmico, mientras que en la población es través de la alimentación y la respiración (Ramírez y Lacasaña, 2001).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha establecido una clasificación basada en su peligrosidad o grado de toxicidad aguda, definida como la capacidad del plaguicida de producir un daño agudo a la salud a través de una ó múltiples exposiciones, en un periodo de tiempo relativamente corto. La toxicidad se mide a través de la dosis letal media (DL) ó de la concentración letal media (CL). Ambos parámetros varían conforme múltiples factores como la presentación del producto, vía de entrada, temperatura, dieta y edad (Ramírez y Lacasaña, 2001; Cuarón, 2004).

Tabla III. Clasificación de plaguicidas de acuerdo a su persistencia en el ambiente.

Persistencia	Tiempo	Plaguicida
Ligeramente Persistente	Menos de 4 semanas	Malatión ^{a,b} Diazinón ^a Carbarilo ^a , Diametrín ^b
Poco Persistente	4 a 26 semanas	Permetrina ^b Cipermetrina ^b Cialotrina ^b Deltametrina ^b
Moderadamente Persistente	27 a 52 semanas	Paratión ^b
Altamente Persistente	1 a 20 años	DDT ^{a,b} Aldrín ^a Dieldrín ^a
Permanentes	Mayor de 20 años	Productos hechos a partir de mercurio, plomo y arsénico

Fuente: ^aCICOPLAFEST, 2004; ^bOMS, 1993.

Ingerir cantidades de DDT considerables durante un periodo de tiempo breve afectará principalmente su sistema nervioso y los niveles de enzimas hepáticas en sangre (Red de Accion en Plaguicidas y sus Alternativas en América Latina. 2010). Algunos estudios que evalúan la exposición prolongada a cantidades moderadas de DDT (20-50 mg por kilogramo [kg de peso al día]) en animales han demostrado que el DDT puede afectar el hígado (Liu, 2011). Los estudios en animales también sugieren que la exposición al DDT y sus metabolitos en los alimentos pueda afectar adversamente la reproducción (Kamata y col., 2013). Un meta-análisis retrospectivo sobre salud reproductiva analizó una población de 14,947 hombres, donde se realizaron estimaciones de actividad espermática y se ha relacionado con cáncer testicular. De igual manera, se ha vinculado a cáncer de mama, abortos espontáneos, disminución de la duración de la lactancia y bajo peso al nacer (Castellanos y col., 2013).

Por otro lado, los piretroides son plaguicidas que han sido utilizados como parte de la estrategia para erradicar a la familia de los organoclorados por su toxicidad y persistencia en el ambiente. Típicamente, estos plaguicidas son ésteres del ácido crisantémico que tienen un alto grado de lipofilia considerados tóxicos y de baja persistencia en el ambiente. Se han desarrollado más de mil piretroides donde la permetrina y la deltametrina son los más utilizados (ATSDR, 2002a). Los piretroides se aplican a cosechas, plantas de jardines, animales domésticos y también directamente a seres humanos. De igual manera, son útiles en campañas de salud pública, especialmente los piretroides tipo II (Martínez-Larrañaga y col., 2003). Por ejemplo en el año 2007 en un estudio colombiano, Castro y colaboradores evaluaron la eficacia de dos piretroides (β -cipermetrina y highcis-Permetrina) para el control del dengue *Aedes aegypti*, demostrando que al día después de su aplicación se reduce el 80% de la densidad del mosquito en el ambiente (Castro y col., 2007).

En ratas, los piretroides tipo I ocasionan episodios de temblores en el organismo y los tipo II en general producen un síndrome caracterizado por

salivación y/o coreoatetosis, afectando severamente la neurotransmisión de serotonina (Martínez-Larrañaga y col., 2003; Anadón y col., 2009). La cipermetrina es un piretroide sintético utilizado como un insecticida considerado potente y eficaz. Se encuentra en ocho formas isoméricas (cuatro *cis* y cuatro *trans*). La forma más activa de la cipermetrina es en su forma isomérica alfa. Manna y colaboradores estudiaron los efectos tóxicos que la *alfa*-cipermetrina ocasiona en ratas, a nivel experimental. Se manifestaron alteraciones histológicas en pulmones, hígado, riñones, estómago y cerebelum. Asimismo, a nivel sérico se observaron alteraciones en aminotransaminasas (AST, ALT), fosfatasa alcalina, lactato deshidrogenasa, hemoglobina y glucosa (Manna y col., 2004).

Por otro lado, la deltametrina además de ser un piretroide utilizado ampliamente en la actualidad, resulta ser neurotóxico debido a su impacto en los canales de sodio y su interacción con los receptores GABA. Aunque la mayoría de los piretroides tiene al menos dos formas isoméricas, la deltametrina está conformada por un isómero (*cis*). En el estudio de Romero y colaboradores se estudiaron células humanas dopaminérgicas de la línea 5H-SY5Y y reportaron que al estar expuestas a deltametrina, los niveles de óxido nítrico y peróxidos se encuentran elevados (Romero y col., 2012). En ratas la exposición a deltametrina se ha asociado con apoptosis en neuronas que conducen a un estado de neurotoxicidad (Wu y col., 2003).

Si una gran cantidad de piretroides entra en contacto con la piel de una persona, esta puede experimentar sensaciones de adormecimiento, comezón, ardor, escozor, hormigueo o sensación de calor que puede durar horas. Los niveles elevados de piretroides en el ambiente pueden causar mareo, dolor de cabeza, náusea, espasmos musculares, falta de energía, alteraciones de la conciencia, convulsiones y pérdida del conocimiento; ya que intervienen con el funcionamiento normal del sistema nervioso. Por ello, la mayoría de los

plaguicidas organoclorados y piretroides son considerados tóxicos a diferente escala (ATSDR, 2001; ATSDR, 2002a) (Tabla IV).

A nivel mundial, América Latina representa una de las regiones con mayor uso de plaguicidas. Dentro de los plaguicidas organoclorados cuyas estructuras químicas son estables y por ésta razón permanecen intactas por largos períodos de tiempo, se encuentra el DDT.

En México se suspendió oficialmente la utilización de DDT en 1985, aunque se reportan rociamientos de viviendas hasta el año 1999 en la mayoría de los estados de la república (Figura 1) (Gallardo y col., 2000). Se utilizaron 69,454 toneladas de DDT en la República Mexicana, lo que representa 1,617 toneladas por año; colocándolo como el país mesoamericano con el mayor tiempo de uso y cantidad (Apéndice 1) (Pérez-Maldonado y col., 2010).

Actualmente alrededor del 10% de la producción total de plaguicidas se utiliza en actividades de salud pública para el control de enfermedades transmitidas por vectores, como la malaria, la enfermedad de Chagas o el dengue, entre otras (Abuelmaali y col., 2013). El hogar es un ámbito de especial interés: el 90% de los hogares usan plaguicidas y el 83% del total utilizado es aplicado dentro de la casa (Feo y col., 2012; Chang y col., 2013; Fenske y col., 2013).

El metabolismo del DDT, DDD, DDE y piretroides se realiza en hígado y es más rápido en el adulto que en el neonato, similar al de los piretroides (HSDB, 1999). El papel del hígado es fundamental en la síntesis de apolipoproteínas y en metabolismo de lípidos (Shepherd, 1994). En el caso particular de los piretroides, se producen alteraciones a nivel neurológico previo al daño ocasionado a nivel hepático (Anadón y col., 2009). Aldana y colaboradores en 1998 reportaron que se presenta una disminución en los niveles de albúmina, al estar expuestos a cipermetrina en el cuarto día de la exposición. A nivel mitocondrial existe daño en células hepáticas y en cuanto al perfil de lípidos, se observó una disminución en los niveles de colesterol total,

Tabla IV. Clasificación de los plaguicidas según su toxicidad.

Clase	Toxicidad	Plaguicida
Clase IA	Extremadamente peligrosos ^c	Paratión ^{a,b} Dieldrín ^{a,b}
Clase IB	Altamente peligrosos ^c	Eldrín ^{a,b} Diclorvos ^a
Clase II	Moderadamente peligrosos ^c	DDT ^c Permetrina ^{c,d} Deltametrina ^c
Clase III	Ligeramente peligrosos ^c	Malatión ^a Cipermetrina ^d

Fuente: ^aRamírez y Lacasaña, 2001; ^bCICOPLAFEST, 2004; ^cOMS, 1993; ^dEPA, 2011.

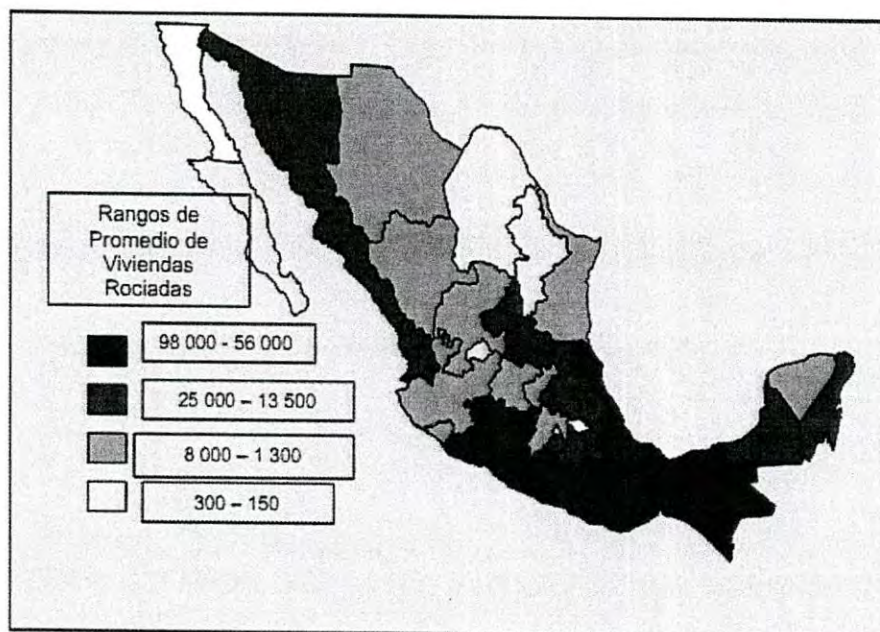


Figura 1. Promedio anual de viviendas rociadas con DDT en los Estados Unidos Mexicanos, 1988-1999.

Fuente: Gallardo y col., 2000 adaptado de Secretaría de Salud.

triglicéridos, lipoproteína VLDL y HDL (Aldana y col., 1998).

El DDE es el metabolito que tarda más en ser eliminado ya que es el único producto de degradación que se ha encontrado en el medio ambiente después de 12 a 30 años desde su exposición inicial (ATSDR, 2001). La vía de absorción oral es donde se ha demostrado el pico máximo de DDT en sangre, tres horas después de la ingesta del alimento. Se conoce que la absorción del DDT se facilita en un ambiente graso pero en el caso del insecticida se facilita la absorción por la presencia de bilis o por componentes lipídicos de la dieta (OMS, 1982). El DDE no se excreta fácilmente por vía urinaria sino que se acumula con facilidad en tejido adiposo (Ramírez y Lacasaña, 2001).

El DDT y sus metabolitos se distribuyen en diferentes tejidos de acuerdo al contenido de grasa, flujo sanguíneo y coeficiente de partición en sangre. Además del tejido adiposo, el DDT se almacena en otros tejidos en menor concentración como hígado, glándulas suprarrenales, corazón, páncreas, riñones, bazo y tiroides. La FAO/OMS ha recomendado no sobrepasar las concentraciones de seguridad llamadas límite máximo de residuos (LMR) parámetro vinculado con la leche vacuna o la ingesta diaria admisible (IDA) para la leche humana (OMS, 1982; Cuarón, 2004). Entre los principales efectos tóxicos relacionados con el DDT y sus metabolitos, se encuentran alteraciones en la reproducción y en el desarrollo fetal (Salazar-García y col., 2004).

A pesar de su baja persistencia en el ambiente, los piretroides se caracterizan por tener un grado de toxicidad medio-elevado para mamíferos e insectos. Los piretroides de tipo I pueden ocasionar ataxia, hiperexcitabilidad, convulsiones, parálisis y alteraciones respiratorias. Los piretroides de tipo II, como ya se ha probado en animales experimentales, se cree que en humanos ocasionan parálisis, temblores, salivación excesiva, coreoatetosis, ardor, sensación de entumecimiento y comezón dérmica (Anadón y col., 2006; Aldana y col., 1998; Martínez-Larrañaga y col., 2003).

Es por ello que se podría considerar a la leche humana como un medio de transmisión de plaguicidas liposolubles. En Sonora y a nivel nacional, se carece de estudios que determinen y cuantifiquen la exposición a plaguicidas en leche materna basados en métodos isotópicos, no invasivos que evitan la utilización de supuestos para medir las concentraciones. Ante este panorama se han planteado las siguientes hipótesis:

Los lactantes que residen en zonas agrícolas de Sonora tienen una ingesta de leche materna diferente a los que residen en zonas urbanas.

La concentración de plaguicidas organoclorados en la leche materna es diferente en residentes de zonas agrícolas que en los de zonas urbanas de Sonora.

La concentración de piretroides en la leche materna es diferente en residentes de zonas agrícolas que en los de zonas urbanas de Sonora.

La cantidad de grasa corporal materna y grasa en la leche de las mujeres que brindan lactancia materna en zonas urbanas de Sonora es diferente a las de las zonas agrícolas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trata de un estudio transversal que contó con la aprobación del Comité de Bioética e Investigación del Departamento de Medicina y Ciencias de la Salud de la Universidad de Sonora. Los recursos materiales y financieros para el cumplimiento de los objetivos de la presente, fueron proporcionados por el Sistema Unificado PROMEP aprobado como proyecto en la convocatoria 2011.

Marco Geográfico y Humano

Zona Agrícola

La Costa de Hermosillo es una zona ubicada a 60 kilómetros de dicha ciudad, en la región centro occidente del Estado de Sonora. Tiene una extensión aproximada de 200 mil hectáreas, cuyo poblado principal es Miguel Alemán. El Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática ha calculado una población de alrededor de 30 mil habitantes para el año 2010 (Calvario, 2007).

Se seleccionó esta zona de estudio debido a que la Costa de Hermosillo y la zona norte del estado generan el 52% del valor total de la producción agrícola, alrededor de la mitad de los empleos en el campo y 71% de las divisas estatales. En contraposición, ocupa el 27% de la superficie sembrada y utiliza el 18% del total de los recursos hidráulicos del Estado (Martínez y Reed, 2002). Al ser una zona agrícola importante en el Estado sonorense, la exposición a algunos plaguicidas se puede presentar con facilidad por sus actividades laborales (Gobierno de la República Mexicana, 2001).

Además el Poblado Miguel Alemán, es una población representativa del fenómeno de migración de estados del sur de la República Mexicana al norte. El aumento de la migración indígena se debe a la existencia de políticas económicas desfavorables en su lugar de origen, que obliga a las personas a buscar mejores condiciones de empleo, educación, seguridad y acceso a

servicios públicos básicos. También es un área considerada con menor incidencia de desastres naturales y cambios climáticos drásticos, comparado con los estados del sur del país (Sutcliffe, 1996; Arriagada, 2007).

Zona Urbana

Hermosillo es la capital del Estado de Sonora. Cuenta con una población de 784,342 habitantes según el censo poblacional INEGI del 2010. Es una población que de acuerdo a la Encuesta Nacional de Nutrición de 1988, representó el porcentaje más alto a nivel nacional de lactantes menores de cuatro meses que fueron lactados parcial o totalmente con sucedáneos de leche materna. Aún cuando los datos de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) 2012, indican que el porcentaje de lactancia materna ha disminuido a nivel nacional ocho puntos porcentuales, de 22.3 a 14.4% entre 2006 y 2012, por lo que se ha decidido incentivarla como parte permanente de la política en salud. En Hermosillo se han generado programas de salud pública y privada para difundir los beneficios que ofrece la leche humana para el lactante, su mamá y la economía familiar (ENSANUT, 2012; González de Cossío y col., 2013).

Por otro lado, durante la última década, la población hermosillense al igual que algunas zonas del Estado se han expuesto a plaguicidas utilizados en campañas contra el dengue y en casas particulares para la fumigación de jardines y plagas. Más de 14 mil litros de fumigante para una cobertura de 51 mil hectáreas, es lo que ha utilizado, según la Secretaría de Salud Pública del Estado de Sonora para combatir al mosquito transmisor del dengue, el *Aedes aegypti*, durante el año 2013 desde el mes de enero a septiembre del presente (Secretaría de Salud Pública, 2013).

Tamaño de Muestra

Por muestreo de tipo probabilístico basado en un supuesto de producción diferenciada de leche materna de 100 g aproximadamente entre los dos grupos de estudio, en éste caso las zonas de residencia de los participantes. Se obtuvo la desviación estándar del consumo diario de leche materna de los lactantes estudiados, la cual fue de 193 g/día y una diferencia de ingesta de leche materna entre los grupos (δ) de 91.8 g, considerando un poder de 80% y un nivel de significancia de 0.05, para dos grupos de estudio. Se obtuvo un tamaño de muestra de 69 pares de voluntarios en total, 34.5 de zona agrícola y 34.5 de zona urbana (Prieto y Herranz, 2010).

$$N = \frac{(Z\alpha + Z\beta)^2 * 2 * (\sigma)^2}{d}$$

Selección de los Sujetos de Estudio

Durante el muestreo se incluyeron a pares de mujeres en periodo de lactancia y su lactante que cumplieron con los criterios de inclusión. Primeramente, los participantes incluidos residieron por más de un año en alguna de las dos zonas de estudio. Se incluyeron a aquellas participantes que declararon lactancia exclusiva o predominante al seno materno, haber tenido un periodo de gestación a término (38 a 42 semanas), quienes la edad de su lactante oscilara de 3 a 6 meses y haber leído y llenado el consentimiento informado proporcionado por el investigador.

Se excluyó la participación de voluntarias con problemas de alcoholismo, tabaquismo y consumo de drogas (Caire, 2002). También a aquellos lactantes que hayan sido mellizos o se encontraran en periodo de ablactación. También fueron eliminadas las participantes que tuvieron una baja producción de leche materna (menor a 250 mL al día) ya que el estudio no pretendía evaluar la

exclusividad de la lactancia, pero si contar con una producción suficiente que permitiese analizarla como un medio de transferencia de sustancias no nutritivas, de la madre al lactante (Haisma, 2003). La utilización de este criterio de exclusión y el método de dilución isotópica, permitió excluir a cuatro participantes del proyecto. Finalmente, salieron del estudio aquellas participantes que de manera voluntaria así lo decidieron.

La captación de participantes en el Poblado Miguel Alemán se hizo a través del Centro de Salud Rural de la localidad ubicado en Benito Juárez esquina 13 de septiembre colonia Pueblo Unido. El muestreo en la zona agrícola se llevó a cabo en las instalaciones del Centro de Salud mencionado. En la zona urbana se difundió el estudio utilizando trípticos informativos ubicados en consultorios pediátricos privados en la localidad. Las mujeres interesadas se comunicaron vía telefónica, y se les explicó en qué consistía el estudio de investigación. Únicamente en la zona urbana se hicieron las visitas en el domicilio materno.

Las madres que aceptaron participar, firmaron una carta de consentimiento informado y respondieron un cuestionario para conocer sus datos socioeconómicos. En esta encuesta se tomó en cuenta el lugar de origen materno, su salario y el número de dependientes del mismo, el tipo de material de la vivienda, entre otros (Orts y col., 1997).

Mediciones Antropométricas en el Lactante

Se recolectaron las siguientes medidas antropométricas en el lactante el día basal y el día 14 posterior a la dosificación con deuterio de la mamá, por personal entrenado y estandarizado. Se pesaron a los lactantes en una balanza electrónica pediátrica con capacidad de 0 a 20 Kg \pm 0.05 Kg (SECA® modelo: 728 1321834) sin ropa ni pañal, sobre una superficie lisa y nivelada. Posteriormente, se midió la longitud del lactante con un infantómetro SECA de 33 a 100 cm \pm 1 mm (SECA® modelo: 416 1821009) sobre una superficie plana

y nivelada. Se tomó la medición asegurando una posición correcta del lactante (decúbito, dorsal, horizontalmente sobre el centro del infantómetro, sus rodillas estiradas y la cabeza respetando el Plano de Frankfort).

Los indicadores del estado de nutrición del lactante peso para la edad (PE), longitud para la edad (LE) y peso para la longitud (PL) se basaron en la referencia de la OMS, utilizando el programa Anthro Versión 3.2.2. de la Organización Mundial de la Salud para obtener los puntajes Z de cada participante. El uso del puntaje Z permite evaluar y seguir antropométricamente de forma precisa a los bebés que están dentro y fuera del rango de normalidad.

Composición Corporal Materna

Se pesó a la mamá en una balanza electrónica digital con capacidad de 0 a 200 Kg \pm 0.05 Kg SECA® modelo: 872 1321959 colocada en una superficie nivelada, sin zapatos, con ropa ligera y en ayuno mayor a 2 horas. El registro del peso en la hoja de datos de los participantes fue lo más cercano a 0.1 Kg. Se evaluó por bioimpedancia eléctrica la composición corporal materna utilizando el equipo RJL Quantum 2 con electrodos Red Dot 2330 para la toma de resistencia (Xc) y reactancia (R) de la madre en periodo de lactancia usando la técnica de Lukasky y colaboradores, 1985. Con un plicómetro Harpenden Skinfold Caliper Baty International® modelo: RH15 9LR se obtuvo el pliegue cutáneo tricipital (Durnin, 1989). Así mismo, se tomó la medida de cintura con una cinta métrica de fibra de vidrio marca Gulik, capacidad 180 cm, como indicador de grasa abdominal. Únicamente en el día basal, se tomó la talla materna utilizando un estadiómetro SECA® modelo: 217 1721009 que cuenta con un alcance de 30 a 205 cm \pm 1 mm. Se midieron a las participantes sin calzado, en la posición correcta asegurando que las rodillas no se encontraran flexionadas y respetando el plano de Frankfort. Se calculó el índice de masa corporal y se diagnosticó de acuerdo a la clasificación de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 1997).

Para evaluar la composición corporal materna se utilizó la técnica de dilución con óxido de deuterio (D_2O) "dosis a la madre" y detección por espectroscopía de infrarrojo. El muestreo consistió en lo siguiente: durante el día basal se tomó una muestra de saliva utilizando una torunda de algodón para cada participante, mamá y lactante. Después se le dieron 30 g de óxido de deuterio, únicamente a la mamá. Para asegurar la ingestión del isótopo en su totalidad se enjuagó el recipiente con 60 mL de agua potable y la mamá tomó nuevamente del recipiente (Apéndice 2) (Coward y col., 1982).

Se midió la concentración de D_2O en la muestra de saliva sublimada y filtrada por espectroscopía infrarroja con respecto a una curva estándar de concentración conocida. Se utilizó un espectrómetro de infrarrojo FTIR IRAffinity-1 Shimadzu® con una longitud fija y una celda de fluoruro de calcio de 0.2 mm (Apéndice 3).

La composición corporal de la madre se estimó a partir de su Agua Corporal Total (ACT). Los cálculos suponen que el cuerpo se compone de grasa y masa libre de grasa (MLG). La masa grasa (MG) es la diferencia entre el peso corporal y la MLG. El punto de equilibrio cuando el óxido de deuterio ingerido se encuentra en equilibrio con el agua corporal de la participante, se calculó con ayuda de una hoja de cálculo en Excel validada por la Agencia Internacional de Energía Atómica (Apéndice 3) (Coward, 1998; IAEA, 2010).

Ingesta de Leche Materna y Líquidos Adicionales

Se utilizó la técnica de dilución isotópica con óxido de deuterio utilizada para medir composición corporal materna, también para determinar la producción de leche humana y líquidos adicionales ingresados diariamente por el lactante (Apéndice 1).

La dosificación se llevó a cabo de la manera descrita anteriormente donde además se recolectó la saliva materna y del lactante los días 1, 2, 3, 4, 13 y 14 posteriores a la dosificación. Se conservaron las muestras a $-20^{\circ}C$ para

su lectura en el Laboratorio de Nutrición del Departamento de Ciencias Químico Biológicas de la Universidad de Sonora (IAEA, 2010).

Una vez transportadas y descongeladas en el laboratorio para su procesamiento, las muestras se centrifugaron a 342 *g* durante 10 minutos. Posteriormente, se inyectó con una jeringa de 1 mL la muestra de saliva a la celda de fluoruro de calcio 0.2mm y ésta se colocó en el equipo Shimadzu Prestige FTIR. Los espectros se leyeron en el programa IR Solution® donde posteriormente fueron exportados al programa Isotope® para obtener finalmente las concentraciones en partes por millón (ppm) de cada una de las muestras analizadas (Cissé y col., 2002).

El volumen de leche materna ingerido por el lactante se calculó en una hoja de Excel, basada en ecuaciones de concentración y desaparición del isótopo en la madre y el lactante. La dosis isotópica desaparece de la madre como una exponencial simple. Para el lactante, el enriquecimiento a un tiempo determinado se define como la suma de dos exponenciales. Las concentraciones (ppm) se introdujeron al programa, diseñado y modificado para medir la concentración isotópica con espectroscopia de infrarrojo (Coward, 1998).

Recolección de Muestra de Leche Materna

Durante el periodo de estudio se recolectaron tres muestras de leche materna, depositadas en tres tubos de 5 mL. De esta manera se obtuvo un total de 15 mL de muestra de leche materna de cada participante que completó el estudio.

Se le pidió a la mamá participante que amamantara al lactante para desalojar la leche que se produce al inicio, debido a que su composición es distinta que al final de la toma. Una vez que existe un flujo de leche continuo y establecido, se suspende la lactancia al seno materno y se obtiene la muestra mediante extracción manual. Las muestras se transportaron al laboratorio en tubos aislados y forrados en papel aluminio a una temperatura de 5-10°C y se

almacenaron a -20°C (Neville y col., 1984). Hasta su análisis en el laboratorio de Toxicología del Departamento de Investigación y Posgrado (DIPA) de la Universidad de Sonora.

Extracción de Grasa en Leche Materna

Las muestras se descongelaron a 4°C y se mezclaron en un Vortex (VWR Scientific). En el caso específico de la determinación de grasa, una vez descongeladas las muestras se calentaron a 40°C en el baño de agua para disolver los glóbulos de grasa y minimizar su adhesión al recipiente que las contenía (Jensen y Clark, 1984).

La extracción de la grasa de la leche materna se realizó en base a el método oficial 989.05 (AOAC, 2006). Una vez descongelada la muestra se recolectaron 5 g con una pipeta y se colocó en un tubo independiente. Se adicionaron 0.75 mL de hidróxido de amonio y se procedió a mezclar. Posteriormente se incorporaron 5 mL de etanol y se procedió a mezclar. Después se adicionaron 12.5 mL de éter etílico, se tapó el tubo y se agitó por un minuto en Vortex (VWR Scientific). Se adicionaron 12.5 mL de éter de petróleo y se repitió la agitación en Vortex (VWR Scientific) por un minuto. Posteriormente se adicionaron 5 gotas de fenolftaleína al 1% para visualizar la separación de capas. Se centrifugó a 342 g por 5 minutos. Se decantó la fase etérea en un matraz Erlenmeyer de 250 mL previamente tarado a 135°C por 30 minutos. Se repitió la extracción de fase acuosa remanente en el tubo por dos veces y se centrifugó por 5 minutos cada vez. Se evaporaron los extractos obtenidos en el matraz Erlenmeyer en una placa de calentamiento a temperatura 60°C por 5 minutos. Se desecó en horno de vacío a 135°C durante 5 minutos. Se enfrió en un desecador por 30 minutos para alcanzar la temperatura ambiente. Se pesó el matraz y se calculó el porcentaje de grasa por diferencia de peso (Moreno, 2005).

Extracción de Plaguicidas en Leche Materna

La extracción de los plaguicidas en leche materna se realizó por el método de extracción de dispersión de matriz en fase sólida (DMFS) siguiendo la metodología propuesta inicialmente por Yagüe y colaboradores (2001) y modificada por Gómez (2007).

Se pesaron 0.5 g de leche y 0.6 g de C¹⁸ en un mortero de 2 onzas para iniciar la dispersión. Cuando se obtuvo una mezcla homogénea y pulverizada se agregaron 30 mg de alúmina activada. En una jeringa de vidrio de 5 mL (5/60 mm) empacada previamente con un filtro de fibra de vidrio Whatman se colocaron 1.5 g de alúmina activada. Se lavó la alúmina con una mezcla de 10 mL de acetonitrilo (EMD, grado plaguicida) y 200 µL agua destilada. Posteriormente con una mezcla de 50 mL de hexano (Fisher, grado plaguicida) y 20% de diclorometano (Burdick y Jackson, grado plaguicida), se dispersó y se eluyó con 40 mL de la mezcla preparada en donde la elución de la leche se colectó en un tubo de vidrio con capacidad de 50 mL. Las eluciones obtenidas se evaporaron a sequedad con aire en un evaporador N-Evap 112. Posteriormente se realizaron lavados con 5 mL de acetonitrilo y 5 mL éter de petróleo con el fin de eliminar residuos de grasa. Por último se evaporó a sequedad y se reconstituyó con 100 µL de hexano para inyectar 1 µL del extracto al cromatógrafo de gas (Gómez, 2007).

Para la cuantificación de plaguicidas, se utilizó una inyección de tipo splitless de 1 µL de una solución de 100 ppb de cada estándar que se pretende estudiar en un cromatógrafo de gases Varian modelo CP-3800 con detector de captura de electrones y software versión Galaxie. Se empleó como gas acarreador Nitrógeno UAP (Ultra Alta Pureza 99.99%) a una presión de salida de 80 psi. La temperatura del detector fue de 300°C y la temperatura del inyector de 180°C. Se utilizó una columna capilar semipolar (VA-1701) de 30 m de longitud x 0.53 mm de diámetro interno. La temperatura de la columna fue de

200°C a 250°C con incrementos de temperatura de 15°C/min y con un flujo de columna de 4 mL/min y 30 mL/min (Aldana, 2011).

Determinación de la Ingesta de Plaguicidas en Leche Materna Diaria

Para calcular el ingreso de los plaguicidas en estudio a través de la leche humana y compararlo con la IDA establecida por diversas organizaciones, es indispensable contar con la ingesta de leche materna diaria, la concentración de los plaguicidas en las muestras de leche y el peso del lactante registrado en kg. Cabe destacar que en el estudio no se parte de un consumo de leche materna publicado por otros autores, sino que se conoce la ingesta de leche materna diaria en cada lactante participante.

Primeramente se determina la concentración del plaguicida de interés por litro de leche, se realiza la conversión de unidades necesarias y se divide el resultado entre el peso corporal del lactante, expresando el resultado en mg/Kg/día. De acuerdo con las recomendaciones de la FAO/OMS en 1985 la IDA para el DDT es de 0.005 mg/Kg de peso corporal/día. En 2008, la EPA determinó como IDA de los plaguicidas organoclorados (DDT, DDD y DDE) no superar la concentración de 0.02 mg/Kg/día y en el año 2003 recomendó que el consumo de piretroides se encuentre dentro del rango de 0.005 mg/Kg a 0.05 mg/Kg/día (OMS, 1990; EPA, 2011; Sudaryanto y col., 2006).

Análisis Estadístico

Para comparar las características entre las dos regiones de estudio, se utilizó estadística descriptiva: proporciones para variables categóricas y medidas de tendencia central para variables cuantitativas continuas. Las diferencias se analizaron mediante pruebas de χ^2 y t de Student ó su alternativa no paramétrica, prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney. La exploración preliminar de la relación entre las variables se llevó a cabo a través de una matriz de

correlación y posteriormente las asociaciones significativas y correlaciones de interés se analizaron por regresión lineal simple. Los datos fueron procesados mediante el paquete estadístico NCSS versión 7.0 ®.

RESULTADOS

En la investigación participaron 62 mujeres en periodo de lactancia y sus lactantes, 30 (48%) residentes de la zona agrícola y 32 (52%) de la zona urbana con una edad promedio de 22 y 28 años respectivamente ($p < 0.001$). La Tabla V presenta las características físicas y de composición corporal de las participantes por zona de estudio.

Considerando la exposición a la contaminación ambiental según la zona y el tiempo de residencia de las participantes, el tiempo de residencia de las mujeres en periodo de lactancia en la zona agrícola fue de 16.6 años y para el caso de la participantes urbanas, todas residieron toda su vida en la localidad, 19.3 años en promedio, a excepción de una participante que tenía 18 meses de haber llegado al momento del estudio.

Las participantes de la zona agrícola mostraron un promedio de 38 meses trabajando en el campo y 9 meses en promedio, aplicando plaguicidas, lo cual contrasta con un 97% de la zona urbana que nunca tuvo este tipo de exposición. Inclusive, sólo una madre de la zona urbana, se expuso en el pasado a trabajar, cuando joven en el campo agrícola.

Ajustando por edad, dada la diferencia que existe entre ambas zonas de estudio, se encontraron diferencias en talla materna ($p < 0.001$) e IMC de las participantes ($p < 0.05$).

La emaciación, el bajo peso y el desmedro en los lactantes se clasificaron en base a valores de dos desviaciones estándar negativas (puntaje $z \leq -2$). Aunque los valores promedio de los puntajes z de los lactantes para estos tres indicadores tendieron a ser más bajos en la zona agrícola, las diferencias no fueron significativas.

Las figuras 2, 3 y 4 muestran el estado de nutrición individual de los lactantes participantes, basado en los criterios mencionados para los mismos indicadores.

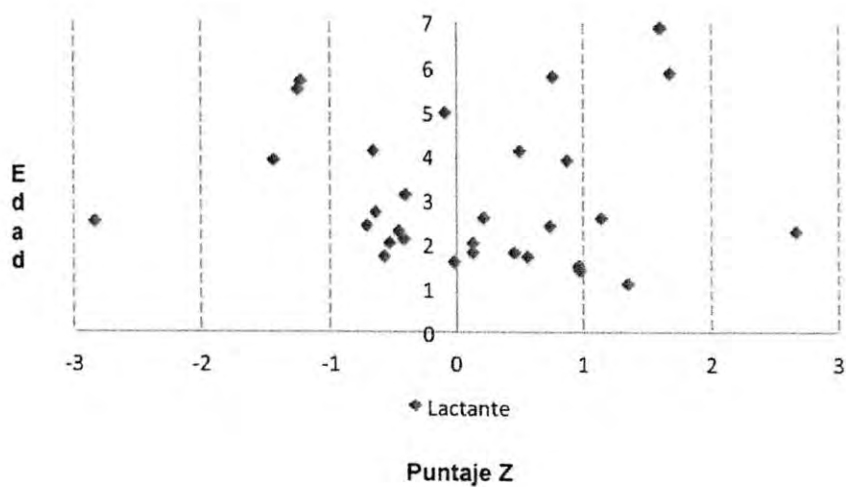
Tabla V. Características Físicas y Antropométricas.

	Zona Agrícola (n=30)	Zona Urbana (n=32)	
	Media ± D.E. (Inter)	Media ± D.E. (Inter)	<i>p</i>
Edad, años	22.1 ± 1.3 (20-25)	27.5 ± 1 (25-30)	p<0.001
Residencia, años	16.6 ± 1.5 (14-20)	19.3 ± 1.8 (16-23)	p=0.2
Peso, kg	62.1 ± 2.4 (57-67)	64.4 ± 1.9 (61-68)	p=0.8
Talla, cm	154 ± 1.5 (151-157)	161 ± 1 (159-163)	p<0.001
IMC ^a , kg/m ²	26.2 ± 0.9 (24-28)	25 ± 0.7 (23-26)	p<0.05
Cintura, cm	81 ± 1.9 (77-85)	79 ± 1.6 (75-82)	p=0.07
PCT ^b , mm	27.2 ± 1.6 (24-30)	28.5 ± 1.7 (25-32)	p=0.9
Grasa ^c , %	34.5 ± 1.4 (32-37)	34 ± 1.6 (31-37)	p=0.47
Grasa ^d , kg	22.1 ± 1.6 (19-25)	22.5 ± 1.5 (19-26)	p=0.6
MLG ^e , kg	40.1 ± 1.1 (38-42)	41.9 ± 0.9 (40-44)	p=0.4

^aIMC: índice de masa corporal; ^bPCT: Pliegue cutáneo tricipital; ^eMLG: Masa libre de grasa;

^{c,d,e}Derivados de la cuantificación de agua corporal por el método de dilución con deuterio

Peso/Edad lactantes zona agrícola



Peso/Edad lactantes zona urbana

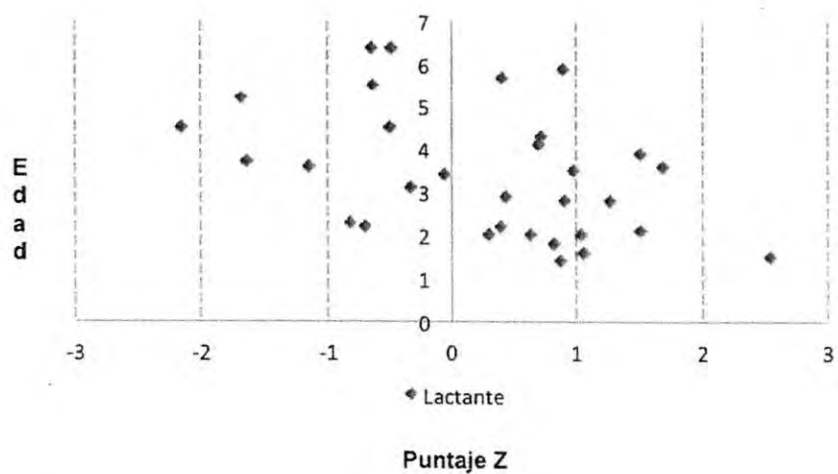
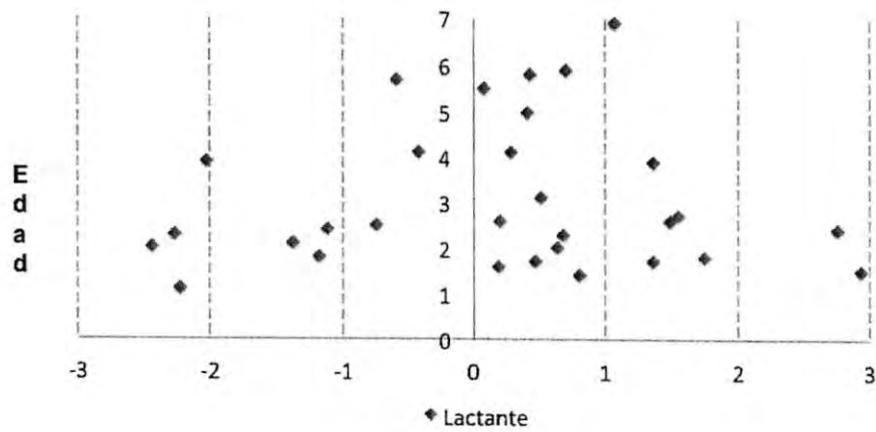


Figura 2. Estado de nutrición de los lactantes según su zona de residencia basado en el indicador peso para la edad (n=62).

Peso/Longitud lactantes zona agrícola



Peso/Longitud lactantes zona urbana

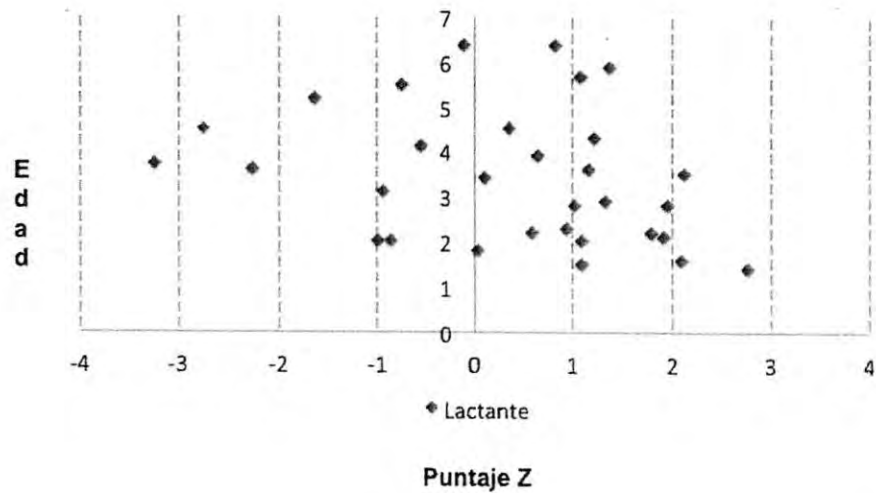
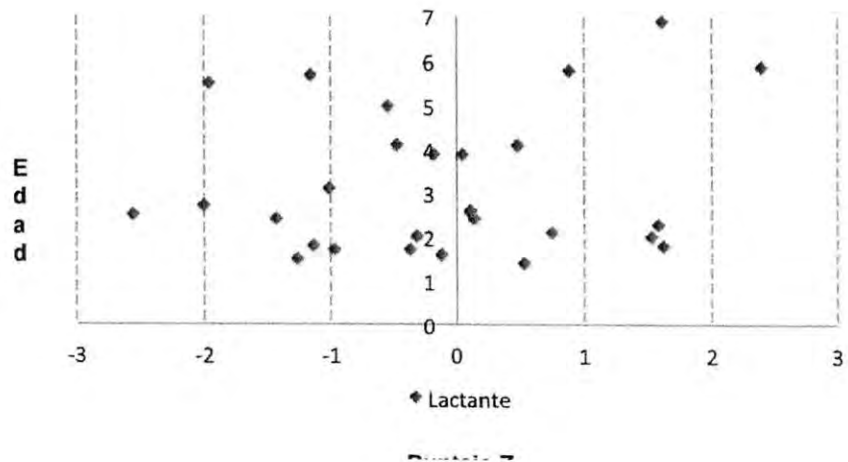


Figura 3. Estado de nutrición de los lactantes según su zona de residencia basado en el indicador peso para la longitud (n=62).

Longitud/Edad lactantes zona agrícola



Longitud/Edad lactantes zona urbana

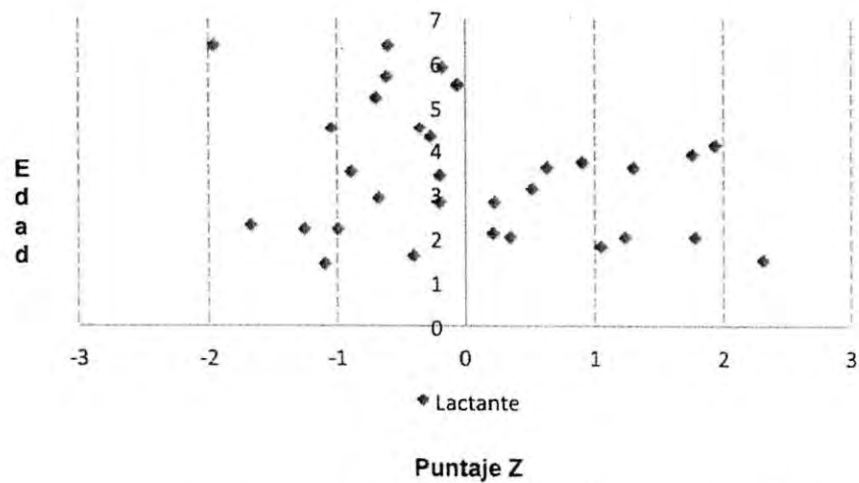


Figura 4. Estado de nutrición de los lactantes según su zona de residencia basado en el indicador longitud para la edad (n=62).

En emaciación (peso / longitud) se detectaron 2 casos leves ($< - 1 z$) y 4 casos moderados ($< - 2 z$), el doble que para el caso de los lactantes urbanos. En la zona agrícola se detectaron 3 casos de bajo peso; tres casos leves ($< - 1 z$) y uno moderado ($< - 2 z$). Finalmente para desmedro o baja talla/edad, se detectaron ocho casos leves ($< - 1 z$) y uno moderado ($< - 2 z$). En la zona urbana fueron seis y uno respectivamente en esta misma calificación.

Se encontraron diferencias en la producción de leche materna diaria según la zona de residencia, en un periodo de catorce días. Los análisis mostraron un volumen promedio ingerido por el lactante de leche materna de 799 mL en la zona agrícola comparado con 707 mL en lactantes en la zona urbana ($p < 0.05$) (Figura 5). Por el contrario, la cuantificación de líquidos adicionales a la leche materna que reciben los lactantes en las dos zonas de estudio es aproximado a los 200 mL ($p > 0.05$) (Figura 6).

El porcentaje de grasa de la leche materna en la zona urbana es en promedio de 2.9% y es mayor comparado con el porcentaje de la zona agrícola de 2.2% ($p < 0.05$). Sin embargo, la ingesta de grasa del lactante a través de la leche materna no difiere entre las zonas de estudio ($p = 0.3$) (Tabla VI).

En la zona agrícola, la cantidad de grasa corporal materna se relaciona con la ingesta diaria de leche materna que recibe el lactante ($p < 0.05$).

Las concentraciones de los plaguicidas estudiados fueron detectadas en algunas de las muestras de leche materna de las participantes. En el caso de los organoclorados se observó una menor concentración y frecuencia del DDT en leche materna con respecto a su metabolito DDE. De manera interesante existe un mayor número de plaguicidas en la leche materna de las participantes de la zona urbana que en la agrícola. La cantidad promedio de cada tipo de plaguicida ingerido por el lactante diariamente depende de su concentración en la muestra de leche materna, la cuantificación del consumo de leche materna diario y el peso del lactante. El análisis del consumo de plaguicidas a través de la leche

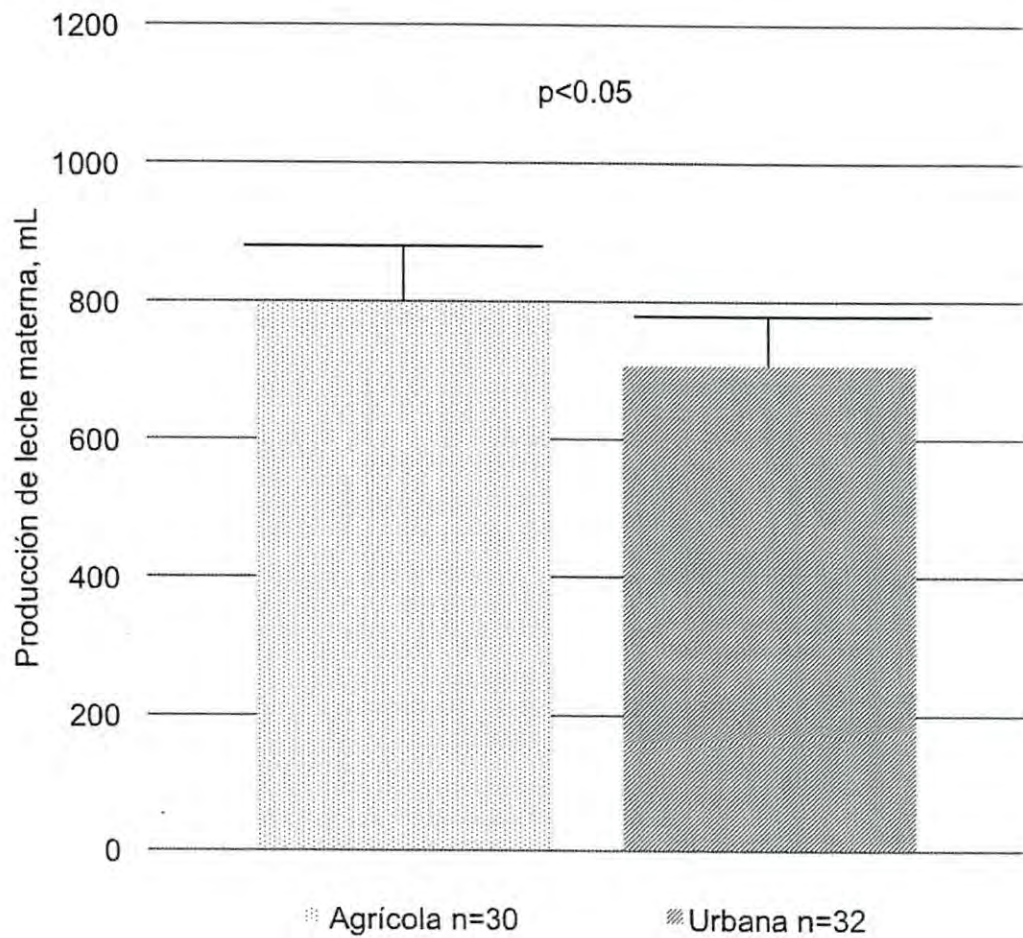


Figura 5. Ingesta de leche materna diaria según su zona de residencia (n=62).

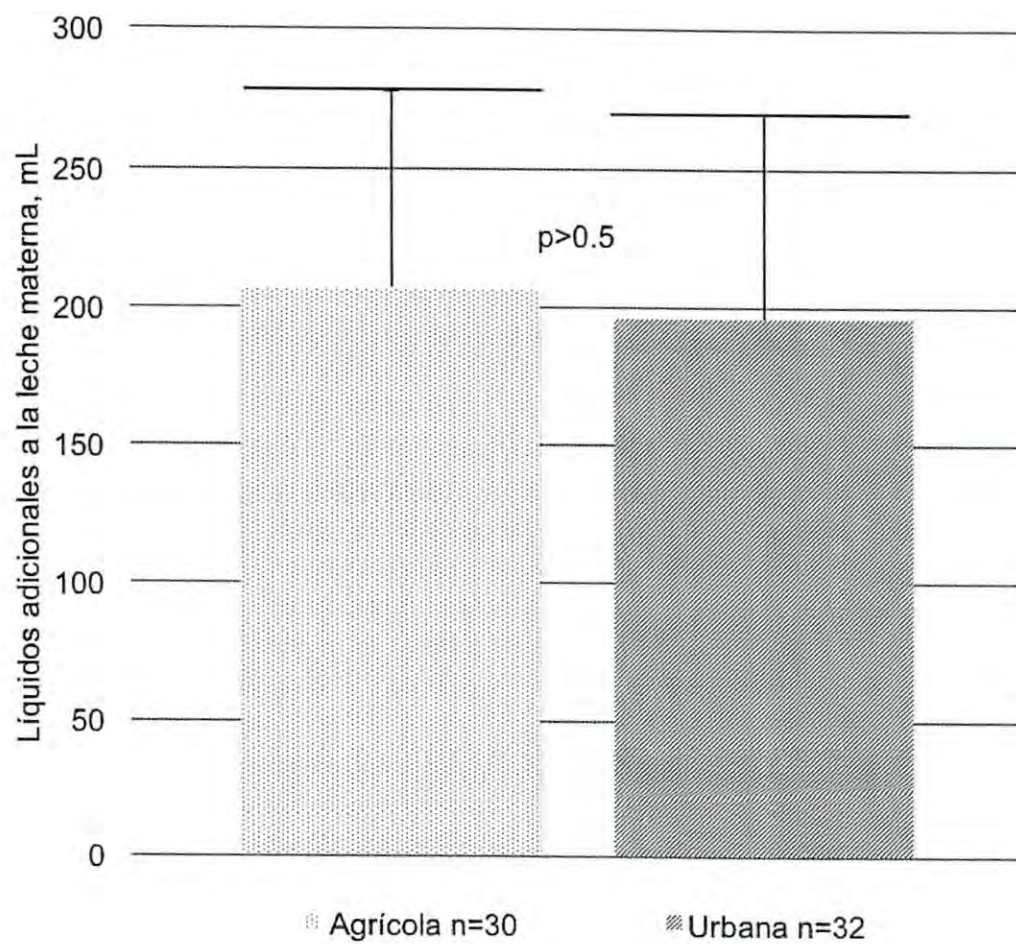


Figura 6. Líquidos adicionales a la leche materna ingeridos por los lactantes según su zona de residencia (n=62).

Tabla VI. Cantidad y porcentaje de grasa en leche materna de zonas agrícolas y urbanas de Sonora (n=62).

	Zona Agrícola (n=30)	Zona Urbana (n=32)	
	Media ± D.E. (Inter)	Media ± D.E. (Inter)	<i>p</i>
Grasa de leche materna, %	2.2 ± 0.7 (2,2.4)	2.9 ± 0.9 (2.6,3.2)	0.021
Grasa de leche materna, mL	17.4 ± 8 (13,22)	26.1 ± 14 (16,36)	0.3

Análisis basado en prueba de U de Mann-Whitney.

materna mostró una diferencia por zonas de estudio, como el caso del DDT (Tabla VII).

Al analizar la zona urbana, se observó que a mayor porcentaje de grasa en la leche materna, mayor es la cantidad de DDE que ingiere el lactante por día a través de la misma ($p < 0.05$).

Respecto a la concentración de piretroides en las muestras de leche materna de las participantes, no se detectó deltametrina en ninguna de las muestras, mientras las concentraciones de la cipermetrina y la cialotrina fueron distintas entre las zonas de estudio. En el caso de la cipermetrina, fue el único plaguicida que rebasó los límites marcados como seguros, encontrado únicamente en muestras de la zona urbana de Sonora (Tabla X).

El análisis del consumo de piretroides totales a través de la leche materna dependen de la suma de la concentración de los plaguicidas estudiados, aunado al consumo de leche materna diario y el peso del lactante. El consumo de piretroides en conjunto, no fue diferente ($p = 0.07$) entre las zonas de estudio aunque se apreció una tendencia, los lactantes de la zona urbana ingieren en promedio 0.0003 mg/Kg/día de piretroides mientras que los de la zona agrícola 0.0006 mg/Kg/día .

Tabla VII. Plaguicidas organoclorados en leche materna de zonas agrícolas y urbanas de Sonora (n=62). Concentraciones en mg/Kg/día.

Plaguicida	Zona Agrícola (n=30)		Zona Urbana (n=32)		p
	Media ± D.E.	^a MP	Media ± D.E.	^a MP	
^b DDT	0.00003 ± 0.0002	1	0.00046 ± 0.0009	9	0.008
DDD	0.00005 ± 0.00004	2	0.00003 ± 0.00002	5	0.3
DDE	0.0024 ± 0.00002	30	0.0016 ± 0.0004	32	0.6
^c Total organoclorados	0.0025 ± 0.0004		0.0021 ± 0.0003		0.8

^aMP = número de muestras positivas

^bIDA DDT: Límite máximo recomendado por FAO/OMS 0.005 mg/kg/día

^cIDA Organoclorados: Límite máximo recomendado por EPA 0.02 mg/kg/día

Análisis basado en prueba de t de Student.

Tabla VIII. Piretroides en leche materna de zonas agrícolas y urbanas de Sonora (n=62). Concentraciones en mg/Kg/día.

Plaguicida	Zona Agrícola (n=30)		Zona Urbana (n=32)		p
	Media ± D.E.	^a MP	Media ± D.E.	^a MP	
^c Cipermetrina	0.003 ± 0.013	8	0.0063 ± 0.024	11	0.001
^c Cialotrina	0.0086 ± 0.031	11	0.00186 ± 0.078	4	0.08
^c Deltametrina	^b ND	^b ND	^b ND	^b ND	

^aMP = número de muestras positivas

^bND: no detectable

^cIDA Piretroides: límite máximo recomendado por EPA 0.005 mg/Kg/día

Análisis basado en prueba de t de Student.

DISCUSIÓN

El estudio presentado es para nuestro conocimiento, el primero que vincula la concentración de plaguicidas en leche humana con los resultados de composición corporal e ingesta de leche materna diaria de lactantes sonorenses, basados en una técnica de dilución isotópica validada. A diferencia de lo reportado en la literatura, el diseño del estudio permite reducir la introducción de sesgo en las estimaciones de las concentraciones de plaguicidas transferidos a través de la lactancia materna, al evitar partir de un consumo supuesto de leche materna diario. El consumo teórico de leche materna utilizado por otros autores oscila entre 600 mL/día (Vargas y Vallejo, 1990) y 800 mL/día (Walizewski y col., 1996; Bouwman y Kylin, 2009). La cantidad de leche que ingieren diariamente los lactantes participantes, concuerda con lo publicado por otros autores que han utilizado el método de dilución con óxido de deuterio para esta determinación, 885 ± 145 g/día (Butte y col., 1992), 759 ± 142 mL/día (Dusdieker y col., 1994), 761 ± 184 mL/día (Albernaz y col., 2003) y 637 ± 247 g/día (Nafeesa y col., 2011).

En la presente investigación se confirmó y se cuantificó la presencia de insecticidas organoclorados y piretroides en la leche de madres lactantes de la ciudad de Hermosillo y de zonas agrícolas del Estado de Sonora, en las que es frecuente la fumigación terrestre y aérea. Los hallazgos son significativos pero no alarmantes considerando la cantidad de plaguicidas utilizados en la región.

Los metabolitos de los plaguicidas organoclorados pueden ser encontrados en la mayoría de los sujetos estudiados, aunque no se hayan expuesto recientemente de manera directa. Algunos estudios han determinado que los plaguicidas organoclorados son los encontrados con mayor frecuencia en la leche humana (Dirtu y Covaci, 2010; Haraguchi y col., 2009). De los plaguicidas investigados, el DDT y sus metabolitos se encontraron en la mayoría de las muestras, lo que concuerda con lo publicado por otros autores como

Vargas y Vallejo (1990) que en 39 de las 48 muestras analizadas (81%) se encontraron plaguicidas organoclorados; por otro lado Waliszewski y colaboradores (1996) reportaron concentraciones de *p,p'*-DDE y *p,p'*-DDT en las 43 muestras analizadas en un estudio que se llevó a cabo en México. En 2006 se estudiaron en zonas endémicas y no endémicas de malaria, piretroides y el DDT y sus metabolitos; los cuales fueron detectados en el 100% de las muestras (Bouwman y col., 2006; Vargas y Vallejo, 1990; Waliszewski y col., 1996).

Un estudio en seres humanos demostró que las concentraciones elevadas de *p,p'*-DDE en la leche materna estaban asociadas con períodos de lactancia más breves que en aquellas personas sin la exposición. Se estima que aquellas mujeres que brindan lactancia materna exclusiva podrían eliminar el 50% de la carga corporal de DDT en su organismo en menos de 2 años (Torres-Sánchez y López-Carrillo, 2007). Sin embargo en la presente investigación, no se excedieron los límites de la IDA, contrario a lo que se demuestra en la bibliografía. Vargas y Vallejo reportaron 0.075 µ/mL ó ppm en leche materna. Por otro lado, García-Banuelos y Meza-Montenegro, reportaron concentraciones en leche materna de 0.08 de *p,p'*-DDT y 0.11 *p,p'*-DDE en el Valle del Yaqui, Sonora (Vargas y Vallejo, 1990; García-Banuelos y Meza-Montenegro, 1991).

De acuerdo a la zona de residencia de las participantes, la exposición a piretroides es diferente a lo publicado en un estudio realizado en Polonia, donde los metabolitos presentes en niños preescolares y escolares se detectaron con mayor frecuencia y en concentraciones más altas en las zonas rurales (93.8%) que en las urbanas (77.4%) (Wielgomas y Piskunowicz, 2013). A su vez, Trunnelle y colaboradores reportaron que las concentraciones de piretroides pueden ser especialmente elevadas en hogares de familias de trabajadores agrícolas inmigrantes, que a menudo viven próximos a campos agrícolas y se enfrentan a malas condiciones de vivienda (Corcellas y col., 2012; Trunnelle y col., 2013).

En un estudio encontraron que la paridad fue la variable que demostró mayor asociación con la concentración de plaguicidas organoclorados ($p < 0.001$) utilizando un análisis multivariado (Polder y col., 2009). A menor concentración de piretroides y plaguicidas organoclorados en leche materna, mayor número de hijos alimentados al seno materno tienen las mujeres en periodo de lactancia (Bedi y col., 2013). Un estudio en África encontró que las concentraciones mayores de DDT fueron en madres uníparas (238.23 $\mu\text{g/L}$) y de piretroides como deltametrina (8.39 $\mu\text{g/L}$) en multíparas. Al igual que en el presente estudio, las concentraciones de estos plaguicidas no rebasaron los límites seguros, lo que confirma la seguridad alimentaria de la leche materna (Bouwman y col., 2006; Polder, 2009).

En nuestro estudio se detectó que a pesar de que el total de las participantes declararon brindar lactancia materna exclusiva, en realidad, el 43% correspondió a este tipo de lactancia y el resto resultó ser predominante al seno materno, según declaración de las madres. En el estudio de Moore y colaboradores en 2007, el porcentaje de mujeres que declararon lactancia materna exclusiva representó el 76.5% de la muestra y al final del estudio se detectó que 12 participantes realmente deberían haber sido clasificadas en alimentación predominante al seno materno. Medoua y col. en 2012 publicaron que del 75% de la población en estudio declaró brindar lactancia materna exclusiva y únicamente el 11% realmente se encuentra en ésta clasificación, el resto de las participantes brindaban alimentación predominante al seno materno ó mixta. Esto demuestra que las mujeres en periodo de lactancia, en muchas ocasiones confunden y generalizan los términos descritos.

Algunos estudios muestran que el lactante juega un papel activo en la regulación del volumen de leche materna que recibe por la influencia de su peso y longitud. Los puntajes Z obtenidos en el presente estudio son similares a investigaciones que evaluaron la producción diaria de leche materna por diferentes métodos como longitud para la edad de 0.42 a 0.24, peso para la

edad de 0.91 a 0.62 y peso para la longitud de 0.64 a 0.44 respectivamente (Dusdieker y col., 1994; Kusun y col., 1991). En un trabajo realizado en lactantes residentes en una comunidad rural del Estado de México, se observaron puntajes Z inferiores a los encontrados en el presente estudio. Los autores mencionaron que el riesgo de desnutrición e infecciones en estados del sur de la República Mexicana es mayor que en el norte sobre todo en zonas marginadas. Algunos de los lactantes en el estudio que se hace referencia presentaron episodios de diarrea e infección y no fueron excluidos; por lo tanto, su peso y longitud pudieron verse afectados en éste sentido (Villalpando y López-Alarcón, 2000).

Un estudio en Estados Unidos demostró que las mujeres que brindan lactancia materna exclusiva o predominante al seno materno, presentan una disminución en el peso corporal comparadas con las que complementaron su alimentación. Sin embargo, no se midieron niveles de la grasa corporal (Hatsu y col., 2008). En una cohorte pequeña estudiada en una zona rural, se probó que a mayor producción de leche humana existe una mayor movilización de grasa corporal materna y la lactancia se establece por un periodo de tiempo más prolongado (Nafeesa y col., 2011). Sin embargo, en el presente estudio no se encontró asociación entre la ingesta de leche humana y grasa corporal materna como en el estudio de Wells y colaboradores (2012).

El estudio de Dusdieker y colaboradores concluyó que las mujeres en periodo de lactancia que tienen un estado de nutrición saludable y cuentan con una producción de leche materna establecida exclusiva ó predominante al seno materno, pueden llegar a disminuir 0.45 kg/semana de peso corporal (Dusdieker y col., 1994). Esto concuerda con la producción de 796 mL/día implica la movilización de reservas de grasa de 300 a 500 g al mes (Butte y col., 2001).

Ruel y colaboradores en 2013 encontraron una relación entre el índice de masa corporal de madres guatemaltecas y el contenido de grasa en la leche que produjeron. En el presente estudio no se encontró tal relación. Mostró resultados

consistentes con respecto a la relación inversa entre la producción de leche materna y el contenido de grasa en la leche (Lubetzky y col., 2012). En la población agrícola se observaron concentraciones más bajas de grasa en la leche materna debido a una producción mayor de leche; tal como es el caso de un estudio en Gambia que obtuvo los mismos resultados. Por otro lado a menor volumen de leche materna, como en este caso, la zona urbana, mayor concentración de grasa en ella (Caire, 2002; Vähämiko y col., 2013).

CONCLUSIONES

La ingesta de leche materna de los lactantes que residen en la zona agrícola es mayor comparada con la de los habitantes de la zona urbana. Además, la concentración de los plaguicidas organoclorados en la leche humana es mayor en residentes de la zona urbana que en la agrícola. En el caso de los piretroides estudiados, los resultados son similares entre las zonas de estudio, a excepción de la cipermetrina, que se encuentra en mayor concentración en la zona urbana. La leche materna de las mujeres que residen en las zonas de estudio, se puede considerar un alimento seguro para el consumo de los lactantes, debido a la baja carga de plaguicidas organoclorados y piretroides que se transfieren a través de ella.

Por otra parte, la composición corporal de las mujeres en periodo de lactancia es similar entre las zonas estudiadas, al igual que el estado de nutrición de los lactantes. Sin embargo, la grasa contenida en la leche materna de las mujeres en periodo de lactancia participantes, es mayor en la zona urbana que en la agrícola.

Los hallazgos del estudio son un parámetro bioquímico y fisiológico de referencia que puede apoyar la promoción de la lactancia materna exclusiva o predominante al seno materno en ambas zonas de estudio y en aquellas poblaciones que compartan características en común a las presentadas en este trabajo.

REFERENCIAS

- Abuelmaali, S.A. Elaagip, A.H., Basheer, M.A., Frah, E.A., Ahmed, F.T., Elhaj, H.F., Sedahmed, O.M., Weetman, D., Abdel-Hamid, M. 2013. Impacts of Agricultural Practices on Insecticide Resistance in the Malaria Vector *Anopheles arabiensis* in Khartoum State, Sudan. *PLoS One*. 18;8(11): e80549.
- Academia Americana de Pediatría. 2012. Breastfeeding and the Use of Human Milk. *Pediatrics*. 129(3): e827-41.
- Albernaz, E., Victora, C., Haisma, H., Wright, A., Coward, W. 2003. Lactation counseling increases breast-feeding duration but not breast milk intake as measured by isotopic methods. *J. Nutr*. 133(1): 205-210.
- Albert, L. 2004. Toxicología Ambiental. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Chihuahua México; 48(1): 343-363.
- Aldana, L., González, E., Craigmill, A., Tsutsumi, V., Armendariz-Borunda, J., Panduro, A., Rincón, A.R. 1998. Cypermethrin increases apo A-1 and apo B mRNA but not hyperlipidemia in rats. *Toxicol Lett*. 95(1): 31-39.
- Aldana, L. 2011. Curso Técnica Cromatografía de Gases. Universidad de Sonora.
- Al-Saleh, I. A. 1994. Pesticides: a review article. *J Environ Pathol Toxicol Oncol*. 13(3): 151-16.
- Anadón, A., Martínez-Larrañaga, M.R., Martínez, M.A. 2009. Use and abuse of pyrethrins and synthetic pyrethroids in veterinary medicine. *Vet J*. 182(1): 7-20.
- Anadón, A., Martínez, M., Martínez, M.J., Díaz M.J., Martínez-Larrañaga, M. 2006. Toxicokinetics of lambda-cyhalothrin in rats. *Toxicol Lett*. 165(1): 47-56.

- AOAC. 2006. Official Methods 989.05. Fat in milk. Association of Official Analytical Chemist. Washington, D.C.
- Arriagada, I. 2007. Familias y políticas públicas en América Latina: una historia de desencuentros. *Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)*: Chile.
- ATSDR (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades). 2002a. Resumen de Salud Piretrinas y Piretroides. Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU., Servicio de Salud Pública. Disponible en http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs155.pdf consultado el 24 de noviembre del 2013.
- ATSDR (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades). 2002b. Resumen de Salud Pública DDT, DDE y DDD. Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU., Servicio de Salud Pública. Disponible en http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs35.pdf consultado el 24 de noviembre del 2013.
- ATSDR (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades). 2001. Toxicological Profile for 4,4'-DDT, 4,4'-DDE and 4,4'-DDD. U.S. Department of Health and Human Services. Atlanta. Disponible en http://aguas.igme.es/igme/publica/libro28/pdf/lib28/3_degra.pdf consultado el 10 de octubre del 2011.
- Bedi, J.S., Gill, J.P., Aulakh, R.S., Kaur, P., Sharma, A., Pooni, P.A. 2013. Pesticide residues in human breast milk: risk assessment for infants from Punjab, India. *Sci Total Environ.* 720(6):1;463-464.
- Bouwman, H., Sereda, B., Meinhardt, H.M. 2006. Simultaneous presence of DDT and pyrethroid residues in human breast milk from a malaria endemic area in South Africa. *Environ Pollut* 144(13): 902-17.

- Bouwman, H. y Kylin, H. 2009. Malaria Control Insecticide Residues in Breast Milk: The Need to Consider Infant Health Risks. *Environ Health Perspect.* 117(10): 1477-1480.
- Brown, J. 2008. Nutrición en las Diferentes Etapas de la Vida. Tercera Edición. McGraw-Hill Interamericana. Minnesota.
- Butte, N.F., Wong, W.W., Patterson, B.W., Garza, C., Klein, P.D. 1988. Human-milk intake measure by administration of deuterium oxide to the mother: a comparison with the test weighing technique. *Am J Clin Nutr.* 47: 815-821.
- Butte, N.F., Garza, C., Stuff, J.E., Smith, E.O., Nichols, B.L. 1984. Effect of maternal diet and body composition on lactational performance. *Am J Clin Nutr.* 39(2): 296-306.
- Butte, N.F., Villalpando, S., Wong, W.W., Flores-Huerta, S., Hernandez-Beltran, M.J., Smith, E.O., Garza, C. 1992. Human-milk intake and growth faltering of Mesoamerindian infants. *Am J Clin Nutr.* 55(6): 1109-16.
- Butte, N.F., Wong, W.W., Hopkins, J.M. 2001. Energy Requirements of Lactating Women Derived from Doubly Labeled Water and Milk Energy Output. *J Nutr.* Jan;131(1):53-8.
- Butte, N.F., Lopez-Alarcon, M.G., Garza, C. 2002. Nutrient adequacy of exclusive breastfeeding for the term infant during the first six months of life. Geneva, World Health Organization.
- Carias, D. Velásquez, G., Cioccia, A., Piñero, D., Haydee, I., Hevia, P. 1997. Variaciones temporales en la composición y aporte de macronutrientes y minerales en leches maternas en mujeres venezolanas. *Arch Lat Nutr.* 47(2): 110-17.
- Caire, G., Calderón de la Barca, A.M., Bolaños, A.V., Valencia, M.E., Coward, A.W., Salazar, G., Casanueva, E. 2002. Measurement of deuterium oxide by infrared spectroscopy and isotope ratio mass spectrometry for quantifying

- daily milk intake in breastfed infants and maternal body fat. *Food and Nutrition Bulletin*. 23(3): :38-41.
- Calvario, J. 2007. Masculinidad, riesgos y padecimientos laborales Jornaleros agrícolas del poblado Miguel Alemán, Sonora. *Región y Sociedad*. 19(40): 1870-3925.
- Castellanos, C.G., Servik, I.B., Tanum, M.B., Verhaegen, S., Brandt, I., Ropstad, E. 2013. Differential effects of the persistent DDT metabolite methylsulfonyl-DDE in nonstimulated and LH-stimulated neonatal porcine Leydig cells. *Toxicol Appl Pharmacol*. 15;267(3): 247-55.
- Castro, M., Quintana, N., Quiñones, M. 2007. Evaluación de dos Piretroides en el Control del Vector del Dengue en Putumayo, Colombia. *Rev Salud Pública*. 9(1):106-116.
- Chang, X.L., Xue, Y.Q., Zhang, A.D., Zhu, G.D., Fang, Q. 2013. Deltamethrin resistance, metabolic detoxification enzyme and kdr mutation in *Anopheles sinensis* in region along Huaihe River in Anhui Province. *Zhongguo Xue Xi Chong Bing Fang Zhi Za Zhi*. 25(3): 263-7.
- CICOPLAFEST. 2004. 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, Secretaria de Desarrollo Social. Secretaría de Salud, Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. México.
- Cissé, A.S., Dossou, N., Ndiaye, M., Guèye, A.L., Diop, H.I., Diaham, B., Guiro, A.T., Cissé, D., Sarr, C.S., Wade, S. y col. 2002. Use of Fourier transformed infrared spectrophotometer (FTIR) for determination of breastmilk output by the deuterium dilution method among Senegalese women. *Food Nutr. Bull*. 23(3): 169-73.

- Corcellas, C., Feo, M.L., Torres, J.P., Malm, O., Ocampo-Duque, W., Eljarrat, E., Barceló, D. 2012. Pyrethroids in human breast milk: occurrence and nursing daily intake estimation. *Environ Int.* 15(47): 17-22.
- Coward, W.A., Cole, T.J., Sawyer, M.B., Prentice, A.M. 1982. Breast-milk intake measurement in mixed-fed infants by administration of deuterium oxide to their mothers. *Hum. Nutr. Clin. Nutr.* 36(2): 141-148.
- Coward, W.A. 1998. Modificación del programa para cálculo de ingestión de leche para espectroscopía de infrarrojo. Enviado por la Agencia Internacional de Energía Atómica para los proyectos colaborativos en lactancia. Viena.
- Cuarón, C. 2004. Plaguicidas. Curso CICOPRAFEST. Disponible en <ftp://fmvz.uat.edu.mx/Taller-Manuales/NOM's%20Est.%20comerciales%20e%20ind.%20vet/Presentaci%F3n%202/CURSO%20platicacicoplafest%2023%2011%2004%20Cuar%F3n.ppt> consultado el 24 de noviembre del 2013.
- D'Apolito, K. 2013. Breastfeeding and substance abuse. *Clin Obstet Gynecol.* 56(1): 202-11.
- Dewey, K.G., Heining, M.J., Nommsen, L.A., Peerson, J.M., Lönnerdal, B. 1992. Growth of breast-fed and formula-fed infants from 0 to 18 months: the DARLING Study. *Pediatrics.* 89(6): 1035-41.
- Dewey, K.G. 2003. Is breastfeeding protective against child obesity?. *J Hum Lact.* 19(1): 9-18.
- Dirtu, A.C., Covaci, A. 2010. Estimation of daily intake of organohalogenated contaminants from food consumption and indoor dust ingestion in Romania. *Environ Sci Technol.* 15;44(16): 6297-304.
- Durnin, J.V., Womersley, J. 1974. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: Measurements on 481 men and women aged from 16-72 years. *Br J Nutr.* 32(1): 77-96.

- Dusdieker, L., Hemingway, D., Stumbo, P. 1994. Is milk production impaired by dieting during lactation?. *Am J Clin Nutr.* 59(4): 833-40.
- Eidelman, A. y Schanler, R. 2012. Amamantamiento y uso de leche humana. *Pediatrics.*129;(3): e827- e841.
- EPA (Agencia de Protección Ambiental). 2011. Exposure Factors Handbook 2011 Edition. Consultado en Octubre 2012 en <http://www.epa.gov/ncea/efh/pdfs/efh-complete.pdf>.
- ENSANUT. 2012. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición Resultados Nacionales. Disponible en <http://ensanut.insp.mx/informes/ENSANUT2012ResultadosNacionales.pdf> consultado el 25 de noviembre del 2013.
- Fenske, R.A., Lu, C., Negrete, M., Galvin, K. 2013. Breaking the take home pesticide exposure pathway for agricultural families: workplace predictors of residential contamination. *Am J Ind Med.* 56(9): 1063-71.
- Feo, M.L., Eliarrat, E., Manaca, M.N., Dobaño, C., Barcelo, D., Sunver, J., Alonso, P.L., Menendez, C., Grimalt, J.O.. 2012. Pyrethroid use-malaria control and individual applications by households for other pests and home garden use. *Environ Int.* 38(1):67-72.
- Fransson, G. y Lonnerdal, B. 1982. Zinc, copper, calcium, and magnesium in human milk. *J Pediatr.* 101(4):504-8.
- Gallardo, E., Borja, V., Mendez, J., Sanches, G., Olgúin, H., Ramírez, J. 2001. Situación Actual de la Malaria y el Uso de DDT en México. Secretaría de Salud.
- García-Banuelos, L. y Meza-Montenegro, M. 1991. Principales Vías de Contaminación por Plaguicidas en Neonatos Lactantes Residentes en Pueblo Yaqui, Sonora, México. *ITSON-DIEP I:* 33-42.

- García-Casanova, M.C., García-Casanova, S., Pi, J. M., Ruiz-Mariscal, E., Parellada Esquius N. 2005. Breast-feeding: can health staff positively affect its duration? *Aten Primaria*. 35(6): 295-300.
- Gobierno de la República Mexicana. 2001. Estudio para incrementar la calidad de vida y empleo de los jornaleros agrícolas e indígenas de México. México: Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS), Universidad Autónoma Chapingo (UACH) y Unidad Gestora de Servicios Tecnológicos (UGST).
- Gómez, Y. 2007. Identificación y cuantificación del DDT y sus metabolitos en leche materna de mujeres residentes de Pesqueira, Sonora, México. Tesis de Licenciatura. Departamento de Ciencias Químico Biológicas, Especialidad en Tecnología de Alimentos. Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora.
- González de Cossío, T., Escobar-Zaragoza, L., González-Castell, D., Reyes-Vázquez, H., Rivera-Dommarco, J.A. 2013. Breastfeeding in Mexico was stable, on average, but deteriorated among the poor, whereas complementary feeding improved: results from the 1999 to 2006 National Health and Nutrition Surveys. *J Nutr*. May;143(5): 664-71.
- González, M. 2007. Manual de Alimentación Infantil. Formación Alcalá: México.
- Greer, F. 2012. Dietary counseling for preventing iron deficiency anemia in infants in Brazil: something more is needed. *J Pediatr (Rio J)*. 88(1):4-5.
- Haisma, H., Coward, W.A., Albernaz, E., Visser, G.H., Wells, J.C., Wright, A., Victoria, C.G. 2003. Breast milk and energy intake in exclusively, predominantly and partially breast-fed infants, *Eur J Clin Nutr*. 57(12): 1633-1642.
- Haraguchi, K., Koizumi, A., Inoue, K., Harada, K.H., Hitomi, T., Minata, M., Tanabe, M., Kato, Y., Nishimura, E., Yamamoto, Y., Watanabe, T., Takenaka, K., Uehara, S., Yang, H.R., Kim, M.Y., Moon, C.S., Kim, H.S.,

- Wang, P., Liu, A., Hung, N.N. 2009. Levels and regional trends of persistent organochlorines and polybrominated diphenyl ethers in Asian breast milk demonstrate POPs signatures unique to individual countries. *Environ Int.* 35(7): 1072-9.
- Hatsu, I., Dawn, M.M., Anderson, A. 2008. Effect of infant feeding in maternal body composition. *International Breastfeeding Journal.* 3(18): 1-8.
- HSDB (Hazardous Substances Data Bank). 1999. p,p'-DDT. National Library of Medicine, National Toxicology information Program.
- Heinig, M., Dewey, C. 1997. Health effects of breast feeding for mothers: a critical review. *Nutr Res Rev.* 10(1): 35-56.
- Hörnel, A., Lagstrom, H., Lande, B., Thorsdottir, I. 2013. Breastfeeding, introduction of other foods and effects on health: a systematic literature review for the 5th Nordic Nutrition Recommendations. *Food Nutr Res.* 57(10): 1-27.
- HSDB (Hazardous Substances Data Bank). 1999. p,p'-DDT. Disponible en <http://sis.nlm.nih.gov> consultado el 10 de octubre del 2011.
- IAEA Agencia Internacional de Energía Atómica. 2010. Stable Isotope Technique to Assess Intake of Human Milk in Breastfed Infants. Disponible en http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1429_web.pdf consultado el 20 de agosto del 2011.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2001. *Censo General de Población y Vivienda Sonora*. Tomo I, p. 145 y Tomo II, p. 1457.
- Issler, J. y Casella, C. 2000. Lactancia Materna. *Revista de Posgrado de la Cátedra Via Medicina.*
- Jensen, R.G., Clark, R.M. 1984. Methods of lipid analysis. *J Pediatr Gastroenterol Nutr.* 3(2): 296-99.

- Kamata, R., Shiraishi, F., Takahashi, S., Shimizu, A., Nakajima, D., Kageyama, S., Sasaki, T., Temma, K. 2013. The effects of transovarian exposure to p,p'-DDT and p,p'-DDE on avian reproduction using Japanese quails. *J Toxicol Sci.* 38(6): 903-12.
- Kramer, M.S., Kakuma, R. 2001. The optimal duration of exclusive breastfeeding: a systematic review. Geneva, World Health Organization, document WHO/NHD/01.08–WHO/FCH/CAH/01.23.
- Kusin, J.A., Kardjati, S., Van-Steenbergen, W.M., Renqvist, U.H. 1991. Nutritional transition during infancy in East Java, Indonesia: 2. A longitudinal study of growth in relation to the intake of breast milk and additional foods. *Eur J Clin Nutr.* 45(2): 77-84.
- Labbok, M.H., Clark, D., Goldman, A. 2004. Breastfeeding: maintaining an irreplaceable immunological resource. *Nat Rev Immun.* 4(7); 565-572.
- Liu, C., Shi, Y., Li, H., Wang, Y., Yang, K. 2011. p,p'-DDE disturbs the homeostasis of thyroid hormones via thyroid hormone receptors, transthyretin, and hepatic enzymes. *Horm Metab Res.* 43(6): 391-6.
- Lozano de la Torre, M.J., Pallás, C.R., Hernández, M.T., Aguayo, J., Arena, J., Ares, S., Gómez, A., Díaz, M., Jiménez, A., Landa, L., Lasarte, J.J., Valero, J., y col. 2011. Uso del chupete y lactancia materna. *An Pediatr.* 74(4): 271.e1—271.e5
- Lubetzky, R., Zaidenberg-Israeli, G., Mimouni, F.B., Dollberg, S., Shimoni, E., Ungar, Y., Mandel, D. 2012. Human milk fatty acids profile changes during prolonged lactation: a cross-sectional study. *Isr Med Assoc J.* 14(1): 7-10.
- Manna, S., Bhattacharyya, D., Mandal, T.K., Das, S. 2004. Repeated dose toxicity of alfa-cypermethrin in rats. *J Vet Sci.* 5(3): 241-245.

- Martínez, J., Reed, C. 2002. Acuíferos y libre comercio: el caso de la Costa de Hermosillo, Sonora. Reporte de estudio de Red Fronteriza de Salud y Ambiente, A.C. y Texas Center for Policy Studies.
- Martínez-Larrañaga, M. R., Anadón, A., Martínez, M.A., Martínez, M., Castellano, V., Díaz, M. 2003. 5-HT loss in rat brain by type II pyrethroid insecticides. *Toxicol Ind Health*. 19(7-10): 147-55.
- Medoua, G.N., Sajo, E.C., Ndzana, A.C., Makamto, C.S., Etame, L.S., Rikong, H.A., Oyono, J.L. 2012. Breastfeeding practices in Cameroonian mothers determined by dietary recall since birth and the dose-to-the-mother deuterium-oxide turnover technique. *Matern Child Nutr*. 8(3): 330-9.
- Moore, S., Prentice, A., Coward, W.A., Wright, A., Frongillo, E.A., Fulford, E.A., Mander, A.P., Persson, L., Arifeen, S.E., Kabir, I. 2007. Use of stable-isotope techniques to validate infant feeding practices reported by Bangladeshi women receiving breastfeeding counselling, *Am. J. Clin. Nutr*. 85(4): 1075-1082.
- Moreno, E.D. 2005. Validación del Método de Dispersión de Matriz en Fase Sólida para la Extracción de Plaguicidas en Hortalizas. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico Agropecuario. No 21.
- Nafeesa, N., Rakshanda, B., Zahid, L., Les, B. 2011. Maternal Body Composition and Its Relationship to Infant Milk Intake in Rural Pakistan. *Food Nutr Sci*. 2(9): 932-937.
- Neville, M.C., Keller, R.P., Seacat, J., Cassey, C.E., Allen, J.C., Archer, P, 1984. Studies on human lactation. I. Within-feed and between-breast variation in selected components of human milk. *Am J Clin Nutr* 40(3): 635-46.
- Nommsen, L.A., Lovelady, C.A., Heinig, M.J., Lönnerdal, B., Dewey, K. 1991. Determinants of energy, protein, lipid, and lactose concentrations in human

- milk during the first 12 months of lactation: the Darling Study. *Am J Clin Nutr.* 53(2): 457-65
- OMS. 1982. DDT y sus Derivados. Criterios de Salud Ambiental 9. Organización Mundial de la Salud, Ginebra.
- OMS. 1990. Organización Panamericana de la Salud (OPS), Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. Serie Vigilancia, 9. Plaguicidas organoclorados. México: OMS/OPS.
- OMS. 1993. Organización Panamericana de la Salud (OPS). División medio ambiente. Plaguicidas y salud en las Américas. Washington: OMS/OPS.
- OMS. 1997. Report of a WHO consultation on obesity. Preventing and managing the global epidemic. Ginebra: World Health Organization.
- OMS. 2011. Diez Datos Sobre Lactancia Materna. OMS. Disponible en <http://www.who.int/features/factfiles/breastfeeding/facts/es/index.html> consultado el 20 de agosto del 2011.
- Ortega, J.A., Pastor, E., Ferris, J. 2004. Contaminantes en la Leche Materna. Ataques al Ecosistema de la Lactancia. Porqué la Leche Materna sigue siendo lo mejor para su bebé. *Pediatric Environmental Health Speciality.* 60:127-140.
- Orts, E., García, A.M., Benavides, F.G., Fletcher, T. 1997. Validación de un cuestionario para medir retrospectivamente la exposición laboral a plaguicidas. *Gac Sanit.* 11(6): 274-280.
- Pérez-Maldonado, I.N., Trejo, A., Ruedert, C., Jovel-Rdel, C., Méndez, M.P., Ferrari, M., Saballos-Sobalvarro, E., Alexander, C., Yáñez-Estrada, L., Lopez, D., Henao, S., Pinto, E.R., Díaz-Barriga, F. 2010. Assessment of DDT levels in selected environmental media and biological samples from Mexico and Central America. *Chemosphere.* 78(10): 1244-1249.

- Picciano, M. 2001. Nutrient Composition of Human Milk. *Pediatr Clin North Am.* 48(1):53-67.
- Polder, A., Skaare, J.U., Skierve, E. Loken, K.B., Egoesbo, M. 2009. Levels of chlorinated pesticides and polychlorinated biphenyls in Norwegian breast milk (2002-2006), and factors that may predict the level of contamination. *Sci Total Environ.* 407(16): 4584-90.
- Prado, G., Carabias, R., Rodríguez, G. y Herrero, E. 2002. Presencia de residuos y contaminantes en la leche humana. *Rev. Esp. Salud Publica.* 76(2): 121-132.
- Prieto, L., Herranz, I. 2010. Bioestadística sin dificultades matemáticas. Ediciones Díaz de Santos: España.
- Raina, S., Mengi, V., Singh, G. 2012. Differentials in colostrum feeding among lactating women of block RS Pura of J and K: A lesson for nursing practice. *Iran J Nurs Midwifery Res.* 17(5): 386–389.
- Ramírez, J. y Lacasaña, M. 2001. Plaguicidas clasificación, uso, toxicología y medición de la exposición. *Arch Prev Riesgos Labor.* 4(2): 67-75.
- Red de Accion en Plaguicidas y sus Alternativas en América Latina. 2010. Efectos de los plaguicidas organoclorados en la salud humana. Disponible en <http://www.rap-al.org/index.php?seccion=4&f=toxicidad.php> Consultado en Mayo del 2013.
- Rogan, W.J., Gladen, B.C. 1993. Breast-feeding and cognitive development. *Early Hum Dev.* 31(3): 181-93.
- Rojas-Squella. X., Santos, L., Baumann, W., Landaeta, D., Jaimes, A., Correa, J.C., Sarmiento, O.L., Ramos-Bonilla, J.P. 2013. Presence of organochlorine pesticides in breast milk samples from Colombian women. *Chemosphere.* 91(6): 733-9.

- Ruel, M., Dewey, K., Martínez, C., Flores, R., Brown, K. 2013. 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(2): 439-44.
- Sachdev, H.P., Krishna, J., Puri, R.K., Satyanarayana, L., Kumar, S. 1991. Water supplementation in exclusively breast-fed infants during summer in the tropics. *Lancet* 337(8747): 929-933.
- Salazar-García, F., Gallardo-Díaz, E., Cerón-Mireles, P., Loomis, D., Borja-Aburto, V.H. 2004. Reproductive effects of occupational DDT exposure among male malaria control workers. *Environ Health Perspect.* 112(5): 542-7.
- Secretaría de Salud. 2008. Programa de Acción Específico 2007-2012 Paludismo. México, DF. 1:10.
- Secretaría de Salud. 2013. Rutas de fumigación del 18 al 23 de noviembre de 2013. Disponible en <http://www.saludsonora.gob.mx/nota.php?id=1625> consultado el 22 de noviembre del 2013.
- Shepherd, J. 1994. Lipoprotein metabolism, an overview. *Drugs.* 47(2): 1-10.
- Sim, M.R., McNeil, J.J. 1995. Monitoring Chemical Exposure Using Breast Milk: A Methodological Review. *Am J Epidemiol.* 136(1): 1-11.
- Smith, M. 2003. Initiation of breastfeeding among mothers of very low birth weight infants. *Pediatrics.* 111(6): 1337-42.
- Sudaryanto, A., Kunisue, T., Kajiwara, N., Iwata, H., Adibroto, T.A., Hartono, P., Tanabe, S. 2006. Specific accumulation of organochlorines in human breast milk from Indonesia: levels, distribution, accumulation kinetics and infant health risk. *Environ Pollut.* 139(1): 107-17.
- Sutcliffe, B. 1996. Nacido en otra parte: Un ensayo sobre la migración internacional, el desarrollo y la equidad. *Hegoa*: Bilbao.

- Torres-Sánchez, L., López-Carrillo, L. 2007. Efectos a la salud y exposición a p,p'-DDT y p,p'-DDE: el caso de México. *Ciência & Saúde Coletiva*, 12(1): 51-60.
- Trunnelle, K.J., Bennett, D.H., Tancredi, D.J., Gee, S.J., Stoecklin-Marois, M.T., Hennessy-Burt, T.E., Hammock, B.D., Schenker, M.B. 2013. Alternative pyrethroids in house dust from the homes of farm worker families in the MICASA study. *Environ Int.* 61:57-63.
- UNICEF. 1995. Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia: Manual de Lactancia para Profesionales de la Salud. *Editoras C Shellhorn, V Valdés: Chile.*
- Uribarren, T. 2013. Paludismo o Malaria. Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en <http://www.facmed.unam.mx/deptos/microbiologia/parasitologia/paludismo.html> consultado el 27 de agosto del 2013.
- Vähämäki, S., Isolauri, E., Laitinen, K. 2013. Weight status and dietary determine serum leptin concentrations in pregnant and lactating women and their infants. *Br J Nutr.* 110(6):1098-106.
- Vargas, A., Vallejo, M. 1990. Residuos de Insecticidas Organoclorados en Leche Humana y de Vaca en Colombia. *Bol Of Sanit Panam.* 108(3):220-8.
- Villalpando, S., López-Alarcón, M. 2000. Growth faltering is prevented by breast feeding in underprivileged infants from Mexico City. *J Nutr.* 130(3): 546-52.
- Waliszewski, S.M., Pardio, V.T., Chantiri, J.N., Infanzon, R.M., Rivera, J. 1996. Organochlorine pesticide residues in adipose tissue of Mexicans. *Sci Total Environ.* 181(2):125-31.
- Waliszewski, S.M., Sanchez, K., Caba, M., Saldariaga-Noreña, H., Meza, E., Zepeda, R., Valencia-Quintana, R., Infanzon, R. 2012. Organochlorine

pesticide levels in female adipose tissue from Puebla, Mexico. *Bull Environ Contam Toxicol.* 88(2): 296-301.

Wells, J.C., Jonsdottir, O.H., Hibberd, P.L., Fewtrell, M.S., Thorsdottir, I., Eaton, S., Lucas, A., Gunnlaugsson, G., Kleinman, R.E. 2012. Randomized controlled trial of 4 compared with 6 mo of exclusive breastfeeding in Iceland: differences in breast-milk intake by stable-isotope probe. *Am J Clin Nutr.* 96(1): 73-9.

Wielgomas, B., Piskunowicz, M. 2013. Biomonitoring of pyrethroid exposure among rural and urban populations in northern Poland. *Chemosphere.* 93(10): 2547-53.

Wilden, E.M., Bentley, M.E., Kayira, D., Chasela, C.S., Jamieson, D.J., Tembo, M., Soko, A., Kourtis, A.P., Flax, V.L., Ellington, S.R., Horst, C.M., Adair, L.S. 2013. Maternal weight loss during exclusive breastfeeding is associated with reduced weight and length gain in daughters of HIV-infected Malawian women. *J Nutr.* 143(7): 1168-75

Wu, A., Li, L., Liu, Y. 2003. Deltamethrin induces apoptotic cell death in cultured cerebral cortical neurons. *Toxicol Appl Pharmacol.* 187(5): 50-7.

Yagüe, C. Bayarri, S., Lázaro, R., Conchello, P., Ariño, A., Herrera, A. 2001. Multiresidue determination of organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in milk by gas chromatography with electron-capture detection after extraction by matrix solid-phase dispersion. *J AOAC Int.* 84(5):1561-8.

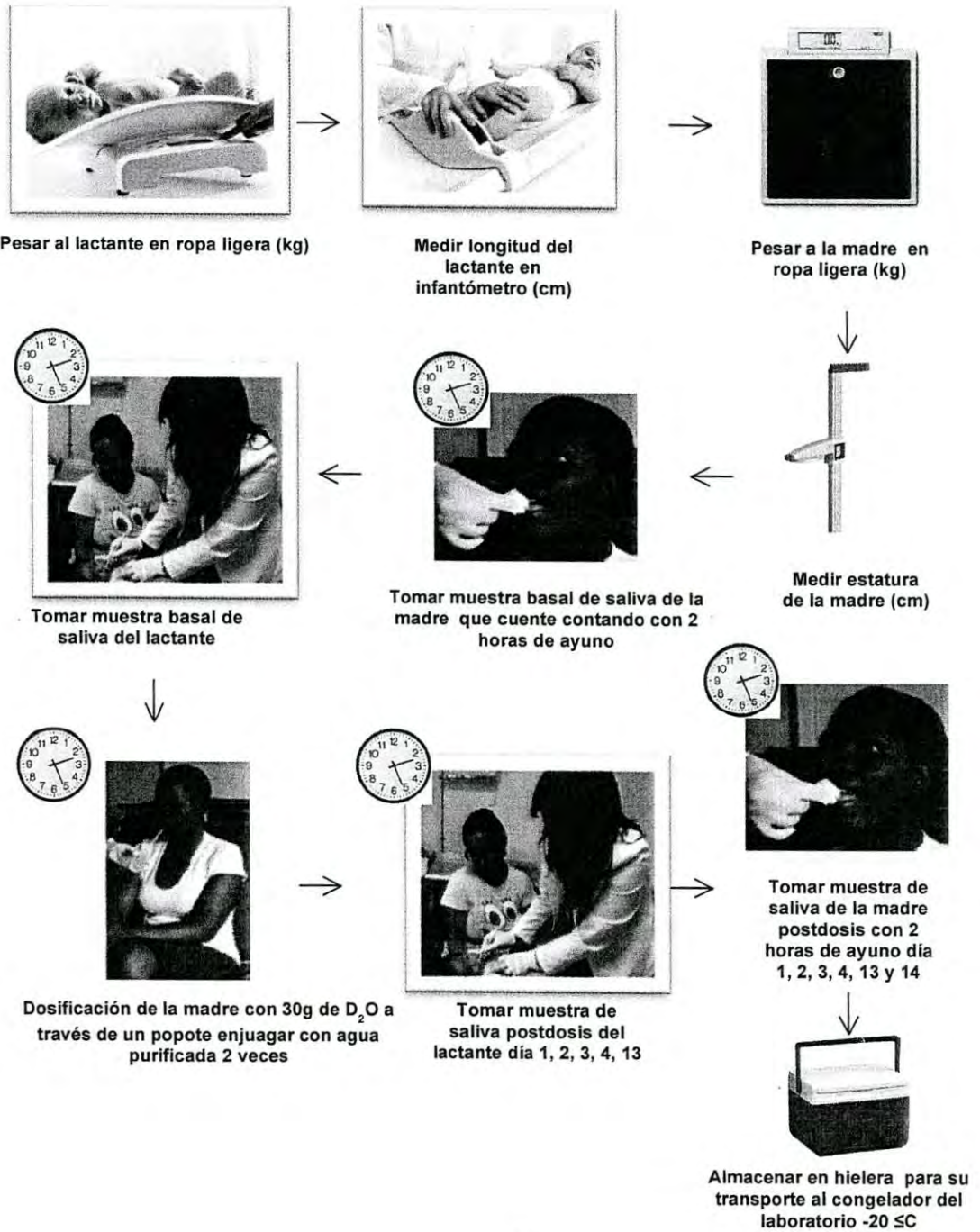
APÉNDICES

Apéndice 1. Uso de DDT en países Mesoamericanos

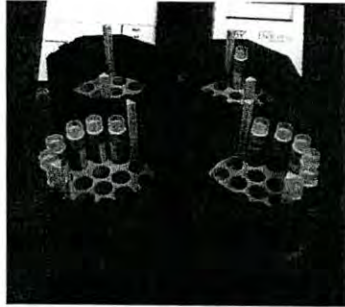
País	Periodo uso	Años uso	Toneladas DDT	Toneladas por año de uso
Panamá	(1967-1971)	4	189	47
El Salvador	(1946-1973)	27	4271	158
Honduras	(1950-1978)	28	2640	94
Guatemala	(1958-1979)	21	4790	228
Costa Rica	(1957-1985)	28	1387	50
Nicaragua	(1959-1991)	32	2172	68
México	(1957-2000)	43	69,545	1,617

Fuente: Adaptada de Maldonado y col., 2011

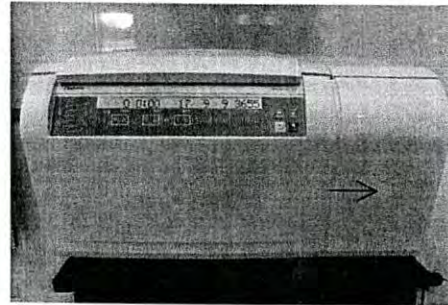
Apéndice 2. Diagrama flujo método dosis a la madre muestreo



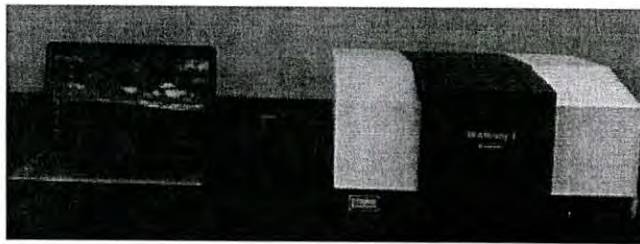
Apéndice 3. Procesamiento de muestras de saliva FTIR y software



**Descongelar
muestras de saliva**



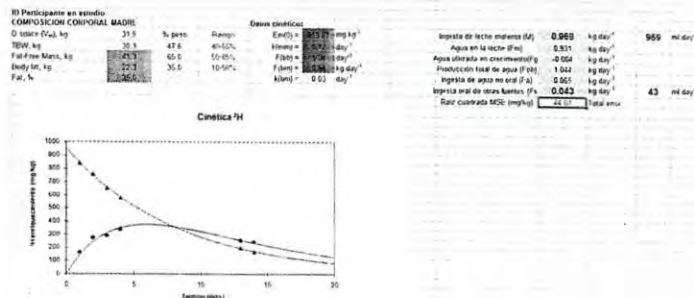
**Centrifugar a 2700rpm = 28.8G
durante 10 minutos**



**Colocar celda cargada en FTIR
Leer en programa IR Solution
Exportar espectros a programa Isotope para
obtener ppm**



Inyectar saliva a la celda



**Ingresar datos hoja
cálculo Excel para
obtener composición
corporal materna y
ingesta de leche materna
y otros líquidos**

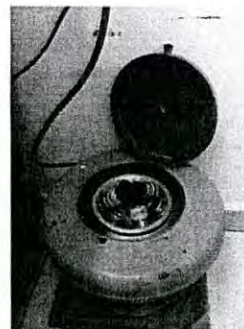
Apéndice 4. Extracción de grasa en leche materna



Pesar 10g muestra de leche



Agregar 1.25 mL de NH_4OH

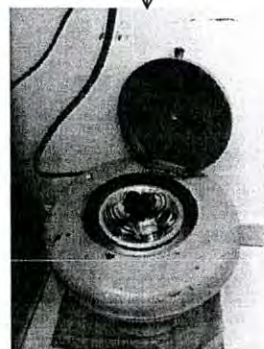


Centrifugar a 600rpm por 5 min

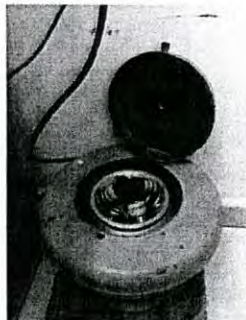


- Agregar 12.5 mL eter etílico
- Agregar 12.5 mL eter petróleo
- Agregar 5 gotas fenofaleina

Utilizar agitador durante 1 minuto entre cada sustancia



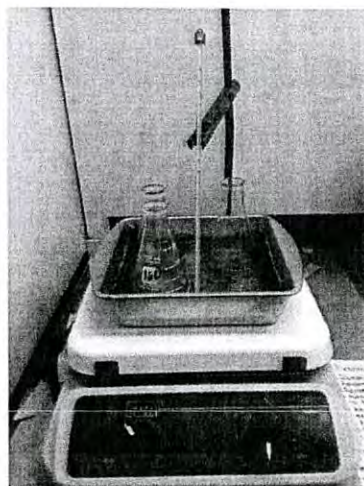
Centrifugar a 600rpm por 5 min



Centrifugar a 600rpm por 5 min



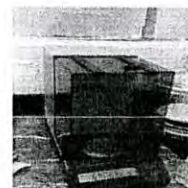
Adicionar 5 mL etanol



Evaporar solventes en un baño a $38^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$



Secar en horno a $102^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$



Pesar muestra y calcular diferencia con el peso inicial