

# GÉNERO, AMBIENTE Y CONTAMINACIÓN POR SUSTANCIAS QUÍMICAS



**GOBIERNO  
FEDERAL**

**SEMARNAT**



[www.gobierno federal.gob.mx](http://www.gobierno federal.gob.mx)  
[www.semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx)



**Vivir Mejor**

# **GÉNERO, AMBIENTE Y CONTAMINACIÓN POR SUSTANCIAS QUÍMICAS**

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales  
Instituto Nacional de Ecología

**Compilación y Edición técnica**

Leonor A. Cedillo. Dirección de Investigación sobre Sustancias Químicas y Riesgos Ecotoxicológicos/ DGICUR. Instituto Nacional de Ecología.

Frineé Kathia Cano Robles. Dirección de Investigación sobre Sustancias Químicas y Riesgos Ecotoxicológicos/ DGICUR. Instituto Nacional de Ecología.

**Revisión técnica**

Luz Helena Sanín. Universidad Autónoma de Chihuahua

**Revisión editorial**

Ana María Sánchez Mora. Dirección General de Divulgación de la Ciencia. Universidad Nacional Autónoma de México

Primera edición: 2012

D.R.©Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)

Blvd. Adolfo Ruiz Cortines 4209. Col. Jardines en la Montaña

C.P. 14210. Delegación Tlalpan, México, D.F.

[www.semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx)

Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT)

Periférico sur 5000, Colonia Insurgentes Cuicuilco,

C.P. 04530. México, D.F.

[www.ine.gob.mx](http://www.ine.gob.mx)

Coordinación editorial: Raúl Marcó del Pont Lalli

ISBN: 978-607-8246-13-7

Impreso en México

# ÍNDICE

<b>Prólogo</b>	<b>5</b>
• Leonor A. Cedillo, Atene Durán González	
<b>Introducción</b>	<b>13</b>
• Hilda Rodríguez	
<b>Lista de acrónimos y siglas</b>	<b>19</b>
<b>La ausencia del enfoque de género en los estudios y políticas públicas sobre la contaminación del medio ambiente y los riesgos para la salud pública</b>	<b>21</b>
• Mireya Scarone Adarga	
<b>Caracterización de una zona contaminada por nitratos y su impacto en la salud humana</b>	<b>35</b>
• Esperanza Yasmín Calleros Rincón, María Teresa Alarcón Herrera, Javier Morán Martínez, Jose Antonio Cueto Wong, Rebeca Pérez Morales, Luz Helena Sanin	
<b>A más de una década de los estudios de ftalatos en México</b>	<b>55</b>
• Patricia Bustamante-Montes, Patricia Borja-Bustamante	
<b>Agroquímicos y mujeres indígenas jornaleras en Baja California</b>	<b>67</b>
• Lourdes Camarena Ojinaga, Christine Alysse von Glascoe, Evarista Arellano García, Erika Zúñiga Violante, Concepción Martínez Valdés	
<b>Efectos reproductivos en agricultores expuestos a plaguicidas en Muna, Yucatán</b>	<b>79</b>
• Norma E. Pérez Herrera, Jorge A. Alvarado Mejía, María Teresa Castillo Burguete, Rosa Leticia González Navarrete, María Betzabet Quintanilla Vega	

<b>Daño genotóxico en mujeres y hombres expuestos a plaguicidas en cuatro localidades de Baja California</b>	<b>95</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• María Evarista Arellano García, Lourdes Camarena Ojinaga, Christine Alysse Von-Glascoe, Balam Ruiz Ruiz, Erika Zúñiga Violante, Tatiana Montaña Soto</li></ul>	
<b>Evaluación de la exposición perinatal al DDT y sus metabolitos en mujeres mexicanas</b>	<b>115</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Leticia Yáñez Estrada, Ma. Rocío Ramírez Jiménez, María Athanasiadou, Rebeca Mejía Saucedo, Olga Dania López Guzmán</li></ul>	
<b>Niveles de plaguicidas organoclorados en madre e hijo</b>	<b>133</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Stefan M. Waliszewski, Margarita Herrero-Mercado, Mario Caba, Leonor Cedillo, Enrique Meza, Rossana Zepeda, Felix Hernández-Chalate, Raúl Infanzón</li></ul>	
<b>Compuestos orgánicos persistentes en leche materna de mujeres de Yucatán</b>	<b>153</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Rosa Leticia González Navarrete, Jorge A. Alvarado Mejía, Norma Elena Pérez Herrera</li></ul>	
<b>Diferencias de género en el ciclo de vida de los productos electrónicos y sus residuos</b>	<b>167</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Frineé Kathia Cano Robles, Arturo Gavilán García, Víctor Alcántara Concepción</li></ul>	
<b>Glosario</b>	<b>181</b>
<b>Autores</b>	<b>191</b>

# PRÓLOGO

El INE es una institución comprometida con el impulso a la investigación científica y el conocimiento en temas vinculados al medio ambiente, la ecología y la sustentabilidad, con la finalidad de orientar el desarrollo de políticas públicas y coadyuvar en la toma de decisiones en materia ambiental.

En este proceso el INE ha incorporado diversos enfoques, marcos teóricos y perspectivas, incluidas las de las ciencias sociales, que enriquecen su interpretación y análisis de la realidad y de sus objetos concretos de estudio. Gran parte de las problemáticas existentes, entre ellas las derivadas del cambio climático y de la contaminación ambiental por sustancias químicas tóxicas en cualquier etapa de su ciclo de vida<sup>1</sup>, tienen indiscutiblemente causas antropogénicas y de interacción social, que no solo ponen en riesgo nuestros ecosistemas, sino que tienen importantes repercusiones en la salud y la calidad de vida de la población, en función del género, la edad e, incluso, del ciclo vital de mujeres y hombres.

Esta premisa fue el punto de partida para el desarrollo de este proyecto, cuyo objetivo fue conjuntar la experiencia de investigadoras e investigadores de las áreas de salud, ambiente y toxicología, interesados en incorporar la categoría de género en sus estudios, para abordar temas como la exposición diferenciada (i.e. división sexual del trabajo), la interacción social y biológica en los estudios de la toxicología ambiental, y los efectos de las sustancias químicas tóxicas en hombres y mujeres, entre otros.

El primer paso fue la realización de un taller, convocado por el INE, en abril de 2011, para abordar elementos teórico-conceptuales de la perspectiva de género que permitieran la reflexión en torno a las políticas públicas, género y desarrollo sustentable, y la importancia en el proceso de transversalidad de esta perspectiva en la administración pública, particularmente en el sector ambiental.

---

1 Se refiere al ciclo de vida de las sustancias químicas en el que se observan las etapas de diseño, producción, comercialización, transporte, incorporación a productos de consumo durante su uso y al final de su vida útil, así como las liberaciones al ambiente que ocurren en cualquiera de estas etapas.

Estos planteamientos permitieron ubicar el tema central que orientó la discusión en la incorporación de la categoría de género, como eje de análisis, a partir de algunas preguntas detonadoras, mismas que las y los autores retomaron en sus investigaciones: ¿Hay diferencias entre hombres y mujeres en el tema estudiado? ¿Esa diferencia representa una desventaja hacia hombres o mujeres? ¿Hay diferencias en la exposición, la gestión de los recursos o en la atención del problema? ¿Cuál es el elemento de discriminación de género en la situación estudiada?

En este mismo contexto y como parte del proceso de desarrollo de capacidades y formación de quienes asumieron el reto de hacer una forma diferente de investigación, se llevó a cabo el seminario “Metodologías de investigación con perspectiva de género”, para analizar y revisar la aplicación de esta categoría en los trabajos propuestos por las y los investigadores participantes en este proyecto, cuyos resultados se plasman en la presente publicación, realizada de manera conjunta con la Dirección de Equidad de Género de la Unidad Coordinadora de Participación Social y Transparencia de la Semarnat, en el marco del Programa Hacia la Equidad de Género y la Sustentabilidad Ambiental.

En el taller y el seminario que precedieron a esta publicación, se enfatizaron las diferencias que resultan de utilizar la categoría de análisis de sexo y la de género en las investigaciones. El primero, por las diferencias biológicas correspondientes a hombres y mujeres, diferencias que afectan la acumulación, el paso transgeneracional y los efectos de las sustancias químicas tóxicas en uno u otro sexo; y el segundo, por los aspectos correspondientes a la asignación de roles entre hombres y mujeres, que influyen en la manera en que utilizan dichas sustancias o se ven expuestos a ellas. Por ello, es igualmente importante incluir, desde el diseño de las investigaciones, ambas categorías. Esta contribución no solo da respuesta a esta necesidad, sino que plantea las preguntas adecuadas para determinar lo que se puede hacer con la información recabada. En cada capítulo se discute cómo se incluye o no la categoría de género, y qué se recomienda para avanzar en la incorporación del enfoque de género en futuros trabajos.

## **LAS CONTRIBUCIONES A ESTE LIBRO**

**Hilda Rodríguez** nos presenta una introducción para este compendio que permite contar con un marco referencial a los lectores y las lectoras interesados que no sean especialistas en el tema de género.

**Mireya Scarone** muestra de forma panorámica tanto los diversos aportes como las ausencias de la perspectiva de género en la investigación y en las políticas públicas relativas a la contaminación del medio ambiente y sus riesgos para la salud pública.

**Esperanza Calleros** y colaboradores exponen el tema de la contaminación natural y antropogénica por nitratos y su impacto en la salud de la población infantil y adulta de la zona de la Comarca Lagunera. Relacionan el aumento de metahemoglobina en los niños varones con el tipo de actividad que realizan en el campo. En la población adulta de mujeres, se reporta un aumento del tiempo para embarazarse entre aquellas que tienen una exposición mayor. Para complementar los resultados de esta línea de investigación, se reportan también los efectos de las concentraciones de nitritos en plasma seminal y su asociación con la motilidad de los espermatozoides, concluyendo que hay una tendencia a que estos contaminantes afecten a la fecundidad.

En el capítulo sobre el estudio de los ftalatos en México, **Patricia Bustamante** y coautora reconstruyen la historia de la investigación sobre los ftalatos en México, a más de una década de haber sido iniciada. Las autoras discuten sobre la incorporación o ausencia de la perspectiva de género en estos estudios. Reflexionan sobre los cambios que ha habido en el país desde que se cuenta con resultados de estudios sobre esta familia de compuestos, las fuentes de exposición y sus efectos en la salud en México. Resaltan que México es un país productor de plastificantes y por lo tanto de ftalatos. Se comenta sobre la acción voluntaria de la industria de juguetes para dejar de importar los que contenían ftalatos. Las fuentes de exposición analizadas fueron productos infantiles, aparatos médicos y leche materna. Y sobre los efectos se destacan aquellos en niños recién nacidos de sexo masculino. Las autoras recomiendan la incorporación del análisis de género y la implementación de acciones en los sistemas y servicios de salud.

La confluencia de los aspectos sociales, laborales y tecnológicos en la zona de los valles de Maneadero y San Quintín en el estado de Baja California es el eje del trabajo presentado por **Lourdes Camarena** y colaboradoras. En este capítulo se destaca el papel predominante de las mujeres indígenas en las labores agrícolas de la zona, y sus percepciones acerca de los riesgos para su salud causados por la exposición a plaguicidas.



**Norma E. Pérez** y colaboradores presentan los resultados de sus estudios sobre los efectos reproductivos en agricultores varones expuestos a plaguicidas y en sus parejas sexuales, en el municipio de Muna, estado de Yucatán. Las autoras documentan los plaguicidas más utilizados y las prácticas prevalecientes para su aplicación; reportan resultados reproductivos, como abortos y partos pretérmino, entre las parejas expuestas comparadas con las no expuestas, y encuentran un riesgo relativo 5 y 11 veces mayor respectivamente. Se incluyen también en este capítulo los resultados de la calidad del semen, que muestran un deterioro de las variables evaluadas (morfología, motilidad y viabilidad espermáticas) entre los agricultores que tuvieron exposición a organofosforados durante los tres meses anteriores a la toma de la muestra, en comparación con hombres no expuestos. Las autoras han presentado y discutido estos resultados con los agricultores participantes en los estudios, y hacen notar la importancia que tiene para estos el estar informados, para desmitificar la idea de que la infertilidad solo puede atribuirse a las mujeres.

Continuando con la exposición a plaguicidas agrícolas, **María Evarista Arellano** y colaboradoras muestran los resultados de sus estudios sobre daño genotóxico en mujeres y hombres de cuatro localidades de Baja California. Las autoras destacan:

- la importancia de la integridad del genoma humano,
- la invisibilidad de su deterioro,
- el peligro que este deterioro representa en el largo plazo y
- la falta de información y la vulnerabilidad de las mujeres jornaleras.

Aunque los resultados no son absolutamente concluyentes, las investigadoras precisan las variables que pueden estar influyendo, y proponen cómo mejorar el diseño de este tipo de estudios. Se discuten aspectos como son la inequidad social y de género, así como la falta de cobertura de la regulación para proteger de la sobreexposición y el daño a la salud a otras/os trabajadoras/es expuestas/os que desempeñan otras tareas diferentes a la aplicación de los plaguicidas, y para quienes sí existen disposiciones específicas.

Uno de los plaguicidas que más investigación ha generado en México es el DDT, que fue utilizado hasta el año 2000 y fue restringido con anterioridad para ser utilizado únicamente para el control de la malaria. Este es un compuesto

orgánico persistente que se transporta a través de medios ambientales sin degradarse y acumulándose en el tejido graso de los organismos. **Leticia Yáñez** y colaboradoras presentan los resultados de una de sus líneas de investigación, sobre la presencia de este compuesto y sus metabolitos en leche materna y plasma de mujeres de cinco localidades de San Luis Potosí; abordan la exposición crónica de las mujeres que habitan en las zonas endémicas de paludismo, y el riesgo que su carga corporal del contaminante representa para sus hijos. Las autoras reflexionan sobre variables relativas al género que deberán ser incluidas explícitamente en futuros estudios, y recomiendan los aspectos que deberán evaluarse.

En un estudio sobre el binomio madre-recién nacido, **Stefan Waliszewsky** y colaboradores muestran los niveles encontrados de plaguicidas organoclorados (HCB, DDT y  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ -HCH) acumulados en el tejido adiposo humano de mujeres embarazadas, en suero sanguíneo materno y suero del cordón umbilical, en comunidades de Veracruz y Puebla. Se destacan datos sobre exposiciones, que al parecer son recientes, de DDT en casos aislados, y se presume que las fuentes de contaminación en el área urbana tienen su origen en fumigaciones pasadas, pero cuyas concentraciones pudieran permanecer altas en algunos espacios físicos, como pueden ser los hogares, en los que las mujeres y los niños tienden a pasar más tiempo. Aunque los resultados muestran que el número de partos y el índice de masa corporal no mostraron ser factores importantes de acumulación en el tejido adiposo materno, los valores se incrementan drásticamente en las concentraciones en suero materno y del cordón umbilical. Los autores llaman la atención hacia la necesidad de establecer políticas sensibles al género que consideren las exposiciones tóxicas acumuladas a lo largo de la vida de las mujeres, por el tipo de actividad que desarrollen, con el fin de garantizar niveles más estrictos de exposición a tóxicos lipofílicos antes de y durante su vida reproductiva, para proteger a la siguiente generación de los efectos de estas sustancias en su desarrollo.

**Rosa Leticia González Navarrete** y colaboradores presentan resultados de tres estudios de biomonitordeo de compuestos orgánicos persistentes en leche materna de mujeres de Chelem, Progreso y Mérida, en el estado de Yucatán. Se refieren al alcance del Convenio de Estocolmo para la eliminación del uso y generación no intencional de este tipo de compuestos. En ese contexto

muestran los resultados del biomonitoreo realizado en Yucatán, y señalan la necesidad de extender dicha actividad a todo el país, con un enfoque de género. En este capítulo nos brindan un marco documental de la carga corporal de COP y discuten sobre las políticas necesarias para proteger a las poblaciones actuales y futuras de la carga tóxica corporal.

El último capítulo del libro se dedica al análisis que hacen **Frinée Cano** y colaboradores sobre los estudios de productos electrónicos y sus residuos que incluyen algún enfoque de género, realizados en diversas partes del mundo, incluso México. Se discute sobre la presencia diferenciada entre hombres y mujeres en las varias etapas del ciclo de vida de los productos electrónicos, y concluyen sobre la importancia de la incorporación de esta categoría en futuros estudios.

Otros temas quedaron en el tintero para futuras publicaciones:

- 1 el análisis desde la perspectiva de género de los estudios sobre plomo, DDT y otros compuestos que han sido consistentemente estudiados en México, y
- 2 la incorporación de esta categoría en los estudios sobre exposición a tóxicos en la producción artesanal de ladrillos en México.

Esperamos que todas estas aportaciones contribuyan a la ruptura del enfoque androcéntrico en la ciencia y a tener marcos interpretativos más amplios, en los que, tal como señalaba Thomas Kuhn ya desde los años sesenta, el contexto histórico, social y económico es determinante para el desarrollo de la ciencia, como construcción social, en la que las consideraciones de género son puntos clave.

En este sentido, esta nueva mirada tiene la intención de invitar a los lectores y lectoras a buscar las oportunidades para utilizar esta categoría en sus investigaciones, que es además un requisito en diversos mecanismos nacionales e internacionales de financiamiento y fomento científico, entre ellos el Programa de Fomento Institucional (PIFI) y la Agencia Canadiense de Cooperación para el Desarrollo que propone explícitamente, en los lineamientos de las solicitudes, incorporar el enfoque de género en cualquier investigación con poblaciones humanas.

Finalmente, este material representa un avance para la incorporación de la política para la transversalidad de género en los temas sustantivos del Instituto Nacional de Ecología y de la SEMARNAT.

En nombre de todas las personas que participaron de este esfuerzo y que generosamente nos compartieron el fruto de su trabajo, esperamos que esta compilación despierte o alimente el interés hacia la tríada central de las temáticas abordadas: contaminación química, salud y género.

LEONOR A. CEDILLO  
ATENE DURÁN GONZÁLEZ



# INTRODUCCIÓN

Hilda Rodríguez

La incorporación de la categoría género al estudio de los problemas relacionados con el medioambiente y la exposición a sustancias tóxicas es un gran reto. Así lo han asumido las y los investigadores que participan en este libro, al descubrir y atender con certeza metodológica y conceptual el giro que representa la atención ya no solo de la variable “sexo” en sus trabajos de investigación, sino de la variable “género”.

Sexo y género han sido definidos como dos categorías relacionadas e independientes. El sexo, como conjunto de características biológicas que distinguen a las mujeres y los hombres, es la base de la serie de atribuciones, comportamientos y valoraciones que la sociedad ha asignado a los sexos y que se denomina género. Son las atribuciones de género las que han derivado en desigualdades sociales que afectan principalmente a las mujeres: menor acceso al trabajo, a igualdad de remuneraciones, a los cargos de decisión, a ser agentes del progreso de sus comunidades.

Actualmente el género es reconocido como uno de los factores que contribuyen a la obtención de más o menos oportunidades para el desarrollo de las personas y las sociedades, por lo cual se subraya su importancia en el diseño, la implementación y la evaluación de las políticas públicas. Asimismo, como categoría analítica ha sido aplicada a las ciencias sociales y las humanidades en diversas medidas y modalidades, con el fin de profundizar en la explicación de las realidades que analizan y así contribuir con información específica al diseño de las políticas. Estas son las dos consecuencias más esperadas de la incorporación de la categoría género en la actividad científica: el conocimiento enriquecido y el aporte de información para construir propuestas eficientes para atender los problemas que se presentan en la sociedad.

Sin lugar a dudas, entre los problemas actuales de la sociedad se encuentran los ambientales, de los que se pueden mencionar el daño a la capa de ozono, la desertificación, la lluvia ácida, la erosión, los residuos tóxicos y el efecto invernadero. Cada uno de estos ha sido analizado como un problema que afecta a las sociedades desde el punto de vista de la salud de la población presente y futura, así como del desarrollo sostenible. Es aquí donde las categorías sexo y género tienen algo que decir, dadas las características biológicas que presentan y los lugares diferentes que las mujeres y los hombres tienen en los procesos de producción y reproducción sociales.

Reconocer las diferencias de sexo para identificar las maneras diferenciadas que tiene la población de reaccionar ante las situaciones que afectan al ambiente, desde el punto de vista biológico, es una necesidad para plantear soluciones precisas. Por otra parte, plantear los problemas con perspectiva de género significa reconocer la manera en que ese problema se manifiesta en las mujeres y los hombres no solo a partir de las diferencias biológicas y de apariencia física, sino de su desarrollo en lugares diferentes<sup>1</sup>, de la realización de diferentes actividades, de la asignación de diferentes tareas y, con esto, de las diferentes oportunidades que obtienen. Ante tales disimilitudes, su enfrentamiento y sus reacciones ante los diversos fenómenos vitales son diferentes.

En relación con los recursos naturales, las mujeres y los hombres no tienen acceso a estos por igual. Un ejemplo de ello es el efecto diferenciado que tiene el cambio climático en la población. Las tareas agrícolas que las mujeres llevan a cabo han sido afectadas por el calentamiento global, pues este ha llevado el agua salina a espacios antes ocupados por las aguas de consumo humano; las mujeres son encargadas de llevar esta agua a sus hogares (por asignación de género), lo que ha generado el alargamiento de las distancias para su acceso y una sobrecarga de trabajo: “Es importante considerar, además, que la tarea de suministrar agua y combustible para la familia es típicamente una responsabilidad de las mujeres. Esta tarea se dificultará aún más conforme el acceso al suministro de agua limpia se convierta en un mayor desafío” (Fundación Ipade, 2007: p. 35).

La inclusión del género en el análisis y la solución de los problemas ambientales ha sido un proceso en continuo movimiento no solo por lo que representa

---

1 Actualmente, las mujeres y los hombres empiezan a compartir espacios de desarrollo como el trabajo, la escuela y la familia; sin embargo, aún es posible identificar claras segregaciones en esos mismos espacios y otros, como el de la representación política.

la adición de la categoría a un problema analizado frecuentemente, como el asunto del agua y la contaminación ambiental, sino por la generación de nuevos problemas que requieren de la categoría género para explicar los efectos en la salud de manera diferenciada por sexo. Ejemplo de esto es la serie de estudios que componen este volumen, donde se observan problemas relacionados con el manejo de sustancias tóxicas (pesticidas, plaguicidas, agroquímicos) y el uso de tecnologías domésticas contaminantes en la cocina.

Desde que la categoría género empezó a formar parte de la explicación de los problemas y de las variables de estudio en la filosofía y la psicología, el conocimiento se enriqueció con nuevos conflictos, necesarios ajustes teóricos, cuestionamientos al pensamiento estático y desestabilización conceptual. De la misma forma, el conocimiento fue sacudido cuando fue asumida esta categoría por la sociología, la ciencia política y, más tarde, la economía<sup>2</sup>.

Entre las ciencias biológicas y de la salud, la medicina y la enfermería son las que asumen primeramente la categoría género como una de las variables que explican los comportamientos de las enfermedades y la muerte en la población. Hoy la categoría género empieza a adentrarse en disciplinas como la química y la biología, desafiando los principios teóricos que descansaban sobre la idea de que las características de las personas son dones naturales.

Aunque desde los años ochenta las mujeres tratan de incidir en las discusiones a nivel internacional sobre la problemática del medioambiente<sup>3</sup>, los gobiernos empiezan a intervenir con esta perspectiva hasta principios de los años noventa. En México se dieron avances concretos en su investigación hasta esa década de los noventa.

Es importante aclarar la diferencia que existe entre la inclusión de la categoría género en el estudio de los problemas que cada ciencia ha asumido, y las contribuciones de las mujeres en cada una. La primera no se presentó por la sola presencia de las mujeres en la construcción del conocimiento científico. Incluir

---

2 En la ciencia económica un ejemplo de esta desestabilización es la confirmación del trabajo como aquel que incluye tanto al desarrollado en el mercado, como al doméstico que se realiza dentro del hogar propio.

3 Desde los años setenta se introdujo en la agenda internacional el tema del cambio climático; sin embargo, es posterior el reconocimiento del impacto diferenciado que tiene para mujeres y hombres. Véase el trabajo de la Fundación IPADE. Integrando el género a los problemas ambientales, las alternativas de desarrollo y lucha contra la pobreza, el caso de los mecanismos de desarrollo limpios (MDL), Instituto Universitario de Desarrollo y Cooperación y Universidad Complutense de Madrid, España; Documento de trabajo No. 12:1-54.



el género en el objeto de investigación significa desarrollar el conocimiento a partir de reconocer los lugares diferenciados de las mujeres y los hombres, que hacen que los fenómenos que estudian las ciencias tengan expresiones desiguales para ambos.

Diferente es, entonces, la incorporación de la categoría género a la ciencia, de la participación de las mujeres en la construcción del conocimiento científico, esto es, el papel que ellas han tenido como científicas. Resultado de la división sexual del trabajo, los hombres adquirieron preeminencia en la generación de conocimiento debido a su participación en el espacio público, ya que desde los hogares ha sido mínima la construcción de nuevo conocimiento<sup>4</sup>.

Esta situación dio lugar a la construcción de teorías, disciplinas, hipótesis y conocimientos que tomaron como modelo a los hombres y fueron generalizados a toda la población. Sin embargo, es necesario reconocer que hubo numerosas mujeres que participaron en la explicación y la comprensión de los sucesos vitales, a través de la aportación de nuevas ideas y pensamientos. Desde la antigüedad, varias mujeres participaron del quehacer científico; sin embargo, sus contribuciones no fueron reconocidas o fueron borradas poco a poco a través de la historia<sup>5</sup>. Los motivos por los que las mujeres fueron excluidas se basaron en ideas como la de que la condición de objetividad y materialismo que se espera de la ciencia no coincidía con la característica de subjetividad e idealismo que se identifica con las mujeres; por tanto, se creyó que las mujeres no eran capaces de hacer ciencia o no requerían ser objeto, sustancia o cuerpo de conocimiento específicos.

Actualmente la participación de las mujeres en las ciencias y su desarrollo se ha ampliado, y aunque permanecen fuertes sesgos en la selección de carreras, poco a poco las mujeres han ido ganando terreno tanto en la formación escolar universitaria como en los espacios de creación teórica. La participación de numerosas mujeres en los estudios sobre el medioambiente así lo constata. Resultado del proceso arriba mencionado, los productos de investigación son "generales" o "universales"; parten del supuesto de ser neutrales en cuanto al género, lo cual hasta la fecha ha significado partir del modelo masculino de par-

---

4 Los talleres artesanales y artísticos que dieron origen a las grandes fábricas o laboratorios estuvieron, y aún podemos encontrarlos, a un lado del hogar del/a artesano/a y artista.

5 Véase el trabajo de Eulalia Pérez Sedeño. ¿El poder de una ilusión?: Ciencia, género y feminismo, [monografía en internet] Departamento de Lógica y Filosofía de la Ciencia UPV y EHU, [consultado 2011 agosto 1]. Disponible en <http://www.oei.es/salactsi/sedeno2.htm>, que analiza esta situación.

tipificación y comportamiento en las actividades y problemáticas de los diversos ámbitos de desarrollo. Así, se observa que tanto el hecho de que los hombres hayan sido sujetos y objetos habituales del conocimiento, como la exclusión de las contribuciones de mujeres científicas, derivó en el androcentrismo de la ciencia, lo cual supone “la conceptualización y configuración de una perspectiva que ha marcado el punto de vista de los varones y que se plasma en la estructuración del pensamiento en categorías dicotómicas como son: público y privado; objetividad y subjetividad; razón y sentimiento. La parcelación de la realidad así establecida conlleva juicios de valor sobre los aspectos señalados al realizar una jerarquía interesada sobre lo socialmente valorado, dando preponderancia a los considerados masculinos y obviando y/o minusvalorando los considerados femeninos”<sup>6</sup>. Sin embargo, los cuestionamientos de amplios grupos de mujeres académicas a esta visión sesgada de la realidad dieron lugar a la incorporación de la variable “sexo” y la categoría género en la investigación, con el fin de identificar las especificidades por sexo de los problemas que se analizan, así como de diseñar políticas más acordes a las necesidades de la población de mujeres y de hombres.

Para ello, las ciencias, expresión del devenir social, deben ser acompañadas de la categoría género con el fin de responder a los cambios que vive la sociedad; las posibilidades de desarrollo son amplias, pues son múltiples las problemáticas en donde el género incide como factor de diferenciación, y sus consecuencias serían oportunidades de avanzar en el reconocimiento de los intereses y necesidades de las mujeres y los hombres y, lo que es mejor, en la atención de las grandes desigualdades que se observan entre ellas/os.

En alusión al tema ambiental, la historia de la introducción del género condujo a pensar en la relación de las mujeres con la naturaleza como un evento que se deriva de su posición dadora de vida. Se cree que las mujeres deben atender la problemática de la naturaleza porque tienen un compromiso con ella, ya que son quienes más utilizan los recursos naturales de manera directa (el agua, la tierra) para ofrecer a sus familias alimentos y salud, lo que realmente responde a la asignación de género que marca su responsabilidad, casi exclusiva aún, por los cuidados de las/os otras/os.

---

6 Sánchez Bello Ana. El androcentrismo científico: el obstáculo para la igualdad de género en la escuela actual, en Revista Educar [Serie en internet] 2002 [consultada en 2011 agosto 1] no 29, Universitat Autònoma de Barcelona, pp. 93-94.

Disponible en <http://ddd.uab.cat/pub/educar/0211819Xn29p91.pdf>.

Otra corriente de incorporación del género al tema ambiental está representada por los ecofeminismos<sup>7</sup>, que han planteado una relación del feminismo con los temas ambientales desde un punto de vista de crítica a los intereses meramente económicos y patriarcales que predominan en la producción. Los feminismos ecologistas críticos se consideran una alternativa a los valores consumistas e individualistas actuales de las sociedades.

En México, los primeros estudios sobre género y medioambiente empezaron a surgir en los años noventa con trabajos realizados sobre la deforestación<sup>8</sup> y su efecto en la condición de las mujeres. Actualmente podemos encontrar mayor diversidad en los trabajos que aluden a problemáticas de la relación entre la situación de la naturaleza y el género<sup>9</sup>, así como estudios del impacto diferencial del manejo y la exposición a las sustancias tóxicas en la salud de mujeres y hombres desde su condición sexual y de género, como es el presente trabajo de las investigadoras e investigadores que participan en este volumen.

La reflexión que nos permiten estos trabajos, que tratan acerca del uso, el manejo y la exposición a sustancias tóxicas, significa obtener elementos para la aplicación del conocimiento en políticas y estrategias basadas en conducir a las sociedades, presentes y futuras, por un camino más sano.

---

7 Se sostiene la presencia de varios ecofeminismos, ya que entre los vínculos del feminismo y el ecologismo se encuentran varias posiciones, entre ellos uno esencialista y otro constructivista.

8 Véase Arizpe, Lourdes, F. Paz, y M. Velázquez. *Cultura y cambio global: percepciones sociales sobre la deforestación en la Selva Lacandona*. Cuernavaca, Morelos: Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, UNAM, 1993; Velázquez, Margarita. *El uso y manejo de los recursos forestales desde una perspectiva de género. Una propuesta metodológica*. Margarita Velázquez (comp.) *Género y ambiente en Latinoamérica*, Cuernavaca, Morelos: Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, UNAM, 1996; Velázquez Margarita, *Mujer y medio ambiente en América Latina y el Caribe: propuestas para la investigación*, México D.F: Programa Universitario de Estudios de Género, UNAM, 1994.

9 *Mujer y Medio Ambiente A.C. Género y sustentabilidad: reporte de la situación actual*, México: INMUJERES, 2008.

# ACRÓNIMOS

ACN	Ácido desoxirribonucleico
COPs	Contaminantes Orgánicos Persistentes
DOF	Diario Oficial de la Federación
EPA	Environmental Protection Agency
Guía	Guía para la elaboración de Planes de manejo de residuos electrónicos en México
INE	Instituto Nacional de Ecología
LGEEPA	Ley General del Equilibrio Económico y Protección al Ambiente
LGPGIR	Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos
NOM	Norma Oficial Mexicana
PBDE	Éteres Polibromodifenilos
PROFEPA	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente
RLGPGIR	Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos
RME	Residuo de Manejo Especial
RP	Residuos Peligrosos
RSU	Residuo Sólido Urbano
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
TV	Receptor de Televisor
TRC	Tubo de Rayos Catódicos



# LA AUSENCIA DEL ENFOQUE DE GÉNERO EN LOS ESTUDIOS Y POLÍTICAS PÚBLICAS SOBRE LA CONTAMINACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE Y LOS RIESGOS PARA LA SALUD PÚBLICA

Mireya Scarone Adarga

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo hacer una revisión de aportes teóricos sobre la incorporación de la perspectiva de género en las políticas públicas y en la investigación sobre los riesgos en la salud ocasionados por exposiciones a contaminantes químicos que también son nocivos para el medio ambiente.

Se examinan, desde el lente de las ciencias sociales, los aportes de diversos artículos de las ciencias ambientales y de la salud sobre la inclusión o la ausencia del análisis de género en estas investigaciones. La discusión se centra en dos dimensiones: primera, inevitablemente la salud de las mujeres en el contexto del medio ambiente está vinculada a factores biológicos y sociales –como la pobreza y las inequidades de género–. La segunda dimensión aborda la ausencia de una perspectiva de género en las políticas públicas y en la investigación en salud, lo que representa un serio problema de inequidad. De este último supuesto parte la discusión sobre la pertinencia de incorporar este enfoque en las políticas públicas respectivas, considerando que el análisis de género mejora el estudio del manejo del riesgo, así como la búsqueda de opciones para su prevención y tratamiento. En los debates respectivos se expone la limitada producción científica en este terreno en la investigación latinoamericana y en los países en vías de desarrollo en general, haciendo énfasis en la necesidad de

incluir este análisis, dadas las condiciones de pobreza y la vulnerabilidad de las mujeres en estos países.

Palabras clave: género, salud, medio ambiente, contaminación, sustancias químicas.

## INTRODUCCIÓN

Los debates en torno a la exposición a los contaminantes químicos presentes en el medio ambiente y su impacto en la salud, señalan que son ocasionados por factores sociales y biológicos. Agregan que esto sucede por los roles que los individuos ejercemos en el contexto social y en los estilos de vida de la población, por lo que la frecuencia y el tiempo de exposición serán distintos entre mujeres, hombres, niñas y niños.<sup>1</sup>

Resulta indiscutible la contribución de las sustancias químicas al desarrollo humano<sup>[i]</sup>, en el ámbito de la salud y la calidad de vida, en el tratamiento de aguas, en la agricultura, en la industria –en especial la industria farmacéutica– y en toda la economía mundial. Se atribuye también a la industria moderna en todas sus ramas las mayores cargas de contaminantes en el medioambiente y la industria química consume enormes cantidades de recursos no renovables, como el carbón, los minerales, el gas, el petróleo y el agua. Además, los procesos de producción generan directa o indirectamente impactos en el medio ambiente por la exposición a sustancias dañinas, como dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno y metales pesados, entre otras sustancias que después de un largo periodo de exposición pueden causar daños a la salud de las personas, como consecuencia de la contaminación del aire y por grandes cantidades de residuos tóxicos que son producidos por la industria en las zonas urbanas.<sup>2,3</sup>

La salud pública tradicionalmente se ha centrado en el impacto del medio ambiente en la salud de la población con el propósito de prevenir enfermedades y generar estados de bienestar físico, mental y social.<sup>2</sup> En este terreno, la importancia del enfoque de género en los programas de salud está relacionada, no sólo a la aplicación de estrategias preventivas, sino que ver a través del lente

---

i De acuerdo con datos de la OCDE,<sup>2</sup> la industria química ha aportado para los gobiernos de los distintos países ingresos por concepto de impuestos, al introducir al mercado productos farmacéuticos, agroquímicos y alimentarios, entre otros; dichos ingresos representan dos veces los ingresos del mercado de las telecomunicaciones y el 7 % de los ingresos globales. Además, la industria química proporciona empleo a millones de personas en el mundo.

de género cómo se presentan las inequidades entre un sexo y otro en la salud y enfermedad, debido a que las inequidades pueden crear o mantener la exposición a riesgos que sitúan en posición de vulnerabilidad a las mujeres<sup>4</sup>.

Otra parte de la argumentación para retomar en el enfoque de género en el análisis de las inequidades en la salud y calidad de vida de las mujeres proviene de la investigación del contexto rural, se destacan las diferencias de género en los roles que juegan los hombres y las mujeres que viven en estas regiones geográficas aisladas, donde las relaciones de poder sitúan a las mujeres en desventaja en el terreno de la salud y en la toma de decisiones sobre el manejo del agua, que es utilizada por ellas para cocinar, las labores de limpieza y el mantenimiento de la higiene y la salud en el hogar. Agregan que el agua les es útil para darles de beber a los animales que le proveen a la familia de leche y carne. En el caso de los hombres el uso del agua está más asociado a las actividades agrícolas.<sup>5</sup>

Otros estudios enfatizan que tradicionalmente la investigación se enfoca sobre los efectos en la salud ocasionados por la contaminación del agua, la tierra y el aire, así como sobre las condiciones de riesgo que las sustancias químicas generan en los hogares en general, y se toman resoluciones sin considerar el enfoque de género en las políticas de salud desarrolladas por los gobiernos.<sup>7,4,6</sup>

A finales de la década de los noventa, el asunto de la inclusión del enfoque de género en los programas de salud era considerado como un asunto necesario en los planes estratégicos de salud pública. En 1999 el gobierno de Canadá presentó un plan nacional de salud que contemplaba la perspectiva de género.<sup>7</sup> La propuesta se fundamentó sobre los siguientes supuestos: a) la perspectiva de género mejora la identificación de riesgos; b) muestra las diferencias y la prevalencia de patrones de riesgos y enfermedades experimentados por hombres y mujeres; c) mejora el análisis del manejo del riesgo y la búsqueda de opciones para su prevención y tratamiento; d) establece las distintas condiciones sociales, económicas y biomédicas que intervienen en la salud de ambos sexos.

Para la Organización Mundial de la Salud (OMS)<sup>8</sup>, la ausencia de la perspectiva de género en las políticas públicas de salud representa un serio problema de inequidad relacionado con el derecho a la salud ambiental, por lo que el mayor reto es lograr una agenda con equidad de género que promueva que las mujeres tomen decisiones sobre algunos aspectos que muestran fuertes desbalances relacionados con el medioambiente, el trabajo y sus condiciones laborales, y su vida doméstica. El análisis de género de la OMS toma como punto de partida



los aspectos socioculturales (género) y las diferencias biológicas (sexo), para señalar que estos dos factores inciden en las diferencias que se viven en el terreno ambiental los hombres y las mujeres, esto sucede así por las diferencias entre hombres y mujeres en aspectos que son aprendidos socialmente –comportamientos, valores, roles de género y división del trabajo–, que se traducen en desventajas y vulnerabilidad a riesgos en la salud muy específicas para las mujeres, tales como las enfermedades derivadas de la función reproductiva, además del limitado acceso a la información, a los servicios médicos y a los recursos para proteger su salud.

Algunos estudios sobre la contaminación y los efectos en la salud coinciden en que existe un vínculo muy estrecho entre la pobreza y el aumento de riesgos para la salud por exposición a sustancias químicas peligrosas y atribuyen los impactos en la salud al contexto social y a factores biológicos como la masa corporal, las hormonas sexuales, las enzimas, etc. El reconocimiento de factores sociales que influyen en los riesgos en la salud presentes en el medio ambiente como consecuencia de inequidades sociales es un argumento importante para considerar la importancia del enfoque de género en las políticas de investigación en salud en los temas ambientales.<sup>8,9,10,11,12</sup>

En los países semiindustrializados, como los latinoamericanos, la investigación sobre salud y contaminación del medio ambiente para revertir la carga de enfermedades sobre la población es reciente; algunos estudios señalan que es complicado conocer los niveles reales de exposición a muertes y enfermedades debido a que se carece de reportes periódicos que relacionen los efectos de la contaminación ambiental y la salud.<sup>9,10</sup>

## **EL ANÁLISIS DE GÉNERO EN LA SALUD**

Tradicionalmente la salud pública ha incorporado la vigilancia de los factores presentes en el medio ambiente, y que pueden afectar el bienestar físico, mental o social de la población; para esto ha seguido criterios de frecuencia, gravedad y probabilidad de prevención, entre otros. En la planeación de las políticas públicas en salud algunos aspectos del ámbito social están presentes, como el capital social y la cohesión social<sup>13</sup>, la orientación sexual, el sexo, la edad, todos ellos son conceptos utilizados en salud y describen las distintas formas en que las comunidades se organizan. De manera que si estos elementos son

tomados en cuenta en las políticas de salud, no incorporar la categoría de género en la planeación de salud y el medio ambiente y considerar sólo los aspectos biológicos, o lo que comúnmente llamamos sexo, reflejaría una limitante muy importante del conocimiento científico en salud y, como consecuencia, en las medidas preventivas.

Rosaldo y Lamphere<sup>14</sup> señalan que es en el medio social donde se manifiesta la diferencia entre los géneros masculino y femenino, y ésta se expresa en forma de símbolos, actitudes, imágenes y representaciones sociales. Agregan que las expresiones culturales de la asimetría entre los sexos pueden relacionarse con la economía, la educación y la salud, aunque también se presentan bajo diversas formas que dependerán del contexto social, cultural, económico y político de las sociedades. Los anteriores argumentos son contundentes para comprender la necesidad de la inclusión de la categoría de género en las políticas de salud, debido a que las diferencias que expresan hombres y mujeres en el contexto social y cultural trascienden el ámbito de las diferencias biológicas; al fijar la atención en lo social encontrarán distintos comportamientos ante la salud y las enfermedades y, en consecuencia, diferentes reacciones físicas ante el medio externo.

La salud también ha sido analizada por algunos autores considerando el género como esencial en los estudios, argumentando que el cuerpo biológico se asume de manera distinta por hombres y mujeres, y también es parte de una construcción social de los comportamientos que expresan hombres y mujeres ante la salud y las enfermedades.<sup>15</sup>

En la génesis de la categoría género se encuentran las relaciones sociales de dominación y de poder, que se manifiestan a través de roles socialmente contruidos en forma de valores y comportamientos, los cuales sitúan en desventaja al sexo femenino con respecto al sexo masculino, por lo que se define género como relaciones sociales que están basadas en las diferencias entre los sexos, relaciones en las que se manifiesta la desigualdad de un sexo con respecto a otro<sup>16</sup>

La OMS en 2005 designó a la Comisión de las Determinantes Sociales en Salud (CSDH por sus siglas en inglés) para que llevara a cabo un estudio que recogiera los aportes en torno a la equidad en la salud y los riesgos en el medio ambiente en los distintos grupos poblacionales, en el cual se consideraron variables socioeconómicas como ingreso, educación y ocupación, y otros parámetros como género, etnia y edad. Con respecto a las inequidades en el ambiente relacionadas con género, exponen que hombres y mujeres son afectados de

manera distinta por los factores del medio ambiente; explican además que en estas diferencias influyen los valores y roles de género en las exposiciones a los riesgos medioambientales que afectan de distinta forma a hombres y mujeres, incluso en los comportamientos que ambos sexos adoptan. La CSDH profundiza su análisis planteando que la sociedad tiende a signar roles y promueve comportamientos respecto a los riesgos; en algunos países las mujeres tienen menos acceso a la información sobre cuidados, servicios y recursos para proteger su salud, por lo que las inequidades de género relacionadas con la salud en el medio ambiente muestran marcadas diferencias y vulnerabilidad en hombres y mujeres; por ejemplo, el uso doméstico de algunos combustibles para cocinar y calentar el hogar incrementa el riesgo de enfermedades respiratorias en las mujeres debido a la exposición a varios agentes de riesgo como las partículas y riesgo de cáncer por exposición a dioxinas<sup>17</sup>.

Así como el Ministerio de Salud de Canadá ha incorporado en la ciencia y la investigación un reconocimiento de las diferencias anatómicas y fisiológicas, del mismo modo ha llevado a cabo una aplicación de la construcción social de género, en el ámbito de la salud, considerando variables como los roles sociales, valores y comportamientos entre hombres, mujeres, niños y niñas.<sup>7</sup>

Para establecer la relación entre el género, la contaminación del medio ambiente y los efectos en la salud, es importante analizar los roles y las responsabilidades de la vida de hombres y mujeres desde el mundo de lo cotidiano para comprender las diferencias. Encontraremos que en muchas regiones del mundo el hombre se involucra más en actividades relacionadas con la explotación de los recursos de la naturaleza de manera asalariada. Las mujeres también se involucran en actividades del campo como asalariadas en trabajo fragmentario y como trabajadoras temporales, en condiciones de seguridad y de empleo desfavorables asociadas con esa clase de trabajo. Es usual que sean hombres quienes mayoritariamente aplican los plaguicidas y mujeres las que principalmente recolectan o cosechan los productos, por lo que se asume que sean los primeros quienes requieren de medidas de seguridad (por ejemplo, entrenamiento y equipo de protección), situación que deja sin protección a la mayor parte de las trabajadoras agrícolas. Del mismo modo, las mujeres trabajan dentro y fuera del hogar, y usualmente son las responsables de las actividades domésticas, como la preparación de alimentos, el cuidado de los hijos, así como la provisión de agua y leña a la familia. El rol de género que desempeñan de cuidado de los hijos y del hogar, junto con sus actividades de asalariadas segregadas en el ámbito

laboral, es lo que hace a las mujeres más vulnerables a la exposición a plaguicidas y a los impactos en la salud reproductiva, no solo en cuanto madres<sup>[ii]</sup>, sino también por los efectos transgeneracionales en la descendencia.<sup>18</sup> Krieger<sup>19</sup> establece, a partir de 12 casos, la diferencia en las relaciones de género, que incluyen la segregación, la discriminación laboral, los roles de género y el sexo vinculado con la biología –como la conducta sexual y el embarazo–, aspectos todos que contribuyen a ampliar las diferencias de género en el área de la salud.

## **DIFERENCIAS DE GÉNERO EN LA SALUD ASOCIADAS A LA CONTAMINACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE**

Aunque algunos estudios hacen referencia a diferencias de género en las exposiciones a la contaminación por sustancias químicas en el medio ambiente presentando datos y otros hacen referencias a anécdotas que reflejan las diferencias en exposición y en vulnerabilidad en diferentes comunidades, todos estos trabajos reflejan la importancia de retomar el análisis de la salud basado en el enfoque de género. Los contaminantes presentan muchas formas no sólo químicas, también materiales biológicos y energía en varias otras formas (ruido, radiación, humedad). En este estudio nos estamos refiriendo a formas de contaminación por sustancias químicas, de acuerdo a Briggs<sup>20</sup>, el número de contaminantes potenciales es de 30 mil químicos que pueden ser potencialmente nocivos para la salud. La contaminación ambiental es definida como la presencia de un agente en el medio ambiente que puede dañar el ambiente y la salud humana, y se incluyen diversos tipos de patologías.

---

ii De acuerdo con la OMS8, las mujeres, las niñas y los niños son los sectores de la población más vulnerables: cada año se enferman más de 3 millones de infantes menores de cinco años por enfermedades atribuibles al medioambiente, y mueren alrededor de 10 millones por estas y otras causas. Contribuyen de manera decisiva a la morbilidad, mortandad e incapacidad infantil factores relacionados con agua contaminada, falta de saneamiento adecuado, radiación ultravioleta, entre otros que contribuyen a provocar enfermedades respiratorias, diarreicas, traumatismos físicos e intoxicaciones por leche materna.

## DIFERENCIAS ENTRE REGIONES EN LOS ESTUDIOS SOBRE CONTAMINACIÓN Y SALUD

En los países latinoamericanos se han conducido un número creciente de investigaciones sobre la toxicología y el medioambiente en las que se recomienda continuar estudiando estos hallazgos desde la dimensión de la salud; en éstas se estima que el enfoque de género es una asignatura pendiente.<sup>6</sup> Como se ha señalado anteriormente en este artículo, resulta evidente que la discusión en torno a la incorporación del análisis de género en los estudios de salud y contaminación ambiental proviene de los países desarrollados. Sin embargo, la ausencia en el análisis no es exclusiva de los países “en vías de desarrollo”; es un fenómeno generalizado que sólo en años recientes se empieza a considerar en las políticas públicas sobre salud.<sup>20</sup> En este contexto, la atención a tales problemas de salud representa un reto de grandes proporciones para los gobiernos de los países semiindustrializados que deben afrontar las instituciones de salud pública como consecuencia de la desigualdad social que caracteriza a estas regiones, y a esto se añade una legislación ambiental con profundas limitaciones en el reconocimiento y seguimiento de enfermedades de la población por riesgos medioambientales. Del mismo modo, la contaminación del aire en las áreas suburbanas y rurales –los sectores más pobres de los países en desarrollo– se ha relacionado con enfermedades del pulmón, neurológicas y cáncer.<sup>1,9,21</sup>

En Ecuador se llevó a cabo un estudio sobre la salud de los residentes de cuatro distritos situados en áreas donde se ubican pozos petroleros; los resultados se compararon con los de once distritos sin pozos y se estimó “un exceso, estadísticamente significativo, de casos de cáncer de colon en hombres y cáncer en el cuello del útero en las mujeres” de los primeros cuatro distritos. Las recomendaciones de monitoreo a estas zonas provienen de análisis que se hicieron al agua que toma y usa la población de distritos con pozos de petróleo, “encontrándose concentraciones de hidrocarburos derivados del petróleo de 10 a 300 veces superiores al nivel de 0.01 partes por millón indicado por la Unión Europea”.<sup>10</sup>

## **EXPOSICIÓN POR LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE INTRA-MUROS EN LOS HOGARES**

Según la OMS<sup>22</sup>, en los países pobres los riesgos más comunes provienen de la falta de higiene del agua y de la presencia de aire contaminado por el dióxido de carbono en el interior de los hogares; estos riesgos acarrearán 1.7 millones de muertes alrededor del mundo. En el mismo tenor, la OMS atribuye a la contaminación de los hogares por consumo de combustible para cocinar y calentar el ambiente de las habitaciones el 36 % de las enfermedades respiratorias y el 22 % de las enfermedades pulmonares crónicas, las cuales se deben a que en estos hogares existe una inadecuada ventilación o son cerrados, y las mujeres adultas, las niñas y los niños constituyen la población más vulnerable a los riesgos de salud de esta naturaleza.

## **EXPOSICIÓN A CONTAMINANTES DEL AIRE**

Los estudios epidemiológicos sobre la contaminación del aire reportan importantes diferencias por sexo relacionadas con los efectos en la salud; sin embargo, no está claro si las exposiciones son ocasionadas por riesgos relacionados con el género o con la biología vinculada a diferencias fisiológicas entre hombres y mujeres<sup>23</sup>, por lo que para dilucidarlo se recomienda desagregar las diferencias sociales de las biológicas. Otro estudio que analizó 130 mil muertes por problemas respiratorios en 27 comunidades de Estados Unidos, en el que se encontró que la contaminación del aire había ocasionado un número mayor de muertes de mujeres que de hombres, es decir, las mujeres han sido más susceptibles, o posiblemente atendidas médicamente con menos oportunidad que los hombres.<sup>24</sup> Cabe señalar que aunque las causas de este tipo de hallazgos no siempre han sido documentadas, los autores expresan la necesidad de profundizar en estos riesgos a la salud y conocer por qué presentan a las mujeres como más vulnerables.

## **INCREMENTO DE RIESGOS RESPIRATORIOS EN EL AMBIENTE LABORAL**

El reporte de la agencia europea para la salud y seguridad en el trabajo (European Agency for Safety Health at Work) sobre temas de género y salud en el trabajo<sup>3</sup>, explica las diferencias de género partiendo de las diversas ocupaciones que desempeñan hombres y mujeres en la sociedad, por lo que los riesgos para la salud son distintos. Agrega que la segregación laboral de las mujeres en el mundo del trabajo contribuye a distintos daños en la salud; tal es el caso de los problemas respiratorios como el asma y las alergias en trabajadoras que, a diferencia de los correspondientes en los trabajadores, provienen de actividades relacionadas con labores de limpieza donde se utilizan distintos tipos de químicos.

## **EXPOSICIÓN A SUSTANCIAS QUÍMICAS E INCREMENTO DE LOS RIESGOS REPRODUCTIVOS**

Los riesgos para la salud por intoxicación con sustancias presentes en el medioambiente presentan diferencias significativas de género, en lo que se refiere a la salud reproductiva y la carga de enfermedades como el cáncer<sup>9</sup>.

Aunque algunos plaguicidas están prohibidos en los países industrializados, en algunos países latinoamericanos aún se siguen utilizando, con el consecuente riesgo para la salud.<sup>21</sup> Los estudios sobre los riesgos para la salud de las mujeres en las áreas rurales, incluyen, además de los plaguicidas, exposiciones a otros químicos como las dioxinas<sup>[iii]</sup> y los metales pesados que están presentes en el medioambiente y en el trabajo, con efectos crónicos en la salud reproductiva de mujeres y hombres, o daños en el desarrollo de los fetos o niños; otros riesgos, como la endometritis, los trastornos menstruales y la salud sexual, no han sido suficientemente estudiados.<sup>9</sup> Otro problema lo constituye la subestimación de las lesiones ocasionadas por las sustancias tóxicas, debido a un registro deficiente de estas enfermedades y de las exposiciones laborales, relacionado

---

iii Las dioxinas, de acuerdo con la OMS, tienen un elevado potencial tóxico; son un grupo de compuestos químicos señalados como contaminantes ambientales persistentes, y se acumulan en la cadena alimentaria. La OMS señala que el 90 % de la exposición humana se produce en el consumo de alimentos, como los productos lácticos y las carnes rojas y blancas. Las dioxinas se producen en los procesos industriales, y en el medioambiente a través de las erupciones volcánicas y los incendios forestales.

en muchos casos a la informalidad característica del trabajo agrícola en estos países. Varios autores e instituciones afirman que los riesgos para la salud reproductiva a los que están expuestas las trabajadoras que laboran en la agricultura comúnmente están asociados con el uso de plaguicidas.<sup>3, 25</sup>

Las mujeres en la agricultura de Sudáfrica están marcadas por un estatus de segregación laboral que se caracteriza por condiciones laborales de baja remuneración, ausencia de servicios de salud, y por una condición de violencia en el terreno doméstico<sup>[iv]</sup>, siendo ellas las que cargan con las enfermedades de la familia y las propias, muchas de ellas ocasionadas por los plaguicidas que se utilizan en el sector agrícola.

Los reportes sobre contaminación con plaguicidas que se hacen a las autoridades de salud cada año de cada 100 a 200 casos, el 66% de éstos fueron atribuidos a hombres, evidenciando que existe un sub-reporte para el caso de las trabajadoras. Otro estudio más riguroso en la metodología para reportes, encontró que el 61% de los casos de envenenamiento por plaguicidas involucraba a mujeres en los campos agrícolas, donde el riesgo a la exposición fue frecuente. En la explicación sobre el bajo reconocimiento oficial de la exposición de las mujeres a estos contaminantes en el campo subyace el empleo por horas y el trabajo estacional, así como la misma marginación en la que viven, como que no son capacitadas sobre los riesgos con plaguicidas y tampoco les proporcionan equipo de protección, lo que se traduce en un aumento de la exposición y del riesgo.<sup>26</sup>

En los países pobres o en “vías de desarrollo”, una de las limitaciones de los servicios de salud es la falta de vigilancia de los riesgos para la salud ocasionados por plaguicidas. El envenenamiento por plaguicidas es un problema de salud pública que requiere la intervención de planes estratégicos de salud, donde la vigilancia de los campos agrícolas debiera ser un instrumento decisivo de control de salud pública. Implementar medidas adecuadas de vigilancia implicaría una revisión y limpieza de los datos defectuosos para evitar tomar decisiones políticas equivocadas. De hecho, los resultados de las mediciones de envenenamiento reportadas en la referencia de Sudáfrica, se incrementaron casi 10 veces durante el periodo de intervención del estudio. Aún con la contundencia de los resultados de las mediciones, las fuentes oficiales hospitalarias y de salud

---

iv En el campo de Sudáfrica se paga a los trabajadores con raciones de alcohol; esta forma de pago fue introducida desde el año de 1700 para retener a los trabajadores indígenas, y en la actualidad prevalece. Esta práctica genera violencia contra las esposas de estos trabajadores por parte de sus parejas.<sup>27</sup>



subestimaron la proporción de casos debidos a envenenamiento ocupacional, y sobrestimaron el suicidio como una causa proporcional. Adicionalmente, los riesgos para las mujeres aparecen subestimados desde las notificaciones rutinarias. La suposición de que la carencia de conocimiento es responsable de la mayoría de los envenenamientos no está sustentada por datos empíricos.<sup>18</sup> Además, las autoras reportan que existe evidencia, a partir de investigaciones en Costa Rica y México, de que el envenenamiento ocupacional con plaguicidas puede ser sistemáticamente reportado como suicidio para evitar reclamos de compensaciones por enfermedades ocupacionales.

## CONCLUSIONES

Aún cuando se reconoce que existe poca literatura en torno a los riesgos en la salud por contaminación ambiental que considere el enfoque de género para tener datos reales sobre la incidencia en hombres y mujeres, los estudios presentados muestran la importancia de su utilización en los estudios y las políticas públicas en salud y el medio ambiente. Es necesario conocer las diferencias de género en la exposición a tóxicos para garantizar medidas de prevención y atención oportuna, considerando que hombres y mujeres desarrollan distintos roles sociales en sus vidas, familias, comunidades y comportamientos ante la salud y las enfermedades.

Del mismo modo, se constata en los debates que tanto el enfoque biológico (sexo) como el social-cultural (género), al incorporarse en los programas de salud, permitirán contar con un conocimiento más completo sobre las particularidades de las exposiciones y actuar en consecuencia. Este sería el reto que tienen los sistemas de salud de todo el mundo, especialmente de los países en “vías de desarrollo” que, como ya se mencionó, en América Latina, existe un nivel incipiente de producción académica sobre el tema.

En pleno siglo XXI los organismos internacionales como la OMS han puesto énfasis en la incorporación de la equidad dentro de las políticas públicas como parte del derecho a la igualdad sustantiva de las mujeres. En el terreno de los riesgos para la salud por contaminación con sustancias químicas en el medio ambiente, los organismos de salud y de medio ambiente de los distintos países requerirán intervenir para asegurar que las inequidades en la salud relacionadas con la contaminación no aumenten la desigualdad y la vulnerabilidad de las mujeres.

# BIBLIOGRAFÍA

- 1 United Nations Development Programme. Chemicals and Gender. Gender Mainstreaming Guidance Series. Montreal: UNDP, 2011. [consultado 2011 junio 12] Disponible en: <http://content.undp.org/cm-service/download/publication/%3Fversion3Dlive%26>
- 2 Organization for Economic Cooperation and Development. Environmental Outlook for the Chemicals Industry. París:OECD, 2001. [consultado 2011 junio 16] Disponible en: <http://www.oecd.org/dataoecd/7/45/2375538.pdf>
- 3 Occupational Safety and Health Administration. Gender issues in safety and health at work. A review. European Agency for Safety and Health at Work. Bélgica: OSHA, 2003.
- 4 Hartigan P. Género, Ambiente y Salud. Incorporación del enfoque de género en el trabajo de Salud ambiental. Programa Mujer, Salud y Desarrollo. México:1-80 OPS, 1998.
- 5 Gender Water. The Gender and Water Development Report: Gender perspectives on policies in water sector. Loughborough University; Leicestershire, UK: GWA, 2003.
- 6 Pérez-Cristá R. La toxicología en la vida económica, política y social de nuestros países. Conferencia presentada para el IV Congreso Internacional de Toxicología; 2007 dic 4-7. Revista Cubana de Salud Pública; 34(2); La Habana, Cuba.
- 7 Donner L, Horne T, Thurston W. Population Health data Through a Gender Lens. A Gender Analysis of Toward a Healthy future: Second Report on the Health of Canadians And Selected Other Population Health Documents. Institutes for Health, 2001.[consultado 2011 mayo 20]Disponible en: <http://www.cihi.ca/wedo/do.htm>
- 8 Organización Mundial de la Salud. Environmental Health Risks: the influence and effects of social inequalities inequities. Report of an expert group meeting OMS; 2009 sep 9-10; Bonn, Germany.
- 9 Butter M E. Are Women More Vulnerable to Environmental Pollution? Journal of Human Ecology 2006; 20 (3): 221-226.
- 10 Terracini B. Desarrollo de la Epidemiología ambiental en América Latina: finalidades, cuestiones metodológicas, prioridades. En: Comba P, Harari R comps. El ambiente y la salud. Quito: Corp. para el desarrollo de la producción y el medio ambiente laboral/ Instituto Superior Di Sanita/Abya Yala, 2004.
- 11 World Bank. Poverty Health & Environment. Placing Environmental Health on Countries' Development, World Bank, 2005. [consultado 2011 mayo 24] Disponible en: <http://www.unpei.org/PDF/Pov-Health-Env-CRA.pdf>
- 12 Rather B, Peterson R. An Environmental Framework for Women's Health. National Network on Environments and Woman Health. [consultado 2011 junio 11] Disponible en: <http://nnewh.org/images/upload/attach/1618aa%20RadherPeterson.pdf>
- 13 Berkman LF, Kawachi I eds. Social epidemiology, New York: Oxford University Press, 2000.
- 14 Rosaldo M Z, Lamphere L. Woman culture and society, California: Stanford University Press, 1974.

- 15 Lorber J, Moore L J Gender and social construction of illness, Nueva York: Rowman Alta Mira Press, 2002.
- 16 Lamas M. Introducción. En Lamas M com. El género la construcción cultural de la diferencia sexual, México: PUEG,1997: 9-33.
- 17 World Health Organization. Social and gender inequalities in environment and health. Fifth Ministerial Conference on Environment and Health, Parma, Italy, 10-12 march 2010.
- 18 London L, Bailie R. Challenges for improving surveillance for pesticide poisoning: policy implications for developing countries. *International Journal of Epidemiology* 2001; 30: 564-570.
- 19 Krieger N. 2003. Genders, sexes and health: What are the connections? And What does it matter? *International Journal of Epidemiology* 2003; 32:652-657.
- 20 Briggs D. Environmental pollution and the global burden of disease. *British Medical Bulletin* 2003; 68 (1): 1-24.
- 21 Wesseling C, McConnell R, Partanen T, Hogstedt C. Agricultural pesticide use in developing countries: health effects and research needs. *International Journal of Health Services* 1997; 27 (2): 273-308.
- 22 World Health Organization. Reducing risks, promoting healthy life. *The World Health Report 2002*. WHO 2002. Geneva, Switzerland.
- 23 Clougherty J. A Growing Role for Gender Analysis in Air Pollution Epidemiology. *Environmental Health Perspectives* 2010; vol. 118 ( 2): 167-176.
- 24 Franklin M, Zeka A, Schwartz J. Association between PM2.5 and all-cause and specific cause mortality in 27 US communities. *J Expo Science Environmental Epidemiology* 2007; 17:279-287.
- 25 London L, Wesseling C, Kisting H A, Mergler D. Pesticide usage and health consequences for women in developing countries: out of sight, out of mind. *International Journal Occupational Environmental Health Review* 2002; 8 (1): 46-59.
- 26 London L. 2001. Pesticides and Women Agricultural Workers in South Africa: A question of social justice. *Women & Environment* 2001. [consultado 2011 julio 28] Disponible en: [www.weimax.com](http://www.weimax.com).

# CARACTERIZACIÓN DE UNA ZONA CONTAMINADA POR NITRATOS Y SU IMPACTO EN LA SALUD HUMANA

Esperanza Yasmín Calleros Rincón, María Teresa Alarcón Herrera,  
Javier Morán Martínez, José Antonio Cueto Wong,  
Rebeca Pérez Morales, Luz Helena Sanin

## RESUMEN

En México los problemas de salud relacionados con la contaminación ambiental se han incrementado a la par del desarrollo industrial y tecnológico del último siglo. La Comarca Lagunera es considerada una de las principales zonas industriales del país, y en los últimos años se han detectado zonas contaminadas con altas concentraciones de plomo, arsénico y nitratos, entre otras sustancias.

El acuífero de Ciudad Juárez, Durango, abastece a diferentes ejidos, y la concentración de nitratos varía de 0 a 124 mg/L. Se evaluaron 10 comunidades que son abastecidas por el acuífero de Cd. Juárez. De acuerdo con las concentraciones que van desde 3.4 mg/L hasta 11.80 mg/L de  $\text{N-NO}_3^-$  en pozos de consumo humano, y de 83.5 mg/L a 124 mg/L de  $\text{N-NO}_3^-$  en los pozos agrícolas, se establecieron tres escenarios de exposición: bajo, mediano y alto contenido de nitratos; de los 62 pozos muestreados en la zona de estudio, el 64.5 % están contaminados por  $\text{N-NO}_3^-$ ; estos niveles sobrepasan la referencia de 10 mg/L de  $\text{N-NO}_3^-$  marcada por la NOM 127 SSA.

Se analizaron algunos parámetros que pueden ser indicativos del riesgo de consumir agua contaminada con nitratos, entre ellos los niveles de metahemoglobina en niños, así como los posibles efectos en la reproducción masculina y femenina, en adultos. Los resultados indican que los niños tienen mayor riesgo, por sus niveles de metahemoglobina (OR 1.5, nivel medio y alto de exposición). En las mujeres el tiempo para lograr un embarazo (o tiempo para

embarazo) fue mayor en las mujeres sujetas a exposición alta (4.2 meses), en comparación con las mujeres sujetas a exposición media y baja (3.2 y 2.7 meses, respectivamente). En los hombres se analizó la calidad espermática y se encontró una correlación significativa entre la concentración de nitritos y la motilidad errática de los espermatozoides ( $p < 0.044$ ,  $r = 0.398$ ), con posibles alteraciones en la fecundidad masculina. Los presentes estudios contribuyen al conocimiento de los efectos en la salud humana causados por la ingesta de agua contaminada con grandes cantidades de nitratos.

## INTRODUCCIÓN

En México los problemas de salud relacionados con el ambiente se han incrementado a la par del desarrollo industrial y tecnológico del último siglo, que ha permitido alcanzar una mayor productividad pero también ha producido un aumento de las enfermedades originadas por la contaminación ambiental. Actualmente ha crecido el interés en la investigación sobre la contaminación del agua y sus repercusiones en la salud humana. A la fecha, numerosos estudios mencionan que enfermedades como el cáncer gástrico<sup>1,2,3</sup>, el linfoma no Hodgking<sup>4,5,6</sup>, así como alteraciones en la reproducción<sup>7,8</sup> y en la glándula tiroides<sup>9</sup> están asociadas con la contaminación por nitratos.<sup>10</sup> En todos los países el agua subterránea es una reserva importante, y este recurso se está contaminando de tal modo que en algunos sitios ya no reúne las condiciones establecidas por las normas vigentes para su uso en distintos rubros. El agua puede estar contaminada por arsénico, flúor, plomo, DDT y nitratos, entre muchas otras sustancias; actualmente los nitratos son unos de los contaminantes producidos principalmente por la excesiva fertilización de los campos y el estiércol que producen los hatos ganaderos.<sup>11</sup>

La Comarca Lagunera se considera actualmente la cuenca lechera más importante del norte del país, que abastece también la demanda de alimento forrajero para el ganado y de hortalizas para consumo humano. Con la finalidad de mejorar los cultivos, se han utilizado de forma no controlada fertilizantes ricos en nitratos, lo que contribuye a la acumulación de grandes cantidades de nitratos en los suelos del campo. A lo anterior se aúna el hecho de que el ganado vacuno produce grandes cantidades de estiércol rico en compuestos de nitrógeno que pueden percolar hacia el acuífero, y esto genera que en algunas

comunidades el agua para abastecimiento humano tenga cantidades de nitratos por arriba de los límites recomendados (10 mg/L de N-NO-3) para su consumo.<sup>12,13</sup> A la fecha, debido a la falta de estudios sociales y técnicos sobre esta problemática, así como a la falta de información adecuada, no se ha logrado hacer conciencia en los agricultores sobre el deterioro ambiental causado por el uso exagerado e inadecuado de fertilizantes.<sup>14</sup>

Una de las principales reservas de agua para la Comarca Lagunera la constituye el acuífero de Ciudad Juárez, Dgo., que actualmente abastece a diferentes ejidos y en donde la concentración de nitratos se encuentra entre 0 y 124 mg/L.<sup>15</sup>

En su estudio sobre la determinación espacial de la vulnerabilidad de un acuífero a ser contaminado por nitratos<sup>16</sup>, realizado en el acuífero de Ciudad Juárez, menciona que la causa principal de su contaminación es la aplicación de fertilizantes nitrogenados a los cultivos. En dicho estudio utilizaron un modelo de mapeo (DRASTIC) para evaluar el potencial de contaminación de grandes áreas; este modelo fue desarrollado por la Environmental Protection Agency (EPA) en los años ochenta. En el análisis regional de la vulnerabilidad del acuífero de Ciudad Juárez se determinó que aproximadamente 4500 hectáreas se clasifican o están en condiciones extremas y severas de contaminar el acuífero con contaminantes no puntuales, 7426.6 hectáreas están en condiciones entre moderadas y bajas, y 3158 hectáreas se clasifican dentro de ligeras y muy ligeras.<sup>17</sup>

De acuerdo con diversos estudios que se han realizado en diferentes países, los efectos en la salud humana causados por el consumo de agua contaminada por nitratos pueden ser agudos, subcrónicos y crónicos. El efecto agudo que causan los nitratos es la metahemoglobinemia, principalmente en infantes de 0 meses a 12 años, debido al aumento en el pH gástrico que produce la reducción del nitrato a nitrito, lo que ocasiona que disminuya la captación del oxígeno en el eritrocito y, por consecuencia, cianosis. La normatividad está basada principalmente en la prevención de la metahemoglobinemia.<sup>18,19,20</sup>

Por otro lado, diversos estudios reportan los efectos subcrónicos, entre los que se han encontrado deficiencias en la calidad espermática,<sup>21,22</sup> alteraciones en el tiempo para embarazo y abortos<sup>23,24</sup>, así como alteraciones congénitas en el desarrollo del tubo neural.<sup>25</sup>

Los efectos subcrónicos incluyen alteraciones en la glándula tiroides, ya que el aumento de la ingesta de agua o alimentos contaminados por nitratos puede afectar su función. El ion (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) inhibe la captación del yodo por la glándula

tiroides debido a que comparten el mismo mecanismo de transporte; esta inhibición puede traer una disminución de la secreción de las hormonas tiroideas  $T_3$  (triyodotironina),  $T_4$  (tiroxina), seguida por un aumento de la TSH (hormona estimulante de la tiroides).<sup>9</sup>

## **LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO**

Las localidades que fueron estudiadas se localizan en el municipio de Ciudad Lerdo, Durango, y son abastecidas por el acuífero de Ciudad Juárez. El municipio se ubica entre los 25° 46' de latitud norte y 103° 31' de latitud oeste. Colinda al norte con los municipios de Mapimí y Gómez Palacio; al sur con el municipio de Cuencamé; al oriente con el municipio de Gómez Palacio y el estado de Coahuila, y al poniente con los municipios de Mapimí y Nazas. La zona estudiada comprende una extensión de norte a sur de 69.5 km, y de oriente a poniente de 92.5 km. Esta extensión de terreno incluye diez comunidades rurales pertenecientes al municipio de Ciudad Lerdo.

## **CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA Y EVALUACIÓN DEL RIESGO SISTÉMICO**

Diez comunidades que son abastecidas por el acuífero de Cd. Juárez se evaluaron de acuerdo con las concentraciones de  $N-NO_3^-$ , que van desde 3.4 mg/L hasta 11.80 mg/L en pozos de consumo humano, y de 83.5 mg/L a 124 mg/L de  $N-NO_3^-$  en los pozos agrícolas (Cuadro 1).

En cuadro 2 se presentan los tres escenarios de exposición considerados (bajo, mediano y alto), los resultados de la exposición a agua de pozo para uso doméstico y agrícola, así como el índice de peligro y el margen de exposición.

## **RIESGO O COCIENTE DE PELIGRO DE LOS POZOS ESTUDIADOS**

La concentración media de nitratos de los pozos estudiados fue de 34 mg/L, y la mediana de 20mg/L, con una desviación estándar de 34.97 mg/L.

Dichos valores son superiores al valor permitido por la norma 127 (10 mg/L de  $\text{N-NO}_3^-$ ). Aunque no todos los pozos son para consumo humano, la población consume de ellos principalmente en las pequeñas propiedades o en sus cercanías. Por otro lado, considerando que el valor para que no exista riesgo es de 0 a 1, se determinó que, en el caso de los niños, 31 pozos tienen un riesgo  $>1$ , lo que equivale a que el agua del 64.5 % de los pozos constituye un riesgo para la salud humana. En cuanto a los adultos, 12 pozos tienen un riesgo  $>1$ , lo que equivale a que el 25 % de los pozos tiene un contenido de nitratos que constituye un riesgo para los adultos.

## **LA ASOCIACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DEL CONTAMINANTE Y LOS NIVELES DE METAHEMOGLOBINA**

De un universo de 1750 niños que radican en las diez comunidades se tomó una muestra de 346 niños de 1 a 12 años de edad, distribuidos en los diferentes niveles de exposición a nitratos de acuerdo con la concentración de los pozos. Se consideró exposición alta para concentraciones de nitratos en agua de 11.80 a 124 mg/L, media de 4.1 a 83.5 mg/L, y baja para concentraciones menores de 3 mg/L de  $\text{N-NO}_3^-$ . Se aplicó un cuestionario para conocer los antecedentes importantes de los niños, el cual fue contestado por la madre; de un total de 346 niños, 196 fueron niñas, lo que representa el 56.64 % de la muestra.

Se encontraron niveles detectables de metahemoglobina en 48 niños en el nivel de exposición medio-alto, 96 niños en el nivel medio y 6 en el nivel bajo. Se buscó la asociación de los niveles de metahemoglobina con antecedentes de los niños, como el consumo de agua de la llave o de pozo y el tabaquismo pasivo. Se observó que la ingesta de agua de pozo puede llegar a potenciar el aumento de los niveles de metahemoglobina hasta 1.87 veces más que el consumo de agua de la llave,  $p < 0.18$  (Cuadro 3).

Por otro lado, de los 346 niños que fueron estudiados y que presentaron niveles detectables de metahemoglobina, 97 fueron niños (28 %) y 53 niñas (15 %); el riesgo de presentar dichos niveles fue 1.5 veces mayor en los niños que en las niñas,  $p < 0.05$ , lo que demuestra una la tendencia de género ya que



los niños presentan un mayor riesgo de methahemoglobinemia que las niñas. Se hizo un ajuste en los resultados después de tener en cuenta dos aspectos importantes: la concentración de nitratos en los pozos, así como su uso y las edades de los niños (menores de 10, y de 10 a 12 años).

Esta asociación de género se atribuye a las diferentes actividades de niños y niñas, ya que en las comunidades rurales los niños suelen trabajar desde edades tempranas en las tareas agrícolas y los pozos de riego tienen una mayor concentración de nitratos, lo cual podría explicar esta tendencia de género. Además debido a las altas temperaturas ambientales los niños consumen más agua, y por lo tanto están más expuestos a los nitratos que las niñas, ya que estas suelen quedarse en casa. Es importante mencionar que hubo mayor participación de niñas (56.6%), en el estudio.

## **ASOCIACIÓN ENTRE LA CONCENTRACIÓN DEL NITRATO Y EL TIEMPO PARA EMBARAZO**

Se han realizado estudios para determinar el tiempo para embarazo en mujeres que se dedican a la agricultura y están expuestas de manera ocupacional a pesticidas, organofosforados, etc., y que han mostrado un retardo para quedar embarazadas.<sup>23</sup> Los datos que presentamos son de mujeres que consumen agua contaminada con nitratos y que se encuentran distribuidas en los tres niveles de contaminación por nitratos.

De un total de 233 mujeres que acudieron al llamado, 181 (78 %) cumplieron los criterios de inclusión, por lo que fueron consideradas en el estudio, dichas mujeres son residentes del área rural de Ciudad Lerdo, Dgo., y se encuentran dispersas en las diez comunidades estudiadas.

Los niveles de exposición de la población de mujeres a diferentes concentraciones de nitratos en agua de pozo para consumo humano fueron clasificados de la siguiente manera: nivel bajo, de 0 a 3 mg/L; nivel medio, de 4.1 a 83.5 mg/L; nivel alto, de 11.80 a 124mg/L de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. En el análisis exploratorio de los datos, de acuerdo con los escenarios planteados se encontró que 96 mujeres están expuestas a un nivel alto, 67 a un nivel medio y 18 a un nivel bajo.

La descripción general del grupo es la siguiente: la media de edad al inicio del embarazo fue de 19 años; el promedio general del tiempo para embarazo

fue de 3.7 meses; el número de mujeres censuradas por haberse tardado más de 12 meses en embarazarse fue de 7. Las 181 mujeres participantes viven actualmente con su compañero. En el análisis bivariado (Cuadro 4) se observa que los fORc significativos ( $p < 0.16$ ) fueron la obesidad y el tabaquismo de la madre y el padre.

En el tiempo para embarazo se observan diferencias de acuerdo con el nivel de exposición bajo (fORc de referencia), medio (0.74 fORc  $p = 0.38$ ) y alto (fORc 0.49  $p = 0.034$ ) (Cuadro 5) con 2.7, 3.2, y 4.2 meses, respectivamente. En la gráfica 1 se puede observar la distribución acumulada de embarazos por mes.

## **IMPACTO DE LOS NITRATOS EN AGUA, LA CALIDAD ESPERMÁTICA, Y NITRITO EN PLASMA SEMINAL EN VARONES DE 18 A 49 AÑOS DE EDAD**

En lo referente a los efectos reproductivos, abortos y alteraciones de la calidad espermática, se encuentra el estudio que realizaron Pant y cols.<sup>21</sup>. Se cree que el nitrito ejerce un efecto vasodilatador que provoca una disminución de la movilidad de los espermatozoides<sup>26</sup>. En un estudio para evaluar el papel del óxido nítrico, se encontró que las concentraciones de nitrato/nitrito fueron altas en los sujetos con oligospermia<sup>27</sup>. También Kammerer encontró que al someter ratones a concentraciones desde 0 hasta 500 mg/L de  $N\text{-NO}_3^-$ , mencionan una disminución de la reproducción<sup>10</sup>.

Se realizó un estudio<sup>22</sup> que incluye las diez poblaciones que son abastecidas por el acuífero de Cd. Juárez, Dgo., y que presentan como antecedente una mayor contaminación por nitratos; estas comunidades son La Loma, Saporis, Las Cuevas, Las Piedras, Juan E. García, El Peñón, La Goma, El Salitral, Vicente Nava, Salamanca, todos del municipio de Cd. Lerdo, Dgo.

El diseño del experimento consistió en una comparativa transversal, observacional y analítica, en varones de 18 a 49 años de edad. Las comunidades fueron clasificadas en tres categorías de acuerdo con su grado de concentración de nitratos: alta si la concentración de nitratos en el agua de pozos fue superior a 124.00 mg/L, mediana si su concentración varía entre 4.1 y 83.5 mg/L, y

baja si las concentraciones están por debajo de 3 mg/L de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. La muestra estuvo integrada por 44 varones que han vivido en la zona durante más de un año y habían bebido el agua de los pozos en el área de estudio. El tabaco y la edad también fueron explorados. Los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA); así mismo, se realizó un análisis bivariado para encontrar asociación (correlación lineal simple).

En el análisis de cada uno de los componentes que constituye la calidad espermática de la población expuesta no se encontraron daños aparentes en las variables analizadas (Cuadro 6). La edad promedio de los trabajadores expuestos a nitratos fue de  $31.51 \pm 7.14$  años y la concentración espermática total fue de  $51.46 \pm 29.47 \times 10^6$  cel/mL. La concentración espermática por mL fue de  $56.58 \pm 35.48 \times 10^6$ ,  $48.45 \pm 26.37 \times 10^6$  y  $50.33 \pm 25.42 \times 10^6$  cel/mL para los grupos de exposición alta, media y baja, respectivamente.

## NITRITOS EN PLASMA SEMINAL

La concentración total de nitritos en plasma seminal en pacientes normales, oligospermicos y azoospermicos fue de  $13.51 \pm 3.21$  nmol/mL; se encontró un valor máximo de 19.66 y un valor mínimo de 8.12 nmol/mL. Al realizar el análisis bivariado se observó una correlación negativa significativa entre nitritos totales en plasma seminal y el tipo de exposición de los trabajadores de manera general ( $r=-.763$ ,  $**p<0.001$ ). Por otro lado, no se encontró una correlación significativa entre la concentración espermática y la concentración total de nitritos en plasma seminal ( $r=.572$ ,  $p>0.05$ ).

Al analizar los resultados de los nitritos por grupos de estudio, así como su calidad espermática, se observó el siguiente comportamiento. En relación con la concentración de nitritos en plasma seminal, se encontró una diferencia significativa entre el grupo de exposición alta y el grupo de exposición media, de  $16.98 \pm 1.27$  y  $11.709$  nmol/mL ( $p<0.001$ ,  $t=7.043$ ) (Cuadro 7).

Al comparar la concentración de nitritos en plasma seminal entre el grupo de exposición alta y el grupo de exposición baja, también se encontró una diferencia significativa con una  $p<0.001$  y  $t=8.822$ ; la concentración de nitritos en el plasma seminal de estos grupos fue de  $16.98 \pm 1.27$  y  $10.70$  nmol/mL, respectivamente. Al comparar la concentración de nitritos entre el grupo de exposición media y el grupo de exposición baja, no se encontró diferencia significativa ( $p>0.05$ ).

En la asociación de variables se observó una correlación significativa entre la concentración de nitritos en plasma seminal en el grupo alto y la variable *espermatozoides vivos móviles* de la viabilidad celular ( $p < 0.001$ ,  $r = 0.662$ ), no se encontró asociación de ninguna otra variable seminal con la concentración de nitritos.

En el grupo de exposición al nivel medio se encontró una correlación significativa entre la concentración de nitritos y la variable *motilidad errática* ( $p < 0.044$ ,  $r = 0.398$ ); no se encontró ninguna otra correlación entre las variables seminales y la concentración de nitritos. En el grupo de exposición baja no se observó ninguna correlación entre las variables de la calidad espermática evaluadas y la concentración de nitritos en plasma seminal.

Al analizar los resultados de los sujetos que presentaron azoospermia y oligospermia se encontró que la concentración de nitritos fue en promedio de  $14.704 \pm 3.816$  nmol/mL. La concentración espermática promedio en estos sujetos fue de  $7.40 \pm 8.876 \times 10^6$  cel/mL, no se encontró correlación entre la concentración de nitritos en plasma seminal y la concentración espermática en este grupo ( $p > 0.05$ ,  $r = 0.397$ ).

## **CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA POBLACIÓN ESTUDIADA**

Respecto al hábito de fumar y al consumo de drogas y de bebidas alcohólicas, 17 sujetos (37.7 %) eran fumadores y 28 no fumadores (62.3 %); únicamente 2 sujetos consumieron drogas al momento del estudio. Por otro lado, el consumo de alcohol, determinado por el consumo de cerveza, vino, brandy o tequila, fue reportado por 23 sujetos (51.1 %). El modelo multivariado o modelo de regresión lineal múltiple se obtuvo a partir del análisis divariado, para este modelo final fue necesario evaluar otras variables independientes: el consumo de drogas, alcohol y cafeína, el hábito de fumar, la edad y los días de abstinencia sexual, como variables confusoras (Cuadro 8).

## CONCLUSIONES

De los 62 pozos muestreados en la zona de estudio, el 64.5 % están contaminados por  $\text{N-NO}_3^-$ , tanto para uso agrícola como para consumo humano; sus niveles sobrepasan la referencia de 10 mg/L de  $\text{N-NO}_3^-$  marcados por la NOM 127 SSA.

En la zona de estudio no se tienen evidencias de los diversos cánceres que se pueden presentar por el consumo de agua contaminada por nitratos, ni de casos de metahemoglobinemia, así como tampoco de efectos reproductivos en humanos, por lo que la evaluación del riesgo se realizó para efectos no carcinogénicos.

Se encontró que, para los niños, el 64.5 % de los pozos presentan concentraciones de 11.80 a 124 mg/L de  $\text{N-NO}_3^-$ . Para los adultos, el 25 % de los pozos tienen niveles de 64 a 124 mg/L de  $\text{N-NO}_3^-$ . En ambos casos hay riesgo para la salud.

Entre los 346 niños que fueron estudiados no se detectó metahemoglobinemia clínicamente, pero sí una tendencia 1.54 veces mayor al aumento en los niveles de metahemoglobina en los niños del grupo alto y medio; se considera que esta tendencia de género se asocia con las actividades de los niños en las comunidades rurales, y con el grado de exposición a los nitratos por consumo de agua de pozos de uso agrícola.

El tiempo para embarazo fue mayor en las mujeres sujetas a exposición alta (4.2 meses), en comparación con las mujeres sujetas a exposición media y baja (3.2 y 2.7 meses, respectivamente). El  $\text{fORc}$  para las mujeres de exposición media fue de 0.74 (95% CI 0.38 -1.44), y para las mujeres expuestas al nivel alto, de 0.49 (95% IC 0.26 - 0.94). Estos resultados muestran que hay una tendencia a que se altere la fecundidad de las mujeres expuestas.

El estudio de la reproducción masculina en lo referente a la calidad espermática no mostró diferencias. Sin embargo, en la determinación del nitrito en plasma seminal sí se encontraron diferencias al comparar los grupos; por ejemplo, el grupo expuesto al nivel alto comparado con el nivel medio fue de  $16.98 \pm 1.27$  y  $11.709 \text{ nmol/mL}$ ,  $p < 0.001$ ,  $t = 7.043$ ; también se encontró una correlación significativa entre la concentración de nitritos y la variable *motilidad errática* ( $p < 0.044$ ,  $r = 0.398$ ), lo que nos puede indicar que hay una tendencia a que el contaminante pueda alterar la fecundidad.

El presente estudio contribuye al conocimiento de los efectos en la salud humana causados por la ingesta de agua con altos contenidos de nitratos.

## REFERENCIAS

1. Coss A, Cantor KP, K. J., Lynch CF, Wrd MH (2004). "Pancreatic cancer and drinking water and dietary sources of nitrate and nitrite." *Epidemiology* 15(7): 693-701.
2. De Roos AJ, W. M., Lynch CF, Cantor KP (2003). "Nitrate in public water supplies and the risk of colon and rectum cancers." *Epidemiology* 14(6): 640-649.
3. Gulis G, C. M., Cerhan JR, (2003). "An ecologic study of nitrate in municipal drinking water and cancer incidence in Trnava District, Slovakia " *Environ Res* 88(3): 182.
4. Cocco P, B. G., Aru G, Casula P, Muntoni S, Cantor K P and Ward M H. (2003). "Nitrate in community water supplies and incidence of non-Hodgkin's lymphoma in Sardinia, Italy." *Journal of Epidemiology and Community Health* 57: 510-511.
5. Freedman DM, C. K., Ward MH, Helzlsouer KJ. (2000). "Case-control study of nitrate in drinking water and non-Hodgkin's lymphoma in Minnesota." *Arch Environ Health* 55(5): 326-329.
6. Ward MH, C. J., Colt JS, Hartge P (2006). "Risk of non-Hodgkin lymphoma and nitrate and nitrite from drinking water and diet." *Epidemiology* 17(4): 375-382.
7. Stepankovskaia GK, T. O., Slobodianik Oia, Lapchenko VS, Emchenko NL, Rymar'-Shcherbina NB, Bondarenko luG (1993). "The transplacental transfer of nitrates and their effect on the human." *Lik Sprava*. 9: 52-56.
8. Wiszniewska Barbara, R. K., Andrzej Ciechanowicz and Boguslaw Machalinski, (2000). "Inducible nitric oxide synthase in the epithelial epididymal cells of the rat Reproduction, Fertility and Development." *Fertility and Development* 9(8): 789-794.
9. Eskiocak S, D. C., Basoglu T, Altaner S (2005). "The effects of taking chronic nitrate by drinking water on thyroid functions and morphology." *Cin Exp Med* 5(2): 66-71.
10. Kammerer M, S. B. (1993). "Midterm toxicity of nitrates: experimental evaluation of the effects on reproductive functions in the female rabbit *Service de Pharmacie-Toxicologie.*" *Ecole Nationale veterinaire de Nantes, France* 24(5): 434-444.
11. Pérez Ceballos Rosela, P. Á. J. (2004). "Vulnerabilidad del agua subterránea a la contaminación de nitratos en el estado de Yucatán." *Ingeniería* 8(1): 33-42.
12. Comisión Nacional del Agua. (2001). "Índice de Calidad de Agua."
13. NOM-127-SSA1 (1994). "Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización." SSA <<http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/127ssa14.html>> .
14. Cueto Wong José Antonio, R. S. D. G., González Cervantes Guillermo, Orona Castillo Ignacio, Estrada Avalos Juan. (2005). "Características químicas de aguas de pozos profundos del acuífero de Villa Juárez, Durango. " *Agrofaz* 5(2): 869-874.
15. Medina, M. C. y. C. P. R. (2001). "Contaminación por nitratos en agua, suelo, y cultivos de la Comarca Lagunera." *Chapingo Serie Zonas Áridas* 2(1): 9-14.
16. Martínez Rodríguez Juan Guillermo, R. G. M., Faz Contreras Rodolfo (2005). "Determinación espacial de la vulnerabilidad de un acuífero a ser contaminado por nitratos." *Agrofaz* 5(3): 77-84.
17. Martínez Rodríguez Juan Guillermo, C. Z., Rivera González Miguel, Núñez Hernández Gregorio, Faz Contreras Rodolfo (2006). "Contaminación por nitratos en acuíferos del norte de México y del Estado de Guanajuato." *Dialnet Agrofaz*. 6(3): 379-388.
18. Sadeq M, M. C., Attarassi B, Cherkaoui I, Elaouad R, Idrissi L (2008). "Drinking water nitrate and prevalence of methemoglobinemia among infants and children aged 1-7 years in Moroccan areas." *Environ Health* 211(5-6): 546-554.
19. Abu Naser AA, G. N., Khoudary R. (2007). "Relation of nitrate contamination of groundwater with methaemoglobin level among infants in Gaza." *East Mediterr Health J* 5(994): 104.

20. Majul Eugenia María; Moron Jiménez María Joaquina y Ramón Adriana Noemí (2004). "Estimación de la ingesta diaria potencial de nitritos en productos cárnicos de mayor consumo en adolescentes." *Revista de salud pública y nutrición* 5: 3.
21. Pant N, S. S. (2002). "Testicular and spermatotoxic effect of nitrate in mice. Industrial Toxicology Research Centre, Lucknow, India." *Hum Exp Toxicol* 21(1): 37-41.
22. Calleros R. Esperanza, Moran. M. Javier, Espinosa F. Jorge, Cedillo G. María, Alarcón H. María, Cueto W. José, Sanin A. Luz. (2009). "Asociación entre la concentración de los nitratos en agua, la caldad espermática y nitrito en plasma seminal en varones de 18 a 49 años de edad." *Medicina Torreón* 5(2): 43-48.
23. Idrovo A.J, Sanín. L.H., and Cole D.C (2005). "Tiempo para quedar en embarazo: consideraciones generales y metodológicas." *Biomédica* 25: 398-411.
24. Idrovo Alvaro Javier, S. L. H., Cole Donald C., Chavarro Jorge, Heidy Cáceres. Javier Narvárez, Restrepo Mauricio (2005). "Time to first pregnancy among women working in agricultural Production." *Int Arch Occup Environ Health* 78(493-500).
25. Croen LA. Todoroff K, S. G. (2001). "Maternal exposure of nitrates from drinking water and diet and risk for neural tube deffects." *American Journal of epidemiology* 153(4): 325-331.
26. Revelli A, B. L., Massobrio M, Lindblom B, Bosia A, Ghigo D (2001). "The concentration of nitrite in seminal plasma does not correlate with sperm concentration, sperm motility, leukocytospermia, or sperm culture. Department of Obstetrical and Gynecological Sciences." *Fertil Steril.* 76(3): 496-500.
27. Battaglia C, G. S., Regnani G, Di Girolamo R, Paganelli S, Facchinetti F, Volpe A (2000). "Seminal plasma nitrite/nitrate and intratesticular Doppler flow in fertile and infertile subjects. Department of Obstetrics and Gynecology," *University of Modena, Hum Reprod* 15(12): 254-258.

## AGRADECIMIENTOS

CIMAV. Centro de Investigación en Materiales Avanzados.  
Chihuahua, Chihuahua.

Facultad de Enfermería y Nutrición de la UACH.

CONACYT. Delegación Zona Norte, Chihuahua, Chihuahua.

CENID RASPA-INIFAP. Gómez Palacio, Dgo.

Centro de Investigación Biomédica, Departamento de Reproducción y  
Ultraestructura. U.A.C.

INEGI. Gómez Palacio, Dgo.

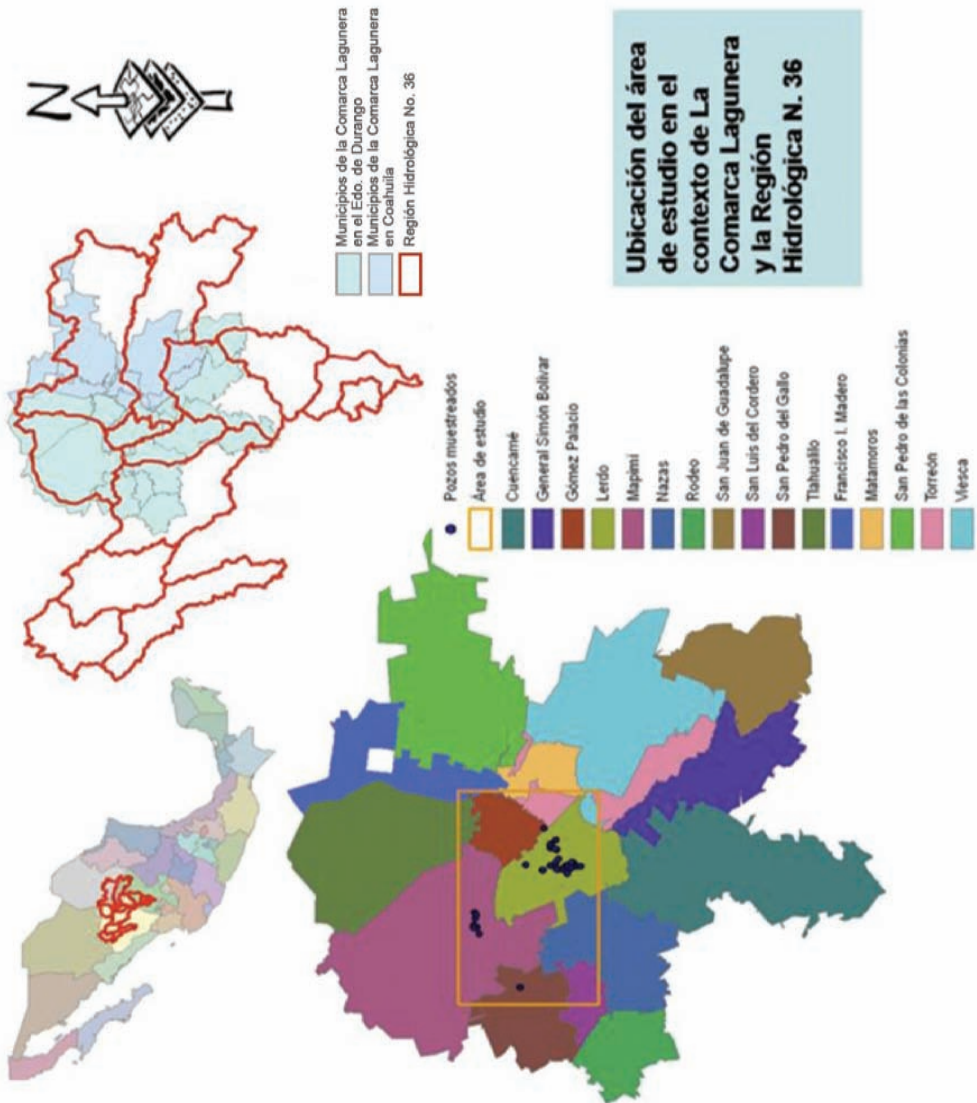
Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Ciencias Químicas.

UJED, Gómez Palacio, Dgo.



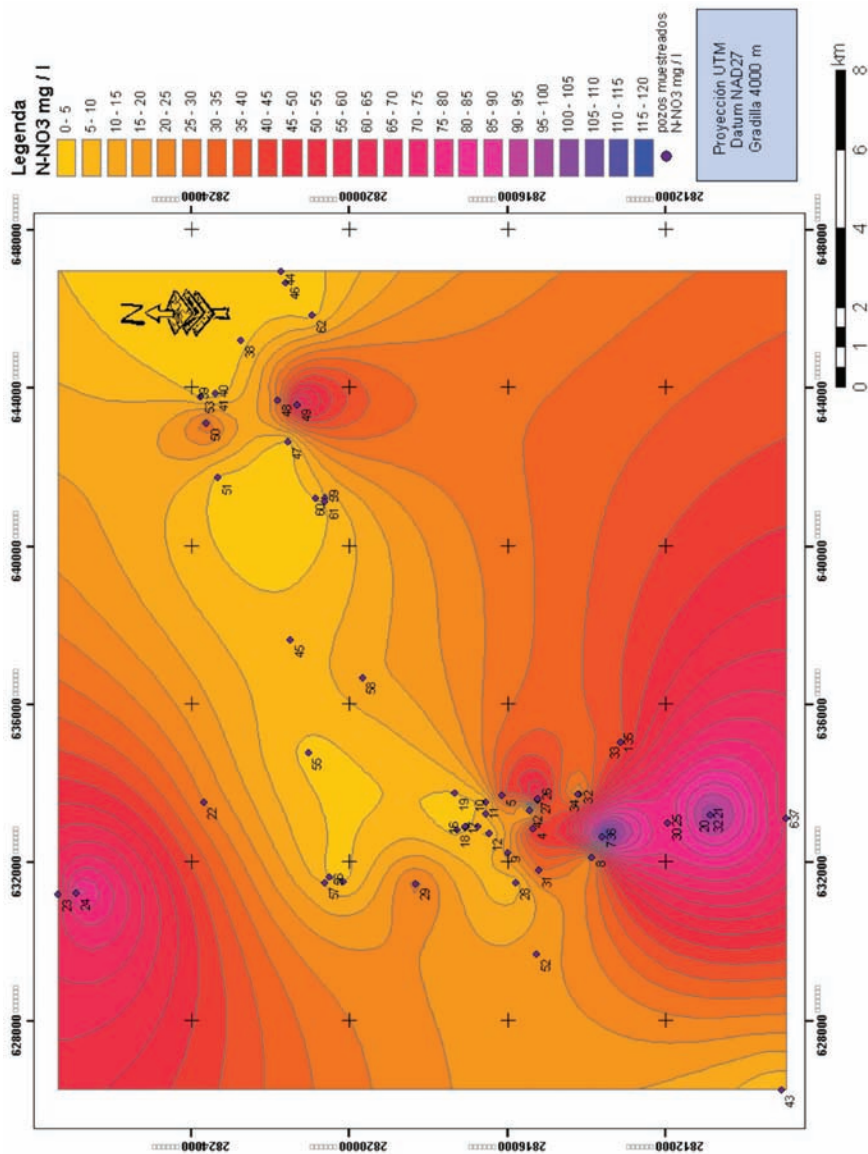
# REGIÓN HIDROLÓGICA DE LA COMARCA LAGUNERA

FIGURA 1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y LA REGIÓN HIDROLÓGICA DE LA COMARCA LAGUNERA; LOS PUNTOS INDICAN LOS POZOS MUESTREADOS.



# LÍNEAS DE ISOCONCENTRACIÓN

FIGURA 2. LÍNEAS DE ISOCONCENTRACIÓN DE NITRATOS EN AGUA (MG/L) EN LA ZONA DE ESTUDIO



# ESCENARIOS DE EXPOSICIÓN

CUADRO 1. ESCENARIOS DE EXPOSICIÓN Y SU CUANTIFICACIÓN EN LAS COMUNIDADES.

Localidad	Agua de la red de abastecimiento mg/L de N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Agua de pozos agrícolas mg/L de N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Clasificación
1. Juan E. García	4.1	83.5	Medio
2. Vicente Nava	4.1	83.5	Medio
3. El Salitral	3.4	83.5	Medio
4. La Goma	4.7 a 11.80	124	Alto
5. Salamanca	4.1	83.5	Medio
6. Saporiz	7	101	Alto
7. La Loma	4.7 a 11.80	124	Alto
8. El Peñón	4.1	83.5	Medio
9. Las Piedras	3	3	Bajo
10. Las Cuevas	3.2	64	Medio

**CUADRO 2. ESCENARIOS DE EXPOSICIÓN ALTA, MEDIA Y BAJA. SE MUESTRA EL ÍNDICE DE PELIGRO Y EL MARGEN DE EXPOSICIÓN EN POZOS DE USO DOMÉSTICO (PD) Y POZOS AGRÍCOLAS (PA).**

Localidad	Dosis exposición (PD) mg/L N-NO <sub>3</sub>	Dosis exposición (PA) mg/L N-NO <sub>3</sub>	Índice de peligro (PD)	Índice de peligro (PA)	Margen de exposición (PD)	Margen de exposición (PA)
<b>Exposición alta</b>						
La Loma	11.80	124	1.18	12.4	0.84	0.080
La Goma	11.80	124	1.18	12.4	0.84	0.080
Saporis	7	101	0.7	10.1	1.42	0.099
<b>Exposición alta</b>						
Juan E. García	4.1	83.5	0.41	8.35	2.4	0.11
Vicente Nava	4.1	83.5	0.41	8.35	2.4	0.11
El Salitral	3.4	83.5	0.34	8.35	2.85	0.11
Salamanca	4.1	83.5	0.41	8.35	2.4	0.11
El Peñón	4.1	83.5	0.41	8.35	2.4	0.11
Las Cuevas	3.2	6.4	0.32	3.4	3.1	1.5
<b>Exposición baja</b>						
Las Piedras	3	3	0.3	0.3	3.33	3.33

**CUADRO 3. ASOCIACIÓN DE LOS NIVELES DE METAHEMOGLOBINA Y ANTECEDENTES DE LOS NIÑOS.**

Niveles de metahemoglobina	*OR	Error estándar	p(95% IC)
Toman agua de la llave	0.82	0.23	0.50
Toman agua de pozo	1.87	0.89	0.18
Fuman en casa	0.73	0.16	0.16

\* Razón de momios

**CUADRO 4. TIEMPO PARA EMBARAZO, FORC CON VARIABLES SOCIODEMOGRÁFICAS.**

<b>Variables</b>	<b>fORc (95% CI)</b>	<b>Error estándar</b>	<b>p</b>
Edad al primer embarazo	0.94 (0.93-0.95)	0.004	0.05
Peso al inicio del embarazo	0.98 (0.98-0.98)	0.001	0.05
Delgada	0.72 (0.14-3.67)	0.60	0.70
Normal	1.75 (0.62-4.89)	0.91	1.07
Sobrepeso	0.94 (0.26-3.39)	0.61	0.93
Obesidad	0.54 (0.01-0.22)	0.39	0.001
Menarca	1.09 (0.94-1.25)	0.07	0.22
Tabaquismo (madre)	0.54 (0.26-1.12)	0.20	0.1
Consumo cafeína (madre)	0.91 (0.60-1.38)	0.19	0.6
Toma agua de pozo (madre)	1.06 (0.67-1.71)	0.26	0.79
Tabaquismo (padre)	0.73 (0.51-1.05)	0.13	0.09
Drogadicción (padre)	1.42 (0.76-2.64)	0.45	0.27
Consumo bebida embriagante (padre)	0.67 (0.30-1.49)	0.27	0.33

**CUADRO 5. TIEMPO PARA EMBARAZO EN LOS NIVELES DE EXPOSICIÓN MEDIO Y ALTO, TOMANDO COMO REFERENCIA EL NIVEL BAJO.**

<b>Nivel de exposición</b>	<b>fORc (95% CI)</b>	<b>Error estándar</b>	<b>p</b>
Medio	0.74 (0.38-1.44)	0.25	0.381
Alto	0.49 (0.26-0.94)	0.16	0.034

**CUADRO 6. CARACTERÍSTICAS DE LA CALIDAD ESPERMÁTICA EN LOS SUJETOS ESTUDIADOS.**

<b>Variables</b>	<b>Valor de referencia</b>	<b>Valor obtenido</b>
Abstinencia sexual en días	2	3.044 ± 0.767
Volúmen	2 a 7 mL	2.27 ± 1.33
pH	7.2 a 7.8	7.94 ± 0.41
Concentración espermática (x10 <sup>6</sup> cel/ml)	>20 millones de células	51.46 ± 29.47
Concentración espermática total	Normospérmico > 20 mill. de células	122.72 ± 100.25
Motilidad espermática	>50%	57.044 ± 25.52
Progresiva	>25%	34.77 ± 22.30
Circular	1 a 2 por campo	2.44 ± 2.26
Errática	1 a 2 por campo	18.11 ± 13.98
Flagelo (%)	< 30%	3.55 ± 2.54
Inmóviles muertos (%)	12%	38.28 ± 24.03
Viabilidad celular (%)	>50%	57.36 ± 23.17
Formas vivas móviles (%)	>70%	42.57 ± 23.17
Formas vivas inmóviles (%)	20%	17.95 ± 13.39
Formas muertas (%)	10%	33.26 ± 18.19

**CUADRO 7. NITRITO EN PLASMA SEMINAL EN LOS DISTINTOS GRUPOS DE EXPOSICIÓN.**

<b>Grupos</b>	<b>Nitrito en plasma seminal</b>	<b>p</b>	<b>t</b>
Alto vs. medio	16.98±1.27 y 11.709nmol/mL	<0.001	7.043
Alto vs. bajo	16.98±1.27 y 10.70nmol/mL	<0.001	8.822

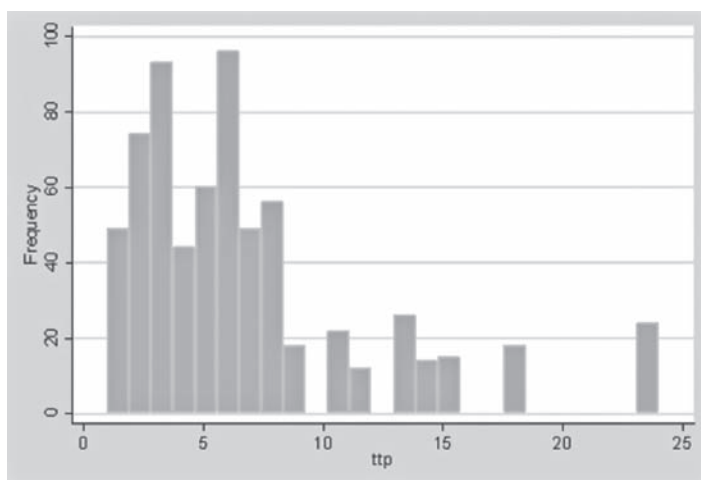
### CUADRO 8. CORRELACIÓN DE LAS VARIABLES CONFUSORAS

Relación de las variables	P
Días de abstinencia/edad	0.941 <sup>a</sup>
Días de abstinencia/hábito de fumar	0.646 <sup>B</sup>
Días de abstinencia/consumo de bebidas alcohólicas	0.947 <sup>B</sup>
Días de abstinencia/consumo de cafeína	0.525 <sup>B</sup>
Días de abstinencia/consumo de drogas	0.340 <sup>B</sup>
Edad/hábito de fumar	0.482 <sup>a</sup>
Edad/consumo de bebidas alcohólicas	0.234 <sup>a</sup>
Edad/consumo de café	0.679 <sup>a</sup>
Edad/consumo de drogas	0.870 <sup>a</sup>
Hábito de fumar/consumo de bebidas alcohólicas	0.519 <sup>B</sup>
Hábito de fumar/consumo de café	0.787 <sup>B</sup>
Consumo de bebidas alcohólicas/consumo de cafeína	0.999 <sup>B</sup>
Consumo de bebidas alcohólicas/consumo de drogas	0.240 <sup>B</sup>
Consumo de café/ consumo de drogas	0.167 <sup>B</sup>

p: <sup>a</sup>De acuerdo con la prueba de t-student. <sup>b</sup>De acuerdo con la prueba de X<sup>2</sup>

### GRÁFICA 1. TIEMPO PARA EMBARAZO (TTP, EN MESES) Y FRECUENCIA.

\*EL EJE DE LAS X REPRESENTA LOS MESES QUE TARDARON EN EMBARAZARSE.  
EL EJE DE LAS Y REPRESENTA LA FRECUENCIA.



# A MÁS DE UNA DÉCADA DE LOS ESTUDIOS DE FTALATOS EN MÉXICO

Patricia Bustamante-Montes, Patricia Borja-Bustamante

## INTRODUCCIÓN

Los ftalatos son plastificantes del policloruro de vinilo PVC (por sus siglas en inglés) y, componentes de fórmulas de una amplia gama de productos de uso cotidiano. Sin embargo, al no estar ligados químicamente a la matriz plástica, los ftalatos pueden abandonar el material y provocar daños a la salud y al medio ambiente. La exposición humana a los ftalatos es universal, la mayor exposición proviene de alimentos, cosméticos y productos de uso personal así como de algunas ocupaciones y procedimientos médicos invasivos. El sistema más sensible a los potenciales efectos es el tracto reproductivo masculino inmaduro y recientemente se le ha asociado con el cáncer de mama<sup>1</sup>.

El estudio de los ftalatos en México inició cuando Green Peace en 1999 solicitó a la Secretaría de Salud de México, la eliminación del mercado nacional de productos de uso oral fabricados con PVC, para infantes, los cuales contenían grandes cantidades de plastificantes del grupo de los ftalatos. Con este antecedente y la organización de un grupo *Ad hoc* en la Dirección General de Salud Ambiental, hoy incorporada a la Comisión Federal de Protección contra Riesgos Sanitarios (COFREPIS), se inició la investigación en nuestro país.

Estos estudios conformaron un Programa de investigación llamado "ftalatos y efectos a la salud" que se ha desarrollado con un enfoque de género. Recientemente se ha iniciado un proyecto con enfoque ecosistémico o ecosalud que se describirá posteriormente. Desde el punto de vista de éste enfoque, el género muestra la forma como la relación hombre-mujer afecta la salud y como son las diferencias en las exposiciones o diferencias en los efectos. El objetivo de este



capítulo es reconstruir la historia de la investigación en ftalatos en México a más de una década de haber sido iniciada y escudriñar sobre la perspectiva de género en estos estudios.

## LOS PRIMEROS ESTUDIOS

En la fase inicial y de acuerdo a las necesidades de la Secretaría de Salud se realizó una revisión de la literatura y se describieron los polímeros, los ftalatos y de éstos últimos su uso y potencial riesgo; se discutieron las evidencias en animales y, con base en lo anterior, se recomendó investigar la magnitud del problema en México, país productor de PVC plastificado. Cabe mencionar que ninguna técnica de identificación, cuantificación de ftalatos o medición de biomarcadores de exposición, existía en México antes de iniciar dichos proyectos<sup>1</sup>.

El estudio diagnóstico consistió en determinar la prevalencia de uso de productos infantiles de uso oral en menores de tres años de edad, identificar y cuantificar su concentración de ftalatos, mediante una encuesta metropolitana en la ciudad de Toluca, Estado de México. La prevalencia de éstos productos fabricados con PVC fue del 13%, su concentración llegó hasta el 67% del peso total de los productos, siendo mayor su uso entre los niños varones, menores de 18 meses, pertenecientes a los estratos socioeconómicos bajos. Paralelo a este estudio se desarrollaron métodos experimentales para estudiar la difusión de los ftalatos procedentes de PVC plastificado en agua y saliva artificial y en voluntarios adultos. Los experimentos permitieron determinar la tasa de difusión *in vivo* que fue de 6.04  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ . La exposición media procedente de estos productos fue de 13.94  $\mu\text{g}/\text{Kg}$  de peso/día<sup>2,3</sup>.

En este estudio, fue interesante observar que el uso de los productos infantiles diseñados para ser llevado a la boca tenía que ver tanto con la edad y sexo, como con variables de tipo social como el estrato socioeconómico al cual pertenecían. Se encontró un mayor hábito de chupar en los niños varones comparado con las niñas, y mayor en los niños menores de 18 meses. Las probables explicaciones fueron que: existen períodos de la vida, en que los niños ya sea por su alimentación o por su etapa de desarrollo, son más susceptibles a utilizar este tipo de productos, además de que probablemente compensan sus carencias materiales, emocionales o de atención, mediante el hábito de chupar.

Esta situación es preocupante ya que se ha observado que los ftalatos producen disrupción sexual masculina en diferentes niveles de severidad y en diferentes sitios del aparato reproductor. Adicionalmente, hay que considerar que solo se evaluó la exposición derivada del uso de estos productos y que los niños pueden tener otras fuentes de exposición. La participación de la mujer en el cuidado de los niños en México, todavía es muy importante, ya que el 77% de las madres se encarga del cuidado de sus hijos, otro aspecto importante para la posible intervención es el nivel de educación de las madres que en promedio es de secundaria y que quizás explique el 100% de participación<sup>2</sup>.

Como resultado de este estudio se advirtió sobre la necesidad de estudiar los efectos de la exposición perinatal a ftalatos sobre el perfil hormonal de infantes varones durante los seis primeros meses de vida con otra técnica, esta vez mediante biomarcadores en orina de la madre durante el embarazo y los efectos en las hormonas gonadales de los niños al mes, tres y seis meses de vida, estos últimos servirían como marcadores intermedios de daño. Las técnicas tuvieron que ser implementadas y adaptadas a los recursos existentes en nuestro país.

Se supuso la existencia de tres ventanas teóricas durante el embarazo, considerando la más importante el primer trimestre del embarazo. La cohorte fue construida barriendo las colonias de los alrededores de industrias que utilizaban los ftalatos en el corredor industrial del Estado de México (Toluca, Xonacatlán, Naucalpan y Tlanepantla). Vale la pena mencionar que las mujeres fueron muy participativas durante el embarazo, sin embargo posterior al nacimiento de sus hijos dejaron de tomar decisiones sobre el continuar en el estudio, lo que trajo consigo serias dificultades para obtener las muestras, finalmente esto pudo solucionarse en parte con visitas de sensibilización a los padres. Como en la mayoría de los estudios donde deben tomarse muestras biológicas, las que eran no invasivas como la de saliva para determinar la testosterona libre o aquellas de orina para la determinación de gonadotropinas, pudieron obtenerse de acuerdo a lo planeado (tres muestras). La muestra de sangre para la determinación de la inhibina B solo se obtuvo en un momento (tercer mes) y no en la totalidad de los niños. Esto último se debió fundamentalmente a una falla en la toma de decisiones por parte de las mujeres, las que mostraron su dependencia y minusvalía ante su pareja u otros miembros de la familia particularmente sus suegras.

En resumen las madres mostraron interés por saber las condiciones de exposición de sus hijos y temor a la reacción de sus parejas al participar en el estudio.

Los resultados de esta parte del estudio están aún por publicarse, aquí presentamos los hallazgos más relevantes. Los ftalatos siendo un grupo de sustancias con diversas actividad muestran efectos diferenciales sobre los dos tipos principales de células del testículo, por ejemplo, en la función de la célula de Leydig, la exposición postnatal al ftalato de mono etil hexilo mostró un decremento de la hormona luteinizante, la exposición prenatal del ftalato de monoetilo se asoció con un decremento de la testosterona libre y con un incremento de la razón LH/testosterona, a diferencia del ftalato de mono etil hexilo que mostró un decremento de la razón LH/testosterona. Los efectos encontrados en la función de la célula de Sertoli fueron: el ftalato de mono etil hexilo prenatal se asoció con un decremento de la FSH y la exposición postnatal con un incremento de la inhibina B. Tanto la exposición prenatal como postnatal al ftalato de mono etil hexilo redujo la razón FSH/ inhibina B<sup>4,5</sup>.

## LOS ESTUDIOS DE FTALATOS EN EL ÁREA DE CUIDADO A LA SALUD

El cloruro de polivinilo más conocido por sus siglas en inglés (PVC), es el plástico más utilizado en los productos de uso médico, puede ser riesgoso para los pacientes, el medio ambiente y la salud pública. Hay dos problemas principales asociados al PVC:

- Las dioxinas
- Los ftalatos

En relación a los ftalatos, un punto muy importante es la exposición procedente de tratamientos médicos invasivos utilizados en los servicios de terapia intensiva neonatal. El estudio exploratorio realizado en México en un hospital de seguridad social tuvo como objetivo comparar los niveles de exposición a ftalatos en recién nacidos varones sometidos a procedimientos médicos invasivos con los observados en la población general. Otro estudio realizado en un Hospital General del Estado de México proporcionó información adicional relevante que confirmaba causas de ingreso al área de terapia intensiva e información sobre la evolución del embarazo (no publicadas). La edad gestacional de los niños que fueron atendidos en la Unidad de Cuidados Intensivos Neona-

tales UCIN, se distribuyeron de la siguiente manera: 38% pretérmino, 58% a término y 4% posttérmino, Las causas de tratamiento en la UCIN fueron principalmente síndrome de dificultad respiratoria, asfixia perinatal, sepsis, síndrome de aspiración meconial, y enterocolitis. El modelo construido para predecir el ingreso a la UCIN mantuvo variables asociadas al número de consultas prenatales, la prematuréz, la axfixia y sepsis.

Los resultados del estudio exploratorio muestran elevados niveles de exposición en el grupo de recién nacidos sometidos a tratamientos médicos en terapia intensiva neonatal  $46.82\mu\text{g}$  vs  $5.19\mu\text{g}$  de los niños de cunero. El estudio de los ftalatos en la orina de los niños representa en principio la aproximación a la medición de la exposición como resultado de la excreción de acuerdo a un equilibrio de la dosis que fue absorbida<sup>6</sup>. Dada la naturaleza exploratoria del estudio solo se compararon las concentraciones de los metabolitos entre los niños sometidos a cada uno de los procedimientos más frecuentes utilizados en esta población, sin intentar predecir el origen de la exposición total. Se encontraron asociaciones estadísticamente significativas entre el uso de la sonda nasogástrica y catéter central con el ftalato de mono metilo, el ftalato de monobutilo con la sonda nasogástrica y el ftalato de mono etil hexilo con los procedimientos más utilizados como son la venoclisis y la onfalocclisis. Por otra parte, los resultados hacen suponer o que los niños estuvieron expuestos a diferentes fuentes paralelas a los tratamientos o, que los equipos fueron fabricados con diferentes ftalatos en mezclas<sup>6</sup>.

Con la finalidad de complementar el estudio se analizaron los componentes de los dispositivos médicos más frecuentemente utilizados en la UCIN, y se demostró que dichos productos contenían ftalatos hasta en un 40% de su peso (porcentaje similar al de los estudios realizados en otros países (datos no publicados) y eran similares a los utilizados en hospitales de seguridad social y hospitales generales.

De acuerdo con la OMS se estima que por lo menos entre el 30 y 40% de las muertes infantiles se deben a un precario cuidado de las mujeres en el embarazo y parto. Durante el embarazo se deben otorgar 8 consultas, como mínimo para determinar la calidad y evolución del proceso en el cual se está desarrollado un nuevo ser. En este estudio se encontró un promedio de 4.2 consultas el cual se comportó como factor protector de ingreso a la UCIN (OR .72) con un valor de  $p=0.02$ , cabe mencionar que en este estudio la mayoría de las mujeres pertenecían estrato socio-económico bajo, el 66% eran esposas de campesinos y se

dedicaban casi en su totalidad a las labores del hogar. Aunque solo el 5% eran analfabetas, el grado máximo de escolaridad oscilaba entre primaria y secundaria. Este punto merece discusión e investigación para tratar de entender el papel de la mujer en complicaciones del embarazo dado el número de consultas promedio realizadas y por otro lado el rol de los servicios de salud en la aplicación de la norma.

Otro problema es la utilización de productos fabricados con estos materiales en los tratamientos médicos, a los que son sometidas mujeres embarazadas o en la lactancia, ya que estas sustancias se eliminan por la leche materna. La Organización Mundial de la Salud promueve el amamantamiento como el modo de alimentación ideal, tras las denuncias sobre la presencia de ftalatos en leche maternizada en Gran Bretaña, que reavivó la preocupación por los posibles daños causados por los sustitutos de la leche materna.

La investigación científica indica que en primer lugar, todas las personas, no solo las mujeres que amamantan, tienen una carga corporal de químicos tóxicos. Todos los niños, no solo los alimentados con leche materna, están expuestos a tóxicos pre y post nacimiento. La leche materna a menudo es utilizada por los investigadores médicos como una medida de exposición humana a las toxinas ambientales no porque sea "más tóxica" que otras sustancias encontradas en la orina o sangre, sino porque la grasa de la leche materna puede obtenerse más fácilmente y con menos costos y porque los contaminantes solubles en grasa suelen encontrarse en concentraciones más elevadas en la leche que en la sangre o la orina. Algunos de las investigaciones más exhaustivas sobre contaminantes tóxicos en la leche materna han sido realizadas en Holanda, donde la población ha sido expuesta a la mayor polución industrial en Europa. El trabajo de Rogan et al en Carolina del Norte representa un segundo conjunto de este tipo de estudios ya que encontraron PCBs, dioxinas, pesticidas, ftalatos, y metales pesados en muestras de leche materna de algunas mujeres <sup>7</sup>.

Las investigaciones realizadas en leche materna para la identificación y detección de toxinas provienen de tres fuentes principales: estudios en animales como el ratón, la rata y el mono, pero los seres humanos muestran diferencias de sensibilidad. Con frecuencia la evidencia de toxicidad solo ocurre cuando se utilizan dosis excepcionalmente elevadas.

Es necesario explorar nuevas formas de medir y evaluar efectos transgeneracionales de los contaminantes, esto se puede lograr mediante la posibilidad del seguimiento de la lactancia materna a través de las generaciones o por medio

de un programa de monitoreo de leche materna. Se ha observado mediante monitoreo de la leche materna que cuando se prohibieron los contaminantes orgánicos persistentes, los niveles de estas sustancias en la leche materna disminuyeron en forma dramática.

Los expertos del Programa del Centro Nacional de Toxicología para la Evaluación de los Riesgos en la Reproducción Humana de EEUU, han sugerido para el ftalato de monoetilhexilo que la información de su toxicidad sobre el sistema reproductivo y el desarrollo son indicativos que la exposición intensiva de lactantes y niños bajo tratamiento puede ser cercana a dosis conocidas como tóxicas para roedores.

Este grupo también ha expresado su preocupación por la exposición ambiental oral al Ftalato de Di-2 etil hexilo (FDEH) principalmente proveniente de la contaminación de la dieta en general en mujeres embarazadas o en período de lactancia que puede afectar adversamente el desarrollo de sus hijos. La exposición al FDEH derivadas de terapias médicas podría adicionarse a la exposición ambiental por dieta.

Por lo anterior, consideramos que las madres podrían ser una fuente de exposición a ftalatos y se realizó el estudio cuyo objetivo fue determinar si existían diferencias en la concentración de metabolitos primarios de ftalatos en leche materna, entre mujeres sometidas a procedimientos médicos en terapia intensiva y aquellas que recibieron tratamiento médico de rutina en el momento del parto. El diseño del estudio fue transversal, se realizó en un hospital de Gineco-obstetricia del Instituto Materno Infantil del Estado de México (I.M.I.E.M), entidad federativa con la mayor cantidad de población del país. Las muestras de leche se obtuvieron en el área de hospitalización, terapia intensiva (U.C.I) y en el domicilio de la paciente en caso de parto normal, todas bajo consentimiento informado.

Se partió del supuesto que se comparaban dos grupos de mujeres sometidas teóricamente a dos niveles de exposición a ftalatos. Un grupo formado por mujeres que al momento del nacimiento de su hijo hayan requerido hospitalización por alguna complicación y por lo tanto tuvieron mayor exposición a productos de uso médico y se compararon con otro grupo de embarazadas sin complicaciones que por ende tuvieron un menor grado de exposición, ya que cabe mencionar que por reglamento todas las mujeres que llegan a dar a luz a los hospitales son canalizadas con equipo de venoclisis. Esta práctica no es decidida por las mujeres y se encuentra institucionalizada.

En cuanto a los resultados destaca que el 41% de la población bajo estudio cursaba su primer embarazo, el 35% dos embarazos, 24% tres embarazos y más. El 11% de las mujeres habían tenido un aborto anterior y solo el 60% de las mujeres que habían tenido al menos un hijo refirieron haber dado alimentación al seno materno.

Se encontraron mujeres de mayor edad y menor escolaridad en la terapia intensiva, en comparación con las pacientes de ginecología, las cuales no presentaban complicaciones, las semanas de gestación a las que llegaron los embarazos de las pacientes del servicio de ginecología fue mayor debido a que las pacientes de terapia intensiva tuvieron complicaciones con sus embarazos lo que obligó a en una buena proporción a interrumpirlos, por lo que los hijos de éstas últimas tuvieron menor peso y talla y una calificación menor en la prueba clínica de APGAR que evalúa cinco criterios basados en: color de piel, frecuencia cardíaca, reflejos, tono muscular, y respiración..

Las patologías más frecuentes que se presentaron en la terapia intensiva fueron la preclampsia y la eclampsia, patologías las que requieren de tratamientos invasivos por tiempo considerable.

El grupo de la terapia intensiva presentó una concentración mayor de ftalatos que el grupo control. Sin embargo, la diferencia de medianas no fue estadísticamente significativa  $p= 0.06$ , las posibles razones pueden ser el tamaño de la muestra que fue pequeña y que las mujeres controles también estuvieron expuestas a la venoclisis, procedimiento que expone a una gran cantidad de ftalatos.

Bajo el supuesto de que los ftalatos son prácticamente semejantes en ambos grupos y esto se repite en todas las poblaciones, la leche materna deberá seguir utilizándose en los hijos de las madres si no existe otro tipo de contraindicación. Sin embargo el hecho de que las mujeres sin complicaciones también son expuestas merece de la actuación del Consejo de Salubridad General en materia de compras saludables <sup>8</sup>.

## **OTRO ESTUDIO CAUSA-EFECTO**

Para complementar la evidencia de efectos en los varones, se realizó un estudio de cohorte en embarazadas. Se midieron sus niveles durante el mismo y, al nacimiento de los hijos varones, se realizaron mediciones anogenitales y del pene.

La cohorte estuvo conformada por 174 mujeres, que pertenecen a la clase social media. La media de edad de las mujeres fue de 29.5 (18-45), con una escolaridad promedio de 12.5 años que corresponde a la educación media superior o carrera técnica y el 51% son amas de casa. Los resultados más importantes muestran que el ftalato de monoetilo reduce dos distancias anogenitales, las que va del centro del ano a la base anterior y a la base posterior del pene, el ftalato de monobenzilo reduce el ancho del pene y el ftalato de monohetilhexilo el largo del pene. La reducción de la distancia anogenital debida a la exposición a ftalatos fue mostrada por primera vez por Swan en 2005, los resultados de nuestro estudio apoyan esta evidencia<sup>9</sup>. Otro estudio más reciente muestra los efectos negativos de los ftalatos durante el embarazo como es la anemia, bajo peso y reducción del período gestacional<sup>10</sup>.

## **HACIA LA INCORPORACIÓN DEL GÉNERO EN LOS ESTUDIOS AMBIENTALES**

Como se dijo al principio de este capítulo la incorporación del tema de género en los estudios ambientales es nueva para el grupo que estudia los ftalatos en México. Actualmente nos encontramos desarrollando un proyecto diferente a los anteriores cuya patología central es el cáncer de mama, problema de salud pública en el país. Como antecedente encontramos la evidencia de que algunos tipos de ftalatos producen hipometilación del DNA de la célula mamaria in vitro. A partir de lo anterior y de la incorporación del enfoque ecosistémico o ecosalud a los estudios ambientales en la Universidad Autónoma del Estado de México, nos dimos a la tarea de escalar un proyecto epidemiológico que buscaba la asociación de ftalatos con cáncer de mama a otro cuyas características son más holísticas.

El programa de Enfoque Ecosistémico en Salud Humana tiene por objetivo lograr avances duraderos en la salud humana mediante la mejora del ambiente. De acuerdo a Jean Label existen relaciones intrincadas entre los humanos y su ambiente biofísico, cultural, psicológico, social y económico, que interactúan con un equilibrio dinámico que, manejado adecuadamente, debe asegurar el desarrollo sostenible de las comunidades. El enfoque involucra tres grupos de participantes: investigadores y otros especialistas; miembros de la comunidad, incluyendo a ciudadanos comunes y tomadores de decisiones<sup>11</sup>.



Además de estos tres grupos, el enfoque se basa en tres pilares metodológicos: transdisciplina que implica la participación no sólo de científicos de diferentes disciplinas, sino los representantes de la comunidad y otros actores que aportan al diseño, desarrollo y análisis de los estudios para identificar soluciones. En cuanto a la equidad de género, la investigación se lleva a cabo en las comunidades, con hombres y mujeres cuya vida está regida por factores económicos, sociales y culturales. Por último para reforzar la acción de desarrollo de los proyectos de investigación y las intervenciones derivadas de los resultados es de gran ayuda la participación de los diferentes sectores sociales de la comunidad. Al respecto, hay que recordar que los problemas de salud no son de la sola incumbencia del sector salud sino de todos los sectores que conforman a la sociedad.

Debido a la complejidad metodológica de estudiar los ftalatos en el cáncer de mama, primero porque presentan un metabolismo muy rápido, segundo porque no son bioacumulables y tercero porque no se biomagnifican, en este proyecto la medición de los ftalatos fue realizada inmediatamente después del diagnóstico bajo el supuesto que las exposiciones eran estables a través del tiempo, por lo que además se aplicó un cuestionario exhaustivo de exposición histórica para asegurar una mejor medición de la exposición. El tipo de estudio es de casos y controles.

El conjunto suficiente de causas para el cáncer de mama es sumamente complejo, por lo que se estudiaron además factores de riesgo que tradicionalmente se han descrito en la literatura.

Enfocaremos esta última parte a los resultados de la percepción de las mujeres hacia los métodos de detección oportuna, que aunque estrictamente no es enfoque de género es un factor que parece estar ligado a la falta de resultados de las intervenciones del sector salud. Como justificación tenemos que el problema de cáncer de mama se refleja en México por el porcentaje de mujeres en quienes se hace un diagnóstico oportuno no supera el 10%, la utilización de los servicios de detección oportuna de cáncer de mama es del 55% <sup>12</sup>. La mortalidad en el país es representativa de mujeres jóvenes, económicamente activas y biológicamente reproductivas <sup>13</sup>.

El objetivo de esta parte del estudio ecosistémico fue: Evaluar la relación entre el conocimiento y la percepción hacia los métodos de la detección temprana y diagnóstico del Cáncer de Mama, con la realización de los mismos en las mujeres antes del diagnóstico de cáncer de mama en comparación con mujeres sanas.

Los resultados muestran que a diferencia de la Encuesta Nacional de Salud Reproductiva (ENSAR, 2003) que reportó que las mujeres de mayor ingreso económico tienen más procedimientos preventivos (autoexploración, exploración clínica, mastografías), en las mujeres de nuestro estudio no se observó esta situación <sup>14</sup>.

En cuanto a la edad, este fue el único factor asociado a la autoexploración, de manera inversa, es decir a mayor edad menor autoexploración, para el resto de los métodos no se encontró ninguna asociación. En el caso de la mastografía existe literatura que afirma que las mujeres de mayor edad la realizan más que las mujeres jóvenes, lo que puede deberse a una falta de penetración de los programas de detección oportuna y que en esta población no se observó.

El conocimiento se encontró asociado al uso de la autoexploración, hallazgo similar al reportado por otros estudios en México y mujeres Afro-Americanas, que muestra que la falta de conocimiento es una barrera para la realización de la técnica <sup>15-18</sup>.

En cuanto a la percepción que era el factor que más interesaba en este estudio, se corroboró lo encontrado en 2008 por Wall et al <sup>15</sup>, una relación positiva entre el uso de los métodos y la percepción de los servicios de salud. Estudios de conductas en salud indican que las percepciones negativas pueden retrasar los procedimientos de detección temprana. El miedo fue identificado como barrera en mujeres Mexicanas residentes de E.U. vs la población del centro y norte del país.

Fuera del contexto biológico, la dimensión del género comprende características culturales que definen el comportamiento social de hombres y mujeres y las relaciones entre ellos. Las responsabilidades y tareas particulares de cada género se presentan en los hogares, trabajos y poblaciones en general. Los factores que determinan el uso de los métodos de detección y diagnóstico temprano de cáncer de mama en la población bajo estudio están directamente ligados a los servicios de salud., en cambio los factores socioculturales no influyeron en el uso de los métodos en esta población.

Es interesante que los mensajes relacionados con el cáncer de mama están dirigidos a las mujeres y aunque la relación hombres mujeres 1:100 es grande la información hacia los hombres ha sido excluida.

Como puede apreciarse, la dimensión de género no ha sido incorporada explícitamente en los estudios del tema, situación que se repite incluso en aquellos de desarrollo más reciente, como los que forman parte de la línea de investigación sobre ftalatos, relacionados con cáncer de mama, genética y obesidad del Instituto Nacional de Salud Pública.

## REFERENCIAS

1. Bustamante Montes LP, Lizama Soberanis B, Olaíz Fernández G y Vázquez Moreno F. Ftalatos y Efectos en la la Salud. *Rev Int de Contam Ambient* 2001, 7(4) : 205-215
2. Bustamante-Montes LP, Lizama-Soberanis B, Vázquez-Moreno F, García-Fabila MM, Corea- Téllez K,S Olaíz Fernández G, Borja-Aburto VH Exposición infantil a plastificantes potencialmente tóxicos en productos de uso oral. *Salud Pública Méx.* 2004; 46: 501-508.
3. Corea-Tellez K S, Bustamante-Montes P, García Fábila M, Hernández Valero-M A, Vázquez-Moreno F. Estimated risks of Water and Saliva contamination by Phthalate Difussion from Plasticized Polyvinyl Chloride. *Journal of Environment al Health* 2008;75 :34-39
4. Bustamante-Montes LP.Tesis de Doctorado, INSP, 2005
5. Bustamante-Montes LP, García-Fábila MM, Hernández-Valero M, Borja-Aburto VH. Exposure to Phthalates During Pregnancy in Mexican Women,2007 *Epidemiology*;18(5):S206
6. Bustamante- Montes LP, García Fábila MM, Romero Martínez E, Vázquez Moreno F, Muñoz Navarro S, Karam Calderón MA, Ozorno Torres R., Borja Aburto VH. Exposición a ftalatos por procedimientos médicos en varones recién nacidos. 2005 *Rev. Int. Contam. Ambiental*; 21 (2):63-69
7. Rogan,W. Pollution in breast milk. 1996 *Arch Pediatr Adolesc Med*;150(9):981-990
8. Bustamante-Montes LP "Necesidades regulatorias sobre los efectos de los plastificantes en la población infantil" *Salud Pública Méx* 2007; 49: E71 – E75
9. Bustamante-Montes LP, Hernández-Valero MA, García Fábila M, Halley-Castillo E, Karam-Calderón MA, Borja-Aburto VH. Prenatal Phthalates Exposure and Decrease in Ano Genital Distance in Mexican Male Newborns, 2008. *Epidemiology*;19(6) S270
10. Elizalde-VM, García-Fábila MM, Campuzano-González ME, Bustamante-Montes LP. Exposición prenatal a ftalatos. Anemia materna, duración de la gestación y somatometría del recién nacido. *Clín Invest Gin Obst*.2011.doi:10.1016/j.gine.2010.11.005
11. Jean Label.Un Enfoque Ecosistémico. Alfaomega Bogotá Colombia, 2005
12. Torres-Arreola L. Cáncer de mama, detección oportuna en el primer nivel de atención *Rev Med Inst Mex Seguro Soc.* 2007;45(2):157-66.
13. Cahuana-Hurtado L, Avila-Burgos L, Perez-Nunez R, Uribe-Zuniga P. [Analysis of reproductive health expenditures in Mexico, 2003]. *Rev Panam Salud Publica.* 2006 Nov;20(5):287-98.
14. Salud Sd. Programa de acción para la prevención y control del cáncer mamario. In: *Reproductiva DGdS*, editor. México; 2001-2006. p. 5-11.
15. Wall KM, Nunez-Rocha GM, Salinas-Martinez AM, Sanchez-Pena SR. Determinants of the use of breast cancer screening among women workers in urban Mexico. *Prev Chronic Dis.* 2008 Apr;5(2):A50.
16. Fernandez M, Palmer R, Leong-Wu C. Repeat mammography screening among low-income and minority women: a qualitative study. *Cancer control.* 2005; 77-83
17. Nigenda G, Caballero M, Gonzalez-Robledo LM. Access barriers in early diagnosis of breast cancer in the Federal District and Oaxaca. *Salud Publica Mex.* 2009; 51 (Suppl 2): S 254-62
18. Sadler GR, Ko CM, Cohn JA, White M, Weldon RN, Wu P. Breast cancer knowledge, attitudes, and screening behaviors among African American women: the Black cosmetologists promoting health program. *BMC Public Health.* 2007; 7: 57-68

# AGROQUÍMICOS Y MUJERES INDÍGENAS JORNALERAS EN BAJA CALIFORNIA

Lourdes Camarena Ojinaga, Christine Alysse von Glascoe, Evarista Arellano García, Erika Zúñiga Violante, Concepción Martínez Valdés

## INTRODUCCIÓN

El estado de Baja California constituye un polo de atracción para la población del resto del país, en parte por su dinámica económica y por su ubicación geográfica cercana al mercado estadounidense. Entre las actividades económicas primarias más importantes se encuentran la pesca, la agricultura y la minería. El estado cuenta con dos grandes zonas de producción primaria: el Valle de Mexicali y la Zona Costa. Las actividades agrícolas y pecuarias son de tipo intensivo; sobresalen la producción de trigo, algodón y alfalfa por la superficie sembrada, así como el tomate, la fresa y el cebollín por su alto valor de comercialización.<sup>1</sup> La ventaja competitiva que constituye la cercanía con Estados Unidos para la producción de hortalizas mexicanas es la baja remuneración salarial de los jornaleros, principalmente en los estados con mayor producción de hortalizas frescas.<sup>2</sup>

La mayoría de los trabajadores que se emplean en el sector agrícola son personas del sureste del país que provienen principalmente de comunidades indígenas, como la mixteca, la zapoteca, la náhuatl y la triqui. Los destinos a los que se dirigen estos migrantes son el valle de San Quintín y el de Maneadero del municipio de Ensenada, y el Valle de Mexicali del municipio de mismo nombre.<sup>3</sup> La discusión que se presenta en este texto se deriva de investigaciones que se desarrollaron con mujeres jornaleras en los valles de Maneadero y San Quintín.

El primer valle cuenta con una superficie de aproximadamente 7,122 ha,<sup>4</sup> y está compuesto por un grupo de familias, en su mayoría indígenas de diversas

etnias que llegaron a esta localidad a finales de la década de los ochenta.<sup>5</sup> El valle de San Quintín cuenta con una vasta región agrícola que abarca aproximadamente 43,000 ha (figura 1).

**FIGURA 1. MAPA DEL ÁREA DE ESTUDIO.**



Aunque el proceso de migración interna tiene ya más de cuatro décadas, hasta el momento de escribir este informe no se han encontrado datos demográficos precisos reportados en la literatura acerca del número de mujeres y hombres jornaleros indígenas que transitan por la región en las temporadas de cultivo, ni de los que han decidido establecerse definitivamente.<sup>6</sup> En un reporte de la UNICEF-México y la SEDESOL, el flujo es de 25,000 trabajadores por año, y 1050 para el valle de Maneadero.<sup>7</sup>

El flujo de trabajadores migrantes se ha incrementado durante las últimas décadas en todo el país. En particular, ha aumentado el número de mujeres jornaleras. En 1985 el número de mujeres del total de la población jornalera agrícola en México era alrededor del 20 %. Para 2004 se calculaba que el 42.6 % eran mujeres.<sup>8</sup> En San Quintín, de acuerdo a un estudio reciente, el 61.8 % de las mujeres residentes de colonias se desplazan en busca de trabajo, y el 90.6 % de las que residen en los campamentos.<sup>9</sup>

La feminización del trabajo agrícola se ha dado, entre otros factores, por la “flexibilidad” de las mujeres para pasar o de una etapa a otra en el proceso productivo, o de un producto a otro, y para elevar progresivamente la productividad.<sup>8, 10-12</sup> La incorporación de la mano de obra femenina indígena al mercado de trabajo se da en los sectores donde las condiciones de trabajo son más precarias. Por precariedad en el trabajo se entiende obtener un bajo salario, falta de seguridad en el empleo, irregularidad en las formas de contratación, intermitencia e inestabilidad de la ocupación, y variación en la jornada laboral.<sup>13</sup> Esta inseguridad y esta inestabilidad en el empleo condicionan y garantizan a los empleadores la mano de obra dócil y barata, lo cual permite a las empresas reducir el riesgo financiero que implica el costo de las prestaciones y las garantías laborales. Ante este escenario la mujer indígena jornalera queda expuesta a una situación de vulnerabilidad.

La presencia de las mujeres en el trabajo agrícola se ha convertido para los agronegocios de la zona de estudio en una fuente de valor, no solo por su bajo costo, sino también porque las mujeres realizan tanto labores de campo delicadas como de carga pesada a lo largo del ciclo productivo.

El presente trabajo está organizado en cuatro secciones; primero se plantea una revisión general sobre los plaguicidas y su relación con la salud; a continuación se describe la ubicación de los lugares de estudio; posteriormente se comentan los aspectos de los saberes de las mujeres indígenas jornaleras sobre los plaguicidas, y sus percepciones en relación con los riesgos de la exposición y los efectos en su salud. Finalmente se presentan las conclusiones.

## **PLAGUICIDAS Y SALUD**

Por la intensidad de las actividades agrícolas, parte de los insumos que se emplean son plaguicidas, que por ser altamente tóxicos, solubles y persistentes representan un riesgo para la salud de las jornaleras. Esta condición se asocia ampliamente con múltiples riesgos para la salud y el ambiente.

Se define como plaguicida “la sustancia o mezcla de sustancias que se destine a controlar cualquier plaga, incluidos los vectores que transmiten las enfermedades humanas y de animales, las especies no deseadas que causen perjuicio o que interfieran con la producción agropecuaria y forestal, así como las substancias defoliantes y las desecantes”.<sup>14</sup>

Por lo general, los trabajadores agrícolas presentan una amplia variedad de enfermedades asociadas con sus actividades laborales, como las respiratorias, las dermatológicas, las intestinales y las crónico-degenerativas, como cardiopatías, diabetes y cáncer.<sup>15</sup> Estas enfermedades se suman a las condiciones precarias de trabajo y al contacto con sustancias tóxicas, como los plaguicidas.<sup>4, 16-17, 21</sup>

La exposición a plaguicidas no se limita a los trabajadores que están directamente expuestos, sino que incluye también a los trabajadores cercanos, a sus familias y a los residentes próximos al área de cultivo; esto se debe en parte al arrastre de los plaguicidas por el viento. Así que los jornaleros viven doblemente expuestos, tanto de manera ambiental como ocupacional, ya que en este sector es común que se viva muy cerca de las áreas de cultivo, por lo que la exposición se vuelve crónica.<sup>18</sup>

Baja California se encuentra entre los trece estados de México con mayor uso de los plaguicidas. Se calcula que en estos estados se aplica el 80 % del total de plaguicidas usados a nivel nacional.<sup>19</sup> Bojórquez menciona que el uso de agroquímicos en Baja California se realiza de forma indiscriminada en términos de número de aplicaciones, cosechas y tiempos de reingreso.<sup>20</sup> Según informan los residentes locales y los gobiernos municipal y estatal, la situación no ha cambiado, y de 28 agroquímicos utilizados en Baja California en 1994, reconocidos como altamente carcinogénicos y teratogénicos, aún se siguen utilizando catorce. En el Plan Estatal de Desarrollo 2008-2013 se menciona que “La actividad agrícola en los valles de Mexicali, Guadalupe, Maneadero y San Quintín ha traído consecuencias negativas a la salud pública por la dispersión de partículas al aplicar de forma aérea y local compuestos agroquímicos en los cultivos, sin existir reglamentación alguna para su aplicación”.<sup>1</sup>

De acuerdo con el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), los pesticidas, fungicidas y herbicidas de mayor uso en la región son los siguientes:

**CUADRO 1. LISTA DE PRODUCTOS APLICADOS PARA EL CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES EN ORDEN DE FRECUENCIA DE APLICACIÓN.**

1. Diazinón	12. Ambush	23. Diazinón 25
2. Lannate	13. Bravo 720	24. Goal
3. Azufre	14. Dimetoato	25. Goal 2-Ec
4. Fli	15. Lannate 90	26. Maneb
5. Manzate	16. Malatión 1000 E	27. Metomil
6. Cupravit	17. Maneb 80	28. Sevin 80
7. Lannate 90	18. Robrán	29. Azinfos metílico
8. Paraquat	19. Talstar	30. Dacthal
9. Promilo	20. Tamarón	31. Gramoxone
10. Thiodan	21. Bensulide	32. Prefar
11. Vydate	22. Cabrio	

Elaborado con datos reportados por el INIFAP (2007) para la zona agrícola de Baja California.

## EL ESTUDIO

Los estudios desarrollados en estos dos valles agrícolas en el municipio de Ensenada dan cuenta de la percepción y de los saberes de las mujeres indígenas jornaleras acerca de los plaguicidas, su efecto y los riesgos para la salud.

Los riesgos y enfermedades que padecen las jornaleras son diversos, presentándose de la siguiente manera:

- Insolación: 64.5%
- Contacto con productos tóxicos: 25.7%
- Picadura de animales: 12%
- Accidentes: 21%

En relación con las enfermedades padecidas en las zonas de trabajo, y contraídas por las condiciones y la falta de protección en el lugar de labor, se tienen los siguientes porcentajes de recurrencia:

- Respiratorias: 45.3%
- De la piel: 41.3%
- Gastrointestinales: 29.7%
- De los ojos: 25.6%
- Otras 1.7%



En un estudio realizado entre los jornaleros del valle de Sinaloa, se determinó que las mujeres presentaron seis veces más posibilidad de enfermarse de anemia y asma, dos veces más de parásitos, el doble de infecciones respiratorias y estomacales, y el 38 % más del corazón.<sup>15</sup>

El trabajo de investigación se centró en 50 mujeres indígenas que se desempeñan como jornaleras y que en promedio tienen 14 años trabajando en los campos agrícolas. En este estudio se utilizó una metodología cualitativa empleando la observación no participante, las entrevistas grupales y las técnicas participativas. Se desarrollaron talleres en los cuales se recopiló información acerca de las condiciones de trabajo y de los saberes sobre los riesgos de la exposición y el manejo de plaguicidas.

**FOTO1. JORNALERA DEL VALLE AGRÍCOLA DE MANEADERO BC, MÉXICO (CORTESÍA ERIKA ZÚÑIGA VIOLANTE, MARZO 2011).**



El discurso de las trabajadoras entrevistadas se puede organizar en dos grandes áreas. Una de ellas es lo relacionado con los saberes sobre los plaguicidas, y la otra es sobre las creencias y percepciones acerca de los riesgos y efectos de los plaguicidas en su salud. Estos saberes parten de su concepto de plaguicidas,

a los cuales denominan “líquidos”. No tienen conocimiento sobre las propiedades de estas sustancias químicas; sin embargo, saben que son veneno y que son peligrosas. Las describen en términos de qué tan fuerte es su olor, al que relacionan con un fuerte olor a ajo y a canela.

En relación con la exposición a los plaguicidas, ellas saben que su exposición es prácticamente constante, ya que observan que los ciclos de aplicación de los plaguicidas son bimensuales. Es de su conocimiento que existen varias rutas de exposición a los plaguicidas, una a través de su actividad laboral, y la otra por el simple hecho de estar presentes en el campo cuando se está fumigando.

Las mujeres jornaleras perciben que las tareas que más las exponen a los plaguicidas son el corte de las hortalizas, el deshoje de las plántulas, las actividades de deshierbe y la aplicación del herbicida específico que utilizan para el tomate, a lo que ellas le llaman “pintar las matas enfermas”.

Otra forma de exposición es cuando pasan los fumigadores en el momento en que ellas se encuentran trabajando; mencionan que a veces las cambian de lugar para que puedan rociar los fumigadores, y cuando ya fueron asperjados los surcos, ellas regresan. Se refieren a que a veces participan en el proceso de fumigación, puesto que son ellas las que quitan la cubierta de plástico de los surcos para permitir el rociado del plaguicida, y posteriormente vuelven a taparlos. Esta actividad las expone de manera aguda a los plaguicidas.

Con respecto a los efectos de los plaguicidas por su contacto indirecto, comentan que suelen padecer de irritaciones, comezón, ronchas y manchas en la piel. Señalan que el acto de deshojar puede provocar cefalea debido a la cantidad de polvo y de líquido a la que están expuestas durante esta actividad.

En cuanto al contacto directo, refieren que las actividades más riesgosas son estar deshierbando, puesto que tocan la mata y respiran el plaguicida, y “pintar” las matas con fungicida<sup>i</sup> para curar las enfermedades de las plantas, ya que tienen que tocarlas en la tarea que realizan. Señalan que en ocasiones les provoca vómito y cefalea estar en los invernaderos, ya que están respirando el “líquido” que se aplicó en los surcos. Aunque reconocen que los malestares como el vómito y la cefalea están asociados con los plaguicidas y que estos son veneno, no los catalogan como intoxicación. Cuando acuden a los servicios de salud con estos padecimientos los médicos tratantes solo les proporcionan el medicamento sin darle seguimiento como caso de intoxicación; en otros casos

---

i Clorotalonil: fungicida de contacto que se aplica de manera preventiva poco antes de que ocurra la infección por ser un fungicida de acción multisitio.

son las mismas trabajadoras quienes temen reportar la intoxicación por correr el riesgo de quedar suspendidas de sus trabajos.

Han tenido que improvisar su protección para disminuir o abatir los efectos de la exposición a los plaguicidas. Aunque se cubren la cabeza y la boca con paliacates, a veces sucede que el “líquido” hace contacto directo con la piel y los ojos. Los artículos que utilizan para protegerse por lo general son comprados por ellas mismas, ya que los dueños no las dotan de equipo de protección, como cubrebocas, guantes, anteojos y cachuchas. Los remedios generalizados para contrarrestar los efectos en la piel son la aplicación de alcohol y limón, así como el ajo molido rascado sobre la piel. No se tiene acceso a equipo de seguridad adecuado; perciben que la responsabilidad de cuidarse es solo de ellas y no de los patrones o autoridades. Comentan que tienen un acceso limitado a la atención médica; aunque en las localidades cuentan con servicios básicos de salud, esos servicios siguen siendo inadecuados y no satisfacen sus necesidades. El sector salud no proporciona los servicios médicos acordes a las necesidades específicas de este grupo de mujeres, ya que los centros de salud no coinciden con el horario laboral de ellas. Por lo general acuden a las farmacias, ya que no están afiliadas al IMSS ni inscritas al Seguro Popular.

## CONCLUSIÓN

Al llegar a los campos agrícolas, las mujeres enfrentan situaciones precarias de vida y de trabajo, principalmente porque la fuente de trabajo, el tiempo que están empleadas, la forma de contratación y el salario que reciben están en función de “la necesidad que tenga el productor de colocar sus productos en el mercado y no a lo que estipula la ley laboral”.<sup>12</sup> En un artículo publicado por Lara se señala que aunque las empresas agroindustriales no obligan a los trabajadores indígenas migrantes a aceptar condiciones deplorables de trabajo y de vida, sí propician una división sexual y étnica del trabajo.<sup>11</sup>

Las mujeres padecen una serie de circunstancias que las ubican en un plano de mayor desventaja: ejecutan trabajos pesados, tienen jornadas largas y bajos salarios; es común que asistan a trabajar estando embarazadas, y aparte de su trabajo asalariado están a cargo de las labores domésticas.

Además de ser difíciles sus condiciones de trabajo, no tienen modo de evitar la exposición a los plaguicidas, porque su aplicación es continua y las precauciones

insuficientes. Las mujeres indígenas jornaleras laboran con un conocimiento deficiente sobre los nombres y las propiedades de las sustancias a las cuales están expuestas y, sobre todo, sin conocer los riesgos de la exposición a los plaguicidas ni los pasos a seguir ante una intoxicación.

La precaria situación social y económica, la falta de acceso a la información y al equipo de protección adecuados hacen de la mujer indígena jornalera uno de los actores más vulnerables ante los riesgos para la salud que conlleva la exposición a plaguicidas.

Es necesaria una reglamentación y la supervisión del uso y el manejo de los plaguicidas y sus envases, así como la capacitación sobre sus derechos laborales y de salud; el no conocer las leyes ni sus derechos y el no contar con acceso a la educación hace más vulnerables a las mujeres indígenas jornaleras a los atropellos y a la exclusión social.

No obstante que este grupo de mujeres tiene cierto tipo de conocimiento sobre los riesgos de su exposición a los plaguicidas, no cuentan con otras posibles fuentes de empleo. La población indígena femenina ha tenido que buscar una manera de subsistir incorporándose al trabajo agrícola, a pesar del desgaste y el detrimento de su salud.

La información obtenida en estos estudios evidenció la situación de precariedad de las condiciones laborales y el impacto en la salud de las mujeres indígenas jornaleras que participaron en el estudio.

# REFERENCIAS

1. Gobierno del Estado de Baja California. Plan Estatal de Desarrollo 2008-2013.
2. Massieu Trigo Y. Impactos de la biotecnología en la producción de hortalizas en México. *Aportes*. 2004;9(26):41-63.
3. Grupo Parlamentario del PRD. Boletín del grupo parlamentario. *Agora* [http://prdiegdiputadosgo-bmx/publicaciones/agora/08\\_08\\_14.html](http://prdiegdiputadosgo-bmx/publicaciones/agora/08_08_14.html) 15 de agosto de 2008. Recuperado en 2009.
4. Moreno-Mena J. Los valles agrícolas de Baja California: Espacios de agricultura para la exportación. En Valdez EP, editor: *Migración, Poder y Procesos Rurales*. México 2008;65-77.
5. Maier E. Mujeres indígenas, migración y ambiente. *Papeles de Población*. 2001 Julio/Septiembre 2001;29:34.
6. Barrón MA. Jornaleros migrantes. Cuántos son y dónde están. En: Duran González A., Comp. *Mujeres afectadas por el fenómeno migratorio en México. Una aproximación desde la perspectiva de género*. Memorias INMUJERES, 2007:131-138
7. Romero SJR, Palacios-Nava D, Velazco-Samperio D. Diagnóstico sobre la condición social de las niñas y niños migrantes internos, hijos de jornaleros agrícolas. Informe UNICEF-SEDESOL, México. 2006:153.
8. Morett JC, Cosío C. Los jornaleros agrícolas de México. U A Chapingo, Ed México: Diana. 2004.
9. Anguiano-Tellez ME, editor. El asentamiento gradual de los jornaleros agrícolas en San Quintín, Baja California 2007. En Ortega-Vélez MI, Castañeda-Pacheco PA y Sariego-Rodríguez JL. *Los Jornaleros agrícolas, invisibles productores de riqueza. Nuevos procesos migratorios en el noroeste de México*. México: Plaza y Valdés, 2007.
10. Lara-Flores SM. Análisis del mercado de trabajo rural en México en un contexto de flexibilización. En Giarraca N, comp. *Una nueva ruralidad en América Latina*: CLASO. 2001:363-82.
11. Lara-Flores SM. Violencia y Contrapoder: una ventana al mundo de las mujeres indígenas migrantes, en México. *Revista Estudios Feministas* 2003;11(02):381-97.
12. Lara-Flores SM. ¿Es posible hablar de un trabajo decente en la agricultura moderno-empresarial en México? *El Cotidiano*. 2008;23(147):25-33.
13. Bayón MC. Precariedad social en México y Argentina: tendencias, expresiones y trayectorias nacionales. *Revista de la CEPAL*. 2006;88:133-52.
14. SEMARNAT. Plan De Manejo De Envases Vacíos De Agroquímicos Y Afines (Plamevaa) "Conservemos Un Campo Limpio" En: SEMARNAT, editor. Plan De Manejo De Envases Vacíos de Agroquímicos y Afines (Plamevaa) "Conservemos Un Campo Limpio" Asociación Mexicana de La Industria Fitosanitaria A.C.; 2007.
15. Palacios-Nava ME, Moreno-Tetlacuilo LMA. Diferencias en la salud de jornaleras y jornaleros agrícolas migrantes en Sinaloa, México. *Salud Publica de México*. [Artículo original]. 2004;46(4):286.
16. Miguez SV. Los efectos de los agroquímicos y otros contaminantes en la salud. México: El Centro Virtual de Información del Agua; 2009. [citado 9 agosto 2009]; Disponible en; <http://www.ecoportal.net/content/view/full/52566>.
17. Encinas JAH. Globalización y salud de los trabajadores. *Jornaleros agrícolas y producción de uva en pesquería, Sonora. Región y Sociedad El Colegio de Sonora*. [Original]. 2007 Febrero 2007;XIX(40):73-105.
18. Seefóo-Lujan JL. La calidad es nuestra, la intoxicación ... ;de usted; atribución de la responsabilidad en las intoxicaciones por plaguicidas agrícolas, Zamora Michoacán. *Investigadores*, editor. Michoacán: Colegio de Michoacán; 2005.

19. Albert LA. Panorama de los plaguicidas en México. Revista de Toxicología en línea. [Carta al Editor]. 2005 Septiembre 2005:1-17.
20. Bojórquez RG. Efectos Genotóxicos de Azinfos Metílico y OxidemetonMetil: Insecticidas de Amplio Uso en Baja California. (Tesis Maestría) Universidad Autónoma de Baja California. 1994.
21. Moreno Mena J, López Limón M. Desarrollo agrícola y uso de agroquímicos en el valle de Mexicali. Estudios Fronterizos 2005;6(12):119-53.



# **EFFECTOS REPRODUCTIVOS EN AGRICULTORES EXPUESTOS A PLAGUICIDAS EN MUNA, YUCATÁN**

Norma E. Pérez Herrera, Jorge A. Alvarado Mejía,  
María Teresa Castillo Burguete, Rosa Leticia González Navarrete,  
María Betzabet Quintanilla Vega

## **RESUMEN**

En México los plaguicidas sintéticos se han empleado desde mediados del siglo pasado; actualmente han convertido en una herramienta imprescindible para la agricultura. No hay cultivo donde no se apliquen en mayor o menor grado, y su uso favoreció el aumento de la producción agrícola y pecuaria. Sin embargo, el consumo de estos productos puede ser peligroso si no se cuenta con la debida capacitación y las medidas de protección personal, como en el caso de los agricultores y los jornaleros mexicanos que se ponen en riesgo y sufren efectos adversos en su salud y la de sus familias.

Entre los efectos adversos reportados en México se encuentran los daños en la salud reproductiva, como abortos y partos prematuros en las parejas de los agricultores expuestos a plaguicidas organofosforados, así como alteraciones de la calidad del semen en sus diferentes parámetros, como morfología de los espermatozoides, movilidad, concentración espermática y daño al ADN espermático.



## INTRODUCCIÓN

Desde épocas remotas el hombre ha tenido la necesidad de combatir las plagas y las enfermedades de sus diversos cultivos; en un principio se usaban productos naturales, como cenizas de algunas plantas, azufre, hojas de tabaco maceado y mezclas de plantas con aromas repelentes. Con el paso del tiempo estos elementos se volvieron poco efectivos, por lo que se desecharon y se buscaron otras opciones que dieran mejores resultados.<sup>1</sup>

Con el conocimiento adquirido de la química y el desarrollo de la industria petrolera surge la petroquímica, y con esta una nueva era de los plaguicidas sintéticos; el desarrollo de estos compuestos, aunado a la producción de plantas mejoradas genéticamente, permitió una mayor productividad para la agricultura a nivel mundial, reduciendo las pérdidas por plagas tanto durante el proceso de cultivo, como en el almacenamiento y distribución.<sup>1</sup>

Actualmente en los países desarrollados se tiende a reducir el consumo de plaguicidas persistentes o de elevada toxicidad y sustituirlos por compuestos de menor estabilidad química y menor toxicidad, e incluso incorporar productos de tipo orgánico, así como la participación de depredadores naturales de los organismos plaga.<sup>2</sup>

En cambio, en los países en desarrollo o en vías de desarrollo, como los países latinoamericanos y del sureste asiático, se continúa con la práctica de emplear aquellos plaguicidas extremada y altamente tóxicos; si a esta condición se le añaden las escasas o nulas medidas de protección personal y seguridad durante la aplicación de los agroquímicos, entonces se favorece la exposición de alto riesgo de los trabajadores del campo y sus familias.<sup>3</sup>

En México la introducción de muchos de estos plaguicidas agrícolas fue posterior al retiro de su registro o la reducción de su empleo a actividades muy específicas en otros países, como Canadá y EUA, debido a que se comprobó su peligrosidad para el medioambiente y la salud; sin embargo, por deficiencias en las políticas públicas, en nuestro país continuaron usándose durante algún tiempo, como es el caso de los organoclorados. Estos fueron restringidos más adelante y dieron lugar a los organofosforados y carbamatos, mucho más tóxicos que los anteriores pero menos persistentes ambientalmente, y que hoy día son las principales herramientas para combatir las plagas de insectos que atacan las cosechas de cereales, hortalizas y árboles frutales. Sin embargo, estos com-

puestos implican un mayor riesgo para la salud y el bienestar de los agricultores y jornaleros mexicanos, por lo que el estudio de sus estado de salud es fundamental para comprender mejor la situación e incidir en las condiciones de riesgo laboral, que también alcanza a la familia, pero no necesariamente es percibido como tal por sus miembros.<sup>1</sup>

Desde la década de los sesenta se ha observado una disminución de la concentración de espermatozoides a nivel mundial, por lo que se ha incrementado el interés en estudiar la participación de las exposiciones ambientales y ocupacionales a diversas sustancias químicas en la salud reproductiva masculina.<sup>4,5</sup> Se ha propuesto que algunos agentes químicos, entre ellos los plaguicidas, podrían estar implicados como agentes causales. Se sugiere que la exposición a plaguicidas está asociada con problemas de fertilidad, y particularmente la ocupación agrícola ha sido identificada como una de las de mayor riesgo con respecto a la infertilidad.<sup>6,7</sup>

Los estudios sobre género y riesgos ambientales deben considerar esta preocupación, ya que muchas veces son enfocados en los riesgos para la salud femenina, como los abortos y partos prematuros, sin tomar en cuenta que en ocasiones esos problemas son debidos a la mala calidad del gameto masculino, afectado por sustancias químicas en alguna etapa de la gametogénesis.<sup>8</sup>

## **ANTECEDENTES**

### **Exposición a plaguicidas**

La exposición profesional a plaguicidas puede producir efectos agudos, como quemaduras químicas de los ojos y la piel; síntomas como cansancio, debilidad, mareo, cefalea, náusea, vómito, dolor abdominal, visión borrosa, falta de coordinación, confusión, diaforesis, contracciones musculares, en casos moderados; en los casos severos se puede presentar hipotensión, bradicardia, disnea, incontinencia, síncope, convulsiones y muerte, si estas condiciones no se atienden pronto.<sup>9</sup>

Entre los efectos crónicos reportados por la literatura se encuentran los siguientes: lesiones cutáneas, como dermatitis de contacto, reacciones alérgicas y fotoalérgicas, cloracné; efectos neurológicos, lesiones del SNC, neuritis periférica; alteraciones hepáticas; daños en la médula ósea (anemia aplásica, discrasias sanguíneas); efectos en la reproducción, como esterilidad en el hombre

y mala calidad del semen; efectos oftalmológicos, como formación de cataratas, atrofia del nervio óptico, alteraciones de la mácula; neumonitis y fibrosis pulmonar; citogenéticos, trastornos del sistema inmunitario; daños al ADN que implican carcinogenicidad, teratogenicidad y mutagenicidad; y efectos de tipo psicológico, como cambios de conducta, depresión, entre otros.<sup>10,11</sup>

## Los plaguicidas y sus efectos en la salud reproductiva

La disminución de la concentración espermática se ha evidenciado desde los últimos 50 años en varias partes del mundo, junto con el cáncer testicular.<sup>4,5,12</sup> Lo anterior ha incrementado el interés de los investigadores por el estudio de los efectos de los diversos agentes ambientales y ocupacionales sobre la salud reproductiva masculina, entre ellos los agentes químicos, como los bifenilos policlorados y los retardantes de flama, que se asocian con infertilidad y alteración de los parámetros de la calidad del semen.<sup>13</sup> Los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) se asocian con daño al ADN espermático, interfiriendo con la fertilidad masculina;<sup>14</sup> los metales pesados, como el plomo,<sup>6</sup> y los plaguicidas también son considerados posibles agentes causales de dichos efectos.<sup>6,7</sup>

Se ha descrito que los organofosforados disminuyen la calidad del semen; los plaguicidas como el etil-parathión y el metamidofós favorecen la disminución de la concentración de espermatozoides y también la motilidad espermática de los trabajadores expuestos a estos plaguicidas.<sup>15</sup> Swan et al. (1997) observaron una asociación entre algunos metabolitos del diazinón en orina, con una disminución en la calidad del semen de trabajadores agrícolas.<sup>4</sup> Mármol-Maneiro et al. (2003), en un estudio realizado en Venezuela, concluyeron que la exposición a los plaguicidas inhibidores de las colinesterasas produjo una disminución de la concentración, el porcentaje de motilidad y la viabilidad espermática en los trabajadores de control de plagas.<sup>16</sup> Meeker et al (2004) observaron una asociación marginal de los niveles urinarios de metabolitos del insecticida organofosforado clopirifós con la disminución de la concentración espermática en los sujetos expuestos ambientalmente.<sup>17</sup>

## Plaguicidas en México

La aplicación de plaguicidas sintéticos en México se inició hacia el año 1948 con la introducción del DDT y otros plaguicidas organoclorados; posteriormente se incorporaron los organofosforados y los carbamatos, menos persistentes ambientalmente, y también una gran variedad de herbicidas, nematicidas y fungicidas, entre los que se destaca el paraquat, el 2,4D amina y las atrazinas.<sup>1</sup>

En México la producción de agroquímicos está conformada por empresas que mayormente formulan los plaguicidas a partir de ingredientes activos y otros materiales, y no se sintetizan ingredientes nuevos; la mayor parte de estos provienen de EU (43.7 %), Alemania (11.5 %), Inglaterra (9.2 %) y Suiza (8.4 %).<sup>18</sup> Actualmente los estados y las regiones con mayor consumo de plaguicidas son, en orden descendente, Sinaloa, Chiapas, Veracruz, Jalisco-Nayarit-Colima, Sonora-Baja California, Tamaulipas, Michoacán, Tabasco, estado de México y Puebla-Oaxaca. Se calcula que en dichos lugares se aplica el 80 % del total de los plaguicidas empleados en México (Albert, 2005) en cultivos como maíz, algodón, papa, chile, jitomate, frijol, trigo, aguacate, café y tabaco.<sup>19</sup>

No hay datos precisos sobre la cantidad de plaguicidas que se consumen actualmente en México. En 1999 se reportó que se consumían cerca de 50 mil toneladas anuales de ingredientes activos,<sup>1</sup> y se estima que el mercado de agroquímicos en 2007 alcanzó la cantidad de 700 millones de USD.<sup>20</sup>

A pesar de la escasez de información, podemos afirmar que en México son pocos los agricultores que emplean productos orgánicos y no consumen algún tipo de plaguicida sintético, debido a los continuos aumentos de plagas y enfermedades de los cultivos, y a la resistencia de muchos insectos a los plaguicidas conocidos.<sup>1</sup>

El empleo de agroquímicos, de manejo ya de por sí riesgoso y considerados peligrosos por la OPS/OMS,<sup>1</sup> en México se realiza usualmente en un contexto de falta de asesoría técnica y de medidas de protección insuficientes, inadecuadas o en muchas ocasiones nulas; esto propicia que los agricultores y jornaleros estén sujetos a una exposición de mayor riesgo.

Las intoxicaciones agudas por plaguicidas en la República mexicana han aumentado; la AMIFAC reporta que en el periodo de 2006 a 2008 se incrementaron del 65 al 80 %, y que la exposición laboral fue la segunda causa de intoxicación, con entre el 25 y el 30 %; los plaguicidas con el mayor número de casos fueron los organofosforados (23 %), seguidos de los piretroides (19 %) y los carbamatos (16 %).<sup>20</sup>

Por otra parte, en varios estudios se han reportado efectos crónicos de los plaguicidas en poblaciones mexicanas, los cuales incluyen efectos neurológicos, crecimiento intrauterino retardado, alto riesgo de abortos, partos prematuros, mala calidad espermática, susceptibilidad a la desnaturalización del ADN espermático, disrupción endocrina del eje hipotálamo-pituitario y genotoxicidad en la mucosa bucal.<sup>21-24</sup>

## Plaguicidas en Yucatán

En Yucatán se dieron cambios que han favorecido que los agricultores entren en contacto con sustancias químicas de distinto grado de toxicidad, y para cuyo manejo, en general, no tienen la suficiente capacitación ni entrenamiento.<sup>25</sup>

El empleo de plaguicidas sintéticos en Yucatán se inició a finales de la década de los cincuenta; su uso se relacionó con el desarrollo de programas gubernamentales. En 1959 la SARH invirtió 9 mil millones de pesos para establecer un total de 1400 ha de riego para el cultivo de cítricos y frutales. En 1964, con fondos federales e internacionales del orden de 4 millones de dólares del Banco Interamericano de Desarrollo, se creó un programa conocido como Plan Chaac en la zona sur de Yucatán, que abarcó cerca de 4000 ha, y que fomentó el cultivo de cítricos y frutales en lugar del de maíz de autoconsumo.<sup>26</sup> Estas importantes inversiones en infraestructura de riego propiciaron el proceso de integración de los productos agrícolas al mercado nacional e internacional, y presionaron a los agricultores a recurrir a tecnología agrícola moderna que incluía el uso de injertos, fertilizantes y agroquímicos, y la práctica del riego intensivo.<sup>27</sup>

Posteriormente, en la medida en que el henequén perdía mercado y precio, el Gobierno desarrolló programas de diversificación que impulsaron en los años siguientes la producción hortícola y frutícola en municipios del sur y del norte del estado, con cultivos de tomate, chile, calabaza, camote, cacahuate, sandía y melón, entre otros, con un alto consumo de fertilizantes y plaguicidas por hectárea.<sup>28</sup> Este manejo fue promovido por los mismos técnicos y extensionistas del estado, con apoyo de las empresas productoras de agroquímicos, que favorecieron su compra a través de créditos gubernamentales, como el Banco Rural y el FIRA; incluso muchos créditos agrícolas obligaban a los campesinos a utilizar plaguicidas recomendados por la SARH, ya que en caso contrario no se otorgaban los apoyos económicos. En este proceso de implantación de los

agroquímicos en la región, la atención estuvo centrada en el control de las plagas, de las enfermedades de las plantas, de la eliminación de malezas y de la fertilización del suelo, y no se consideraron los posibles daños a la salud de los agricultores y sus familias, de los consumidores potenciales de los productos agrícolas, y mucho menos el daño al ambiente, como la contaminación del suelo y del agua subterránea, y los daños a la flora y la fauna silvestre.<sup>27</sup>

En 1991 Yucatán tenía 18 420 ha dedicadas a la producción de cítricos; considerando que en cada una se aplicaron anualmente al menos 15.5 litros de plaguicidas (insecticidas y herbicidas), se estima que, según la Norma Técnica determinada por la SARH, se fumigaron aproximadamente 285.5 toneladas de agroquímicos tan solo en este tipo de cultivo perenne.<sup>29</sup> En el caso de la horticultura, por encontrarse esta actividad muy fragmentada y dispersa, es muy difícil establecer el consumo de plaguicidas.<sup>30</sup>

La agricultura que se realiza actualmente en Yucatán es una mezcla de tecnología antigua y moderna; la primera proviene de la época prehispánica de Mesoamérica, y la segunda es producto del desarrollo de la sociedad actual, donde interviene el conocimiento logrado por diferentes ciencias, como la química orgánica, la genética, la agronomía, etc. Los principales cultivos de la zona hortícola son los siguientes: sandía variedad Charles, melón chino, pepino verde y blanco, calabaza, repollo, cilantro, rábano rojo, chile verde, chile habanero, tomate rojo (jitomate), cacahuete, plátano variedad Roatán, maíz y frijol.<sup>27,28</sup>

En particular, la agricultura yucateca ha sufrido un incremento continuo del uso de agroquímicos en sus sistemas de producción, y son las hortalizas y los cítricos los cultivos que más intensivamente los utilizan, seguidos por el del maíz y por la ganadería. Así, entre los ciclos agrícolas de 1989-90 se usaron 606.8 t, y el consumo de agroquímicos se triplicó para el ciclo agrícola 1995-1996: fue cercano a las 2 mil toneladas.<sup>31</sup> Para el año 2005 el consumo de plaguicidas en Yucatán había aumentado a cerca de 4800 toneladas.<sup>32</sup>

Entre los factores de riesgo relacionados con el manejo de plaguicidas en el ámbito laboral de los trabajadores agrícolas se encuentran los siguientes: la falta de equipo de protección personal para mezclar y aplicar los plaguicidas; el desconocimiento de los tiempos de seguridad entre la aplicación y la cosecha; los horarios inadecuados de aplicación y exposición por un periodo mayor al recomendado; la combinación de varios productos químicos (ingredientes activos) en una sola aplicación; el inadecuado desecho de los residuos y de los envases vacíos de los plaguicidas; el predominio de la bomba manual en malas con-

diciones por falta de mantenimiento,<sup>33,34</sup> y el empleo de ingredientes activos restringidos o prohibidos por las Naciones Unidas y Estados Unidos, como los insecticidas metilparatión y endosulfán desde el año 1984, y el metamidofós junto con el metomilo desde el año 1991.<sup>35,36</sup>

## Efectos en la salud

Durante los últimos 20 años un grupo de investigadores ha estudiado el problema de los efectos de los plaguicidas agrícolas en algunas regiones hortofrutícolas de Yucatán, en particular en la comunidad de Muna, donde se ha encontrado que los organofosforados, los carbamatos y los piretroides son los grupos más utilizados entre los 29 ingredientes activos.<sup>24,37-39</sup> Algunos de los ingredientes activos reportados ya han sido prohibidos en países desarrollados debido a que son altamente tóxicos para los organismos; tal es el caso de los siguientes: metamidofós (OF), endosulfán (OCL), malatión (OF), carbofurán (CAR), diazinón (OF), metilparatión (OF), dicofol (OCL), permetrina (PIR) y carbarilo (CAR).<sup>40</sup> Los ingredientes restringidos en México que fueron reportados son el paraquat (bipiridilo) y el dicofol (OCL).<sup>41</sup>

Entre el 20 y el 40 % de las intoxicaciones por plaguicidas reportadas son de tipo ocupacional,<sup>41</sup> y afectan a uno de cada cuatro agricultores, es decir, al 25 %;<sup>42</sup> lo anterior se debe a que muchos de ellos trabajan manejando plaguicidas y realizando actividades de alto riesgo, como mezclar, fumigar y cosechar con escasas o nulas medidas de protección personal.<sup>43</sup> Se han reportado daños en la salud, tales como efectos neurológicos,<sup>39,44</sup> reproductivos<sup>38,43</sup> y genotóxicos.<sup>8,37,43,45</sup>

## EFFECTOS REPRODUCTIVOS: Abortos y partos pretérmino

Un estudio realizado entre 2003 y 2004 en cien agricultores de Muna, Yucatán, expuestos a plaguicidas, tuvo el objetivo de identificar los efectos en la salud reproductiva tomando como indicadores el número de abortos, partos pretérmino y óbitos entre sus parejas sexuales, y los resultados se compararon con un grupo similar de la misma comunidad, con la excepción de que no

había exposición a plaguicidas. El rango de edad de los agricultores fue de 19 a 70 años, con una media de 46.5 años. Las prendas de protección personal empleadas durante la mezcla y la aplicación de los productos tóxicos fueron básicamente su ropa de trabajo, como sombrero de paja, camisa de manga larga y pantalones, con el uso de las botas de hule en el 88 % de los casos; solo el 19 % emplea guantes y lentes protectores. El 51 % de los agricultores lleva más de 20 años utilizando plaguicidas, el 22 % entre 16 y 20 años, y el 18 % entre 11 y 15 años. El promedio de aplicaciones es de 2 a 3 veces por semana durante todo el año.<sup>46</sup>

Los agricultores de la comunidad de Muna utilizan una amplia variedad de plaguicidas: los organofosforados principalmente, algunos carbamatos y los derivados del dipiridilo. El 99 % de los agricultores empleó plaguicidas organofosforados (metamidofós, clorpirifós-etil, malatión, diazinón). Entre los carbamatos más utilizados se encuentran el metomilo y el carbofurán. El 69 % de los agricultores utilizó el endosulfán.<sup>46</sup>

La media de edad de las parejas de los agricultores fue de 42 años, la de vivir en pareja fue de 29 años, y del inicio de la menarca fue de 12 años de edad, con ciclos de 29 días y duración de sangrado de 6 días. Iniciaron su vida sexual activa en promedio a los 18 años, y todas refieren nunca haber utilizado métodos anticonceptivos.<sup>46</sup>

En la gráfica 1 podemos apreciar que el 47 % de las parejas de los agricultores tuvo entre 5 y 7 embarazos, en tanto que del grupo de parejas de los controles, el 43 % tuvo entre 1 y 4 embarazos. El total de embarazos de las parejas de los agricultores fue de 509, y entre las parejas de los controles fue de 515. El promedio de embarazos fue de 5 para las parejas de ambos grupos.<sup>46</sup> Con respecto a los abortos espontáneos de las parejas de los agricultores, 13 de ellas tuvieron un aborto, 15 tuvieron 2 abortos, 6 tuvieron 3 abortos y 2 tuvieron 4 abortos (ver gráfica 2). El 36 % de las parejas de los agricultores ha tenido al menos un aborto. El total de abortos fue de 69, y la tasa es del 13.55%. En cuanto a las parejas de los controles, 6 de ellas tuvieron a un aborto, lo que corresponde al 6 %, y la tasa fue del 1.16 %.<sup>46</sup>

De las parejas de los agricultores, 5 tuvieron un parto pretérmino, 27 tuvieron 2, y 9 han tenido 3. El porcentaje de las esposas con algún parto pretérmino es del 41 %. El número total de partos pretérmino de las esposas de los agricultores es de 86, y la tasa es del 16.89 %. Del grupo de parejas de los controles, 6 tuvieron 1 parto pretérmino, 4 tuvieron 2 y una tuvo 3. El número total de



partos pretérmino de las parejas del grupo comparativo fue de 17 (gráfica 3), y la tasa es del 3.3 %.<sup>46</sup> Se reportó un riesgo relativo (RR) de 11.5 veces más abortos espontáneos, y un RR de 5.05 veces más partos pretérmino en las parejas de agricultores de Muna expuestos a plaguicidas, comparado con las parejas del grupo sin exposición ocupacional a plaguicidas.<sup>46</sup>

## Calidad del semen y ADN espermático

Un estudio realizado de 2005 a 2006 en un grupo de 54 agricultores de la comunidad de Muna, Yucatán, tuvo como objetivo evaluar el papel del genotipo y el fenotipo de la paraoxonasa 1 (PON1) en la susceptibilidad a los efectos tóxicos de los organofosforados sobre los parámetros de la calidad del semen y el daño al ADN espermático. La calidad del semen se evaluó de acuerdo con los parámetros de la OMS, la integridad del ADN espermático con el ensayo de nick translation (NT), los polimorfismos de PON1 con la reacción en cadena de la polimerasa-tiempo real (PCR-TR) y la reacción en cadena de la polimerasa-polimorfismo de longitud de fragmentos de restricción (PCR-RFLP). Se elaboraron dos índices de exposición a los organofosforados y a todos los plaguicidas en el mes de la colecta y durante los tres meses previos, como reflejo de la exposición de las células espermáticas cuando se encontraban en las etapas de espermátide-espermatozoide y durante un ciclo espermático completo.<sup>24</sup>

Entre los resultados se encontró que todos los agricultores tuvieron mala calidad del semen. Los parámetros que se observaron afectados fueron la morfología, el volumen del eyaculado, la motilidad, y la viabilidad y la concentración espermáticas. El 88 % de los agricultores tuvo daño en el ADN (> 10 % de espermatozoides NT-positivos). El efecto de los organofosforados sobre la calidad del semen y del ADN espermático se asoció con el polimorfismo PON1Q192R. Los agricultores con el genotipo 192RR mostraron una susceptibilidad mayor a presentar mala calidad del semen y daño genético espermático que los individuos con los genotipos 192QR y 192QQ. La exposición a los organofosforados, durante los tres meses previos a la colecta de la muestra, se asoció con la disminución de la morfología, la motilidad y la viabilidad espermáticas, e incrementó el porcentaje de espermatozoides NT-positivos únicamente en sujetos con el genotipo 192RR, lo cual indica que el gameto masculino puede ser blanco de los OF en cualquier estadio de la espermatogénesis. La actividad de

la PON1 se asoció negativamente con el volumen del eyaculado y la concentración espermática. El polimorfismo encontrado podría ser un biomarcador de la susceptibilidad a los efectos de los organofosforados sobre la espermatogénesis y el ADN espermático en poblaciones expuestas a plaguicidas, en particular organofosforados. Las anomalías de la cabeza de los espermatozoides fueron las alteraciones morfológicas más frecuentemente observadas; estos parámetros se vieron alterados significativamente en la época de lluvia.<sup>24,43</sup>

## CONCLUSIONES

Los resultados muestran que hay impacto en la salud reproductiva de las familias de los agricultores de Muna, tanto a nivel de la gestación de las mujeres que son parejas de los agricultores expuestos a plaguicidas, en particular organofosforados, como en la calidad del semen, debido a alteraciones en los espermatozoides y su ADN durante la espermatogénesis.

Si bien los resultados de estos trabajos se reportan en la literatura académica convencional, su presentación en talleres a los propios agricultores, y las entrevistas realizadas con algunos de ellos, evidencian la necesidad de profundizar en la comprensión del problema de la infertilidad, usualmente atribuido a las mujeres, y en el papel que tienen las relaciones de género y los roles de las esposas o parejas, así como en la influencia de los valores inculcados por la cultura de género prevaleciente. Retroalimentar los resultados de la investigación con los grupos estudiados abre un espacio de interlocución entre investigadores y agricultores, vital para responder mejor a las necesidades de los grupos en riesgo.

## REFERENCIAS

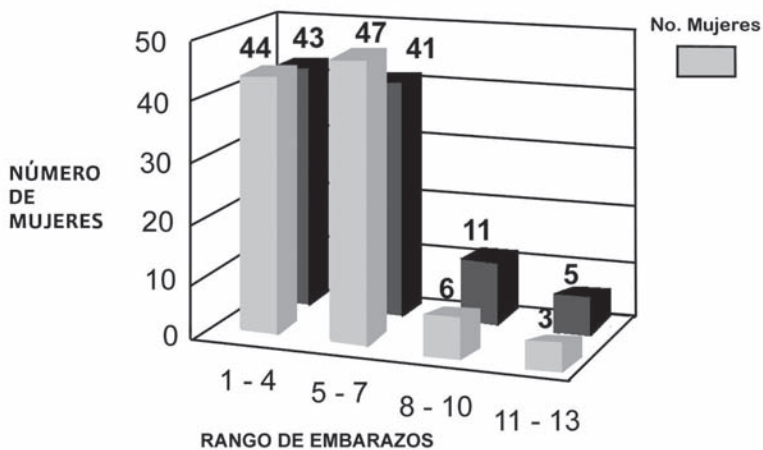
1. Albert L. Panorama de los plaguicidas en México. Rev. Toxicol. En línea (retell) No. 8 octubre. 2005. <http://www.sertox.com.ar/retel/n08/01.pdf>.
2. Albert L. Toxicología ambiental. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. CD Juárez, Chih, México. 2004. 453p.
3. WenJun Zhang, FuBin Jiang, JianFeng Ou. Global pesticide consumption and pollution: with China as a focus. Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences, 2011, 1(2):125-144.
4. Swan SH, Elkin EP, Fenster L. Have sperm densities declined? A reanalysis of global trend data. Environ Health Perspect; 1997. Pág: 217-230.
5. Giwercman A, Carlson E, Keiding N, Skakkebaek NE. Evidence for increasing incidence of abnormalities of the human testis: a review. Environmental Health Perspectives; 1993. 101 Pág: 65-71.
6. Yucra, S., Gasco, M., Rubio, J., Gonzales, G.F. Exposición ocupacional a plomo y pesticidas organofosforados: Efecto sobre la salud reproductiva masculina. Rev Peru Med Exp Salud Publica. (2008) 25(4):394-402.
7. Gómez-Pérez, R., Rojas G., Miranda-Contreras, L., Cruz, I., Berrueta, L., Salmen, S., Contreras, C., Balza, A., Zavala, L., Colmenares, M., Barreto, S., Morales, Y., Osuna, J. Efectos de exposición ocupacional a plaguicidas sobre la integridad de la cromatina espermática. Revista Venezolana de Endocrinología y Metabolismo. 2011 Vol 9, Núm 2 (Junio) : 67-78.
8. Salazar-Arredondo, E. Evaluación de la calidad espermática y del daño al ADN en espermatozoides humanos expuestos a compuestos organofosforados. Tesis de licenciatura. Facultad de estudios superiores, campus Iztacala, UNAM. México. DF. (2007).
9. Blain, PG. organophosphorus poisoning (acute). Clin Evid (Online). 2011, 05, 2-17. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21575287>.
10. Bejarano-González F. Daños crónicos a la salud provocados por los plaguicidas. Red de acción sobre plaguicidas y alternativas en México. Texoco, edo de México. 2004) 26p.
11. Atherton, K., Williams, F., Egea-González, F., Glass, R., Rushton, S., Blain, P., Mutch, E. DNA damage in horticultural farmers: a pilot study showing an association with organophosphate pesticide exposure. Biomarkers, 2009; 14(7): 443-451.
12. Jurewicz, J., Hanke, W., Radwan, M., Bonde, J.P. environmental factors and semen quality. Inter. J. of Occup Med and Environ Health 2009;22(4):305 – 329.
13. Meeker JD, Hauser R. Exposure to polychlorinated biphenyls (PCBs) and male reproduction. Syst. Biol. Reprod. Med. ( 2010) 56(2):122-31.
14. Han, X., Zhou, N., Cui, Z., Ma, M., Li, L., Cai, M., Li, Y., Lin, H., Li, Y., Ao, L., Liu, J., Cao, J. Association between urinary polycyclic aromatic hydrocarbon metabolites and sperm DNA damage: a population study in Chongqing, China. Environ Health Perspect. (2011). 119(5):652-7.
15. Padungtod C, Hassold TJ, Millie E, Ryan LM, Xu X. Sperm aneuploidy among chinese pesticides factory workers: scoring by the FISH method. Am J Ind Med; 1999. 36 Pág: 230-238.
16. Mármol-Maneiro L, Fernández-D'Pool, J, Sánchez, BJ y cols. Perfil seminal en trabajadores expuestos a plaguicidas inhibidores de la colinesterasa. Invest. Clín; 2003. Vol.44, no.2, Pág: 105-117.
17. Meeker, JD., RaynL, Pae D, Herrick RF, Bennett DH, Bravo R, Hauser R. The relationship of urinary metabolites of carbaryl/naphthalene and chlorpyrifos with human semen quality. Environ Health Perspect; 2004. 112 Pág: 1665-1670.
18. Sagar/INE/SSA/Semarnap, Lo que usted debe saber sobre la gestión de los plaguicidas. Serie Plaguicidas Vol. 4 Sría. de Medio ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México. 1996.

19. INEGI. El sector alimentario en México. Serie estadísticas sectoriales. Instituto Nacional de Geografía e Informática, México 2010.
20. AMIFAC. Informe anual. Asociación Mexicana de la Industria Fitosanitaria A.C. (2008-2009).
21. Levario-Carrillo, M., Amato, D., Ostrosky-wegman, P., González-Horta, C., Corona, Y., Sanín, L.H. Relation between pesticides exposure and intrauterine growth retardation. *Chemosphere*.2004. 55: 1421-1427.
22. Sánchez-Peña, L. C., Reyes, B.E., López-Carrillo, L., Recio, R., Morán-Martínez, J., Cebrián, M.E., Quintanilla-Vega B. Organophosphorus pesticide exposure alters sperm chromatin structure in mexican agricultural workers. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 2004. 196: 108-113.
23. Recio, R., Ocampo-Gómez, G., Borja-Aburto, V. H., Morán-Martínez, J., Cebrián-García, M. E. Organophosphorus pesticide exposure decreases sperm quality: association between sperm parameters and urinary pesticide levels. *J. Appl. Toxicol.* 2008. 10: 674-680.
24. Pérez-Herrera, N. Participación del genotipo y la actividad enzimática de la PON1 en la susceptibilidad al daño genético espermático y alteración en la calidad de semen en trabajadores agrícolas expuestos a plaguicidas organofosforados. Tesis Doctoral. Sección Externa de Toxicología, CINVESTAV-IPN, México. (2008).
25. Alvarado-Mejía, J., González-Navarrete, R., Pérez-Herrera, N. Exposición a plaguicidas organofosforados y carbamatos en agricultores de Yucatán y sus efectos en la salud. En: Jiménez-Delgadillo B., et al. editores. Aportes al conocimiento de la salud en Yucatán. Mérida, Yucatán. 2010. p 229-245.
26. Paz C. Aproximación al Plan Chac. *Historia y Economía.* 1977,1:20-25.
27. Eastmond, A. Problemas relacionados con la transferencia de tecnología; el caso de los plaguicidas en Yucatán. En: Campesinos y Sociedad. Mérida, Yucatán. UADY.1992.
28. Villanueva E. La formación de las regiones en la agricultura (el caso de Yucatán). Maldonado Editores. UADY, Mérida, Yucatán.1990.
29. SARH. Concentrado estatal de cierre definitivo de perennes. SARH, delegación en el estado de Yucatán, Mérida. Yucatán. 1991.
30. SARH. Informe anual de superficie atendida y productos utilizados. Sanidad Vegetal, SARH, Delegación en el estado de Yucatán, Mérida, Yucatán. 1992.
31. Alvarado-Mejía, J., González-Navarrete, R. L., Cobos-Gasca, V.M. Plaguicidas agrícolas, efectos indeseables. *Ciencia y Desarrollo. Sep-CONACYT.* 1997. Vol. XXIII No.137. 51-57.
32. SAGAR. Consumo de plaguicidas en Yucatán. Informe técnico. 2006.
33. González-Navarrete, R.L y Alvarado-Mejía J. Efectos tóxicos de los plaguicidas agrícolas en el estado de Yucatán. En: Albert, L., Zaldívar, L. Edit. *La Toxicología en México. Estado actual y perspectivas.* SOMTOX. Xalapa, Veracruz. 1996.
34. Yah-Cambranis, G. El equipo de protección personal y su relación con la intoxicación aguda por aplicación de herbicidas paraquat, 2,4-D en Akil, Yucatán. Tesis de licenciatura, Facultad de Medicina, UADY. Mérida, Yucatán. 1991.
35. Segura-Aguilar M, D. Intoxicaciones agudas por plaguicidas organofosforados y carbámicos en Hunucmá, Yucatán. Tesis de licenciatura, Facultad de Medicina, Mérida, Yucatán. 2002.
36. Tec-Pacheco W., Alvarado Mejía J., González Navarrete R.L., Perera Ríos J., Ruiz Gamboa K., Pérez Herrera N. Exposición crónica a plaguicidas y síntomas depresivos en Tixmehuac, Yucatán. Estudio piloto. *Memorias VIII Congreso Mexicano de Toxicología.* Cd. Obregón, Son. 2010 p-122-127.
37. González-Monroy, M. Evaluación del daño genético determinado por la prevalencia del intercambio de cromátides hermanas en una población de horticultores expuestos laboralmente a plaguicidas del municipio de Muna en el estado de Yucatán. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán. 1999.

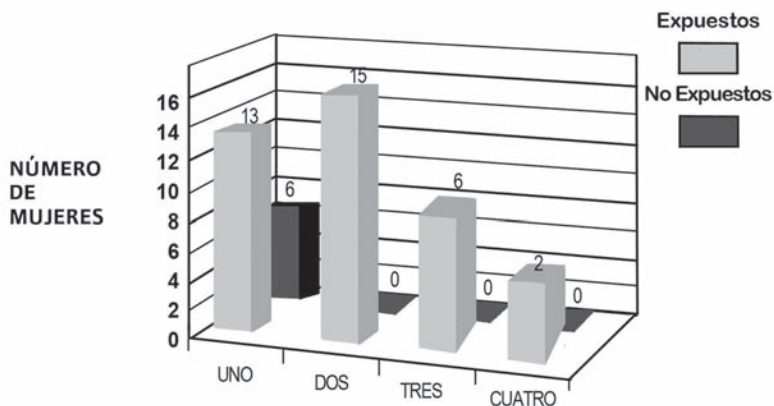
38. Polanco-Minaya, H. Efecto de la exposición crónica a plaguicidas sobre la calidad de semen y el perfil de hormonas hipofisarias y sexuales en trabajadores agrícolas de la comunidad de Muna, Yucatán, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Química. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán. 2006.
39. Rodríguez-Chan, A. G. Exposición crónica a plaguicidas agrícolas y efectos neurológicos en agricultores de Muna, Yucatán. Tesis de licenciatura. Faculta de Medicina, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán. 2006.
40. Department of economic and social affairs, UN. Consolidated list of products whose consumption and/or sale have been banned, withdrawn, severely restricted or not approved by governments. Chemicals. New York. 2005. 598p
41. CICOPLAFEST. Catálogo de plaguicidas. Comisión intersecretarial para el control del proceso y uso de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas. Sría. de Salud, Sría. de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Sría. del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2004.
42. Medina, F. L. Perfil clínico y epidemiológico en intoxicaciones del Hospital General "Agustín O'Horán" de la SSA, en el estado de Yucatán durante el año 2000. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida. Yucatán. 2001.
43. Pérez-Herrera, N., Polanco-Minaya, H., Salazar-Arredondo, E., Solís-Heredia, M.J., Hernández Ochoa, I., Rojas-García, E., Alvarado-Mejía, J., Borja-Aburto, V.H., Quintanilla-Vega, B. PON1Q192R genetic polymorphism modifies organophosphorous pesticide effects on semen quality and DNA integrity in agricultural Workers from southern Mexico. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 2008. 230: 261-268.
44. Sánchez-Guerra, M. A. Participación de los polimorfismos CYP1A\*1F, CYP2B\*22 y CYP3A4\*18 en la susceptibilidad a los efectos neurológicos causados por la exposición ocupacional a plaguicidas organofosforados. Tesis de Maestría. Especialidad en Toxicología. CINVESTAV-IPN. México. DF. 2007.
45. Olvera-Bello, A. E., Pérez-Herrera, N. E., Alvarado-Mejía J., Quintanilla-Vega, M. B., Vega, L. Evaluación de micronúcleos en células de mucosa bucal en trabajadores agrícolas expuestos a plaguicidas organofosforados. En: *Memorias del VI Congreso Mexicano de Toxicología.* Sociedad Mexicana de Toxicología. Julio de 2006, México, DF. 54p.
46. Uh-Chay, A. Relación entre la exposición a plaguicidas y sus efectos en la salud reproductiva en trabajadores agrícolas y sus familias de Muna, Yucatán. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina, UADY, 2004.

# GRÁFICAS

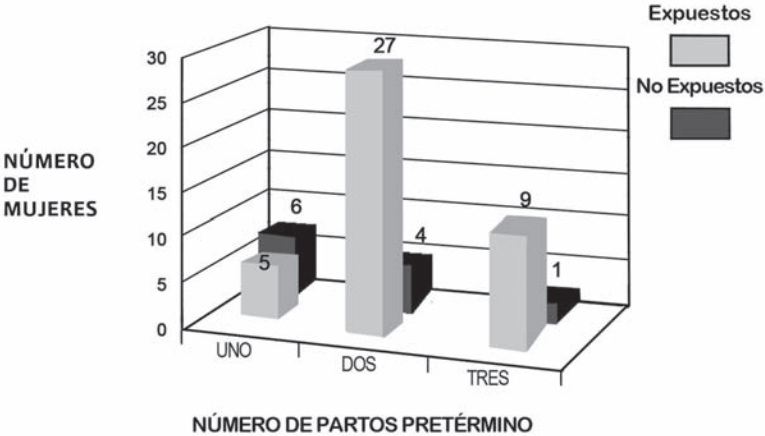
**GRÁFICA 1. COMPARACIÓN ENTRE EL NÚMERO DE EMBARAZOS DE PAREJAS DE EXPUESTOS Y NO EXPUESTOS**



**GRÁFICA 2. COMPARACIÓN DE ABORTOS ENTRE PAREJAS DE LOS EXPUESTOS Y NO EXPUESTOS**



**GRÁFICA 3. COMPARACIÓN DE PARTOS PRETÉRMINO ENTRE PAREJAS DE EXPUESTOS Y NO EXPUESTOS**



# DAÑO GENOTÓXICO EN MUJERES Y HOMBRES EXPUESTOS A PLAGUICIDAS EN CUATRO LOCALIDADES DE BAJA CALIFORNIA

María Evarista Arellano García, Lourdes Camarena Ojinaga,  
Christine Alysse Von-Glascoe, Balam Ruiz Ruiz,  
Erika Zúñiga Violante, Tatiana Montaña Soto

## RESUMEN

La presente aportación es un estudio exploratorio del daño genotóxico como resultado de un biomonitoreo en cuatro poblaciones de hombres y mujeres expuestos laboralmente a plaguicidas en dos zonas agrícolas de Baja California. El estudio analiza el deterioro de la integridad genómica en hombres y mujeres jornaleros, en la región, cuyos efectos crónicos en la salud pueden redundar en cambios en la fertilidad, defectos al nacimiento, incremento en el número de óbitos y abortos, o bien favorecer el desarrollo a temprana edad de enfermedades crónico-degenerativas.

La integridad del genoma humano es un indicador del estado de salud de un grupo de personas. La estabilidad de la información genética contenida en el ADN de los individuos garantiza, hasta cierto punto, que los seres humanos conserven para su descendencia la información genética que los caracteriza como especie, e impide la aparición temprana de padecimientos como la *diabetes mellitus*, la hipertensión arterial o el cáncer.

El deterioro de la integridad del genoma humano, también llamado daño genotóxico, es uno de los muchos desafíos que plantea el actual modelo de desarrollo económico por varias razones: en primer lugar, porque los modos de usar los recursos naturales movilizan y generan residuos de agentes químicos,



físicos o biológicos, que sobrepasan la capacidad de la biósfera para revertir su acumulación y toxicidad; en segundo lugar, este deterioro puede pasar desapercibido porque las personas, al estar expuestas a estos agentes genotóxicos de manera accidental, ambiental o laboral, carecen de la información suficiente para detectar sus efectos a largo plazo, por la invisibilidad del deterioro en la estructura del ADN; y en tercer lugar, son las mujeres el grupo social que, por su compromiso reproductivo, constituyen el sector de mayor vulnerabilidad ante el riesgo genotóxico por exposición laboral a plaguicidas.

## INTRODUCCIÓN

El deterioro del genoma humano es uno de los muchos retos que plantea el actual modelo de desarrollo económico en la sociedad del riesgo mundial, por varias razones: en primer lugar, las formas de usar los recursos naturales movilizan, liberan y generan residuos de agentes químicos, físicos o biológicos, que sobrepasan la capacidad de la biósfera para revertir su interacción, su acumulación y su toxicidad;<sup>1,2</sup> en segundo término, son las mujeres el grupo social que está en mayor desventaja por su exposición a mezclas de contaminantes, tanto por aspectos sociolaborales derivados de la incorporación de las mujeres al trabajo jornalero, como por factores biológicos inherentes al sexo femenino: estatura, fragilidad física, delicadeza en el trabajo que requiere movimientos finos, además de su compromiso reproductivo, y la facilidad del cromosoma X para sufrir rupturas en comparación con el resto de los cromosomas;<sup>3</sup> en tercer lugar, el daño al ADN puede pasar inadvertido porque las personas, al estar expuestas a estos agentes genotóxicos de manera accidental, ambiental o laboral, carecen de la información suficiente para detectar los efectos a largo plazo; esto es debido en parte a la invisibilidad del deterioro en la estructura del genoma, ya que “No se trata, pues, del tradicional «aun no saber», sino del no-saber no sabido o inadvertido. Y es esta clase de poder no-saber la que tiene que considerarse «causa» de la amenaza a la humanidad. Nos encontramos aquí con un caso de poder no-saber no premeditado, al menos en el momento de la decisión [de exponerse o no al tóxico]”<sup>2</sup>

Los riesgos para la salud derivados del daño al genoma humano por la exposición ocupacional en la agricultura comercial han sido ampliamente documentados.<sup>4</sup> A pesar de esto, el registro y la cuantificación de los riesgos diferenciales

que enfrentan las mujeres por los efectos a largo plazo en su salud y la de sus hijos son insuficientes, porque dada la naturaleza del trabajo agrícola que desempeñan en los cultivos, principalmente en la cosecha, empaque, preparación del terreno o desyerbe, entre otros, no es común que presenten intoxicaciones agudas como los hombres, que son contratados como fumigadores o capataces, pues son los únicos a los que la normatividad mexicana considera personal ocupacionalmente expuesto a plaguicidas.<sup>5</sup> La normatividad mexicana en el apartado 5.2 a este respecto solo menciona, en las obligaciones del patrón, “Evitar que las mujeres gestantes o en período de lactancia y los menores de 18 años, realicen actividades como personal ocupacionalmente expuesto”.<sup>5</sup>

## **DAÑO GENOTÓXICO: QUÉ ES, CÓMO SE PRODUCE, CUÁLES SON SUS EFECTOS Y CÓMO SE DETECTA**

El daño genético se define como el deterioro de las instrucciones del ADN a distintos niveles, desde cambios o eliminación del número de bases nitrogenadas, pasando por modificaciones en genes o grupos de genes, hasta la eliminación de cromosomas completos o grupos de cromosomas.<sup>6,7</sup> Estas modificaciones se conocen con el nombre genérico de mutaciones. Los efectos en el organismo derivados de mutaciones en células somáticas se asocian con el desarrollo de enfermedades crónico-degenerativas, como el alzhéimer, el mal de Parkinson, cardiopatías, *diabetes mellitus* y cáncer.<sup>8</sup> Cuando las mutaciones ocurren en células germinales se vinculan con trastornos durante del desarrollo fetal, los cuales derivan en defectos al nacimiento.<sup>9</sup>

El daño genotóxico en los seres humanos por exposición a sustancias contaminantes consiste en modificaciones de la estructura del ADN que ocurren durante la división celular provocadas por agentes tóxicos.<sup>10</sup> Los agentes genotóxicos modifican la estructura del ADN tanto de las células somáticas como de las células germinales.<sup>11</sup>

La célula puede reparar algunos de los daños al ADN de manera natural al disparar los mecanismos de necrosis o apoptosis, que es una muerte regulada y no produce daño en otras células; en cambio, si el daño al ADN no se repara y esta célula se sigue reproduciendo, ocurre la transformación maligna de las células, que puede derivarse en dos consecuencias: (1) si la transformación se da en células somáticas, se producen alteraciones en las funciones metabólicas

o fisiológicas celulares, o bien puede darse el crecimiento celular desmesurado y desordenado, también denominado cáncer;<sup>12</sup> (2) si el daño irreversible se presenta en células germinales, estas alteraciones son heredadas a la siguiente generación y son causa de padecimientos genéticos.<sup>13</sup>

La evidencia epidemiológica sugiere que entre el 60 y el 80 % de los casos de cáncer y otros padecimientos crónico-degenerativos como la *diabetes mellitus* y la hipertensión arterial están asociados con el estilo de vida actual y los factores ambientales. En todos los casos la genotoxicidad es un factor de gran impacto para la salud, ya que entre sus consecuencias se encuentran los defectos al nacimiento, las alteraciones metabólicas, los cambios en la fertilidad y las enfermedades crónico-degenerativas.<sup>12</sup>

Las técnicas para medir el daño genotóxico son muy diversas; se han utilizado desde pruebas bioquímicas, moleculares y espectrofotométricas, hasta las pruebas citogenéticas y las basadas en la sedimentación del ADN dañado;<sup>2</sup> casi todas las pruebas o bien son poco sensibles o muy costosas. Actualmente se cuenta con el ensayo de micronúcleos por bloqueo de la citocinesis (MNBC);<sup>14</sup> desde su aparición en los setenta a la fecha, esta técnica se ha perfeccionado mediante el esfuerzo de un equipo internacional que desde 1997 se estableció con la colaboración de más de 40 laboratorios alrededor del mundo, y es por esto que la incorporación de diversas innovaciones a la técnica la han convertido en una herramienta confiable y ampliamente utilizada para el monitoreo del daño genotóxico en poblaciones humanas.<sup>7,15</sup>

Los micronúcleos, como su nombre lo indica, son masas de cromatina que tienen forma de pequeños núcleos y que aparecen cerca del núcleo principal en las células interfásicas durante la mitosis. Los micronúcleos (MN) se pueden originar de manera espontánea, como resultado del envejecimiento celular o como respuesta a determinados agentes genotóxicos, los cuales se definen como aquellos que producen daño directo a los cromosomas.

Cuando los cromosomas se dañan en la duplicación celular, pueden perderse fragmentos de cromosomas o cromosomas completos;<sup>6</sup> estas pérdidas cromosómicas darán lugar a fragmentos cromosómicos acéntricos, que al no disponer de centrómero no se incluirán en los núcleos hijos durante la división celular, ya que no pueden unirse al huso mitótico durante la anafase. Estos fragmentos se rodean de membrana nuclear y aparecen en el citoplasma como pequeños núcleos. La técnica del ensayo de micronúcleos en linfocitos humanos se incluye en la metodología de este estudio por presentar una serie de ventajas generales:

es una técnica sencilla, relativamente rápida y de costo reducido; admite trabajar con linfocitos humanos; es capaz de valorar efectos pasado bastante tiempo después de la exposición, aunque puede también tener diferentes factores de confusión, como son el sexo, la edad, el tabaquismo y el alcoholismo.<sup>3</sup>

El presente estudio exploratorio constituye un elemento para plantear hipótesis en torno a los efectos a largo plazo en la salud en jornaleros y jornaleras de cuatro zonas agrícolas en Baja California, México, relacionadas con exposición a mezclas complejas de plaguicidas, con la finalidad de sentar las bases para elaborar una propuesta de un sistema de vigilancia por evento centinela en salud ocupacional, tomando como base la determinación del daño genotóxico.

## MÉTODOS

El biomonitoreo se realizó en cuatro localidades: el ejido Vicente Guerrero (EVG), el poblado El Mayor (EM), el cañón Buena Vista (CBV) y San Quintín (SQ); las dos primeras se localizan en el valle de Mexicali y las últimas en la costa de Baja California (figura 1). En cada una de estas localidades se tomó una muestra de conveniencia bajo los criterios que cumplieron las personas que accedieron voluntariamente a participar, con la firma de un consentimiento informado. Algunos de los voluntarios, por su trabajo jornalero, se encuentran expuestos a mezclas de plaguicidas que se utilizan en los campos de cultivo donde laboran. Cada uno de los voluntarios contestó un cuestionario que incluyó preguntas relativas a sus antecedentes sociofamiliares, de salud, de estilo de vida y de alimentación; además los voluntarios proporcionaron una muestra de sangre entera venosa para determinar su estabilidad genómica en términos de proliferación celular o índice nuclear (IN), número de micronúcleos (MN), brotes nucleares (*buds*) y puentes nucleoplasmáticos (PC).

**FIGURA 1. LAS CUATRO LOCALIDADES DE ESTUDIO: EL MAYOR (EM) Y EL EJIDO VICENTE GUERRERO (EVG), EN LA ZONA DEL VALLE DE MEXICALI; EL CAÑÓN BUENA VISTA (CBV) Y SAN QUINTÍN (SQ), EN LA ZONA COSTA (FUENTE: ELABORACIÓN AUTORES).**



El poblado del ejido Vicente Guerrero (EVG) se encuentra rodeado de campos agrícolas dentro del valle de Mexicali; sus residentes migraron desde distintos estados de la República durante los tiempos del reparto agrario.<sup>16</sup> Los miembros de algunas familias que se han establecido en este poblado han sido trabajadores agrícolas durante más de 25 años; algunos de ellos han pasado por procesos de movilidad social significativa, lo que les permite acceder a mejores condiciones de vida en comparación con las del momento de su arribo. Las personas que decidieron participar en este estudio pertenecen a una congregación religiosa adventista, la que dentro de su filosofía sociorreligiosa y por recomendación de sus guías espirituales, observan una dieta ovo-lacto-vegetariana y no consumen alcohol ni tabaco; por sus características laborales y su estilo de vida, estas personas son un grupo que presenta una exposición ambiental a plaguicidas, y algunas están laboralmente expuestas; la colaboración de este

grupo permite hasta cierto punto contar con una muestra donde los factores de confusión alcohol y tabaco están ausentes.

El poblado El Mayor (EM) se encuentra aproximadamente a 50 kilómetros al sur de la ciudad de Mexicali y al oeste de los campos de cultivo en el valle de Mexicali; de las personas que residen en El Mayor, algunos pertenecen a la etnia cucapá, nativos de Baja California, y coexisten con migrantes de otros estados de la República. Su principal actividad económica es la pesca de la curvinagolfina, la cual combinan con el trabajo agrícola, la venta de artesanías y la prestación de servicios turísticos, entre otras actividades eventuales.

Las personas que habitan la localidad conocida como el cañón Buena Vista (CBV), constituyen una comunidad semirrural que se asentó en este lugar en 1988;<sup>17</sup> este asentamiento recibe el nombre de Benito García, pero entre los lugareños se le identifica como “El Zorrillo”, y se localiza a 5 kilómetros de los campos de cultivo de Maneadero, donde algunos trabajan como jornaleros y otros se dedican al comercio o se emplean como obreros en la industria maquiladora.

La localidad de San Quintín (SQ) se encuentra 200 km al sur de Maneadero, y los residentes en su mayoría son jornaleros indígenas migrantes o hijos de estos que han estado asentándose en el valle desde los años sesenta, cuando empezó a florecer la agricultura de hortalizas de exportación; actualmente forman colonias como la Nueva Región Triqui y la Nueva San Juan Copala. Algunos de los participantes en este estudio son indígenas migrantes que coexisten con otros grupos de mestizos en la región del valle de San Quintín.<sup>18</sup>

Se le aplicó un cuestionario a un total de 132 personas (35 hombres y 97 mujeres) de las cuatro zonas mencionadas: 20 en el ejido Vicente Guerrero, 17 en El Mayor, 55 en el cañón Buena Vista y 40 en San Quintín; el cuestionario incluyó preguntas sobre la escolaridad, la entidad de origen, si habla alguna otra lengua aparte del español, si trabaja como jornalero o jornalera, si tiene tabaquismo, si tiene alcoholismo, si ingiere frutas y verduras, sus años de residencia, sus años de trabajo agrícola, entre otras.

Para determinar los biomarcadores de daño genotóxico se aplicó la técnica estandarizada de micronúcleos en linfocitos por bloqueo de la citocinesis (MNBC) (Fenech, 1993). De cada voluntario participante se extrajeron 5 ml de sangre entera venosa en tubos Vacutainer® con heparina de sodio (BD Vacutainer®, Sodium Heparina, 68 USP units, 367871), los cuales se transportaron a entre 20 y 25 oC hasta el laboratorio en la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Baja California, donde se procedió a efectuar la

siembra de linfocitos de la siguiente manera: se prepararon por cada persona dos tubos cónicos estériles de policarbonato (Falcon® 352097), cada uno con 6.3 ml de medio de cultivo RPMI (SIGMA) suplementado con aminoácidos esenciales y L-Glutamina, al cual se agregaron 0.2 ml de phytohemaglutinina (PHA-M de SIGMA L-8902) con la finalidad de garantizar la proliferación de los linfocitos; al final se añadieron 0.5 ml de la muestra de sangre, de forma tal que cada cultivo contenía en total 7 ml. Posteriormente se incubaron a 37 °C durante 48 horas, tiempo requerido para la duplicación de los núcleos celulares. En este punto se agregaron al cultivo 21 microlitros de citocalasina-B (SIGMA C-6762), sustancia que impide la polimerización de la actina, y de esta forma se bloquea de la citocinesis celular. Después el cultivo se regresó a incubar a 37 °C durante 24 horas más, para proceder a la cosecha. Primero se prefijaron los leucocitos con 1 ml de solución de metanol (Baker) y ácido acético glacial (Baker) en proporción de 3:1; las células se separaron del medio de cultivo por centrifugación sucesiva a 1200 rpm por 10 minutos entre 3 y 6 veces, lavándose cada ocasión con solución fijadora fría hasta obtener un botón celular esponjoso y limpio, con el que se prepararon las laminillas en portaobjetos previamente etiquetados para su posterior tinción con eosina y azul de metileno, para su posterior lectura al microscopio.

La lectura de las laminillas se efectuó en un microscopio compuesto con objetivo de inmersión 100X. Primero se procedió a determinar el índice de proliferación nuclear (IN), el cual se calcula con base en la siguiente expresión:<sup>19</sup>

$$IN = \frac{\# \text{ cel mononucleadas} + \# \text{ cel binucleadas} * 2 + \text{cel multinucleadas} * 3}{500 \text{ cel contadas}}$$

También se registró, por cada mil células binucleadas, el número de células con micronúcleos (MN), brotes nucleares (*buds*) y puentes de cromatina (PC), según los criterios descritos en el *HUMN Project*.<sup>19</sup>

La información se preparó en una hoja electrónica y se analizó utilizando el paquete estadístico Stat-Soft®, comenzando con una exploración para determinar los porcentajes por localidad y sexo de las principales variables independientes (información socioambiental, exposición laboral, alimentación, etc.) y las variables dependientes (MN, *buds*, PC y daño total). Se utilizó la prueba U de Mann-Whitney para detectar diferencias significativas entre los biomarcadores de efecto (proliferación celular, número de micronúcleos, brotes nucleares,

puentes nucleoplasmáticos y daño total) contra las variables independientes (exposición ocupacional a plaguicidas y los denominados factores confusores: sexo, tabaco y alcohol).

## **RESULTADOS**

En general, la colaboración de las mujeres fue superior en número en comparación con la de los hombres, en una proporción de aproximadamente tres mujeres por cada hombre, excepto en la localidad de San Quintín, donde la proporción de hombres y mujeres fue equivalente, como lo muestra el cuadro 1, donde se presenta la información socioambiental desagregada en hombres y en mujeres de las cuatro localidades.



**CUADRO I. INFORMACIÓN SOCIOAMBIENTAL DESAGREGADA EN HOMBRES (H) Y MUJERES (M) DE LAS CUATRO LOCALIDADES: EL MAYOR (EM), EJIDO VICENTE GUERRERO (EVG), CAÑÓN BUENA VISTA (CBV) Y SAN QUINTÍN (SQ).  
FUENTE: ELABORACIÓN AUTORES.**

		Zona Valle Mexicali				Zona Costa			
		EM	EM	EVG	EVG	CBV	CBV	SQ	SQ
		H	M	H	M	H	M	H	M
Casos		4	13	5	15	7	48	19	21
Edad		21	26	41	47	57	41	27	29
Otra lengua	Sí %	50	30	0	0	14	27	0	24
	No %	50	70	100	100	86	73	100	76
Origen	BC %	100	77	0	100	0	13	69	38
	Oax.%	0	0	0	0	14	31	5	38
	Sin.%	0	0	0	0	29	23	5	5
	Otro%	0	23	0	0	57	33	21	19
Escolaridad	Nula%	0	23	20	13	71	58	0	5
	Prim.%	25	23	0	13	29	23	16	19
	Sec.%	50	54	0	20	0	4	16	14
	Prep.%	25	0	60	47	0	15	47	29
	Lic. %	0	0	20	7	0	0	21	33
Ingreso	Pesos%	112.5	62.5	412.5	312.5	132.5	115.5	110.5	89.5
Residencia	Años %	17	18	37	41	13	9	16	16
Exposición laboral	Sí %	25	53	80	33	43	81	63	62
	No %	75	47	20	67	57	19	37	38
Trabajo jornalero	Años %	12	21.6	27	27	19	10	8	16
Consumo de Tabaco	Sí %	100	63	0	0	14	6	21	0
	No %	0	47	100	100	86	94	79	100
Alcohol	Sí %	75	23	0	0	57	6	37	9
	No %	25	77	100	100	43	94	63	91
Fruta	Sí %	50	69	40	40	14	81	16	19
	No %	50	31	60	60	86	19	84	81
Verdura	Sí %	50	62	100	87	86	81	79	71
	No %	50	38	0	13	14	19	21	29

En El Mayor, el cañón Buena Vista y San Quintín hay personas que hablan otra lengua aparte del español; en El Mayor algunas hablan cucapá, y en San Quintín y el cañón Buena Vista, mixteco. La mayoría de los participantes de la localidad El Mayor y del ejido Vicente Guerrero son nativos de Baja California, a diferencia de la Zona Costa, donde más de la mitad de los voluntarios proceden de otros estados de la República, principalmente de Oaxaca. En cuanto a la escolaridad, en general en todas las localidades se observa que son las mujeres quienes acceden a grados de escolaridad menores en comparación con los hombres; aunque en particular, como en el cañón Buena Vista, hay un 71 % de hombres que no tienen escolaridad, en contraste, las personas que acceden a la preparatoria son principalmente hombres. En relación con los ingresos, nuevamente se observa una diferencia en cuanto al género: las mujeres participantes perciben menor salario que los hombres, quienes ganan en promedio un 25% más (Cuadro 2).

**CUADRO 2. SALARIO EN PESOS Y POCENTAJE DE LA DIFERENCIA SALARIAL ENTRE LOS HOMBRES Y LAS MUJERES DE LAS CUATRO LOCALIDADES, CON SU RESPECTIVA DESVIACIÓN ESTÁNDAR.**

	Hombres	Mujeres	% de la diferencia
El Mayor	112.5±208	62.5±54.3	44
Ejido Vicente Guerrero	412.5±762	312.5±271	24
Cañón Buena Vista	132.5±246	115.5±100.3	12
San Quintín	110.5±205.2	89.5±78	19
Promedio de la diferencia en salario diario			25%±14

En relación con la exposición laboral a plaguicidas, también son las mujeres las que en mayor proporción están expuestas; y en cuanto a los hábitos y estilo de vida, se puede ver que son los hombres los que presentan mayor afición por el tabaco y el alcohol, aunque en el caso de El Mayor sí hay más mujeres que fuman e ingieren alcohol, pero en menor proporción comparadas con los hombres. En cuanto a la dieta, se observan en El Mayor diferencias entre hombres y mujeres en cuanto al consumo de fruta y verdura; en cambio, en el ejido Vicente Guerrero son equivalentes (con una dieta ovo-lacto-vegetariana), y en el cañón Buena Vista son las mujeres las que consumen más fruta, y en general no se observa una diferencia debido al sexo en cuanto a la preferencia por una alimentación quimioprotectora.

Los biomarcadores de daño genotóxico determinados para las cuatro localidades desagregados tanto para hombres como para mujeres se presentan en el cuadro 3. El índice de proliferación celular (IM) se mantuvo alto en las cuatro localidades tanto para hombres como para mujeres, con excepción del ejido Vicente Guerrero, donde se tiene un índice de proliferación menor, aproximadamente entre 1.6 y 1.5.

**CUADRO 3. BIOMARCADORES DE DAÑO GENOTÓXICO EN LAS CUATRO LOCALIDADES.**

**FUENTE: ELABORACIÓN AUTORES.**

**H=HOMBRES, M=MUJERES, M=MEDIANA, MN=MICRONÚCLEOS, PC=PUENTES DE CROMATINA, DT=DAÑO TOTAL.**

		Zona Valle Mexicali				Zona Costa			
		(EM)		(EVG)		(CBV)		SQ	
	Sexo	H	M	H	M	H	M	H	M
		Casos	4	16	5	15	18	22	19
	M	1.7	1.7	1.6	1.5	1.8	1.7	1.7	1.6
Índice	Media	1.7	1.7	1.6	1.5	1.7	1.7	1.7	1.6
nuclear	±SD	0.16	0.16	0.27	0.14	0.11	0.14	0.22	0.15
MN	M	24	23	7	9	7	9	10	14
	Media	22.3	26	7	10.7	7.1	9.1	12.8	16.3
	±SD	5	0.6	4	6.3	1.2	2.5	9	8.4
BUDS	M	9.5	10	2	5	2	2	10	8
	Media	11	13.9	3.4	5.1	2.6	2.6	11.7	8.6
	±SD	5.6	8.8	2.2	4.5	1.62	2.2	5	5
Puentes de cromatina	M	14	22.5	9	9	4	6	4	6
	Media	4.5	26	9.2	17.1	5.1	7.3	6.1	7.4
	±SD	7.3	17	3.7	15	3.5	3.2	6.2	6.4
DT	M	74.5	85	28	39	15	17	24	28
	Media	22.3	26	7	10.7	7.1	9.1	12.8	16.3
	±SD	4.7	5.8	3.7	6.3	1.2	2.5	8.8	8.4

Las personas de la localidad El Mayor y del valle de San Quintín tuvieron más micronúcleos que en las demás localidades, así como gemas nucleares (*buds*). En el ejido Vicente Guerrero y en el cañón Buena Vista este biomarcador se mantuvo muy similar; no obstante, la diferencia del número de MN entre hombres y mujeres es más notoria en el valle de San Quintín.

Para poder determinar las diferencias significativas fue necesario utilizar la prueba U de Mann-Whitney. El cuadro 4 es un resumen de la probabilidad de ocurrencia de la hipótesis de nulidad del efecto de las diferentes variables independientes: edad, sexo, exposición laboral, y consumo de fruta, verdura, tabaco y alcohol, frente al biomarcador de daño citotóxico, que es el índice nuclear, y los biomarcadores de daño genotóxico, que son los micronúcleos (MN), los brotes nucleares (*buds*), los puentes de cromatina (PC) y la suma total del daño (DG) en las cuatro localidades.

**CUADRO 4. PROBABILIDAD DE LA HIPÓTESIS DE NULIDAD PARA LA PRUEBA U DE MANN-WHITNEY ( $P \leq 0.10$ ).**

**LOS VALORES QUE TUVIERON DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS SE RESALTAN EN NEGRITAS.**

**\*DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS.**

**\*\*DIFERENCIAS ALTAMENTE SIGNIFICATIVAS.**

**FUENTE: ELABORACIÓN AUTORES.**

	IN	MN	BUDS	PC	Daño
<b>El Mayor</b>					
Edad	0.12	0.12	0.12	1.00	1.00
Sexo	1.00	0.53	0.69	0.17	0.21
Exposición Laboral	0.36	0.92	<b>0.07*</b>	<b>0.01**</b>	<b>0.01**</b>
Consumo De Fruta	0.76	0.65	0.55	0.27	0.31
Verdura	0.31	0.38	0.11	<b>0.03**</b>	<b>0.10*</b>
Alcohol	0.69	0.58	0.92	0.29	0.31
Tabaco	0.49	0.77	0.56	0.43	0.49
<b>Ejido Vicente Guerrero</b>					
Edad		1.00	1.00	1.00	1.00
Sexo		0.24	0.73	0.54	0.19
Exposición Laboral		0.09*	0.43	0.94	0.17
Consumo De Fruta		0.32	0.62	0.14	0.22
Verdura		0.26	0.28	0.19	0.13
Alcohol		1.00	1.00	1.00	1.00
Tabaco		1.00	1.00	1.00	1.00

	IN	MN	BUDS	PC	Daño
<b>Cañón Buena Vista</b>					
Edad		1.00	1.00	1.00	1.00
Sexo		0.03	0.70	0.16	0.08
Exposición Laboral		0.01	0.87	0.23	<b>0.07*</b>
Consumo De Fruta	0.33	0.62	0.85	0.40	0.94
Verdura	0.23	0.48	0.85	0.34	0.47
Alcohol	0.35	0.12	0.90	0.11	0.17
Tabaco	0.13	<b>0.00**</b>	0.54	0.66	0.54
<b>San Quintín</b>					
Edad	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Sexo	0.24	<b>0.10*</b>	0.17	0.35	0.24
Exposición Laboral	0.14	<b>0.04**</b>	0.17	<b>0.00**</b>	<b>0.01**</b>
Consumo De Fruta	<b>0.00**</b>	0.27	0.67	<b>0.03**</b>	0.45
Verdura	0.96	<b>0.01**</b>	0.37	0.77	0.12
Alcohol	0.34	0.16	0.75	0.13	0.13
Tabaco	0.51	0.14	0.78	0.16	0.19

En El Mayor la exposición laboral a plaguicidas resultó ser significativa para *buds*, puentes de cromatina y daño total; también se observa que el consumo de verdura es significativo para los puentes de cromatina y daño total. El resto de las variables independientes no producen diferencias significativas con los biomarcadores de efecto genotóxico en esta localidad.

En el ejido Vicente Guerrero solo la exposición laboral produce diferencias significativas en el número de micronúcleos, y el consumo de fruta en la proliferación celular.

En el cañón Buena Vista fue la exposición laboral la variable que mostró diferencias significativas con respecto al número de micronúcleos y al daño total; el hábito de fumar tuvo diferencias significativas con el daño total.

San Quintín fue la única localidad donde las variables independientes (sexo, exposición laboral y consumo de verduras) presentaron diferencias significativas relacionadas con los micronúcleos; también la exposición laboral produjo diferencias significativas con puentes de cromatina y daño total; en cambio, el

consumo de fruta mostró una diferencia significativa con la proliferación celular y los puentes de cromatina.

## DISCUSIÓN

En la localidad del valle de San Quintín pudo notarse cómo la exposición ocupacional a plaguicidas puede ser un factor que incrementa, tanto en hombres como en mujeres, el número de micronúcleos, y aunque en este grupo de personas existen algunos factores de confusión como el tabaquismo y el consumo de alcohol que, según mencionan varios autores,<sup>3,20</sup> incrementan el número de micronúcleos, el hábito del tabaquismo y el consumo de alcohol es bajo en los sujetos que voluntariamente tomaron parte en el estudio, ya que se tuvo una mayor proporción de casos de personas que no los consumen. No obstante, para alcanzar una estimación conclusiva es necesario mejorar el diseño del muestreo como lo recomiendan los expertos,<sup>7,21,22</sup> en el sentido de que debe especificarse la frecuencia y la intensidad del consumo de tabaco y alcohol.<sup>3</sup>

Cuando se analiza por separado cada una de las localidades en relación con el número de micronúcleos, este bioindicador resulta más consistente como variable de respuesta para detectar diferencias significativas en la exposición laboral a plaguicidas como variable de interés. Hasta el momento de analizar estos resultados se observa que tanto el bioindicador de puentes de cromatina como el de gemas nucleares y la suma total de los tres biomarcadores no siguen algún patrón que pudiera representar de manera consistente el daño; lo anterior puede explicarse en el sentido en el que lo mencionan Fenech y Crott<sup>23</sup> quienes consideran que son los micronúcleos los biomarcadores más robustos para explicar diferencias en daño genotóxico en comparación con los puentes de cromatina y los brotes nucleares.

Como se puede advertir, las mujeres de todas las localidades tienen más micronúcleos que los hombres, pero al enfocar solamente el grupo de las no expuestas, esta diferencia no es tan notoria como en las que presentan exposición ocupacional a plaguicidas, y aunque no se ha encontrado en la literatura algún debate que revise con profundidad esta diferencia, en un trabajo publicado en este mismo año por Michel Fenech se menciona que el cromosoma X sufre frecuentemente más rupturas cromosómicas en comparación con los demás cromosomas somáticos, e incluso más que el cromosoma Y.<sup>3</sup>

Al tomar en cuenta tanto que las mujeres tienen el doble de cromosomas X que los hombres como la posibilidad de que este cromosoma sufra más rupturas, puede considerarse que el sexo, aparte de ser un factor confusor de la técnica de micronúcleos por exposición a plaguicidas, constituye una desventaja para las mujeres expuestas a plaguicidas, lo cual es un ejemplo de cómo las particularidades biológicas del sexo se encuentran imbricadas e interactúan con los atributos sociales de género, como el trabajo jornalero, en el sentido mencionado por Pedrosa y Yanes, quienes señalan que “las mujeres representan entre 60 y 90% de los 27 millones de trabajadores en las más de 2,000 zonas de procesamiento de exportaciones, donde la salud ocupacional y la legislación ambiental las exponen a riesgos y a jornadas extenuantes”<sup>24</sup>, como ocurre en los agronegocios de exportación en Baja California<sup>16</sup> y en conjunción con la feminización del trabajo agrícola.<sup>17</sup>

## CONSIDERACIONES FINALES

Este estudio presenta el primer biomonitoreo de daño genotóxico en mujeres y hombres jornaleros de cuatro localidades de los campos agrícolas de Baja California; se estima que es la localidad de San Quintín la que tiene mayor daño genotóxico por la exposición a mezclas de contaminantes, a pesar de que en la localidad de El Mayor, en el valle de Mexicali, se presentan altos niveles de daño genotóxico que no se asociaron a la exposición ocupacional a plaguicidas. Este primer biomonitoreo en estas latitudes del país permite reflexionar desde dos aspectos principales: desde el diseño metodológico de este tipo de estudios, y desde lo relativo a la calidad de vida y su relación con las condiciones laborales y de género que enfrentan los jornaleros y las jornaleras en los agronegocios de hortalizas de exportación en Baja California.<sup>24</sup>

En cuanto a lo metodológico, es necesario señalar que en los estudios sobre exposición a plaguicidas y daño genotóxico el diseño tiene que considerar no únicamente la cifra de los micronúcleos que tiene cada persona; se tendría que ser más preciso acerca de cómo representar en el diseño las condiciones de trabajo, las condiciones de vida, la salud reproductiva y el acceso a la salud, y cómo perciben tanto hombres como mujeres la exposición crónica a los plaguicidas con referencia de los efectos a largo plazo, y en el mejor de los casos, que pueda ser factible establecer un diseño por evento centinela que permita reunir todas estas preocupaciones.<sup>25,26</sup>

Con referencia al aspecto social,<sup>3</sup> aparte de las desventajas que ya de por sí tienen las mujeres y los hombres que trabajan en los campos de cultivo, por el deterioro de sus condiciones de trabajo y de vida, estas personas enfrentan un riesgo a largo plazo: el deterioro de su genoma. La pregunta sería: ¿quién asume los riesgos por este deterioro?<sup>2</sup> Los empresarios en ningún momento llevan a cabo programas que permitan proteger este aspecto biológico de las personas, sean hombres o mujeres, especialmente de ellas; la normatividad mexicana tampoco establece claramente cuál es el compromiso del Estado, de las instituciones de salud y de los patrones en relación con los efectos a largo plazo que provocan los pesticidas en los trabajadores que están ocupacionalmente expuestos, no solo por ser aplicadores como los define la ley en la norma oficial.<sup>5</sup> La norma no incluye a los que hacen otro tipo de actividades durante al menos ocho horas en los campos de cultivo, y si bien es cierto que no están en contacto directo con los plaguicidas, sí se puede decir que están sometidos a alguna exposición residual prolongada y crónica. Esta exposición crónica a los plaguicidas en bajas dosis puede a la larga acumular una serie de efectos que se reflejan en el deterioro del ADN, y en el detrimento de la salud<sup>4,30</sup> de los trabajadores y las trabajadoras agrícolas y de su descendencia.<sup>1</sup>



# REFERENCIAS

1. SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). Declaratoria mexicana sobre género y cambio climático. [monografía en internet] México, 2010. [consultado 2011 mayo 20] Disponible en: [http://ss1.webkreator.com.mx/4\\_2/000/000/063/9c8/Declaratoria-G-nero.pdf](http://ss1.webkreator.com.mx/4_2/000/000/063/9c8/Declaratoria-G-nero.pdf)
2. Beck, Ulrich. La sociedad del riesgo mundial: en busca de la seguridad perdida. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica, S.A., 2008: p. 333.
3. Fenech M, Bonassi S. The effect of age, gender, diet and lifestyle on DNA damage measured using micronucleus frequency in human peripheral blood lymphocytes. *Mutagenesis* 2011;26(1): 43-50.
4. Bolognesi C, Creus A, Ostrosky-Wegman P, Marcos R. Micronuclei and pesticide exposure. *Mutagenesis* 2011;26(1): 19-26.
5. Secretaría del Trabajo y Previsión Social. Marco Jurídico de la STPS. [monografía en internet] México 2010. [consultado : 2011 mayo 20 ] Disponible en: <http://www.stps.gob.mx/marcojuridico/noms.htm>.
6. Fenech M. The in vitro micronucleus technique. *Mutation Research* 2000;(445): 81-95.
7. Heddle J A, Fenech M, Hayashi M, MacGregor J T. Reflections on the development of micronucleus assays. *Mutagenesis* 2011;26(1): 3-10.
8. Andreassi M G, Barale R, Lozzo P, Picano E. The association of micronucleus frequency with obesity, diabetes and cardiovascular disease. *Mutagenesis* 2011;26(1):77-84.
9. Scambler P J. Deletions of human chromosome 22 and associated birth defects. *Current opinion in genetics & development* 1993;3(3): 432-137.
10. Huen K, Barcellos L, Beckman K, Rose S, Eskenazi B, Holland N. Effects of PON polymorphisms and haplotypes on molecular phenotype in Mexican-American mothers and children. *Environmental Mutation Research* 2011;52(2): 105-116.
11. Huen, K, Harley K, Bradman A, Eskenazi B, Holland N. Longitudinal changes in PON1 enzymatic activities in Mexican-American mothers and children with different genotypes and haplotypes. *Toxicological Applied Pharmacology* 2010;244(2): 181-189.
12. Bagci E Z, Vodovotz Y, Billiar T R, Ermentrout G B, Bahar I. Bistability in apoptosis: roles of bax, bcl-2, and mitochondrial permeability transition pores. *Biophysical Journal* 2006;90(5):1546-1559.
13. Sişman T, Türkez H. Toxicologic evaluation of imazalil with particular reference to genotoxic and teratogenic potentials. *Toxicology and Industrial Health* 2010; 26(10): 641-648.
14. Countryman P I, Heddle J A. The production of micronuclei from chromosome aberrations in irradiated cultures of human lymphocytes. *Mutation Research* 1976;41(2-3): 321-332.
15. Fenech M, Bonassi S, Holland N, Kirsch-Volders M, Bolognesi C, Zeiger E, et al. HUMAN MicroNucleus Project. HUMN. [serie en internet] 1997 [consultado 2011 julio 18] Disponible en: <http://ehs.sph.berkeley.edu/holland/humn/index.html>.
16. Moreno-Mena J A, Los valles agrícolas de Baja California: espacios de agricultura para la exportación. En: León-López A, Canabal-Cristiani B, Pimienta-Lastra R. Migración, poder y procesos rurales, 2008; 275pp. México: Plaza y Valdés.
17. Maier E. Mujeres indígenas, migración y ambiente. *Papeles de Población* 2001; 29: 61-193.
18. Garduño E, García E, Morán P. Mixtecos en Baja California: El caso de San Quintín. Universidad Autónoma de Baja California 1989; 279.
19. Fenech M, Chang W.P, Kirsch-Volders M, Holland N, Bonassi S, Zeiger E. Human Micronucleus project (HUMN project): detailed description of the scoring criteria for the cytokinesis-block micronucleus assay using isolated human lymphocyte cultures. *Mutation Research* 2003;534: 65-75.

20. Bonassi S, Neri M, Lando C, Ceppi M, Chang W, et al. Effect of smoking habit on the frequency of micronuclei in human lymphocytes: results from the Human MicroNucleus project. *Mutation Research* 2003;543: 155-166.
21. Battershill J M, Burnett K, Bull S. Factors affecting the incidence of genotoxicity biomarkers in peripheral blood lymphocytes: impact on design of biomonitoring studies. *Mutagenesis* 2008;23: 423-437.
22. Ceppi M, Biasotti B, Fenech M, Bonassi S. Human population studies with the exfoliated buccal micronucleus assay: Statistical and epidemiological issues. *Mutation Research* 2010; 705: 11-19.
23. Fenech M, Crott J W. Micronuclei, nucleoplasmic bridges and nuclear buds induced in folic acid deficient human lymphocytes-evidence for breakage-fusion-bridge cycles in cytokinesis-block micronucleus assay. *Mutation Research*, 2002;504:131-136.
24. Pedrosa L, Yanes M. Género, salud y equidad. *Género y Salud en cifras*. 2004; 2(1): 6-10.
25. Maizlish N, Rudolph L, Derwin K. The surveillance and work-related pesticides illness: an application of the sentinel event notification system for occupational risks (SENSOR). *American Journal of Public Health*, 1995; 85: 806-811.
26. Quiroz M, Hincapié D, Berrio H, Grajales A, Zuluaga N, Moreno J A, et al. . Diseño de un sistema de vigilancia epidemiológica por evento centinela en dermatosis ocupacional. *Revista de la Facultad Nacional de Salud Pública* 2000;18: 139-152.
27. Fenech M. Micronutrients and genomic stability: a new paradigm for recommended dietary allowances (RDAs). *Food and Chemical Toxicology*, 2002; 40:1113-1117.
28. Fenech M, Jarvis L.R, Morley A.A. Preliminary studies on scoring micronuclei by computerised image analysis. *Mutation Research*, 1988;133:33-38.
29. Holland N, Bolognesi C, Kirsh-Volders M, Bonassi S, Zeiger E, Knasmueller S, et al. *Mutation Research* 2008;659:93-108.
30. Migliore L, Coppede F, Fenech M, Thomas P. .Association of micronucleus frequency with neurodegenerative diseases. *Mutagenesis* 2011;26:85-92.



# **EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN PERINATAL AL DDT Y SUS METABOLITOS EN MUJERES MEXICANAS**

Leticia Yáñez Estrada, Ma. Rocío Ramírez Jiménez,  
María Athanasiadou, Rebeca Mejía Saucedo,  
Olga Dania López Guzmán

## **RESUMEN**

Considerando que en México el DDT fue utilizado hasta el año 2000 y que el género es determinante para el riesgo de exposición a este insecticida, en dos periodos diferentes se colectaron muestras de leche y plasma maternos, y plasma de cordón umbilical de mujeres recién atendidas de parto, de dos zonas endémicas de paludismo, para estimar el nivel de exposición perinatal al DDT y a sus metabolitos DDE y DDE-MeSO<sub>2</sub>. La comunidad de Lacanjá presentó los niveles más altos de DDT y DDE en plasma materno, mientras que en leche materna, los niveles más elevados de estos compuestos los presentaron las mujeres de El Ramonal. En las mujeres de la Huasteca2 se detectaron las concentraciones más elevadas de DDE-MeSO<sub>2</sub>. Los niveles en plasma materno y plasma de cordón umbilical fueron respectivamente 13 y 48 veces superiores a los reportados en mujeres de Eslovaquia, y la concentración en leche fue 17 veces mayor que la detectada en mujeres suecas. Los niveles de DDE-MeSO<sub>2</sub> cuantificados en el plasma materno y en el cordón umbilical fueron prácticamente iguales, lo que sugiere la capacidad de este metabolito para atravesar la barrera placentaria.

Palabras clave: DDE-MeSO<sub>2</sub>, mujeres edad reproductiva.

## INTRODUCCIÓN

El DDT es un insecticida organoclorado que fue ampliamente utilizado a nivel mundial para actividades agrícolas (cultivo del algodón) y para el control de enfermedades transmitidas por vectores, como el paludismo. El alto contenido de cloros en su molécula hace de este insecticida un compuesto muy persistente, ya que no puede degradarse con facilidad (el 50 % del DDT que se aplica en el suelo puede tardar en descomponerse entre 10 y 20 años). En consecuencia, la exposición al DDT puede llegar a ser crónica.<sup>1</sup>

A pesar de su lenta degradación en el ambiente, el DDT es biotransformado en metabolitos lipofílicos que también son persistentes, como el DDE y el DDE metil sulfonado (DDE-MeSO<sub>2</sub>).<sup>2,3</sup>

Debido a sus propiedades fisicoquímicas, el DDT y sus metabolitos se han identificado en todos los compartimientos ambientales (aire, agua, sedimentos, suelos) de todas las regiones del mundo, incluyendo aquellas que, como los océanos, los desiertos y las zonas polares, están muy alejadas del sitio original de su liberación ambiental. Igualmente, su presencia se ha demostrado en organismos de todos los niveles tróficos, desde el plancton hasta las ballenas y los animales de las zonas polares, lo que corrobora su capacidad de biomagnificación y bioacumulación.<sup>4, 5</sup>

Tanto el DDT como sus metabolitos tienen la capacidad de atravesar la barrera placentaria.<sup>6</sup> Debido a sus propiedades lipofílicas, son almacenados principalmente en tejidos ricos en grasa, y subsecuentemente son transportados y excretados a través de la grasa de la leche materna durante los periodos de lactancia.<sup>7-11</sup>

Los efectos tóxicos asociados con la exposición a DDT y a sus metabolitos reportados en humanos son daños neurológicos, genéticos y hepáticos, así como efectos reproductivos.<sup>12</sup> Una exposición aguda a este insecticida se ha relacionado con síntomas neurológicos, como parestesias, convulsiones, temblores e hiperexcitabilidad.<sup>12,13</sup> El efecto cancerígeno del DDT está aún en debate. En humanos se ha encontrado una asociación con cáncer mamario, aunque no ha sido confirmada en otros estudios<sup>14,15</sup>. Con respecto al daño inmunológico, el DDT ha mostrado ser inmunosupresor<sup>16-18</sup>. Varios estudios realizados por nuestro grupo de investigación han demostrado que la exposición a p'p-DDT, p'p-DDE y p'p-DDD indujo muerte celular programada (apoptosis) en células

mononucleares sanguíneas periféricas de niños residentes del sureste mexicano.<sup>19</sup> En otro estudio realizado en mujeres en edad reproductiva y residentes de una zona de paludismo endémico, observamos una asociación positiva entre la concentración plasmática de DDE y la magnitud del daño al ADN.<sup>20</sup>

Uno de los metabolitos más estables del DDT es el DDE-MeSO<sub>2</sub>, y en algunas especies este metabolito se fija a la glándula suprarrenal, en la zona fasciculata.<sup>21</sup> La localización tan específica de dicho metabolito se debe a su interacción con el citocromo P450-11b, que es una forma mitocondrial del citocromo P450.<sup>22-24</sup> Este citocromo convierte la 11-deoxicorticosterona en cortisol. De hecho, la 11-deoxicorticosterona es un potente inhibidor de la unión covalente del DDE-MeSO<sub>2</sub> al citocromo P450-11b<sup>22</sup>. En ratones tratados con este compuesto se produce vacuolación y necrosis de las glándulas suprarrenales,<sup>21</sup> efecto que se acompaña de una disminución en los niveles plasmáticos de glucocorticoides.<sup>22</sup> El DDE-MeSO<sub>2</sub> ha sido localizado en fetos, y es excretado por leche materna,<sup>13</sup> lo cual explica la disminución de los glucocorticoides reportada en ratones lactantes.<sup>23</sup>

## ESCENARIO DE EXPOSICIÓN

El escenario actual es el de una exposición no ocupacional crónica al DDT residual. Este insecticida ya no se emplea en nuestro país; sin embargo, existen evidencias de su presencia en muestras de suelo superficial, y sobre todo en sedimentos.<sup>25</sup> En consecuencia, se puede considerar que una de las fuentes de DDT en México son los sedimentos costeros, especialmente aquellos ubicados frente a las entidades que más DDT recibieron en la campaña antipalúdica (Guerrero, Oaxaca y Chiapas). Los suelos en interiores (dentro de las viviendas fumigadas) y en exteriores mantienen su contaminación, aunque a niveles inferiores. El DDT en el suelo sería una fuente contaminante para los sedimentos; esto es, en épocas de lluvia las corrientes de agua arrastran el suelo hasta los cuerpos de agua, donde, por su insolubilidad, el DDT se precipitaría en los sedimentos marinos, de ríos y de manglares.<sup>25</sup> Los organismos que viven en estos hábitats se alimentan de el sedimento y a su vez son ingeridos por peces más grandes. De esta manera, el insecticida se ha incorporado a la cadena alimenticia, presentando un efecto de bioacumulación (absorción y retención de un contaminante por un organismo) y de biomagnificación (incremento de

la concentración de un contaminante en los tejidos de los organismos en sucesivos niveles tróficos superiores).<sup>4</sup> Estos fenómenos explican la presencia del DDT y sus metabolitos en invertebrados, peces, aves y humanos.<sup>5,26</sup> Tomando en cuenta estas propiedades, la ingesta de alimentos, principalmente marinos, puede ser considerada una fuente de exposición no solo para las comunidades endémicas de paludismo, sino también para la población en general.

Los estudios realizados por nuestro grupo de investigación han demostrado la presencia de concentraciones de DDT total (DDT+DDE) en peces (49-2237 ng/g lípido), invertebrados (442-2336 ng/g lípido) y músculo de aves (1371-6064 ng/g lípido) del sureste de México. En muestras de pescado de diferentes especies adquiridas en una tienda de autoservicio de la ciudad de San Luis Potosí, se detectaron concentraciones de DDT de hasta 326 ng/g lípido.<sup>27</sup> Estos resultados refuerzan la hipótesis de que el alimento (en este caso el pescado) es ahora una fuente importante de exposición a este insecticida.

## **POBLACIÓN SUSCEPTIBLE**

La agricultura es considerada por muchos autores un “trabajo para hombres”, no obstante que en esta actividad participa toda la familia; aunque el 85 % de las mujeres aparecen como inactivas, siempre han realizado trabajos productivos para la familia.<sup>28</sup> La mujer no solo se expone a los plaguicidas durante el desarrollo de las diferentes actividades en los campos de cultivo, sino que además, por ser la responsable del lavado de la ropa de trabajo de todos los miembros de la familia, estaría absorbiendo los insecticidas durante esta actividad, ya que estos pueden quedar adheridos a la ropa, liberándose al ambiente durante su lavado.<sup>29</sup>

Sin embargo, para las mujeres que no participaban en las tareas de campo y permanecían en casa prácticamente todo el día, el escenario no es hoy del todo alentador, ya que durante la campaña antipalúdica el DDT fue rociado sobre las paredes interiores y exteriores de sus viviendas; al ser por lo general las mujeres las responsables de custodiar sus hogares durante esta actividad, permanecían en ellos, con una consecuente mayor exposición a este insecticida, escenario que aún está vigente en mujeres cuyos países aún emplean el DDT.<sup>30</sup>

Si la exposición es a través de la ingesta de alimento contaminado con DDT total (DDT+DDE), y dadas las propiedades lipofílicas de estos compuestos,

entonces las mujeres, por tener un mayor contenido de grasa corporal, podrían estar acumulándolos en mayor proporción que los hombres, convirtiéndose además en una importante fuente de exposición para sus hijos, por su capacidad de eliminarse a través de la leche materna y de atravesar la barrera placentaria. Los efectos tóxicos por la exposición a plaguicidas estarían expresándose en las generaciones siguientes.<sup>31, 32</sup>

Por lo anteriormente expuesto, las mujeres en edad reproductiva y los niños representan las poblaciones más expuestas, y por ende son los que se encuentran en mayor riesgo de sufrir alguna alteración biológica.

## **EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN**

Considerando que en México el DDT fue utilizado hasta el año 2000, y que el género es determinante para el riesgo de exposición a este insecticida y a sus metabolitos, se realizaron diversos estudios para conocer los niveles de exposición perinatal en comunidades endémicas de paludismo de México, a través de la sangre del cordón umbilical, la sangre periférica de la madre y la leche materna. Es importante mencionar que este trabajo fue el primer reporte sobre DDE-MESO<sub>2</sub> en poblaciones altamente expuestas.<sup>32, 33</sup>

Para el primer estudio se colectaron 40 muestras de sangre venosa de mujeres que viven en las comunidades de El Ramonal, Quintana Roo (de 20 a 48 años de edad, n=10); Ventanilla, Oaxaca (de 17 a 33 años de edad, n=12); Lacanjá, Chiapas (de 15 a 50 años de edad, n=9); y La Cigüeña, Chiapas (de 17 a 38 años de edad, n=9). El número de partos de las madres participantes fue de 0 a 12.

Las muestras de leche fueron colectadas de 50 madres que se encontraban en el segundo o tercer trimestre de la lactancia, residentes de las comunidades de El Ramonal, Quintana Roo (de 23 a 29 años de edad, n=7); La Cigüeña, Chiapas (de 17 a 34 años de edad, n=11); Faja de Oro, Chiapas (de 16 a 36 años de edad, n=12); Tapachula, Chiapas (de 17 a 35 años de edad, n=11); y de la Huasteca potosina (Huasteca1, de 18 a 36 años de edad, n=10). Las muestras de leche se colectaron de mujeres distintas a las que donaron sangre, y el número de partos de las participantes fue de entre 1 y 6.

Para el segundo estudio se obtuvieron muestras de sangre venosa y leche de la madre, y sangre de cordón umbilical. Se colectaron 32 muestras de mujeres



residentes de los municipios de Tampamolón de Corona y de Axtla de Terrazas, ambas comunidades pertenecientes a la zona huasteca del estado de San Luis Potosí (Huasteca2).

La muestra de sangre venosa de la madre se tomó durante el trabajo de parto, e inmediatamente después del nacimiento del neonato se colectó la muestra de la sangre del cordón umbilical, seleccionando la vena más próxima a la placenta. Ambas muestras se centrifugaron para obtener el plasma, que se conservó en congelación hasta su análisis. La muestra de leche se obtuvo durante el primer trimestre de la lactancia y siempre después de que la madre había amamantado a su hijo. Tanto a estas mujeres de la Huasteca potosina como a las del primer estudio se les consideró una población de alta exposición; el 85 % son indígenas mexicanas y tenían al menos un tiempo de residencia de 5 años previos al estudio en sus respectivas comunidades.

Paralelamente se colectaron 20 muestras de sangre venosa, 20 de sangre de cordón umbilical y 20 de leche materna de mujeres provenientes de zonas suburbanas de los alrededores de la ciudad de San Luis Potosí (consideradas una población de baja exposición) y que llegaban al Hospital Central "Dr. Ignacio Morones Prieto" para ser atendidas de parto. Todas estas mujeres estuvieron expuestas al DDT en su infancia debido a que vivieron en zonas agrícolas donde se aplicó el insecticida, o bien, expuestas en la lactancia a través de sus madres, que vivieron en zonas endémicas de paludismo (información adquirida a través de la aplicación de cuestionarios y entrevistas).

Todas las mujeres involucradas en los diferentes estudios son de un nivel socioeconómico medio-bajo. El primer estudio se realizó en el año 2005, y el segundo en 2006.

La metodología utilizada para la extracción de los diferentes analitos (DDT, DDE y DDE-MeSO<sub>2</sub>) fue modificada de la desarrollada por Hovander y cols.<sup>33,34</sup> La identificación y la cuantificación de los analitos se realizó por cromatografía de gases con detector de captura de electrones, cumpliendo con todos los lineamientos de control de calidad de acuerdo con la EURACHEM.<sup>33,35</sup>

En el cuadro I se muestran los valores de DDT, DDE y DDE-MeSO<sub>2</sub> detectados en plasma de las mujeres del sureste mexicano (primer estudio, muestras colectadas en 2005), y de la Huasteca potosina (Huasteca2) y de los alrededores de la ciudad de San Luis Potosí (SLP) (segundo estudio, muestras colectadas en 2006). Con respecto a las mujeres del sureste mexicano, la comunidad de Lacanjá presentó la mayor exposición al DDT y al DDE (1323 ng/g

lípido y 3738 ng/g lípido, respectivamente), mientras que en la comunidad de Ventanilla se obtuvo la menor concentración de DDT (335 ng/g lípido), y en La Cigüeña de DDE (1059 ng/g lípido). Los valores encontrados de DDE-MeSO<sub>2</sub> en plasma, considerando solo las cuatro comunidades del sureste, fueron de 11 a 191 ng/g lípido. Las comunidades de Lacanjá y La Cigüeña fueron las de mayor exposición, con una concentración promedio de 64 y 66 ng/g lípido, respectivamente.

Con respecto a los resultados del segundo estudio, en la Huasteca se detectaron concentraciones muy superiores a las de la población de baja exposición: DDT (319 versus 130 ng/g lípido), DDE (844 versus 287 ng/g lípido) y DDE-MeSO<sub>2</sub> (101 versus 1.7 ng/g lípido), cuadro I. Al igual que en el primer estudio, el DDE-MeSO<sub>2</sub> se detectó en el 100 % de las muestras analizadas.

En el cuadro II se reportan los resultados obtenidos de la leche materna. De las muestras colectadas en 2005, la comunidad de El Ramonal presentó los niveles de mayor exposición a DDT y a DDE (911 y 3100 ng/g lípido, respectivamente), y la comunidad de menor exposición fue Faja de Oro (18 y 268 ng/g lípido, respectivamente). Como era de esperarse, en el 100 % de las muestras se detectó el DDE-MeSO<sub>2</sub> en concentraciones de 0.02 a 38 ng/g lípido. Las concentraciones más altas de dicho metabolito se encontraron en mujeres de El Ramonal (0.2-9.3 ng/g lípido).

En cuanto a las muestras colectadas en el año 2006 (Huasteca2 y SLP), las mujeres huastecas presentan niveles de los tres analitos superiores a los de las mujeres de la ciudad de San Luis Potosí: para el DDT, 126 versus 28 ng/g lípido; para el DDE, 503 versus 54 ng/g lípido; y para el DDE-MeSO<sub>2</sub>, 7 versus 0.1 ng/g lípido. Al igual que para las otras matrices, el DDE-MeSO<sub>2</sub> se detectó en todas las muestras analizadas. De los dos muestreos, las mujeres de la Huasteca2 presentan los niveles más altos de DDE-MeSO<sub>2</sub> (0.15 a 176 ng/g lípido).

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), la ingesta diaria aceptable (ADI, siglas en inglés) de DDT y DDE en leche materna es de 20 mg/kg/día.<sup>36</sup> Se calculó la ADI para cada comunidad, asumiendo que el infante pesaba 5 kg e ingería 0.8 L de leche materna. Los resultados para la ADI fueron los siguientes: en El Ramonal, 141 mg/kg/día; en La Cigüeña, 55 mg/kg/día; en Tapachula, 51 mg/kg/día; en la Huasteca1, 40 mg/kg/día; en la Huasteca2, 31 µg/kg/día; en Faja de Oro, 19 mg/kg/día; y en la ciudad de San Luis Potosí, 2 µg/kg/día.

Los niveles de exposición al DDT y sus metabolitos en plasma de cordón umbilical se muestran en el cuadro III (muestras colectadas en 2006, estudio 2). De acuerdo con estos resultados, los hijos de las mujeres huastecas conforman la población de mayor exposición en comparación con los hijos de las madres de la zona de baja exposición (SLP). Las concentraciones promedio obtenidas de las mujeres de la Huasteca2 fueron las siguientes: para el DDT, 255 ng/g lípido; para el DDE, 675 ng/g lípido; para el DDE-MeSO<sub>2</sub> se cuantificaron niveles desde 1.2 hasta 461 ng/g lípido.

Se encontró una asociación estadísticamente significativa entre las concentraciones en el plasma materno y en el plasma de cordón umbilical de ambas poblaciones. En la población de alta exposición fueron 0.93 para DDT, 0.88 para DDE y 0.92 para DDE-MeSO<sub>2</sub>, mientras que en la población de baja exposición fueron 0.93 para DDT, 0.92 para DDE y 0.93 para DDE-MeSO<sub>2</sub>.

Las concentraciones de DDT y DDE en el plasma materno y en el cordón umbilical de las mujeres de la Huasteca2 fueron menores tanto mayor fue el número de partos; este comportamiento no se observó con el DDE-MeSO<sub>2</sub>.

Tanto para la población de alta exposición (Huasteca2) como para la de baja exposición (SLP), se observó una asociación estadísticamente significativa de las concentraciones de DDT entre leche materna y plasma materno ( $r=0.49$  y  $0.50$ , respectivamente), y entre leche materna y plasma de cordón umbilical ( $r=0.38$  y  $0.39$ , respectivamente); para el DDE se observó una asociación estadísticamente significativa entre leche y plasma de la madre ( $r=0.50$  y  $0.49$ , respectivamente), y entre leche materna y plasma de cordón umbilical ( $r=0.42$  y  $0.39$ , respectivamente).

## DISCUSIÓN

Las concentraciones de DDT y DDE en plasma de las mujeres del sureste mexicano fueron superiores a las detectadas en las madres de la Huasteca. Estas diferencias podrían deberse a que las cantidades de DDT rociadas en la zona huasteca fueron menores a las aplicadas en el sureste mexicano, ya que esta zona tuvo menor incidencia de paludismo.<sup>25</sup> Los niveles plasmáticos de DDT (335-1323 ng/g lípido) y DDE (1059-3738 ng/g lípido) de las mujeres del sureste mexicano concuerdan con los datos reportados en 2002 por Waliszewski y colaboradores,<sup>37</sup> de madres residentes de Veracruz (1200 ng de DDT/g

lípido y 1050 ng de DDE/g lípido), y con los reportados por Yáñez y colaboradores,<sup>25</sup> de mujeres provenientes de Chiapas y Oaxaca (1118 ng de DDT/g lípido y 2500 ng de DDE/g lípido). Las concentraciones plasmáticas de DDT y DDE de las mujeres de la Huasteca son también similares a las reportadas dos años después por nuestro grupo de investigación, de mujeres de una comunidad agrícola próxima a la Huasteca (236 ng/g lípido y 840 ng/g lípido, respectivamente).<sup>38</sup> Estos hallazgos reflejan que en estas comunidades aún existe una exposición al DDT residual. Con respecto al DDE-MeSO<sub>2</sub>, los valores detectados en la comunidad de Lacanjá (64 ng/g lípido) y La Cigüeña (66 ng/g lípido) son 9 veces mayores a los reportados en 2004 por Hovander y colaboradores (7.3 ng/g lípido),<sup>39</sup> estudio realizado en residentes de Eslovaquia. En biopsias humanas de hígado y de tejido adiposo se detectaron concentraciones de 1.15 ng/g lípido y 4.69 ng/g lípido, respectivamente, lo que implica que en nuestro estudio los niveles son de 15 a 60 veces mayores.<sup>40</sup> Esto es de gran relevancia toxicológica, ya que los reportes en la literatura han demostrado daño adrenal (necrosis de la zona fasciculada) en focas y osos polares, en concentraciones sanguíneas de 0.7 a 100 ng/g lípido.<sup>41</sup> Por lo anterior, los valores obtenidos en plasma en nuestra población (11-158 ng/g lípido) podrían representar un riesgo importante para la salud, no obstante que algunos autores sugieren que la toxicocinética de este metabolito podría ser diferente en los humanos.<sup>40</sup>

Los resultados de DDT y DDE obtenidos en nuestro estudio de leche materna muestran que los valores de la comunidad de El Ramonal (911 ng/g lípido y 3100 ng/g lípido; respectivamente), que fueron inclusive los más elevados en nuestro estudio, son similares a los reportados en 2002 por Waliszewski y colaboradores,<sup>37</sup> estudio realizado en diferentes regiones de México (510 ng de DDT/g lípido y 3230 ng de DDE/g lípido). Las concentraciones de los DDT's (DDT+DDE) encontradas en leche materna de mujeres de la Huasteca fueron hasta 7 veces mayores a las determinadas en la zona de baja exposición (SLP), pero 8 veces menores con respecto a los niveles de las mujeres de El Ramonal. Prácticamente no hay diferencias entre los dos periodos de muestreo de la Huasteca, lo que corrobora la persistencia y la exposición crónica a los DDT's residuales.<sup>42</sup> El DDT y el DDE exceden de 1.4 a 20 veces la ADI recomendada por la OMS (20 µg/kg/día). Particularmente, en la comunidad de El Ramonal el 100 % de los infantes están expuestos a dosis mayores de 20 µg/kg/día, lo que implica que para los neonatos puede ser un riesgo potencial para la salud. La comunidad de mayor exposición a DDE-MeSO<sub>2</sub> fue la Huasteca2 (7 ng/g

lípidos, segundo periodo de muestreo). Son escasos los reportes en la literatura para comparar nuestros resultados. En un estudio realizado en 1992 en mujeres suecas, se detectaron concentraciones 18 veces menores que las de nuestra población de estudio (0.4 ng/g lípidos)<sup>2</sup>, mientras que en un reporte más reciente solo se detectaron trazas de este metabolito en muestras de tejido adiposo de mujeres de la República Checa<sup>43</sup>. Es de llamar la atención que la relación DDE/DDE-MeSO<sub>2</sub> es menor en las mujeres de la Huasteca, lo que significa que no necesariamente las concentraciones altas de DDE formarán, por el ciclo enterohepático, mayores niveles de DDE-MeSO<sub>2</sub>. López D. reporta que entre el 50 y el 59 % del DDE-MeSO<sub>2</sub> formado proviene del DDT o del DDE o de ambos.<sup>33</sup> Es aún muy discutida la cinética de la formación de este metabolito.

En el estudio realizado en sangre de cordón umbilical encontramos que nuestros resultados de DDT (0.3–1422 ng/g lípidos) y DDE (75–3903 ng/g lípidos) son entre 3 y 7 veces menores a los reportados en 2000 por Waliszewski y colaboradores,<sup>44</sup> donde se incluyeron mujeres del sureste mexicano (880 ng/g lípidos y 4700 ng/g lípidos, respectivamente), y entre 2 y 3 veces menores a los detectados en 2008 por nuestro grupo de investigación en una comunidad agrícola próxima a la Huasteca (483 ng/g lípidos y 471 ng/g lípidos, respectivamente).<sup>38</sup> Lejos de que hayan disminuido, los niveles de DDT y DDE se incrementaron. Estos hallazgos son críticos porque reflejan que probablemente las mujeres estudiadas han estado expuestas a estos contaminantes desde antes de nacer y durante el periodo de lactancia, acumulando el DDT y el DDE en su tejido graso y liberándolos durante la remoción de grasa en el embarazo, lo que una vez más confirma que son las generaciones subsiguientes las que están en mayor riesgo para su salud. Aunado a lo anterior, se encontró una asociación estadísticamente significativa entre las concentraciones plasmáticas de la madre y las del cordón umbilical, tanto para el DDT como para el DDE (0.93 DDT y 0.88 DDE) en ambas poblaciones de estudio (Huasteca2 y SLP), misma asociación que reporta Waliszewski.<sup>44</sup>

Esta relación podría explicarse por el proceso de redistribución que sufren las moléculas lipofílicas, como el DDT, durante el embarazo, permitiendo una rápida difusión de estos compuestos de la madre al hijo mediante el transporte de lipoproteínas y lípidos a través de la sangre del cordón umbilical y la placenta.<sup>45</sup> Este comportamiento de difusión es crítico si consideramos que el feto tiene un metabolismo lento debido a su pobre actividad enzimática, que está

en desarrollo, y por consiguiente el riesgo para la salud fetal es evidente. Las concentraciones de DDT y DDE, tanto de plasma materno como de plasma de cordón umbilical, disminuyeron entre el 25 y el 29 % al incrementarse el número de partos ( $r^2$  DDT=0.29,  $r^2$  DDE=0.25), lo que implica que los hijos primerizos recibirán una carga mayor de estos contaminantes. El DDE-MeSO<sub>2</sub> se detectó en el 100 % de las muestras analizadas de cordón umbilical. La concentración promedio en las mujeres de la Huasteca (82 ng/g lípido) fue hasta 51 veces superior a la de la población de baja exposición (SLP, 1.6 ng/g lípido), y a la reportada por Linderholm y colaboradores (1.7 ng/g lípido)<sup>46</sup> de mujeres de Eslovaquia, muestras que fueron colectadas entre 2002 y 2004. Los niveles detectados de DDE-MeSO<sub>2</sub> fueron aproximadamente los mismos en el plasma materno y en el cordón umbilical, tanto para las madres de la Huasteca (101 y 82 ng/g lípido, respectivamente) como para las mujeres de la ciudad de San Luis Potosí (1.7 y 1.6 ng/g lípido, respectivamente); esta relación también la reporta Linderholm (1.8 y 1.7 ng/g lípido, respectivamente),<sup>46</sup> lo que confirma la alta capacidad de estos contaminantes de atravesar la barrera placentaria, hecho por demás crítico por los niveles detectados de este metabolito (82 ng/g lípido) y los daños adrenales observados en focas y osos polares a concentraciones plasmáticas de 0.7 a 100 ng/g lípido.<sup>41</sup>

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos nos demuestran que las mujeres que viven en zonas endémicas de paludismo en México están expuestas crónicamente al DDT residual y a sus metabolitos, aun cuando dicho plaguicida se dejó de utilizar en el año 2000. Su situación es aún más crítica, pues no solo están expuestas durante el lavado de la ropa contaminada de la familia o a través de la ingesta de alimento contaminado, sino que por su mayor proporción de grasa corporal retienen durante más tiempo el DDT y sus metabolitos en su organismo, lo que las convierte en una importante fuente de exposición para sus hijos durante la gestación y el periodo de lactancia, periodo que en las poblaciones estudiadas se prolonga hasta los dos años de edad del infante, con la consecuencia de que las niñas, cuando lleguen a la edad reproductiva, serán quienes transfieran estos contaminantes a la nueva generación y así subsecuentemente, por lo que es de suma importancia desarrollar un programa de reducción de riesgos.

## RECOMENDACIONES PARA FUTUROS ESTUDIOS SOBRE GÉNERO

El abordaje de la problemática aquí presentada se realizó considerando a las mujeres en edad reproductiva como una población susceptible, por su particular perfil biológico, mayor proporción de grasa corporal, reproducción y amamantamiento, sin considerar los roles sociales. Por lo que sería recomendable que en futuros estudios sobre género, se incluya una matriz para evaluar aspectos como el tiempo que pasan las mujeres en su hogar y si esto contribuye a un menor o mayor riesgo de exposición a contaminantes ambientales, por ejemplo en un estudio de nuestro grupo de investigación, detectamos que las madres que permanecían mas tiempo en casa y principalmente cocinando con leña, presentaron niveles mas elevados de dioxinas en leche que aquellas que laboraban fuera de ella.<sup>47</sup> Otro aspecto a evaluar sería por ejemplo, si las niñas son incorporadas a temprana edad a “labores de mujeres”, por ejemplo, lavado de la ropa, preparación de alimentos, llevar al campo de cultivo el almuerzo de los padres, mientras que los niños podrían desarrollar tareas directamente en los campos de cultivo, entonces este tipo de situaciones implicaría que niños y niñas estarán expuestos de forma diferente a algunos contaminantes ambientales y laborales. Este tipo de observaciones generalmente se realizan durante la etapa de campo de los estudios, pero no se han sistematizado ni evaluado las diferencias de exposición.

**Cuadro I. Concentraciones de DDT, DDE y DDE-MeSO<sub>2</sub> en plasma de mujeres que viven en zonas endémicas de paludismo (sureste mexicano y Huasteca potosina). Las concentraciones se reportan en ng/g lípido. Las muestras del sureste mexicano se colectaron en 2005, mientras que las de la Huasteca2 y las de la ciudad de San Luis Potosí en 2006. SLP, población de baja exposición.**

REGIÓN	DDT Mediana (intervalo)	DDE Mediana (intervalo)	DDE-MeSO <sub>2</sub> Mediana (intervalo)
Lacanjá n=9	1323 (551-7433)	3738 (1291-18080)	64 (13-158)
El Ramonal n=10	748 (158-3222)	1271 (204-6636)	20 (11-48)
La Cigüeña n=9	424 (322-851)	1059 (0.4-1795)	66 (19-191)
Ventanilla n=12	335 (145-1111)	1362 (195-5351)	43 (12-139)
Huasteca 2 (estudio 2) n=32	319 (0.4-1778)	844 (94-4879)	101 (1.5-564)
SLP (estudio 2) n=20	130 (0.9-632)	287 (81-884)	1.7 (0.6-6)



**Cuadro II. Concentraciones de DDT, DDE y DDE-MeSO<sub>2</sub> en leche materna de mujeres que viven en zonas endémicas de paludismo (sureste mexicano y Huasteca potosina).**

Las concentraciones se reportan en ng/g lípido. Las muestras del sureste mexicano y de la Huasteca1 se colectaron en 2005, mientras que las de la Huasteca2 y las de la ciudad de San Luis Potosí en 2006. SLP, población de baja exposición.

REGIÓN	DDT Mediana (intervalo)	DDE Mediana (intervalo)	DDE-MeSO <sub>2</sub> Mediana (intervalo)
Lacanjá n=7	911 (323-2071)	3100 (1153-15875)	2.8 (0.2-9.3)
La Cigüeña n=11	134 (5-470)	764 (120-3128)	1.2 (0.5-4.2)
Tapachula n=11	17 (0.04-950)	683 (26-3003)	0.5 (0.07-38)
Faja de Oro n=12	18 (0.04-136)	268 (40-1372)	0.4 (0.02-7.8)
Huasteca 1 (estudio 1) n=10	46 (-889)	490 (101-2735)	1.4 (0.3-3.2)
Huasteca 2 (estudio 2) n=32	126 (19-5661)	503 (37-4423)	7 (0.15-176)
SLP (estudio 2) n=20	28 (13-121)	54 (20-312)	0.1 (0.1-0.8)

**Cuadro III. Concentraciones de DDT, DDE y DDE-MeSO<sub>2</sub> en plasma de cordón umbilical de la zona huasteca y de los alrededores de la ciudad de San Luis Potosí.**

Las concentraciones se reportan en ng/g lípido. Las muestras se colectaron en el año 2006. Huasteca 2, mujeres de las comunidades de Tampamolón de Corona y Axtla de Terrazas (población de alta exposición). SLP, mujeres provenientes de los alrededores de la ciudad de San Luis Potosí (población de baja exposición).

REGIÓN	DDT Mediana (intervalo)	DDE Mediana (intervalo)	DDE-MeSO <sub>2</sub> Mediana (intervalo)
Huasteca 2 (estudio 2) n=32	255 (0.3-1422)	675 (75-3903)	82 (1.2-461)
SLP (estudio 2) n=20	125 (2-373)	285 (95-814)	1.6 (0.7-5)

## REFERENCIAS

1. Wijeyaratne P. Control of disease vectors: A current perspective. En: Forget G, Goodman T, de Villiers A, ed. *Impact of Pesticide Use on Health in Developing Countries*. Ottawa: International Development Research Centre, 1993: 263-279.
2. Noren K, Lunden A, Pettersson E, Bergman A. Methylsulfonyl metabolites of PCBs and DDE in Human Milk in Sweden 1972-1992. *Environmental Health Perspectives* 1996; 104: 766-771.
3. Weistrand C, Noren K. Methylsulfonyl Metabolites of PCBs and DDE in Human Tissues. *Environmental Health Perspectives* 1997; 105: 644-649.
4. Calow P. Bioaccumulation. En : Phillips DJH ed. *Handbook of Ecotoxicology*. Volume 1, 1993 : 378-392.
5. Albert L. A. Persistent Pesticides in Mexico. *Environmental Contamination and Toxicology* 1996; 147:1-44.
6. Wang R, Jain RB, Wolkin AF, Rubin CH, Needham LL. Serum concentration of selected persistent organic pollutants in a sample of pregnant females and changes in their concentrations during gestation. *Environmental Health Perspectives* 2009; 117:1244-1249.
7. Rogan WJ, Gladen BC, McKinney JD, Carreras N, Hardy P, Thullen J, Tinglestad J, Tully M. Neonatal effects of transplacental exposure to PCBs and DDE. *The Journal of Pediatrics* 1986; 109: 335-340.
8. Rogan WJ, Gladen BC, McKinney P. Polychlorinated biphenyls (PCBs) and dichlorodiphenyl dichloroethene (DDE) in human milk: effects of maternal factors and previous lactation. *Ambio Journal Public Health* 1986; 76:172-177.
9. Kanja L.W, Skaare JU, Ojwang SB, Maitai CK. A comparison of Organochlorine pesticide residues in maternal adipose tissue, maternal blood, cord blood, and human milk from mother/infant pairs. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 1992; 22: 21-24.
10. Czaja K, Ludwicki K, Góralczyk K, Strucinski P. Effect of age and number of deliveries on mean concentration of organochlorine compounds in human breast milk in Poland. *Bull. Environ. Contam. Toxicol* 1997; 59:407-413.
11. Haraguchi K, Kuroki H, Masuda Y. Occurrence and distribution of chlorinated aromatic methylsulfones in biological samples. *Chemosphere* 1988; 19:487-492.
12. ATSDR. Toxicological profile for 4,4'-DDT, 4,4'-DDE, and 4,4'-DD. Agency for Toxic Substances and Diseases Registry. US Public Health Service. Atlanta, GA. 2001.
13. OMS. DDT y sus derivados. *Criterios de Salud Ambiental* 9. Organización Mundial de la Salud, Ginebra. 1982.
14. Krieger N, Wolff M, Hiatt R, Rivera M, Vogelmann J y Orentreich N. Breast cancer and serum organochlorines: a prospective study among white, black, and Asian women. *J Natl Cancer Inst* 1994; 86: 589-599.
15. Wolff MS, Toniolo PG, Lee EW, Rivera MK y Dubin N. Blood levels of organochlorine residues and risks of breast cancer. *J Natl Cancer Inst* 1993; 8: 648-652.
16. Dewailly E, Ayotte P, Bruneau S, Gingras S, Belles-Isles M, Roy R. Susceptibility to infections and immune status in Inuit infants exposed to organochlorines. *Environ Health Perspect* 2000; 108: 205-211.
17. Dutta R, Mondal AM, Arora V, Nag TC, Das N. Immunomodulatory effect of DDT (bis[4-chlorophenyl]-1,1,1-trichloroethane) on complement system and macrophages. *Toxicology* 2008; 252:78-85.

18. Nagayama J, Tsuji H, Iida T, Nakagawa R, Matsueda T, Hirakawa H, Yanagawa T, Fukushima J, Watanabe T. Immunologic effects of perinatal exposure to dioxins, PCBs and organochlorine pesticides in Japanese infants. *Chemosphere* 2007; 67:S393-
19. Pérez-Maldonado I, Athanasiadou M, Yáñez L, González-Amaro R, Bergman A, Díaz-Barriga F. DDE-induced apoptosis in children exposed to the DDT metabolite. *Science of the Total Environment* 2006; 370: 343-351.
20. Yáñez L, Borja-Aburto VH, Rojas E, de la Fuente H, González-Amaro R, Gómez H, Jongitud AA, Díaz-Barriga F. DDT Induces DNA Damage in Blood Cells. *Studies in vitro and in Women Chronically Exposed to this Insecticide. Environmental Research* 2004; 94: 18 – 24.
21. Lund BO, Bergman A, Brandt I. Metabolic activation and toxicity of a DDT-metabolite, 3-methylsulphonyl-DDE, in the adrenal zona aspiculate in mice. *Chem-Biol Interact* 1998; 65: 25-40.
22. Brandt I, Jönsson C y Lund BO. Comparative studies on adrenocortolytic DDT-metabolites. *Ambio* 1992; 21: 602-605.
23. Jönsson CJ, Rodríguez-Martínez H, Lund BO, Bergman A y Brandt I. Adrenocortical toxicity of 3-methylsulphonyl-DDE in mice. II. Mitochondrial changes following ecologically relevant doses. *Fund Appl Toxicol* 1991; 16: 365-374.
24. Lund BO y Lund J. Novel involvement of a mitochondrial steroid hydroxylase (P450c11) in xenobiotic metabolism. *J Biol Chem* 1995; 270: 20895-20897.
25. Yáñez L, Ortíz D, Batres L, Borja-Aburto V, Díaz-Barriga F. Levels of Dichlorodiphenyltrichloroethane and Deltamethrin in Humans and environmental samples in Malarious Areas of México. *Environmental Research* 2002; 88: 174-181.
26. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (ATSDR). *Reseña Toxicológica del DDT/DDE/DDD (edición actualizada en inglés)*. Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE.UU. Servicio de Salud Pública 2002.
27. Diliz-Ramírez, VM, Yáñez-Estrada L, Martínez-Lucas T. Estimación de riesgo en la salud por la ingesta de alimentos contaminados con DDT's. *Verano de la Ciencia UASLP* 2007.
28. Ayllón-Trujillo MA. *Sistemas económicos familiares: solar/casa, organización y arraigo*, Universidad Autónoma de San Luis Potosí 2003.
29. Manninen A, Kangas J, Tuomainen A y Tahvonen R. Exposure to insecticides in the use of cold fog generators in greenhouses. *Toxicol Environ Chem* 1996; 57: 213-224.
30. Manaca MN, Grimalt JO, Sunyer J, Mandomando I, Gonzalez R, Sacarlal J, Dobaño C, Alonso PL, Menendez C. Concentration of DDT compounds in breast milk from African women (Manhiça, Mozambique) at the early stages of domestic indoor spraying with this insecticide *Chemosphere*. 2011. En prensa.
31. Yáñez-Estrada L. *Efecto genotóxico del DDT en comunidades indígenas con paludismo endémico (Tesis)*. San Luis potosí, México: Universidad Autónoma de San Luis potosí, 2000.
32. López-Guzmán D, Yáñez-Estrada L, Athanasiadou M, Bergman A, Herrera C, Díaz-Barriga F. Determinación de los niveles de DDT, DDE y DDE-MeSO<sub>2</sub> en leche materna y sangre de poblaciones contaminadas por DDT en México. *Acta Toxicológica Argentina* 2006; 14:34-36.
33. López-Guzmán D. *Determinación de los niveles de exposición perinatal al DDT y sus metabolitos a través de sangre y leche materna en comunidades endémicas de paludismo (Tesis)*. San Luis Potosí, México: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, 2007.
34. Hovander L, Athanasiadou M, Asplund L, Jensen S, Klasson W. Extraction and cleanup methods for analysis of phenolic and neutral organohalogenes in plasma. *Journal Analytic and Toxicology* 2000; 24: 696-703.

35. EURACHEM, Eurachem Guide. Europa Analytical Chemistry. The Fitness for Purpose of Analytical Methods. A Laboratory Guide to Method Validation and Related Topics. A focus for analytical chemistry in Europe. 1998.
36. FAO/WHO. Joint FAO/WHO meeting on pesticide residues. Pesticide residues in food 1984: Teport Paper 62. FAO Plant Production and Protection. 1985.
37. Waliszewski S, Bermúdez M, Infazón R. Niveles de DDT en Tejido Adiposo Materno, Suero Sanguíneo y Leche de Madres Residentes en Veracruz, México. *Revista Internacional de Contaminantes Ambientales* 2002; 18: 17-25.
38. Alvarado DL. Evaluación de la exposición a mezclas de plaguicidas organoclorados y daño al ADN en binomios madre-hijo de una comunidad agrícola del Estado de San Luis Potosí (Tesis). San Luis Potosí, México: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, 2008.
39. Hovander L, Linderholm L, Athanasiadou M, Athanasiadis I, Trnovec T, Kocan A., Petrik J., Bergman A. Analysis of PCB and PCB metabolites in Humans from Eastern Slovakia. *Organohalogen Compounds* 2004; 66: 3525-3551.
40. Chu S, Covace A, Jacobs W, Haraguchi K, Schepens P. Distribution of methyl sulfone metabolites of polychlorinated biphenyls and p,p'-DDE in human tissues. *Environmental Health Perspective* 2003; 111: 1222-1227.
41. Letcher RJ. The Ecological and Analytical Chemistry of Chlorinated Hydrocarbon Contaminants and Methyl Sulfonyl-Containing metabolites of PCBs and 4,4-DDE in the polar Bear (Tesis). Stockholm: Stockholm University, 1996.
42. Glynn A, Aune M, Darnerud PO, Cnattingius S, Bjerselius R, Becker W, Lignell S. Determinations of serum concentrations of organochlorine compounds in Swedish pregnant women: a cross-sectional study. *Environmental Health* 2007; 6:1-14.
43. Karásek L, Hajslová J, Rosmus J, Hühnerfuss H. Methylsulfonyl PCB and DDE metabolites and their enantioselective gas chromatographic separation in human adipose tissues, seal blubber and pelican muscle. *Chemosphere* 2007; (9):67-75.
44. Waliszewski S, Aguirre A, Infanzón F, Siliceo J. Carry-over of persistent organochlorine pesticides through placenta to fetus. *Salud Pública de México*. 2000; 42: 384-390.
45. Russell R, Gobas F, Haffner G. Maternal transfer and in ovo exposure of organochlorines in oviparous organism: A model and field verification. *Environ Sci Technology* 1999; 33: 416-420.
46. Linderholm L, Park JS, Kocan A, Trnovec T, Athanasiadou M, Bergman A, Hertz-Picciotto I. Maternal and cord serum exposure to PCB and DDE methyl sulfone metabolites in eastern Slovakia. 2007; 69 (3): 403-410.
47. Costilla-Salazar R. Determinación de dioxinas en leche materna de mujeres expuestas a humo procedente de la quema de leña (Tesis). San Luis Potosí, México: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, 2005.

# NIVELES DE PLAGUICIDAS ORGANOCORADOS EN MADRE E HIJO

Stefan M. Waliszewski, Margarita Herrero-Mercado, Mario Caba,  
Leonor Cedillo, Enrique Meza, Rossana Zepeda,  
Felix Hernández-Chalate, Raúl Infanzón

## RESUMEN

Los plaguicidas organoclorados, como el DDT y el HCH, fueron utilizados en México hasta el año 2000 para erradicar enfermedades transmitidas por vectores y combatir plagas agrícolas. Su lenta degradación y su carácter lipofílico favorecen su acumulación en el tejido adiposo y su paso a través de la barrera placentaria al feto en desarrollo. Para establecer los gradientes se determinaron los niveles de HCB,  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -HCH,  $pp'$ DDT,  $op'$ DDT y  $pp'$ DDE acumulados en tejido adiposo y suero materno, y en suero del cordón umbilical de recién nacidos por cesárea. Se tomaron muestras de 70 participantes durante las cesáreas practicadas en los Servicios de Salud en la ciudad de Veracruz. La determinación de los plaguicidas organoclorados se realizó por cromatografía de gases con captura de electrones. En las muestras analizadas solo se detectó la presencia de plaguicidas organoclorados cuyos niveles medios, expresados en base lipídica ( $\text{mgkg}^{-1}$ ) en tejido adiposo materno y suero materno, y en suero del cordón umbilical, fueron los siguientes:  $\beta$ -HCH 0.027, 4.2, 28.0;  $pp'$ DDE 0.770, 5.8, 6.9;  $pp'$ DDT 0.101, 2.2, 5.9 y  $\Sigma$ -DDT 0.880, 6.4, 7.2. La paridad (entendida aquí como el número de partos) y el índice de masa corporal (IMC) no mostraron ser factores importantes de acumulación de plaguicidas organoclorados en tejido adiposo materno. Al comparar las concentraciones en binomio, los niveles menores correspondieron al tejido adiposo materno, y luego se incrementaron significativamente en el suero materno y todavía más en el suero del cordón umbilical. Los resultados obtenidos muestran el paso constante

de estos plaguicidas por la barrera placentaria y su acumulación específica en el feto en desarrollo. Dichos resultados apoyan la puesta en marcha de políticas sensibles al género que consideren las exposiciones tóxicas acumuladas a lo largo de la vida de las mujeres por el tipo de actividad que desarrollen, con el fin de garantizar niveles inferiores más estrictos de exposición a tóxicos lipofílicos antes de y durante su vida reproductiva, para proteger a la siguiente generación de los efectos de estas sustancias en su desarrollo.

Palabras clave: plaguicidas organoclorados, binomio madre-hijo

## INTRODUCCIÓN

Los plaguicidas organoclorados, tales como el DDT (p,p'-diclorodifeniltricloroetano) y el HCH (hexaclorociclohexano), han sido utilizados durante más de medio siglo, lapso en el que proporcionaron grandes beneficios para los humanos al combatir los vectores que transmiten enfermedades, y para la agricultura en la protección de cultivos. El uso del DDT desde 1956 permitió en años posteriores la erradicación de la malaria, enfermedad que costó miles de vidas en zonas tropicales de México. Para 1997 el DDT, debido a sus características de persistencia y bioacumulación, había sido prohibido en algunos países, entre los que estaban Estados Unidos y Canadá, mientras que en México su uso estaba restringido para actividades sanitarias conducidas por la Secretaría de Salud. En estas condiciones, los países signatarios del Tratado de Libre Comercio de América del Norte, así como de su acuerdo paralelo de cooperación ambiental, deciden incorporar el DDT en el primer Plan de Acción Regional bajo el programa Manejo Adecuado de Sustancias Químicas (MASQ) de la Comisión de Cooperación Ambiental de América del Norte (CCAAN), para el que se establece el objetivo de reducir en un 80 % su uso en México para el año 2002, utilizando otros métodos alternativos para el control del vectores. Esta meta se cumplió según el reporte del Plan de Acción de noviembre de 2005, y se inició un programa de apoyo a los países de la región de Centroamérica para disminuir y eliminar el DDT<sup>1</sup>. La Secretaría de Salud de México publicó un documento sobre métodos alternativos para el control del vector del dengue<sup>2</sup>; sin embargo, se sigue contando con existencias de DDT en el país para usarlo en emergencias.

A consecuencia del uso durante décadas y de su resistencia a la degradación biológica, se incrementaron los residuos de DDT en el ambiente. Estos compuestos,

que se caracterizan por una baja y mediana volatilidad, después de su depósito en la superficie del suelo se volatilizan y distribuyen uniformemente en el ambiente<sup>3,4</sup>. Los estudios de monitoreo indican la permanencia medioambiental de residuos de plaguicidas organoclorados. Este hecho condujo a los gobiernos de varios países a tomar la decisión de prohibir el uso del DDT y restringir los niveles máximos de sus residuos en los alimentos. Desafortunadamente, debido a la reaparición de nuevos brotes de malaria y a la ineficiencia de las aplicaciones de piretroides en el combate sanitario, la Organización Mundial de la Salud (OMS) a partir del año 2005 volvió a recomendar el uso del DDT como insecticida de selección para el combate de vectores en aéreas tropicales, especialmente en África.

Los seres humanos como parte del ambiente también se exponen a los compuestos químicos presentes en el aire, el agua, los alimentos, etc. La exposición a los plaguicidas organoclorados es la consecuencia de su persistencia en suelos, aire, plantas y alimentos. En el área urbana, debido a su acumulación en suelos superficiales, los plaguicidas se volatilizan de los depósitos y exponen a los habitantes a sus vapores<sup>3,4</sup>. Otra fuente de contaminación por residuos de plaguicidas organoclorados son los alimentos, principalmente de origen animal, en cuyos tejidos se acumularon o se metabolizaron. La exposición humana está influida por las actividades que mujeres y hombres realizan, y por el tiempo de permanencia en microambientes exteriores e interiores en donde se lleva a cabo el contacto o la exposición a los residuos del DDT, así como por la ingesta de alimentos contaminados; esta puede incluir diferencias importantes por género, edad y nivel socioeconómico en los regímenes de alimentación y el tipo de productos que se consumen. Finalmente, las diferencias biológicas y de género, como el contenido de tejido graso o la intensidad de la actividad física, influyen en la acumulación del DDT y otros contaminantes lipofílicos en el cuerpo<sup>5</sup>, y en la capacidad para eliminar y metabolizar los residuos acumulados y la excreción durante el amamantamiento. Los tejidos ricos en grasas acumulan los contaminantes lipofílicos del ambiente a través de interacciones fisiológicas de los componentes celulares, por lo que funcionan como biomarcadores de la exposición humana. Por esta razón, la determinación de los niveles de contaminantes persistentes en tejidos humanos como el tejido adiposo o el suero sanguíneo puede reflejar la magnitud de una contaminación ambiental local<sup>6</sup>. Por ello, el monitoreo del tejido adiposo humano como receptor de contaminantes ambientales lipofílicos indica el grado de acumulación en el cuerpo<sup>7</sup>



y puede reflejar la magnitud de la contaminación ambiental. La acumulación de compuestos lipofílicos en el tejido adiposo permite entender su especificidad biológica en el comportamiento de los plaguicidas organoclorados en el ambiente tropical<sup>6,8</sup>.

Existen pocos trabajos científicos que evalúen el grado de exposición y contaminación de mujeres embarazadas habitantes de áreas donde los plaguicidas organoclorados fueron utilizados exclusivamente con fines sanitarios en el combate de la malaria y en el control de ectoparásitos, y cuyos residuos son la fuente principal de exposición humana.

Durante el embarazo, el comportamiento de las sustancias químicas se ve afectado por cambios fisiológicos tales como el incremento en la perfusión renal, el aumento en el volumen de distribución y el incremento en lípidos séricos. En esta etapa, los niveles de plaguicidas organoclorados en el suero materno y en el suero del cordón umbilical llaman especialmente la atención debido a los estudios sobre toxicidad reproductiva que muestran mayor vulnerabilidad de la madre y del feto a esta clase de contaminantes. El feto en desarrollo está expuesto a los plaguicidas organoclorados y a sus metabolitos debido a su paso a través de la placenta<sup>10</sup>. El depósito acumulado de estas sustancias pasa a la sangre materna, atraviesa la barrera placentaria y llega a la sangre del cordón umbilical. Esta exposición es crítica en las etapas tempranas del desarrollo fetal<sup>11</sup>. Llama especialmente la atención el potencial de los posibles efectos adversos en el feto, debido a su sensibilidad mayor a los tóxicos ambientales, comparada con la de los adultos. La habilidad para medir la exposición fetal a los contaminantes ambientales que entran vía trasplacentaria es crucial para obtener una visión completa de la exposición en las primeras etapas de la vida<sup>12</sup>. Por ello, es necesario conocer los niveles biológicos de estos contaminantes en tejidos humanos, especialmente durante el embarazo, evaluar los riesgos e identificar los grupos vulnerables asociados con la exposición humana<sup>13</sup>.

El objetivo del estudio fue determinar los niveles de plaguicidas organoclorados en tejido adiposo de mujeres embarazadas del estado de Veracruz expuestas a los residuos de plaguicidas organoclorados a consecuencia de las pasadas aplicaciones sanitarias en el combate a la malaria y procedentes del consumo de alimentos contaminados, y compararlos con un grupo control. Parte del objetivo también fue comparar los niveles de plaguicidas organoclorados en tejido adiposo materno, suero sanguíneo materno y suero del cordón umbilical tomados durante las cesáreas, y calcular el coeficiente de partición entre los compartimientos estudiados.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Setenta mujeres admitidas para cesárea fueron seleccionadas para participar voluntariamente en el estudio. Se pidió su consentimiento por escrito para donar muestras de aproximadamente 5 g de tejido adiposo abdominal, 5 ml de sangre y el contenido de sangre del cordón umbilical, para determinar la presencia de residuos de plaguicidas organoclorados. La edad media de las donadoras fue de 27 años, y su procedencia el estado de Veracruz<sup>14,15</sup>. Las muestras de sangre se tomaron antes de la cesárea y las del cordón umbilical después de su corte; las muestras del tejido adiposo se tomaron de la pared abdominal después de la cesárea y antes de la suturación; y las muestras de sangre se centrifugaron para separar las células del suero. Todas las muestras se guardaron en frascos de vidrio y se congelaron a  $-25^{\circ}$  hasta su análisis, y fueron marcadas con el número de la paciente, su origen, edad, número de partos, índice de masa corporal y sexo del producto.

El análisis de residuos de plaguicidas organoclorados en tejido adiposo humano se realizó por cromatografía de gases con detector de captura de electrones, de acuerdo con el método descrito previamente<sup>16</sup>. Las muestras se analizaron para detectar la presencia de HCB,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ -HCH, *pp'*DDT, *op'*DDT y *pp'*DDE. El límite mínimo de detección fue 0.001 mg/kg para HCB, 0.002 mg/kg para los isómeros  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ -HCH y *pp'*DDE, y 0.003 mg/kg para *pp'*DDT y *op'*DDT. La calidad analítica del método se verificó realizando un estudio de fortificación de muestras de grasa bovina libre de plaguicidas organoclorados en 10 repeticiones a nivel de 0.01–0.03 mg/kg, obteniendo valores de recuperación de entre 86 % y 94 % con la desviación estándar y el porcentaje de varianza menor de 10, lo que indica una excelente reproducibilidad del método analítico.

Los cálculos estadísticos se realizaron aplicando el software Minitab versión 12 y SPSS versión 17. Las concentraciones de plaguicidas organoclorados (mg/kg en base lipídica) se expresaron en frecuencias de su determinación, medias aritméticas y medianas. Las concentraciones se calcularon dependiendo de la significancia de los factores categóricos sobre niveles de plaguicidas y considerando la variabilidad entre las muestras, pareándolas para identificar las diferencias entre medias aritméticas al aplicar la prueba *t* de Student, y las diferencias entre las medianas aplicando la prueba Mann-Whitney con  $\alpha=0.05$ . Los resultados de las concentraciones obtenidas entre tejido adiposo, suero materno y suero del

cordón umbilical se ocuparon para determinar la significancia de los factores categóricos sobre los niveles de plaguicidas y para calcular la variabilidad entre las muestras. Además, se calcularon los factores de partición entre compartimientos del tejido adiposo materno, del suero materno y del suero del cordón umbilical.

## RESULTADOS

La media de edad de las participantes del grupo control fue de 38 años (rango de 20 a 65) y de las mujeres embarazadas de 26 años (rango de 16 a 40). Comparando ambos grupos se observó una diferencia significativa ( $p=0.003$ ) en la media aritmética de la edad. La mediana de edad fue de 38 años para el grupo control y 26 años para las mujeres embarazadas, también con una diferencia significativa ( $p=0.002$ ) entre ambos grupos.

Durante el estudio únicamente se detectó la presencia de  $\beta$ -HCH,  $pp'$ DDE,  $op'$ DDT y  $pp'$ DDT; por ello, solo se presentan y discuten los valores de estos plaguicidas.

El cuadro 1 resume las frecuencias y los rangos de concentraciones de plaguicidas organoclorados detectados en 34 muestras de tejido adiposo del grupo control y 70 muestras procedentes de las mujeres embarazadas. Los plaguicidas  $pp'$ DDE y  $pp'$ DDT se encontraron en el 100 % de las muestras analizadas, mientras que el  $\beta$ -HCH se determinó en un 85 % y un 91 %, y el  $op'$ DDT en un 70 % y un 84 % de las muestras. Los niveles menores de concentraciones correspondieron al isómero  $\beta$ -HCH y al isómero  $op'$ DDT del insecticida  $pp'$ DDT.

**CUADRO 1. FRECUENCIAS Y RANGOS DE NIVELES (MG/KG EN BASE LIPÍDICA) DE PLAGUICIDAS ORGANOCORORADOS EN EL GRUPO CONTROL Y EN MUJERES EMBARAZADAS.**

Plaguicida	Grupo control (n=34)		Mujeres embarazadas (n=70)	
	Frecuencias %	Rangos	Frecuencias %	Rangos
$\beta$ -HCH	85	0.002–0.362	91	0.002–0.152
$pp'$ DDE	100	0.012–6.070	100	0.034–5.218
$op'$ DDT	70	0.002–0.036	84	0.003–0.033
$pp'$ DDT	100	0.005–0.675	100	0.006–1.695

**CUADRO 2. COMPARACIÓN DE CONCENTRACIONES MEDIAS Y MEDIANAS (MG/KG EN BASE LIPÍDICA) DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS EN EL TEJIDO ADIPOSO DE MUJERES PROCEDENTES DEL ESTADO DE VERACRUZ**

Plaguicida	Media aritmética		Mediana		Diferencias	
	Grupo control	Mujeres embarazadas	Grupo control	Mujeres embarazadas	Valor <i>p</i> para medias	Valor <i>p</i> para medianas
$\beta$ -HCH	0.064	0.027	0.026	0.015	0.03*	0.03*
<i>pp</i> 'DDE	1.187	0.745	0.695	0.421	0.05*	0.03*
<i>op</i> 'DDT	0.016	0.011	0.016	0.010	0.18	0.12
<i>pp</i> 'DDT	0.117	0.099	0.067	0.042	0.05*	0.04*
$\Sigma$ -DDT	1.337	0.854	0.873	0.474	0.05*	0.05*

\*Diferencias significativas entre medias y medianas con  $p < 0.05$

La evaluación de las concentraciones medias y medianas de plaguicidas organoclorados se presenta en el cuadro 2, que revela niveles mayores en el grupo control, comparados con los de las mujeres embarazadas. Esta observación concuerda con las diferencias previas observadas entre las edades de ambas poblaciones y con la posibilidad de que este factor influya sobre los niveles de plaguicidas organoclorados acumulados en el tejido adiposo. El grupo control era de mayor edad, lo que permitió la acumulación por tiempo prolongado de los compuestos organoclorados en el tejido adiposo. Para distinguir estadísticamente las concentraciones entre el grupo control y las mujeres embarazadas, se parearon ambos grupos y se calcularon las diferencias entre las medias aritméticas y las medianas. Para el isómero  $\beta$ -HCH las diferencias entre medias y medianas fueron significativas ( $p < 0.05$ ), lo que indica una mayor exposición y acumulación del isómero persistente  $\beta$ -HCH en el grupo control, hecho que se relaciona con el consumo de alimentos de origen animal, como son la carne y la leche, contaminadas por este compuesto. El isómero *op*'DDT del insecticida DDT mostró concentraciones menores en el tejido adiposo de las mujeres embarazadas, pero los niveles no fueron estadísticamente diferentes entre ambos grupos. Las diferencias estadísticamente significativas de las concentraciones en sus niveles medios y medianos entre el grupo control y las mujeres embarazadas se observaron en los plaguicidas *pp*'DDT y *pp*'DDE. En general, las concentraciones medias en el grupo control fueron superiores, comparadas

con las del grupo de mujeres embarazadas. Analizando los datos resumidos del cuadro 2, los niveles mayores corresponden a las medias aritméticas comparadas con las medianas, confirmando así la presencia de casos con exposición extrema de mujeres habitantes del estado de Veracruz.

**CUADRO 3. NIVELES (MG/KG EN BASE LIPÍDICA) DE PLAGUICIDAS ORGANOCORADOS EN MUJERES EMBARAZADAS, DE ACUERDO CON LA EDAD**

Plaguicida	Menores de 20 años (n=16)		20-30 años (n=36)		Mayores de 30 años (n=18)	
	Media	Mediana	Media	Mediana	Media	Mediana
$\beta$ -HCH	0.023	0.014	0.026	0.012	0.034	0.023
<i>pp</i> 'DDE	0.532	0.249*	0.722	0.348*	0.988	0.720*
<i>op</i> 'DDT	0.011	0.008	0.010	0.010	0.014	0.014
<i>pp</i> 'DDT	0.136	0.036	0.097	0.040	0.074	0.057
$\Sigma$ -DDT	0.678	0.296*	0.827	0.402*	1.075	0.762*

\* Diferencias significativas con  $p < 0.05$

Para evaluar el grado de exposición en el tiempo entre las participantes, el grupo de mujeres embarazadas se dividió en tres subgrupos de acuerdo con la edad: menores de 20 años, 20 a 30 años y mayores de 30 años (tabla 3). Para identificar las diferencias posibles entre las concentraciones medias y medianas, se compararon los grupos aplicando las pruebas estadísticas. La prueba *t* de Student no reveló diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ) entre las concentraciones medias de plaguicidas organoclorados entre los tres subgrupos, mientras que las medianas indicaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) de concentraciones de *pp*'DDE entre los grupos de menos de 20 años y más de 30 años de edad, así como entre 20-30 años y el grupo de más de 30 años. La misma tendencia se presentó comparando las concentraciones de DDT total ( $\Sigma$ -DDT), y predominaron las concentraciones de *pp*'DDE.

**CUADRO 4. NIVELES (MG/KG EN BASE LIPÍDICA) DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS EN MUJERES EMBARAZADAS DE ACUERDO CON EL NÚMERO DE PARTOS.**

Plaguicida	Uno (n=36)		Dos (n=19)		Tres y más (n=15)	
	Media	Mediana	Media	Mediana	Media	Mediana
$\beta$ -HCH	0.025	0.013	0.030	0.020	0.032	0.016
pp'DDE	0.619	0.402	1.070	0.691	0.628	0.367
op'DDT	0.010	0.010	0.014	0.012	0.010	0.007
pp'DDT	0.092	0.042	0.150	0.044	0.050	0.038
$\Sigma$ -DDT	0.720	0.456	1.231	0.738	0.686	0.406

\* Diferencias significativas con  $p < 0.05$

El grupo total de mujeres embarazadas tuvo  $1.8 \pm 1.4$  (1 a 11) partos. Para evaluar si la paridad influye en los niveles de plaguicidas organoclorados, el grupo total se dividió de acuerdo con el número de partos: uno (media de edad 23.9 años), dos (media de edad 26.8 años) y tres o más (media de edad 30.4 años) (cuadro 4). La aplicación de pruebas estadísticas de pareado muestra la falta de diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ) entre las medias aritméticas y medianas en concentraciones de plaguicidas organoclorados entre los tres grupos, así como la falta de correlación entre el número de hijos y los niveles de plaguicidas acumulados en el tejido adiposo de las mujeres embarazadas.

Para observar si el índice de masa corporal se relaciona con los niveles de plaguicidas organoclorados presentes en el tejido adiposo, se dividió el grupo en tres de acuerdo con el índice de masa corporal: menor de 29, de 29 a 34 y de 34 a 44.5. Los resultados presentes en la cuadro 5 indican el incremento de las concentraciones hacia el grupo de IMC 29-34, pero las diferencias entre las concentraciones medias no son estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ), lo que muestra una relación negativa entre el índice de masa corporal y los niveles de plaguicidas organoclorados en el tejido adiposo de mujeres embarazadas de Veracruz.

**CUADRO 5. NIVELES (MG/KG EN BASE LIPÍDICA) DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS EN MUJERES EMBARAZADAS DIVIDIDAS DE ACUERDO CON EL ÍNDICE DE MASA CORPORAL (IMC)**

Plaguicida	Menor de 29 media = 26.3	29 a 34 media = 31.0	34 a 44.5 media = 37.8
$\beta$ -HCH	0.026	0.032	0.021
<i>pp'</i> DDE	0.621	0.846	0.716
<i>op'</i> DDT	0.012	0.010	0.011
<i>pp'</i> DDT	0.067	0.107	0.136
$\Sigma$ -DDT	0.698	0.962	0.863
Edad	28.1	24.9	25.1
Paridad	2.3	1.6	1.6

\* Diferencias significativas con  $p < 0.05$

Durante el monitoreo se determinó únicamente la presencia de  $\beta$ -HCH, *pp'*DDE, *op'*DDT y *pp'*DDT en el tejido adiposo materno, y  $\beta$ -HCH, *pp'*DDE, y *pp'*DDT en el suero materno y en el suero del cordón umbilical. Los resultados resumidos de los niveles de plaguicidas organoclorados en 70 muestras del binomio, expresados como frecuencia de determinación, valor promedio y desviación estándar ( $X \pm DE$ ) y medianas, se presentan en las tablas 6, 7, 9 y 10.

**CUADRO 6. NIVELES (MG/KG EN BASE LIPÍDICA) DE  $\beta$ -HCH EN EL BINOMIO MADRE-FETO.**

Muestra	Frecuencia	$X \pm SD$	Mediana
Tejido adiposo materno (TAM)	63/70	$0.027 \pm 0.034$	0.015
Suero sanguíneo materno (SSM)	14/70	$4.2 \pm 4.8$	2.3
Suero del cordón umbilical (SCU)	3/70	$28.0 \pm 9.3$	23.3

Los niveles menores pero con mayor frecuencia de  $\beta$ -HCH se determinaron en el tejido adiposo materno. Los niveles de este compuesto se incrementaron significativamente en el suero materno y todavía más en el suero del cordón umbilical. Los resultados obtenidos arrojan una diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ) entre las medias y medianas comparando los binomios TAM/SSM, TAM/SCU y SSM/SCU. Al calcular las medias del coeficiente de partición del  $\beta$ -HCH entre los compartimientos, se obtuvieron los siguientes

valores: 0.007 para TAM/SSM, 0.002 para TAM/SCU y 0.483 para SSM/SCU, lo que evidencia que las concentraciones del  $\beta$ -HCH se incrementaron 155 veces desde el tejido adiposo materno al suero sanguíneo materno, y 1037 veces del tejido adiposo materno al suero del cordón umbilical. Del suero materno al suero del cordón umbilical, la concentración se incrementó en promedio solo 1.2 veces. Los resultados obtenidos muestran el paso constante de este plaguicida por la barrera placentaria y su acumulación específica en el feto en desarrollo.

**CUADRO 7. NIVELES (MG/KG EN BASE LIPÍDICA) DE PP'DDE EN EL BINOMIO MADRE-FETO.**

Muestra	Frecuencia	X $\pm$ SD	Mediana
Tejido adiposo materno (TAM)	70/70	0.770 $\pm$ 0.927	0.433
Suero sanguíneo materno (SSM)	70/70	5.8 $\pm$ 13.5	2.4
Suero del cordón umbilical (SCU)	70/70	6.9 $\pm$ 13.7	3.1

En el cuadro 7 se muestran los resultados del análisis del *pp'*DDE en tres compartimientos. Se ve que los valores promedios y medianos se incrementan desde el tejido adiposo materno al suero materno y al suero del cordón umbilical. Al aplicar las pruebas estadísticas, los resultados indican que los valores promedios y medianos fueron estadísticamente diferentes ( $p < 0.05$ ) entre las muestras TAM/SSM y TAM/SCU, y no significativos ( $p > 0.05$ ) entre SSM/SCU. Estos valores indican la existencia de un equilibrio en las concentraciones en lípidos séricos de *pp'*DDE entre madre e hijo. Los promedios del coeficiente de partición son los siguientes: 0.198 para TAM/SSM, 0.165 para TAM/SCU y 0.974 para SSM/SCU. Las concentraciones de *pp'*DDE se incrementaron 7.5 veces desde el tejido adiposo materno al suero materno, 8.9 veces del tejido adiposo materno al suero del cordón umbilical, y solo 1.2 veces del suero materno al suero del cordón umbilical. Para observar la distribución de los niveles de *pp'*DDE se aplicó la prueba de regresión lineal, y se reveló la falta de correlación entre los compartimientos TAM/SSM ( $r^2 = 63.9\%$ ) y TAM/SCU ( $r^2 = 74.7\%$ ), y una buena correlación entre lípidos séricos maternos y del cordón umbilical SSM/SCU ( $r^2 = 93.2\%$ ).



**CUADRO 8. NIVELES ( $\mu\text{g/L}$  EN BASE DE VOLUMEN) DE PP'DDE EN EL BINOMIO MADRE-FETO.**

Muestra	X $\pm$ SD	Mediana
Suero sanguíneo materno (SSM)	3.7 $\pm$ 5.8	2.0
Suero del cordón umbilical (SCU)	1.3 $\pm$ 1.9	0.7

En el cuadro 8 se presenta la comparación de las concentraciones de pp'DDE expresadas en base de volumen como  $\mu\text{g/L}$  del suero sanguíneo. Al compararlas entre la madre y el feto, los niveles disminuyen desde la madre al feto. Esto manifiesta un comportamiento diferente de las concentraciones respecto al que se presenta en base lipídica. Los resultados están en concordancia con los reportados por Mustafa et al.<sup>17</sup>, calculados para otros plaguicidas organoclorados. Calculando el coeficiente de partición para la relación madre-feto,  $\text{SSM/SCU} = 3.3$ , se explica el decremento de 3.3 veces en las concentraciones de pp'DDE desde el suero materno al suero del feto. Esta tendencia también concuerda con los estudios previos de Barraza-Vázquez et al.<sup>18</sup> y Pathak et al.<sup>13</sup> Para evaluar si existen diferencias entre las concentraciones promedio y medianas entre ambos grupos, se aplicó la prueba *t* de Student y la prueba Mann-Whitney, y se obtuvieron valores de  $p < 0.05$ , que indican una diferencia estadísticamente significativa entre ambos compartimientos.

Las diferencias observadas en el comportamiento de los niveles de los plaguicidas organoclorados en el suero sanguíneo materno y del feto se originan por el diferente contenido de lípidos determinados en muestras de suero materno y suero de feto. Los valores revelan en promedio 795 mg/L de lípidos en suero materno y 231 mg/L en el suero del cordón umbilical. El valor promedio calculado del coeficiente de partición de lípidos fue de 4.1, que se asemeja al 3.3 del coeficiente de partición para el pp'DDE entre los niveles encontrados en el suero materno y el cordón umbilical.

**CUADRO 9. NIVELES (MG/KG EN BASE LIPÍDICA) DE PP'DDT EN EL BINOMIO MADRE-FETO.**

Muestra	Frecuencia %	X $\pm$ SD	Mediana
Tejido adiposo materno (TAM)	70/70	0.101 $\pm$ 0.256	0.042
Suero sanguíneo materno (SSM)	17/70	2.2 $\pm$ 2.5	1.1
Suero del cordón umbilical (SCU)	3/70	5.9 $\pm$ 5.2	7.4

El cuadro 9 presenta los niveles de *pp'*DDT obtenidos de las muestras analizadas en tres compartimientos. Al igual que otros plaguicidas organoclorados, el *pp'*DDT presenta un incremento en sus niveles desde el tejido adiposo materno al suero materno y al suero del cordón umbilical. Los niveles de *pp'*DDT se incrementaron de TAM a SSM 21.8 veces, de TAM a SCU 58.4 veces y de SSM a SCU solo 2.7 veces. Para comparar los resultados de tres grupos de muestras se aplicó la prueba *t* de Student y la de Mann-Whitney, cuyos resultados señalan que TAM/SSM y TAM/SCU son diferentes ( $p < 0.05$ ), y SSM/SCU no diferente ( $p > 0.05$ ). Los cálculos de las medias de los coeficientes de partición arrojan TAM/SSM = 0.164, TAM/SCU = 0.422 y SSM/SCU = 1.097. El cálculo del coeficiente de partición para el suero materno versus el suero del cordón umbilical se basó únicamente en tres muestras positivas del cordón umbilical, lo que posiblemente implique un gran sesgo.

**CUADRO 10. NIVELES (MG/KG EN BASE LÍPIDICA) DE S-DDT EN EL BINOMIO MADRE-FETO.**

Muestra	X ±SD	Mediana
Tejido adiposo materno (TAM)	0.880 ± 1.142	0.487
Suero sanguíneo materno (SSM)	6.4 ± 14.7	2.6
Suero del cordón umbilical (SCU)	7.2 ± 15.0	3.1

En el cuadro 10 se resumen los resultados de las determinaciones del DDT total (suma de los DDT) en las muestras analizadas. Los coeficientes de partición entre compartimientos muestran que TAM/SSM y TAM/SCU son estadísticamente diferentes ( $p < 0.05$ ) y SSM/SCU no diferente ( $p > 0.05$ ). Al aplicar la prueba de regresión lineal para evidenciar el grado de correlación, se obtuvo TAM/SSM ( $r^2 = 73.4\%$ ) y TAM/SCU ( $r^2 = 74.7\%$ ) como compartimientos no relacionados, y una buena correlación entre SSM/SCU ( $r^2 = 93.1\%$ ). Los valores promedio del coeficiente de partición fueron los siguientes: TAM/SSM, 0.221, TAM/SCU, 0.193 y SSM/SCU, 0.881.

## DISCUSIÓN

Durante el estudio, únicamente se detectó la presencia de  $\beta$ -HCH, *pp'*DDE, *op'*DDT y *pp'*DDT; por ello, solo se presentan y discuten los valores de estos plaguicidas.

En el tejido adiposo materno los plaguicidas *pp'*DDE y *pp'*DDT se encontraron en el 100 % de las muestras analizadas, mientras que el  $\beta$ -HCH se determinó en un 85 % y un 91 %, y el *op'*DDT en un 70 % y un 84 % de las muestras. Los niveles menores de concentraciones correspondieron al isómero  $\beta$ -HCH y al isómero *op'*DDT del insecticida *pp'*DDT.

La evaluación de las concentraciones medias y medianas de plaguicidas organoclorados reveló niveles mayores en el grupo control, comparados con los de las mujeres embarazadas. Esta información concuerda con las diferencias previas observadas entre las edades de las mujeres embarazadas y las edades del grupo control, y la posibilidad de que este factor influya sobre los niveles de plaguicidas organoclorados acumulados en el tejido adiposo. El grupo control era de mayor edad, lo que permitió la acumulación por un tiempo mayor de los compuestos organoclorados en el tejido adiposo. Analizando los datos, los niveles mayores corresponden a medias aritméticas, en comparación con las medianas, confirmando así la presencia de casos de mujeres habitantes del estado de Veracruz con exposición extrema. El grupo control conformó cinco casos de exposición extrema a *pp'*DDE, que alcanzó en el ejemplo extremo 6.070 mg/kg, y tres casos a *pp'*DDT, cuyas concentraciones variaron alrededor de 0.675 mg/kg. El grupo de mujeres embarazadas reveló cuatro casos con niveles mayores de *pp'*DDE, que alcanzaron 5.218 mg/kg, y dos casos con el insecticida *pp'*DDT, de 1.406 mg/kg y 1.695 mg/kg, respectivamente. Los casos mencionados de exposición extrema indican la persistencia del insecticida *pp'*DDT en el ambiente del estado de Veracruz, y una contaminación constante de los habitantes que inhalan los vapores al volatilizarse el insecticida de los suelos superficiales.

La evaluación del grado de exposición en el tiempo entre las mujeres embarazadas divididas en tres subgrupos de acuerdo con la edad (menores de 20 años, 20 a 30 años y mayores de 30 años), no reveló diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ) entre las concentraciones medias de plaguicidas organoclorados entre los tres subgrupos, y solo diferencias de concentraciones medianas de *pp'*DDE entre los grupos de menos de 20 años y de más de 30

años de edad, así como entre el grupo de 20-30 años y el grupo de más de 30 años. Las concentraciones medias de plaguicidas organoclorados se incrementan con la edad de la persona, mientras que las concentraciones del insecticida *pp'*DDT disminuyen. Este fenómeno se debe a la acumulación específica de los compuestos lipofílicos en el tejido adiposo humano y a la falta de mecanismos de descontaminación que permitan su excreción o metabolismo. La disminución de las concentraciones medias de *pp'*DDT indican un decremento en la exposición a este insecticida, decremento causado por su prohibición y su retiro desde 1999 de las campañas sanitarias en México.

El grupo total de mujeres embarazadas que tuvo  $1.8 \pm 1.4$  (1 a 11) partos, dividido de acuerdo con la paridad entre los tres grupos, no mostró una correlación entre el número de hijos y los niveles de plaguicidas acumulados en el tejido adiposo de las mujeres embarazadas. Aunque se observa en los valores medios y medianos un incremento, este no es estadísticamente significativo. El número de hijos de las participantes aumenta paralelamente con la edad de estas. Los resultados muestran que en la población estudiada el número de hijos no se relaciona significativamente con los niveles de plaguicidas organoclorados, ni se identifica como factor de descontaminación. Las condiciones ambientales de exposición en Veracruz resultan un factor predominante de contaminación de los habitantes. Estas condiciones, por su persistencia, no permiten desarrollar los mecanismos de descontaminación, evidenciando la acumulación permanente de los plaguicidas organoclorados y el incremento de sus concentraciones en las mujeres conforme aumenta la edad.

La disminución aparente de las concentraciones de plaguicidas organoclorados con el aumento de la paridad puede atribuirse a la depuración de estos compuestos durante el embarazo y el sucesivo amamantamiento<sup>19</sup>, debido a que estos plaguicidas pasan la ruta trasplacental y se excretan con la leche durante la lactancia. Las concentraciones menores de plaguicidas asociadas con la condición de primípara se pueden atribuir a una edad menor y a la disminuida difusión de estos plaguicidas al ambiente. El efecto de la paridad y la edad evaluado en este trabajo sobre las concentraciones de plaguicidas organoclorados apoya la selección de primíparas como un índice de la exposición a los plaguicidas organoclorados entre las embarazadas.

Al evaluar la influencia del índice de masa corporal y su relación con los niveles de plaguicidas organoclorados presentes en el tejido adiposo, aunque se observó un incremento, este no fue estadísticamente significativo, y mostró

una relación negativa entre el índice de masa corporal y los niveles de plaguicidas organoclorados en el tejido adiposo de mujeres embarazadas de Veracruz. Los plaguicidas organoclorados, al ser lipofílicos, muestran la capacidad de traspasar la barrera placentaria. Durante el embarazo, los modelos de equilibrio para estos plaguicidas presentan los coeficientes de partición entre los compartimientos del cuerpo materno (tejido adiposo y sangre materna) y del feto expresados por su contenido en la sangre del cordón umbilical<sup>20</sup>. Debido a la permanencia de los plaguicidas organoclorados en los lípidos y a que su solubilidad no difiere entre clases de lípidos del cuerpo humano,<sup>21,22</sup> la concentración materna y la del feto dependerán del contenido de lípidos en el compartimiento y de la liposolubilidad del plaguicida; esta característica les permite el paso por la barrera placentaria a través de la difusión pasiva. El metabolismo posterior de los residuos acumulados es lento debido a la insuficiencia de los mecanismos de detoxificación del feto en desarrollo.

Los niveles menores correspondieron al tejido adiposo materno, y se incrementaron significativamente en el suero materno y todavía más en el suero del cordón umbilical. Los resultados obtenidos arrojan una diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ) entre las medias y medianas comparando los binomios TAM/SSM, TAM/SCU y SSM/SCU. Los resultados obtenidos muestran el paso constante de estos plaguicidas por la barrera placentaria y su acumulación específica en el feto en desarrollo.

Conocer el grado de exposición de las mujeres embarazadas a los residuos de plaguicidas organoclorados es de gran interés debido a la exposición trasplacentaria del feto y, en consecuencia, a los posibles efectos en su salud. Durante el embarazo, la deposición de plaguicidas organoclorados se modifica por los cambios fisiológicos, tales como el incremento de la perfusión renal, del volumen de distribución y de los lípidos séricos. El incremento de la concentración de triglicéridos séricos puede originar la redistribución de los plaguicidas organoclorados depositados en el tejido adiposo al compartimiento de la sangre. Es apropiado entender la importancia de los cambios de niveles de plaguicidas durante la gestación para clasificar el grado de exposición fetal, basándose en el muestreo durante el embarazo<sup>21</sup>. Debido a que estos plaguicidas tienden a acumularse en el cuerpo durante la vida, la edad materna juega un importante papel en la exposición acumulada<sup>14</sup>. El nivel de plaguicidas organoclorados determinado durante el primer embarazo se puede considerar como un indicador de la exposición acumulada de la madre a estos compuestos, debido a que no

se presentan factores de confusión como son la paridad y amamantamientos previos que ocasionan su excreción<sup>8</sup> ; aunque estas variables confusoras no fueron significativos en este estudio, se ha reportado su asociación significativa en mujeres embarazadas procedentes de Veracruz.<sup>14</sup>

En conclusión, las mujeres embarazadas habitantes del estado de Veracruz presentan menor grado de exposición comparando con el grupo control. Su nivel de contaminación depende principalmente del tiempo de exposición, que se expresa en años de vida. La paridad y el índice de masa corporal no se mostraron como factores importantes de acumulación de plaguicidas organoclorados en tejido adiposo. La comparación con los resultados previos<sup>6</sup> muestra una disminución de las concentraciones de plaguicidas organoclorados en mujeres habitantes de Veracruz, y una tendencia decreciente en sus niveles. Además, es muy sorprendente que los niveles de plaguicidas organoclorados difieran de acuerdo con la forma en que se expresa. Cuando los resultados se expresan en suero sanguíneo en base de volumen, las concentraciones resultantes disminuyen del suero de la madre al feto, mientras que cuando se expresan en base lipídica, las concentraciones aumentan del tejido adiposo materno al suero materno y al suero del cordón umbilical<sup>23,24,25</sup>, y los coeficientes de partición aumentan significativamente entre los compartimientos.<sup>10,26</sup>

Los resultados de este y otros estudios que evidencian la permanencia de compuestos orgánicos persistentes en el ambiente, en los organismos vivos y, particularmente, en las poblaciones humanas, son trascendentales para la toma de decisiones, ya que a mayor tiempo y volúmenes de aplicación o liberación al ambiente de dichos compuestos, mayor será la contaminación, que se continúa a través de generaciones. Algunas cuestiones quedan planteadas para futuras investigaciones, como conocer o modelar la exposición de hombres y mujeres a los diversos contaminantes en función de sus roles de género y sus diferencias biológicas, que dejan en mayor o menor riesgo a unos y otras, con la posibilidad de afectar a la siguiente generación.

## REFERENCIAS

1. O'Reilly J. and Yarto M. The Status of DDT in North America. Follow-up to the North American Regional Action Plan on Dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT). Commission for Environmental Cooperation, September 2010. Montreal Canadá. 25 pp
2. Cenavece. 2008. Métodos de control de *Aedes aegypti* mosquito vector del virus del dengue en México. Online at: <<http://www.cenave.gob.mx/dengue/insecticida.pdf>>.
3. Alegria H, Wong F, Jantunen LM, Bidleman TF, Salvador-Figueroa M, Gold-Bouchot G et al. Organochlorine pesticides and PCBs in air of southern México (2002-2004). *Atmos Environ* 2008;42(38):8810-8818.
4. Wong F, Alegria H, Jantunen LM, Bidleman TF, Salvador-Figueroa M, Gold-Bouchot G et al. Organochlorine pesticides in soil and air of southern Mexico: Chemical profiles and potential for soil emissions. *Atmos Environ* 2008;42 (37):7737-7745.
5. Waliszewski SM, Herrero Mercado M, Cantú Martínez PC. Tejido adiposo: indicador de la contaminación por plaguicidas organoclorados. *RESPYN* 2008;9(2):1-7.
6. Waliszewski SM, Valencia Quintana R, Corona CA, Herrero M, Sánchez K, Aguirre H et al. Comparison of organochlorine pesticide levels in human adipose tissue of inhabitants from Veracruz and Puebla, Mexico. *Arch Environ Contam Toxicol* 2010;58:230-236.
7. Wolf MS, Anderson HA, Britton JA, Rothman N. Pharmacokinetic variability and modern epidemiology: the example of dichlorodiphenyltrichloroethane, body mass index, and birth cohort. *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* 2007;16(10):1925-1930.
8. Laden F, Neas LM, Spiegelman D, Hankinson SE, Willett WC, Ireland K et al. Predictors of plasma concentrations of DDE and PCBs in a group of U.S. women. *Environ Health Perspect* 1999;107:75-81.
9. Eskenazi B, Chevier J, Goldman Rosas L, Anderson HA, Bornman MS, Bouwman H et al. The pine river statement: human health consequences of DDT use. *Environ Health Perspect* 2009;117(9):1359-1367.
10. Wang RY, Jain RB, Wolkin AF, Rubin CH, Needham LL. Serum Concentrations of Selected Persistent Organic Pollutants in a Sample of Pregnant Females and Changes in Their Concentrations during Gestation. *Environ Health Perspect* 2009;117(8):1244-1249.
11. Meeker JD, Missmer SA, Altshul L, Vitonis AF, Ryan L, Cramer DW et al. Serum and follicular fluid organochlorine concentrations among women undergoing assisted reproduction technologies. *Environ Health* 2009;14:8-32.
12. Sapbamrer R, Prapamontol T, Prakobvitayakit O, Vaneesorn Y, Mangklabruks A, Hock B. Placental transfer of DDT in mother-infant pairs from Northern Thailand. *J Environ Sci Health B* 2008;43(6):484-489.
13. Pathak R, Suke SG, Ahmed RS, Tripathi AK, Guleria K, Sharma CS et al. Endosulfan and other organochlorine pesticide residues in maternal and cord blood in North Indian population. *Bull Environ Contam Toxicol* 2008;81:216-219.
14. Herrero-Mercado M, Waliszewski SM, Valencia-Quintana R, Caba M, Hernández-Chalate F, García-Aguilar E et al. Organochlorine pesticide levels in adipose tissue of pregnant women in Veracruz, Mexico. *Bull Environ Contam Toxicol* 2010;84:652-656.
15. Herrero-Mercado M, Waliszewski SM, Caba M, Martínez-Valenzuela C, Hernández-Chalate F. Organochlorine pesticide levels in umbilical cord blood of newborn in Veracruz, Mexico. *Bull Environ Contam Toxicol* 2010;85:367-371.

16. Waliszewski SM, Gómez-Arroyo S, Carvajal O, Villalobos-Pietrini R, Infanzón RM. Uso del ácido sulfúrico en las determinaciones de plaguicidas organoclorados. *Rev Int Contam Ambiental* 2004;20(4):185-192.
17. Mustafa MD, Pathak R, Tripathi AK, Ahmed RS, Guleria K, Banerjee BD. Maternal and cord blood levels of Aldrin and Dieldrin in Delhi population. *Environ Monit Assess* 2010;171(1-4):633-638.
18. Barraza-Vázquez A, Borja-Aburto VH, Bassol-Mayagoitia S, Monrroy A, Recio-Vega R. Dichlorodiphenyldichloroethylene concentrations in umbilical cord of newborns and determinant maternal factors. *Appl Toxicol* 2008;28(1): 27-34.
19. Waliszewski SM, Melo-Santiesteban G, Villalobos-Pietrini R, Gómez-Arroyo S, Amador-Muñoz O, Herrero-Mercado M ET al. Breast Milk Excretion Kinetic of beta-HCH, pp'DDE and pp'DDT. *Bull Environ Contam Toxicol* 2009;83(6):869-873.
20. Waliszewski SM, Aguirre AA, Infanzón RM, Siliceo J. Carry-over of persistent organochlorine pesticides through placenta to fetus. *Salud Pública de México* 2000;42(5): 384-390.
21. Longnecker MP, Klebanoff MA, Gladen BC, Berendes HW. Serial levels of serum organochlorines during pregnancy and postpartum. *Arch Environ Health* 1999;54(2):110-114.
22. Waliszewski SM, Carvajal O, Infanzón RM, Trujillo P, Hart MM. Copartition ratios of persistent organochlorine pesticides between human adipose tissue and blood serum lipids. *Bull Environ Contam Toxicol* 2004;73:732-739.
23. Fukata H, Omori M, Osada H, Todaka E, Mori Ch. Necessity to Measure PCBs and Organochlorine Pesticide Concentrations in Human Umbilical Cords for Fetal Exposure Assessment. *Environ Health Perspect* 2005;113(3):297- 303.
24. Jimenez Torres M, Campoy Folgado C, Cañabate Reche F, Rivas Velasco A, Cerrillo García I, Mariscal Arcas M et al. Organochlorine pesticides in serum and adipose tissue of pregnant Women in Southern Spain giving birth by cesarean section. *Sci Tot Environ* 2006;373(1):32-38.
25. Ostrea EM, Bielawski DM, Posecion NC, Corriona M, Villanueva-Uy E, Bernardod RC ET al. Combined analysis of prenatal (maternal hair and blood) and neonatal (infant hair, cord blood and meconium) matrices to detect fetal exposure to environmental pesticides. *Environ Res* 2009;109(1):116-122.
26. Wang RY, Zhang M, Wang Q, Yang DY, Li CL, Liu J et al. Exposure of mother-child and postpartum woman-infant pairs to DDT and its metabolites in Tianjin, China. *Sci Tot Environ* 2008;396(1):34-41.





# COMPUESTOS ORGÁNICOS PERSISTENTES EN LECHE MATERNA DE MUJERES DE YUCATÁN

Rosa Leticia González Navarrete, Jorge Alberto Alvarado Mejía,  
Norma Elena Pérez Herrera

## RESUMEN

Se parte de la idea de que la población ha estado expuesta a compuestos orgánicos de alta persistencia ambiental de baja degradabilidad, que se biomagnifican en la cadena alimentaria y se bioacumulan por su lipofilia en los depósitos grasos.

Se menciona que el género influye en la exposición diferencial, tanto biológica como social. Se señala la importancia, en el marco de la contaminación ambiental por sustancias químicas, de los impactos que tienen en la salud los contaminantes orgánicos persistentes (COP), y del reconocimiento de las consecuencias del uso de estas sustancias químicas, identificadas, a partir de investigaciones científicas que dan cuenta de ello, en los seres vivos, incluidas las personas en sus diversas etapas, desde la gestación hasta la edad adulta. Se mencionan los acuerdos establecidos en el Convenio de Estocolmo. Se comentan las fuentes probables de contaminación en los seres humanos.

También se señala la importancia de establecer un monitoreo ambiental de las concentraciones de COP que afectan a la salud humana, de modo que se hagan visibles las diferencias por género. Se presentan los resultados del monitoreo en Yucatán. Este conocimiento es útil para promover actividades de orden preventivo de daños a la salud dirigido a grupos de población, así como programas de vigilancia epidemiológica por género y edad sobre niveles de COP.

## INTRODUCCIÓN

A partir de la invitación para participar en el taller sobre estudios de género y contaminación ambiental por sustancias químicas en abril de 2011, surge este trabajo como una necesidad de integrar el enfoque de género en el marco de la salud ambiental. Uno de los aportes del taller es reconocer las diferencias entre las metodologías utilizadas en los trabajos presentados.

Otro aporte fue introducir la reflexión sobre la necesidad de incorporar la visión de género en el campo de conocimiento sobre los efectos de los contaminantes orgánicos persistentes en hombres y mujeres que se exponen diferencialmente, y que presentan efectos en la salud dependiendo de sus condiciones biológicas, sociales y culturales.

La exploración inicial de la bibliografía nos permite observar que no se suele incorporar la visión de género en los resultados de las investigaciones sobre el tema, aunque sí se señala la exposición diferencial por sexo; los resultados de las mediciones de contaminantes son reportados según el sexo de los participantes.

No olvidemos que los resultados de los estudios de monitoreo ambiental que dan cuenta de la presencia de sustancias químicas son necesarios para sustentar la intervención de instituciones con programas que contemplen indicadores diferenciales por sexo. La estrategia sería hacer visibles las inequidades de la exposición a COP por género; encontrar evidencias a partir del análisis desagregado por género; diseñar programas, proyectos y acciones para el uso y la apropiación del conocimiento, e incluso políticas públicas que incluyan la educación sobre los riesgos prevenibles por exposición a COP para la autoprotección, la de la familia y la de la comunidad, así como sobre los efectos de estas sustancias en la salud, en especial a nivel epidemiológico, y generar las formas para disminuir esta exposición.

## EVOLUCIÓN DEL CONOCIMIENTO SOBRE LOS COP

La protección de la salud humana ha sido tema de interés de diferentes organizaciones a nivel internacional, como resultado del trabajo de investigadores y estudiosos dedicados a este tema, lo que ha originado la firma de convenios con el fin de reducir la producción, el manejo y el uso de sustancias químicas que generan contaminación ambiental.

De las investigaciones podemos mencionar que el uso a gran escala de los compuestos orgánicos persistentes comienza en 1945 con la producción del DDT, plaguicida útil para controlar los desastres en las cosechas causados por insectos que transmitían enfermedades. El DDT (dicloro-difenil-tricloroetano) es un compuesto orgánico que se descubrió en 1874, aunque no fue sino hasta 1939 cuando el químico suizo Paul Hermann Müller encontró sus propiedades insecticidas, lo que le hizo ganar el Nobel de Medicina y Fisiología en 1948.<sup>1</sup> Por medio de la observación sistematizada, la bióloga Rachel Carson expuso en 1962, en su libro *Primavera silenciosa*, los peligros ecológicos y sanitarios de ciertos productos químicos sintéticos que se habían difundido por todo el mundo y que se identificaban en seres vivos en lugares muy alejados de la exposición, lo que mostró la biomagnificación y la bioacumulación derivadas del uso del DDT.<sup>2</sup> A raíz de esta publicación se originó la intervención de la Agencia de Protección Medioambiental Estadounidense (EPA, sus siglas en inglés), que en 1972 prohibió el uso de este producto químico.

En la década de los noventa, el desarrollo del conocimiento y los avances tecnológicos permitieron identificar con precisión que algunas sustancias químicas resistentes a los procesos de degradación natural comparten características similares: requieren de un tiempo prolongado para su degradación, son muy estables y persistentes en el medioambiente, y se transportan a grandes distancias; por lo anterior, se les denominó contaminantes orgánicos persistentes (COP).<sup>3,4</sup>

La contaminación ambiental de diversos medios, como el aire, el agua y los alimentos, ha sido estudiada con la creencia predeterminada de que cuanto mayor sea la dosis de contaminantes, peor serían los efectos causados. Es por ello que, por lo general, solo han sido estudiadas y analizadas apropiadamente grandes dosis de estos químicos. Aun así, se ha comprobado científicamente que numerosos contaminantes químicos persistentes pueden provocar serios

daños incluso en pequeñas dosis. Lo que se identificó de estas sustancias es su capacidad de alterar algunos procesos vitales de los peces y la fauna silvestre, como la declinación de su reproducción y cambios en su comportamiento, así como la generación de defectos congénitos y tumores.<sup>5,6</sup>

México ha participado activamente desde la década de los noventa en un tratado de cooperación ambiental con Canadá y Estados Unidos denominado Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA), que incluye el manejo adecuado de las sustancias químicas, especialmente las tóxicas, persistentes, bioacumulables y que se trasladan a grandes distancias de donde son generadas o utilizadas.<sup>7</sup> Dicha comisión participa en el cumplimiento de los compromisos con los convenios internacionales, entre ellos el Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes, el Convenio de Basilea, el Convenio de Róterdam y la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sustentable.

En el año 2009 la CCA publica un informe acerca de la capacidad de México para generar información validada sobre contaminación por sustancias tóxicas persistentes que se biomagnifican y son bioacumulables; concluye que diversas instituciones de diferentes estados han realizado proyectos de investigación que incluyen el análisis de COP en matrices ambientales, y señala que la información en torno al control y el aseguramiento de la calidad fue sumamente escasa, una importante deficiencia en estas matrices. También se indica que para garantizar la calidad de datos específicos hay que llevar a cabo el control de todos los pasos de las actividades de medición. Lo anterior permitirá una evaluación adecuada de la validez de la información proporcionada, que podrá ser considerada para la toma de decisiones de los responsables de las políticas públicas relacionadas.<sup>7</sup>

Cabe mencionar, en el marco de la contaminación ambiental por sustancias químicas, la importancia de los impactos que tienen los contaminantes orgánicos persistentes (COP) en la salud de las personas en sus diversas etapas, desde la gestación hasta la edad adulta, y cuyo género influye en una exposición diferencial, tanto biológica como social.<sup>8</sup>

No hay que olvidar las diferencias de todo tipo entre los países firmantes de los convenios internacionales y, por lo tanto, la gran vulnerabilidad en función del desarrollo determinado por diversos factores que incluyen la predisposición genética, la edad (en general la población con mayor riesgo a la exposición de contaminantes está constituida por los niños menores de 5 años y las personas mayores de 65 años), el estado nutricional, el género, y en general la condición

de las personas expuestas a estas sustancias químicas persistentes, así como la actividad y el lugar de trabajo. La exposición a los contaminantes se puede clasificar en aguda y crónica, de acuerdo con el periodo de exposición y con la concentración. La exposición aguda es la exposición a concentraciones elevadas de contaminantes durante un corto tiempo, lo que puede producir daños a todo el organismo; la exposición crónica es a largo plazo, puede ser a bajas concentraciones y, por consiguiente, se van ocasionando daños a la salud humana como respuesta a factores acumulados.<sup>9</sup>

## **TIPOS DE COP Y FUENTES DE CONTAMINACIÓN.**

Las sustancias químicas conocidas como COP son compuestos químicos que en su mayoría están conformados por cloro y carbono; se originan en la industria química en forma intencional (o no intencional) por procesos de combustión o generación de electricidad, por lo que son uno de los principales factores ambientales causantes de enfermedades en los humanos, las que se expresan en patologías agudas o crónicas, dependiendo del tipo específico y de las características del contaminante. Se estima que dos tercios de los fallecimientos prematuros que ocurren en los países en vías de desarrollo se asocian con la contaminación del aire, que incluye los COP tanto por exposición en lugares cerrados como en el exterior.<sup>10</sup>

Desde 1987 se señala a los contaminantes orgánicos persistentes, junto con el mercurio, como un problema importante por su toxicidad y porque se vuelven volátiles al ser transportados a largas distancias, lo que incrementa sus concentraciones en el medioambiente y causa la bioacumulación en las cadenas alimentarias. En la actualidad se localizan numerosos COP en todo el mundo, incluso lejos de la fuente de origen. En el ártico se han podido observar los efectos perjudiciales de estos compuestos, que amenazan a la integridad de los sistemas alimentarios tradicionales y a la salud.<sup>11,12</sup>

En relación con las fuentes de contaminación, las sustancias químicas y las toxinas pueden encontrarse en el agua, en el suelo, en el aire y en los alimentos, por lo que la exposición es virtualmente inevitable; estas pueden provenir de la exposición ambiental o laboral, por ejemplo, de productos cosméticos o farmacológicos. Pero no olvidemos que el efecto de los productos químicos depende de las dosis y de la repetición de la exposición, y tampoco que no todas las

sustancias químicas afectan a los seres vivos; incluso, algunas han sido creadas para mejorar la calidad de vida de grandes grupos humanos. El problema es que muchas sustancias no han sido evaluadas en cuanto a los posibles efectos negativos que pueden tener, y mucho menos en lo que se refiere a las diferencias que se pueden expresar por género.<sup>13</sup>

Los COP se pueden introducir al ambiente y llegar al ser humano por medio del agua contaminada de ríos o mares, donde son descargados; con el tiempo, se separan sus partículas y se asientan en el lecho marino y lo contaminan, como ocurre con los bifenilos policlorados (BPC). Estos fueron prohibidos en la década de 1970, pero aun así los vestigios de los BPC pueden encontrarse actualmente en el medioambiente. Los efectos pueden expresarse en el escaso desarrollo de los peces y moluscos, en especial cuando estos animales se localizan cerca de lugares donde se desechan estos contaminantes, que algunas veces provocan la contaminación del agua y el suelo por años. Otras veces la contaminación se debe a que directamente son agregados ciertos químicos a los alimentos que consumimos diariamente. A través del aire se pueden transmitir los contaminantes volátiles, como los insecticidas que se utilizan en la agricultura. Los alimentos como la carne, el pescado, la leche y sus derivados pueden contener algunos de los productos orgánicos persistentes que se disuelven en medios grasos (liposolubles) del entorno donde viven los animales, que luego se utilizan para el consumo humano. Los productos que contienen grasas pueden tener más niveles de dioxinas y bifenoles policlorados.<sup>14,15</sup>

El Convenio de Estocolmo, firmado el 23 de mayo de 2001 por más de 120 países, fue una de las medidas más destacadas de la comunidad internacional. Entrado en vigor desde el 17 de mayo de 2004 y ratificado en 2005, definió doce productos (los principales tipos de contaminantes, señalados como “la docena sucia”) por los efectos tóxicos que tienen, y exigió su eliminación prioritaria en todos los países del mundo, a causa de su presencia en el medioambiente y su persistencia en el interior del cuerpo humano, ya que todos son productos organoclorados. Estas sustancias, los contaminantes orgánicos persistentes, fueron agrupadas en tres categorías: los plaguicidas aldrín, clordano, DDT, dieldrín, endrín, heptacloro, mirex y toxafeno; los productos químicos industriales como el hexaclorobenceno (HCB) y los bifenilos policlorados (PCB); y los bioproductos de la combustión producidos de forma no intencional, las dioxinas y los furanos. Con este convenio, los gobiernos se comprometieron a promover las mejores técnicas disponibles y las mejores prácticas ambientales para iden-

tificar, reemplazar y prevenir tanto los COP existentes, como los que pudieran desarrollarse en un futuro y, en el caso de las dos primeras categorías, su prohibición. Sin embargo, para los COP no intencionales, subproductos de determinados procesos energéticos e industriales, se proponía su máxima reducción.<sup>16</sup> Ya en el año 2007, en la tercera reunión de los países firmantes del convenio, se añadieron cinco sustancias consideradas muy tóxicas para el medioambiente y la salud, y se asumió la obligación de eliminar o restringir su uso, así como reducir las emisiones no intencionales; estos nuevos compuestos considerados son el pentabromo difenil éter (penta-BDF), el hexabromobifenilo (HBB), los plaguicidas clordecona y lindano, y un antiadherente, el perfluorooctano sulfonato (PFOS). En dicha reunión se decidió poner en marcha un sistema de vigilancia mundial de los COP presentes en el aire, en la leche materna y en la sangre humana.<sup>13,17</sup>

## **COP Y EFECTOS EN LA SALUD**

Múltiples estudios a nivel internacional dan cuenta de los efectos en la salud humana por exposición a COP. Con el fin de evidenciar la incorporación de género en el campo de la contaminación por COP, y de acuerdo con la visión de instituciones como la Organización Panamericana de la Salud (OPS), se requiere en primer lugar entender la situación y las condiciones diferenciales de los hombres y las mujeres que se exponen a sustancias químicas como los COP, en tres niveles: un nivel macro que incluya las diferencias sociales y económicas, uno medio referente a la salud, y un nivel micro que considere los ambientes en los hogares.

Hay que mencionar la gran dificultad para establecer la relación causa-efecto entre la exposición a COP y la aparición de patologías, porque como seres humanos estamos expuestos ambientalmente a diversas sustancias químicas, ya sea en forma simultánea o en forma constante, e incluso en forma alternativa o sumatoria, esto es, a pequeñas dosis. Desde el punto de vista científico, el modo de establecer esta relación se presenta cuando existen datos de la proporción de población con niveles determinados de las sustancias químicas, lo que se denomina monitoreo, que permita establecer la relación de los efectos en la salud. Para lo anterior, es importante identificar indicadores de efectos por exposición.<sup>18</sup>

Existen datos sobre los efectos de los COP por exposición a plaguicidas organoclorados (aldrina, clordano, DDT, dieldrina, endrina, heptacloro, mirex y



toxafeno) por contacto accidental o intencional, especialmente por motivo de trabajo, cuando los servicios de consulta de salud realizan el registro correspondiente. Sin embargo, las consecuencias para la salud de las y los trabajadores rurales y de sus familias, especialmente los niños y las niñas, son aún difíciles de identificar porque no todos los enfermos agudos se registran, y porque las exposiciones crónicas se desconocen y no se asocian con las patologías que pueda presentar el grupo expuesto a estas sustancias.

No hay que olvidar que las intoxicaciones también pueden ocurrir por falta de acciones de prevención en las viviendas; en particular, las familias del campo no siempre tienen destinados espacios para guardar los plaguicidas fuera del alcance de los niños. En otras ocasiones se exponen las familias, en especial las mujeres, quienes por razones de género, al estar dedicadas al cuidado y a la atención de los miembros del hogar, realizan actividades como lavar las ropas usadas para fumigar o las de los niños que han salido a jugar en áreas recién fumigadas. Por lo anterior, podemos considerar que en las viviendas también se presentan condiciones que pueden ser fuente de exposición para las mujeres.<sup>19,20</sup>

Los efectos nocivos por plaguicidas más extendidos son ocasionados por la exposición crónica a los organoclorados. La información proviene de pruebas en animales, de comunicaciones de casos, y especialmente de estudios epidemiológicos. Existe evidencia epidemiológica que ha demostrado una asociación significativa entre la exposición a organoclorados y los abortos espontáneos, el tiempo para lograr el embarazo, los defectos de nacimiento, el retraso del crecimiento intrauterino, ciertos cánceres en la infancia, la espermatoxicidad y el daño cromosómico.<sup>19,20</sup>

Lo anterior nos lleva a reflexionar sobre la acumulación de residuos de plaguicidas tanto en la leche materna como en los testículos, con posibles efectos secundarios en niños lactantes y en el índice de fertilidad en hombres, lo que es objeto de investigación cada vez con más frecuencia. La exposición a COP puede ocurrir aun desde los periodos gestacional y perinatal, lo que los hace especialmente peligrosos debido a su carácter mutagénico y por lo tanto posiblemente carcinogénico.<sup>21,22</sup> La exposición más sutil y continuada se debe a la contaminación del agua y de los alimentos por plaguicidas, por lo que a corto, mediano y largo plazo las consecuencias de la exposición a COP insecticidas son problemas oncológicos en los niños y adultos, dificultades en la salud reproductiva, enfermedades autoinmunes y disrupción endócrina, entre otras.<sup>23</sup>

## EFFECTOS EN LA REPRODUCCIÓN Y EN EL DESARROLLO INFANTIL

Sabemos que hay muchos factores biológicos que pueden alterarse por la exposición del padre o de la madre a COP antes o después de la concepción, y que pueden manifestarse en una amplia gama de efectos; estos incluyen tanto trastornos previos a la concepción (reducción del deseo sexual, alteraciones de la menstruación o reducción de la fertilidad), como alteraciones que se presentan después de la concepción (aborto espontáneo, muerte fetal, anomalías congénitas, retraso del crecimiento uterino, prematuridad, cáncer infantil y otras enfermedades en niños y adultos). Con frecuencia, un mismo agente puede interferir en diferentes etapas y provocar diferentes tipos de alteraciones. Existe evidencia de la distribución geográfica de una alteración del desarrollo genitourinario conocida como criptorquidia o no-descenso testicular, denunciada por García Rodríguez *et al.* en 1996, y robustecida por los trabajos de Weidner (1998) y García (1999); en el trabajo de García Rodríguez se señala el riesgo de padecer la enfermedad para niños nacidos en áreas de gran empleo de plaguicidas, y las otras publicaciones asocian la actividad laboral materna con el riesgo de dar a luz un hijo sin descenso testicular. Desafortunadamente, se están llevando a cabo muy pocas investigaciones médicas relacionadas con los efectos de estos químicos.<sup>21,22,24</sup>

En relación con el género, hay que mencionar que, reconociendo que existen variaciones vinculadas a factores fisiológicos y a factores sociales, culturales y económicos, así como que hay diferencias en las circunstancias de exposición en el hombre y la mujer, es necesario preguntarse si la contaminación ambiental por COP genera efectos tóxicos más importantes, severos o persistentes en la mujer; cuáles son las repercusiones en la salud, el bienestar personal, la familia y el medio social; y si las circunstancias y las condiciones especiales de carácter fisiológico o patológico de la vida de la mujer, como el embarazo, el aborto y la teratogénesis, se encuentran relacionadas con la exposición a COP. Por lo anterior, se requiere realizar investigaciones que den cuenta de los riesgos para la salud infantil derivados de la exposición de las madres a sustancias químicas, tanto por exposición intrauterina, como durante los primeros meses de la vida, incluso a través de la leche materna.<sup>3,8</sup>

## EXPOSICIÓN DE LA MUJER A LOS COP: RESULTADOS EN YUCATÁN

La leche, la sangre y el tejido adiposo maternos son matrices relevantes para evaluar la carga de contaminantes orgánicos persistentes en el organismo humano. Además, esta información apoya las medidas para disminuir las concentraciones de estas sustancias de los alimentos, que son la principal fuente de exposición para la mayoría de las personas. Se realizó el monitoreo en la leche humana, ya que se consideró una matriz ideal para vigilar las concentraciones de contaminantes orgánicos persistentes en el medioambiente. En seguida se presentan los resultados del monitoreo sobre dos poblaciones de Yucatán, que da cuenta de la presencia de COP en leche materna de mujeres que se encuentran lactando en posparto temprano y que acudieron a consulta, así como resultados del monitoreo en leche materna de mujeres que viven en una comunidad costera en la comisaría y en el puerto de Chelem, Progreso, de octubre de 2005 a febrero de 2006, y en la clínica de lactancia del Hospital Materno Infantil de la ciudad de Mérida (2009).<sup>25</sup>

En Chelem, 38 madres donaron muestras de 20 ml de leche o más; 12 fueron primigestas y 26 multigestas de 4 a 21 semanas posparto; el 58 % reportaron ser originarias de Chelem, el 18 % nacieron en la ciudad de Mérida, y el 27 % en otros estados de la República mexicana; el 77 % tenía más de 10 años de residir en la comunidad; las edades iban de 15 a 35 años, con la media de 25 años. Este estudio reportó COP en el 84 % de las muestras, como se puede observar en la cuadro 1, para el caso del *p'p'*DDE, con una concentración que va de 3041.46 a 5056.83 ng/g de lípidos; muy por abajo le sigue el *p'p'*DDT, con 209.75 a 123.09 ng/g de lípidos en el 29 % de las muestras. El *o'p'*DDD se reportó en el 47 % de las muestras a concentraciones que van de 51.03 a 35.84 ng/g. En cuanto a los HCH, la fracción  $\beta$ -HCH se presentó en mayor concentración, con 612.31 a 694.75 ng/g de lípidos y en el 66% de las muestras; de la familia de los clorados, el que se encontró en mayor concentración fue el  $\gamma$ -clordano, con 925.10 a 1038.92 ng/g de lípidos, pero solo en el 16 % de las muestras, en tanto que el heptacloro se detectó en el 58 % de las muestra a concentraciones un poco menores de 576.51 a 240.31 ng/g de lípidos.<sup>26</sup> Se detectaron los tres drines: aldrín, dieldrín y endrín, de los cuales el dieldrín fue el que se encontró en mayor concentración, con 296.65 a 85-92 ng/g de lípidos en el 29 % de las muestras.<sup>26</sup>

Los perfiles de concentración de los COP por grupos presentaron el orden siguiente: DDT>clordanos>HCH>clorobenzenos>drines. El endosulfán II, el mirex y el pentacloroanisole no fueron agrupados. Las concentraciones de la  $\Sigma$ -DDT y de heptacloros excedieron los valores de la ingesta diaria aceptada de 0.005 mg/kg/día (JMPR-FAO/OMS) en el 36 y el 61 % de las muestras, respectivamente.<sup>27</sup>

Mientras que en un estudio realizado en Mérida, Yucatán (2009), las concentraciones de plaguicidas organoclorados y PCB en la leche materna de 148 mujeres que viven en Mérida fueron, en promedio, de 10 a 20 veces más bajas que los de las mujeres que viven en Chelem, en la costa. Así, la concentración promedio de plaguicidas totales en Mérida fue de 362 ng/g lípido contra 5123 de Chelem. La concentración de PCB totales en Mérida fue de 6.77 contra 1541 ng/g lípido de Chelem. La de *p,p'*DDE en Mérida fue de 241 contra 3041 ng/g lípido de Chelem.<sup>27</sup>

## CONCLUSIONES

Es parte de la equidad de género prestar atención a las condiciones y las características del uso de sustancias por hombres y por mujeres. Consideramos que por la condición de género es de suma importancia conocer la exposición laboral y ambiental que se relaciona con el quehacer de las mujeres determinado socialmente en comunidades definidas, ya que son las mujeres las que transmiten los COP a sus hijos tanto durante la gestación a través de la placenta, como posteriormente durante la lactancia.

En primer lugar, los COP pueden afectar la salud del feto (efectos teratogénicos) y el material genético de los seres humanos (efectos genotóxicos). Pueden ser inductores de cambios en la salud reproductiva y en el equilibrio de las hormonas, lo que puede tener el efecto denominado disrupción endócrina. Se han descrito también efectos asociados con el cáncer de mama y efectos neurológicos; pueden ser inductores de alteraciones de la inmunidad, de fatiga crónica y de fibromialgia, y de la hipersensibilidad química múltiple. La exposición a productos químicos y el riesgo de cáncer ha sido una de las correlaciones que, aunque es difícil de obtener, ha cambiado el panorama de la prevención.

Si se reconoce que solo una pequeña parte de las decenas de miles de compuestos químicos presentes en el ambiente han sido adecuadamente valorados

en cuanto a su toxicidad sobre la reproducción y el desarrollo, aunque una variedad de agentes se comportan como tóxicos para la reproducción en animales de laboratorio, los efectos de las sustancias químicas industriales sobre la reproducción humana representan riesgos potenciales.

Hay que promover la investigación biomédica entre la industria, la salud pública y las universidades para establecer las correlaciones entre los contaminantes y los problemas de salud de la población, en especial incluyendo las diferencias por género.

Conocidas las causas, habrá que estimular las tareas de prevención con normas claras de cómo se deben utilizar los productos químicos, en especial los que contienen COP, los insecticidas y los productos que incluyen en su formulación estas sustancias, así como informar sobre la biomagnificación y la bioacumulación de COP. Es importante promover que las etiquetas de los productos, incluidos los destinados a la alimentación, contengan toda la información de sus compuestos. Es importante también que se conozcan los beneficios de la agricultura orgánica, la cual no utiliza agroquímicos en su producción.

El monitoreo ambiental de las concentraciones de COP en Yucatán que afectan la salud humana genera conocimiento útil para la promoción de actividades de orden preventivo dirigido a grupos de población, así como de programas de vigilancia epidemiológica por género y edad.

## REFERENCIAS

1. Albert L. Compuestos Orgánicos Persistentes. En Albert L. Editora. Introducción a la Toxicología Ambiental. ECO/ OPS /OMS, 1997: 333-335.
2. Carson R. Silent Spring. Boston, Houghton Mifflin, 1962.
3. Pronczuk J. Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs) Salud infantil tóxicos y medio ambiente: riesgos existentes y emergentes. Santiago de Chile ALATOX 21-22 agosto 2006.
4. Weinberg J. Guía para la ONG sobre los Contaminantes Orgánicos Persistentes. Red Internacional de Eliminación de los Contaminantes Orgánicos Persistentes (IPEN) Texcoco, Edo. de México, México 2009. pp112.
5. Cobos-Gasca V. González-Navarrete. R. Impacto de los plaguicidas en animales silvestres VI Congreso Mexicano de Toxicología 2006 .edición especial. 2006.
6. Rendón-Von Ostén J. Memije-Canepa M. Ek-Moo N. Plaguicidas orgánicos persistentes (POPs) en sedimentos de la Costa Sur de Campeche, México en \_Golfo de México. Contaminación e Impacto ambiental: Diagnóstico y Tendencias. EPOMEX 2006.
7. Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA). Compilación y clasificación de información inédita sobre sustancias tóxicas persistentes y bioacumulables en México (informe sobre literatura gris) 2009.
8. Pronczuk J. Exposición a plaguicidas y contaminantes orgánicos persistentes (COPs ) en la infancia: como, cuando y donde, cuáles son las consecuencias? OMS, Ginebra 2004.
9. Blount E. Convenio de Estocolmo sobre los contaminantes orgánicos persistentes. Congreso implementación del convenio de contaminantes Orgánicos Persistentes. Madrid 26-27 noviembre 2001 <http://irptc.unep.ch/pops/>
10. Cohen AJ, Anderson H R, Ostra B, Pandey K D, Krzyzanowski MI, Künzli N, Gutschmidt K, Pope A, Romieu I, Samet J M, Smith K. The global burden of disease due to outdoor air pollution. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A, 68:1-7, 2005.
11. Arrebola MJP. Evaluación de la exposición humana a compuestos orgánicos persistentes e identificación de factores de riesgo. Tesis de Doctorado Universidad de Granada, España, 2007.
12. Robin, MM. El mundo según Monsanto. De la dioxina a los organismos modificados genéticamente. Ediciones Península, Barcelona, 2008.
13. Bejarano F. Guía Ciudadana para la aplicación del Convenio de Estocolmo. Red de Acción sobre Plaguicidas y Alternativas en México (RAPAM) Texcoco, Edo. de México, México, 2004.
14. García S. Contaminación ambiental con Bifenilos Policlorados y su impacto en salud pública. s/f [www.ataonline.org.ar/bibliotecavirtual/.../bifenilos\\_policlorados.pdf](http://www.ataonline.org.ar/bibliotecavirtual/.../bifenilos_policlorados.pdf)
15. Vanegas CM. Bifenilos policlorados contaminación ambiental, contaminación del suelo. CIEMA, Universidad Nacional de Ingeniería, Managua, marzo 2011. <http://www.slideshare.net/MIA-CIEMA/bifelinos-policlorados>
16. Bozada RL, Bejarano F. Los Compuestos Orgánicos. Persistentes en el Istmo. Red de Acción sobre Plaguicidas y Alternativas en México (RAPAM) Texcoco, Edo. de México, México, 2006.
17. Yarto M, Gavilán A, Barrera J. El Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes y sus implicaciones para México. Gaceta Ecológica, INE 2003; 69:7-28.
18. Álvarez-Comunas I. Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs)., Gabinete de Salud Laboral de UGT. Asturias.Abril, 2004 . [www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo](http://www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo).
19. Tolcachier, A J. Salud ambiental. Libro virtual intranet, Roemmers.2000 [http://www.intramed.net/sitios/libro\\_virtual4/8](http://www.intramed.net/sitios/libro_virtual4/8)
20. Pérez-Herrera N, Polanco-Minaya H, Salazar-Arredondo E, Solís-Heredia MJ, Hernández-Ochoa I, Rojas-García E, et al. PON1Q192R genetic polymorphism modifies 21(8):774-780

- organophosphorous pesticide effects on semen quality and DNA integrity in agricultural workers from southern Mexico. *Toxicology and Applied Pharmacology* 2008; 230:261-8.
21. García-Rodríguez, R, García-Martín M, Noguerras-Ocaña M, Luna-DelCastillo J, Espigares-García M, Olea N, Lardelli-Claret P. Exposure to Pesticides and Cryptorchidism: Geographical Evidence of a Possible Association. *Environ Health Perspectives* 1996, 104:1090-1095.
  22. Weidner, I S, Moller H, Jensen, TK, Skakkebaek, N E. Cryptorchidism and hypospadias in sons of gardeners an farmers. *Environ Health perspectives.* 1998, 106:793-796.
  23. Rivas A, Granada A, Jiménez M, Olea F, Olea N. Exposición humana a disruptores endocrinos. *Ecosistemas*, 2004; 13(3): 7-12.
  24. García, A M, Fletcher, T and Benavides, F G. Parenteral agricultural work and selected congenital malformations. *Am J. epidemiol.* 1999, 149: 64-67.
  25. González Navarrete RL, Alvarado-Mejía JA, Rodas-Ortiz JP, Gold-Bouchot G, Ceja-Moreno V. Contaminación por DDT y Derivados en Leche Materna, Mérida Yucatán. Libro de resúmenes del 13 Congreso de Investigación en salud pública INSP. 2009:36.
  26. Rodas-Ortiz JP, Ceja-Moreno V, González-Navarrete RL, Alvarado-Mejía JA, Rodríguez-Hernández ME, Gold-Bouchot G. Organochlorine pesticides and Polychlorinated Biphenyls levels in Human milk from Chelém, Yucatán, México. *Bull Environ Contam Toxicol* 2008; 80:255-259.
  27. González-Navarrete R, L, Alvarado-Mejía J, Pérez-Herrera N. Monitoreo de contaminantes orgánicos persistentes en leche materna en Yucatán. En: *Aportes al conocimiento de la salud en Yucatán.* Mérida, Yucatán, UADY, 2010.247-263.

# DIFERENCIAS DE GÉNERO EN EL CICLO DE VIDA DE LOS PRODUCTOS ELECTRÓNICOS Y SUS RESIDUOS

Frineé Kathia Cano Robles, Arturo Gavilán García,  
Víctor Alcántara Concepción

## RESUMEN

Este documento presenta un resumen de diversos enfoques sobre género y productos electrónicos y sus residuos en diferentes partes del mundo, incluido México, así como una reflexión acerca de la necesidad de incluir esta categoría en estudios posteriores, dado que la información disponible hasta el momento es muy limitada. Las diferencias en los papeles que desempeñan mujeres y hombres durante las diversas etapas del ciclo de vida de un producto electrónico (ensamblaje o maquila, uso, disposición y reciclaje) son notables, lo que se debe a las condiciones sociales, culturales y económicas. Particularmente, los impactos en la salud de mujeres y hombres se han estudiado en relación con exposiciones diferenciadas a sustancias químicas contenidas en los productos electrónicos durante su manufactura y en sus residuos, así como las diferencias biológicas que influyen en sus efectos.

*Palabras clave: residuos electrónicos, género, productos electrónicos, ciclo de vida.*



## INTRODUCCIÓN

Los medios de comunicación masiva frecuentemente han evidenciado el problema de los residuos electrónicos a nivel mundial. Constantemente se difunde información acerca de investigaciones sobre las sustancias tóxicas que se encuentran en aparatos eléctricos y electrónicos que utilizamos todos los días, así como imágenes sobre el envío ilegal desde países desarrollados a otros con menor nivel de desarrollo (como China, Ghana, India y Nigeria) donde existen comunidades enteras dedicadas a su reciclaje informal.<sup>1</sup>

El problema de los residuos electrónicos ha cobrado reconocimiento a nivel mundial a partir de la creación de los convenios de Basilea y Estocolmo (ambos firmados por México), principalmente por la identificación de algunos contaminantes orgánicos persistentes (COP), como los retardantes de flama bromados, así como de metales pesados; al final de su ciclo de vida, estos contaminantes pueden ser liberados y provocar efectos adversos al medioambiente y a la salud. Desde la segunda mitad de la década de los noventa la industria electrónica ha crecido considerablemente, hasta volverse uno de los sectores manufactureros más importantes. Según un informe de *Business Monitor Internacional*, después de Brasil, México es el principal mercado de productos electrónicos de América Latina. Los teléfonos celulares, televisiones, computadoras, entre otros, son productos con una participación significativa en el mercado nacional y con una demanda en constante crecimiento.

En el caso de las computadoras y del servicio de televisión de paga, en el país el número de hogares con estos bienes se ha duplicado en comparación con el año 2001, mientras que el uso de Internet se ha triplicado. La densidad de telefonía móvil se ha incrementado de 14.2 suscripciones a teléfonos celulares por cada 100 habitantes en el año 2000, hasta 81.3 en 2010.<sup>2</sup>

La producción mundial de residuos electrónicos se calcula que es de 20 a 50 millones de toneladas al año. De acuerdo con estudios recientes realizados por el Instituto Nacional de Ecología (INE), en 2010 la generación de residuos electrónicos en México llegó a 300 mil toneladas<sup>i</sup>. De esta cantidad se estima que solo un 10 % se recicla; el 40 % queda almacenado en casas habitación, y el resto se desmantela para el reúso de algunos componentes o se envía a tiraderos.

---

i Dato actualizado a partir de la información recabada en el Diagnóstico Nacional sobre la Generación de Residuos Electrónicos en México (INE, 2006).

La preocupación por los residuos electrónicos no se ha incrementado solo por el volumen generado, sino también por su contenido de sustancias químicas tóxicas, entre las que destacan por su toxicidad el mercurio, el plomo, el cadmio, el cromo hexavalente y el arsénico. Existen también contaminantes orgánicos persistentes, como los éteres bifenílicos polibromados (PBDE) y los bifenilos polibromados (BPB), que son tóxicos, persistentes y bioacumulables, y tienen la capacidad de generar dioxinas y furanos a través de su quema no controlada. Estas sustancias pueden llegar al ambiente y a la población a través de agua y alimentos que estén en contacto con lixiviados de tiraderos de basura, o a través del aire por la quema de residuos plásticos para extraer su contenido de metales valiosos (oro, plata y cobre).<sup>3</sup>

Mundialmente se han reportado niveles elevados de esos compuestos en aire, agua, suelos y sedimentos; así mismo, se tiene información sobre el incremento de las concentraciones de PBDE desde los años ochenta a la fecha; en este lapso las concentraciones se multiplicaron hasta 10 veces en mamíferos del Ártico, 100 veces en aves acuáticas y 1000 veces en los Grandes Lagos, Canadá, y en ballenas beluga del estuario San Lorenzo, Canadá. En México se han encontrado compuestos PBDE en sangre de niños de comunidades cercanas a rellenos sanitarios y maquiladoras de productos electrónicos.

La categoría género no ha sido considerada de manera específica en ninguno de los estudios mencionados. Este documento es una reflexión sobre la importancia de profundizar en el tema de los patrones de uso y desecho de aparatos electrónicos por género, así como en los impactos en la salud ante la exposición a contaminantes orgánicos persistentes y metales en grupos poblacionales expuestos tanto ambiental como laboralmente.

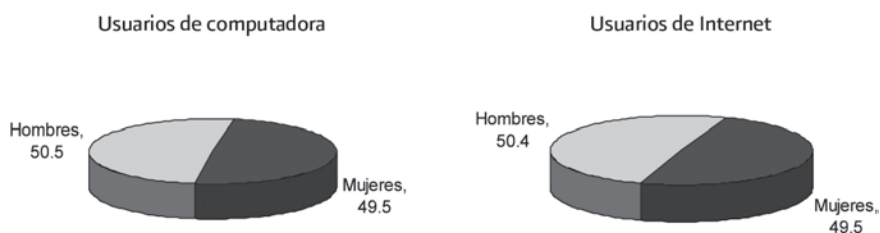
## **USO Y DISPOSICIÓN DE APARATOS ELECTRÓNICOS**

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) realiza desde 2001 hasta la fecha la Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de las Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH). Para realizar el estudio, primeramente se realiza una revisión conceptual del tema, y año con año se va adecuando el cuestionario de acuerdo con la información recabada; finalmente, se hace la determinación de la muestra de hogares a entrevistar.<sup>4</sup>

En cuanto a la variable “género”, el único resultado obtenido es sobre el uso de tecnologías de la información. En la figura 1 se observa una diferencia

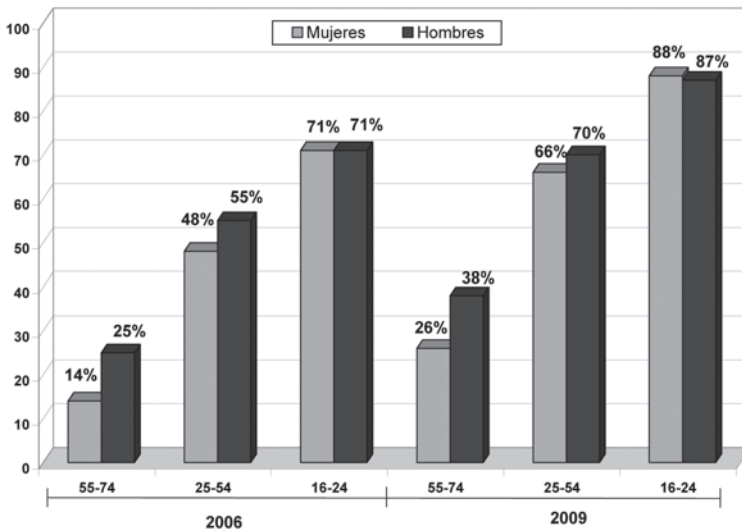
poco significativa en favor de la población masculina; esta diferencia alcanza un punto porcentual en el uso de computadora y apenas 0.8 para los usuarios de Internet. Al analizar el cuestionario aplicado, se nota una ausencia de preguntas que puedan relacionar los aspectos de género con variables como el nivel socioeconómico o educativo.

**FIGURA I. USUARIOS DE TIC POR GÉNERO 2009 (PORCENTAJES).**  
**FUENTE: INEGI. ENCUESTA NACIONAL SOBRE DISPONIBILIDAD Y USO DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN EN LOS HOGARES, 2009.**



La información sobre el tema de la disponibilidad de tecnologías y el uso de aparatos eléctricos y electrónicos desde una perspectiva de género es limitada tanto en México como en el resto del mundo. En Europa solo se han realizado algunos trabajos que han evaluado las diferencias por género en cuanto al uso de computadoras o acceso a Internet, en donde el género masculino ha sido predominante, aunque por un bajo porcentaje que se ha reducido con el tiempo. En la figura II se puede observar el uso de este tipo de tecnologías por género y por grupo de edad en Europa para los años 2006 y 2009;<sup>5</sup> se puede observar que las diferencias a favor del género masculino tienden a disminuir e incluso a revertirse, particularmente en los grupos más jóvenes.

**FIGURA II. INDIVIDUOS QUE USAN INTERNET AL MENOS UNA VEZ A LA SEMANA (UNIÓN EUROPEA) POR GRUPO DE EDAD Y GÉNERO.**  
**FUENTE: EUROSTAT, 2009.**



En cuando al tiempo de vida que se le da en México a computadoras, celulares, televisores, etc., así como la decisión del método de disposición cuando ya no son requeridos, no se sabe realmente si hay diferencias que influyan en las decisiones de hombres y mujeres sobre su disposición o con respecto a la actualización de los aparatos. En las familias mexicanas, de acuerdo con los estereotipos para mujeres y hombres, es frecuente que los integrantes del hogar reconozcan como jefe al varón de mayor edad. El 70 % de los perceptores de ingresos monetarios en los hogares de México son hombres, lo que favorece también el rol de jefe del hogar. Sin embargo, cada vez más hogares consideran a una mujer en ese rol. En 2005, en el 15.8 % de los hogares formados por parejas con hijos, la mujer era la jefa de familia. Con estas cifras se puede generar una hipótesis sobre el mayor poder de decisión masculino en la compra de aparatos electrónicos en los hogares, aunque en la realidad las diferencias se pueden asociar con el tipo de uso que se le da al aparato.

Algunos bienes electrónicos y electrodomésticos para el uso de los ocupantes de las viviendas pueden originar diferencias en la forma en que se llevan a cabo algunas actividades domésticas y la carga de trabajo que ellas implican. En el cuadro I se puede observar que en 2005 el porcentaje de viviendas con

refrigerador es ligeramente mayor cuando hay una mujer al frente. La situación es distinta con la lavadora, pues hay ligeramente más viviendas de hogares con un hombre al frente que cuentan con lavadora. El caso del uso de computadoras, al ser esta una herramienta de estudio, trabajo o entretenimiento de los miembros del hogar, muestra las mayores diferencias entre las viviendas según el sexo del jefe del hogar (2.3 %): el 20.1 % cuando es varón, y el 17.8 % si es mujer. El televisor es lo más común en las viviendas mexicanas, con un 91% sin diferencia por el sexo del jefe de familia.<sup>6</sup>

**CUADRO I. PORCENTAJE DE VIVIENDAS QUE DISPONEN DE BIENES SEGÚN EL SEXO DEL JEFE DEL HOGAR (2005).**

**FUENTE: INEGI, 2010.**

Bienes	Sexo del jefe del hogar	
	Jefe	Jefa
Televisión	91 %	91 %
Refrigerador	78.7 %	80 %
Lavadora	63.2 %	61.2 %
Computadora	20.1 %	17.8 %

En el caso particular del ensamblaje y el reciclaje de residuos electrónicos, se han observado diversas diferencias de género. En esta industria, las mujeres reciben generalmente un menor salario, y tienden a trabajar más tiempo y en condiciones más difíciles que los hombres.<sup>7</sup>

Así mismo, se ha detectado que son contratadas más mujeres que hombres en maquiladoras y desensambladoras de equipo electrónico (se estima que representan un 70% de los empleados), ya que ellas tienen mejores capacidades para realizar trabajos finos en los que se precisa de mucha rapidez y destreza manual, aunque esta afirmación ha sido rebatida por algunas autoras por el hecho de que enmascara un prejuicio que puede apoyar prácticas diferenciales con desventaja para las mujeres.<sup>8,9</sup>

Un ejemplo de actividades realizadas por mujeres para aprovechar los materiales valorizables que se encuentran en los residuos electrónicos es la cooperativa conocida como “Las Chicas Bravas”, en Fronteras, Sonora. La difícil situación económica de la ciudad despertó el interés de un grupo de mujeres

para dedicarse al acopio y al desensamblaje de computadoras, televisores y celulares obsoletos. Actualmente reciben una gran cantidad de material de ciudades estadounidenses, como Phoenix y Tucson, para ser procesadas en su planta de Fronteras, y posteriormente ser enviadas a una planta de reciclaje en Vermont.<sup>10</sup>

## **EXPOSICIÓN A SUSTANCIAS QUÍMICAS POR ACTIVIDADES DE MANUFACTURA Y RECICLAJE**

De acuerdo con el reporte de las Naciones Unidas sobre Sustancias Químicas y Género, las mujeres se exponen a sustancias tóxicas principalmente en su ambiente laboral y en el hogar.<sup>11</sup>

Se ha identificado a nivel mundial un número de sustancias químicas tóxicas particularmente preocupantes y que por sus características impactan a hombres y a mujeres de manera diferente. Estas sustancias pueden ser divididas en tres grupos clave:

- Sustancias persistentes, bioacumulables y tóxicas (PBT), como los contaminantes orgánicos persistentes (COP).
- Metales pesados, que incluye elementos como el cadmio, el plomo y el mercurio, entre otros.
- Disruptores endócrinos, que son sustancias que pueden causar efectos adversos a las funciones hormonales.

Las sustancias encontradas en los residuos electrónicos caen en las primeras dos categorías, ya que algunos retardantes de flama son compuestos orgánicos persistentes, y existen varios componentes que contienen metales pesados. La exposición de trabajadores (hombres y mujeres) a estas sustancias puede darse tanto en ambientes laborales formales como informales.<sup>11</sup> Las prácticas basadas en los preceptos sociales de género, que pueden determinar diferencias entre hombres y mujeres en el contacto con estas sustancias, se refieren a la distribución de tareas, asalariadas y no asalariadas, y a su posición en el mercado de trabajo y sectores económicos.

Por otra parte, las diferencias biológicas entre los sexos afectan también al tipo de efectos en la salud que se derivan de la exposición o el contacto con di-

chas sustancias. Por ejemplo, muchas de estas son lipofílicas, por lo que tienden a acumularse en los tejidos grasos, que en general son más abundantes en las mujeres que en los hombres, por lo cual la acumulación de estos tóxicos en los seres humanos tiende a ser mayor en ellas.

En países en vías de desarrollo es común que las mujeres y los niños sean explotados laboralmente en trabajos como la “cocción de circuitos”, la quema de cables, o el tratamiento de equipos con ácidos para la extracción de metales preciosos, incluyendo el cobre.<sup>1,12</sup>

A nivel internacional, diversas comunidades de Asia han sido objeto de estudios sobre niveles de contaminantes en el ambiente y sus posibles impactos en la salud, ya que ahí se destinan grandes cantidades de computadoras, televisores, celulares y otros residuos electrónicos para ser reciclados cada año. Diversos estudios han concluido que las mujeres y los niños dedicados al reciclaje presentan niveles más altos de metales pesados y dioxinas en su organismo que las personas no expuestas laboralmente. Los metales y las dioxinas están ligados a enfermedades como el cáncer, defectos en el desarrollo y daños neurológicos.<sup>13,14,15</sup>

En particular, uno de los múltiples estudios de población en Asia demostró que en algunos sitios de reciclaje de electrónicos en Vietnam (Trang Minh, Dong Mai y Bui Dau) la concentración de PBDE en leche materna fue mucho mayor que en un sitio control no impactado por este tipo de actividad; las diferencias llegaron a ser de 20–250 ng/g lípido, lo que representa dos órdenes de magnitud mayores a los del sitio de control (la ciudad de Hanoi, donde se detectaron 0.24-0.8 ng/g lípido). Se examinó principalmente la relación entre estos contaminantes y el estilo de vida de las mujeres. Las rutas de exposición pudieron ser principalmente inhalación e ingestión de polvo con retardantes de flama provenientes de las actividades de reciclaje.<sup>14</sup> Por otra parte, un estudio alterno muestra una comparación entre el tipo de residuos que colectan los hombres y las mujeres en Hanoi (cuadro II); el cartón es recolectado principalmente por mujeres y los electrónicos por hombres, lo que nos da una idea de cómo aquellos residuos de mayor valor económico son acaparados por los hombres, a pesar de que en los sitios de desensamblaje informal se tenga principalmente mano de obra femenina.<sup>16</sup>

**CUADRO II. DIFERENCIA ENTRE LA CANTIDAD DE RESIDUOS COLECTADOS POR GÉNERO EN LA CIUDAD DE HANOI, VIETNAM (2006).**

**FUENTE: MITCHELL, 2008.**

Tipo de material	Género	Promedio recolectado (kg/día)
Papel y cartón	Mujeres	4.12
	Hombres	2.11
Vidrio	Mujeres	3.37
	Hombres	0.97
Hule espuma	Mujeres	0.31
	Hombres	0.08
Electrónicos	Mujeres	0.013
	Hombres	4.52

En México las investigaciones sobre el tema son escasas, pero en 2006 se realizó un trabajo sobre los niveles de PBDE en sangre de niños mexicanos, y se mostró que existe exposición a estos compuestos, principalmente en algunas comunidades cercanas a tiraderos de basura municipales. Las concentraciones llegaron a ser de hasta 43.4 ng/g lípidos, lo que representa entre 4 y 9 veces lo identificado para sitios no impactados.<sup>17</sup> Sin embargo, no se cuenta con más información, principalmente por la falta de control sobre las empresas recicladoras de equipo electrónico, y por el difícil acceso a grupos que desempeñan trabajos informales de recuperación de materiales para su acopio y reciclaje. Por otra parte, el proceso de ensamblaje de aparatos electrónicos, o maquila electrónica, ha sido estudiado más a fondo y, aunque las condiciones de trabajo son diferentes, puede darnos idea de cómo puede verse afectada la salud de estos grupos vulnerables al realizar actividades relacionadas con el manejo de las sustancias tóxicas contenidas en el equipo electrónico. La maquila electrónica se caracteriza por el uso de sustancias químicas (como solventes y metales) en diversas etapas del proceso de limpieza, grabado, afilado, sellado y encapsulado.<sup>15,21</sup>

La frontera norte de México se destaca por la importancia del sector manufacturero, y ahí se han centrado diversos análisis sobre las condiciones laborales y de salud de los trabajadores de la industria maquiladora de exportación en México. Este sector hace uso intensivo de la fuerza de trabajo mayoritariamente femenina, y constituye una importante fuente de empleos en la zona. Cedillo *et al.* reportan



que en la frontera norte (Tijuana) los principales problemas ocupacionales detectados en la maquila son la exposición a químicos, así como riesgos ergonómicos, ruido y estrés. Del sector laboral estudiado, al menos la tercera parte de las mujeres trabajadoras están involucradas en la manufactura de aparatos electrónicos, y a su vez la tercera parte de ellas había trabajado ya anteriormente en este mismo giro. Las razones para que estas mujeres dejaran su empleo anterior fueron principalmente personales o familiares (50 % aproximadamente), pero también existe un 20 % que lo atribuye a preocupación por su salud, condiciones de trabajo y situación de embarazo.<sup>18</sup>

En este ámbito laboral persisten los riesgos químicos con probables efectos en la salud de las trabajadoras de maquiladoras de equipo electrónico. Algunos datos muestran elevados índices de morbilidad por demanda de los servicios de seguridad social, que son entre 2 y 4 veces más altos que para otros trabajadores industriales. En cuanto a salud reproductiva, el bajo peso al nacer de los hijos tiene una incidencia 2.8 veces mayor para obreras de la maquila que para otros grupos de trabajadoras.<sup>19,20,21</sup>

De acuerdo con estadísticas del Instituto Mexicano del Seguro Social, se han registrado en este sector accidentes ocupacionales y enfermedades, principalmente daños auditivos y efectos respiratorios. En un menor porcentaje se han detectado condiciones de dermatitis, amputación de manos, sinovitis y tenosinovitis.<sup>22</sup>

Con respecto a las plantas de desensamble de residuos electrónicos, la exposición a sustancias potencialmente tóxicas suele ser diferente. Sin ser una norma general, las mujeres tienden a trabajar en las líneas de desmantelamiento de aparatos, en donde se encuentran expuestas a solventes, polvos, y en algunos casos a particulados metálicos y de soldadura; los hombres tienden a ocuparse en las bodegas y en las zonas de recepción de materiales, de trituración de plásticos y de descarga y transporte de materiales, donde la exposición se centra en partículas derivadas de los equipos de trituración y en el ruido<sup>ii</sup>. Del reciclaje informal de cables de cobre se tiene poco conocimiento de su operación, pero se estima que existe tanto participación de hombres como de mujeres que se exponen a los humos generados de la quema de plásticos, los cuales pueden contener retardantes de flama bromados, compuestos policíclicos halogenados, y en algunos casos dioxinas y furanos.

---

ii Observación en diferentes instalaciones de desensamblaje de residuos electrónicos en México.

## CONCLUSIONES

El presente documento busca contribuir a la reflexión sobre la escasez de información científica y técnica disponible en el tema de género y residuos electrónicos, pero sobre todo se desea hacer hincapié en la falta de incorporación de la categoría género en la investigación ambiental en México, particularmente en lo que se refiere a la “agenda gris”, y la necesidad de incluirla en futuras investigaciones. El INE cuenta con una línea muy definida sobre residuos electrónicos; sin embargo, hasta ahora los patrones de género no han sido considerados en los estudios. El desarrollo de esta perspectiva en la investigación puede favorecer tanto la prevención de los efectos en la salud como la protección al ambiente, y en particular el manejo integral de los residuos puede verse mejorado si se consideran variables sociales, culturales, económicas, de género y de salud. Sobre el tema de la salud de trabajadores y trabajadoras de la industria de la maquila y el reciclaje de residuos electrónicos, se conoce que la exposición es diferente según el tipo de labores desempeñadas, y que generalmente está dividida por género.

Se recomienda considerar en nuevas investigaciones la incorporación de una perspectiva de género, el análisis de variables a lo largo del tiempo, y su relación con procesos específicos; así mismo, está la necesidad de darle mayor sustento teórico a la selección de grupos de comparación o de control, de integrar las distintas esferas de vida y de trabajo, y de reflexionar sobre la selección de los indicadores de salud.

Las investigaciones deberían estar enfocadas principalmente en la prevención de los impactos en la salud por riesgos ocupacionales, así como en estudiar las condiciones de salud y su relación con las condiciones de vida y de reproducción que predominan en áreas donde hay mayores concentraciones de maquiladoras o actividades de reciclaje artesanal.

Estos estudios ayudarán a disponer de información sistematizada sobre la participación y la contribución de las mujeres y los hombres en las diferentes etapas de la gestión integral de los residuos de manejo especial, como son los electrónicos, así como a analizar diferencias e intereses de cada género en las etapas del ciclo de vida de los productos electrónicos. También permitirán señalar elementos básicos y medidas mínimas que deberán ser atendidas para incorporar la problemática de género en las estrategias de gestión de los residuos.

## REFERENCIAS

1. Puckett J, Smith T. Exporting harm: the high-tech trashing of Asia. The Basel Action Network. Seattle: Silicon Valley Toxics Coalition; 2002.
2. Comisión Federal de Telecomunicaciones. Penetración de la Telefonía Móvil por Región 1995 - 2010 (Semestral). México, COFETEL 2010. (Consultado el 25 de agosto de 2011). Disponible en: <http://www.cft.gob.mx>.
3. Frazzoli C, Ebere O, Dragone R, Mantovani A. Diagnostic health risk assessment of electronic waste on the general population in developing countries' scenarios. *Environmental Impact Assessment Review*. 2010; 30: 388–399.
4. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Estadística sobre la disponibilidad y el uso de las Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC). México, INEGI 2009. (Consultado el 25 de agosto de 2011). Disponible en: [http://www.inegi.org.mx/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/encuestas/especiales/endutih/ENDUTIH\\_2009.pdf](http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/encuestas/especiales/endutih/ENDUTIH_2009.pdf).
5. Lööf A, Seybert H. Industry, trade and services. Data in focus. Unión Europea, Eurostat. 2009. (Consultado el 25 de agosto de 2011) Disponible en: [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY\\_OFFPUB/KS-QA-09-046/EN/KS-QA-09-046-EN.PDF](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-QA-09-046/EN/KS-QA-09-046-EN.PDF).
6. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Mujeres y Hombres en México. México, 2010. INEGI. (Consultado el 29 de agosto de 2011). Disponible en: [http://www.inegi.org.mx/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/sociodemografico/mujeresyhombres/2010/MyH\\_2010.pdf](http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/sociodemografico/mujeresyhombres/2010/MyH_2010.pdf).
7. Scheinberg A, Muller M, Tasheva E. Gender and Waste. Urban Waste Expertise Programme.1999.
8. Vargas R. Agresiones en la industria electrónica. *Frecuencia Laboral*. México, 2011. (Consultado el 25 de agosto de 2011). Disponible en: <http://www.frecuencialaboral.com/electronica.html>.
9. Sklair L. *Assembling for Development: The maquila industry in Mexico and the United States*. Estados Unidos, London School of Economics, 1988.
10. Herrerías M. Las Chicas Bravas: In the small, struggling Mexican town of Fronteras, a group of women has big goals. *Estados Unidos, Tucson Weekly*. Enero 2009.
11. United Nations Development Programme. Chemicals and gender. *Energy & Environment Practice. Gender Mainstreaming. Guidance Series*. Estados Unidos, UNDP. 2011.
12. Terazono A, et. al. Current status and research on e-waste issues in Asia. *J Mater Cycles Waste Manag*. 2006, 8:1–12.
13. Ming H. Recycling Of E-Waste in China May Expose Mothers, Infants to High Dioxin Levels. *ScienceDaily*. 2007.
14. Minh-Tue N, Sudaryanto A, Binh-Minh T, Isobe T, Takahashi S, Hung-Viet P, Tanabe S. Accumulation of polychlorinated biphenyls and brominated flame retardants in breast milk from women living in Vietnamese e-waste recycling sites. *Science of the total Environment*. 2010; 408: 2155-2162.
15. Xia Huo, Lin Peng, Xijin Xu, Liangkai Zheng, Bo Qiu, Zongli Qi, Bao Zhang, Dai Han, and Zhongxian Piao. Elevated Blood Lead Levels of Children in Guiyu, an Electronic Waste Recycling Town in China. *Environ Health Perspect*. 2007; 115(7): 1113–1117.
16. Mitchell, C. Altered landscapes, altered livelihoods: The shifting experience of informal waste collecting during Hanoi's urban transition. *Geoforum*. 2008; 39: 2019–2029.
17. Pérez-Maldonado I, et. al. Exposure assessment of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in Mexican children. *Chemosphere*. 2009; 75: 1215–1220.
18. Cedillo-Becerril LA, Harlow SD, Sánchez RA, Monroy DS. Establishing priorities for occupational health research among women working in the maquiladora industry. *Int J Occup Environ Health*. 1997; 3:221-230.

19. Villegas J, Noriega M, Martínez S, Martínez S. Trabajo y salud en la industria maquiladora mexicana: una tendencia dominante en el neoliberalismo dominado. *Cadernos de Saúde Pública*. Brasil. Rio de Janeiro.1997; 13(Supl. 2):123-134.
20. Guendelman S; Jasis-Silberg M. The Health Consequences of Maquiladora Work: Women on the US-Mexican Border. *American Journal of Public Health*. 1993; Vol.83, No. 1: 37-44.
21. Denman C. Salud en la maquila: preguntas para la investigación. *Revista Nueva Antropología*. 1997. Año/Vol XVI p.167-185 115(7): 1113-1117.
22. Denman C, Cedillo L, Harlow S. Work and health in export industries at national borders. En: Heymann, J, comp. *Global inequalities at work: work's impact of the health of individuals, families and societies*. Nueva York, EUA: Oxford University Press. 2003: 247-277.



# GLOSARIO

**Agroquímico.** Sustancias químicas utilizadas en la agricultura como insecticidas, herbicidas y fertilizantes.

**Análisis de género.** Conjunto de herramientas para realizar un diagnóstico que permite identificar las necesidades, intereses y problemas específicos de las mujeres y hombres, las relaciones que establecen entre ellos, identificar los obstáculos para impulsar acciones, proponer proyectos y detectar los posibles impactos sobre hombres y mujeres de dichas acciones y proyectos.

**Bioacumulación.** Aumento progresivo de la cantidad de una sustancia química dentro de un organismo o parte de él. Ocurre cuando la absorción de la sustancia excede la capacidad que tiene el organismo para eliminarla.

**Biomagnificación.** El proceso por el cual las concentraciones de los contaminantes aumentan al pasar sucesivamente a través de la cadena trófica.

**Biomarcador.** Es un indicador bioquímico, fisiológico o ecológico del estrés físico, químico o biológico al cual están sujetos los organismos o las poblaciones. Se considera un trazador o señal de las reacciones, los procesos, los eventos o las condiciones que son patológicas o se salen de comportamiento natural de los sistemas biológicos.

**Calidad seminal.** Análisis de la concentración espermática, la motilidad, el volumen seminal, aspecto, color, pH, que además sirve para evaluar la forma de los espermatozoides y establecer el porcentaje de espermatozoides vivos y muertos.

**Cáncer.** Enfermedad en la cual se presentan alteraciones del material genético, de los sistemas de reparación o de los factores biomoleculares que controlan

la división celular, lo que resulta en células que proliferan de manera anormal e incontrolada.

**Cancerígeno.** Que puede provocar cáncer.

**Contaminación química.** Presencia de una sustancia química en el medioambiente que, por su composición química o cantidad, impide el funcionamiento de los procesos naturales y causa efectos adversos en el medio ambiente y en la salud.

**Contaminante.** Cualquier agente químico, físico o biológico que es introducido en el medioambiente y afecta a los organismos vivos y a los ecosistemas.

**Discriminación.** Toda distinción, exclusión o restricción que, basada en el origen étnico o nacional, sexo, edad, discapacidad, condición social o económica, condiciones de salud, embarazo, lengua, religión, opiniones, preferencias sexuales, estado civil o cualquier otra, tenga por efecto impedir o anular el reconocimiento o el ejercicio de los derechos y la igualdad real de oportunidades de las personas.

**Disposición final.** Acción de depositar o confinar permanentemente residuos en sitios e instalaciones cuyas características permitan prevenir su liberación al ambiente y las consecuentes afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas y sus elementos.

**Dosis.** Cantidad de una sustancia a la cual una persona u organismo está expuesto durante un tiempo dado. La dosis se expresa comúnmente en miligramos (cantidad) por kilogramo (medición de peso corporal) por día (medición de tiempo).

**Dosis absorbida.** Cantidad de sustancia que entra al organismo o a los órganos y tejidos de interés.

**Dosis administrada.** Cantidad de sustancia introducida en el cuerpo de un sujeto de prueba (humano o animal) para determinar la relación dosis-respuesta.

**Dosis aplicada.** Cantidad de sustancia que entra en contacto con las barreras primarias de absorción de un organismo (piel, tejido pulmonar y tracto gastrointestinal, entre otros) y que está disponible para su absorción.

**Dosis de punto de referencia (Benchmark Dose).** Concentración que produce un cambio predeterminado en la respuesta de un organismo expuesto (llamada respuesta de referencia).

**Dosis de referencia (RfD).** Estimación de la exposición diaria oral de la población humana, de la que no se espera que cause efectos dañinos en el transcurso de una vida. Las RfD se usan generalmente para conocer el umbral o la dosis límite a partir de la cual se producen los efectos en la salud.

**Dosis efectiva (DEx).** Dosis única de una sustancia que causa una magnitud definida de respuesta en un sistema dado. La DE10 es la dosis única que causa 10% de respuesta máxima.

**Dosis letal media (DL50).** Dosis única de una sustancia química que causará la muerte del 50% de la población expuesta de organismos, bajo un conjunto definido de condiciones experimentales.

**Dosis máxima tolerada.** La dosis máxima que una especie animal puede tolerar durante una parte importante de su vida, sin presentar un efecto adverso diferente a la carcinogénesis.

**Dosis potencial.** La cantidad de un compuesto contenida en el material ingerido, inhalado o aplicado sobre la piel.

**Dosis-respuesta.** Relación entre la magnitud de la exposición (dosis) a una sustancia y los cambios registrados en la salud o en una función del organismo (respuesta).

**Ecotoxicología.** Ciencia dedicada al estudio de los efectos dañinos causados por sustancias tóxicas que ingresan al ambiente natural. Uno de los aspectos esenciales de la ecotoxicología es la evaluación del movimiento de sustancias potencialmente tóxicas a través de los compartimentos ambientales y las redes alimentarias.



**Efecto adverso.** Cambio bioquímico, discapacidad funcional o lesión patológica que afecta el desempeño de un organismo entero o reduce su capacidad para responder a un reto ambiental adicional.

**Efecto crónico.** Efecto que ocurre como resultado de una exposición continua durante un largo período o una fracción significativa del tiempo de vida.

**Enfermedad crónico-degenerativa.** Es la enfermedad física y/o mental que posterior a su aparición se prolonga, provocando un deterioro, desgaste y/o mal funcionamiento de la(s) parte(s) del cuerpo afectada(s).

**Enfoque de género.** Es la visión diferente ante un mismo un hecho a partir de la educación diferenciada entre hombres y mujeres.

**Epidemiología.** Ciencia dedicada al estudio estadístico de los patrones de enfermedad en las poblaciones.

**Equidad.** Es la cualidad de los fallos, juicios o repartos en que se da a cada persona según corresponda a sus méritos o deméritos. Es la cualidad por la que ninguna de las partes es favorecida de manera injusta en perjuicio de la otra.

**Equidad de género.** Concepto que se refiere al principio conforme al cual hombres y mujeres acceden con justicia e igualdad al uso, control y beneficio de los bienes y servicios de la sociedad, incluyendo aquellos socialmente valorados, oportunidades y recompensas, con la finalidad de lograr la participación de las mujeres en la toma de decisiones en todos los ámbitos de la vida social, económica, política, cultural y familiar.

**Estereotipo.** Imagen mental muy simplificada de algún grupo de personas ó institución, que es compartida dentro de grupos o entidades sociales y contribuyen a la creación y/o mantenimiento de ideologías que explica y justifican diversas acciones sociales, además de preservar un sistema de valores.

**Exposición.** La magnitud y la frecuencia con la que un organismo vivo entra en contacto con un agente químico, físico o biológico.

**Fertilizante.** Tipo de sustancia o mezcla química, natural o sintética utilizada para enriquecer el suelo y favorecer el crecimiento vegetal. Los más comunes aportan nitrógeno y fósforo.

**Ftalatos.** Grupo de compuestos químicos principalmente empleados como plastificadores (sustancias añadidas a los plásticos para incrementar su flexibilidad).

**Generación.** Acción de producir residuos a través de procesos productivos o de consumo.

**Género.** Conjunto de ideas, creencias y atribuciones asignados a hombres y a mujeres según el momento histórico y cultural específico que determinan las relaciones entre ambos.

**Genotóxico.** Cualquier sustancia que daña el ADN.

**Incertidumbre.** Falta de conocimiento claro y seguro sobre algo. En el contexto del análisis de riesgos, se requiere precisar la incertidumbre para mejorar la caracterización del riesgo.

**Incidencia.** El número de casos nuevos de una enfermedad que se presenta en una población específica en un periodo determinado.

**Ingesta diaria aceptable.** La cantidad de una sustancia química a la cual puede estar expuesta una persona diariamente a lo largo de la vida (considerando una esperanza de vida de 70 años) sin sufrir efectos adversos.

**Jornalero.** Trabajador del campo por cuenta ajena, generalmente contratado por días o temporadas cortas.

**Línea base.** La concentración de una sustancia en un medio ambiental (aire, agua o suelo) que ocurre naturalmente sin la influencia de la actividad humana.

**Lipofílico.** Comportamiento de toda molécula que tiene afinidad por los lípidos.

**Manejo integral.** Actividades de reducción en la fuente; separación; reutilización; reciclaje; co-procesamiento; tratamiento biológico, químico, físico o térmico; acopio; almacenamiento; transporte y disposición final de residuos. Se realiza de manera individual o combinada para adaptarse a las condiciones y necesidades de cada lugar, cumpliendo objetivos de valorización, eficiencia sanitaria, ambiental, tecnológica, económica y social.

**Metabolismo.** La transformación o degradación de una sustancia por un organismo vivo.

**Metabolito.** Cualquier producto de un metabolismo.

**Metahemoglobina.** Es una alteración del estado de la hemoglobina, en el cual los grupos ferrosos ( $\text{Fe}^{+2}$ ) del grupo "hemo" son oxidados al estado férrico ( $\text{Fe}^{+3}$ ). La metahemoglobina se presenta cuando el hierro que forma parte de la hemoglobina se altera de tal manera que no transporta bien el oxígeno y es un problema que puede ser ocasionado por la introducción de ciertos compuestos al torrente sanguíneo.

**Metales pesados.** Metales de elevada densidad, tales como el cadmio, plomo, cobre, mercurio y cromo, y que presentan cierta toxicidad.

**Monitoreo.** Medición analítica sistematizada, continua o periódica, para determinar las concentraciones de contaminantes en muestras ambientales y biológicas.

**Morbilidad.** Ocurrencia de una enfermedad que altera la salud o la calidad de vida.

**Mutagénico.** Que causa mutaciones, es decir, cambios en la estructura del material genético o ADN.

**Nefrotóxico.** Cualquier sustancia que daña las funciones del riñón.

**Neurotóxico.** Cualquier sustancia que daña las funciones del sistema nervioso.

**Nitratos.** Los nitratos son sales o ésteres del ácido nítrico  $\text{HNO}_3$ . Forman parte de la composición química de algunos alimentos como aditivo. Elementos nutritivos para las plantas, por lo que son utilizados como fertilizantes.

**Nitritos.** Los nitritos son sales o ésteres del ácido nitroso ( $\text{HNO}_2$ ). En la naturaleza se forman por oxidación biológica de las aminas y del amoníaco, o por reducción del nitrato en condiciones anaeróbicas. Algunos nitritos forman parte de muchas formulaciones de sales para salar carnes debido a su capacidad de mantener un color rojizo deseado en la materia prima.

**Peligro.** Potencial que tiene una actividad, un objeto o una exposición de causar un daño.

**Perinatal.** Se refiere a todo aquello relacionado con el tiempo inmediatamente anterior o posterior al momento del nacimiento del bebé, es decir, desde la semana 28 de gestación aproximadamente hasta los primeros siete días después del parto.

**Perfil hormonal.** Medición de las principales hormonas, como la insulina y la de crecimiento, así como las relacionadas con la actividad sexual.

**Perspectiva de género.** Marco de análisis para determinar las diferencias entre hombres y mujeres en el uso y utilización del poder, los recursos y los beneficios; e identificar, cuestionar y valorar la discriminación, desigualdad y exclusión de las mujeres, que pretende justificarse en las diferencias biológicas entre mujeres y hombres.

**Plaguicida.** Sustancia o mezcla de sustancias utilizada para prevenir, destruir, repeler o mitigar una plaga.

**Población.** Grupo de individuos de una especie que ocupa una localidad en un espacio y un tiempo dados. En estadística y diseño de muestreo es el universo total de individuos muestreados.

**Políticas públicas.** Conjunto de lineamientos, medidas y acciones articuladas que orientan la dirección, enfoques y prioridades del quehacer del Estado para la solución de problemas públicos.

**Residuo.** Material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final conforme a lo dispuesto en la LGPGIR y demás ordenamientos que de ella deriven.

**Residuo electrónico.** Equipo eléctrico y electrónico en su fase de final de vida desde que el último usuario lo desecha o planea desecharlo.

**Riesgo.** Medida de la probabilidad de ocurrencia de un daño para la vida, la salud, la propiedad o el medioambiente, como resultado de un peligro.

**Rol.** Tareas socialmente asignadas que cumplen hombres y mujeres. Son representaciones culturales que dicta la sociedad.

**Ruta de exposición.** Camino que sigue una sustancia química o contaminante en el suelo, el agua, el aire o los alimentos, desde la fuente de emisión hasta el contacto con los seres humanos u otras especies.

**Salud ocupacional.** Planeación y ejecución de actividades de medicina y de seguridad e higiene industrial, que tienen como objetivo proteger y mejorar la salud física, mental, y social de los trabajadores en sus puestos de trabajo.

**Salud reproductiva.** Estado de completo bienestar físico, mental y social, en los aspectos relativos a la sexualidad y la reproducción en todas las etapas de la vida.

**Sensibilidad.** Característica intrínseca de un individuo o población que le confiere mayor probabilidad de ocurrencia de un efecto adverso.

**Sexo.** Diferencias biológicas entre mujer y hombre determinadas genéticamente. Se aplica siempre y cuando se trate de características naturales e inmodificables.

**Sustancia tóxica.** Sustancia química o mezcla de sustancias químicas que tiene la capacidad de producir un daño a la salud o al medioambiente.

**Teratógeno.** Sustancia capaz de causar defectos estructurales o funcionales en el desarrollo de un feto.

**Toxicidad.** Capacidad de una sustancia para causar efectos adversos en un organismo vivo.

**Toxicidad aguda.** Capacidad de una sustancia para causar daños severos, o incluso la muerte, después de una sola dosis o exposición a una sustancia química.

**Toxicidad crónica.** Capacidad de una sustancia de causar efectos negativos a largo plazo a la salud humana, o a otros organismos.

**Transversalidad.** Integrar la perspectiva de género desde el diseño hasta la ejecución de políticas, programas, proyectos y acciones, a realizar ya sea por un sector o por un conjunto de sectores.

**Umbral.** Dosis más baja de una sustancia a la cual se observa un efecto específico y cuantificable, y por debajo de la cual ya no se observa ese efecto.

**Valorización.** Principio y conjunto de acciones asociadas cuyo objetivo es recuperar el valor remanente o el poder calorífico de los materiales que componen los residuos mediante su reincorporación en procesos productivos, bajo criterios de responsabilidad compartida, manejo integral y eficiencia ambiental, tecnológica y económica.

**Vía de exposición.** Camino por el cual una sustancia química entra en contacto con un organismo. Por ejemplo la inhalación, la ingestión, el contacto dérmico, o una inyección.

**Vulnerabilidad.** Susceptibilidad de una población al impacto de un peligro de origen natural o inducido por el ser humano. La vulnerabilidad está determinada por la exposición, las características físicas de la población, su edad, actividades realizadas, entre otras.



## AUTORES

**Dra. María Teresa Alarcón Herrera.** Profesora e Investigadora del Departamento de Energías Renovables y Protección al Medio Ambiente en el Centro de Investigación en Materiales Avanzados de Chihuahua. Realizó estudios de Ingeniería Química en el Instituto Tecnológico de Durango. Maestría en Ingeniería en la Universidad Nacional Autónoma de México y de Doctorado en Ingeniería Ambiental en la Universidad de Windsor, Canadá (1994). Especialidad en Tratamiento de Agua en el Instituto de Ciencias Aplicadas de Toulouse, Francia (1979) y en la Universidad de Hannover en Alemania (1985).

**M. en I. Víctor Alcántara Concepción.** Del periodo de 1995 a 1999 realizo la carrera de Ingeniería Química en la Facultad de Química de la UNAM (CU), posteriormente realizo la Maestría en Ingeniería en el Área Ambiental de 2000 a 2003. Trabajo en el instituto de Fisiología Celular de la UNAM como coordinador en el manejo de residuos peligrosos de 2001 a 2004. Trabajó en el instituto de Ciencias de Mar y Limnología de la UNAM en proyectos de evaluación de impacto ambiental en el Golfo de México por las actividades petroleras. En el 2006 ingreso al doctorado en Ciencias de la Tierra en el Instituto de Geología de la UNAM. Actualmente es Jefe de Departamento de Estudios de Análisis Comparativos de Riesgo Ambiental en el Área de Estudios sobre Sustancias Químicas del Instituto Nacional de Ecología.

**M. en M.S. Jorge Alvarado Mejía.** Médico Cirujano. Maestro en Medicina Social de la Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Xochimilco. Académico Titular C en la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Yucatán. Actualmente presidente del cuerpo académico de Salud Pública. Presidente de la Sociedad Mexicana de Toxicología y de la Red Mexicana de Toxicología. Realiza investigación sobre los plaguicidas y sus efectos en la salud. Responsable de proyecto de investigación. Ha participado en docencia a nivel de licenciatura, postgrado, educación médica continua, asesoría y sinodal



de tesis, así como presentación de trabajo de investigación en Congresos Nacionales e internacionales. Su desempeño profesional se ha desarrollado en el área de la salud ambiental.

**Dra. Evarista Arellano García.** Doctora en Ciencias Sociales con especialidad en Antropología Cognitiva por la Universidad de California en Irvine y Postdoctorado en la Universidad de California en San Diego. Es Médico Cirujano Partero por la Universidad Xochicalco con especialidad en Terapéutica Homeopática. Actualmente es Profesora-Investigadora Titular en el Colegio de la Frontera Norte. Pertenece al Cuerpo Académico No. 134 "Sociedad y Gobierno".

**Lic. Patricia Borja-Bustamante.** Es Licenciada en Psicología por la Universidad de las Américas, se ha desempeñado profesionalmente en el Hospital Psiquiátrico Fray Bernardino Álvarez, en el Counseling Community Center en San Antonio Texas y el Centro de Integración Juvenil AC. Actualmente es psicólogo clínico en la Clínica de Especialidades Condesa, Consejera Pre y Post prueba de detección de VIH-SIDA y terapeuta individual. Es activa colaboradora del CA "Salud Ambiental", ha participado en varios de los proyectos de la línea ftalatos y efectos a la salud, proyectos con enfoque ecosistémico particularmente los relacionados con exposición a ftalatos y cáncer de mama.

**Dra. Lilia Patricia Bustamante Montes.** Es médico cirujano por la Universidad Veracruzana y Especialista en Medicina Social por la SSA. Fue Epidemiólogo Jurisdiccional en los Servicios Coordinados de Salud Pública en el Estado de Veracruz donde trabajó hasta el año de 1986. Estudio las Maestrías en Salud Pública y en Ciencias en Epidemiología en la Escuela de Salud Pública de México obteniendo los respectivos grados en 1986 y 1989. Posteriormente ingresó al Instituto Nacional de Salud Pública donde se desempeñó como profesor investigador, impartiendo la materia de epidemiología en diversos niveles. En 1990 ganó el Premio Anual en Investigación y Enseñanza Superior en el Área de Epidemiología. En el año 2005 obtuvo el grado de Doctor en Ciencias y el Premio Nacional de Investigación 2005 de la Fundación GlaxoSmithKline. Desde 1999 es profesor investigador en la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma del Estado de México donde actualmente es Líder del Cuerpo Académico en Salud Ambiental y de la Línea de Investigación Contaminantes Ambientales y Efectos a la Salud, además coordina la Unidad de Investigación

con Enfoque Ecosistémico. Tiene publicaciones relacionadas con métodos para el estudio de la mortalidad, tuberculosis y salud ambiental.

**Dra. Esperanza Calleros.** Realizó sus estudios de médico cirujano en la Facultad de Medicina de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), Unidad Gómez Palacio. Maestría en Salud Ocupacional y Ambiental en la (UJED), obteniendo el primer lugar. Los estudios de doctorado en Ciencia y Tecnología Ambiental en el Centro de Investigación en Materiales Avanzados de Chihuahua, Chih. Obteniendo excelencia académica. Actualmente es Profesor Investigador de Tiempo Completo en la Facultad de Ciencias Químicas de la UJED, Unidad Gómez Palacio, Dgo. Pertenece al Cuerpo académico Fisiopatología de la Salud Ambiental. Sus principales investigaciones han sido sobre el impacto de los nitratos en la salud humana, siendo el primer trabajo de éste contaminante con efectos en la salud humana a nivel nacional.

**Dra. Lourdes Camarena Ojinaga.** Obtuvo la licenciatura en Psicología en la Universidad de San Luís Potosí; cuenta con Maestría en Ciencias de la Salud Pública y Maestría en Educación Ambiental por la Universidad Autónoma de Guadalajara. Obtuvo su Doctorado en Ciencias Sociales por El Colegio de la Frontera Norte y el Postdoctorado en la Universidad de Michigan y actualmente es Profesora-Investigadora Titular en la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Baja California. Pertenece al SNI nivel 1 y al Cuerpo Académico No. 134 "Sociedad y Gobierno".

**M. en C. Frinéé Kathia Cano Robles.** Cursó la licenciatura en Ingeniería Química y de Sistemas en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Realizó sus estudios de postgrado de maestría en la Università Ca'Foscari de Venecia en Gestión y Tratamiento de Agua Residual. Actualmente se desempeña como Jefa de Departamento de Integración de Estrategias de Prevención de Riesgos en el Instituto Nacional de Ecología. Sus principales funciones incluyen el desarrollo del enfoque del ciclo de vida de residuos electrónicos como estrategia que permita identificar las etapas críticas de los materiales y sustancias químicas, así como desarrollar y proponer recomendaciones científicas y alternativas de sustitución para la prevención de riesgos.

**Dra. Maria Teresa Castillo-Burguete.** Nativa de Chiapas, trabaja en Yucatán desde 1984. Maestra en Desarrollo Rural, UAM - Xochimilco, doctora en Antropología Social, Universidad Iberoamericana (2002). Profesora Titular, Departamento de Ecología Humana, CINVESTAV, miembro del Sistema Nacional de Investigadores. Investiga sobre Relaciones de género, procesos comunitario participativos, educación no formal e informal y desarrollo rural; manejo de recursos naturales en ejidos costeros. Publicaciones internacionales; coautora en dos capítulos de Hanbook of Action Research. Participative Inquiry & Practice, Peter Reason & Hilary Bradbury (eds.) (2000; 2008) que demuestran su investigación en Yucatán durante quince años, usando investigación participativa. Es editora asociada de Action Research journal (SAGE). Tiene 20 publicaciones arbitradas, 22 extensos en memorias internacionales, dirigió tesis de 9 graduados de maestría, 5 de licenciatura; 4 tuvieron tesis premiadas a nivel nacional e internacional.

**Dra. Leonor A. Cedillo Becerril.** Es bióloga egresada de la UNAM, cursó estudios de posgrado en salud laboral en el Instituto de Medicina del Trabajo de Cuba y obtuvo el doctorado en ciencias del medio ambiente de trabajo por la Universidad de Massachusetts. Ha desarrollado estudios de exposición a tóxicos, principalmente solventes orgánicos, plaguicidas y compuestos orgánicos persistentes en poblaciones humanas y ecosistemas. Fue consultora para el proyecto GEO México (2004) y el plan nacional de implementación del Convenio de Estocolmo (2007). Actualmente es Directora de Investigación sobre Sustancias Químicas y Riesgos Ecotoxicológicos en la DGICUR/INE - SEMARNAT. Entre sus intereses actuales está la evolución de las políticas públicas relacionadas con sustancias químicas y la incorporación de los conceptos de química verde y sustentabilidad. Forma parte del comité de expertos del Convenio de Rotterdam desde 2009.

**Dr. José Antonio Cueto Wong.** Es ingeniero químico egresado de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Coahuila en 1977. Maestro en ciencias en suelos egresado de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en 1979. Obtuvo un doctorado en suelos en 1998 en la Universidad de Nuevo México en los Estados Unidos. Ha sido investigador en suelos desde 1980 en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Ha impartido diferentes materias de suelos como

maestro de tiempo parcial en seis diferentes universidades agrícolas del país. Ha sido Jefe del Laboratorio de agua, suelo, planta del CENID RASPA INIFAP. Ha sido presidente de la Sociedad Mexicana y de la Latinoamericana de la Ciencia del Suelo. Es autor o coautor de más de 50 publicaciones científicas y tecnológicas nacionales e internacionales. Miembro Nivel II del Sistema Nacional de Investigadores. Actualmente es maestro de tiempo parcial de fertilidad de suelos y microbiología ambiental en la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango y, Director del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera (CENID RASPA INIFAP) con sede en Gómez Palacio, Durango.

**M. en I. Arturo Gavilán García.** Cursó la licenciatura de Ingeniería Química en la Facultad de Química, de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), graduándose en 1998. Entre 1999 y 2004 realizó su maestría en el Postgrado de Ingeniería de la UNAM. Actualmente esta a cargo de la Subdirección de Estudios sobre Sustancias Químicas, cuya misión es establecer bases técnicas para la ejecución de estudios de investigación sobre sustancias químicas tóxicas persistentes, así como el manejo adecuado y responsable de los productos o residuos que las contengan, de acuerdo a los estándares internacionales y a las mejores prácticas disponibles, para contribuir a un desarrollo sustentable.

**M. en M.S. Rosa Leticia González Navarrete.** Médico Cirujano. Maestra en Medicina Social de la Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Xochimilco. Estancia en Montevideo Uruguay 2001, Madrid España, en la Escuela Nacional de Sanidad del Instituto de Salud Carlos III 2002, diploma superior de salud Internacional. Titular B en la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Yucatán. Miembro del cuerpo académico de Salud Pública. Investigación sobre los plaguicidas y sus efectos en la salud. Ha participado en docencia a nivel de licenciatura, post grado, educación médica continua, asesoría y sinodal de tesis, así como presentación de trabajo de investigación en Congresos Nacionales e internacionales. Desempeño profesional en el área de la salud ambiental.

**M.A. Concepción Martínez Valdés.** Lic. en Lingüística con Maestría en Antropología. Actualmente es profesora-investigadora de la Facultad de Ciencias Administrativas y Sociales de la Universidad Autónoma de Baja California. Pertenece al Cuerpo Académico No. 134 "Sociedad y Gobierno".

**M. en C. Tatiana Montaña Soto.** Licenciada en Biología y Maestra en Ciencias en Maestra en Ciencias en Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas por la Universidad Autónoma de Baja California.

**Dr. Javier Moran Martínez.** Es biólogo por la Universidad Autónoma de Coahuila unidad Torreón, especialidad en salud ocupacional por la Universidad Autónoma del Noreste, maestría en reproducción por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro unidad Laguna y Doctor en Ciencias por la Facultad de Ciencias Biológicas con especialidad en Biología Celular y Genética de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Es coordinador de la Maestría Multidisciplinaria de Salud que pertenece al PNPC-CONACYT de la facultad de medicina de la universidad autónoma de Coahuila, es jefe y fundador del Departamento de Biología Celular y Ultraestructura del Centro de Investigación Biomédica de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Coahuila. Ha publicado 10 artículos internacionales, 13 nacionales, miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel 1 período 2005-2010. Es editor de la Revista Medicina de Torreón (ISSN: 1405-5422)

**Dra. Norma Elena Pérez Herrera.** Egresada de la facultad de Química de la Universidad Autónoma de Yucatán, con especialidad de salud pública y Maestría en bioquímica por el Tecnológico de Mérida, Doctorado en toxicología en el Centro de investigaciones y estudios avanzados del Instituto politécnico Nacional, cuerpo académico de salud publica (salud y ambiente). Se ha desempeñado como profesora investigadora de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Yucatán, como docente en las licenciaturas de Médico-cirujano y de Nutrición, en el doctorado institucional de Ciencias de la salud; desarrollado investigación sobre Toxicología y salud ambiente en particular de plaguicidas y efectos reproductivos y genotóxicos.

**Dra. Rebeca Pérez Morales.** Bióloga por la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Maestra en Ciencias Biológicas por la Facultad de Ciencias de la UNAM y Doctora en Ciencias Biomédicas por el Instituto de Investigaciones Biomédicas de la UNAM. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores. Ha realizado dos estancias de investigación al extranjero: 1) Centro de Investigación del Cáncer en Salamanca, España y 2) International Agency for Research of Cancer (IARC) en Lyon,

Francia. Cuenta con 3 publicaciones indexadas en revistas internacionales y dos más en proceso de publicación. Imparte cursos a nivel licenciatura (biología celular, biología molecular, biotecnología y genética), a nivel maestría (biología celular y molecular, tópicos selectos cáncer y estadística) y en el Doctorado Institucional de la UJED (tópicos selectos).

**Dra. María Betzabet Quintanilla.** Realizó la licenciatura de Químico Bacteriólogo Parasicólogo en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua; posteriormente la maestría en Toxicología en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, Sección de Toxicología Ambiental, Departamento de Farmacología y Toxicología. Finalmente obtuvo el doctorado en Toxicología en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, Sección de Toxicología Ambiental, Departamento de Farmacología y Toxicología. Realizó un post-doctorado en el Instituto Nacional del Cáncer (NCI-NIH, Bethesda, EUA) en colaboración con la Universidad de Maryland en Baltimore. Actualmente se desarrolla como Profesor Investigador del Cinvestav 3D en el Departamento de Toxicología, y es miembro del SNI, nivel 2.

**Mtra. Hilda Rodríguez.** Economista y demógrafa, docente de la Especialidad el Género en la Economía de la Facultad de Economía de la UNAM. Tutora en Diplomados a distancia y semipresenciales sobre Presupuestos y Políticas Públicas con perspectiva de género de la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales Sede México. Entre sus publicaciones se encuentran: El enfoque de género en la construcción de conocimiento científico, Presencia de mujeres y hombres en la UNAM: una radiografía y Sistema de indicadores para la equidad de género en instituciones de educación superior.

**M. Balam Ruiz Ruiz.** Es biólogo por el Instituto Tecnológico Agropecuario de Sonora y Maestro en Manejo de Ecosistemas por la Universidad Autónoma de Baja California. Actualmente es Profesor de Físicoquímica y Bioquímica en la Facultad de Ciencias de la Salud, en Campus Ensenada de la Universidad Autónoma de Baja California.

**Dra. Luz Helena Sanín.** Es Médico Cirujano, egresada de la Universidad Nacional de Colombia. Realizó estudios de Maestría en Salud Pública y Doctorado en Ciencias en Epidemiología, en el Instituto Nacional de Salud Pública.

Diplomado en Salud en el Trabajo en la Universidad Autónoma de Chihuahua y Postdoctorado en Ambiente y Salud Reproductiva en la Universidad de Toronto. Desde hace más de 25 años se dedica a la Docencia y a la Investigación. Áreas de Interés: Salud Ambiental, Nutrición y Ambiente, Métodos (Estadístico y Epidemiológico), Ambiente y salud reproductiva. LGAC: Salud, Trabajo y Ambiente. Enfoque Ecosistémico, perspectiva de género. Es Investigador Nacional Nivel II del Sistema Nacional de Investigadores en México e Investigador Honorario nivel E del Sistema de Institutos Nacionales de Salud de México. Varias publicaciones en sus áreas de interés. Es miembro fundador de la Red de Género, Salud y Ambiente y vicepresidenta del Comité Editorial de la misma. Miembro del grupo GEEMA, en el área de epidemiología.

**Dra. Mireya Scarone Adarga.** Es egresada de la primera generación del Doctorado en Ciencias Sociales por El Colegio de Sonora, en el Área de Epidemiología Sociocultural.

**Dra. Christine von Glascoe.** Lic. en Antropología y Medicina con Maestría en Antropología y Doctorado en Ciencias Sociales. Es profesora-investigadora de El Colegio de la Frontera Norte en el Departamento de Estudios de Población. Es miembro asociado externo del Cuerpo Académico No. 134 “Sociedad y Gobierno”.

**Dr. Stefan M. Waliszewski.** Licenciatura, Maestría y Doctorado en Ciencias Farmacéuticas obtenidos en la Universidad de Medicina, Facultad de Farmacia, en Poznan Polonia. De origen polaco, nacionalizado mexicano, 62 años de edad. Especializado con 38 años de experiencia profesional en la determinación e investigación de residuos de plaguicidas en productos agrícolas, alimentos y ambiente. Autor y coautor en 166 publicaciones y 102 ponencias en congresos, sobre métodos analíticos de residuos de plaguicidas, comportamiento de plaguicidas en ambiente, monitoreo ambiental y influencia de plaguicidas para la salud. Investigador de Tiempo Completo, Académico Titular “C” en el Instituto de Medicina Forense de la Universidad Veracruzana, Investigador Nacional Nivel II del Sistema Nacional de Investigadores.

**Dra. Leticia Yáñez Estrada.** Doctora en Ciencias Biomédicas Básicas, con Especialidad en Toxicología Ambiental de la UASLP. Profesora-Investigadora de Tiempo Completo Nivel VI. Facultad de Medicina UASLP. Jefa del Laboratorio

de Género, Salud y Ambiente del Departamento de Toxicología Ambiental de la Facultad de Medicina, UASLP. SNI Nivel I. Profesora Perfil PROMEP. Amplia experiencia en el desarrollo y validación de técnicas de laboratorio para la identificación y cuantificación de contaminantes ambientales en matrices biológicas y ambientales, así como en el desarrollo y validación de baterías de pruebas biológicas para evaluar daños a la salud humana por la exposición a contaminantes. Participación en el Cuerpo Académico de Toxicología Ambiental CA-45, en la Red Nacional de "Salud, Trabajo y Ambiente", Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biomédicas Básicas UASLP, y en el Comité Académico del Programa Multidisciplinario de Posgrado en Ciencias Ambientales, UASLP.

**M. Erika Zúñiga Violante.** Estudió la licenciatura en Ingeniería Química en Tecnológico Regional de Coahuila y es Maestra en Ciencias en Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas por la Universidad Autónoma de Baja California; actualmente estudia el Doctorado en Medio Ambiente y Desarrollo en el Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la Universidad Autónoma de Baja California.



*Género, ambiente y contaminación por sustancias químicas* compilado y con edición técnica por Leonor A. Cedillo y Frineé Kathia Cano Robles, se terminó de imprimir y encuadernar en los talleres de Impresora y Encuadernadora Progreso S.A. de C.V. (IEPSA), Calzada de San Lorenzo 244, 09830 México, D.F. durante el mes de agosto de 2012.

Se tiraron 500 ejemplares.