

Evaluación de la exposición a hidrocarburos aromáticos policíclicos y partículas en suspensión (PM_{2,5}) por quema de biomasa en una zona indígena del Estado de San Luis Potosí, México

Assessment of Exposure to Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) and Suspended Particles (PM_{2.5}) Generated by the Burning of Biomass in an Indigenous Area in the State of San Luis Potosí, México

Avaliação da exposição a hidrocarbonetos aromáticos policíclicos e partículas em suspensão (PM_{2,5}) por queima de biomassa numa zona indígena do Estado de San Luis Potosí, México

Andres Palacios-Ramírez¹, Rogelio Flores Ramírez¹, Francisco Javier Pérez-Vázquez¹, Maribel Rodríguez-Aguilar¹, Astrid Schilman², Horacio Riojas-Rodríguez², Evelyn Van Brussel¹, Fernando Díaz-Barriga¹

¹ Centro de Investigación Aplicada en Ambiente y Salud (CIAAS), Universidad Autónoma de San Luis Potosí. SLP, México.

² Dirección de Salud Ambiental, Instituto Nacional de Salud Pública, Cuernavaca, México.

Cita: Palacios-Ramírez A, Flores Ramírez R, Pérez-Vázquez FJ, Rodríguez-Aguilar M, Schilman-Halbinger A, Riojas-Rodríguez H, Van Brussel E, Díaz-Barriga F. Evaluación de la exposición a hidrocarburos aromáticos policíclicos y partículas en suspensión (PM_{2,5}) por quema de biomasa en una zona indígena del Estado de San Luis Potosí, México. Rev. salud ambient. 2018; 18(1):29-36.

Recibido: 31 de enero de 2018. **Aceptado:** 8 de marzo de 2018. **Publicado:** 15 de junio de 2018.

Autor para correspondencia: Francisco Javier Pérez Vázquez.

Correo e: francisco.perezvaz@gmail.com

Centro de Investigación Aplicada en Ambiente y Salud (CIAAS), Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Avenida Sierra Leona No. 550, CP 78210, Colonia Lomas Segunda Sección, San Luis Potosí, SLP, México.

Financiación: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología a través de los proyectos Atención a Problemas Nacionales (#2015-1340), CONACYT-Salud (#2014-234111).

Declaración de conflicto de intereses: Los autores declaran que no existen conflictos de intereses que hayan influido en la realización y la preparación de este trabajo.

Declaraciones de autoría: Todos los autores contribuyeron al diseño del estudio y la redacción del artículo. Asimismo, todos los autores aprobaron la versión final.

Resumen

El uso doméstico de leña representa una condición socioecológica con importantes efectos sobre la salud, principalmente en las zonas rurales de los países en desarrollo. El objetivo del estudio fue evaluar la exposición a hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en mujeres y niños, así como la concentración de PM_{2,5} en interiores de viviendas indígenas de Toco, San Antonio, San Luis Potosí, México. Con los resultados, se analizó la perspectiva de los padres para la toma de decisiones en la atención a la salud ambiental infantil por riesgos de exposición a tóxicos. Utilizamos el 1- hidroxipireno como un biomarcador de exposición a HAP y se evaluaron las PM_{2,5} de 24 horas en interiores de viviendas indígenas mediante equipos Minivol®. El 100 % de las viviendas estudiadas utilizaban biomasa para la cocción de sus alimentos y el 70 % quemaban basura en sus hogares. Se encontraron niveles de 1-OHP en mujeres y niños de 1,15 (0,28-2,1) y 1,04 (0,28-3,62) µmol/mol creatinina respectivamente. Además, se detectaron concentraciones medias de PM_{2,5} de 93,3 ± 3,6 µg/m³. Finalmente se mostró que el 90 % de los cuidadores indican que el niño se concentra en el área de la cocina y traspatio, existiendo poca o nula adaptación para la seguridad del niño. Esta comunidad indígena es un ejemplo de los riesgos en salud asociados a contaminación de aire de interiores en México; por consiguiente se requiere de programas de intervención dirigidos a reducir la exposición a estos tóxicos en poblaciones vulnerables, iniciando por la educación de los cuidadores.

Palabras clave: contaminación de aire de interiores; comunidades indígenas; hidrocarburos aromáticos policíclicos; PM_{2,5}; población vulnerable.

Abstract

The domestic use of firewood represents a socio-ecological condition that causes important health effects, mainly in rural areas of developing countries. The purpose of the study was to evaluate the exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in women and children, as well as the concentration of PM_{2.5} inside dwellings of indigenous people who reside in Toco, San Antonio, San Luis Potosí, Mexico. With the results, the perspective of parents for making decisions with regards to the environmental health of children due to risks of exposure to toxins was analyzed. 1-hydroxypyrene (1-OHP) was used as an exposure biomarker to PAHs, and the 24-hour PM_{2,5} was measured inside indigenous dwellings using Minivol® equipment. 100 % of the studied dwellings used biomass for cooking and 70 % burned garbage in their homes. Levels of 1-OHP of 1.15 (0.28-2.1) and 1.04 (0.28-3.62) μmol/mol creatinine were found in women and children respectively. In addition, mean PM_{2.5} concentrations of 93.3 ± 3.6 μg/m³ were detected. Finally, it was shown that 90 % of caregivers say that children spend more time in the kitchen area and the backyard, which are poorly or not adapted to child safety. This indigenous community is an example of the health risks associated with indoor air pollution in Mexico. Therefore, intervention programs aimed at reducing exposure to these toxins in vulnerable populations are required, starting with the education of caregivers.

Keywords: indoor air pollution; indigenous communities; polycyclic aromatic hydrocarbons; PM_{2.5}; vulnerable population.

Resumo

O uso doméstico de lenha representa uma condição socio-ecológica com importantes efeitos sobre a saúde, principalmente nas zonas rurais dos países em desenvolvimento. O objetivo do estudo foi avaliar a exposição a hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAPs) em mulheres e crianças, bem como a concentração de PM_{2,5} em interiores de habitações indígenas de Toco, San Antonio, San Luis Potosí, México. Com os resultados, analisou-se a perspectiva dos pais para a tomada de decisões relativamente à saúde ambiental infantil por riscos de exposição a tóxicos. Utilizámos o 1-hidroxipireno como um biomarcador de exposição a HAPs e avaliaram-se as PM_{2,5} de 24 horas no interior das habitações indígenas com o equipamento Minivol®. Em 100 % das habitações estudadas era utilizada biomassa para a cocção dos alimentos e em 70 % dos lares eram queimados resíduos. Encontraram-se níveis de 1-OHP em mulheres e crianças de 1,15 (0,28-2,1) e 1,04 (0,28-3,62) μmol/mol creatinina respetivamente. Além disso, foram encontradas concentrações médias de PM_{2,5} de 93,3 ± 3,6 μg/m³. Por fim, apurou-se que 90 % dos cuidadores indicam que as crianças se encontram na área da cozinha e logradouro, existindo pouco ou nenhum cuidado para a proteção das mesmas. Esta comunidade indígena é um exemplo dos riscos em saúde associados a contaminação do ar interior no México; indicando que são necessários programas de intervenção destinados a reduzir a exposição de populações vulneráveis a estes tóxicos, iniciando pela educação dos cuidadores.

Palavras chave: contaminação do ar interior; comunidades indígenas; hidrocarbonetos aromáticos policíclicos; PM_{2,5}; população vulnerável.

INTRODUCCIÓN

La contaminación de aire en interiores (CAI) es un problema de salud pública importante a nivel internacional. Según estimaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS) por esta causa ocurren más de 4 millones de muertes prematuras anualmente¹. Uno de los principales factores para la CAI en países en vías de desarrollo es el uso de combustibles sólidos (biomasa) que se utilizan como principal fuente de energía para calentar sus hogares y para la cocción de alimentos^{2,3}.

La quema ineficiente de biomasa aunada a tecnologías ineficaces para cocinar, generan diferentes contaminantes, como partículas menores a 10 micras (PM₁₀), partículas menores a 2,5 micras (PM_{2,5}), monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y contaminantes orgánicos volátiles como

el benceno, butadieno, formaldehído, fenoles e hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)⁴, afectando particularmente a las mujeres y los niños, que pasan la mayor parte del tiempo dentro o cerca del hogar.

Así, la OMS indica que las mujeres con exposición intensa al humo doméstico tienen tres veces más probabilidades de padecer enfermedad pulmonar obstructiva crónica y dos veces más a cáncer de pulmón que aquellas que utilizan combustibles más limpios⁵. En tanto, para la población infantil, la CAI también representa un riesgo grave en salud, por ejemplo, más de un millón de las muertes asociadas a la CAI son causadas por neumonía en niños menores de cinco años¹.

Existen estudios que han asociado efectos en la salud humana con la exposición a los diferentes contaminantes presentes en el humo de la quema de biomasa. Sin

embargo, los HAP han tomado gran relevancia debido a que han sido asociados al incremento en la incidencia de cáncer de pulmón, piel y gastrointestinal^{6,7}. Además, recientes estudios han demostrado asociación con el desarrollo de enfermedades cardiovasculares⁸, partos pretérmino, bajo peso al nacer⁹ y decrementos cognitivos en niños¹⁰.

Por otro lado, a pesar de que el humo está compuesto por varios contaminantes tóxicos e incluso cancerígenos¹¹, las PM_{2,5} son el mejor indicador para evaluar riesgos a la salud por la CAI¹². Lo anterior debido a que se han asociado a diferentes efectos a la salud, principalmente con enfermedades respiratorias y cardiovasculares¹³. Entre los efectos ocasionados en el sistema respiratorio podemos encontrar: incremento de la incidencia y la severidad del asma, disminución de la función pulmonar, aumento de las enfermedades respiratorias crónicas, exacerbación de los síntomas de la bronquitis y un incremento en las infecciones respiratorias agudas¹⁴. La contaminación por partículas es una mezcla compleja de sustancias tóxicas, ya que adheridas a las partículas pueden encontrarse metales, compuestos orgánicos volátiles y HAP¹⁵. Asimismo, las partículas presentan diferente tamaño y forma física, lo cual permite que principalmente las PM_{2,5} puedan atravesar el sistema respiratorio, depositándose principalmente en la región traqueo bronquial y llegando hasta a los alveolos¹⁶.

En México, alrededor del 19 % de la población total del país, 23 millones de personas, utiliza la leña en sus hogares¹⁷, las cuales viven principalmente en áreas rurales y áreas urbanas marginadas¹⁸. Nuestro grupo de trabajo ha identificado diferentes áreas con escenarios por CAI en poblaciones indígenas, en las cuales la prevalencia de enfermedades respiratorias es del 39 % frente al 22 % en comunidades no indígenas entre personas con características demográficas similares¹⁹.

Aunado a lo anterior, las mujeres y los niños en comunidades indígenas son los más vulnerables debido al tiempo que pasan en la vivienda. Por esta razón son necesarios programas de intervención que incluyan la educación de las mujeres y de los cuidadores de niños (padres, abuelos, hijos adolescentes, etc.), para poder crear una sensibilización en la comunicación de riesgos a los hijos y evitar conductas que lleven a una exposición al humo de leña mayor de lo normal.

Por lo anterior y tomando en cuenta a los problemas de salud que ocasiona la CAI por la quema de biomasa, el objetivo de este trabajo es evaluar la exposición a HAP y concentración de PM_{2,5} en interiores de zonas indígenas en México, determinando de manera simultánea las

fuentes de información de los padres para la toma de decisiones correcta en la atención de la salud ambiental infantil por exposición a tóxicos en aire de interiores.

MATERIAL Y MÉTODOS

El sitio de muestreo para la evaluación de la exposición a HAP y determinación de PM_{2,5} fue seleccionado en base al conocimiento previo de la zona y uso de leña para sus distintas actividades²⁰. Tocoay es una comunidad indígena Tenek del municipio de San Antonio del estado de San Luis Potosí, México con alto índice de marginación.

Se evaluaron los riesgos de actividad contaminantes mediante un cuestionario semi estructurado. Las preguntas se enfocaron a los hábitos de riesgo de exposición a PAH (ej. fumador en el hogar, uso de leña, número de horas/año de uso de leña y quema de basura, entre otras). Asimismo, se evaluaron otros riesgos de exposición a tóxicos como el uso de insecticidas y uso de barro vidriado ante la posible presencia de plomo. En 2015, se invitó a participar a mujeres y niños de la comunidad. Los criterios de inclusión que se tomaron en cuenta para la participación fueron los siguientes: (1) consentimiento informado, voluntario y firmado por los padres de los niños; (2) un período mínimo de residencia de 2 años; y (3) una edad entre 6 y 9 años y mujeres mayores a 18 años. El estudio fue aprobado por el comité de bioética de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Se obtuvieron muestras de orina de 15 niños y 16 mujeres. La recolección de la orina se obtuvo por la mañana. Estas muestras fueron recolectadas en botes de polipropileno y refrigeradas a 4 °C para su traslado. Una vez las muestras en el laboratorio fueron almacenadas a -30 °C hasta su análisis.

Diferentes estudios han usado al 1-hidroxipireno urinario (1-OHP) como un biomarcador de exposición a HAP²¹. El 1-OHP es un metabolito del pireno y benzo [a] pireno presentes en las mezclas de HAP.

Para la cuantificación de 1-OHP en orina se utilizó un HPLC 1260 con arreglo de diodos con base al método desarrollado por Martínez-Salinas et ál.²². El límite de detección (LOD) fue de 1,0 nmol/L y el control de calidad se llevó a cabo utilizando el estándar IRIS ClinCal Recipes (Munich, Alemania) 8925. En nuestra metodología la recuperación fue del 99 %. Por otro lado, se determinó la creatinina urinaria utilizando el método colorimétrico Jaffe²³.

Se analizaron 7 viviendas para la determinación de PM_{2,5}. El análisis de PM_{2,5} se realizó a través de una

técnica gravimétrica. Se utilizó una bomba de aspiración (MiniVol Air Sampler) con flujo de aire de 5 L/min y calibrados con un rotámetro con filtros de teflón de 0,22 µm. Los equipos se colocaron en las cocinas de las casas y se evaluó el aire interior por 24 horas.

En ningún momento el presente trabajo tuvo como finalidad que la muestra fuese representativa de la comunidad pues sólo se buscó definir el nivel de exposición para tomar medidas de intervención.

Para conocer aspectos relacionados al cuidado infantil se le aplicó a las participantes el Cuestionario de Practicas Responsivas y Estimulación (CuPRE) que consta de 23 reactivos con cinco opciones de respuesta que van de "siempre" a "nunca", este instrumento fue diseñado como una herramienta para detectar que tan sensible y efectivo es el cuidador para satisfacer las necesidades básicas (físicas y de salud mental) del niño. El instrumento presenta una consistencia interna (alfa=0,83). El instrumento valora las prácticas de crianza por medio de cinco factores: Estimulación a partir del juego, practica responsiva, promoción de competencias, atención planeada y disposición para atender a las demandas del niño²⁴.

Los niveles de 1-OHP fueron sometidos a una prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov. Posteriormente se realizó un análisis no paramétrico con la prueba de U Mann-Whitney. Utilizamos el paquete estadístico Graph Pad Prism 5.0. (North Carolina, USA). Se consideró una diferencia significativa de $p < 0,05$.

RESULTADOS

Las características de la población (mujeres y niños) son mostradas en la tabla 1. Las edades de las mujeres y niños evaluadas en este trabajo se encontraban en el rango entre $44 \pm 1,5$ y $7,5 \pm 2,8$ años, respectivamente. Del total de mujeres que participaron en el estudio 56,3 y 18,7 % presentaron sobrepeso y obesidad respectivamente. Con respecto a los niños en el estudio, el 8,5 % presentó sobrepeso y el 2,8 % obesidad. Además, el 31,6 % del total de los niños mostraron desnutrición.

Por otra parte, se identificaron las actividades de riesgo en las diferentes viviendas de la comunidad de Toco. Encontrándose que en todas las viviendas visitadas ($n = 15$), el 100 % utilizaban biomasa en sus cocinas, en tanto el 70 % quemaban basura. Además, el uso de la leña en promedio llegó a 264,5 horas por año (tabla 1).

Tabla 1. Características descriptivas de población infantil y mujeres en la comunidad de Toco

Características	Mujeres	Niños
Etnia	Teneek	
Niños (N)	16	15
Edad (años)	$44 \pm 1,5$	$7,5 \pm 2,8$
Talla (cm)	$149,6 \pm 5,0$	$117,1 \pm 10,0$
Peso (kg)	$59,1 \pm 11,5$	$21,0 \pm 4,3$
IMC (kg/m ²)	$26,2 \pm 4,2$	$14,3 \pm 4,2$
Índice de marginación	Muy alto	
Clasificación de IMC		
Desnutrición (%)	0	31,6
Normal (%)	25	57,1
Sobrepeso (%)	56,3	8,5
Obesidad (%)	18,7	2,8
Actividades de riesgo		
Quema de biomasa (%)	100	
Uso leña (horas/año)	$264,5 \pm 104,3$	
Quema de basura (%)	70,2	

La exposición a HAP fue analizada a través de la cuantificación del 1-OHP urinario. En la tabla 2 se muestran los niveles registrados en los niños y mujeres del presente estudio. Los valores encontrados en niños fueron de 1,04 (0,28-3,62) µmol/mol creatinina. En lo que respecta a las mujeres, los resultados obtenidos fueron de 1,15 (0,28 - 2,1) µmol/mol creatinina.

Tabla 2. Evaluación de la exposición de 1-OHP y PM_{2,5}

Compuesto	Concentración	LP	% muestras superior al LP	
1-OHP	Mujeres (n = 16)	1,15 (0,28 - 2,1)	0,24a	100
	Niños (n = 15)	1,04 (0,28 - 3,62)		100
PM _{2,5}	Interiores (n = 7)	$93,3 \pm 3,6$	45b	100

Los datos de 1-OHP son expresados en $\mu\text{mol/mol}$ creatinina y las concentraciones de $\text{PM}_{2,5}$ en $\mu\text{g}/\text{m}^3$. LP: Límites permisibles. ^aJongeneel en 2001^b Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2014.

Por otro lado, también se muestran los datos de $\text{PM}_{2,5}$ registrados en las viviendas de la comunidad de Toco, obteniendo valores de $93,3 \pm 3,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (tabla 2).

Finalmente, se evaluó la conducta de la familia en estos escenarios mediante la aplicación del cuestionario de práctica responsiva y estimulación (CuPRE). La información del instrumento CuPRE señaló que para los cuidadores, los médicos son la fuente principal de información, pues un porcentaje alto de cuidadores (53,6 %) pondera esta fuente como vía principal para saber qué hacer en cuestiones de alimentación y cuidados básicos para el menor. Las otras opciones consultadas en menor proporción son familiares (18,2 %) y amistades o conocidos (4,05 %). Sin embargo, llama la atención de que un (24,35 %) de los cuidadores toman decisiones sobre atención al niño con base en su propia experiencia. Asimismo, el cuestionario mostró que la mayoría de los cuidadores no restringen la actividad de los niños a lugares específicos y adaptados para su seguridad. Además, el (90 %) de los cuidadores indican que al estar en la casa la dinámica del niño se concentra en el área de la cocina y traspatio.

DISCUSIÓN

La comunidad de Toco, municipio de San Antonio del estado de San Luis Potosí se encuentra en una región de pobreza multidimensional extrema de acuerdo a los indicadores del Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social²⁵. Respecto a las características de la población, al comparar los porcentajes de sobrepeso y obesidad con datos obtenidos por la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) del 2016 en mujeres de 20 a 49 años de edad en México, el 34,8 % se encontraban con sobrepeso y 37,4 % con obesidad²⁶; es decir, al comparar contra el porcentaje nacional, nuestra población presentó mayor sobrepeso (56,3 %) pero menor obesidad (18,7 %). Con respecto a los niños en el estudio, las prevalencias nacionales en México de sobrepeso y obesidad en población en edad escolar (de 5 a 11 años) según la ENSANUT 2016 fueron de 17,9 y 15,3 % respectivamente. Es decir, los niños de nuestro estudio se encontraban por debajo de estos porcentajes (8,5 % y 2,8 % respectivamente). No obstante, el dato preocupante lo representa el porcentaje de desnutrición encontrado en los niños indígenas (31,6 %). Inclusive este porcentaje es mayor que el registrado en poblaciones rurales de México que es del 16,9 %²⁶. Por otra parte, las actividades de riesgo en las diferentes viviendas

son indicativas de una alta probabilidad de presentar exposición a hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y a partículas en suspensión. A este respecto, los valores encontrados en los niños ($1,04 \mu\text{mol/mol}$ creatinina) son más altos que los niveles encontrados en niños de otros estudios. Por ejemplo, en los Estados Unidos de América, la Encuesta Nacional de Nutrición y Salud registra valores de $0,05 \mu\text{mol/mol}$ creatinina en niños de 6 -11 años²⁷. En tanto, en China se han reportado niveles de $0,64 \mu\text{mol/mol}$ creatinina entre niños que viven cerca de alto tráfico vehicular²⁸. En Taiwán por su parte, se observaron niveles medios de $0,19 \mu\text{mol/mol}$ creatinina en niños viviendo cerca de una planta de energía a base de carbón²⁹. Finalmente, los valores encontrados también resultaron ser hasta diez veces más altos que los presentados en niños de otras comunidades indígenas de la zona de San Luis Potosí, México²⁰. En lo que respecta a las mujeres ($1,15 \mu\text{mol/mol}$ creatinina), se encuentran más elevados que otros escenarios de riesgo. En este contexto, en un área urbana de Polonia fueron encontradas concentraciones de $0,22 \pm 0,15 \mu\text{mol/mol}$ creatinina³⁰. En dos sitios industriales de Francia y Pakistán fueron registradas concentraciones medias de $0,39$ y $0,9 \mu\text{mol/mol}$ creatinina, respectivamente^{31,32}. De la misma manera, en México se han detectado valores de $0,18 \pm 0,06 \mu\text{mol/mol}$ creatinina en mujeres que cocinan con biomasa³³; y finalmente, en una comunidad indígena dedicada a la agricultura en el sureste de San Luis Potosí, donde las mujeres también estaban expuestas a humo de leña se registraron valores de $0,60 \pm 0,58 \mu\text{mol/mol}$ creatinina. Asimismo, nuestros resultados de la exposición a 1-OHP tanto en niños como mujeres se encuentran por encima de los valores establecidos como guía de referencia para controles no expuestos ocupacionalmente, tanto entre no fumadores ($0,24 \mu\text{mol/mol}$ creatinina), como para fumadores ($0,76 \mu\text{mol/mol}$ creatinina)²¹. Es importante mencionar que estas guías de referencia se establecieron en adultos no expuestos ocupacionalmente, lo cual nos proporciona un dato importante sobre el uso de biomasa como posible fuente de exposición y también resulta de importancia generar una evaluación de efectos a la salud de estos niños.

Los datos de $\text{PM}_{2,5}$ registrados en las viviendas de la comunidad de Toco ($93,3 \pm 3,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) se encuentran por arriba de lo establecido por normas nacionales e internacionales. En México, la Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2014, establece que la concentración máxima debe ser de $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ³⁴; en tanto, la OMS ha publicado un límite permisible de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio de 24 horas³⁵.

Los resultados de exposición a HAP y de contaminación de interiores por partículas, señalan un grave riesgo en salud tanto para niños como para mujeres en la

comunidad indígena de Toco. Por ello, era importante evaluar la conducta de la familia hacia este escenario, lo cual se logró al aplicar el cuestionario de práctica responsiva y estimulación (CuPRE). En este sentido, el cuestionario ofreció información sobre las prácticas a las que recurren los cuidadores para tomar decisiones sobre cómo atender a los menores, entendiéndose como cuidador al adolescente o adulto encargado del cuidado de los niños en la vivienda. Un dato importante es que se reportó que la dinámica del niño en la casa se concentra en el área de la cocina y traspatio (lugares donde se realizan actividades de preparación de alimentos a base de leña o donde queman la basura), existiendo poca o nula adaptación para la seguridad del niño.

Aunado a lo anterior, se pudo comprobar que tanto mujeres y niños se encuentran expuestos a partículas en suspensión y a sustancias químicas. A este respecto, la exposición en la mujer indígena al humo de leña puede contextualizarse como un problema de inequidad de género e inclusive puede calificarse también como un asunto de precariedad laboral. La mujer llega a exponerse al fogón de leña directa o indirectamente hasta por más de 8 horas diarias. Pero detrás de la mujer, identificada como principal cuidadora, están los niños, cuya exposición es similar a la de su madre pero que además tienen la susceptibilidad incrementada por la inmadurez de sus sistemas respiratorio y nervioso.

Por ello, el escenario registrado en este artículo, de un muy alto riesgo de salud en un contexto de carencia de información adecuada para la toma de mejores decisiones, no puede ignorarse por parte de los responsables de la salud pública. Lo cual incluye no solamente a las autoridades sino también a los académicos y a las asociaciones civiles que trabajan el tema.

Las comunidades indígenas en México viven en situación de marginación social. Su acceso más común a los servicios de salud, es la atención que reciben por parte de un pasante de medicina. Este pasante, único médico de la comunidad, debe atender todas las enfermedades y debe generar todos los programas preventivos que en materia de salud deben instrumentarse en una comunidad como Toco. El punto es que en el currículum académico de los médicos en México, poco o nada se imparte de temas toxicológicos. Pero así, la comunidad, como ya lo apuntamos, tiene a este profesional como referente para la información en salud.

Queda claro entonces que la salud ambiental debe abordarse desde otro horizonte y con herramientas sanitarias no tradicionales. Por ejemplo, nuestro grupo ha tratado de hacer uso de diversos canales de

comunicación como teatro, teatro guiñol, juegos y experimentos. Asimismo con los padres de familia se han implementado pláticas y talleres para la transmisión de los mensajes³⁶. Pero nuestros esfuerzos han carecido de continuidad y por lo tanto han fracasado, los datos del presente trabajo son prueba de ello.

La contaminación es alta, la exposición es alta, el desconocimiento sobre los efectos en salud es mayúsculo y las conductas de protección son en extremo inadecuadas. El escenario entonces requiere de nuevas estrategias y sobre de todo de una acción: acompañamiento. Así, nuestro grupo ahora ha planteado ya una mejor organización comunitaria y está trabajando sobre una estrategia de salud basada en comunidad, que hemos denominado los Comunes Posibles en Salud (COPOS). El acompañamiento de COPOS es en el terreno con estudiantes de un innovador programa académico (Ciencias Ambientales y Salud) y con el apoyo de profesionales tanto en campo como a través del Centro de Información y Atención Toxicológica. Pronto tendremos los primeros resultados pero es evidente ya, que no basta con mediciones, se requiere ir más allá, se necesita generar ante todo, capital humano.

De esta forma, nosotros observamos que en la comunidad de Toco es necesaria la implementación de la transmisión correcta de los mensajes en la crianza del niño para disminuir la exposición a compuestos químicos en el aire, para no solamente reducir directamente los efectos adversos para la salud, sino que también aumentar el bienestar general, la calidad de vida y poder tener un impacto positivo en la salud pública.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el financiamiento de la investigación por parte del Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología a través de los proyectos Atención a Problemas Nacionales (#2015-1340), CONACYT-Salud (#2014-234111).

BIBLIOGRAFÍA

1. OMS. Contaminación del aire de interiores y salud. Ginebra, Suiza: OMS, 2016.
2. Perez-Padilla R, Schilman A, Riojas-Rodriguez H. Respiratory health effects of indoor air pollution. *Int. J. Tuberc. Lung Dis.* 2010; 14(9):1079-86.
3. Serrano-Medrano M, Arias-Chalico T, Ghilardi A, Masera O. Spatial and temporal projection of fuelwood and charcoal consumption in Mexico. *Energy Sustain Dev.* 2014; 19:39-46.
4. WHO. WHO Guidelines for Indoor Air Quality: Selected Pollutants.

- WHO Guidelines Approved by the Guidelines Review Committee. Geneva. 2010.
- WHO. Chronic obstructive pulmonary disease (COPD) 2016 Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs315/en/>.
 - Olsson AC, Fevotte J, Fletcher T, et al. Occupational exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons and lung cancer risk: a multicenter study in Europe. *Occup. Environ. Med.* 2010; 67(2):98-103.
 - Shen H, Tao S, Liu J, et al. Global lung cancer risk from PAH exposure highly depends on emission sources and individual susceptibility. *Sci. Rep.* 2014; 4:6561.
 - Alhamedow A, Lindh C, Albin M, et al. Early markers of cardiovascular disease are associated with occupational exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons. *Sci. Rep-Uk.* 2017;7.
 - Agarwal P, Singh L, Anand M, Taneja A. Association Between Placental Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHS), Oxidative Stress, and Preterm Delivery: A Case-Control Study. *Arch. Environ. Con. Tox.* 2018; 74(2):218-27.
 - Best EA, Juarez-Colunga E, James K, et al. Biomarkers of Exposure to Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Cognitive Function among Elderly in the United States (National Health and Nutrition Examination Survey: 2001-2002). *Plos One.* 2016; 11(2):e0147632.
 - Naeher LP, Brauer M, Lipsett M, et al. Woodsmoke health effects: a review. *Inhal. Toxicol.* 2007; 19(1):67-106.
 - Northcross AL, Hwang N, Balakrishnan K, Mehta S. Assessing exposures to household air pollution in public health research and program evaluation. *Ecohealth* 2015; 12(1):57-67.
 - Wyzga RE, Rohr AC. Long-term particulate matter exposure: Attributing health effects to individual PM components. *J. Air Waste Manag. Assoc.* 2015; 65(5):523-43.
 - Gordon T. Linking health effects to PM components, size, and sources. *Inhal. Toxicol.* 2007; 19(1):3-6.
 - Bell ML, Dominici F, Ebisu K, et al. Spatial and temporal variation in PM(2.5) chemical composition in the United States for health effects studies. *Environ. Health Perspect.* 2007; 115(7):989-95.
 - Hsu SO, Ito K, Lippmann M. Effects of thoracic and fine PM and their components on heart rate and pulmonary function in COPD patients. *J Expo Sci. Environ. Epidemiol.* 2011; 21(5):464-72.
 - INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010: Tabulados del Cuestionario Básico. México. 2012.
 - Berrueta VM, Serrano-Medrano M, García-Bustamante C, et al. Promoting sustainable local development of rural communities and mitigating climate change: the case of Mexico's Patsari improved cookstove project. *Climatic Change* 2017; 140(1):63-77.
 - PNUD. "Informe sobre Desarrollo Humano 2010." La verdadera riqueza de las naciones: caminos al desarrollo humano. 2010.
 - Flores-Ramírez R, Pérez-Vázquez FJ, Cilia-López VG et al. Assessment of exposure to mixture pollutants in Mexican indigenous children. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 2016; 23(9):8577-88.
 - Jongeneelen FJ. Benchmark guideline for urinary 1-hydroxypyrene as biomarker of occupational exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons. *Ann. Occup. Hyg.* 2001; 45(1):3-13.
 - Martínez-Salinas R, Elena Leal M, Batres-Esquivel L, et al. Exposure of children to polycyclic aromatic hydrocarbons in Mexico: assessment of multiple sources. *International Archives of Occupational and Environmental Health* 2010; 83(6):617-23.
 - Taussky HH. A microcolorimetric determination of creatine in urine by the Jaffe reaction. *J. Biol. Chem.* 1954; 208(2):853-61.
 - Cortés-Moreno A, Romero-Sánchez P, Flores-Torres G. Diseño y validación inicial de un instrumento para evaluar prácticas de crianza en la infancia. *Universitas Psychologica* 2006; 1(5):37-49.
 - CONEVAL. Informe de pobreza en México, 2014. México D.F.: Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, 2016.
 - INSP. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de Medio Camino 2016 (ENSANUT 2016). In: Pública INDS, editor. México 2016.
 - CDC. Fourth national report on human exposure to environmental chemicals. Atlanta: Department of Health and Human Services Centers for Disease Control and Prevention, 2009.
 - Fan R, Wang D, Mao C, et al. Preliminary study of children's exposure to PAHs and its association with 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine in Guangzhou, China. *Environ. Int.* 2012;42:53-8.
 - Hu SW, Chan YJ, Hsu HT, et al. Urinary levels of 1-hydroxypyrene in children residing near a coal-fired power plant. *Environmental Research* 2011;111(8):1185-91.
 - Polanska K, Jurewicz J, Hanke W. Exposure to environmental and lifestyle factors and attention-deficit / hyperactivity disorder in children - a review of epidemiological studies. *Int. J. Occup. Med. Environ. Health.* 2012; 25(4):330-55.
 - Leroyer A, Jeandel F, Maitre A, et al. 1-Hydroxypyrene and 3-hydroxybenzo[a]pyrene as biomarkers of exposure to PAH in various environmental exposure situations. *Science of the Total Environment* 2010;408(5):1166-73.
 - Kamal A, Malik RN, Martellini T, Cincinelli A. PAH exposure biomarkers are associated with clinico-chemical changes in the brick kiln workers in Pakistan. *Science of the Total Environment* 2014; 490:521-7.
 - Ruiz-Vera T, Pruneda-Alvarez LG, Ochoa-Martinez AC, et al. Assessment of vascular function in Mexican women exposed to polycyclic aromatic hydrocarbons from wood smoke. *Environ. Toxicol. Pharmacol.* 2015; 40(2):423-9.
 - SSA. NORMA Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2014, Salud ambiental. Valores límite permisibles para la concentración de partículas suspendidas PM10 y PM2,5 en el aire ambiente y

- criterios para su evaluación. En: COFEPRIS, editor. México: DOF; 2014.
35. OMS. Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Actualización mundial 2005. En: Salud OMDI, editor. Ginebra, Suiza 2006.
 36. Torres-Nerio R, Dominguez-Cortinas G, Van't Hooft A, et ál. Analysis of the exposure perception to environmental health risks, in two children populations, by means of the elaboration of drawings. *Salud Colect.* 2010; 6(1):65-81.