

Revisión del impacto del sector ladrillero sobre el ambiente y la salud humana en México

Alejandra Abigail Berumen-Rodríguez, M en CA,^(1,2) Francisco Javier Pérez-Vázquez, D en CBB,^(1,2)
 Fernando Díaz-Barriga, D en Biól Cel,^(1,2) Leonardo Ernesto Márquez-Mireles, D en AS,^(1,3)
 Rogelio Flores-Ramírez, D en CA.^(1,2)

Berumen-Rodríguez AA, Pérez-Vázquez FJ, Díaz-Barriga F, Márquez-Mireles LE, Flores-Ramírez R. Revisión del impacto del sector ladrillero sobre el ambiente y la salud humana en México. *Salud Publica Mex.* 2021;63:100-108. <https://doi.org/10.21149/11282>

Resumen

Objetivo. Describir el trabajo precario en el sector ladrillero de México, sus efectos en salud e intervenciones. **Material y métodos.** Se realizó una revisión sobre el sector ladrillero, así como su impacto en la salud y los estudios de exposición que se han realizado en México en bases de datos y sitios gubernamentales con restricción de idioma inglés y español. Las palabras claves utilizadas fueron “trabajo precario”, “contaminación por ladrilleras”, “efectos en salud” e “intervenciones”. **Resultados.** Existen pocos trabajos que señalen la exposición ambiental y biológica en el sector ladrillero del país. Se encontraron diversas intervenciones en el sector para reducir los impactos ambientales y de salud, sin embargo, no se enfocan directamente en el trabajador y sus familias. **Conclusión.** Las zonas ladrilleras presentan altos niveles de contaminación. Se requiere de información que refleje la exposición a mezclas de sustancias tóxicas en trabajadores, familias y población aledaña a estas zonas.

Palabras clave: trabajo precario; ladrilleras; contaminantes atmosféricos; efectos en salud; enfermedades respiratorias; intervención

Berumen-Rodríguez AA, Pérez-Vázquez FJ, Díaz-Barriga F, Márquez-Mireles LE, Flores-Ramírez R. Environmental and human health effects caused by the Mexican bricks factories. *Salud Publica Mex.* 2021;63:100-108. <https://doi.org/10.21149/11282>

Abstract

Objective. To describe the precarious conditions of the workers on the Mexican brick sector and their effects on health and possible intervention projects. **Materials and methods.** A review of databases and government sites (with English and Spanish language restrictions) was carried out to correlate the human health injury caused by the bricks factories' pollution. Exposure and health impact studies carried out in Mexico were analyzed. Keywords corresponding “precarious work”, “brick pollution”, “health effects” and “interventions” were used in the database search. **Results.** We found only a few studies that described environmental and biological effects caused by the brick sector in Mexico. Regarding intervention programs published until this year, our analysis indicates that these projects have the aim to reduce the environmental impacts but not ameliorate the health of the brick factories workers and their families. **Conclusions.** High levels of pollution were described in brick factories' areas. New studies are required to explore the effects of mixtures toxic substances over health workers, his families, and surrounding factories' population.

Keywords: precarious work; brick factories; air pollutants; health effects; respiratory tract diseases; intervention

- (1) Programas Multidisciplinarios de Posgrado en Ciencias Ambientales, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, México.
- (2) Centro de Investigación Aplicada en Ambiente y Salud, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, México.
- (3) Facultad de Ciencias Sociales y Humanidades. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, México.

Fecha de recibido: 26 de febrero de 2020 • **Fecha de aceptado:** 17 de junio de 2020 • **Publicado en línea:** 21 de diciembre de 2020
 Autor de correspondencia: Rogelio Flores-Ramírez. Av. Venustiano Carranza 2405, col. Los Filtros. 78210 San Luis Potosí, San Luis Potosí, México.
 Correo electrónico: rfloresra@conacyt.mx

Licencia: CC BY-NC-SA

El trabajo precario se define como la ausencia de seguridad en el empleo y se caracteriza por menor participación en el diálogo social, falta de seguridad social, deterioro de derechos laborales, prolongación desmedida de las jornadas, ausencia de contrato laboral y bajos salarios.¹

Existen muchos ejemplos de ocupaciones precarias, como la fabricación de ladrillos, el empleo en tlapalerías, la industria del zapato y la recolección de basura municipal o electrónica, entre muchas otras. Este trabajo se centra en la ocupación ladrillera.

Las ladrilleras son aquellos espacios destinados al moldeo y horneado del barro para la fabricación de los ladrillos utilizados para la edificación.² Se estima una producción anual mundial de 1 500 billones de ladrillos.² En México, según el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE), se encuentran registradas 9 463 ladrilleras (figura 1), sector que genera 52 315 empleos en el país.³

Las emisiones de contaminantes de las ladrilleras dependen de la temperatura, el tiempo de cocción, del tipo de combustible y del horno que se utilice.² La industria ladrillera de los países con menor desarrollo utiliza tecnologías poco eficientes, que generan humos negros.² Aunado a lo anterior, los combustibles que se utilizan son diversos y de baja calidad, como neumáticos, aserrín, cenizas, aceite, plásticos, basura electrónica, entre otros.^{4,5}

Esta actividad económica se convierte en un problema de salud pública en México, que no solamente afecta a los trabajadores sino también a las familias y las zonas colindantes con las ladrilleras, lo que incrementa su vulnerabilidad ante enfermedades crónicas.

Riesgos a la salud humana

En estos sitios se identifica que la población susceptible a efectos en salud, además de los trabajadores, son los niños, mujeres, adultos mayores y personas con enfermedades crónicas.⁶

La principal ruta de exposición a contaminantes es el aire, y ocurren, además, procesos de deposición atmosférica en suelo, sedimentos y cuerpos de agua.⁴ Es común que el establecimiento de las zonas ladrilleras se realice alrededor de las zonas urbanas; por ejemplo, en la figura 2 se muestran 130 ladrilleras distribuidas en una zona de la ciudad de San Luis Potosí.

Las emisiones reportadas de contaminantes en las ladrilleras se relacionan con monóxido de carbono (CO), de material particulado menor a 2.5 y 10 micrómetros (PM_{2.5} y PM₁₀), compuestos orgánicos volátiles (COV), dióxido de nitrógeno (NO₂), dióxido de sulfuro (SO₂), metales pesados, dióxido de carbono (CO₂), hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), bifenilos policlorados (BPC), dioxinas, entre otras.^{4,5}

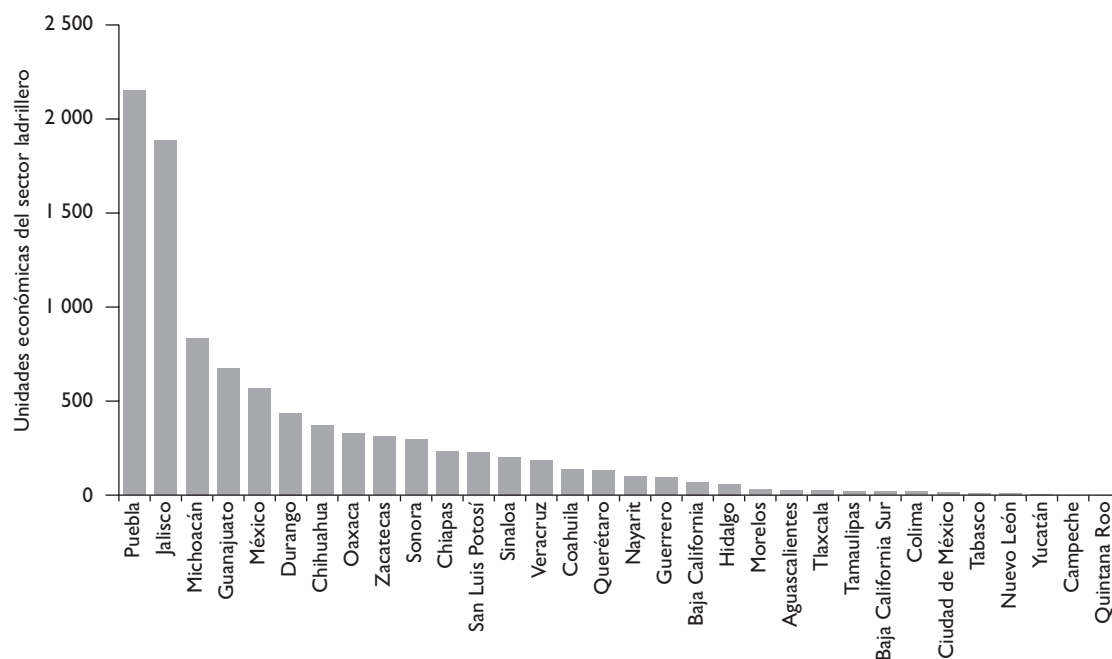


FIGURA 1. UNIDADES ECONÓMICAS DEL SECTOR LADRILLERO POR ESTADO DE LA REPÚBLICA MEXICANA. MÉXICO, 2020

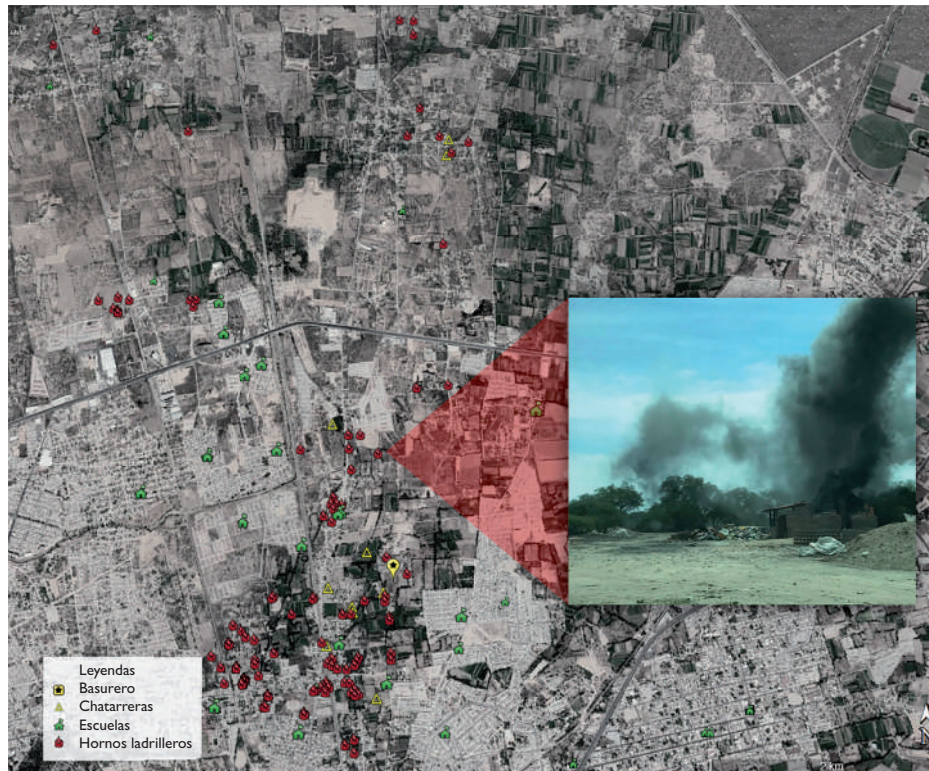


FIGURA 2. ZONA LADRILLERA DE SAN LUIS POTOSÍ “LAS TERCERAS”. MÉXICO, 2020

La contaminación del aire ha demostrado efectos crónicos y agudos en la salud humana⁷ (cuadro I). Se ha comprobado que la exposición a partículas de la industria ladrillera implica principalmente afectación al sistema respiratorio que desencadena enfermedades pulmonares con efectos agudos como tos y flema crónica, opresión del pecho, sibilancias en el pecho, seguidos de efectos crónicos como disnea, asma, bronquitis, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, neumoconiosis y problemas cardiovasculares.^{4,8,9} Estos efectos se ven acrecentados en trabajadores ladrilleros con más de 10 años de trabajo.⁹

En dos estudios transversales realizados en India sobre mujeres trabajadoras del sector ladrillero, se presentan valores anormales en presión arterial, en progesterona sérica y en la relación progesterona/estrógeno.^{10,11}

Existen también riesgos físicos, relacionados con riesgos ergonómicos asociados con medidas de protección desfavorables y cargas excesivas de materiales, que afectan principalmente a la espalda y ocasionan trastornos musculoesqueléticos.¹¹⁻¹³

En esta revisión, el objetivo principal es describir el trabajo precario en el sector ladrillero de México, y

sus efectos ambientales y en salud, así como plantear propuestas de intervención.

Material y métodos

Se realizó una búsqueda de investigaciones de los años 2000 a 2019 sobre el trabajo precario en ladrilleras y su impacto en la salud, así como estudios de exposición realizados en México, en bases de datos como PubMed, Google Scholar, Springer, ScienceDirect, Scopus, Redalyc y páginas web gubernamentales con restricción de idioma inglés y español. Los términos para identificar manuscritos relacionados con el sector ladrillero fueron “trabajo precario”, “contaminación por ladrilleras”, “efectos en salud” e “intervenciones”, de manera internacional y nacional.

Se identificaron 140 manuscritos en las bases de datos, se descargaron en el software Mendeley y se eliminaron los duplicados antes de la selección de títulos. Posteriormente, se examinaron los estudios para asegurar que se incluyera el impacto al ambiente o a la salud, así como sus posibles intervenciones al sector ladrillero. Después se revisó el texto completo para determinar la elegibilidad del estudio; se identificaron 71 estudios que cumplieron con los criterios de inclusión.

Cuadro I
CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS Y SUS EFECTOS EN LA SALUD HUMANA. MÉXICO, 2020

Contami-nante	Descripción	Síntomas	Efectos
PM	Material particulado	Apnea, ataques de asma, irritación de ojos, nariz y garganta, tos y opresión del pecho	Respiratorios, cardiovasculares, estrés oxidativo e inflamación y bajo peso al nacer
HAP	Compuestos orgánicos de dos o más anillos aromáticos	Náuseas, irritación ocular, vómitos, diarrea	Sistema hormonal, daño al ADN, mutaciones, daño renal, hepáticos, respiratorios
NO ₂	Gas denso, color marrón rojizo de olor acre	Disnea, tos, flema, irritación de los ojos y garganta, cansancio y falta de aire	Respiratorios
SO ₂	Gas soluble en agua e irritante	Irritación de nariz, ojos y garganta	Respiratorios y resistencia pulmonar
CO	Gas incoloro sin olor o sabor	Dolor de cabeza, somnolencia, mareos, visión borrosa, náuseas, esfuerzo y falta de aliento	Sistema nervioso central y cardíacos; reducción de capacidad de transferir oxígeno
Metales	Componentes de la corteza terrestre que no se degradan ni destruyen	Trastornos de la memoria, sueño, ira, fatiga, temblores en las manos, visión borrosa y dificultad para hablar	Sistema nervioso, aborto espontáneo, bajo coeficiente intelectual, malformaciones congénitas
Otros Dioxinas Insecticidas BPCs	Contaminantes persistentes	Efectos en la piel, irritación de la nariz y pulmones, depresión y fatiga	Cardiopatías, daño al hígado, afectación del desarrollo del sistema nervioso del feto

PM: Material particulado
NO₂: Dióxido de nitrógeno
CO: Monóxido de carbono

HAP: Hidrocarburos aromáticos policíclicos
SO₂: Dióxido de azufre
BPC: Bifenilos policlorados

Resultados

Monitoreo ambiental y biológico de contaminantes

Existen pocos estudios en zonas ladrilleras de México dirigidos a exposición ambiental de contaminantes y monitoreo biológico en trabajadores y población expuesta. En el cuadro II¹⁴⁻²⁶ se muestran los estudios ambientales de contaminantes en ladrilleras. Las concentraciones que se observaron son mayores a los límites permisibles a la NOM-172-SEMARNAT-2019,²⁷ por lo que generan riesgos a la salud, principalmente efectos en la función pulmonar.^{4,8,9}

En México únicamente se tiene monitoreado al sector ladrillero con mayor número de hornos y producción, sin embargo, se debe monitorear cada zona ladrillera, pues tienen características específicas, como el tipo de horno y de combustible, y diferencias en su proceso de producción, lo que genera diferentes mezclas de contaminantes.⁴

En el cuadro III²⁸⁻⁴¹ se muestran los reportes de monitoreo biológico de contaminantes en zonas ladrilleras. Cabe mencionar, que la mayoría de los estudios se realizó en niños de 3 a 13 años de escuelas cercanas a zonas ladrilleras, uno en mujeres y uno en trabajadores del sector ladrillero.

Se evaluó el biomarcador 1-hidroxipireno (1-OHP) que indica exposición a HAP. Las concentraciones más

altas se reportaron en las mujeres de Guanajuato que viven en zonas aledañas a ladrilleras; en el estudio se explica que además las ladrilleras cocinan con biomasa, lo que hace aumentar la concentración del biomarcador. Otro dato importante es que 75% de la población supera el valor de referencia y es necesario señalar que el 1-OHP sólo muestra la exposición al pireno; actualmente se ha propuesto evaluar más metabolitos hidroxilados para establecer con certeza la exposición a HAP.³³ Por otro lado, para los metales, sólo en San Luis Potosí se midieron el manganeso y el flúor.³² En cuanto a plomo, cadmio y lindano, las concentraciones más altas se encontraron en Zacatecas, lo que podría deberse a que este sitio ladrillero se encuentra cerca de campos de cultivo y de plantas de procesamiento de residuos donde se producía plomo, mercurio y plata.³⁴ Las concentraciones más altas de arsénico y de DDE (Diclorodifenildicloroetano) se presentan en Durango, región dedicada a la agricultura y donde existen residuos de la minería de manganeso.³⁴ Los BPC se encontraron con mayor concentración en Querétaro, pues los trabajadores utilizan el aceite como combustible de los hornos ladrilleros.³⁴

Se han reportado efectos individuales por la exposición a HAP, arsénico y DDT que incluyen efectos genotóxicos, neurotóxicos e inmunotóxicos.²⁸⁻³⁴ En relación con el plomo, el manganeso y los BPC se han visto daños neurotóxicos.^{28,29,37} El cadmio puede afectar a las personas principalmente en pulmones y riñones.⁴⁰

Cuadro II
ESTUDIOS DE CONTAMINANTES CRÍTICOS AMBIENTALES DE ZONAS LADRILLERAS EN MÉXICO. MÉXICO, 2020

Contaminante	Referencia	Sitio	Niveles	Valor* de Ref
PM ₁₀ PM _{2.5}	14	Puebla	PM ₁₀ : 473.5 ton/año PM _{2.5} : 315.7 ton/año	NOM-025-SSAI-2014 ²¹ PM ₁₀ : 75 µg/m ³ 24h PM _{2.5} : 45 µg/m ³ 24h OMS ²² PM ₁₀ : 50 µg/m ³ 24h PM _{2.5} : 20 µg/m ³ 24h
	15	Ciudad de México	PM ₁₀ : 176.36 ton/año PM _{2.5} : 146.87 ton/año	
	16	Guadalajara	PM ₁₀ : 120 µg/m ³ PM _{2.5} : 65 µg/m ³	
	17	Chiapas	PM totales: 41.7 µg/m ³	
	18	Guanajuato	PM _{2.5} : 57 µg/m ³	
	19	San Luis Potosí	PM ₁₀ : 576 ton/año PM _{2.5} : 5.06 ton/año	
NO ₂	14	Puebla	1481.6 ton/año	NOM-023-SSAI-1993 ²³ 395 µg/m ³ una hora 1 vez al año OMS ²² 40 µg/m ³ media anual
	15	Ciudad de México	9.11 ton/año	
	17	Chiapas	12.49 ppm	
	19	San Luis Potosí	2.27 ton/año	
SO ₂	14	Puebla	9443.2 ton/año	NOM-022-SSAI-2010 ²⁴ 66 µg/m ³ media anual OMS ²² 20 µg/m ³ media en 24h
	15	Ciudad de México	5.03/ ton/año	
	17	Chiapas	16.5 ppm	
	19	San Luis Potosí	28.73 ton/año	
CO	14	Puebla	747.8 ton/año	NOM-021-SSAI-1993 ²⁵ 11 ppm EPA 9 ppm ²⁶
	15	Ciudad de México	21.78 ton/año	
	19	San Luis Potosí	38.72 ton/año	
	20	Durango	10.53 ppm	

PM: Material particulado
NO₂: Dióxido de nitrógeno
Ppm: partes por millón
Ref: Referencia

SO₂: Dióxido de sulfuro
CO: Monóxido de carbono
Los valores representan la media geométrica

En México, únicamente dos estudios se centraron en medir efectos en salud de las zonas ladrilleras. Los efectos genotóxicos (metilación del ADN y en ensayo cometa) se asociaron con los niveles de HAP generados en este sector.^{28,31} Estos reportes tienen un tamaño de muestra limitado, lo que destaca la necesidad de información sobre efectos en zonas ladrilleras de México. En otras partes del mundo se han evaluado diversos efectos respiratorios asociados con PM, metales, SO₂, dioxinas, HAP y BPC.⁸⁻¹⁰

Por otra parte, se considera que los estudios en México deben también evaluar los contaminantes críticos establecidos por la NOM-172-SEMARNAT-2019²⁷ que están afectando la salud. Es evidente que la población no está expuesta a un solo contaminante si no a una mezcla de los mismos.

Soluciones

Se han realizado diversas propuestas sostenibles con el fin de reducir los impactos contaminantes del sector

ladrillero, tanto en el ambiente como en la salud. Para lograrlo es necesario el mejoramiento de la tecnología y un cambio de actitudes.⁵

Una de las propuestas es la fabricación de ladrillos sin cocer mediante la estabilización adecuada,⁴² mejorar el proceso de cocción mediante el uso de otros combustibles y la construcción de otros tipos de hornos que cumplan con las normas ambientales.^{42,43}

Otro aspecto es el desplazamiento de los hornos hacia zonas alejadas de la población y que éstos cuenten con tecnologías que puedan reducir las emisiones de contaminantes, sin embargo, no se toman en cuenta aspectos sociales y económicos, ya que se genera un gasto en el traslado de los trabajadores y de la materia prima.^{5,43}

Se debe subrayar la utilización de diversos materiales para la quema en las ladrilleras que ayudan a la sostenibilidad,⁴⁴ pero éstos aún no han sido aceptados por la población debido a la falta de conocimiento de este tipo de materiales en cuanto a su calidad, durabilidad, resistencia y costos.

Cuadro III
MONITOREO BIOLÓGICO DE CONTAMINANTES EN ZONAS LADRILLERAS DE MÉXICO. MÉXICO, 2020

Contaminante	Referencia	Sitio	Población	Niveles	Valor de Ref
HAP	28	San Luis Potosí	39 hombres trabajadores (17-75 años)	0.023-1.11 μmol/mol de creatinina	I-OHP 0.24 μmol/mol de creatinina ³⁵
	29		35 niños (3-13 años)	0.09-0.7 μmol/mol de creatinina	
	30		46 niños (3-13 años)	<LOD-0.88 μmol/mol de creatinina	
	31		15 niños (6-12 años)	<LOD-1.50 μmol/mol de creatinina	
	32		40 niños (6-12 años)	0.02-1.98 μmol/mol de creatinina	
	33	Guanajuato	70 mujeres (22-63 años)	<LOD – 3.68 μmol/mol de creatinina	
Plomo	30	San Luis Potosí	46 niños (3-13 años)	2.80-16.60 μg/dL	NOM-199-SSA1-2000 10 μg/dL ³⁶
	31		15 niños (6-12 años)	2.50-17.5 μg/dL	
	32		40 niños (6-12 años)	0.7-17.7 μg/dL	
	34	Querétaro	43 niños (6-12 años)	3.0-8.0 μg/dL	
		Durango	16 niños (6-12 años)	2.0-7.0 μg/dL	
		Zacatecas	25 niños (6-12 años)	5.0-9.0 μg/dL	
Manganeso	32	San Luis Potosí	40 niños (6-12 años)	3.5-37.1 μg/L	8 μg/L ³⁷
Flúor	32	San Luis Potosí	40 niños (6-12 años)	0.3-4.4 mg/L	1.5 mg/L ³⁸
Cadmio	34	Querétaro	43 niños (6-12 años)	0.1-1.9 μg L	3 μg/L ^{39,40}
		Durango	16 niños (6-12 años)	0.21-1.7 μg L	
		Zacatecas	25 niños (6-12 años)	0.7-1.3 μg L	
		Querétaro	43 niños (6-12 años)	10.4-32.5 μg L	
Arsénico	34	Durango	16 niños (6-12 años)	25.8-63.9 μg L	15 μg/L ⁴¹
		Zacatecas	25 niños (6-12 años)	20.3-36.8 μg L	
		32	San Luis Potosí	40 niños (6-12 años)	
	DDT/DDE	30	San Luis Potosí	46 niños (3-13 años)	
31		15 niños (6-12 años)		DDT 5.0-50.0 ng g ⁻¹ lípido	
34		Querétaro	43 niños (6-12 años)	DDE 1826.4 ng g ⁻¹ lípido	
		Durango	16 niños (6-12 años)	DDE 2267.6 ng g ⁻¹ lípido	
		Zacatecas	25 niños (6-12 años)	DDE 693.4 ng g ⁻¹ lípido	
Otros		34	Querétaro	43 niños (6-12 años)	HCB 146.6 ng g ⁻¹ lípido Lindano 110.5 ng g ⁻¹ lípido BPC52 205.6 ng g ⁻¹ lípido
	Durango		16 niños (6-12 años)	Lindano 15.3 ng g ⁻¹ lípido	
	Zacatecas		25 niños (6-12 años)	Lindano 46.7 ng g ⁻¹ lípido	

HAP: Hidrocarburos aromáticos policíclicos

DDE: Diclorodifenildicloroetano

BPC: Bifenilos policlorados

*Media geométrica en sangre de DDT y DDE ng/g de lípidos. Los valores reportados se encuentran como mínimo-máximo

DDT: Diclorodifeniltricloroetano

HCB: Hexaclorobenceno

I-OHP: I-Hidroxipireno

Se han hecho recomendaciones para lograr un desempeño laboral seguro, utilizando tecnologías eficaces con sustitución de combustible por gas natural y, sobre todo, la aplicación de medidas para el uso de equipos de protección personal.⁹

Además, se han hecho análisis de percepción para llevar a cabo programas de comunicación de riesgos. Se demostró que después de la intervención los participantes percibieron los riesgos asociados con la zona en la que viven y lograron obtener conocimientos y prácticas saludables.⁴⁵

La formación de cooperativas ha llevado a que los ladrilleros se mantengan más organizados y puedan compartir experiencias, con el fin de reducir costos y contaminación, además de facilitar el ingreso a posibles apoyos gubernamentales.⁵

El grupo de trabajo conformado por los autores de este artículo ha propuesto una estrategia denominada STOP (Salud en el Trabajo para Ocupaciones Precarias), que se enfoca en intervenciones integrales para la atención de riesgos ocupacionales en los trabajadores y sus familias en este tipo de ambientes laborales. Se han

implementado además diversas estrategias para evitar la contaminación provocada por el sector ladrillero, sin embargo, no han tenido un impacto directo en el trabajador precario. Por esta razón, STOP es una propuesta innovadora que une las dimensiones de salud, economía y ambiente. Aunado a lo anterior, no existe suficiente personal en México que atienda la salud de los trabajadores,⁴⁶ lo cual agrava la situación.

STOP comprende cinco fases que incorporan a los trabajadores y sus familias: a) Planeación participativa. Establecer características y riesgos ocupacionales de los trabajadores, nivel socioeconómico, estructura de las unidades económicas familiares y percepción del riesgo de cada integrante de la familia; b) Evaluación de riesgo acumulado. Estimar la exposición de este sector a los contaminantes críticos y evaluar sus efectos en el sistema respiratorio y musculoesquelético a partir de pruebas de oro mediante espirometría, radiografía de tórax y un cuestionario para tales efectos; c) Abogacía y gestión. Con los resultados obtenidos se demuestran los riesgos a la secretarías de Salud y del Trabajo para la toma de decisiones en dicho sector; d) Comunicación de riesgos. Efectuar la promoción a la salud y realizar acciones concretas contra las amenazas encontradas; e) Alternativas. Generar opciones para que las familias tengan un trabajo digno y que las alternativas se formulen con base en las decisiones de la comunidad.

Conclusiones

Las zonas ladrilleras presentan altos niveles de contaminación ambiental y existe un vacío de los efectos en salud en estas poblaciones. Se requiere de más estudios enfocados al análisis del sitio, de los trabajadores, de las familias y de la población aledaña a estas zonas. Además, la mayoría de estas poblaciones presenta diversos tipos de vulnerabilidades tanto ecológicas, económicas, ambientales y sociales, por lo que se necesitan intervenciones que abarquen todas las dimensiones afectadas.

Se considera que STOP visibilizaría las necesidades en salud del sector laboral precario de México, con lo que se generarían herramientas innovadoras para la atención de los trabajadores y de los núcleos familiares en precariedad laboral y lograr así alternativas que disminuyan los riesgos laborales ambientales y de salud en estos sectores de la población.

Agradecimientos

Al apoyo por parte del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología-FOSEC SS/IMSS/ ISSSTE (A3-S-38681).

Declaración de conflicto de intereses. Los autores declararon no tener conflicto de intereses.

Referencias

1. Román-Sánchez YG, Cervantes-Arenillas D. El empleo precario de jóvenes asalariados en México. El caso de Toluca, Tijuana y Mérida (2005-2010). *Rev Fac Cienc Econ.* 2013;21(1):1-43. <https://doi.org/10.18359/rfce.666>
2. International Labour Organization, The Brooke Hospital for Animals, The Donkey Sanctuary. Brick by Brick/ Environment, Human Labor & Animal Welfare [Internet]. Ginebra: ILO-FUNDAMENTALS, Brooke and The Donkey Sanctuary, 2017 [citado abril 19, 2019]. Disponible en: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_norm/---declaration/documents/publication/wcms_542925.pdf
3. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Directorio Nacional de Unidades Económicas. México: INEGI, 2019 [citado abril 10, 2019]. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/>
4. Skinder B, Sheikh A, Pandit A, Ganai B. Brick kiln emissions and its environmental impact: A Review. *J Ecol Nat Environ.* 2013;6(1):1-11. <https://doi.org/10.5897/JENE2013.0423>
5. Erbe S. Technical, economical and organizational analysis of informal brick production in Tercera Chica, SLP, México [tesis]. México: Programa Multidisciplinario de Posgrado en Ciencias Ambientales, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, 2011.
6. Comisión para la Cooperación Ambiental. Sustancias químicas tóxicas y salud infantil en América del Norte: planteamiento sobre la necesidad de un despliegue de esfuerzos para determinar las fuentes, niveles de exposición y riesgos de las sustancias químicas industriales para la salud infantil. Montreal: CCA, 2006 [citado junio 8, 2019]. Disponible en: <http://www3.cec.org/islandora/es/item/2280-toxic-chemicals-and-childrens-health-in-north-america>
7. Kampa M, Castanas E. Human health effects of air pollution. *Environ Pollut.* 2008;151(2):362-7. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2007.06.012>
8. Chien VC, Chai SK, Hai DN, Takaro T, Checkoway H, Keifer M, et al. Pneumoconiosis among workers in a Vietnamese refractory brick facility. *Am J Ind Med.* 2002;42(5):397-402. <https://doi.org/10.1002/ajim.10125>
9. Sheta S, El Laithy N. Brick kiln industry and workers' chronic respiratory health problems in mit Ghamr district, Dakahlia governorate. Egypt J Occup Med. 2015;39(1):37-51. <https://doi.org/10.21608/EJOM.2015.809>
10. Bagchi A, Das S, Karmakar S, Ghosh S. Occupational and ergonomic health analyses of female construction workers of West Bengal, India. *J Anal Pharmacol Biol Sci.* 2014;3(1):55-6 [citado mayo 9, 2010]. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/OCCUPATIONAL-%26-ERGONOMIC-HEALTH-ANALYSES-OF-FEMALE-Bagchi-Das/c13c506726ab8b5c2a94360c51c79a42610e96b7>
11. Das S, Bagchi A, Gangopadhyay S, Ghosh S. Effect of natural resources on reproductive health and oxidative stress of female construction workers, West Bengal, India. *Int J Adv Res.* 2017;5(7):661-7. <https://doi.org/10.21474/IJAR01/4766>
12. Trevelyan F, Haslam R. Musculoskeletal disorders in a handmade brick manufacturing plant. *Int J Ind Ergon.* 2001;27(1):43-55. [https://doi.org/10.1016/S0169-8141\(00\)00036-6](https://doi.org/10.1016/S0169-8141(00)00036-6)
13. Sain MK, Meena M. Identifying musculoskeletal issues and associated risk factors among clay brick kiln workers. *Ind Health.* 2019;57(3):381-91. <https://doi.org/10.2486/indhealth.2018-0096>
14. Secretaría de Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial. Programa para mejorar la calidad del aire en el estado de Puebla 2012-2020. México: SSAOT, 2012:1-231 [citado junio 25, 2019]. Disponible en: http://dsiappsdev.semarnat.gob.mx/datos/portall/proaire/10_ProAire%20Puebla.pdf

15. Secretaría de Medio Ambiente de la Ciudad de México. Inventario de Emisiones de la Ciudad de México 2016. Ciudad de México: Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire, Dirección de Programas de Calidad del Aire e Inventario de Emisiones, 2018 [citado junio 25, 2019]. Disponible en: <http://www.aire.cdmx.gob.mx/descargas/publicaciones/flippingbook/inventario-emisiones-2016/mobile/inventario-emisiones-2016.pdf>
16. Ojeda V, Romero S, Maena L, Chavez P, Olvera J. Air pollution in an urban area of Mexico: sources of emission (vehicular, natural, industrial, and brick production). En: Olvera J (ed). Air pollution-monitoring, quantification and removal of gases and particles. México: IntechOpen, 2019: 225-398 [citado junio 25, 2019]. Disponible en: <https://www.intechopen.com/books/air-pollution-monitoring-quantification-and-removal-of-gases-and-particles/air-pollution-in-an-urban-area-of-mexico-sources-of-emission-vehicular-natural-industrial-and-brick->
17. Gómez C, Farrera N, López P, Domínguez F, Moreira J. Determinación de los ecoindicadores de una ladrillera de la Ribera de Cupia, Chiapa de Corzo, Chiapas. *Vivienda Comunidades Sustentables*. 2019;3(6):55-4. <https://doi.org/10.32870/rvcs.v0i6.125>
18. Pérez ARG, Molina AZ. Determinación de la concentración de material particulado atmosférico (Pm2.5) en la zona ladrillera de la comunidad de Yerbabuena; Gto. *Jov Cienc*. 2017;2(1):216-20 [citado junio 11, 2019]. Disponible en: <http://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/1034>
19. Secretaría de Ecología y Gestión Ambiental. Programa de gestión para mejorar la calidad del aire en la Zona Metropolitana de San Luis Potosí - Soledad de Graciano Sánchez. San Luis Potosí: SEGAM, 2015:1-232 [citado junio 11, 2019]. Disponible en: <https://beta.slp.gob.mx/SEGAM/Documentos%20compartidos/ESTUDIOS%20PROGRAMAS%20Y%20PROYECTOS/ProAire%20PRELIMINAR.pdf>
20. Ortiz-Alvarez A, Peralta O, Alvarez-Ospina H, Martínez-Arroyo A, Castro T, Páramo VH, et al. Concentration profile of elemental and organic carbon and personal exposure to other pollutants from brick kilns in Durango, Mexico. *Air Qual Atmos Heal*. 2018;11(3):285-300. <https://doi.org/10.1007/s11869-017-0539-z>
21. Diario Oficial de la Federación. NOM-025-SSA1-2014, Salud ambiental. Valores límite permisibles para la concentración de partículas suspendidas PM₁₀ y PM_{2.5} en el aire ambiente y criterios para su evaluación. México: Secretaría de Salud, 2014 [citado mayo 8, 2020]. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5357042&fecha=20/08/2014
22. Organización Mundial de la Salud. 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. Ginebra: OMS, 2005:1-21 [citado mayo 8, 2020]. Disponible en: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69478/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf?sequence=1
23. Diario Oficial de la Federación. NOM-023-SSA1-1993, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al bióxido de nitrógeno (NO₂). Valor normado para la concentración de bióxido de nitrógeno (NO₂) en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población. México: Secretaría de Salud, 1994 [citado octubre 25, 2019]. Disponible en: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/023ssa13.html>
24. Diario Oficial de la Federación. NOM-022-SSA1-2010, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de azufre (SO₂). Valor normado para la concentración de dióxido de azufre (SO₂) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población. México: Secretaría de Salud, 2010 [citado octubre 25, 2019]. Disponible en: <http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4149/salud1/salud1.htm>
25. Diario Oficial de la Federación. NOM-021-SSA1-1993, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al monóxido de carbono (CO). Valor permisible para la concentración de monóxido de carbono (CO) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población. México: Secretaría de Salud, 1994 [citado octubre 27, 2019]. Disponible en: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/021ssa13.html>
26. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. *Reseña Toxicológica del Monóxido de Carbono*. Atlanta: New England Journal of Medicine, Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU., Servicio de Salud Pública, 2012 [citado octubre 27, 2019]. Disponible en: https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts2011.html
27. Diario Oficial de la Federación. NOM-172-SEMARNAT-2019, Lineamientos para la obtención y comunicación del Índice de Calidad del Aire y Riesgos a la Salud. México: Secretaría de Salud, 2019 [citado mayo 8, 2020]. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5579387&fecha=20/11/2019
28. Alegría-Torres JA, Barretta F, Batres-Esquivel LE, Carrizales-Yáñez L, Pérez-Maldonado IN, Baccarelli A, et al. Epigenetic markers of exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons in Mexican brickmakers: A pilot study. *Chemosphere*. 2013;91(4):475-80. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.11.077>
29. Martínez-Salinas RI, Elena Leal M, Batres-Esquivel LE, Domínguez-Cortinas G, Calderón J, Díaz-Barriga F, et al. Exposure of children to polycyclic aromatic hydrocarbons in Mexico: assessment of multiple sources. *Int Arch Occup Environ Health*. 2010;83(6):617-23. <https://doi.org/10.1007/s00420-009-0482-x>
30. Domínguez-Cortinas G, Díaz-Barriga F, Martínez-Salinas RI, Cossio P, Pérez-Maldonado IN. Exposure to chemical mixtures in Mexican children: high-risk scenarios. *Environ Sci Pollut Res*. 2013;20(1):351-7. <https://doi.org/10.1007/s11356-012-0933-x>
31. Jasso-Pineda Y, Díaz-Barriga F, Yáñez-Estrada L, Pérez-Vázquez FJ, Pérez-Maldonado IN. DNA damage in Mexican children living in high-risk contaminated scenarios. *Sci Total Environ*. 2015;518-519(1):38-48. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.02.073>
32. Flores-Ramírez R, Pérez-Vázquez FJ, Medellín-Garibay SE, Aldrete AC, Vallejo-Pérez MR, de León-Martínez LD, et al. Exposure to mixtures of pollutants in Mexican children from marginalized urban areas. *Ann Glob Heal*. 2018;84(2):250-6. <https://doi.org/10.2902/aogh.912>
33. Pruneda-Álvarez LG, Pérez-Vázquez FJ, Ruiz-Vera T, Ochoa-Martínez AC, Orta-García ST, Jiménez-Avalos JA, et al. Urinary 1-hydroxypyrene concentration as an exposure biomarker to polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in Mexican women from different hot spot scenarios and health risk assessment. *Environ Sci Pollut Res*. 2016;23(7):6816-25. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5918-0>
34. Trejo-Acevedo A, Díaz-Barriga F, Carrizales L, Domínguez G, Costilla R, Ize-Lema I, et al. Exposure assessment of persistent organic pollutants and metals in Mexican children. *Chemosphere*. 2009;74(7):974-80. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.10.030>
35. 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. [https://doi.org/10.1016/S0003-4878\(00\)00009-0](https://doi.org/10.1016/S0003-4878(00)00009-0)
36. Diario Oficial de la Federación. NOM-199-SSA1-2000, Salud ambiental. Niveles de plomo en sangre y acciones como criterios para proteger la salud de la población expuesta no ocupacionalmente. México: Secretaría de Salud, 2002 [citado octubre 28, 2019]. Disponible en: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/199ssa10.html>
37. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. *Reseña toxicológica del manganeso*. Atlanta: Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU., Servicio de Salud Pública, 2016 [citado octubre 27, 2019]. Disponible en: https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs151.html
38. Aylward LL, Hays SM, Vezina A, Deveau M, St-Amand A, Nong A. Biomonitoring Equivalents for interpretation of urinary fluoride. *Regul Toxicol Pharmacol*. 2015;72(1):158-67. <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2015.04.005>
39. Schulz C, Angerer J, Ewers U, Heudorf U, Wilhelm M. Revised and new reference values for environmental pollutants in urine or blood

of children in Germany derived from the German Environmental Survey on Children 2003-2006 (GerES IV). *Int J Hyg Environ Health*. 2009;212(6):637-47. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2009.05.003>

40. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. *Reseña toxicológica del cadmio*. Atlanta: Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU. Atlanta: ATSDR, 2016 [citado octubre 27, 2019]. Disponible en: https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs5.html

41. Diario Oficial de la Federación. NOM-047-SSA1-2011, Salud ambiental-Índices biológicos de exposición para el personal ocupacionalmente expuesto a sustancias químicas. México: Secretaría de Salud, 2012 [citado octubre 27, 2019]. Disponible en: http://www.salud.gob.mx/cdi/nom/compi/NOM-047-SSA1-2011_060612.pdf

42. Murmu AI, Patel A. Towards sustainable bricks production: An overview. *Constr Build Mater*. 2018;165(1):112-25. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.01.038>

43. Romo-Aguilar M, Córdova-Bojorquez G, Cervera-Gómez L. Estudio urbano-ambiental de las ladrilleras del municipio de Juárez. *Estud Front*. 2004;5(9):9-34. <https://doi.org/10.21670/ref.2004.09.a01>

44. Algin HM, Turgut P. Cotton and limestone powder wastes as brick material. *Constr Build Mater*. 2008;22(6):1074-80. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2007.03.006>

45. German Agency for Technical Cooperation, Romo D. Políticas e instrumentos para mejorar la gestión ambiental en las PYMES y promover la oferta de bienes y servicios ambientales: el caso mexicano. Chile: CEPAL, 2005 [citado octubre 27, 2019]. Disponible en: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/5633-politicas-instrumentos-mejorar-la-gestion-ambiental-pymes-promover-la-oferta>

46. Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos. *Health at a glance 2017: OECD Indicators. Key Findings*. Paris: OECD Publishing, 2017; 1-220 [citado octubre 27, 2019]. Disponible en: https://www.oecd-ilibrary.org/social-issues-migration-health/panorama-de-la-salud-2017_9789264306035-es