

ASSESSMENT OF EXPOSURE TO TOXIC SUBSTANCES IN BRICK MAKERS IN GUANAJUATO

EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A SUSTANCIAS TÓXICAS EN LADRILLEROS DE GUANAJUATO

Chávez Peña Miguel Ángel^{1a} Cortés Arias María Fernanda^{1b} García Sánchez José Daniel^{1c} Moreno Reveles Lizeth Jaqueline^{1d} Alegría Torres Jorge Alejandro^{1e}

¹Licenciatura en Químico Farmacéutico Biólogo, División de Ciencias Naturales y Exactas, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato

ma.chavezpena@ugto.mx^{1a} mf.cortesarias@ugto.mx^{1b} Jd.garciasanchez@ugto.mx^{1c} lj.morenoreveles@ugto.mx^{1d} ja.alegriatorres@ugto.mx^{1e}

Resumen

El trabajo precario, la pobreza y la contaminación, resultan ser la parte visible de problemáticas con raíces profundas, la política pública orientada a atenderlas no debe estar orientada sólo a las consecuencias visibles sino a las causas poco notadas; a partir del trabajo y el acercamiento con las comunidades es que se pueden identificar estas posibles causas y diseñar adecuadamente intervenciones que las atiendan pero, que además, doten a los grupos la capacidad y herramientas para darle continuidad a estas acciones. Esta propuesta tiene como objetivo evaluar la exposición a sustancias tóxicas en un grupo particularmente vulnerable: los ladrilleros. En la Ciudad de Guanajuato existen 89 hornos ladrilleros ubicados en la comunidad de la Yerbabuena, una zona que ha quedado dentro de la ciudad por el crecimiento urbano. La exposición a sustancias tóxicas como el arsénico (As) y flúor (F⁻) podría deberse al consumo de agua contaminada con estos tóxicos, lo cual impacta negativamente en la salud de los ladrilleros, aunado a ellos se suma la coexposición a otras sustancias derivadas de la actividad ladrillera, por ejemplo, PM 2.5 y los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs). La evaluación de las exposiciones a F⁻ y As es posible por medio de la medición con métodos analíticos como el método del electrodo ion selectivo y espectrofotometría de absorción atómica, respectivamente en muestras de orina de los trabajadores ladrilleros. Por otra parte, esta exposición puede provocar efectos a nivel subclínico, es decir, no detectables por evaluaciones médicas ni pruebas de rutina, sino solo a través de la medición de biomarcadores de efecto prematuro, utilizando técnicas de laboratorio a escala molecular. La correlación entre exposición y efecto permitirá reconocer rutas de exposición y mecanismos de toxicidad, brindando una pauta para establecer estrategias de intervención que reduzcan los riesgos a la salud por la exposición a tóxicos, entre ellos el empoderamiento de las comunidades vulnerables a través de la transferencia del conocimiento y el trabajo colaborativo: comunidad-instituciones educativas-apoyos gubernamentales.

Palabras clave: Guanajuato; Orina; Arsénico; Flúor; Ladrilleros

Introducción

¿Cuál es el interés por estudiar este sector?

Están siempre a nuestro alrededor, detienen grandes construcciones y nos mantienen resguardados, pero a pesar de eso muy pocas veces nos ponemos a pensar en cómo es que los ladrillos son fabricados, y mucho menos pensamos en aquellas personas que se dedican a su fabricación. Es por ello por lo que en este artículo abordaremos un poco sobre lo que es el trabajo como ladrilleros y los riesgos a los que estas personas están por exposición.

El desarrollo industrial y tecnológico que cada día va en aumento no es para todas las clases sociales, ya que aún con todo esto, existen muchos asentamientos en donde la fabricación de ladrillo se hace de forma manual, en espacios acondicionados de forma improvisada, con nulas medidas de seguridad, sin un horario fijo, salarios que no son proporcionales al esfuerzo y además sin un seguro médico que sirva como un recurso en el caso de que lleguen a sufrir un accidente.

Sumado a estas malas condiciones de trabajo, encontramos también que los materiales utilizados para este

trabajo son desechos dañinos para la salud y el medio ambiente como lo es el aceite de automóvil usado que es combinado con Diesel, el uso de llantas, de estiércol de animales de granja y hasta basura son comunes para quemar al momento de calentar los ladrillos, emanando una gran cantidad de gases que, al no traer protección, inhalan todos los días durante muchos años de trabajo. Esta preocupación aumenta pues estas quemas son realizadas al interior de los asentamientos, provocando que toda la población cercana entre en contacto con estos gases.

Actividad ladrillera y sus procesos.

El trabajo ladrillero es una actividad en la que, por medio del barro, se moldea en pequeñas bases de madera dándoles la forma rectangular, son puestas al sol para que se sequen; una vez secos son guardados en un horno hecho de mismos ladrillos y son sometidos a altas temperaturas hasta que obtienen el color rojo característico.

Este proceso lleva varios días y son distintos pasos a seguir, comenzando por la obtención de la arcilla, misma que es tomada de las zonas ladrilleras en donde se observa a las personas trabajando en la tierra sin ninguna protección, usando manos y pies al momento de hidratar el material (1).

Cuando la arcilla está lista, es puesta en moldes de madera con las medidas que el ladrillo debe tener, para dejarse al aire libre secándose durante algunos días y después pasar a un horno en donde se alcanzan temperaturas de hasta 150°C durante tiempo para que la arcilla se coccione y quede un ladrillo sólido y resistente. (figura 1 y 2)

En las jornadas laborales los trabajadores no cuentan con medidas de seguridad, mucho menos de higiene, por lo que consumen alimentos en la zona de trabajo, inhalando vapores dañinos y restos de polvo que se encuentran en el ambiente. Esto se agrava al darse cuenta de que todos estos residuos que hay en el medio pasa a ser arrastrado por las lluvias, provocando la contaminación del agua que hay en los pozos y que es consumida en la comunidad.

Bajo estas preocupaciones se comenzó con una investigación de la actividad ladrillera en la localidad de Yerbabuena, en el municipio de Guanajuato, Guanajuato, en donde esta actividad ha sido desarrollada durante muchos años, generando empleos y siendo el trabajo principal de donde la población obtiene ingresos (figura 3 y 4).

En esta comunidad existen una gran cantidad de zonas ladrilleras que trabajan todo el año y en donde no hay regulaciones importantes sobre la forma en la que trabajan las personas y eso nos lleva a pensar que debe existir una cantidad importante de contaminantes dentro de la zona, remarcando el agua y el suelo de toda la comunidad, afectando tanto a los trabajadores como también a sus familias.

Además, en esta zona puede haber coexposición a algunos otros contaminantes como el Arsénico y el Flúor debidos al consumo de agua contaminada con estos tóxicos y utilizada para beber y/o preparar alimentos.

Estos elementos son importantes ya que existen muchas enfermedades ligadas a la presencia en niveles altos y prolongados de flúor como puede ser desde problemas dentales y neurotoxicidad, así como enfermedades cardiovasculares, enfermedades renales y hasta riesgo de cáncer asociado a la exposición arsénico.

Imagen 1. Horno utilizado para la quema del ladrillo ubicado en la comunidad de Yerbabuena, Guanajuato



Figura 1. Horno Ladrillero de la Comunidad de la Yerbabuena, Guanajuato.



Figura 2. Trabajadores de la zona ladrillera, al fondo se observa un horno utilizado para la fabricación del ladrillo



Figura 3. Zona en donde se observan ladrillos ya cocidos y otros en proceso de secado (al fondo)



Figura 4. Espacio utilizado para el secado de los ladrillos recién formados con arcilla.

Materiales y Métodos

El estudio se llevó a cabo en la comunidad de ladrilleros de la Yerbabuena, Guanajuato. Con un total de 31 participantes para este estudio de los cuales fueron hombres, mujeres y niños de la misma comunidad, que se dedican a la elaboración de ladrillos y que en sus casas se encuentran los hornos productores de ladrillos y que se identificaron como la población vulnerable. Así mismo, previamente fueron invitados a participar y estos aceptaron un consentimiento informado.

Datos sociodemográficos de la población de estudio

Para comprender mejor el entorno en el que vive la comunidad de Yerbabuena, se realizaron 31 cuestionarios a los trabajadores de las ladrilleras, así como a sus familiares de manera individualizada para conocer su entorno socioeconómico y ambiental de una manera más detallada y así buscar una posible relación de su estado de salud con su entorno socioambiental respecto a su prolongada exposición dentro de la ladrillera.

Tomas de muestra de orina y sangre

Las tomas de muestras de sangre se obtuvieron por punción venosa con equipo Vacutainer. Primero se identificó al participante por su nombre y su folio. Posteriormente se preparó el material necesario para la punción, se colocó al participante en una posición cómoda y colocando el brazo extendido formando una línea recta para posteriormente colocar una cinta de compresión venosa entre 5 a 10 cm por encima de la zona de extracción (fosa antecubital). Se identificó de la vena, se realizó la asepsia y procedió a realizar la punción en la vena, colocando la aguja en un ángulo de 15° con el bisel hacia arriba y asegurando que el equipo adaptador Vacutainer no se mueva a la hora de colocar el tubo. Una vez recolectada la muestra en los tubos se agitó suavemente de 6 a 8 veces para asegurarse que los aditivos del tubo se mezclaran de forma correcta con la muestra de sangre. Una vez realizada la punción, se retiró la ligadura, se le solicitó al participante que mantuviera presionada el área de la punción por 5 minutos o hasta que dejara de sangrar y se desechó la

aguja utilizada en recipientes herméticos rojos de RPBI. Por cada participante se recolectaron 2 tubos rojos y 2 tubos morados.

La muestra de orina se tomó como un examen general de orina (EGO) en el sitio del estudio, se le proporcionó al participante un vaso estéril para recolectar la muestra de orina. Previo a la toma de muestra de orina se les indicó a los participantes que debían estar duchados, se le indicó que el primer chorro de orina se dejaba caer en el inodoro y debían recoger aproximadamente de entre 50 a 100 mL de orina.

Las muestras de sangre y de orina una vez recolectadas se preservaron a 4°C hasta su almacenamiento (-20°C) y preservadas en congelación hasta su análisis.

Determinación de arsénico por Espectrofotometría de Absorción atómica empleando la técnica por generador de hidruros

Digestión de muestras para determinación de As en orina

Para realizar un correcto análisis de As en orina en las muestras recolectadas, primero se debe realizar una digestión de las muestras para eliminar todos los residuos orgánicos presentes en las mismas, por lo que se utilizó HNO₃ ultrapuro al 25% y un Sistema de digestión por microondas (The MARS 6™ by CEM). Por lo que, para lograr una adecuada digestión de las muestras, se debe tomar una alícuota 1:1 de HNO₃ y la muestra de orina resultando en una solución de 10 mL en los vasos de teflón aptos para el microondas de digestión; una vez recolectadas las muestras, se coloca una tapa de teflón, una camisa de asbesto y su recipiente adaptado para el microondas. Se somete por 10 minutos a una temperatura de 200°C con presión de 200 Pa. Una vez que se enfría la muestra después del tiempo en digestión, se trasvasa en un tubo Corning y se reserva para su reducción. (2)

Reducción de muestras para determinación de As en orina

La muestra digerida para poder ser analizada por espectroscopía de absorción atómica se debe realizar una reducción, para esto, se utiliza una solución de KI 5% con C₆H₈O₆ 5%, HCl y agua desionizada, y tubos Corning de 15 mL para transvasar la muestra.

En esta reducción, se busca crear condiciones de reducción y dilución de la muestra de orina 1:10 para As total en las lecturas a realizar; por lo que se tomó 1 mL de orina digerida, 2 mL de solución KI 5% con C₆H₈O₆ 5%, 1 mL de HCl concentrado y 6 mL de agua desionizada. Se deja reposar por mínimo 30 minutos para lograr la reducción de estas.

Lectura de las muestras para determinación de As total en orina

Conocer el valor más acertado y verídico de las muestras es la parte más importante de este proceso, por lo que antes de comenzar con sus análisis se debe preparar una curva de calibración y tener parámetros de control de calidad, por lo que se debe hacer uso de orina liofilizada (ClinChek Level II) con estándares de As ya asentados, también se debe tener un blanco reactivo, un control negativo y el espectrómetro de absorción atómica.

De acuerdo con el protocolo pertinente del espectrómetro de absorción atómica por horno de grafito, se encendió y se hicieron los ajustes adecuados para el análisis a realizar; posteriormente se comenzó a realizar el estándar de control de calidad y una vez obtenidos los valores esperados; se comenzaron a hacer los análisis de las muestras reducidas (3).

Cálculos de la concentración de As en las muestras de orina

Previo a comenzar los análisis de las muestras, se realizó una curva de calibración empleando la orina liofilizada (ClinChek Level II) bajo una concentración de 5 ppb As para conocer la longitud de onda proporcional bajo esta concentración, de igual manera se hizo el procedimiento con el control negativo y el blanco reactivo para tener valores fijos para lograr la correlación de datos con los resultados a obtener una vez que se realicen las lecturas de las muestras de orina. Para lograr estas lecturas, se colocaron los tubos Corning ya con muestras reducidas en la gradilla correspondiente del Espectrómetro de Absorción atómica, el cual tomó 3 mL de muestra y realizó la lectura de datos, los cuales fueron arrojados dentro del programa del mismo Espectrómetro de absorción atómica (4).

Determinación de flúor en orina por método del electrodo ion selectivo

Se encendió el potenciómetro y se estabilizó de acuerdo con las instrucciones del fabricante y se realizó la calibración del potenciómetro y una curva de calibración. Una vez preparada la curva de calibración, se colocaron 3 mL de la muestra de orina a estudiar y se añadieron 3 mL de la solución TISAB I (solución 1:1). Se ajustó la temperatura de la muestra y la de los estándares a una temperatura menor de 25°C. Se mezcló cada solución usando un agitador magnético. Se sumergieron los electrodos del potenciómetro en la disolución. Los electrodos deben permanecer en la disolución por 3 minutos o hasta que se estabilice. Se graficaron las concentraciones en mg/L de fluoruros en el eje de las ordenadas contra el potencial del electrodo en las abscisas (4).

Cálculos de la concentración de flúor en las muestras de orina

Para la determinación de la concentración de flúor en las muestras de orina se realizaron 2 curvas de calibración, una de rango bajo que va de 0.2 a 1 ppm y la de rango alto que va de 2 a 10 ppm. Se utilizaron los estándares de 1 y 10 ppm de flúor estándar con TISAB II. Se graficó en el eje de las ordenadas el valor de Log 10 mV y en el eje de las abscisas las ppm. Para determinar la concentración de flúor en la orina y decidir qué curva de calibración usar se utilizó el criterio de que si las lecturas del potenciómetro estaban por debajo de 120 mV caían en el rango bajo y se utilizaba la ecuación de la curva de calibración clasificada de rango bajo. Por el contrario, si la muestra presentaba una lectura mayor de 120 mV se consideraba de rango alto y se aplicaba la ecuación de la recta de la curva de calibración considerada de rango alto. El valor de correlación lineal de la curva de rango bajo es de 0.992 y para la curva de calibración de rango alto fue de 0.999. Posteriormente se realizó una validación de las curvas de calibración, tanto para las de rango bajo y las de rango alto, y finalmente con la ecuación de la recta de cada curva, y dependiendo del criterio, se determinó la concentración flúor en orina.

Resultados

Se determinaron los niveles de Flúor y arsénico en orina de acuerdo con la metodología descrita anteriormente. En la Tabla 1 se muestran los niveles del arsénico, observándose una media aritmética de 33 µg/L, resaltando que el 77.4 % rebasaron el valor de 15 µg/L el cual corresponde al índice biológico de exposición para este metaloide (Tabla 1).

Tabla 1. Niveles de arsénico en orina de los participantes del estudio

	N	Media	DE	P25	P50	P75	Min	Max	%VR*
Arsénico en orina (µg/L)	31	33.0992258	17.1795034	18.48	30.66	42.84	10.536	72.1	77.42

*Tomado de Jiménez Córdoba et al., 2018 (5)

Con respecto al flúor en orina, se obtuvo una media de 1.69 mg/L, y hasta un valor máximo de 5.11 mg/L (Tabla 2).

Tabla 2. Niveles de Flúor en orina de los participantes del estudio

	N	Media	DE	P25	P50	P75	Min	Max
Flúor en orina (mg/L)	31	1.698976545	1.180100988	0.840931639	1.182583262	2.126556306	0.417942576	5.111678965

Conclusiones

En este estudio se realizó la evaluación de la exposición a sustancias tóxicas en ladrilleros y sus familias de Guanajuato y se encontraron niveles de flúor y arsénico en orina en cantidades detectables y cuantificables. Un 77.4% superó el valor de referencia de 15 µg/L. Presumiblemente, en la comunidad de la Yerbabuena existe exposición a arsénico y flúor a través del agua de consumo. Se deben buscar estrategias tanto para el tratamiento de agua de consumo como para el seguimiento y estudio de las personas expuestas. Asimismo, sería importante hacer un estudio clínico con las personas que tienen niveles altos de estos contaminantes y hacer una correlación con su estado de salud para poder determinar el efecto de estos tóxicos en las personas de la comunidad ladrillera de Guanajuato.

Perspectivas

Reducir la exposición a través de la comunicación de riesgo en la comunidad.

Medición de otros contaminantes derivados de la quema, como son HAPs, así como material particulado y metales pesados.

Bibliografía

1. Maurillo José Vargas González, "POTENCIALIDADES Y LIMITANTES DEL SISTEMA PRODUCTIVO LADRILLERO EN EL DESARROLLO LOCAL SOSTENIBLE DE SAN BARTOLOMÉ TLALTELULCO, METEPEC, ESTADO DE MÉXICO, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca de Lerdo, Estado de México; Noviembre 2019.
4. Secretaría de Economía. (2001). Norma Mexicana NMX-AA-077-SCFI-2001. Análisis de aguas-Determinación de fluoruros en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. (cancela a la NMX-AA-077-1982). Diario Oficial de la Federación. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166793/NMX-AA-077-SCFI-2001.pdf>
2. U.S. EPA. 2007. "Method 3015A (SW-846): Microwave Assisted Acid Digestion of Aqueous Samples and Extracts," Revision 1. Washington, DC
3. Rocha-Amador D, Navarro ME, Carrizales L, Morales R, Calderón J. Decreased intelligence in children and exposure to fluoride and arsenic in drinking water. *Cad Saude Publica*. 2007;23 Suppl 4:S579-87. doi: 10.1590/s0102-311x2007001600018. PMID: 18038039.
5. Jiménez-Córdova, M., Cárdenas-González, M., Aguilar-Madrid, G., Sánchez-Peña, LC, Barrera -Hernández, A., Domínguez-Guerrero, IA, González-Horta, C., Barbier, O., & Del Razo, LM (2018). Evaluación de biomarcadores de daño renal en una población mexicana adulta ambientalmente expuesta a flúor y bajos niveles de arsénico. *Toxicología y farmacología aplicada*, 352, 97-106. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2018.05.027>