



## PROGRAMA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LADRILLERAS ARTESANALES DE AMÉRICA LATINA PARA MITIGAR EL CAMBIO CLIMÁTICO

# INFORME DE RESULTADOS DEL MONITOREO DE PARTÍCULAS SUSPENDIDAS REALIZADA EN LA COMUNIDAD DE EL REFUGIO, LEÓN GUANAJUATO, DE SEPTIEMBRE DEL 2010 A 2011.



### Citar como:

Márquez C., A. Campos, B. Cárdenas. 2011. Informe de resultados del monitoreo de partículas suspendidas realizada en la comunidad de El Refugio, León Guanajuato, de Septiembre del 2010 a 2011. Reporte PO 33167 del Programa de Eficiencia Energética en Ladrilleras Artesanales en América Latina para mitigar el cambio climático. México, D.F. 20 pp.

**Diciembre 2011**

***Coordinación y supervisión del estudio por la DGCENICA.***

Dra. Beatriz Cárdenas González. Directora de Investigación en Monitoreo y Caracterización de Contaminantes Atmosféricos, DGCENICA.

Dr. Arturo Alberto Campos Ramos. Jefe de Departamento de Determinación Gravimétrica y Morfológica de Partículas, DGCENICA.

***Coordinación y supervisión del estudio por el Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato.***

Claudia Bárcenas Blancarte. Directora de Gestión de la Calidad del Aire.

***Coordinación de la campaña de muestreo.***

Téc. Felipe Ángeles. Jefe de Departamento Estudios Sobre Exposición Personal y Microambiental.

David Robledo Beanes. Coordinación de Mejoramiento de la Calidad del Aire, Instituto de Ecología de Guanajuato.

***Integración y elaboración de informe.***

M en C. Claudia Márquez Estrada. Coordinadora de proyectos, Consultoría en Ingeniería de Proyectos S de RL (cmarquez@cinpro.mx).

Dr. Arturo Alberto Campos Ramos. Jefe de Departamento de Determinación Gravimétrica y Morfológica de Partículas, DGCENICA.

***Agradecimiento***

A COMIMSA en su calidad de Secretaria Técnica por gestionar la adquisición de filtros utilizados en el período aquí descrito, así como el contrato para la integración de este informe.

## CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN .....	4
2. OBJETIVOS .....	7
3. DISEÑO METODOLÓGICO.....	8
4. RESULTADOS .....	12
5. CONCLUSIONES .....	17
6. RECOMENDACIONES .....	18
7. REFERENCIAS.....	19

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **La contaminación del aire**

La contaminación atmosférica es un problema persistente que tiene implicaciones principalmente en el ambiente y la salud de la población, lo que repercute en el desarrollo económico y la calidad de vida de cualquier entidad. Existe una gran diversidad de fuentes que emiten contaminantes al aire incluyendo fuentes industriales, móviles (automóviles, camiones, aviones), naturales (plantas, volcanes), así como las fuentes de área (comercios, servicios). Los tipos de contaminantes emitidos por la combustión de combustibles fósiles o biomasa incluyen gases como óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, bióxido de carbono, metano, hidrocarburos, así como partículas. La cantidad y tipo de emisiones generadas por procesos de combustión, dependerán de diferentes factores tales como el tipo de combustión que se lleve a cabo, la composición de los combustibles así como la presencia o no de algún proceso de control de emisiones. La producción artesanal de ladrillo, en particular durante el proceso de cocción es también una fuente de emisión de contaminantes tales como partículas suspendidas, gases de combustión, gases de efecto invernadero y sustancias tóxicas (metales, dioxinas y furanos, compuestos orgánicos volátiles). Al generarse estos contaminantes son dispersados en el aire y dependiendo del tipo de estos contaminantes así como la concentración en la que se encuentren, pueden tener efectos tanto en la salud de la población como en los ecosistemas.

La construcción de vivienda e infraestructura son actividades necesarias para garantizar el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de las poblaciones. Para el desarrollo de la industria de la construcción se requiere de la producción de ladrillos, demanda que es cubierta tanto por la industria mecanizada como por la producción artesanal. Sin embargo, la producción artesanal de ladrillos ha generado un problema ambiental que debe ser atendido para que el proceso de la elaboración del ladrillo se constituya en una herramienta importante para la promoción del desarrollo económico, progreso social y protección de sus recursos naturales.

En México, las ladrilleras forman parte del comercio informal, por lo cual no se cuenta información a detalle sobre las características de sus procesos de fabricación y en algunos casos de su existencia en número y tipos. En muchos de los casos, la producción artesanal de ladrillo se realiza muy cerca de las zonas habitacionales lo que implica una mayor exposición a contaminantes emitidos durante los procesos de cocción para los trabajadores y sus familias.

No existe a nivel nacional una regulación vigente específica para ladrilleras ya que es una fuente de jurisdicción estatal y municipal. El Estado de Guanajuato cuenta con la Norma Técnica Ecológica NTE-IEG-001/98, en la cual se especifica la ubicación, superficie de los predios destinados a la ubicación de las ladrilleras y las condiciones en las que deben operar los hornos como son: el agua utilizada para la fabricación de tabiques, el tipo de combustible utilizado en la quema de ladrillos y el diseño que deben tener los hornos utilizados para la fabricación de ladrillo.

Es importante mencionar que las ladrilleras pertenecen al grupo de fuentes fijas de jurisdicción local, según la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) en materia de prevención y control de la contaminación de la atmósfera; una fuente fija es aquella instalación en la que se llevan a cabo procesos industriales, comerciales o de servicios que puedan generar emisiones contaminantes a la atmósfera.

Por otra parte en México existen normas de calidad del aire las cuales establecen las concentraciones máximas de contaminantes en el ambiente que no debieran ser excedidas con determinada frecuencia, a fin de garantizar la protección de la salud de la población, entre los contaminantes normados están las partículas menores a 10 y 2.5 micrómetros de diámetro ( $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ ); además de ser obligación de los municipio y estados verificar a través del monitoreo de calidad del aire que éstas se cumplan.

## **Antecedentes**

El Instituto Nacional de Ecología (INE) a través de la Dirección General del Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental (CENICA) en colaboración con el Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato y la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Iztapalapa, entre otras instituciones; desde 2007 han realizado mediciones para caracterizar las emisiones de diversos contaminantes (partículas, metales pesados, hidrocarburos aromático policíclicos, dioxinas y furanos, bióxido de carbono), emitidos durante el proceso de cocción de ladrillos con combustibles como biomasa, madera y combustóleo; de igual forma se determinó el perfil de temperatura de estos procesos de cocción. Además durante 2009 y 2010 el INE en colaboración con la UAM-I llevo a cabo el proyecto “Evaluación preliminar del impacto ambiental por la producción artesanal de ladrillo: cambio climático, eficiencia energética y calidad del aire”. Derivado de lo anterior como parte de estos estudios y con el fin de conocer las concentraciones de partículas en la comunidad de El Refugio se implementó desde el 2009 un monitoreo de PM<sub>10</sub> (Cárdenas B., et.al., 2009-2010).

En 2010 con financiamiento de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), se inició el Programa de Eficiencia Energética en Ladrilleras Artesanales de América Latina para Mitigar el Cambio Climático (EELA); cuyo objetivo es contribuir a mitigar el cambio climático a través de la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero de América Latina y mejorar la calidad de vida de su población. Entre los países que participan se encuentra México, ubicando el proyecto piloto en la comunidad de El Refugio en León, Guanajuato.

Uno de los objetivos que se planteó en el proyecto piloto en El Refugio es la mejora de la calidad de vida de los trabajadores y sus familias. Considerando que una adecuada calidad del aire es una forma de contribuir a la mejora de la calidad de vida de los habitantes, se consideró necesario evaluar los niveles de partículas suspendidas como un elemento que pudiera evaluar el impacto de las actividades de la zona ladrillera en la calidad del aire de

la zona habitacional contigua. Una vez implementado procesos de mejora en la fabricación artesanal de ladrillo, una comparación con los niveles de partículas suspendidas con los niveles registrados antes de la implementación, permitiría contar con otro elemento de evaluación. Para ello, el INE a través de CENICA, en colaboración con el Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato, y la Corporación Mexicana de Investigación en Materiales S.A. de C.V. (COMIMSA) acordaron continuar el monitoreo iniciado por el INE en el año 2010, con el fin de evaluar el posible impacto a la población cercana generado por la fabricación del ladrillo y con ello establecer una línea base de partículas  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  antes y después de la intervención del proyecto EELA.

Este informe reporta los resultados del monitoreo de partículas suspendidas ( $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ ) realizado en la comunidad de El Refugio, León Guanajuato, de septiembre de 2010 a 2011; para con ello evaluar el cumplimiento de las normas de calidad del aire y establecer la línea base de  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  en esta zona habitacional.

## **2. OBJETIVOS**

- Evaluar el cumplimiento de las normas de calidad del aire para  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$  en la comunidad de El Refugio, León Gto.
- Determinar la línea base respecto a  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$  en la comunidad de El Refugio.
- Identificar fuentes de emisiones de  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$  en la zona de El Refugio y proponer algunas medidas de mitigación.

### 3. DISEÑO METODOLÓGICO

Para realizar el muestreo de partículas suspendidas se estableció un “Protocolo de Muestreo” el cual consistió en una serie de pasos consecutivos que se describen a continuación:

❖ **Objetivo:**

Desarrollar un muestreo de partículas suspendidas fracción  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  en la comunidad de El Refugio como parte de la evaluación del posible impacto de los hornos ladrilleros hacia la población.

❖ **Características de las zonas de estudio:**

Para el desarrollo del muestreo se seleccionó la comunidad del El Refugio como sitio de estudio ( $21^{\circ}5'3.5''$  N,  $101^{\circ}34'29''$  O), la cual se encuentra ubicada al sureste en la zona rural de la ciudad de León de los Aldama, Guanajuato (**Figura 1**), en esta se localizan cerca de 212 hornos ladrilleros.



**Figura 1.** Ubicación de la comunidad de ladrilleros El Refugio en el municipio de León de los Aldama, Guanajuato.



El Estado de Guanajuato actualmente tiene registrados 2,170 hornos ladrilleros de los cuales la Dirección de Protección al Ambiente de Guanajuato tiene registrados 530 hornos ladrilleros de 360 propietarios en el municipio de León de los Aldama, el 40 % pertenecen a la comunidad “El Refugio” y el 60 % restante se encuentran distribuidos en otras colonias como “El Valladolid” y “Presitas” (Bellprat O., 2009), cabe mencionar que en éstos únicamente se permite la quema de leña seca, gas butano y madera limpia.

❖ Características de la estación de muestreo:

Para el desarrollo del monitoreo se instalaron equipos de muestreo de partículas: alto volumen (Tisch Environmental) que operaron a un flujo promedio de 40 ft<sup>3</sup>/min. Para el muestreo de partículas fracción PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> y son propiedad del INE se muestran en la **Figura 2.**

Para la ubicación de la estación de muestreo se siguieron los criterios establecidos por el Instituto Nacional de Ecología (DGCENICA-INE, 2010) en donde se consideran: la seguridad para el técnico de muestreo, el resguardo de equipos, el libre acceso para la toma de muestra en fines de semana, días festivos y horarios fuera de oficina, además de buenas condiciones de la toma de corriente eléctrica. Asimismo, la ubicación de la estación de muestreo se buscó que se localizara dentro de la zona habitacional y que no estuviera influenciada directamente por alguna fuente de área local. En el presente estudio la estación se localizó en la azotea de la iglesia ubicada a un costado de la escuela primaria de El Refugio.

Por otra parte, es importante considerar durante el diseño del muestreo, los consumibles (filtros de fibra de cuarzo, guantes, cubre bocas), refacciones del equipo (motor, escobillas de carbón, graficas, lubricante) y herramienta (desarmador, pinzas para filtros, brocha) que se utilizarán para la instalación y desarrollo del muestreo. Cabe mencionar que la mayoría de estos son para cumplir con los criterios de control de calidad establecidos para garantizar el buen manejo de las muestras y operación de los equipos.



**Figura 2.** Equipos de monitoreo de partículas suspendidas en la comunidad de ladrilleros El Refugio en el municipio de León de los Aldama, Guanajuato.

❖ Características de la fuente emisora:

De acuerdo con registros del Estado de Guanajuato (*IEE, 2009*) en El Refugio se encuentran aproximadamente 150 hornos ladrilleros que en su mayoría son de tipo de campaña, en estos llegan a preparar entre 5,000 y 30,000 ladrillos por quema, por lo general desarrollan 1 o 2 quemas por mes dependiendo de la época del año y de la demanda del ladrillo. La mayoría de los productores utilizan madera para la quema del ladrillo, en ocasiones también agregan estiércol y aserrín durante el proceso de cocción.

❖ Programa de muestreo:

El muestreo inició en el mes de septiembre de 2010 y terminó en el mes de agosto del 2011, se establecieron los muestreos con frecuencia de colección de cada 6 días. Las muestras fueron establecidas de 24 h de muestreo continuo en filtros de fibra de cuarzo de 8x10". Para el número de blancos de campo se seleccionaron cinco filtros (10 % de total de muestras) durante el periodo de muestreo como parte del control de calidad y, se seleccionó un filtro blanco de transporte cada dos meses correspondiente al último muestreo programado de cada mes, con el objetivo de identificar la posible contribución de impurezas ocasionado por la manipulación del filtro por el técnico.

La información generada durante el muestreo fue registrada en un formato de Hoja de Campo establecida por la DGCENICA. Cabe mencionar que las concentraciones de  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  se determinaron de acuerdo a la metodología descrita en la Norma Oficial Mexicana (NOM-035-SEMARNAT-1993), la cual considera la diferencia del peso inicial ( $W_i$ ) y final ( $W_f$ ) en microgramos ( $\mu\text{g}$ ), el volumen de aire promedio ( $V_p$ ) en  $\text{m}^3$  obtenido durante el periodo de muestreo de 24 h y las condiciones de temperatura y presión del sitio de muestreo.

❖ Acondicionamiento y pesaje de filtro:

El pesaje de los filtros se realizó en el laboratorio de gravimetría de la DGCENICA, para determinar la masa de los filtros de cuarzo de  $8 \times 10''$  se utilizó una balanza digital (Sartorius, con resolución mínima de 0.1 g, incertidumbre de  $\pm 0.005$  mg, precisión de 0.1  $\mu\text{g}$  y exactitud de 0.001 %) según el procedimiento CENICA/PT-APF-02 (2010), dicho procedimiento se encuentra acreditado ante la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA).

❖ Programa de mantenimiento:

Los mantenimientos se llevaron a cabo cada tres meses incluyendo cambio de carbono y/o motor, verificación de fugas, limpieza general del equipo y lubricación a los impactadores.

❖ Responsables y actividades:

La operación de los equipos estuvo a cargo de personal técnico del Instituto Estatal de Ecología de Guanajuato; la supervisión, capacitación y mantenimiento de los equipos fue por personal de la DGCENICA.

#### 4. RESULTADOS

Para comparar los resultados de concentraciones de acuerdo a la normatividad mexicana se consideró el muestreo de referencia de alto volumen tanto para 24 h y anual, lo anterior como parte de la evaluación de las concentraciones obtenidas durante el periodo de muestreo. En la **Figura 3** se observa los niveles de concentración de partículas  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  registrados del 6 de septiembre del 2010 al 28 de agosto del 2011 en el sitio El Refugio. Como se podrá observar existe una gran cantidad de días en los que sobrepasaron los límites establecidos en la Norma Oficial Mexicana (NOM-025-SSA1-1993), con 81 % de los días de muestreo de la fracción  $PM_{10}$  superiores al límite anual y 53 % por arriba del límite para 24 h. Asimismo, el 94 % de las muestras colectadas de  $PM_{2.5}$  sobrepasaron el valor límite anual y el 11 % el valor límite de 24 h.

Se observó que los máximos niveles de concentración de partículas se presentaron durante la época seca-fría (noviembre a febrero) registrando un promedio de  $145 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ , respectivamente. La temporada de menor humedad y baja temperatura corresponden al primer y cuarto trimestre de cada año, lo que podría favorecer la presencia de una atmósfera mucho más estable (poca dispersión) generando una acumulación de partículas en el aire ambiente.

Es importante mencionar que durante el periodo de mediciones se obtuvo una eficiencia de recolección para  $PM_{10}$  del 90 % y  $PM_{2.5}$  del 43 %. Esta diferencia se debe a la invalidación de una gran cantidad de muestras de  $PM_{2.5}$  debido a la mala manipulación de los filtros por los técnicos de muestreo, identificado durante la supervisión en campo y antes del pesaje final de las muestras; y por no cumplir con el intervalo de aceptación de velocidad de flujo de los equipos establecido en la NOM-035-SAMARNAT-1993 para el monitoreo manual de partículas.

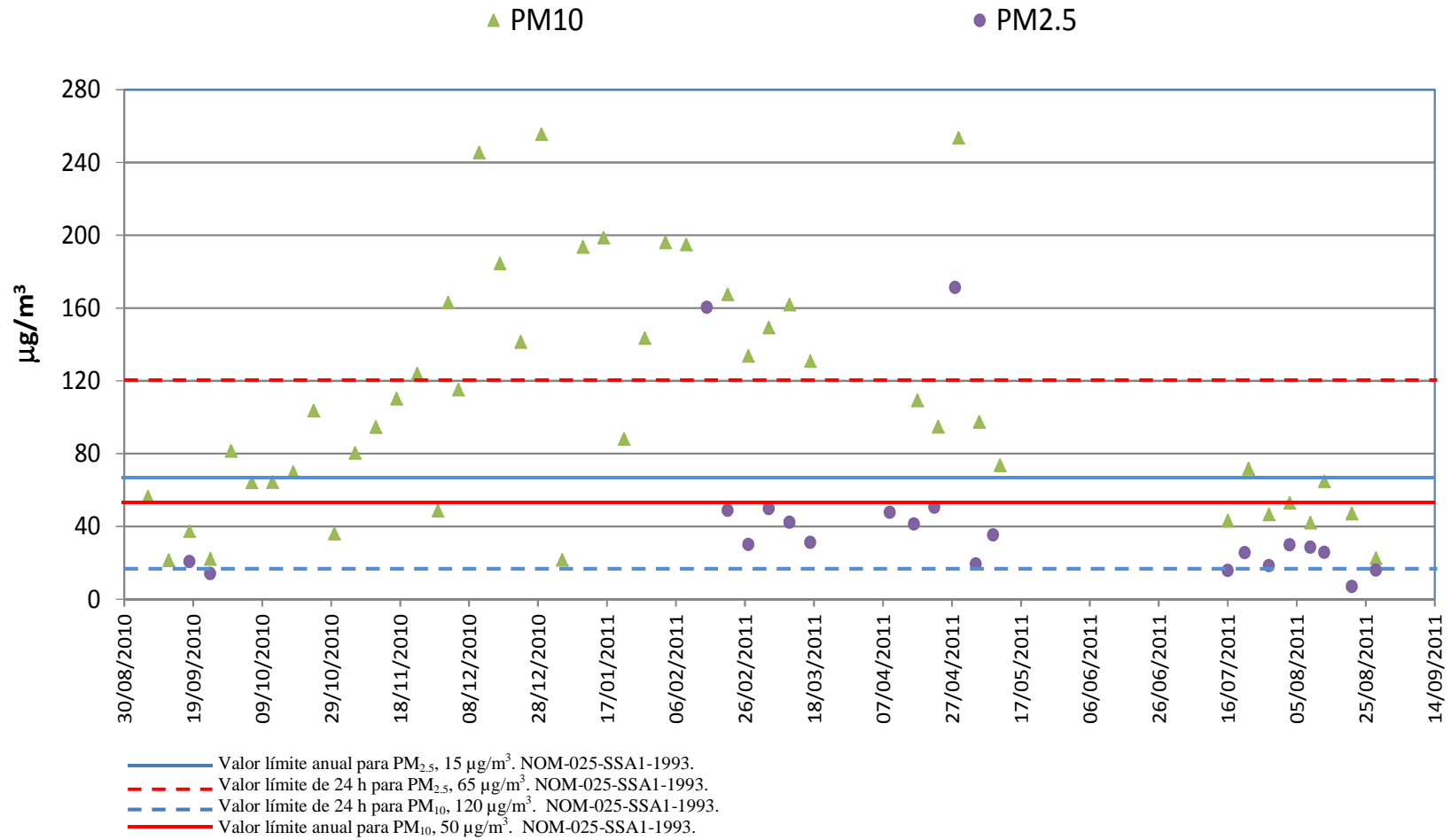
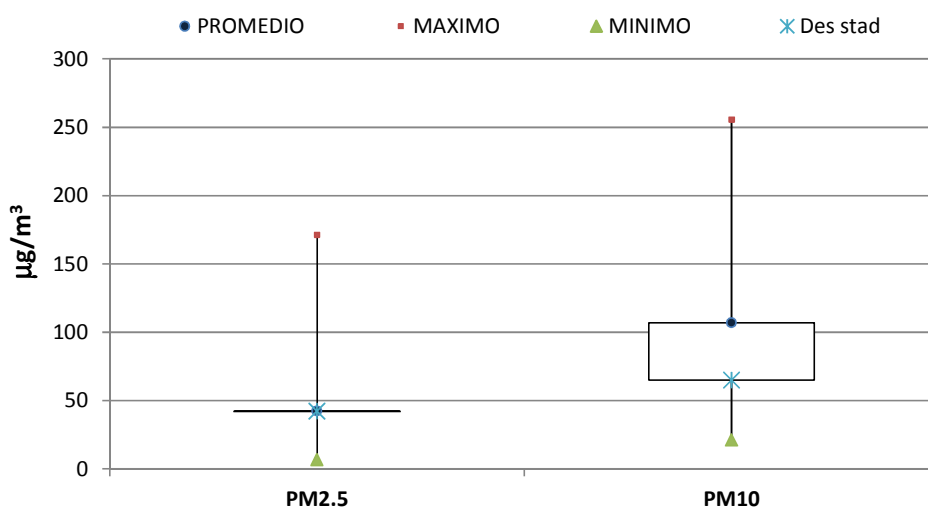


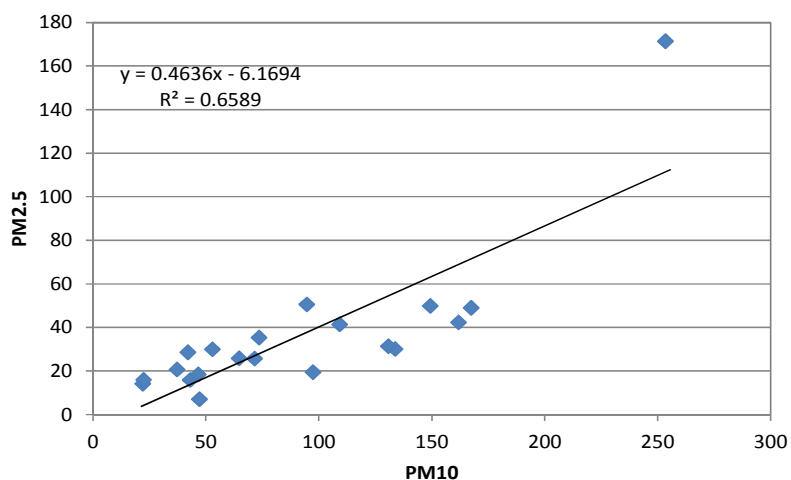
Figura 3. Distribución temporal de las concentraciones de partículas registradas en El Refugio con equipos de alto volumen.

En la **Figura 4** se observan las concentraciones de  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  promedio, máxima, mínima y desviación estándar registradas durante el periodo de muestreo con equipos de alto volumen (AV); registrando un promedio de 107 y 42  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ , respectivamente. En ambos casos se sobrepasa el valor límite anual establecido en la norma mexicana de 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para  $PM_{2.5}$  y de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para  $PM_{10}$ ; aunque recordemos en el caso de las partículas  $PM_{2.5}$  el porcentaje de recuperación de las muestras fue muy bajo (43%), el mínimo recomendado en la norma para realizar dicho promedio es del 75%, por lo que el valor obtenido no es concluyente pero si indicativo de la problemática en la zona de estudio.



**Figura 4.** Concentración de  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$  promedio, máximo, mínimo y desviación estándar (Des stad) registrados en el sitio de El Refugio, Gto.

De acuerdo con los resultados obtenidos de las concentraciones de partículas con equipo de alto volumen se observó que la fracción de  $PM_{2.5}$  en promedio corresponde al 42 % de la masa obtenida (**Figura 5**), aunque se presentan variaciones entre el 15 y 70%, de acuerdo a las muestras colectadas. Donde la contribución de partículas gruesas se podría relacionar a la presencia de material proveniente de la resuspensión del suelo y las partículas finas provenientes de material ultrafino generado por la quema de combustibles como biomasa; sin embargo para determinar la fuente de emisión de estas partículas deben hacerse análisis químicos a las mismas.



**Figura 5.** Regresión lineal de las concentraciones obtenidas  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  con equipo de alto volumen en la estación de El Refugio.

A partir de los muestreos de partículas con equipo de alto volumen se estableció una línea base en la comunidad de El Refugio de  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$ , de  $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $107 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectivamente; durante septiembre de 2010 a agosto de 2011 previo a la intervención del proyecto EELA, cabe mencionar que ambos valores promedio de partículas encuentran por arriba de la norma oficial mexicana y por lo tanto pueden estar teniendo un impacto en la salud de la población que vive en la comunidad de El Refugio.

A partir de visitas a la zona habitacional y zona de ladrilleras del Refugio se realizó una revisión de las posibles fuentes de emisión de partículas presentes en la comunidad de El Refugio a parte de los hornos ladrilleros; identificando que la comunidad se encuentra ubicada en un área rural sin pavimentar, donde existe una gran suspensión de partículas del suelo, derivado del tránsito de vehículos, suelo desnudo de campos agrícolas cercanos, entre otros (**Figura 6**); además la probable presencia de quema de basura en traspatio y la quema de esquilmos; son fuentes de emisión de partículas tanto  $PM_{10}$  como  $PM_{2.5}$ . Es importante señalar que existe una elevada concentración de partículas de  $PM_{2.5}$  en comparación a los niveles detectados a partir de los estudios realizados por la DGCENICA en zonas urbanas de ciudades como Tijuana ( $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Tula ( $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y Guadalajara ( $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y, niveles de concentración muy similares a la Ciudad de Salamanca ( $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y

Toluca ( $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (Campos et al., 2011). Así como lo reportado por el SIMAT en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) donde la concentración promedio de  $\text{PM}_{2.5}$  es de  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (SMA-GDF, 2011).



Figura 6. Comunidad ladrillera de El Refugio.



## 5. CONCLUSIONES

Durante el periodo de muestreo del 6 de septiembre del 2010 al 28 de agosto del 2011, los niveles de concentraciones de partículas en la zona habitacional de El Refugio sobrepasan la norma oficial mexicana para 24 h, sobrepasando los valores máximos de 24h de la NOM-025-SSSA1-1993 que son de  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para  $\text{PM}_{10}$  y  $\text{PM}_{2.5}$ , respectivamente el 81 % de los días muestreados para  $\text{PM}_{10}$  y el 94 % para  $\text{PM}_{2.5}$ . De igual forma rebasan el valor límite anual establecido en la norma mexicana de  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para  $\text{PM}_{2.5}$  y de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para  $\text{PM}_{10}$ .

En la época de invierno se registraron las concentraciones más altas de partículas suspendidas, registrando un promedio de  $145 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para  $\text{PM}_{10}$  y  $\text{PM}_{2.5}$ , respectivamente.

La correlación de masa obtenida de  $\text{PM}_{2.5} / \text{PM}_{10}$  registró una contribución de material ultrafino de  $42 \pm 17\%$ , donde los extremos pueden deberse a eventos específicos; y podría estar asociado a la influencia de partículas generadas durante la cocción del ladrillo.

Con base en este muestreo de  $\text{PM}_{2.5}$  y  $\text{PM}_{10}$  de un año de duración, se determinó que la línea base en la comunidad de El Refugio para partículas  $\text{PM}_{2.5}$  fue de  $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y de  $\text{PM}_{10}$ ,  $107 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , previo a la intervención del proyecto EELA.

Los niveles de concentración promedio de  $\text{PM}_{2.5}$  registrados en El Refugio son mayores a los registrados en zonas urbanas como la Cd. de México en la cual se reportan concentraciones promedio anual de  $\text{PM}_{2.5}$  de  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (SMA-GDF, 2011); el valor obtenido en El Refugio es similar a lo reportado en zonas industriales ubicadas en el Área Metropolitana de Monterrey y la Zona Metropolitana de Mexicali, en donde se registran concentraciones promedio anuales entre  $40\text{-}50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{PM}_{2.5}$ . Para lograr una reducción en la concentración de partículas suspendidas se deben implementarse medidas de mitigación para las diversas fuentes de emisión identificadas en la zona de estudio.

## 6. RECOMENDACIONES

Realizar caracterización fisicoquímica de las muestras colectadas en días que sobrepasan los valores límites establecidos en la norma oficial mexicana con el objetivo de corroborar la o las fuentes contaminantes (hornos ladrilleros, resuspensión de partículas de cultivos agrícolas, quema de basura, etc.).

Se sugiere instalar una estación meteorológica en la comunidad de El Refugio, para poder realizar un análisis de vientos y evaluar la contribución de partículas cuando provengan de los hornos ladrilleros y de otras zonas como los campos agrícolas y la zona industrial; así como presencia de tolvánicas. Por el momento se sugiere utilizar los datos de alguna estación meteorológica cercana.

Para corroborar la contribución de las emisiones durante la quema de ladrillos en los niveles elevados de partículas suspendidas registrados en la zona habitacional de El Refugio, se recomienda contar con un registro del número de ladrilleras en operación, su ubicación y tipo de combustibles, esto sería de gran utilidad para realizar una correlación de la concentración de partículas con las quemas de los hornos ladrilleros.

En cuanto al muestreo de partículas, se recomienda mejorar la eficiencia de colección y recuperación de muestras, a través de la capacitación de los técnicos que realizan el muestreo así como con la supervisión constante de parte de expertos en el tema, ya que con ello disminuye el error en los resultados obtenidos.

Se sugiere informar a la población sobre los niveles de partículas que se encuentra en el aire, así como decir si su calidad es buena o representa un riesgo para la salud. Además de dar opciones para reducir estos niveles, como evitar la quema de esquilmos, utilizar combustibles más limpios en las ladrilleras, entre otras.

## 7. REFERENCIAS

Bellprat O., 2009. Brick Kiln Evaluation Study in the Bajío Region GTO, México. INE-ETHZ.

Campos Arturo, Herrera Jorge, Blanco Salvador, Ángeles Felipe, Cárdenas Beatriz. 2011. Use of multivariate statistic tools in order to identify emission sources that contributes to the chemical composition of PM<sub>2.5</sub> in four industrial cities in Mexico. European Geosciences Union (EGU). April 2-8 2011. Vienna, Austria.

CENICA/PT-APF-01, 2010. Procedimiento de Preparación y Pesaje de Filtros en el Monitoreo Atmosférico de Bajo Volumen. DGCENICA-INE. Rev. No. 6. Pp. 17.

CENICA/PT-APF-02, 2010. Procedimiento de Preparación y Pesaje de Filtros en el Monitoreo Atmosférico de Alto Volumen. DGCENICA-INE. Rev. No. 6. Pp. 15.

DGCENICA-INE, 2010. Guía de Monitoreo Atmosférico: Redes, Estaciones y Equipos de Medición de la Calidad del Aire.

IEE, 2009. Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero Guanajuato 2005.

INE- SEMARNAT, 2011. Cuarto almanaque de datos y tendencias de la calidad del aire en 20 ciudades mexicanas (2000-2009). 405 pp.

Cárdenas B., Aréchiga, U., Munguía J.L., Márquez C., Campos, A. 2009. Evaluación preliminar del impacto ambiental por la producción artesanal de ladrillo: cambio climático, eficiencia energética y calidad del aire. Informe Final del Convenio de Colaboración INE/ADA-013/2009. México D.F. 44 pp.

Cárdenas B., Aréchiga, U., Munguía J.L., Márquez C., Campos, A. 2010. Evaluación preliminar del impacto ambiental por la producción artesanal de ladrillo: cambio climático, eficiencia energética y calidad del aire: segunda etapa. Informe Final del Convenio de Colaboración INE/ADA-110071. México D.F. 54 pp.

Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-1993 Criterios para evaluar el valor límite permisible para la concentración de material particulado; criterios para evaluar la calidad del aire. (Modificación publicada en el Diario Oficial de la Federación el 26 de septiembre de 2005).

Norma Oficial Mexicana NOM-035-ECOL-1993 que establece los métodos de medición para determinar la concentración de partículas suspendidas totales en el aire ambiente y el procedimiento para la calibración de los equipos de medición (publicada en el diario oficial de la federación el 18 de Octubre de 1993).

SMA-GDF, 2011. Calidad del Aire en la Ciudad de México: Informe 2010. <http://www.sma.df.gob.mx/>

Swisscontact, 2010. Programa de Eficiencia Energética en Ladrilleras Artesanales de América Latina para Mitigar el Cambio Climático. <http://www.redladrilleras.net/>