

“La identificación de compuestos químicos derivados de la contaminación que se asocia con el deterioro de materiales constructivos de la calle subterránea Miguel Hidalgo de la ciudad de Guanajuato”

Cuevas Acevedo Carmina. A (1), López Alarcón Luis. D. A, González Garnica Ana. E, (2), Ojeda Hernández Víctor. J, Rangel Alvarado Esteban. I (3), Álvarez Guzmán Gilberto, Cervantes Jáuregui Jorge. A (4), Zamorategui Molina Adrián (5)

- 1 [Bachillerato General Escuela del nivel Medio Superior de Guanajuato, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato | Dirección de correo electrónico: [ca.cuevasacevedo@ugto.mx]
- 2 [Bachillerato Tecnológico con Perfil Internacional en especialidad en ciencias de los materiales. Escuela del nivel Medio Superior de Guanajuato Alameda s/n zona centro 36000. Guanajuato, Gto.] | Dirección de correo electrónico: [ei.rangelalvarado@ugto.mx, vj.ojedahernandez@ugto.mx]
- 3[Bachillerato Tecnológico con Perfil Internacional en especialidad en biomédica y química sustentable. Escuela del nivel Medio Superior de León, Campus León, Universidad de Guanajuato. | Dirección de correo electrónico: [ae.gonzalezgarnica@ugto.mx, lda.lopezalarcon@ugto.mx]
- 4 [Departamento de Química, División de Ciencias Naturales y Exactas, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [g.alvarez@ugto.mx; jauregi@ugto.mx]
- 5 [Depto. de Ingeniería Civil, División de Ingenierías, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [zamategui@ugto.mx]

Resumen

1.La calle subterránea Miguel Hidalgo es uno de los accesos de importancia histórica de la ciudad de Guanajuato. La calle, construida en el año 1964 sobre el lecho del río Guanajuato se encuentra dentro de la poligonal de la declaratoria de Patrimonio Mundial conferido por la UNESCO en el año de 1988. En la década de los 80's del siglo pasado, se realizó una investigación multidisciplinaria que además del análisis estructural, incluyó un estudio sobre las condiciones de deterioro de los materiales constructivos y con ello evaluar el impacto provocado por la creciente circulación de vehículos automotores. Considerando el aumento inusitado del parque vehicular derivado del crecimiento de la ciudad y de la población flotante asociada con el turismo, este estudio constituye la primera etapa hacia el conocimiento de la tipología de contaminantes presentes y su relación con los materiales constructivos en comparación hasta donde sea posible con los estudios previos realizados. Se han efectuado muestreo de partículas PM2.5 y PM10 en cuatro sitios de la calle subterránea complementado dicho muestreo con el reconocimiento de los materiales constructivos y su estado de conservación,

determinando parámetros climáticos (temperatura, humedad relativa y velocidad del viento) así como concentración de monóxido de carbono. Los resultados ilustran problemas en la calidad del aire en la calle subterránea en comparación con algunos sitios al exterior de ella. Con esta información se busca contribuir a la aportación de información actualizada que pueda derivar en acciones preventivas o correctivas para la salvaguarda de este monumento histórico y para la salud de quienes lo transitan.

Abstract

2.The Miguel Hidalgo underground street is one of the accesses of historical importance of the city of Guanajuato. The street was built in 1964 on the Guanajuato river bed and is located within the polygonal of the declaration of World Heritage conferred by the UNESCO in 1988. In the 80's of the last century a multidisciplinary investigation considering both structural and degradation conditions of the constructive materials was performed in several areas of the street taking into account the increment in vehicles traffic as well as other pollutants. In recent years, the increase in deterioration has been observed due to the unusual

increase in the vehicle fleet derived from the city growth and the floating population associated with tourism. The present study intends to take the first steps towards the knowledge of pollutants typology and their relationship with the constructive materials deterioration in comparison as far as possible with the previous studies. The concentration of particles PM2.5 and PM10 was measured in four locations inside the street and complementary information such as temperature, relative humidity, air velocity and carbon monoxide concentration was obtained. Results showed problems in the street air quality in comparison to exterior. The study seeks to contribute to obtain updated information that may lead to preventive or corrective actions in order to protect the historical monument as well as the health of citizens who transit the street.

Introducción

La calle subterránea Miguel Hidalgo tiene sus orígenes en el siglo XVIII, esto debido a las constantes inundaciones que asechaban a la ciudad de Guanajuato por el asolvamiento del río Guanajuato que cruza media ciudad. Durante más de doscientos años este sitio confinado solo tuvo el tránsito del río, y fue hasta mediados del siglo XX cuando se le dio un nuevo uso, entubando el río y modificando el amurallamiento realizado en el siglo XVIII dando origen a la calle subterránea Miguel Hidalgo considerada hace unos años como una de las maravillas modernas a la vez encontrándose en la zona de monumentos comprendida en la poligonal de la declaratoria de Patrimonio Cultural de la Humanidad concedido a Guanajuato en 1988. [1,2,3]

Justamente hace treinta años y teniendo veinte años de uso como la vialidad principal de la ciudad un grupo de investigadores del posgrado en Restauración de Sitios y Monumentos de la Universidad de Guanajuato, llevó a cabo un estudio integral sobre el estado de conservación de esta vía, en la cual se denoto el deterioro de los materiales constructivos, atribuido principalmente a la contaminación provocada por el aumento del parque vehicular local e itinerante.[4]

Considerando que existen estudios similares en otros sitios patrimoniales que muestran como los elementos contaminantes provenientes del proceso de combustión de automotores provo-

can el deterioro de los materiales constructivos y a la vez los efectos que este tiene en la salud de quienes son usuarios del inmueble por la interacción con el material particulado PM2.5 y PM10 que tienen como componentes a contaminantes tales como óxidos de nitrógeno y azufre, diversos aniones y cationes, entre otros; esto dio pauta para llevar a cabo esta investigación que tiene como objetivo identificar y cuantificar los elementos presentes en la atmósfera que se respira en la calle subterránea y en su exterior lo que permita tener un primer acercamiento a la calidad de aire y los efectos que ésta pueda provocar tanto en el sitio patrimonial como en los usuarios.[5]

Materiales Y Métodos

Para llevar poder tener un perfil de elementos contaminantes que afectan a la calle subterránea Miguel Hidalgo se planteó la siguiente metodología:

1.Reconocimiento del sitio: Se realizaron una serie de recorridos con el objetivo de conocer el estado de conservación del sitio, reconocer los materiales de construcción, detectar las posibles fuentes contaminantes, medir parámetros climáticos de la calle como la temperatura, humedad relativa y velocidad del viento, empleando un termómetro-higrómetro y anemómetro digital, la cuantificación y recolección de material particulado PM10 y PM2.5 y la medición de la concentración de un contaminante como es el monóxido de carbono (CO).

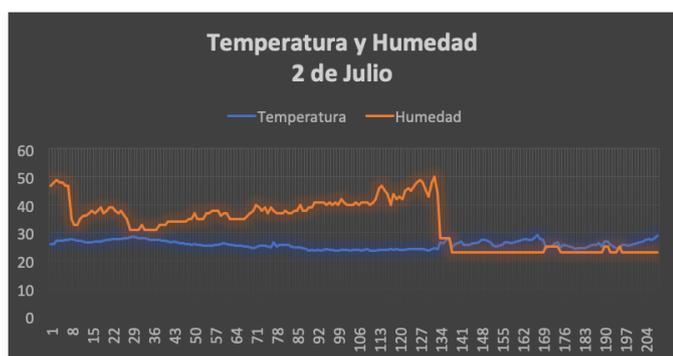
2.Zonificación del área de estudio: Se establecieron las zonas de monitoreo y recolección de material particulado PM 10 y PM2.5, zonificando la calle subterránea en seis zonas y a la vez considerando tres puntos de monitoreo en sitios al exterior de la calle ubicados en la zona de monumentos históricos, todo ello con base en el análisis de los parámetros climáticos que fueron determinados.

3.Monitoreo y Recolección de Material Particulado PM10 y PM2.5: De las seis zonas de la calle subterránea, se seleccionaron cuatro, denominadas Mercado Hidalgo, Abanico, Jardín Unión y Arcada del Baratillo, para llevar a cabo una sesión de monitoreo y recolección empleando un equipo Microvol 1100 de bajo volumen (3 L/min) para la captación de material particulado PM2.5 en un lapso de 10 horas. Estos sitios fueron seleccionados en función de la velocidad del viento y de la concentración de partículas

determinada con un sensor móvil. Para estimar la concentración de material particulado se utilizó un muestreador móvil SOL507. A la par también se llevó a cabo el monitoreo en las tres zonas externas a la calle seleccionadas (Unidad Belén, Observatorio Astronómico de la UG y edificio de la escuela Normal) colocando tres unidades Mini vol PQ200 de volumen alto (16 L/min), al igual que su símil captó material particulado PM2.5, empleando filtros de fibra de vidrios que previamente fueron acondicionados 24 horas. El análisis en la zona del centro histórico se realizó durante 24 horas, durante 10 días.

Resultados Y Discusión

Se muestran los resultados del monitoreo de material particulado y el comportamiento climático en la subterránea. Cabe hacer mención que los resultados mostrados está en función de la correlación de los gráficos 1,2 y 3. Uno de los factores que tienen injerencia en el transporte de sustancias contaminantes llámese material particulado son los parámetros meteorológicos tales como la velocidad del viento, temperatura, humedad relativa y desde luego el flujo vehicular, entre otros. [6] En la calle subterránea Miguel Hidalgo se observó el siguiente comportamiento ejemplificado con uno de los recorridos realizados el 2 de julio de 2019 (Gráfica 1).



Gráfica1. Perfil de humedad y temperatura en la calle subterránea.

La gráfica ilustra que la temperatura se mantiene estable oscilando entre los 25°C (línea azul), sin embargo la humedad relativa se va incrementando llegando en algunos puntos hasta el 50% (línea naranja). Cabe hacer mención que donde se observa este incremento es en la zona cerrada de la calle subterránea y el pico máximo de humedad es en la zona denominada arcada del Baratillo. Al pasar esa zona se ve la disminución abrupta de la humedad relativa llegando a un valor del 23%, debido a que se

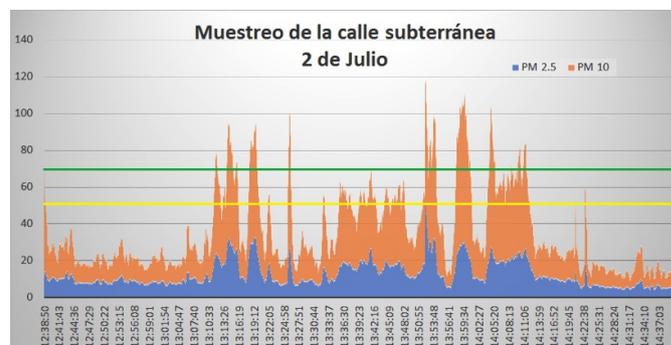
llega a la zona abierta de la calle que corresponde a la cercanía con el Teatro Principal en dirección a la plaza Allende (Teatro Cervantes) denotándose un incremento de la temperatura en 3°C. Estas observaciones fueron de gran importancia ya que se pudo denotar que en las zonas donde la humedad se incrementaba, la presencia de la corriente del aire circulante en la calle llegaba a valores cercano a los 0m/s, como se puede observar en la gráfica 2.



Gráfica 2. Perfil de velocidad del aire en la calle subterránea Miguel Hidalgo.

La gráfica presenta la velocidad promedio de la corriente de aire imperante en la calle la cual tiene un valor cercano a 0.65m/s, y como se mencionó en algunas zonas la velocidad disminuye lo que favorece a un incremento en la humedad relativa. Hernández menciona que los altos niveles de humedad relativa a partir del 50%, propician la humectación de los contaminantes presentes en la atmósfera, provocado una deposición de estos en la superficie de los materiales e incrementando los procesos de deterioro. Aunado a lo anterior, cuando la velocidad del viento se incrementa propicia el transporte de este material particulado a zonas donde se denota una baja concentración de contaminantes.[7].

Lo antes mencionado se puede visualizar en la gráfica 3 donde se observa el perfil de concentración de PM2.5 y PM10 en la calle subterránea tomando como ejemplo los datos del día 2 de julio.



Gráfica 3. Concentración de PM10 y PM2.5 en la calle subterránea.

El SEICA (Subsistema Estatal de Información de Calidad del Aire) establece un sistema que parame-

triza si la calidad del aire es buena en un sitio, ello con base a lo establecido en la NOM-025-SSA1-1993 y otros autores [5], y determina que el valor mínimo promedio de la concentración de PM10 debe estar alrededor de 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM2.5 para considerar que la calidad del aire no es satisfactoria. Puede denotarse que en la subterránea algunas zonas prácticamente se encuentran fuera de los valores mencionados para PM10 y estando en el límite para PM2.5. Estas zonas precisamente son aquellas en donde la velocidad del viento era nula o muy baja y los valores de humedad relativa sobrepasaba el 40%. La gráfica 3 muestra lo que se determinó con el sensor durante dos horas de análisis, en un lapso de alto flujo vehicular. En contraste, en la zona del centro histórico la concentración de PM10 y PM 2.5 la calidad del aire es buena pudiéndose atribuir a que la investigación se realizó en la época de lluvias siendo este un factor de importancia para la limpieza de la atmósfera. Las imágenes 1 y 2 corroboran lo anterior al observarse la captación tan intensa de partículas en los filtros colectados en la estación colocada en los cuatro sitios del interior de la calle subterránea con respecto a los recolectados en las estaciones colocadas al exterior. Se encuentra en proceso el análisis de los filtros por diferentes técnicas gravimétricas y analíticas a fin de determinar su contenido.

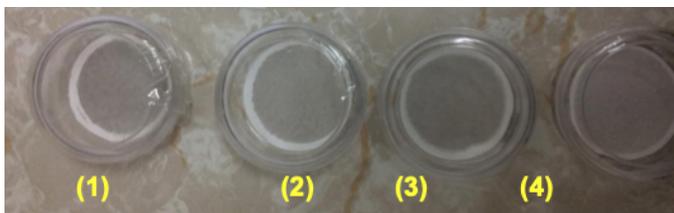


Imagen 1. Filtros del monitoreo en la calle subterránea, (1) Abanico, (2) Jardín Unión, (3) Arcada del Baratillo y (4) Mercado Hidalgo

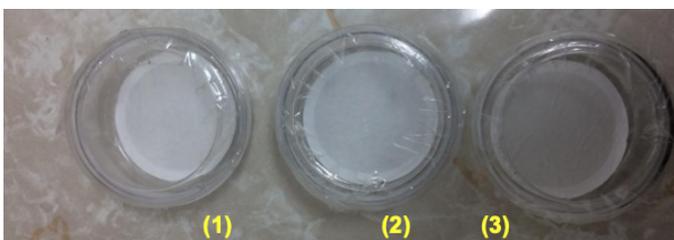


Imagen 2. Filtros del monitoreo en (1) Unidad Belén, (2) Observatorio Azotea UG y (3) Escuela Normal

Conclusiones

Se obtuvo un perfil en base de concentración de partículas PM2.5 de la calle subterránea y en tres sitios del exterior a ella pertenecientes a

zona de monumentos históricos de la ciudad de Guanajuato. Se obtuvo una primera aproximación del comportamiento climático en la calle subterránea, denotándose que en las zonas en donde existe un flujo continuo de aire la concentración del material particulado es baja, así como la humedad relativa. En caso contrario aumenta la concentración cuando el flujo de aire es poco o nulo, incrementando la humedad relativa teniendo posible relación con el deterioro observado en los materiales constructivos. La fuente que más propicia la emisión de PM 2.5 es el transporte público. La información obtenida da evidencia de la mala calidad del aire en la calle subterránea.

Agradecimientos

A la Red PROFIDE “Red de Estudios interdisciplinarios, sobre Medio Ambiente y Conservación del Patrimonio Mexicano”, a los Dres. Alejandro Alatorre, Yann Rene Ramos, Marcos Esquivel por su acompañamiento y asesoramiento en el proyecto, a la Mtra. Marta Fabiola Carrillo directora de la BCNOG, al Dr. Héctor Bravo responsable del observatorio la azotea, al Dr., Enrique Puga director de la División de Ingenierías del campus Guanajuato, por facilitar sus instalaciones como sede de monitoreo. Al Centro INAH-Guanajuato y a la Dirección de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial del Gobierno Municipal de Guanajuato por su apoyo en la realización de este proyecto, Así mismo, a la Dirección de Apoyo a la Investigación y al Posgrado (DAIP) de la Universidad de Guanajuato por las becas otorgadas.

Referencias

- [1] M. B. de la selva Negrete et al. (2010). Santa Fe y Real de Minas Guanajuato. Colección de monografías municipales de Guanajuato. Gobierno del Estado de Guanajuato.
- [2] J.F. Audefroy. (2013). Inundaciones de Guanajuato: Una lectura histórico-urbana. En memorias. Taller de manejo de riesgo de inundación. UNAM
- [3] M del C. Carreón Nieto, (2007). Desastre en Guanajuato: la inundación del 5 de julio de 1760. Tzintzun. Revista de Estudios Históricos, núm. 45, enero-junio, pp. 11-32. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo Morelia, México.
- [4] Álvarez Gasca, Dolores Elena, Cervantes McSwinney, María Eugenia, and Juárez Sando-

val, Eloy. Calle Subterránea De Guanajuato: Su Estudio Y Conservación. Guanajuato, Gto.: Los Autores, 2000. Print.

[5] C.F. Gaviria G. et al. (2011). Contaminación por material particulado (pm_{2,5} y pm₁₀) y consultas por enfermedades respiratorias en Medellín (2008-2009). Revista Facultad Nacional de Salud Pública, vol. 29, núm. 3, septiembre-diciembre, 2011, pp. 241-250. Universidad de Antioquia

[6] J. Díaz Jiménez, Linares Gil C. (2006). Influencia de los factores meteorológicos y geográficos en la difusión y transporte de sustancias contaminantes. Revista Salud Ambiental, 6(1-2):20-24.

[7] A. Hernández. (2018). Impacto de la Contaminación atmosférica en las edificaciones patrimoniales de La Habana, Cuba. Efectos para un Futuro Climático. Revista Ingeniería de Construcción, Vol. 33 numero 3.

[8] Norma oficial mexicana NOM-025-SSA1-1993. "Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas menores de 10 micras (pm₁₀). Valor permisible para la concentración de partículas menores de 10 micras (pm₁₀) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población".