

Calidad del aire por PM₁₀ Y PM_{2.5}, en puntos críticos de la Zona Centro de Guadalajara, Jalisco. México**Air quality by PM₁₀ and PM_{2.5}, in critical points of the Central Zone of Guadalajara, Jalisco. Mexico**

HERNANDEZ-CANDIA, Alma Angélica†, OROZCO-MEDINA, Martha Georgina, ORTIZ-GARCÍA, Jocelyn y GARCIA-VELASCO, Javier

Instituto de Medio Ambiente y Comunidades Humanas (IMACH) / Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. / Universidad de Guadalajara

ID 1^{er} Autor: *Alma Angélica, Hernandez-Candia* / **ORC ID:** 0000-0001-6088-9540, **Researcher ID Thomson:** T-4695-2018, **arXiv Author ID:** Alma12, **CVU CONACYT ID:** 948602

ID 1^{er} Coautor: *Martha Georgina, Orozco-Medina* / **ORC ID:** 0000-0002-2619-3408, **Researcher ID Thomson:** T-4562-2018, **arXiv Author ID:** morozco, **CVU CONACYT ID:** 25755

ID 2^{do} Coautor: *Jocelyn, Ortiz-García* / **ORC ID:** 0000-0002-9943-9077, **Researcher ID Thomson:** T-4659-2018, **arXiv Author ID:** josjaz, **CVU CONACYT ID:** 948418

ID 3^{er} Coautor: *Javier, Garcia-Velasco* / **ORC ID:** 0000-0003-3042-7841, **Researcher ID Thomson:** T-4575-2018, **CVU CONACYT ID:** 252703

Recibido Junio 20, 2018; Aceptado Septiembre 22, 2018

Resumen

Estudios realizados en diversas partes del mundo y en la zona metropolitana de Guadalajara (ZMG), han documentado que la presencia de contaminantes atmosféricos de partículas iguales o menores a 10 µm y 2.5 µm son uno de los principales contaminantes dentro de las zonas urbanas. Con el presente estudio, se evalúan condiciones ambientales en cuanto a concentración de partículas en algunos puntos críticos la zona centro de Guadalajara, dada su importancia como lugar de concentración de actividades comerciales y recreativas. Se estudiaron algunos puntos representativos de la zona, que permitieran identificar la concentración de partículas suspendidas. Los registros muestran niveles de concentración de 70 a 300 partículas/ft³ de PM₁₀ y de 500 a 1900 partículas/ft³ de PM_{2.5} ubicados en el rango de precaución. Estos indicadores permiten generar bases para el estudio de la contaminación del aire y valorar efectos en la salud de la población expuesta.

Contaminación atmosférica, exposición, salud, PM₁₀, PM 2.5.

Abstract

Studies conducted in various parts of the world and in the metropolitan area of Guadalajara (ZMG) have documented that the presence of atmospheric pollutants of particles equal to or smaller than 10 µm and 2.5 µm are one of the main pollutants within urban areas. With the present study, environmental conditions are evaluated in terms of concentration of particles that exist in the downtown area of Guadalajara, given its importance as a place of concentration of commercial and recreational activities. Some representative points of the zone were studied, which allowed to identify the current state of the concentration of suspended particles. The evaluation shows mostly concentration levels of 70 to 300 particles/ft³ of PM₁₀ and 500 to 1900 particles/ft³ of PM_{2.5} that are in the range of precaution. These indicators allow to generate bases for the study of the contamination and to value their possible effects in the exposed population.

Air Pollution, exposition, health, PM₁₀, PM_{2.5}

Citación: HERNANDEZ-CANDIA, Alma Angélica, OROZCO-MEDINA, Martha Georgina, ORTIZ-GARCÍA, Jocelyn y GARCIA-VELASCO, Javier. Calidad del aire por PM₁₀ Y PM_{2.5}, en puntos críticos de la Zona Centro de Guadalajara, Jalisco. México. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*. 2018. 4-13: 26-34.

† Investigador contribuyendo como primer Autor

Introducción

La contaminación atmosférica tiene su origen en el crecimiento y expansión de las ciudades, la industrialización, el transporte público y personal, y a su vez en el consumo de combustibles fósiles de baja calidad, como el diesel, lo que genera entre el 60% y 70% de emisiones contaminantes en el aire (Figuroa et al., 2016). La contaminación en la zona metropolitana de Guadalajara (ZMG), se debe principalmente al transporte vehicular, al igual que en la mayoría de ciudades de México y del mundo (Bremauntz, et al., 2005).

En la ZMG se concentra cerca del 70% de la tecnología industrial existente en el estado y se registra una de las mayores cantidades de automóviles en el país, por cada siete habitantes existen dos automóviles particulares, repercutiendo en la calidad del aire lo cual causa mayor amenaza a los habitantes de la ciudad (Curiel, et al., 2008). Los contaminantes atmosféricos son elementos y compuestos químicos, naturales o artificiales, capaces de permanecer o ser arrastrados por el aire, y que impliquen riesgo, daño o molestia grave para las personas y bienes de cualquier naturaleza (Encinas, 2011).

En zonas urbanas los contaminantes provienen principalmente de fuentes móviles (tráfico vehicular) y fuentes fijas (industrias). Por su origen, las partículas pueden definirse como primarias que son las que proceden directamente de la fuente de emisión y las secundarias que son provenientes de las primarias, que una vez emitidas al medio (aire, agua o suelo) sufren una serie de procesos, no solo transporte y dispersión, sino también de las transformaciones y reacciones químicas y físicas (Ballester, 2005).

Las partículas finas proceden principalmente de fuentes antropogénicas, como los procesos de transformación de gas-partícula, temperatura ambiente y los procesos de combustión, mientras que las partículas gruesas normalmente proceden de procesos mecánicos (viento, erosión, etc.). Este tipo de partículas no tienen efectos tan significativos sobre la salud puesto que se depositan rápidamente (Encinas, 2011).

Los efectos por exposición a estos contaminantes atmosféricos se asocian a diferentes daños a la salud humana y la magnitud de sus efectos depende de la dosis que se inhala, tiempo y frecuencia de exposición, así como de las características de la población expuesta siendo los niños menores de 5 años, adultos mayores de 65, personas con problemas respiratorios y cardiovasculares los grupos más vulnerables. (NOM-025-SSA1-2014).

Estudios epidemiológicos demuestran que los efectos a la salud pueden ser agudos y crónicos, afectando principalmente al sistema respiratorio y cardiovascular (Figuroa et al., 2016). La mortalidad por causas cardiovasculares se relaciona con exposición diaria a material particulado (PM por sus siglas en inglés), aun cuando las concentraciones estén por debajo de los límites marcados por los estándares de calidad del aire (Riojas, et al., 2006).

El material particulado (PM) es un indicador representativo común de la contaminación del aire; afectan a más personas que cualquier otro contaminante. Los principales componentes de las PM son los sulfatos, los nitratos, el amoníaco, el cloruro de sodio, el hollín, los polvos minerales y el agua (Figuroa, et al., 2018). El PM es una mezcla compleja de sustancias en estado líquido o sólido, que permanece suspendida en la atmósfera por periodos variables de tiempo. Las partículas pueden tener un origen natural y también antropogénico. Además, se pueden clasificar de acuerdo con su diámetro ya sea igual o menor a 10 micras (PM_{10}) o igual o menor a 2.5 micras ($PM_{2.5}$) (NOM-025-SSA1-2014).

Las partículas con un diámetro de 10 micrones o menos ($\leq PM_{10}$) pueden penetrar y alojarse profundamente dentro de los pulmones, existen otras partículas aún más dañinas para la salud, que son aquellas con un diámetro de 2,5 micrones o menos ($\leq PM_{2.5}$). Las $PM_{2.5}$ pueden atravesar la barrera pulmonar y entrar en el sistema sanguíneo. La exposición crónica a partículas contribuye al riesgo de desarrollar enfermedades de tipo cardiovascular, respiratorias, así como cáncer de pulmón (Arbeláez, 2010).

El material particulado es un contaminante primario generado por la combustión ineficiente de combustibles fósiles; para el caso de partículas menores de 10 micras el mayor precursor es la combustión de diesel. (Gaviria, et al., 2012). Estudios realizados en la ZMG demuestran que el material particulado está en segundo lugar como contaminante más problemático, la concentración de PM10 muestra un fenómeno acumulativo de partículas respirables que representa un peligro de exposición crónica y aguada (Davydova, et al., 2017).

En este trabajo se presenta un estudio observacional descriptivo, que permite dar a conocer el estado actual de contaminantes atmosféricos, en cuanto a partículas PM₁₀ y PM_{2.5} en el cual se muestra la dinámica de las partículas, datos de variables meteorológicas (temperatura, humedad relativa, y viento) a diferentes horas del día, para así contar con una primera aproximación de la concentración de partículas en los puntos estudiados.

Objetivos

Evaluar la calidad del aire por PM_{2.5} y PM₁₀ en puntos representativos de la Zona Centro de Guadalajara y calcular su condición con relación a niveles críticos de concentración.

Metodología

El área de estudio se delimitó de acuerdo con avenidas y calles principales de la zona centro de Guadalajara, se seleccionó un polígono limitado por las siguientes vialidades principales: Av. Enrique Díaz de León, Jesús García, Calzada Independencia y Av. La Paz, estableciendo 30 puntos intermedios entre el polígono para la determinación de puntos críticos de la zona (Tabla 1).

Punto de Cruce monitoreo	
1	Av. Enrique Díaz de León y cruce con Av. La Paz
2	Av. Enrique Díaz de León y cruce con Av. Juárez
3	Av. Enrique Díaz de León y cruce con M. Hidalgo
4	Av. Enrique Díaz de León y cruce con Herrera y Cairo
5	Av. Enrique Díaz de León y cruce con Av. Jesús García
6	Av. Federalismo y cruce con Jesús García
7	Av. Federalismo y cruce con Herrera y Cairo
8	Av. Federalismo y cruce con M. Hidalgo

9	Av. Federalismo y cruce con Av. Juárez
10	Av. Federalismo y cruce con Av. La Paz
11	Donato Guerra y cruce con Av. La Paz
12	González Ortega y cruce con Prisciliano Sánchez
13	González Ortega y cruce con Miguel Hidalgo
14	González Ortega y cruce con Garibaldi
15	González Ortega y cruce con Hospital
16	Av. Fray Antonio Alcalde y cruce con Jesús García
17	Av. Fray Antonio Alcalde y cruce con Herrera y Cairo
18	Av.16 de Septiembre y cruce con M. Hidalgo
19	Av.16 de Septiembre y cruce con Prisciliano Sánchez
20	Av.16 de Septiembre y cruce con Av. La Paz
21	Calzada Independencia y cruce con Av. La Paz
22	Calzada Independencia y cruce con Prisciliano Sánchez
23	Miguel Hidalgo y cruce con Venustiano Carranza
24	Calzada Independencia y cruce con Av. Juárez
25	Calzada Independencia (Parque Morelos)
26	Humboldt y cruce con Garibaldi
27	Humboldt y cruce con Juan Álvarez
28	Jesús García (Hospital Civil)
29	Jesús García y cruce con Pípila
30	Pípila y cruce con Juan Álvarez

Tabla 1 Puntos de monitoreo

Técnica de medición de material particulado

Se realizaron mediciones de material particulado con ayuda de un video contador de partículas Exttech VPC300 (Fig.1), el cual mide la concentración de partículas suspendidas en el aire de 10µm y 2.5µm, a través de una sonda isocinética con una velocidad de flujo de 2.83L/min (EXTECH, 2016). Las mediciones se realizaron en diferentes horas del día, en un turno matutino y otro vespertino, entre semana y fin de semana para determinar las condiciones de contaminación de cada punto de monitoreo, considerando los factores ambientales que pudieran influir en la calidad ambiental de la zona como: humedad, temperatura y velocidad del viento, se tomaron en cuenta sugerencias técnicas y metodológicas de Sanchez, et. al (2018).



Figura 1 Video Contador de partículas Exttech VPC300

Se configuró el equipo para realizar mediciones de cinco ciclos de un minuto cada uno. En avenidas se realizaron dos mediciones contra esquina por cada punto y en calles pequeñas (dos carriles) solo una medición por punto (Figuras 2, 3, y 4).

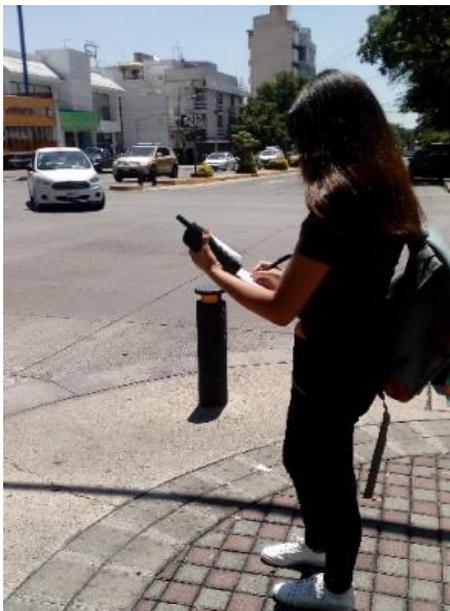


Figura 2 Medición en punto de muestreo en Av. La Paz y Av. Enrique Díaz de León



Figura 3 Medición en punto de muestreo en Av. La Paz y Calzada Independencia



Figura 4 Medición en punto de muestreo en Calzada Independencia y Av. Juárez

Resultados

De acuerdo con los resultados de las mediciones realizadas en los diferentes sitios, se encuentran 18 puntos críticos en el rango de precaución, ya que la afluencia de automóviles en la zona es una de las principales fuentes contaminantes, presentándose las mayores concentraciones entre 8 a 11 y 17 a 21 horas, generadas por el tráfico y actividad vehicular en calles y avenidas principales de la zona centro. Los datos se analizaron de acuerdo a los límites señalados por el equipo, los cuales se evalúan en un rango de bueno, precaución y peligro.

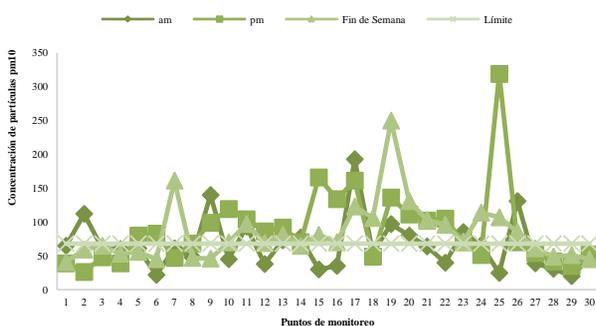
Canal	Bueno	Precaución	Peligro
2.5 µm	0 a 545	545 a 1,362	1,362 a 2,722
10 µm	0 a 68	68 a 170	170 a 340

Tabla 2 Valores de referencia para el conteo de partículas dadas en; número de partículas/ft3 (pie cúbico)

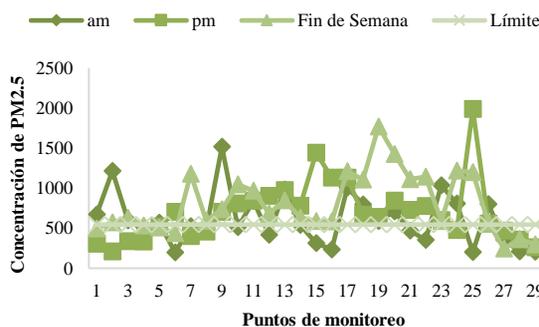
Puntos de monitoreo	AM					PM					FIN DE SEMANA				
	Partículas		Meteorología			Partículas		Meteorología			Partículas		Meteorología		
	2.5µm	10µm	T°	%RH	Vel m/hr	2.5µm	10µm	T°	%RH	Vel m/hr	2.5µm	10µm	T°	%RH	Vel m/hr
1	671	65	23.3	55.9	2.5	304	39	27	40.5	3.5	495	41	26.1	44.4	3.8
2	1214	112	25	52	1.8	210	26	26.1	42.4	5.8	572	59	28.2	43.7	7.6
3	598	61	23.8	59.1	3.5	335	48	27	43.1	1.9	626	65	28.1	48.9	3.4
4	517	60	25	54.9	4.7	332	39	28	40.6	4.5	532	53	23.1	39.2	2.5
5	568	61	21.6	65.8	3.6	522	80	27.9	40.9	4.6	508	56	28.8	36.3	3.3
6	198	22	26.4	36.8	3.5	702	83	25.1	53.6	6.3	437	45	25.3	35.3	4.7
7	523	61	21.5	67.5	5.9	401	47	25.2	52.3	2.2	1179	161	31.6	46.7	3.1
8	492	48	21.6	68.3	4.2	457	68	26.1	47.4	6.7	591	47	28.2	45.2	3.5
9	1516	140	25.3	40.8	6.4	703	99	26.4	46	6.6	735	46	33.5	40.1	4.9
10	514	45	28	42	2.4	808	119	27.6	45.2	7.9	1046	70	28.6	55.8	4.3
11	839	93	28.2	45	5.4	845	104	27.2	47.6	6.8	965	97	26.7	30	5.8
12	417	38	23.4	59.7	5.7	903	86	26	51.6	1.8	685	69	28.5	32.1	4.5
13	981	73	23.3	57.7	6.2	976	92	30.2	34.6	2.8	846	81	29.1	37.7	2.2
14	541	77	27.2	42.1	4.7	778	70	30.5	33.9	1.2	632	65	27.6	38.3	6.6
15	313	30	22.5	62.6	2.6	1441	166	29.2	34.9	1.7	587	81	28.2	31.5	2.9
16	235	35	21.3	65.1	2.3	1131	134	29.5	35.2	1.3	584	70	29.3	37.3	7.7
17	1007	193	25.5	41.3	2.3	1129	161	30.6	38.2	1	1209	123	27.7	29	6.8
18	794	54	27.5	44.3	4.9	666	49	27.2	42.8	1.2	1107	106	28.9	33.6	3.7
19	587	97	33.2	36.2	9.3	639	136	25.1	47.8	1.3	1768	250	28.2	28.5	1.5
20	709	80	25.0	50.7	6.1	844	111	26.1	49.1	1.6	1424	131	36.1	20	1.5
21	467	64	29.3	40.7	2.1	726	102	29	38.6	1.9	1112	103	27.9	26.1	3.1
22	354	40	26	34.3	3.2	777	105	27.8	39.1	1.6	1141	96	26.1	30.5	2.6
23	1033	85	25.5	52.1	4.8	601	70	28.4	36.5	3.4	589	71	30	26.7	1.5
24	807	66	26.8	36.2	7.2	477	51	30.3	34.5	1.3	1216	114	26.1	30.5	1.9
25	203	25	25.5	52.1	6.5	1988	319	27.7	42.4	1.6	1197	107	25.5	38.3	3.2
26	799	131	24	54	5.8	558	70	28.4	36.5	1.6	567	85	30.1	26.8	1.7
27	357	39	24.1	54.6	2.8	468	54	29	38.4	1.6	245	61	31.5	29.2	2.1
28	208	31	26.4	39.7	5.4	357	42	28.7	36.3	1.9	366	49	30	28.7	2.4
29	206	20	26	44.2	7.1	261	35	29.7	40.5	1.4	297	51	27.9	29.1	2.1
30	334	47	25.5	47.6	4.3	476	52	27.2	45	2.1	261	45	26.8	30.6	1.3

Tabla 3 Datos de mediciones en campo del promedio de partículas y registros del clima

Los datos obtenidos de partículas se graficaron con el fin de identificar la concentración de partículas de cada punto. Las concentraciones de partículas PM₁₀ están en un rango de 20 a 319 partículas/ft³ siendo del punto 6 al 26 los que se encuentran en un rango de precaución, mientras que los puntos 19 y 25 sobrepasan los niveles alcanzan el límite de peligro (Gráfica 1).



Gráfica 1 Niveles de concentración de partículas PM₁₀ en los diferentes puntos de monitoreo

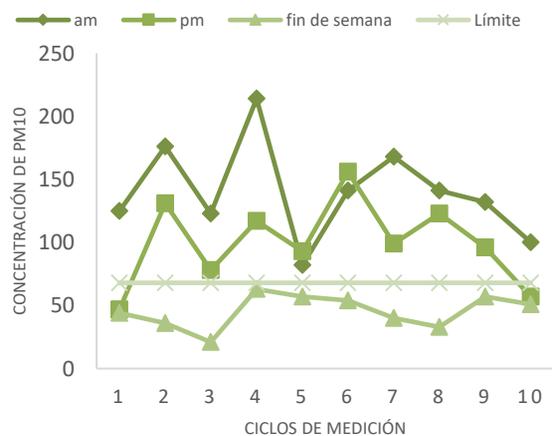


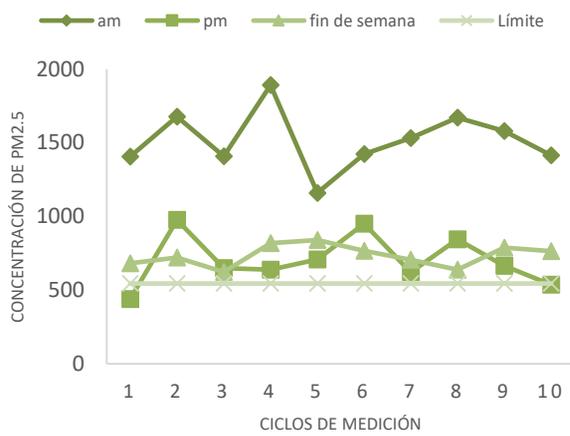
Gráfica 2 Niveles de concentración de partículas PM_{2.5} en los diferentes puntos de monitoreo

Para partículas PM_{2.5} los niveles de concentración son mayores, en las que se encuentran en un rango de 203 a 1998 partículas/ft³, identificando que en la mayor parte de los puntos se encuentran fuera del límite normal, a nivel de precaución (Gráfica 2), debido a que la mayor parte de los puntos son sitios concurridos y existe presencia de tráfico vehicular lo que incrementa la concentración de partículas, aunados con las con variables climáticas con baja intensidad de viento, como lo argumenta (Davydova, 2017 estas condiciones causan estancamiento impidiendo la dispersión de contaminantes y como consecuencia producen la acumulación de ellos.

Así mismo (Figueroa, 2018) dice que el desarrollo de concentración de actividades de servicio y empleos conlleva importantes impactos por el requerimiento de más infraestructura, transporte, consumo de energía y ocupación del suelo, lo que va deteriorando el medio ambiente urbano y aumenta las emisiones de gases contaminantes generando consecuencias en la calidad del aire.

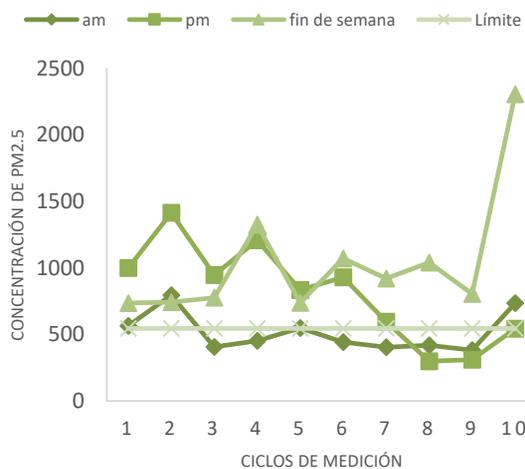
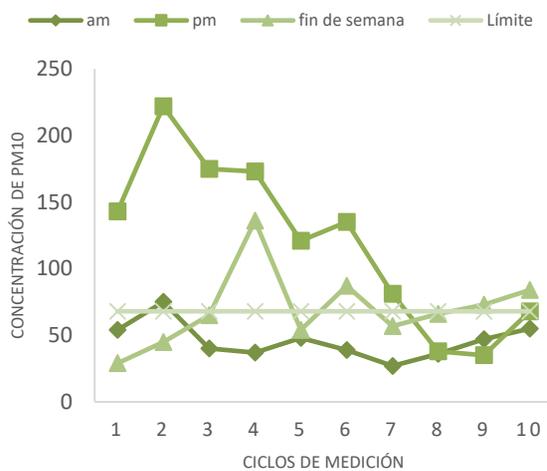
En el punto de Av. Federalismo y cruce con Av. Juárez es uno de los que mayor concentración de partículas de PM₁₀ y PM_{2.5} presenta entre semana por en horario matutino, mientras que en fin de semana se reduce notablemente por la disminución de paso vehicular, ya que la avenida Juárez se encuentra cerrada a los vehículos por el paso de la vía recreativa (Gráfica 3).





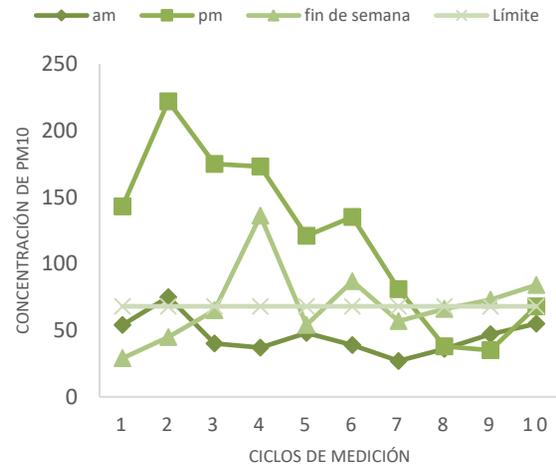
Gráfica 3 Comparación de los niveles de concentración de partículas PM₁₀ y PM_{2.5} Av. Federalismo y cruce con Av. Juárez

En este punto de la Av. Federalismo y cruce con Av. La Paz el incremento en la concentración de partículas PM₁₀ se registraron en el horario vespertino, registrando hasta 222 partículas/ft³ como rango máximo del ciclo de medición (Gráfica 4).



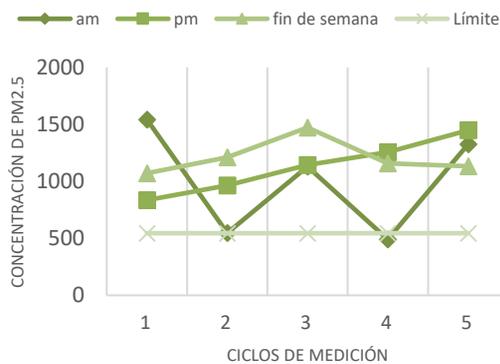
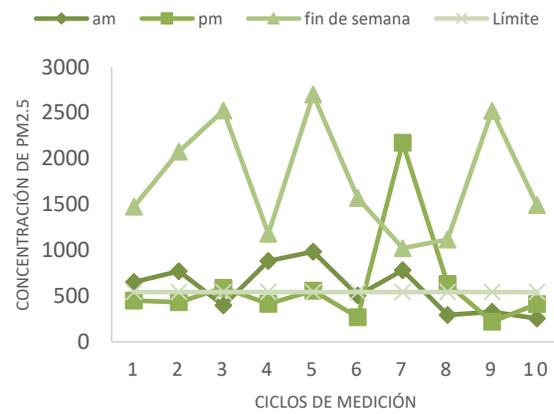
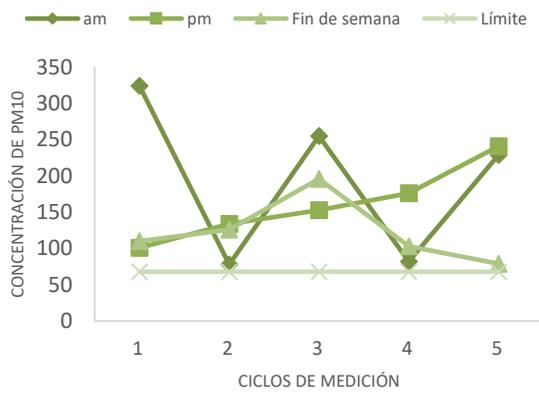
Gráfica 4 Comparación de los niveles de concentración de partículas PM₁₀ PM_{2.5} de la Av. Federalismo y cruce con Av. La Paz

En el punto Calzada Independencia y cruce con Av. Juárez la concentración de partículas PM₁₀ entre semana se encuentra dentro del límite normal, mientras que en fin de semana se incrementa considerablemente por la concurrencia de personas y tráfico vehicular (Gráfica 5).



Gráfica 5 Comparación de los niveles de concentración de partículas PM₁₀ PM_{2.5} de la Av. Federalismo y cruce con Av. La Paz

En la Av. Fray Antonio Alcalde y cruce con Herrera y Cairo se incrementan los niveles de partículas en un rango de 80 a 330 para PM₁₀ y de 500 a 1500 para PM_{2.5}, sobrepasando los niveles permitidos, presentando un estado de precaución y peligro en ese punto. La presencia y de maquinarias para el trabajo de remodelación de la avenida influye por la presencia de polvos y las emisiones de motores vehiculares y maquinarias. (Gráfica 6).

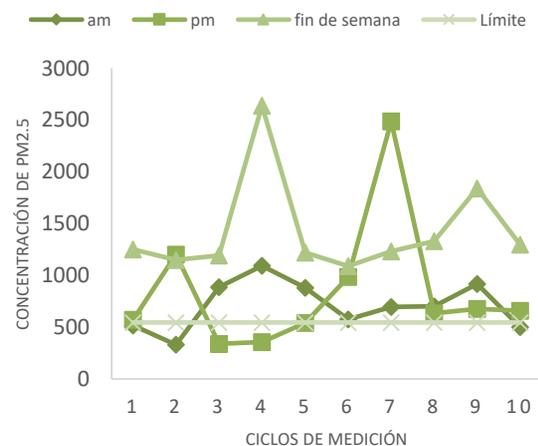
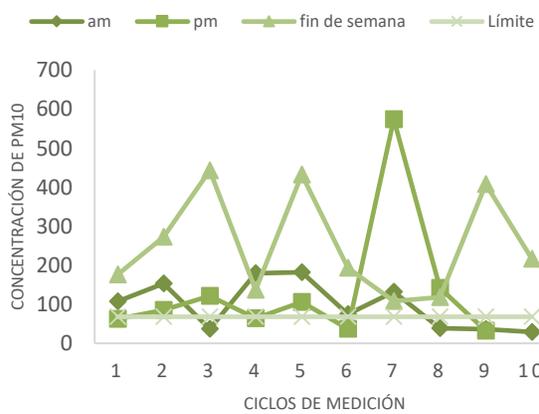
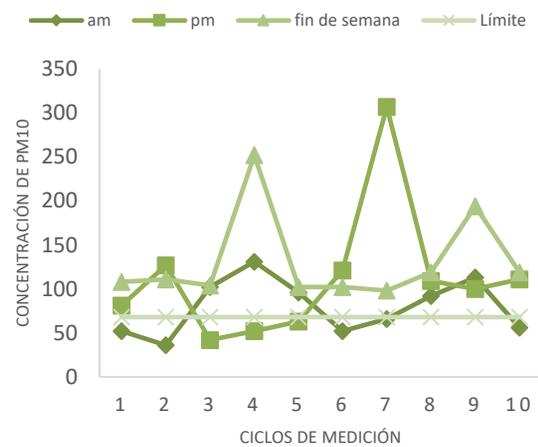


Gráfica 7 Comparación de los niveles de concentración de partículas PM₁₀ y PM_{2.5} de la Av.16 de Septiembre y cruce con Prisciliano Sánchez

El punto de Av.16 de Septiembre y cruce con Av. La Paz registra puntos altos en los ciclos de medición alcanzando hasta 2500 partículas PM_{2.5}, dado que en estas avenidas es paso en mayor parte de transporte público y camiones de carga (Gráfica 8).

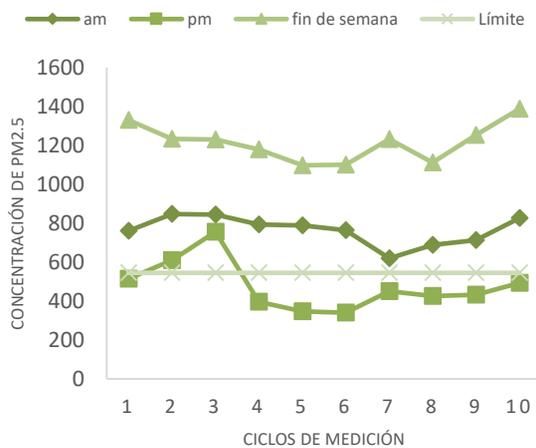
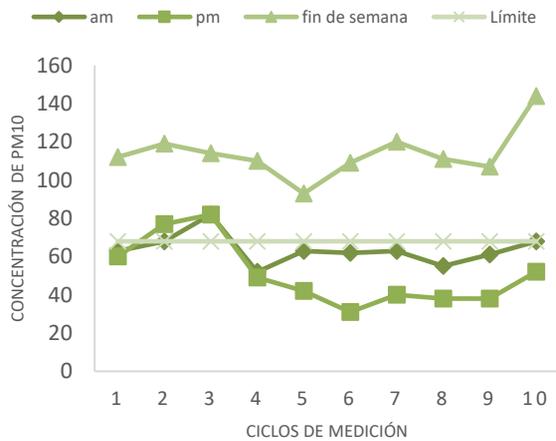
Gráfica 6 Comparación de los niveles de concentración de partículas PM₁₀ PM_{2.5} de la Av. Fray Antonio Alcalde y cruce con Herrera y Cairo

En el punto Av.16 de Septiembre y cruce con Prisciliano Sánchez se registraron mayores niveles de partículas en el fin de semana con un promedio de 250 de PM₁₀ y 1768 de PM_{2.5}, y baja velocidad del viento registrada de 1.5 m/hr, influyo en la acumulación de partículas en ese punto (Gráfica 7).



Gráfica 8 Comparación de los niveles de concentración de partículas PM₁₀ y PM_{2.5} de la Av.16 de Septiembre y cruce con Av. La Paz

El punto de Av. Juárez y la Calzada los niveles de partículas se incrementan considerablemente en fin de semana, este punto es un lugar concurrido por visitantes y habitantes de la ZMG, la concentración de actividades en esta zona incrementa el tráfico vehicular y a su vez el incremento en las emisiones contaminantes, registrándose mayores niveles de partículas (Grafica 9).



Grafica 9 Comparación de los niveles de concentración partículas PM10 y PM2.5 de la Calzada Independencia y cruce con Av. Juárez

Con lo anterior, se identificaron 11 puntos que presentan en promedio valores de buena calidad del aire, 15 en el rango de precaución y 3 en peligro. En general la mayor parte de puntos críticos se concentra en la parte centro del polígono y hacia la Calzada Independencia. Por otra parte, los puntos que se encuentran en estado bueno son calles con presencia vehicular y no se presenta concentración de actividades masivas, además los parámetros meteorológicos y la estructura urbana en la zona evitan la concentración de partículas dentro de estos puntos de monitoreo. En el siguiente mapa (Fig.5) se aprecia la distribución de puntos críticos para este estudio.



Figura 5 Distribución de puntos críticos de partículas PM10 y PM2.5, de acuerdo con los valores de referencia identificados como bueno, precaución y peligro

Conclusiones

Los resultados demuestran que en la mayor parte de la zona centro se registran elevadas concentraciones de partículas en el rango de precaución que van de 70 a 160 partículas/ft³ en promedio de PM10 y de 580 a 1200 partículas/ft³ de PM2.5, el origen principal es el flujo vehicular donde se concentran diversas actividades de trabajo, comercio y recreación, exponiendo a los habitantes de la zona. Otra situación que es causante de la mala calidad del aire por material particulado es la relativa a la presencia de la obra pública, que además de contribuir a la emisión de partículas, también contribuye por la desviación de vehículos, y la saturación vial en algunos puntos ya sea por las adecuaciones de la línea tres del tren eléctrico urbano, como por adecuaciones en las vialidades.

La elevada concentración de partículas, que sobrepasa el límite normal registrado en algunos puntos, es por la baja intensidad de viento y por la combinación con emisiones de compuestos volátiles de vehículos automotores. Una evidencia de esto es que en puntos donde se concentra mayor tráfico vehicular se incrementó la concentración de partículas en los puntos 9, 17 y 19 con valores de 1400 a 1900 partículas/ft³ de PM2.5 que se encuentran en el rango de peligro.

Los indicadores obtenidos con éste proyecto contribuyen al conocimiento del tema, así como a generar las bases para su atención. Una alternativa, es contar con un programa de evaluación periódica de las emisiones de partículas y el impacto que se tiene en la salud de las personas expuestas a la contaminación atmosférica. Además de ampliar la cobertura de monitoreo y mediciones de mayor duración para tener un panorama amplio y detallado del fenómeno. Las perspectivas que ofrecen éste tipo de proyectos es profundizar en el conocimiento de las condiciones de salud ambiental en ciudades, la necesidad de avanzar en éste tipo de proyectos, la posibilidad de construir propuestas para estudios más detallados y prospectivos, así como también visualizar colaboraciones para conocer la composición del material particulado, los efectos potenciales en la salud, los alcances y limitaciones de éste tipo de proyecto y sobre todo la necesidad de sistematizar las mediciones, ampliar los parámetros como los bacteriológicos, y valorar de forma directa la exposición y respuesta en la salud de la población, con base a proponer medidas de atención.

Referencias

Arbeláez M., Gasselin P., Hacon S., Ruiz A., (2010) Indicadores de salud ambiental para la toma de decisiones. Determinantes ambientales y sociales de la salud, Ed. OPS Mc Gram Hill Interamericana, Washington, D.C., 155- 167.

Curiel, A., Garibay, M. (2008). Contaminación atmosférica en la zona metropolitana de Guadalajara de impacto en la salud ambiental. México: Universidad de Guadalajara.

Ballester, F. (2005). Contaminación atmosférica, cambio climático y salud. *Revista Española de Salud Pública*, 79, 159-175.

Bremauntz, A. F., Bracho, L. R., & Cervantes, M. G. T. (2005). Las partículas suspendidas en tres grandes ciudades mexicanas. *Gaceta ecológica*, (74), 15-28.

Davydova V., Figueroa A. (2017). Una visión histórica de las tendencias de contaminación atmosférica en el Área Metropolitana de Guadalajara. *Investigaciones socioambientales, en contaminación y salud ambiental*. Universidad de Guadalajara.

Encinas, M. D. (2011). Medio Ambiente y Contaminación. Principios básicos. P.5-36 EXTECH. 2016 en: http://translate.extech.com/instruments/resource/s/manuals/VPC300_UM-es.pdf

Figueroa A., Davydova V., Garibay G., Parada T., Orozco M.G. (2016). PM10 y O3 como factores de riesgo de mortalidad por enfermedades cardiovasculares y neumonía en la Zona Metropolitana de Guadalajara, Jalisco, México. *Ingeniería* 20-1:14-23 pp. Universidad Autónoma de Yucatán.

Figueroa A., Garibay C., Davydova V. (2018). La calidad del aire en las ciudades. Diagnóstico ambiental en ciudades. Universidad de Guadalajara.

Gaviria, C. F., Benavides, C., & Arroyave, C. (2012). Contaminación por material particulado (PM2, 5 y PM10) y consultas por enfermedades respiratorias en Medellín (2008-2009). *Facultad Nacional de Salud Pública*, 29(3).

Sánchez, P. (2017). Calidad del aire de Interior en Transporte Público y análisis de Bienestar Subjetivo en estudiantes Universitarios de la Zona Metropolitana de Guadalajara. Tesis de Maestría. Universidad de Guadalajara.

Riojas H., Holguin F., González A., & Romieu, I. (2006). Uso de la variabilidad de la frecuencia cardiaca como marcador de los efectos cardiovasculares asociados con la contaminación del aire. *salud pública de México*, 48, 348-357.

Agradecimientos

Al Instituto de Medio Ambiente y Comunidades Humanas (CUCBA) de la Universidad de Guadalajara por el apoyo con los equipos y la unidad de investigación que permitió el desarrollo de éste proyecto., y mis compañeros y amigos que contribuyeron en los monitoreos: Javier Martínez, Jocelyn Ortiz, Miriam Noriega, Jahir Flores, María Guadalupe Romero, Denisse Sánchez, Liliana Hernández.