

Distribución de polvo urbano en la zona metropolitana de Guadalajara, México

PEÑA-GARCÍA, Laura*†, MACIEL-FLORES, Roberto, ROSAS-ELGUERA, José y RENTERÍA-TAPIA, Víctor

Recibido Enero 11, 2016; Aceptado Marzo 1, 2016

Resumen

La distribución de polvo urbano en la zona metropolitana de Guadalajara, México fue un proyecto que partió de un macro proyecto para identificar y modelar la contaminación del. Mediante un muestreo en seis municipios de la zona urbana, se obtuvieron 155 muestras de polvo urbano, encontrando un máximo de 26.58 gr/m² en algunas zonas de la ciudad, el mínimo fue de 1.7 gr/m². Con las muestras obtenidas se realizó la modelación geoestadística y se determinó que la zona sureste y la noroeste fueron las áreas con mayor densidad de polvo sobre sus banquetas. Con el presente trabajo se contribuye al conocimiento de la distribución del material particulado en la ZMG. Se propone hacer un estudio para conocer cuál es la morbilidad y la mortalidad de la población con mayor densidad de polvo y repetir al menos dos veces al año un estudio de características similares al actual, pero en diferentes épocas del año.

Polvo urbano, Contaminación del aire, Material particulado

Abstract

The distribution of urban dust in the Metropolitan Area of Guadalajara, Mexico was a project that it departed from a macro project to identify and modeling the effects of air pollution. Through a sampling in six municipalities in the urban area, were obtained 155 dust samples, finding a maximum of 26.58 g/m² in some areas of the city, the minimum was 1.7 gr/m². With the samples obtained were conducted the geostatistics modeling and it was determined that the Southeast Zone and the Northwest were the areas with the highest density of dust on its bench seats. The present work contributes to the knowledge of the distribution of particulate material in the ZMG. It is proposed to conduct a study to know what is the morbidity and mortality of the population with the highest density of dust and repeat at least twice a year a study of similar characteristics to the current, but at different times of the year.

Urban dust, Air pollution, Particulate material

Citación: PEÑA-GARCÍA, Laura, MACIEL-FLORES, Roberto, ROSAS-ELGUERA, José y RENTERÍA-TAPIA, Víctor. Distribución de polvo urbano en la zona metropolitana de Guadalajara, México. Revista de Investigación y Desarrollo 2016, 2-4:16-23

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: laurapgarcia@cucba.udg.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La contaminación del aire es un problema de salud ambiental importante que cuyo origen puede ser natural o antrópico. Estas fuentes de contaminación del aire incluyen las emisiones provenientes de la industria, la agricultura, la silvicultura, el transporte, la generación de energía y los aires acondicionados; mientras que las fuentes naturales se derivan principalmente de los incendios forestales, la actividad volcánica y el polvo.

Algunos estudios muestran que la contaminación del aire ambiente es un factor de riesgo significativo para la salud. En 2010 en Europa la contaminación del aire contribuyó a más de 430.000 muertes prematuras y más de 7 millones de años perdidos de vida sana, esto por la exposición a partículas suspendidas con un diámetro aerodinámico menor a 2,5 μm (PM 2.5) (Borrego et al., 2015). En 2014 la Organización Mundial de la Salud (OMS) publicó una nota sobre estimaciones realizadas durante el 2012, en ella dice que anualmente se tienen 3,7 millones de defunciones prematuras; asociando la mortalidad a la exposición a partículas de menores a 10 micras de diámetro (PM₁₀) o menores, que podría causar cardiopatías, neumopatías y diferentes tipos de cánceres referentes a la contaminación atmosférica en las ciudades y zonas rurales de todo el mundo; y que las partículas que se encuentran en el aire, están estrechamente relacionadas con el incremento de la incidencia de diferentes tipos de cáncer, entre ellos el de pulmón (6%), de vías urinarias y vejiga (OMS, 2014b).

Posteriormente la OMS en 2016 estimó que anualmente mueren 12,6 millones de personas a causa de la insalubridad del medio ambiente, es decir que 23% de las muertes son atribuibles al medio ambiente, de estas muertes 847,000 se presentan en la región de las Américas.

Las muertes que pueden atribuirse a la contaminación del aire por enfermedades no transmisibles como los accidentes cerebrovasculares, los cánceres y las neumopatías crónicas, constituyen actualmente casi dos terceras partes del total de muertes debidas a la insalubridad del medio ambiente es decir que el incremento ha sido de 8,2 millones (Lindmeier & Osseiran, 2016).

A partir de dicho informe, la OMS estableció que hay 10 causas principales de enfermedades vinculadas con el medio ambiente. ocupando el primer lugar los accidentes cerebrovasculares, con 2,5 millones de muertes anuales (MA), en segundo lugar las cardiopatías isquémicas (2,3 millones de MA), en tercero, los traumatismos involuntarios (por ejemplo, muertes por accidente de tránsito, (1,7 millones de MA), cuarto, diferentes tipos de cánceres, (1,7 millones de MA), quinto, las neumopatías crónicas (1,4 millones de MA), sexto, las enfermedades diarreicas (846 000 MA), séptimo, las infecciones respiratorias (567 000 MA), octavo, las afecciones neonatales (270 000 MA), noveno, el paludismo (259 000 MA) y decimo, los traumatismos intencionados como los suicidios (246 000 MA). La población vulnerable corresponde a los menores de 5 años y los adultos entre 50 y 75 años y de estos, los hombres se ven ligeramente más afectados por los riesgos laborales y las lesiones; y las mujeres sufren mayor exposición a los riesgos medioambientales tradicionales, como la utilización de combustibles sólidos en la cocina y el transporte de agua.

Las partículas pequeñas son especialmente nocivas, debido a su capacidad para penetrar profundamente en los pulmones, causando inflamación y agravando los problemas pulmonares o cardiovasculares preexistentes (Chen, Shah, Huggins, Huffman, & Dozier, 2005; Green & Sánchez, 2012; Lindmeier & Osseiran, 2016; OMS, 2014a).

Las partículas atmosféricas son visibles a simple vista cuando tienen un diámetro aproximado de 100 μm , estas partículas se liberan durante la construcción o demolición en los sitios en construcción. Otras más de menor tamaño se encuentran en el polen, esporas de moho y las cenizas (Brugha & Grigg, 2014). La contaminación por partículas, también llamado material particulado (PM) es el término que se le da a la mezcla de partículas sólidas y gotitas líquidas que se encuentran suspendidas en el aire. Algunas partículas están compuestas por sustancias químicas: metales pesados, hidrocarburos, nitratos, sulfatos, etc. Las partículas pequeñas sólo pueden ser observadas utilizando un microscopio electrónico o por técnicas indirectas como espectroscopia ultravioleta-visible (UV-vis), dispersión de luz dinámica, etc. La contaminación por partículas incluye "partículas gruesas inhalables", con diámetro mayor de 2.5 micras y menor a 10 micrómetros y "partículas finas", con diámetros que tienen 2,5 micrómetros y más pequeñas (AirNow, 2015).

Una de las causas de la contaminación ambiental se hizo presente de manera significativa en ciudades con fuerte carga vehicular y una reducida precipitación pluvial, causando acumulación de metales sobre las vías de comunicación.

Estas partículas provienen de los productos de abrasión de frenos, discos, ruedas y por el proceso de combustión, siendo posteriormente llevadas en suspensión por los gases de los escapes de los vehículos y el propio desgaste de las vías de comunicación. Aunque se hayan eliminado el asbesto en las pastillas de frenos, metales como hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), zinc (Zn), antimonio (Sb), bario (Ba), circonio (Zr), entre otros, son componentes abundantes en ellas y Zn en las ruedas (Querol, 2008).

En México la contaminación del aire también ha generado muertes asociadas a cáncer pulmonar, enfermedades cardiorrespiratorias e infecciones respiratorias, durante el periodo del 2001 al 2005. Barnés establece que 6 de cada 10 muertes ocurrieron en las zonas metropolitanas del Valle de México, Guadalajara, Monterrey, Puebla y Toluca (Agencia Europe de Medio Ambiente, 2013; Regueiro, 2011).

Dado que de manera histórica la contaminación del aire en la ciudad de Guadalajara se ha asociado a partículas (PM₁₀ Y PM_{2.5}) (Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (SEMADES), 2016; Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2011), se buscó identificar las zonas con mayor densidad de polvo depositado sobre las banquetas de la zona metropolitana de Guadalajara (ZMG).

Desarrollo

Localización de la zona de estudio

El siguiente trabajo de investigación se realizó en el estado de Jalisco, el cual se localiza en la zona occidente de la República Mexicana. Se encuentra limitado al Norte por los Estados de Durango, Zacatecas, Aguascalientes; al Noroeste con Nayarit; al Noreste con Guanajuato y San Luis Potosí; al Sur con Colima; al Sureste con Michoacán y al Suroeste con el Océano Pacífico.

Tiene una extensión territorial de 80,137 Km², lo que representa el 4.09% de la superficie total de México (Consejo Nacional de Población (CONAPO), 2014; Gobierno del estado de Jalisco, 2015).

La ZMG se ubica en el centro del Estado de Jalisco, se sitúa en la cuenca del Río Grande de Santiago, en los Valles de Atemajac y la Planicie de Tonalá, entre las zonas montañosas de la Sierra Madre Occidental y la faja Volcánica Mexicana. Las montañas que circundan la zona son: al noroeste la Sierra de San Esteban; al sureste, la Serranía de San Nicolás y los conjuntos montañosos Cerro Escondido-San Martín y El Tapatío-La Reyna; al sur, el Cerro del Cuatro-Gachupín-Santa María; y al oeste, la Sierra de la Primavera. Estas sierras constituyen parcialmente una barrera física natural para la circulación del viento, impidiendo el desalojo del aire contaminado fuera de la ZMG. El terreno donde se ubica la zona metropolitana tiene pendientes variables con un promedio de 3%. Tiene una extensión territorial de 2.734,0 Km² (Consejo Nacional de Población (CONAPO), 2014; Gobierno del estado de Jalisco, 2015).

La ZMG se encuentra afectada la mayor parte del año por la afluencia de aire marítimo tropical. Sin embargo, en el transcurso del año una gran variedad de fenómenos meteorológicos de escala regional, en superficie y en la atmósfera superior, influyen sobre las condiciones meteorológicas de la zona. Geográficamente la ZMG se encuentra asentada la región central del país, la cual está también se encuentra sujeta a la influencia de sistemas anticiclónicos, generados tanto en el Golfo de México como en el Océano Pacífico. Estos sistemas ocasionan una gran estabilidad atmosférica, inhibiendo la mezcla vertical del aire (Instituto Nacional de Ecología, 2007).

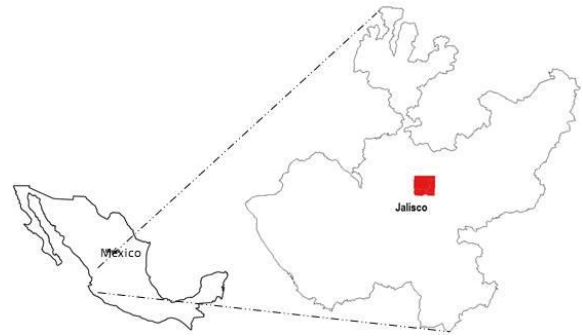


Figura 1 Localización del área de estudio

Los municipios que experimentan la mayor dinámica de crecimiento en la región son los que conforman la ZMG. El municipio de Tlajomulco de Zúñiga observó la tasa más alta en el periodo 2000-2005 de 10.8% y en el siguiente quinquenio (2005-2010) tuvo un crecimiento imponente, aumentó su población un 88.8% (195,996 hab.) a una tasa promedio anual de 14.63%. Le siguió Ixtlahuacán de los Membrillos con una tasa considerada alta de 12.82%, para acumular a mediados del 2010. Le siguen en importancia de crecimiento los municipios de; El Salto y Tonalá, con tasa de 4.74% y 3.45% en promedio anualmente (Consejo Nacional de Población (CONAPO), 2014; Gobierno del estado de Jalisco, 2015).

Para el desarrollo del presente trabajo se consideraron los municipios de Guadalajara, El Salto, Tlajomulco de Zúñiga, Tlaquepaque, Tonalá y Zapopan.

Materiales y Métodos

En gabinete se elaboró un mapa con una malla estadísticamente desarrollada a cada 2 km² el cual cubrió la ZMG, con el mapa se identificaron los puntos a muestrear y la ubicación de los sitios (entre que calles se encontraba el punto).

Materiales de campo

Los materiales que se emplearon para coleccionar las muestras de polvo urbano fueron:

Como equipo de protección:

- Guantes,
- Cubre bocas,
- Bata,
- Sombrero o gorra.

Material para colectar la muestra (30 gramos aprox.):

- Hilaza,
- Brocha,
- Papel cartoncillo (para levantar la muestra de la banqueta).

Material para guardar la muestra:

- Doble bolsa resellable,
- Etiqueta.

Además de GPS tipo navegador.

Fase de campo

Se llegó a cada sitio de muestreo con apoyo del mapa; posteriormente se buscó el lugar para recolectar la muestra. Se colocó la hilaza de un metro cuadrado para hacer la delimitación del área a barrer sobre la banqueta. Dentro del cuadrado se barrió el polvo suelto con la brocha y, con un recogedor de cartoncillo, se levantó y depositó dentro de una bolsa resellable.



Figura 2 Toma de muestra de polvo urbano

La muestra se depositó en una primera bolsa de plástico y posteriormente se colocó dentro de otra, entre ambas, se agregó una etiqueta con los datos del sitio de muestreo (coordenadas UTM datum WGS64, número de muestra y datos del colector).

Al terminar en cada punto se limpió cuidadosamente el equipo y se desechó la hoja de cartoncillo con la que se levantó la muestra.

Trabajo de gabinete

Las muestras se llevaron al laboratorio de Salud Ambiental del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias donde se pesaron y resguardaron. Posteriormente con los datos obtenidos se trabajó con el software Excel, Statgraphics, GS+ y Qgis.

Resultados

Se levantaron 155 muestras de polvo urbano de la ZMG. Con los datos obtenidos se hizo la interpretación geoestadística y la modelación. Posteriormente se realizó el mapa donde se observan las zonas de la ciudad con mayor densidad de polvo urbano.

Descriptivos	Valores
Recuento	155
Promedio	6.79 ± 4.80
Mínimo	1.7
Máximo	26.58

± Desviación estándar

Tabla 1 Resumen Estadístico.

Mediante componentes principales se determinó que dos componentes tuvieron eigenvalores mayores o iguales que 1.0. En conjunto ellos explican 54.1291% de la variabilidad en los datos originales.

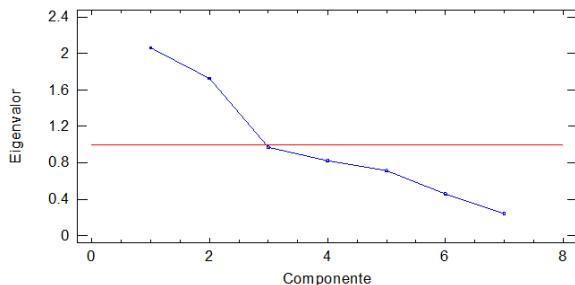


Figura 3 Gráfico de sedimentación de componentes principales

Se identificaron dos zonas con la mayor concentración de polvo entre 16.3 y 19.8 gr/m²); la primera fue la zona ubicada en el municipio de San Pedro Tlaquepaque sobre al Sur este de la Av. Periférico Manuel Gómez Morín, donde se encuentra ubicada la vía férrea, afectando a varias algunas entre 1 y 5,000 habitantes como Toluquilla, El Refugio, Tepeyac, Guadalupe Ejidal, Romita, La Ladrillera, La Micaelita, entre otras. Entre 5,0010 y 10,000 habitantes Fovissste Miravalle, Las Juntas, Las Liebres y El Verde. Entre 30,001 y 46,234 se tiene una colonia, El Vergel.

Hay que considerar que en el municipio de El Salto, se encuentran asentadas la mayor densidad de ladrilleras en la zona metropolitana.

La segunda área con alta densidad de polvo fue al Noroeste de la ciudad entre la Base Aérea Militar Colegio del Aire y las colonias Flores del Valle y colegio del Aire.

También en la zona Suroeste de la ZMG, dentro del municipio de Tlajomulco de Zúñiga se identificó densidad de polvo entre 12.7 y 16.3 gr/m².

Hubo algunos puntos aislados en la zona urbana que también presentaron algunos de los valores más altos de densidad de polvo, como fue la Colonia Los Camichines I.

De manera general la zona que presento densidad de polvo entre 5.7 y 9.2 gr/m², fue desde el Aeropuerto Internacional de Guadalajara Miguel Hidalgo, hasta la zona del ferrocarril y al oeste sobre la Av. Lázaro Cárdenas cercano a su cruce con la Av. López Mateos. Está área se prolongó de manera constante hasta el municipio de Tlajolulmco de Zúñiga.

Al noroeste también se mantuvieron esta misma concentración de polvo en los alrededores de la Base Aérea, hasta la Venta del Astillero. En este caso, la carretera Guadalajara-Tepic es una vialidad primaria, es decir, con mucho tráfico de vehículos particulares, pero muchos vehículos pesados, además de que en los alrededores aún se mantiene una parte de uso de suelo agrícola, además de tener una transición a parques industriales y uso habitacional en la zona.

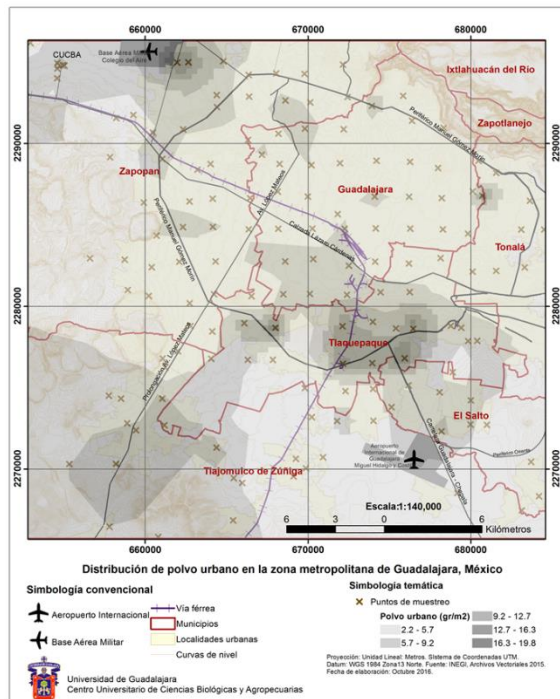


Figura 3 Mapa de distribución de polvo urbano en la ZMG

Agradecimiento

El presente proyecto recibió apoyo económico por parte de PROMEP, ya que, como cuerpo académico, se nos invitó a participar en un macro proyecto de Redes con otros cuerpos académicos, el cual se tituló “Aplicación de la modelación numérica de macro y microescala para el diagnóstico y la predicción del transporte y dispersión de contaminantes en ciudades con altos índices de polución”. El nombre de la red fue: Estudios de Impacto del medio ambiente, promovido por el Cuerpo Académico UDG-CA-423 Geociencias Ambientales Aplicadas, de la Universidad de Guadalajara.

A los profesores MC Elva Guadalupe Robles Jarero, MC Beatriz Rodríguez, MC Gabriela Hernández Pérez, MC Leticia Hernández López, MC Genoveva Pinal Gómez, MC Celia Robles Murguía, MC Martín Pérez Peña, Dr. Roberto Maciel Flores, Dr. Ernesto López Uriarte, MC Armando Toral Flores y al Dr. Javier García Velasco.

Y a los 36 estudiantes de las licenciaturas en Biología y Agronomía: Alan Omar Galindo Navarro, Alejandra Monserrat Zepeda Velázquez, Ana Guadalupe García Guadalajara, Ana Karen Sandoval Ontiveros, Ángel Emmanuel Saldívar Sánchez, Batres Hernández María Silvia, Brenely Vianey Cornejo González, Carlos David Mendoza Ocegueda, Cynthia Giselle Navarro Acosta, Daniel Armando Mojica Martínez, Dante Samuel Figueroa Martínez, Erika Andrade González, Fátima Joselyn Muñoz Navarro, Javier Alonso Russell López, Julieta Leticia Mota Sandoval, Karina Guadalupe Lucas Alvarado, Kevin Escobedo Ángeles, Liliana García Hernández, Manuel Del Real Palomares, Margarita Elizabeth García Lerena, María Guadalupe Negrete Reynoso, Mariel Torres Ortiz, Mariela Alejandra Alvarado Enríquez, Miguel Carrasco Ramírez, Mijaíl Farías Flores, Miriam Evelia Pérez Vázquez, Mónica Carolina Báez González, Oscar Alejandro Márquez González, Paulina Marimar Rojas Gallardo, Pedro Gerardo Velázquez Orozco, René Adolfo Ramírez Rojas, Rodrigo Gómez Rizo, Rogelio Casillas Ramos, Tonantzin Corral Castelo, Victoria Belén Muñoz Jiménez y Viridiana Cervantes Bueno, quienes hicieron posible levantar las muestras en un solo día.

Conclusiones

Se identificaron las zonas de la ciudad con mayor densidad de polvo depositado sobre las banquetas. Se identificó que las áreas que presentan mayor carga vehicular son más propensas a presentar más cantidad de polvo. Esto implicaría hacer un estudio para conocer cuál es la morbilidad y la mortalidad de las personas que ahí habitan o laboran.

Así mismo es habrá que analizar las condiciones de salud de las poblaciones vulnerables, los menores de 5 y los mayores de 65 años, ya que ellos los principalmente afectados por la contaminación del aire.

Es conveniente repetir al menos dos veces al año un estudio de características similares al actual, para determinar si la contaminación por polvo se mantiene homogénea durante todo el año o esta condición se modifica de acuerdo a las estaciones del año

Referencias

Agencia Europe de Medio Ambiente. (2013). Señales de la AEMA 2013. Cada vez que respiramos Mejorar la calidad del aire en Europa. Copenhague.

AirNow. (2015). Particle Pollution (PM). Borrego, C., Coutinho, M., Costa, A. M., Ginja, J., Ribeiro, C., Monteiro, A., ...

Miranda, A. I. (2015). Challenges for a New Air Quality Directive: The role of monitoring and modelling techniques. *Urban Climate*, 14, 328–341. <http://doi.org/10.1016/j.uclim.2014.06.007>

Brugha, R., & Grigg, J. (2014). Urban air pollution and respiratory infections. *Paediatric Respiratory Reviews*, 15(2), 194–199. <http://doi.org/10.1016/j.prrv.2014.03.001>
Chen, Y., Shah, N., Huggins, F. E., Huffman,

G. P., & Dozier, A. (2005). Characterization of ultrafine coal fly ash particles by energy-filtered TEM. *Journal of Microscopy*, 217(3), 225–234. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2818.2005.01445.x>

Consejo Nacional de Población (CONAPO). (2014). Proyecciones de la Población 2010-2050. Retrieved November 11, 2015, from <http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones>

Gobierno del estado de Jalisco. (2015). Presentación. Retrieved from <http://www.jalisco.gob.mx/es/jalisco/presentacion>

Green, J., & Sánchez, S. (2012). La Calidad del Aire en América Latina: Una Visión Panorámica, 36. Retrieved from <http://www.cleanairinstitute.org/calidaddelaireamericalatina/cai-report-spanish.pdf>

INEGI. (2015). Archivos vectoriales. Retrieved March 25, 2015, from <http://www.beta.inegi.org.mx/temas/mapas/topografia/>

Instituto Nacional de Ecología. (2007). 4. Condiciones físicas y calidad del aire. Retrieved November 18, 2014, from <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/235/cap4.html>

Lindmeier, C., & Osseiran, N. (2016). Cada año mueren 12,6 millones de personas a causa de la insalubridad del medio ambiente. OMS. World Health Organization. Retrieved from <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2016/deaths-attributable-to-unhealthy-environments/es/>

OMS. (2014a). 7 millones de muertes cada año debidas a la contaminación atmosférica. Retrieved March 1, 2015, from <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/es/>

OMS. (2014b). Calidad del aire y salud, (2), 3–7. Retrieved from <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/>

Querol, X. (2008). Calidad del aire, partículas en suspensión y metales. *Revista Española de Salud Pública*, 447–453.

Regueiro, D. F. B. (2011). Presentación Cuarto Almanaque de datos y tendencias de la calidad del Aire en 20 ciudades mexicanas. Retrieved from http://www.inecc.gob.mx/descargas/calair/cuarto_almanaque_pres_fbr.pdf

Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (SEMADES). (2016). Calidad del aire. Retrieved April 12, 2016, from <http://sigajalisco.gob.mx/aire/Datos.html>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2011). Cuarto almanaque de datos y tendencias de la calidad del aire en 20 ciudades mexicanas (2000-2009). In *Zona Metropolitana de Guadalajara, Jal.* (Primera, pp. 117–127). México. Retrieved from <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/652/guadalajara.pdf>