

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**EVALUACIÓN DE PARTÍCULAS SUSPENDIDAS EN EL AIRE EN EL ÁREA DE
LA UNIVERSIDAD ANTONIO NARRO**

POR

LIZBETH RITA PÉREZ GARCÍA

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

TORREÓN, COAHUILA

MAYO DE 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

EVALUACIÓN DE PARTÍCULAS SUSPENDIDAS EN EL AIRE EN EL
ÁREA DE LA UNIVERSIDAD ANTONIO NARRO

POR
LIZBETH RITA PÉREZ GARCÍA


TESIS

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO
EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO
DE:

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

APROBADA POR

PRESIDENTE:




ING. JOEL LIMONES AVITIA

VOCAL:



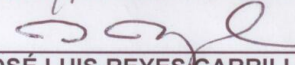
DR. ALFREDO OGAZ

VOCAL:



M.C. NORMA LÉTICIA ORTIZ GUERRERO

VOCAL SUPLENTE:



DR. JOSÉ LUIS REYES CARRILLO



M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



TORREÓN, COAHUILA

MAYO DE 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

EVALUACIÓN DE PARTÍCULAS SUSPENDIDAS EN EL AIRE EN EL
ÁREA DE LA UNIVERSIDAD ANTONIO NARRO

POR
LIZBETH RITA PÉREZ GARCÍA

TESIS

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ DE ASESORÍA
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

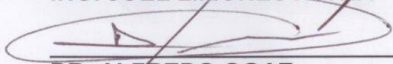
APROBADA POR

ASESOR PRINCIPAL:



ING. JOEL LIMONES AVITIA

ASESOR:



DR. ALFREDO OGAZ

ASESOR:



M.C. NORMA LETICIA ORTIZ GUERRERO

ASESOR:



DR. JOSÉ LUIS REYES CARRILLO



M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA

MAYO DE 2015

DEDICATORIAS

A Dios y la Virgen de Guadalupe.

Dedico con mucho amor y cariño esta tesis, a Dios por guiarme principalmente en mi vida, en el camino y en la carrera profesional, a su madre María por interceder por mí en todo lo cumplido por su hijo, es el momento más feliz para mí persona en concluir esta profesión, que me han proporcionado. Todo lo dicho es ofrecido a ustedes con alma, vida y corazón.

A mi alma mater.

Durante los largos años de mi carrera profesional, me cobijaste, tal vez de diversas fenómenos naturales u otras dificultades, con tal de realizar cómodamente mis estudios, eres para mí como una madre que cuida a sus hijos, con tal que un día sonría con ellos cuando crezcan, ahora yo he crecido profesionalmente con mis estudios porque me protegiste con un cariño eterno, en donde dejaste recuerdos favorable y conocimientos sin límites que jamás olvidare.

Ing. Joel Limones Avitia.

Por su apoyo brindado en esta etapa de mi vida profesional, le dedico esta tesis a su persona, a pesar de ser un profesor muy ocupado, me dedico su tiempo en la realización del documento y en el asesoramiento de la revisión de la misma, dando sugerencias al respecto, con tal de salir adelante con el trabajo, me voy satisfecha por el apoyo brindado y por sus conocimientos que me otorgo, que será de gran ayuda en el sendero de mi vivencia y espero seguir contando con su grata sabiduría y amistad.

A mis asesores.

Se la dedico a mis asesores, por formar parte de este proyecto, ustedes fueron indispensables para mi carrera profesional. Me voy satisfecha porque siempre estuvieron presente en todo lo que se requería en este trabajo, créanme que los conocimientos adquiridos de cada uno de ustedes, los tendré presente y guardados en mi corazón muy satisfactoriamente.

Dr. Alfredo Ogaz, M.C. Norma Leticia Ortiz Guerrero, y Dr. José Luis Reyes Carrillo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios y a la Virgencita.

Mil gracias por brindarme esta oportunidad, de salir adelante y alcanzar esta profesión, que será muy útil en mi vida cotidiana. Mil gracias a ustedes por favorecerme en esta carrera, que fue uno de mis objetivos que tanto anhelaba, estoy muy feliz padre y madre, por realizar este milagro a mi persona.

A Mi Padre Ramiro Pérez Roblero.

Gracias porque eres un ejemplo a seguir, lo admiro por ser un excelente profesor y padre, que siempre me apoyó en lo económico, moral y social. Gracias a los consejos que me ha dado, por lo mismo he logrado mis objetivos que me he propuesto. Culminar con mis estudios profesionales, es para mí muy importante y gracias a usted lo he conseguido. Estoy totalmente feliz y agradecida con usted por este sueño que se me ha cumplido.

A mi madre Marcela García García.

Gracias porque eres una persona que tanto admiro, por ser una excelente madre que me ha apoyado en lo económico, moral y social, siempre estuviste pendiente de mi persona como hija, en todo lo necesario en el trayecto de mis estudios, por eso te amo con todo mi corazón y para mí, mientras viva, será siempre inolvidable los grandes sacrificios que has hecho por mí.

A mis hermanos (a)

Merly Yadira, Ramiro Obsny Juniel, Ricardo Ángel, Marcela, Roberto Carlos y Xhitaly Pérez García, agradezco el máximo apoyo, que me brindaron en lo necesario en lo largo de mi carrera profesional, gracias a cada uno de ustedes he logrado mis sueños y mi vida será diferente por culminar esta carrera profesional, tanto en el ámbito laboral como en mi vida cotidiana.

A mis tíos.

Por el apoyo moral y económico que me dieron y por sus consejos gratos que recibí, ofrezco a ustedes sin límites, amor y cariño, **Ricardo Vitaliano, Fidel Pérez Roblero y familia.**

A mis amistades.

A ustedes por ofrecerme siempre su apoyo moral e incluso en lo económico y más que nada por su confianza, estoy muy contenta porque cada uno de ustedes me levantaron el ánimo en los momentos más precisos y formaron parte de mi vida personal y profesional, son ustedes muy especiales en mi vida, me voy con lindos recuerdos y satisfecha de haberlos conocido, es muy difícil estos momentos porque siento alegría y a la vez tristeza por haber culminado este período de mi carrera, pero tengan en cuenta, que siempre los recordaré durante los años de mi existencia que Dios me dé. **Amalia Rosa Aguilar Alcalá, Andrés Torres Hernández, Andrés Velazco Cruz, Adolfo de Jesús Ramírez Lira, Isidro y Alberto Miguel Cruz, Claudia Tepetate Acosta Costa, Cecilia Gómez Díaz, Cándido León Bautista, Daniela Guadalupe Pérez Pérez, Diego Martínez Varas, Emanuel León Estrada, Carlos Monte Hernández, Gildardo Contreras Cortes, Gerardo Salina Canseco, Gabriela Montalvo Roque, Heriberto Morales Santiago, Javier Alfonso Cano Ruiz, José Juan Aguilar Contreras, José Jiménez Jiménez, Jeremías Santiago Gálvez, Jesús y José Belén Méndez Baneco, José Guadalupe Nájera Marín, Romualdo Marcial Cruz, José Guadalupe Estrada Castro, José Humberto Alquisira, Jorge y Mónica Victoria Zambrano, Kenia Ivonne Méndez Murillo, Karina Vera Samaniego, María Dolores y Luisa Díaz Antonio, Miguel Ángel Gutiérrez, Marco Abdiel Álvarez Magdaleno, Marco Antonio Tepecatl Villarreal, Rosaura Cuevas Espinoza, Raquel López Hernández, Roberto Márquez Cruz, Sonia, Yaneth y Esquivel Simón Guillermo, Salvador Guzmán Velazco Mejía, Sergio Gonzales Lira, Rubicel Fernández López, Uriel Gonzales Mayoral Cruz.**

RESUMEN

Uno de los principales agentes contaminantes de la calidad del aire son las partículas suspendidas, estas, son producto de una gran cantidad de procesos naturales o antropogénicos y consecuentemente el riesgo que constituyen depende de algunas de sus múltiples características, que varían en términos de su composición química, morfología, parámetros ópticos, características eléctricas y de su facilidad de absorber y adsorber otras sustancias en su superficie.

El presente trabajo se llevó a cabo en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, con el objetivo de conocer los factores de la contaminación de partícula suspendida que llegan al área de la universidad.

De acuerdo a los resultados obtenidos y comparando estos con la Norma Oficial Mexicana NOM-043-SEMARNAT-1993, se puede determinar que en todos los puntos evaluados, la concentración de las partículas en el aire que se respira en la Universidad, se ubican dentro de los parámetros establecidos por la norma oficial mexicana en referencia.

Como resultado de la evaluación de las partículas suspendidas totales, presentes en el aire que se respira en el área de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, se puede concluir que las concentraciones de este contaminante, no representa riesgo para la salud, toda la comunidad estudiantil, así como de los maestros y de todo aquel personal que acude a las instalaciones de esta Universidad.

Palabras claves: ambiente, cambio climático, contaminación atmosférica, inversión térmica, partículas.

INDICE

DEDICATORIAS	i
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	v
INDICE	vi
INDICE DE CUADROS	viii
INDICE DE FIGURAS	ix
INTRODUCCIÓN	1
II OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivo específico	3
III REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1 Antecedentes y generalidades por contaminación de partículas en el aire....	4
3.2. Clasificación de los contaminantes atmosféricos	9
3.3. Tipos de fuentes contaminantes	10
3.4. Fuentes móviles	11
3.5. Emisiones de las fuentes móviles.	11
3.6. Contaminación del aire.....	13
3.6.1 Definición	13
3.7. Contaminación del aire por material particulado (PM10 y PM2.5)	14
3.7.1 Efectos de las partículas en el aire.	15
3.7.2. Característica y composición de partículas suspendidas	15
3.7.3. Efectos de las partículas en la salud.....	18
3.8. Las partículas suspendidas: contaminantes atmosféricos	21
3.9. Ciudad de México, Monterrey y Mexicali, entre las más contaminadas del mundo	23
3.10. Monterrey, la zona industrial más contaminada de México	24
3.11. La contaminación atmosférica sigue siendo una amenaza para la salud pública.	24
3.12. México, 2º país de AL con más muertes por contaminación	25
3.13. Normas de control de emisiones para vehículos nuevos.....	28

3.13.1	Normas de calidad de combustibles	29
3.13.2.	Normas Oficiales Mexicanas para Fuentes móviles	29
3.13.3	Normas para el monitoreo de la calidad del aire	31
3.13.4	Revisión y actualización del marco normativo	32
IV	MATERIALES Y METODOS.....	34
4.1.	Área de estudio	34
4.2.	Clima	35
4.3.	Materiales utilizados.....	35
4.4.	Procesamiento de Datos.	35
V	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
VI	CONCLUSION.....	52
VII	RECOMENDACIONES	53
VIII	LITERATURA CITADA.....	54

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Contaminación total generada por el transporte de algunos país.....	12
Cuadro 2. Características físicas de algunos tamaños de partículas.	17
Cuadro 3. Hoja de registro del muestreo del día 10 de junio 2014.....	36
Cuadro 4. Hoja de registro del muestreo del día 11 de junio 2014.....	38
Cuadro 5. Hoja de registro del muestreo del día 12 de junio 2014.....	40
Cuadro 6. Hoja de registro del muestreado del dia 13 de junio 2014.....	42
Cuadro 7. Hoja de registro del muestreo del día 14 de junio 2014.....	44
Cuadro 8. Hoja de registro del muestreo del día 17 de junio 2014.....	46
Cuadro 9. Hoja de registro del muestreo del día 18 de junio 2014.....	48
Cuadro 10. Hoja de registro del muestreo del dia 19 de junio 2014.....	50
Cuadro 11. Cuadro de resultados comparados con la NOM-043SEMARNAT-1993	52

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Efectos de las Particulas suspendidas, el sistema respiratorio, que por su tamaño, causan daño a las salud.....	19
Figura 2 Concentración de partículas de tamaño de 10 micras por metro cubico, comparativo entre México y la OMS.....	27
Figura 3 Representa la calidad del aire que se respira, en varias ciudades de la república mexicana.	27
Figura 4 Ubicación del área donde se llevó a cabo el muestro de partículas suspendidas en el aire.	34
Figura 5 Concentraciones de particula de diametros de 3 μ y 5 μ	37
Figura 6 Concentraciones de particulas suspendidas.	39
Figura 7 Concentraciones de particula 3 μ y 5 μ durante el dia 12 de junio del 2014.	41
Figura 8 Concentraciones de particula 3 μ y 5 μ durante el dia 13 de junio del 2014.	43
Figura 9 Concentraciones de particula 3 μ y 5 μ durante el dia 13 de junio 2014...	45
Figura 10 Concentraciones de particula 3 μ y 5 μ durante el dia 17 de junio 2014	47
Figura 11 Representa las concentraciones de particula 3 μ y 5 μ durante el dia 13 de junio 2014.....	49
Figura 12. Representa las concentraciones de particula 3 μ y 5 μ durante el dia 13 de junio 2014.....	51

INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud considera la contaminación atmosférica como una de las más importantes prioridades mundiales en salud. En un reciente informe se ha estimado que la contaminación ambiental debida a partículas es responsable de 1,4% de todas las muertes en el mundo. La contaminación atmosférica en interiores tendría un efecto aún mayor, especialmente en países en vías de desarrollo. En definitiva, importantes sectores de la población se encuentran expuestos a contaminantes atmosféricos con posibles repercusiones negativas sobre su salud (OMS, 2014).

Los contaminantes atmosféricos, normalmente medidos en la atmósfera urbana, provienen de fuentes móviles (tráfico rodado) y de fuentes fijas de combustión (industrias, usos residenciales –climatización–, y procesos de eliminación de residuos). Se distingue entre contaminantes primarios y secundarios, los primeros son los que proceden directamente de la fuente de emisión. Los contaminantes secundarios se producen, como consecuencia de las transformaciones y reacciones químicas y físicas que sufren los contaminantes primarios en el seno de la atmósfera, distinguiéndose, sobre todo, la contaminación fotoquímica y la acidificación del medio (Díaz *et al.*, 2005).

La contaminación fotoquímica (o tipo «verano») se refiere principalmente a la contaminación procedente de las reacciones de los hidrocarburos y los óxidos de nitrógeno, estimuladas por la luz solar intensa y el incremento de la temperatura. El ozono es considerado generalmente como el componente más tóxico de esta mezcla. Se forma por la acción de la radiación ultravioleta del sol sobre los óxidos nitrosos (NOx) y en presencia de compuestos orgánicos volátiles y otros contaminantes (Galizia *et al.*, 1999).

Estudios recientes han descrito un número importante de efectos adversos del ozono, los más importantes relacionados con el sistema respiratorio, como disminución de la función pulmonar, agravamiento del asma, aumento de riesgo de visitas a urgencias, de ingresos hospitalarios y, probablemente, un aumento de riesgo de morir. Por otro lado, existen algunas evidencias de que los individuos, especialmente los más jóvenes, con hiperreactividad de vías aéreas, como los asmáticos, constituyen un grupo más sensible a los efectos del ozono (McConnell *et al.*, 1999). Por lo anterior es importante medir la contaminación del aire en las ciudades para conocer la calidad atmosférica.

II OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Conocer los niveles de concentración de las partículas suspendidas totales emitidas por fuentes fijas y móviles, en el área de la universidad.

2.2 Objetivo específico

Determinar la calidad del aire que se respira en el área de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, con el objetivo de conocer la afectación del contaminante conocido como partículas suspendidas totales (PST's)

III REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Antecedentes y generalidades por contaminación de partículas en el aire.

Actualmente el problema de la contaminación ambiental es un tema que se ha introducido en todos los ámbitos y en todos los niveles. Y lo que antes sólo era la preocupación de unos cuantos ambientalistas, hoy es uno de los objetivos principales de la planeación y gestión del desarrollo en las diferentes regiones del planeta que pretende evaluar, prevenir y en su caso minimizar los daños al ambiente (Carson *et al.*, 1972).

La problemática ambiental asociada a las ciudades, resulta imprescindible que temas como la contaminación atmosférica sean considerados en la agenda política de los gobiernos locales tanto de países industrializados como en vías de desarrollo (Corona- Zambrano y Rojas-Caldelas, 2009).

Las graves contingencias ambientales ocurridas a principios de año en China hicieron recordar al mundo aquel terrible drama que se vivió en Londres en 1952, cuando el fenómeno conocido como "la gran niebla" de 1952, entre el 5 y el 9 de diciembre de ese año, provocó la muerte de más de 12,000 londinenses y enfermó a casi 100,000 personas. En aquella ocasión el crecimiento incontrolado de la quema de combustibles fósiles en la industria y los transportes, se sumó a una inoportuna inversión térmica, produciendo los resultados que estremecieron al mundo. El país asiático comenzó 2013 con una serie de contingencias ambientales inéditas. Tan sólo en enero pasado rebasó por amplísimo margen, en al menos 4 ocasiones, los índices máximos de contaminación recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) (Guillermo y Aguilera, 2013).

Los avances en el control de la contaminación atmosférica, el impacto de la exposición a contaminación atmosférica en Europa sigue siendo muy importante.

La OMS de la Región Europea estima que: Las elevadas concentraciones de partículas en suspensión en Europa se asocian con alrededor de 300.000 defunciones prematuras anuales, de manera que disminuyen la esperanza de vida de cada europeo en, al menos, un año como promedio.

La situación de calidad del aire de España es común en muchos ámbitos urbanos europeos. Sin embargo, las ciudades españolas presentan determinadas particularidades que demandan soluciones diferentes.

Estas características son: Alta densidad urbana en gran parte de los centros de las ciudades españolas, unida a gran dispersión espacial de los nuevos desarrollos urbanísticos y actividades comerciales y de ocio, que conlleva una densidad de tráfico rodado muy elevada en el centro urbano y entre éste y la periferia (EEA. y Fernández-Muerza, 2014).

La arquitectura urbana de grandes zonas de nuestras ciudades, con vías de tráfico relativamente estrechas encajonadas entre edificios de 5-7 plantas, y pocas zonas verdes, que favorece una ventilación deficiente de la atmósfera y la consecuente acumulación de los contaminantes.

El clima mediterráneo, con frecuentes episodios de calma atmosférica, alta irradiación y temperatura, y baja precipitación, que favorecen la acumulación de contaminantes (Martín-Boscá *et al.*, 2012).

La “dieselización” del parque de vehículos, que alcanza niveles superiores al 60 %. La industria automovilística ha contribuido significativamente en la reducción de las emisiones de los vehículos, introduciendo las tecnologías necesarias para cumplir con los valores límite de las sucesivas normas Euro de homologación de vehículos. Desgraciadamente, en grandes aglomeraciones dicha reducción de emisiones contaminantes por vehículo se ha visto compensada por un incremento en el volumen de vehículos, así como por una mayor proporción de

vehículos diésel, los cuales emiten una mayor cantidad de partículas y NO₂ que los motores de gasolina (AEMA. *et al.*, 2003).

Con base en lo expuesto se concluye que, actualmente, las medidas más efectivas a corto plazo para la mejora de la calidad del aire en lo referente a NO₂ (y ozono simultáneamente) son no tecnológicas, es decir, se basan en la reducción de la densidad de circulación de vehículos en la zona urbana o reducir marcadamente la proporción de vehículos que consumen combustible como el diésel. A medio plazo, aprovechando la evolución tecnológica (Euro 6, vehículos eléctricos o impulsados por hidrógeno, gas natural o GLP), sería conveniente acelerar la renovación del parque automovilístico y promover la mejora de las infraestructuras para el uso de combustibles alternativos y electricidad (D.G.C.E.A.M.N, 2013).

Los Planes de Mejora de la Calidad del Aire para reducir esta contaminación, obligatorios según la legislación vigente, en muchos casos no existen, y en otros apenas si tienen efectividad por falta de la voluntad política de acometer medidas estructurales. Otras veces, los cambios políticos suponen retrocesos en medidas ya puestas en marcha y que se han demostrado eficaces.

El Plan Aire elaborado por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, no es más que un documento de buenas intenciones, si rango legal, ni mecanismos eficaces, ni financiación, para que las CC AA y municipios adopten las medidas necesarias para reducir los niveles de contaminación. Los costes derivados de la contaminación atmosférica representan entre un 1,7% y un 4,7% del PIB español. Aunque los cambios necesarios en los modos de producción y en el transporte implican importantes inversiones, los beneficios se estima que superan entre 1,4 y 4,5 veces a los costes.

La legislación europea se mantiene muy alejada de los valores de concentración máxima recomendados por la OMS para ciertos contaminantes,

basados en las evidencias científicas de la relación entre contaminación atmosférica y salud. La Directiva 2008/50/CE renuncia a unos límites más estrictos (ya contemplados en directivas anteriores), que suponían una mayor protección de la salud de los europeos. En definitiva, para evitar que muchas zonas aparezcan como contaminadas, se recurre al maquillaje legal de fijar unos límites de contaminación considerablemente más laxos que los recomendados por la comunidad científica y la OMS para ciertos contaminantes, haciendo pasar como saludables niveles de contaminación que son nocivos para la salud (Ecologistas-en-Accion, 2013).

El transporte, por su naturaleza, se relaciona prácticamente con todos los sectores de la economía, moviliza los insumos y materias primas requeridas para la producción de bienes hasta los centros de consumo y actúa como un importante demandante de los productos y servicios de diversas ramas económicas. El derecho a la movilidad es inherente al modo de vida de la sociedad moderna, pero al mismo tiempo, la infraestructura del transporte y el propio movimiento de vehículos provocan impactos negativos al medio ambiente, en particular la contaminación del aire, agua y suelos, el efecto invernadero y afectaciones a la biota y a la calidad de vida por los entornos ruidosos, accidentes y la presencia de elementos ajenos al paisaje.

Hace medio siglo la Ciudad de México ya experimentaba problemas de alta concentración de contaminantes en la atmósfera y, de acuerdo con especialistas de la época, el mayor problema que generaban era la falta de visibilidad en el Valle (Páramo, 2014).

En México, en particular en la Zona Metropolitana del Valle de México, fue considerada durante la década de los ochenta como una de las regiones más contaminadas a nivel mundial. Antes de 1998, el plan de contingencia estaba creado para reducir ozono; sin embargo, en ese año las condiciones de sequía en el territorio mexicano provocaron un importante número de incendios forestales,

mismos que aportaron una gran cantidad de partículas suspendidas a la atmósfera del Valle de México. A partir de ello, se incorporaron medidas preventivas, de control y restrictivas enfocadas a partículas contaminantes al programa de contaminación ambiental atmosférica de la zona del valle de México (CCA, 2013).

La ciudad de México no es la única región del país que ha padecido altos niveles de partículas suspendidas: Guadalajara, durante el incendio del bosque la primavera en el año 2005, se dejaron alrededor de 8 mil hectáreas y toda la zona cubierta por una nube de humo y toda la zona fue cubierta por una espesa nube de humo (AMDC, 2015).

En la Región Lagunera, tanto del lado de Coahuila como de Durango se cuentan con estaciones de monitoreo de la calidad del aire. En el caso de la ciudad de Torreón las actividades de monitoreo atmosférico comenzaron en 1982 mediante el uso de cinco muestreadores de alto volumen y cuatro muestreadores tipo rack para gases. Estos equipos estuvieron en operación hasta mediados de 1992. El municipio de Torreón cuenta con cinco equipos manuales para PST y uno para PM₁₀; con dos estaciones móviles, estaciones automática para el registro de parámetros meteorológicos y el monitoreo de contaminantes criterio (PM₁₀, CO, O₃, SO₂ y NO₂). La administración y operación de la red está a cargo del gobierno municipal (SEMARNAT, 2014).

Desde la etapa preindustrial el sector del transporte ha contribuido con un 15% en las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera. Actualmente, el combustible que queman los diferentes medios vehiculares, es el principal factor que contribuye al cambio climático frente a otros sectores industriales, con un 16% del total de las emisiones, según un estudio del Centro Internacional del Clima y el Medio Ambiente de Oslo (Contreras, 2011).

De acuerdo con Naciones Unidas actualmente casi la mitad de la población mundial vive en áreas urbanas y se espera que a futuro se incremente el porcentaje de población con perfil urbano. Ello va a incrementar la demanda de energía para iluminación, transporte, procesos industriales y diferentes usos domésticos que afectarán la calidad del aire por emisiones a la atmósfera de dichas actividades. En el caso particular de la contaminación atmosférica, para muchas ciudades del mundo como Hong Kong, Delhi, Bangkok, Sao Paulo, Seúl y México, ésta, representa un serio problema para la salud de la población, deterioro de sus ecosistemas infraestructura y edificaciones (McGranahan y Murray, 2003)

3.2. Clasificación de los contaminantes atmosféricos

Los contaminantes atmosféricos se clasifican en primario y secundario.

Las primarias son aquellas producidas directamente por alguna fuente contaminante, permanecen en la atmosfera tal y como fueron emitido (como las partículas, monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), óxido de nitrógeno (NO_x), óxido de azufre (SO_x) y los hidrocarburos.

Los secundarios son los que han estado sujetos a cambios químicos o son el producto de reacciones de dos o más contaminantes primario en la atmósfera (como el ácido sulfúrico (H₂SO₄), ácido nítrico (HNO₃), el ozono (O₃), el smog fotoquímico y los compuestos orgánicos volátiles (COVS) (Muñoz *et al.*, 2007).

Las principales fuentes de contaminación atmosférica son las fuentes fijas, las móviles o las de área. Como elemento común entre las actividades que se realizan en cada uno de los tipos de fuente de emisión de contaminantes se encuentra el consumo de combustibles fósiles, que ha sido identificado como la mayor causa de la contaminación del aire en las principales ciudades del país (Valencia *et al.*, 2010).

3.3. Tipos de fuentes contaminantes

Existen muchas fuentes de emisión de contaminantes pero en las zonas urbanas son las fuentes móviles y las fuentes puntuales o fijas las que contribuyen al deterioro de la calidad del aire.

Las Fuentes Fijas. Son aquellas que como su nombre lo indica no tienen movimiento, permanecen en un solo lugar, lo que hace que los contaminantes arrojados de ellas, permanezcan mayor tiempo en la zona donde están plasmadas. Ejemplo de fuentes fijas son: chimeneas de empresas, las áreas de explotación minera o las carreteras destapadas, entre otros) (UNAD *et al.*, 2014).

Fuentes puntuales o Fijas. Derivadas de la generación de energía eléctrica y de actividades industriales como son: la química, textil, alimentaria, maderera, metalúrgica, metálica, manufacturera y procesadora de productos vegetales y animales, entre otras (UNAD y EPA, 2014).

Las emisiones derivadas de la combustión utilizada para la generación de energía o vapor, dependen de la calidad de los combustibles y de la eficiencia de los quemadores, mantenimiento del equipo y de la presencia de equipo de control al final del proceso (filtros, precipitadores y lavadores, entre otros). Los principales contaminantes asociados a la combustión son partículas (SO₂, NO_x, CO₂, CO e hidrocarburos).

Las Fuentes Móviles son todas aquellas que tienen desplazamiento continuo, lo que hace que sus contaminantes queden dispersos por donde hacen su recorrido. Ejemplo de fuentes móviles están: automóviles, buses, camiones, y motocicletas. A mayor concentración de fuentes móviles en un lugar, mayor será el grado de contaminantes arrojados al aire (Aire, 2013).

3.4 Fuentes móviles

Las fuentes móviles hacen parte de los grandes responsables del deterioro de la calidad del aire que presentan la mayoría de las grandes ciudades en el mundo(entre ellas la ZMVM), lo cual está estrechamente relacionado con el crecimiento y antigüedad de la flota vehicular y con la calidad de los combustibles utilizados (Schwela y Goelzer, 2013).

En la Zona Metropolitana del Valle de México este problema se ve agravado a un más por las condiciones del clima y la topografía local (OPS, 2005), que hacen que la dispersión de los contaminantes sea reducida y por tanto que la población esté más expuesta a la alta contaminación que presenta esta zona (Ferre - Carbonell y Escalante - Semerena, 2009).

Ejemplos de fuentes móviles son los aviones, helicópteros, ferrocarriles, tranvías, tracto camiones, autobuses, camiones, automóviles, motocicletas, embarcaciones, equipo y maquinarias no fijas con motores de combustión y similares, que por su operación generen o puedan generar emisiones contaminantes a la atmósfera. Si bien la definición de fuente móvil incluye prácticamente a todos los vehículos automotores, la NOM para fuentes fijas se refiere básicamente a las emisiones de automóviles y camiones. Los motores de los vehículos son los responsables de las emisiones de CO, de compuestos orgánicos volátiles, SO₂, y NO_x, producidos durante la combustión (Cárdenas - González et al., 2003).

3.5 Emisiones de las fuentes móviles.

El transporte es uno de los sectores de la economía que más contamina, de hecho como se dijo anteriormente, a nivel mundial constituye una de las fuentes de contaminación atmosférica más distintivas, favoreciendo esta afectación el tipo y calidad del combustible, edad, modelo y estado de motor, rigor y frecuencia del mantenimiento, entre otros factores.

Los agentes contaminantes procedentes de la combustión de carburantes convencionales pueden afectar el aire, el agua, el suelo, la vida animal y vegetal. Cuando tiene lugar la combustión, el hidrógeno y el carbón del combustible se combinan con el oxígeno del aire para producir calor, luz, dióxido de carbono (CO₂) y vapor de agua (proceso de combustión completa). Sin embargo, una incorrecta relación de la mezcla entre el aire y el combustible (que da lugar a una combustión incompleta), además de las impurezas de este, así como que las temperaturas de combustión demasiado elevadas o bajas, son causas de la formación de productos secundarios, tales como el monóxido de carbono (CO), óxidos de azufre (SO_x), óxidos de nitrógeno (NO_x), partículas, hidrocarburos no quemados (HC), plomo y otros.

Estas son las emisiones más importantes producidas por los motores de combustión interna. En las emisiones de GEI a nivel mundial, al transporte le corresponde el 13 % de incidencia, superado por la generación de la energía eléctrica, la que tiene una participación de un 26%. En la Tabla 1, se muestra el por ciento de contaminación global generada por las fuentes móviles en algunos países.

Cuadro 1 Contaminación total generada por el transporte de algunos países (Amareles - Contreras y Villaroel, 2011).

País	% de contaminación
EEUU	21
UE	14
Japón	6
Brasil	4
India	4
CEI	14
China	7
Otros países	30

Fuentes de área. Incluyen la generación de aquellas emisiones inherentes a actividades y procesos, tales como el consumo de solventes, limpieza de superficies y equipos, recubrimiento de superficies arquitectónicas, industriales, lavado en seco, artes gráficas, panaderías, distribución y almacenamiento de gas LP, principalmente. Esta fuente también incluye las emisiones de actividades como son: el tratamiento de aguas residuales, plantas de composteo, rellenos sanitarios, entre otros. En este tipo de emisión se encuentra un gran número de contaminantes, de muy variado nivel de impacto en la salud (SEMARNAT y I.N.E, 2010).

Fuentes naturales. Se refiere a la generación de emisiones producidas por volcanes, océanos, plantas, suspensión de suelos, emisiones por digestión anaerobia y aerobia de sistemas naturales. En particular a todo aquello emitido por la vegetación y la actividad microbiana en suelos y océanos, que se les denomina emisiones biogénicas, cuyo papel es importante en la química de la troposfera al participar directamente en la formación de ozono. Las emisiones biogénicas incluyen óxido de nitrógeno, hidrocarburos no metano génicos, metano, dióxido y monóxido de carbono y compuestos nitrogenados y azufrados (I.N.E, 2005).

3.6. Contaminación del aire

3.6.1 Definición

El aire puro es una mezcla gaseosa compuesta por nitrógeno (78), oxígeno (21%) y pequeñas cantidades de dióxidos de carbono, argón, ozono y trazas de otros gases (1%). Se entiende por contaminación de aire el cambio en el equilibrio de estos gases que altera las propiedades físicas y químicas del mismo (Lenntech *et al.*, 2013).

La contaminación del aire se puede definir como cualquier condición atmosférica en la que las sustancias presentes producen un efecto adverso

medible, en la salud del humano, los animales vegetales, o bien un daño físico en los materiales (edificaciones y monumentos) (Nevers, 1998).

3.7. Contaminación del aire por material particulado (PM10 y PM2.5)

El aire es un recurso natural que, así como sucede con muchos otros, recibe el embate de la contaminación generada por el hombre y también una aportación de la misma naturaleza. Esto quiere decir que además del hombre, también la naturaleza contribuye a que tengamos un aire con cierto nivel de contaminantes (Roberts *et al.*, 2001).

Las partículas pueden llegar a ser un elemento importante como factor contaminante en la atmósfera de una ciudad, una zona o sitio, pueden estar depositadas sobre el suelo aunque generalmente flotan en el aire. El hecho de flotar en el aire se favorece principalmente debido a su tamaño ya que son muy pequeñas tanto que para hablar de su medida se utiliza el término micrómetro o micra, unidad de longitud equivalente a la millonésima parte de un metro. Estas dimensiones las hacen ser sumamente ligeras, aspecto que se combina con su forma y con diversos factores de tipo climático entre los cuales está la temperatura del ambiente y los vientos (Echeverri-Londoño *et al.*, 2008).

El material particulado es un problema de contaminación caracterizado por su movilidad. Cuando no hay viento, las partículas pueden permanecer en el aire durante minutos u horas, en cambio, mientras haya viento constante podrían mantenerse durante de días o semanas viajando por diversos territorios dejando rastros de su presencia en diversos sitios distintos a donde fueron originalmente generadas. (Vicente y Silva, 2008).

3.7.1 Efectos de las partículas en el aire.

Los primeros efectos perceptibles de la contaminación por partículas son de naturaleza estética y no son necesariamente peligrosos, ejerciendo cuando menos, influencia nociva sobre el bienestar mental. Al incrementarse las concentraciones se presentan otros efectos como daños en la vegetación y deterioro de los materiales implicando un perjuicio económico, debido a la necesidad de su manutención y/o sustitución. Los efectos atmosféricos que producen dependerán de la altitud a la que se encuentren, las de baja altura disminuyen el flujo solar sobre el suelo, pero contribuyen a aumentar el efecto invernadero. A mayor altura, el efecto de barrera solar es preponderante, produciendo un enfriamiento de la baja atmósfera y un calentamiento en la estratosfera (Muñoz et al., 2007).

Casi cualquier actividad que realizamos como barrer, jugar fútbol, prender fuego, pulir y hasta soplar una flor resultan ser procesos productores de partículas suspendidas. Por otro lado muchas partículas son producto de reacciones químicas en la atmósfera. Por ejemplo, al quemarse combustibles que contienen azufre, se forma el dióxido de azufre, éste se transforma en partículas líquidas muy finas que son pequeñas gotas de ácido sulfúrico, que a su vez forman partículas sólidas de sulfato. Algo similar pasa con los óxidos de nitrógeno. Finalmente, pueden servir como núcleos de condensación de vapores con lo cual se producen micro gotas, en las que pueden ser transportados gases higroscópicos, aumentando su efecto agresor (Aldunate *et al.*, 2006).

3.7.2. Característica y composición de partículas suspendidas

Las partículas suspendidas forman una mezcla compleja de materiales sólidos y líquidos, que pueden variar significativamente en tamaño, forma y composición, dependiendo fundamentalmente de su origen. Su tamaño varía desde 0.005 hasta 100 μm de diámetro aerodinámico (da), esto es, desde unos

cuantos átomos hasta el grosor de un cabello humano. En términos de sus efectos potenciales para la salud y el medio ambiente, el conocimiento científico ha evolucionado notablemente. Hasta hace unos quince años, su estudio y la regulación ambiental se centraban en las partículas suspendidas totales (PST) que son aquéllas menores de 100 μm de diámetro aerodinámico. Posteriormente, la atención se empezó a centrar en las partículas menores de 10 μm , y hasta hace apenas unos años el foco de atención se comparte con las partículas finas y ultrafinas, es decir, las menores a 2.5 y 1 μm , respectivamente.

Así, las llamadas PM se pueden dividir, por su tamaño, en las fracciones gruesa, fina y ultrafina, la fracción gruesa está compuesta por partículas cuyo diámetro aerodinámico se encuentra entre 2.5 y 10 μm ($\text{PM}_{2.5, 10}$); la fina incluye partículas con diámetro aerodinámico menor a 2.5 μm ($\text{PM}_{2.5}$), y, finalmente, la fracción ultrafina se refiere a las partículas menores a 1 μm . El tamaño es el parámetro más importante de las partículas en términos de su comportamiento y, por lo tanto, de su distribución en la atmósfera. Esto se explica por el hecho que las partículas más pequeñas tienen el tamaño de las moléculas gaseosas grandes, por lo que presentan muchas de sus propiedades; en cambio, las partículas de mayor talla presentan las propiedades descritas por la física newtoniana de las pelotas y autos (Hinds, 1999).

Por ejemplo, las partículas finas tienen periodos de vida media en la atmósfera de días a semanas, viajan distancias de 100 km o más, y tienden a ser espacialmente homogéneas en áreas urbanas, por lo que sufren transformaciones, las cuales ocurren normalmente durante periodos de estancamiento atmosférico o durante el transporte a largas distancias. En cambio, las partículas gruesas generalmente se depositan más rápidamente, con una vida media en la atmósfera de sólo minutos u horas y, por ende, presentan mayor variabilidad espacial dentro de una misma región (Gómez, 1999).

Aunque la composición de las partículas varía en función de su origen y tamaño, están constituidas principalmente por metales, compuestos orgánicos, material de origen biológico, iones, gases reactivos y la estructura misma de la partícula, normalmente formada por carbón elemental. Las fracciones ultrafina y fina están formadas por una estructura básica de carbono, metales diversos, hidrocarburos y partículas secundarias. Estas últimas se forman por condensación de vapores a altas temperaturas de partículas existentes o a partir de reacciones químicas en la atmósfera entre óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, vapores y otras moléculas reactivas y se componen fundamentalmente de sulfato y nitrato de amonio y otros compuestos orgánicos (HEI, 2002). En contraste, la fracción gruesa la constituyen minerales insolubles y elementos como el calcio, potasio, sodio, sílice, manganeso y azufre, y también puede contener material biológico, como polen y esporas vegetales. Tanto en la fracción fina como en la gruesa se pueden encontrar especies viables, tales como virus y bacterias (Spengler y Wilson, 1996).

Cuadro 2. Características físicas de algunos tamaños de partículas.

	Fracción fina	Fracción gruesa
Estados físico	Gases	Sólido, gotas.
Mecanismo de formación	Reacción química, nucleación, Coagulación, evaporación de niebla y gotas en las que los gases se han disuelto y reaccionado.	Molienda, abrasión, evaporación de alero soles, suspensión de polvos.
Composición	iones sulfato, nitrato, amonio, hidrogeno, carbón elemental, compuesto, orgánico, metales.	Polvos resuspendidos, cenizas por la combustión de carbón o aceites óxidos metálicos (Si, Al, Ti, Fe), carbonato de calcio, sal, polen, esporas, fragmento de planta o animales y

		residuo de llanta.
Solubilidad	Principales solubles e higroscópicas.	Principalmente insolubles y no higroscópicas.
Fuentes de emisión	Combustión de carbón, aceite, gasolina, diésel, madera, transformación atmosférica de Nox, So2 y compuesto orgánico incluyendo especies biogénica, procesos a altas temperatura, etc.	Resuspensión de polvo industrial y suelo de caminos, fuentes biológicas, construcción y demolición, combustión de carbón y aceite brisas marina.
Periodo de vida media	De días semanas.	De minutos a horas.
Distancia recorrida	Cientos a miles de kilómetros.	Menos de 10 kilómetros.

3.7.3. Efectos de las partículas en la salud

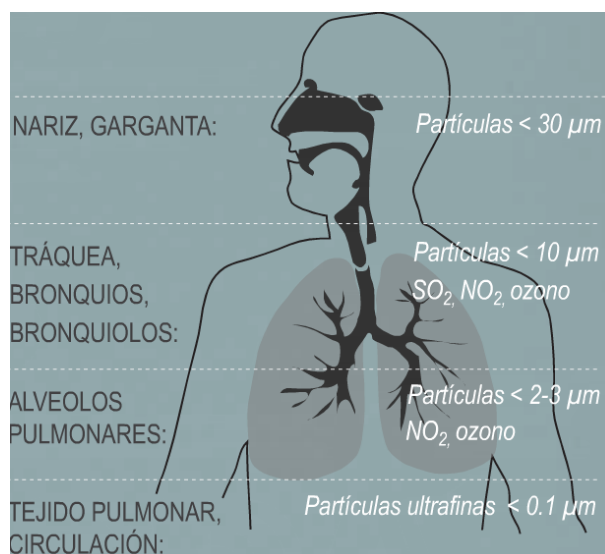
Para conocer la relación existente entre la exposición a un agente o condición y algún efecto en el organismo existen diversos tipos de estudios. Entre ellos, destacan los estudios toxicológicos que involucran la evaluación de la relación dosis-respuesta de un organismo determinado en condiciones controladas, exponiendo las diferentes dosis del agente analizado.

Si bien estos estudios tienen mayor utilidad para determinar los efectos de exposiciones agudas, pueden servir también para determinar efectos causados por exposiciones crónicas al agente. En general, estas evaluaciones generalmente se realizan con animales de laboratorio, aunque bajo ciertas condiciones también permiten pruebas con seres humanos (Molina y Molina, 2002).

El camino que deben de recorrer las partículas de polvo para poder penetrar en el organismo es el siguiente:

- **Nariz:** Es el primer filtro en el que el aire es calentado, humedecido y parcialmente desprovisto de partículas por impacto en las fosas nasales y sedimentación. Son eliminadas por estornudos, mucosidades, etc.
- **Faringe y Laringe:** Aquí las partículas retenidas pueden ser expulsadas por vía salivar o vía esofágica.
- **Árbol traqueo bronquial:** Aquí las partículas por fenómenos similares a los anteriores son expulsadas al exterior por los cilios que tiene este aparato.
- **Alvéolos:** Las partículas que han alcanzado la región alveolar, se depositan en las paredes, tanto por fenómenos de difusión como sedimentación. El mecanismo de expulsión es muy lento y sólo parcialmente conocido quedando la mayor parte de las partículas retenidas en las paredes alveolares.

Figura 1 Efectos de las Partículas suspendidas, el sistema respiratorio, que por su tamaño, causan daño a la salud.



Las personas con enfermedades cardíacas o pulmonares, los adultos mayores y los niños son considerados los grupos de mayor riesgo por la exposición a partículas, especialmente cuando se realiza una actividad física. El ejercicio y la actividad física hacen que la persona respire más rápido y más profundamente y entren más partículas en los pulmones (CSPSRM, 2003).

La OMS muestra que los óxidos de nitrógeno y los dióxidos de azufre afectan la salud de modo significativo, en tanto que se ha determinado de modo cuantificable que el material particulado y el ozono (O₃) están relacionados con la mortalidad. Existe un aumento aproximado del 6 por ciento en la mortalidad por cada aumento de 10 µg/m³ en MP 2,5 y un aumento del 3 al 5 por ciento en mortalidad para cada aumento de 60 µg/m³ en el O₃ (OMS, 2006).

También se han atribuido efectos en la salud a las partículas secundarias, compuestas por sulfatos de amonio, nitratos de amonio y compuestos orgánicos secundarios, y producidas en la atmósfera por reacción de los gases y las partículas primarias con compuestos orgánicos reactivos (HEI, 2002).

En muchas ciudades de América Latina la contaminación del aire es un problema importante de salud pública. La exposición a los contaminantes del aire de la población, que habitualmente se encuentran en las grandes ciudades, está asociada a un mayor riesgo de mortalidad y morbilidad por enfermedades respiratorias y cardiovasculares. Según la Organización Mundial de la Salud, la exposición a las partículas y al O₃ supone graves riesgos para la salud en muchas ciudades de los países desarrollados y en desarrollo. Es posible establecer una relación entre el nivel de contaminación y parámetros como la mortalidad o la morbilidad (OMS, 2011).

3.8. Las partículas suspendidas: contaminantes atmosféricos

Las partículas constituyen una mezcla de muchas clases de contaminantes, producto de una gran cantidad de procesos naturales y antropogénicos. El riesgo que constituyen para la salud puede estar asociado con sus múltiples características físicas y químicas, como son su número, tamaño, forma, composición química y concentración.

El origen de este contaminante incluye procesos de combustión en vehículos, principalmente aquellos que usan diesel, industrias de fundición, pinturas, cerámica y plantas productoras de energía. La erosión, las tolvaneras y los incendios forestales constituyen también una fuente natural de partículas en el aire (Mujica et al. 1996).

Una clasificación frecuente para las partículas suspendidas se basa en su tamaño, que se mide en términos de su diámetro aerodinámico. De esta forma, las partículas suspendidas totales (PST) tienen un diámetro que va de 0.001 a alrededor de 100 micrómetros (μm) (Romieu y Borjas-Aburto, 1997). Las que miden menos de $10\mu\text{m}$ (PM), se conocen como fracción inhalable; una vez dentro del árbol respiratorio, dependiendo de sus propiedades específicas, se depositan en diferentes sitios, como fosas nasales, laringe, tráquea, bronquios, bronquiólos y sacos alveolares del pulmón (Rojas-Brachos y Garibay-Bravo, 2003). Dentro de la fracción inhalable, se encuentran la fracción gruesa, que incluye las partículas con diámetros de entre 2.5 y $10\mu\text{m}$ (PM₁₀) y se sedimentan o depositan en vías respiratorias superiores; la fracción fina, compuesta por partículas menores a $2.5\mu\text{m}$ (PM_{2.5}), conocidas también como fracción respirable, porque puede penetrar hasta vías respiratorias inferiores. En los últimos años se ha dado mayor atención a partículas con tamaño menor a un μm de diámetro, que se conocen como fracción ultrafina y a las que se parece atribuírseles un mayor potencial de daño (EPA, 2002).

Los principales componentes de las partículas son los metales (plomo, hierro, vanadio, níquel, cobre, platino y otros), compuestos orgánicos, material de origen biológico (virus, bacterias, restos de animales y plantas, tales como fragmentos de polen), iones (sulfatos, nitrato y acidez) y gases reactivos (ozono, peróxidos y aldehídos), y su núcleo se forma frecuentemente de carbono elemental puro (EPA, 1999).

En América Latina se han desarrollado diferentes estudios para evaluar el efecto de la contaminación en la salud. Estos incluyen estudios de mortalidad y estudios sobre los efectos de las partículas suspendidas en los síntomas y funciones respiratorias entre niños y adultos. En Brasil, Chile y México se han realizado estudios sobre los efectos de la contaminación por partículas suspendidas totales sobre la mortalidad. En Sao Paulo se relacionó un aumento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la concentración de partículas respirables con un aumento de 3% en la mortalidad diaria de adultos mayores de 65 años. En Chile, se reportó un aumento de 0.8% (IC95%: 0.6-1.2%) en la mortalidad diaria debido a un aumento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la concentración de partículas respirables (Ostro et al., 1999).

En México, se observó un aumento de 0.5% (IC95%: 0.3-0.7%) de la mortalidad diaria por un aumento similar en la concentración de las partículas suspendidas totales diarias (Borja-Aburto et al., 1997). Estos resultados concuerdan con estudios similares realizados en otros lugares del mundo (Pope et al., 1995).

El notable deterioro de la calidad del aire en Bogotá (y su directa relación con problemas de salud respiratoria y cardiaca) ha generado una creciente preocupación por parte de autoridades ambientales y de salud pública de la ciudad. A pesar de los esfuerzos realizados en años recientes, el problema de contaminación atmosférica es cada vez más severo. Esta situación se explica, en parte, por el acelerado crecimiento económico que se ha presentado en Bogotá. Dicho crecimiento se ve manifestado en una mayor demanda de energía así como

en un acelerado consumo de combustibles fósiles. Las medidas de control de la contaminación que han sido implementadas hasta el momento se han visto opacadas por el incremento en las emisiones que resultan del crecimiento económico de la ciudad (Gaitán et al., 2007).

3.9. Ciudad de México, Monterrey y Mexicali, entre las más contaminadas del mundo

El valle de México, Monterrey, y Mexicali, sin las principales ciudades mexicana que se encuentran entre las urbes con mayores concentraciones de contaminante en el mundo, revelan los índices internacional de contaminantes en el aire. Esto evidencia la verdadera calidad del aire que están respirando los mexicanos y que pone sistemáticamente en riesgo a la salud, señalo la organización civil (El poder del consumidor). En el caso de las partículas menores de 2.5 (PM2.5), las más nocivas para las salud, las ciudades mexicanas de Mexicali, Monterrey y la zonas Metropolitana del valle de México se ubica entre las primas 20 ciudades con mayores concentraciones, ocupando las posiciones 4,18 y 20 ciudades con mayores concentraciones, ocupando 4, 18,20, respectivamente, seguidas por Guadalajara en la posición 28, de un total de 565 ciudades que miden este contaminante.

En el caso de las partículas de 3 a 10 micras, donde las ciudades mexicanas están en 16% más alto, con Mexicali (en lugar 34), Tecate (el 88), monterrey (115), ciudad Juárez (122), Toluca (134), Tijuana (156), salamanca (175), León (178) y el valle de México (182) (Político, 2012).

Al nivel país, México se ubica en el tercio superior, ocupado la posición 13 en concentraciones de Pm2.5, de un total de 38 países, y en lugar 31 en concentraciones de PM10, de un total de 91 países.

3.10. Monterrey, la zona industrial más contaminada de México

Monterrey y su zona metropolitana son la región industrial más contaminada del país. Pese a ello, autoridades de los tres niveles de gobierno dejaron de monitorear el índice de partículas suspendidas en el aire, tanto de emisiones tóxicas como de metales pesados, generados por empresas de fundición de acero como Hylsa e IMSA, cementeras como Cemex, lo mismo que industrias químicas como Pyosa y LTH, entre otras.

La gravedad de la contaminación atmosférica en esta capital se refleja en cifras de la Secretaría de Salud, según las cuales en Monterrey se detectan cada año 9 mil nuevos casos de cáncer en menores de 14 años, y de 2001 a la fecha la tasa de mortalidad por ese mal entre personas del mismo rango de edad se incrementó de 215 a 400 muertes por año (Valadez - Rodriguez, 2006).

3.11. La contaminación atmosférica sigue siendo una amenaza para la salud pública.

En un estudio publicado en *The Lancet* (Kunzli et al., 200) se ha demostrado que, sólo en tres países europeos, entre 19.000 y 44.000 personas fallecen cada año por causa de los efectos de la contaminación atmosférica, lo que supone un coste de alrededor de 50.000 millones de euros al año (Sommer et al., 2000).

Esta contaminación también favorece la aparición de ataques de asma, bronquitis, ataques al corazón y otras enfermedades pulmonares y cardiovasculares crónicas; además perjudica al desarrollo de la capacidad pulmonar de los niños.

La contaminación atmosférica, por tanto, sigue siendo una amenaza para la salud pública en Europa a pesar de las normativas cada vez más severas en

materia de emisiones, el mayor control de los niveles de contaminación atmosférica y los niveles decrecientes de determinados contaminantes atmosféricos.

Dada esta situación, el programa APHEIS ha sido diseñado para proporcionar a los responsables de la toma de decisiones, a los profesionales de la salud ambiental y, en general, a todos los ciudadanos europeos información más completa, actualizada y sencilla sobre contaminación atmosférica y su impacto en la salud pública. Esto ayudará a que las decisiones que adopten cada uno de estos colectivos en este ámbito estén fundamentadas (Medina y Plasencia, 1997).

3.12. México, 2º país de AL con más muertes por contaminación

100 Millones persona expuestas a niveles de contaminación del aire por encima de los recomendados por (OMS). Los promedios de concentración de ozono- gas que afecta al sistema respiratorio en México rebasan hasta en un 150% los niveles permitidos por OMS (OMS, 2013).

14 Mil decesos al año tienen lugar en México debido a la contaminación del aire. Brasil lidera la lista de los nueve países latinoamericanos con mayor cantidad de muertes en este rubro. En tercer lugar se encuentra Argentina, con una cifra muy cercana a la de México.

13.4 millones de muerte prematuras y atribuibles a la contaminación del aire ambiental tuvieron lugar en el año 2008, de acuerdo con un informe de la OMS publicado en 2011.

Los efectos de incremento en inflamación de las vías aéreas, problemas inmunológicos y cardiovasculares mortalidad prematura, bajo peso en los recién nacidos, enfermedades pulmonares. 434 millones de años de vida se han perdido

en nueve países de América Latina debido a la mortalidad prematura, derivada de la contaminación del aire en esos Países (Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, México, Perú, Uruguay, Venezuela (Air, 2013).

La contaminación del aire daña la salud de la población expuesta, lo que genera altos costos en el sistema de salud y reduce la productividad de los trabajadores. Dichos impactos limitan la competitividad de las ciudades, pues afecta la calidad de vida de los ciudadanos, ahuyenta al talento y, por tanto, puede incluso limitar la llegada de nuevas inversiones.

El Instituto Mexicano para la Competitividad A.C. (IMCO) desarrolló una calculadora para identificar los daños en salud provocados por partículas de 10 micras (PM10) y cuantificar los impactos económicos que se derivan de los mismos. Esta herramienta busca generar, con base en evidencia sólida, información útil para impulsar políticas públicas más efectivas con el fin de mejorar la calidad del aire en las ciudades mexicanas.

Esta herramienta es única en su tipo pues relaciona los daños en salud con sus costos asociados. Además, analiza todas las ciudades de México con más de 500,000 habitantes, 34 ciudades, presentando resultados desagregados para cada una de ellas.

El indicador de contaminación en este estudio son las partículas de 10 micras (PM10). Sólo 12 ciudades de la muestra reportaron concentraciones de partículas para 2010: Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), Guadalajara, Monterrey, Puebla, Toluca, Tijuana, León, Mexicali, Cuernavaca, Chihuahua, Celaya e Irapuato. El resto de las concentraciones tuvieron que ser estimadas, haciendo un promedio simple de las concentraciones observadas agrupando a las ciudades en dos grupos según el tamaño de la población. En esta gráfica sólo se toma el promedio de las concentraciones de las ciudades que si reportaron datos (IMCO, 2011)

Figura 2 Concentración de partículas de tamaño de 10 micras por metro cubico, comparativo entre México y la OMS

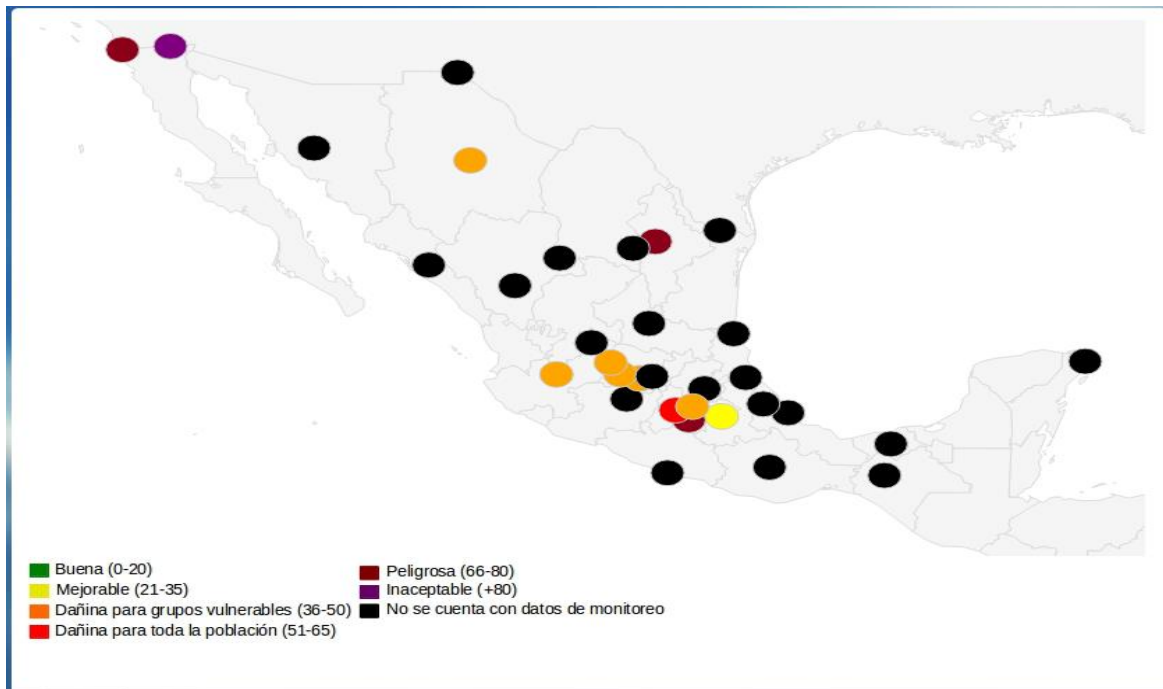
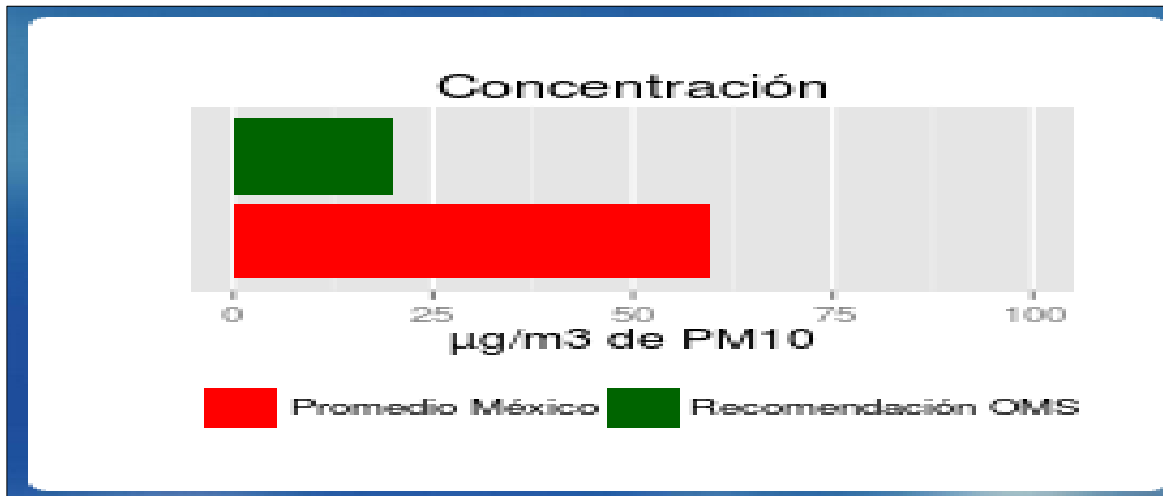


Figura 3 Representa la calidad del aire que se respira, en varias ciudades de república mexicana.

Conforme al Cuarto Almanaque de Datos y Tendencias de la Calidad del Aire en 20 ciudades mexicanas (período 2000-2009) del instituto nacional de ecología y cambio climático (INECC), la exposición a la contaminación atmosférica

en México provocó 38 mil muertes por cáncer de pulmón, enfermedades cardiopulmonares e infecciones respiratorias del 2001 al 2005, donde más del 50% de estas muertes ocurrieron en el Valle de México, Guadalajara, Monterrey, Puebla y Toluca. La contaminación atmosférica representó los mayores costos ambientales en el 2009 con el 4.4 % del Producto Interno Bruto (PIB).

3.13. Normas de control de emisiones para vehículos nuevos

Para continuar avanzando en la reducción de la contaminación del aire se requiere una estrategia integral, con metas a corto, mediano y largo plazo. Para ello es necesario diseñar una política integral de transporte cuyos componentes principales sean la introducción de tecnologías más limpias y la disponibilidad de mejores combustibles.

El primer paso para contar con tecnologías de baja emisión es establecer su adopción a través de las normas oficiales mexicanas que regulan a los vehículos nuevos (NOM 042 y NOM 044). Estas buscan establecer límites máximos de emisiones de hidrocarburos totales, hidrocarburos no metano, óxidos de nitrógeno, partículas suspendidas, compuestos orgánicos volátiles y monóxido de carbono provenientes de vehículos ligeros, pesados y nuevos, respectivamente. La NOM 042 contempla a los vehículos que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y Diesel; mientras que la NOM 044 considera solamente a aquellos que utilizan Diesel como combustible.

Ambas normas requieren revisión y actualización; la NOM 042 debería buscar empatarse con el nivel de exigencia TIER 2, sin embargo, hasta el momento la NOM 044 es la única que se encuentra en proceso de modificación, y se espera se actualice a los estándares más estrictos hasta el momento, EPA10 y EURO VI, ya que desde julio de 2008 el binomio tecnológico vigente es EPA04/EUROIV.

3.13.1 Normas de calidad de combustibles

La NOM-086 establece las especificaciones de los combustibles fósiles para la protección ambiental, reflejando la importancia de mejorar los combustibles fósiles líquidos y gaseosos para poder incluir sistemas más avanzados de control de emisiones en los vehículos y así poder reducir las emisiones de contaminantes que alteran la calidad del aire en México (DOF, 2006).

Producir los combustibles con las especificaciones señaladas en la NOM 086 vigente implica diversas adecuaciones en el sistema de refinación de PEMEX, con un costo estimado en casi 4.7 mil millones de dólares. Se calculó que la entrada de esos combustibles a partir de 2009, asociada a la mejora de los motores vehiculares, tendría como consecuencia beneficios económicos cercanos a 11,400 millones de dólares.

Puede verse que los beneficios de la norma superan por 2.4 a 1 los costos de producir y distribuir estos combustibles.

3.13.2 Normas Oficiales Mexicanas para Fuentes móviles

- ✓ NOM-041-SEMARNAT-2006. Establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible (NOM, 041).
- ✓ NOM-042-SEMARNAT-2005. Establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales o no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas provenientes del escape de los vehículos automotores nuevos cuyo peso bruto vehicular no exceda los 3,857 kilogramos, que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural o Diésel; así como de las emisiones de hidrocarburos evaporativos

provenientes del sistema de combustible de dichos vehículos. Publicada en el DOF (Diario Oficial de la Federación) en septiembre de 2005. Vigente.

- ✓ NOM-043- SEMARNAT -1993. Establece los niveles máximos permisibles de emisiones a la atmosfera de partículas sólida provenientes de fuentes fijas
- ✓ NOM-044-SEMARNAT-1993. Establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas suspendidas totales y opacidad de humo proveniente del escape de motores nuevos que usan Diésel como combustible y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor de 3,857 kilogramos. En el PNN, para modificar.
- ✓ NOM-045-SEMARNAT-2006. Protección ambiental. Vehículos en circulación que usan Diésel como combustible. Límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición. Publicada en el DOF en septiembre de 2007. Revisión quinquenal. En el PNN 2012, para modificar.
- ✓ NOM-047-SEMARNAT-1999. Establece las características del equipo y el procedimiento de medición para la verificación de los límites de emisión de contaminantes, provenientes de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos. En el PNN 2012, para modificar.
- ✓ NOM-048-SEMARNAT-1993. Establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono y humo, provenientes del escape de las motocicletas en circulación que utilizan gasolina o mezcla de gasolina-aceite como combustible. Revisión quinquenal 2012.
- ✓ NOM-049-SEMARNAT-1993. Establece las características del equipo y el procedimiento de medición, para la verificación de los niveles de emisión de

gases contaminantes, provenientes de las motocicletas en circulación que usan gasolina o mezcla de gasolina aceite como combustible. Revisión quinquenal 2012.

- ✓ NOM-050-SEMARNAT-1993. Establece los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos como combustible. Revisión quinquenal 2012. En el PNN, para modificar.
- ✓ NOM-076-SEMARNAT-1995. Establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno provenientes del escape, así como de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible, que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y otros combustibles alternos y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor de 3,857 kilogramos nuevos en planta. Revisión quinquenal 2012. En el PNN, para modificar.
- ✓ NOM-077-SEMARNAT-1995. Establece el procedimiento de medición para la verificación de los niveles de emisión de la opacidad del humo proveniente del escape de los vehículos automotores en circulación que usan Diesel como combustible. Revisión quinquenal 2012.

3.13.3 Normas para el monitoreo de la calidad del aire

- ✓ NOM-034-SEMARNAT-1993. Establece los métodos de medición para determinar la concentración de monóxido de carbono en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición. Revisión quinquenal 2012.

- ✓ NOM-035-SEMARNAT-1993. 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. Revisión quinquenal 2012.
- ✓ NOM-036-SEMARNAT-1993. Establece los métodos de medición para determinar la concentración de ozono en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición. Revisión quinquenal 2012.
- ✓ NOM-037-SEMARNAT-1993. Establece los métodos de medición para determinar la concentración de bióxido de nitrógeno en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición. Revisión quinquenal 2012.
- ✓ NOM-038-SEMARNAT-1993. Establece los métodos de medición para determinar la concentración de bióxido de azufre en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición. Revisión quinquenal 2012.
- ✓ NOM-156-SEMARNAT-2012. Norma relacionada con el establecimiento y operación de sistemas de monitoreo de la calidad del aire. Publicada en el DOF en julio 2012.

3.13.4 Revisión y actualización del marco normativo

Reforzamiento de la NOM 163. Es necesario iniciar los trabajos de actualización de dicha norma para el periodo 2017-2025. Los objetivos no sólo deben ser más ambiciosos sino que su estructura debe revisarse; es necesario analizar si debe continuar con dos objetivos diferentes (para vehículos de pasajeros y camionetas ligeras) y si los umbrales definidos para la “sombra” de los vehículos son correctos.

La NOM 163 busca regular los gases de CO₂ emitidos por el escape, pero hay que extender la regulación a diversos gases de GEI, como los emitidos por el aire acondicionado o por otras emisiones fugitivas del auto. Algo de suma importancia para los propios objetivos a 2016 es revisar la imposición de multas a las armadoras que no cumplan y que dichas sanciones estén en función de las emisiones por vehículo vendido por arriba de la norma, como lo hace el estándar de Estados Unidos. Un instrumento de flexibilidad importante que permitirá a las armadoras reducir el costo de cumplimiento es mediante la creación del marco legal para un mercado de emisiones entre ellas u otros sectores.

Es necesario publicar la norma de eficiencia de vehículos pesados. En promedio, este tipo de vehículos en el país tienen una eficiencia menor a 4 km/l y recorren anualmente más de 100 mil kilómetros. En particular, las empresas pequeñas de autotransporte pesado conocidas como hombres-camión, con menos de cuatro vehículos pesados por empresa, representan 42% del total de compañías del país y tienen una edad promedio mayor a 13 años. Aunque en primera instancia una norma de eficiencia incidiría solo en la flota de vehículos nuevos, su impacto puede apuntarse con la evaluación y mejora del programa de chatarrización de la SCT; el cual debe evaluarse para poder incidir de mejor manera en el cambio de la flota a través de criterios claros que busquen dar opciones a los dueños al adquirir vehículos nuevos a la vez que sacan de circulación a vehículos pesados que por su edad, condiciones físico-mecánicas y emisiones contaminantes, dañan a la sociedad. Con el mejoramiento del programa de chatarrización y un esquema de incentivos en los vehículos pesados, es posible crear una estrategia de reducción de emisiones en este sector del autotransporte que en el largo plazo pueda hacerlo autofinanciable.

IV MATERIALES Y METODOS

4.1. Área de estudio

El presente trabajo de investigación, se llevó a cabo durante el ciclo de verano del año 2014, en el área de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN-UL). Que se encuentra ubicado en las coordenadas geográficas 103° 25' 57" de Longitud Oeste en el Meridiano de Greenwich y 25° 31' 11" de Latitud Norte con una altura de 1123 msnm (CNA, 2002).

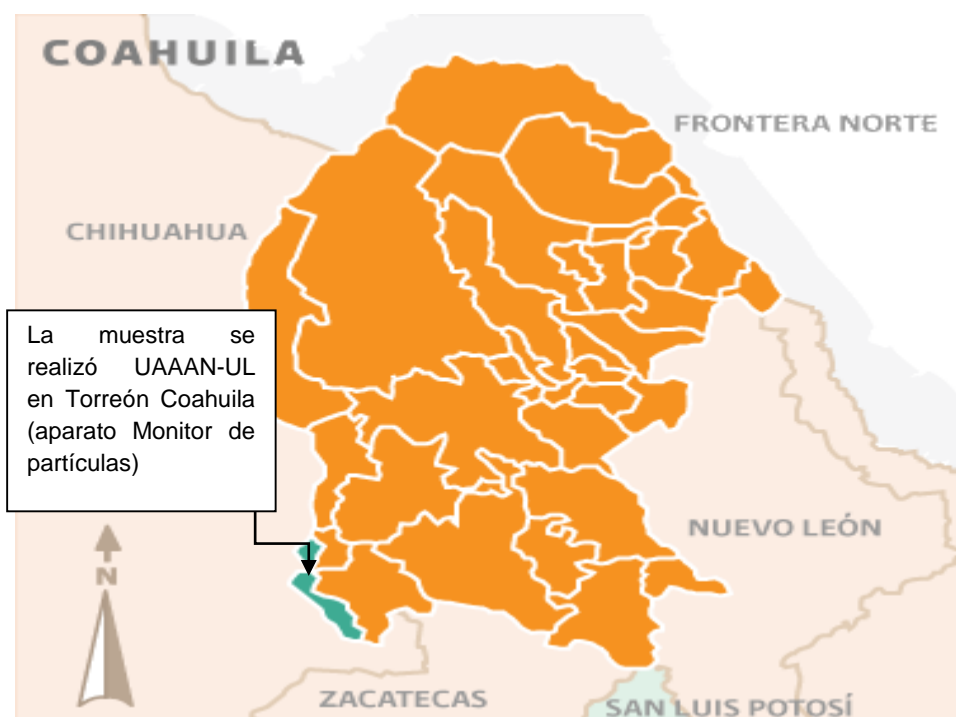


Figura 4 Ubicación del área donde se llevó a cabo el muestro de partículas suspendidas en el aire.

4.2. Clima

De acuerdo a la clasificación climática de Köppen modificada por García (1973), el clima de la Comarca Lagunera es de tipo desértico con escasa humedad atmosférica y precipitación pluvial promedio de 240 mm anuales; el periodo de lluvia comprende de mayo a septiembre donde ocurre 70% de la precipitación. En la mayor parte de la región se tiene una evaporación anual de 2 600 mm y una temperatura media anual de 20 °C (CNA, 2005).

4.3. Materiales utilizados

Las muestras se recolectaran por medio de un equipo denominado aparato Monitor de partículas, Modelo, GT-521 Marca MetOneInstrument, la medición de la concentración de las partículas suspendidas totales se llevó a cabo en la azotea del laboratorio de suelos, por un tiempo de 8 horas al día, en un periodo de 8 días, en el mes de junio, registrando las concentraciones de las partículas.

4.4. Procesamiento de Datos.

Los datos que se obtuvieron se analizaran mediante el método estadístico media, moda y varianza, así como la desviación estándar, lo anterior con la finalidad de conocer la concentración del contaminante en el periodo arriba señalado y compararlo con la normatividad aplicable.

V RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los siguientes cuadros se presentan los resultados de los días muestreados, las muestras se tomaron en un periodo de 8 de la mañana a las 21 horas, durante un periodo de 8 días.

Los tamaños de partículas muestreadas fueron los tamaños de 3 y 5 micras (μ) de diámetro. Los resultados se muestran en unidades de microgramos por metro cúbico.

Cuadro 3. Hoja de registro del muestreo del día 10 de junio 2014

Lectura	Hora	Tamaño de partícula	Lectura	Unidades $\mu\text{gr}/\text{m}^3$	Dirección de viento	Velocidad de viento
1	08:26	3 micras	2965730	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	NE	1.7
		5 micras	363390			
2	09:26	3 micras	3181020	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	NE	1.8
		5 micras	447190			
3	10:26					
4	11:26	3 micras	2139350	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	NE	2
		5 micras	245080			
5	12:26	3micras	1890370	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	SE	1.4
		5micras	191250			
6	13:26	3micras	1847230	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	E	2.1
		5micras	182090			
7	17:26	3micras	882230	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	NE	2.3
		5micras	121930			
8	18:26	3micras	949830	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	ENE	3
		5micras	131380			
9	19:26	3micras	1115600	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	ENE	2
		5micras	177320			
10	20:26	3micras	1128530	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	E	2.7
		5micras	165810			
11	21:26	3 micras	1088260	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	E	3.2
		5 micras	160550			

La siguiente grafica nos representa concentracion de particulas, la mayor concentracion encontrada, fue para el tamaño de particula de 3μ las 08:26 a.m. aumentando paulatinamente y a las 09:26: a.m.se encontro una concentracion mas alta,para el medio dia,la concentracion empezó a disminuir.Para las paritucas de 5μ ,estas se comportaron de manera uniforme con una menor concentracion, durante el periodo de muestreo.

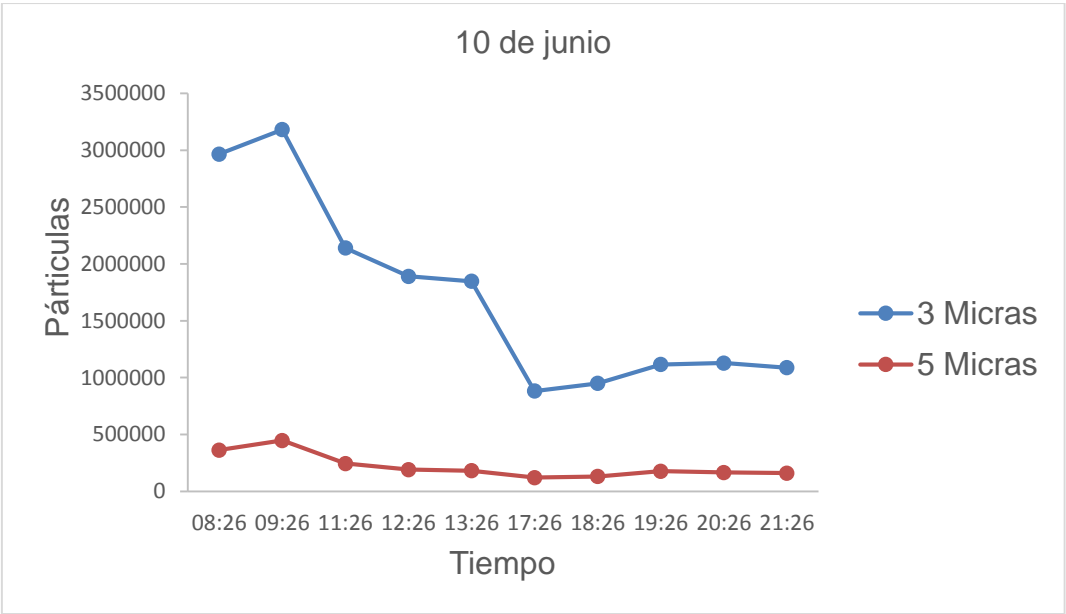


Figura 5 Concentraciones de particula de diametros de 3μ y 5μ .

Esta grafica representa las concentraciones de particula de diametros de 3μ y 5μ durante el dia 10 de junio del año 2014, como parte de la evaluacion de particulas suspendidas en el aire ambiente de la UAAAN-UL.

Lectura	Hora	Tamaño de partícula	Lectura	Unidades	Dirección de viento	Velocidad de viento
1	08:26	3micras	2448010	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	ENE	1
		5micras	256110			
2	09:26	3micras	2534180	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	E	1.7
		5micras	317670			
3	10:26	3micras	1693730	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	E	2.3
		5micras	176610			
4	11:26	3micras	1632990	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	E	1.6
		5micras	171760			
5	12:26	3micras	1628770	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	SE	2.3
		5micras	162950			
6	13:26	3micras	1420230	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	ESE	1.8
		5micras	150100			
7	17:26					
8	18:00	3micras	886470	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	NNE	1.5
		5micras	114330			
9	19:00	3micras	869450	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	NNW	1.4
		5micras	129020			

Cuadro 4. Hoja de registro del muestreo del día 11 de junio 2014

En esta gráfica observamos las diferentes concentraciones de partículas que se encuentra en el aire, de acuerdo a las horas de muestra donde las concentraciones son de 3μ aumentó a las 09:00 am, donde después fue disminuyendo hasta tener una menor concentración de partículas en el aire. En cuanto a las partículas de 5μ , representa una baja concentración alrededor de las 08:00 am y sufre un incremento en la concentración a las 09:00 am. Posteriormente su comportamiento es uniforme a lo largo del día

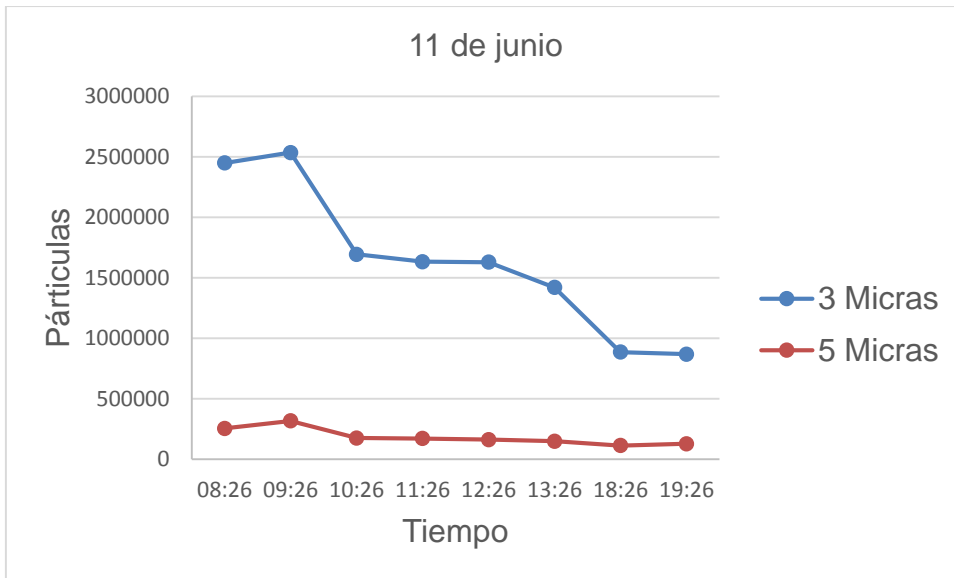


Figura 6 Concentraciones de particulas suspendidas.

Representa las concentraciones de particula de 3 μ y 5 μ durante el dia 11 de junio del año 2014, como parte de la evaluacion de particulas suspendidas en el aire ambiente en las instalaciones de la UAAAN-UL.

Cuadro 5. Hoja de registro del muestreo del día 12 de junio 2014

Lectura	Hora	Tamaño de partícula	Lectura	Unidades	Dirección de viento	Velocidad de viento
1	08:26	3micras	3311630	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	NE	1.3
		5micras	562170			
2	09:26	3micras	1806540	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	NE	1.1
		5micras	300060			
3	10:26	3micras	1861970	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	SE	1
		5micras	272590			
4	11:26	3micras	1766640	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	N	1.4
		5micras	211190			
5	12:26	3micras	1755040	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	SE	1.2
		5micras	211730			
6	13:26	3micras	1485590	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	NNE	2.1
		5micras	163660			
7	17:26	3micras	1208730	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	NE	1.6
		5micras	148410			
8	18:26	3micras	965070	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	ENE	0.8
		5micras	117900			
9	19:26	3micras	982560	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	0	0
		5micras	132620			
10	20:26	3micras	1328600	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	0	0
		5micras	255380			
11	21:26	3micras	1474600	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	NW	0.5
		5micras	366370			

Con respecto a la tabla mostrada anteriormente en la siguiente grafica se representan las concentraciones de partículas de tamaño de 3μ y 5μ , donde se puede observar que la concentración más elevada de las partículas de diámetro de 3μ , se registró en la toma de muestra de las 08:26 am, en el transcurso de las horas, estas concentraciones empezaron a disminuir. En cuanto a las partículas de 5μ , se tiene una menor concentración en al aire, a lo largo de todo el tiempo que duro el muestreo.

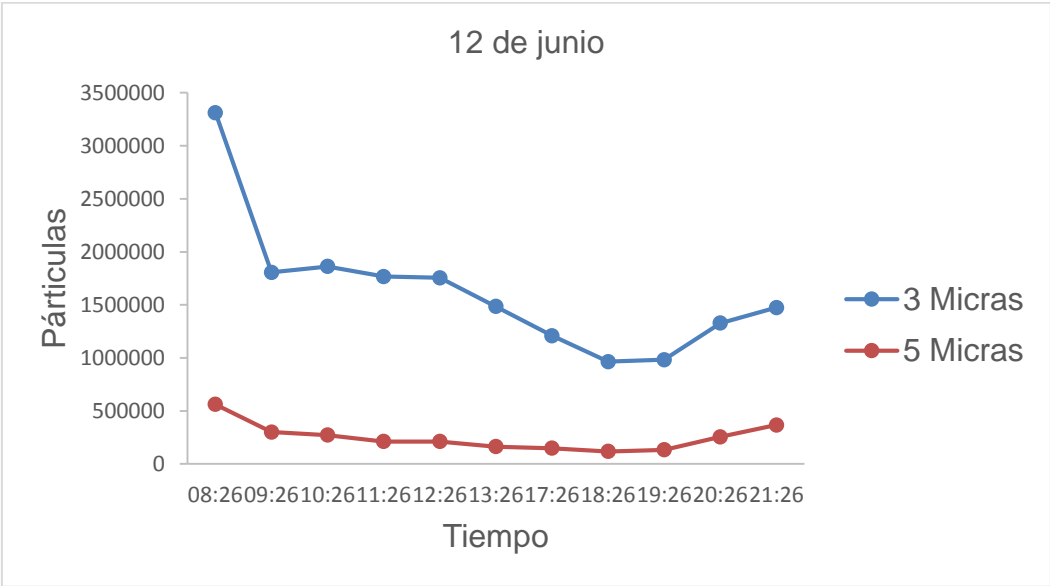


Figura 7 concentraciones de partícula 3μ y 5μ durante el dia 12 de junio del 2014.

Cuadro 6. Hoja de registro del muestreo del día 13 de junio 2014

Lectura	Hora	Tamaño de partícula	Lectura	Unidades	Dirección de viento	velocidad de viento
1	08:00	3micras	2857160	μgr/m ³	NNW	1.2
		5micras	599860			
2	09:00	3micras	3488970	μgr/m ³	ENE	2.3
		5micras	771030			
3	10:00	3micras	4004690	μgr/m ³	E	1.8
		5micras	1008380			
4	11:00	3micras	1883210	μgr/m ³	E	2.3
		5micras	288000			
5	12:00	3micras	1710180	μgr/m ³	NNE	2.2
		5micras	233260			
6	13:00	3micras	1706280	μgr/m ³	E	1.7
		5micras	208270			
7	17:00	3micras	1484220	μgr/m ³	SW	2.2
		5micras	165020			
8	18:00	3micras	1067030	μgr/m ³	SW	2.6
		5micras	117970			
9	19:00	3micras	1693580	μgr/m ³	SW	2.1
		5micras	680220			
10	20:00	3micras	1427720	μgr/m ³	N	3.9
		5micras	305070			
11	21:00	3micras	1390560	μgr/m ³	NNW	2.8
		5micras	221970			

La grafica que a continuación se muestra nos representa la muestra de partículas de 3μ y de 5μ donde la concentración de partículas más alta se registró a las 10:00 am con una lectura de $3\mu = 4004690$ y de $5\mu = 1008380$.

Esta grafica nos representa las partículas suspendidas de 3μ con una alta concentración a las 10:00 am, durante el transcurso de la tarde fueron disminuyéndose, mientras en la 5μ se observa una alta concentración de partícula , con el paso del tiempo empezaron disminuir .

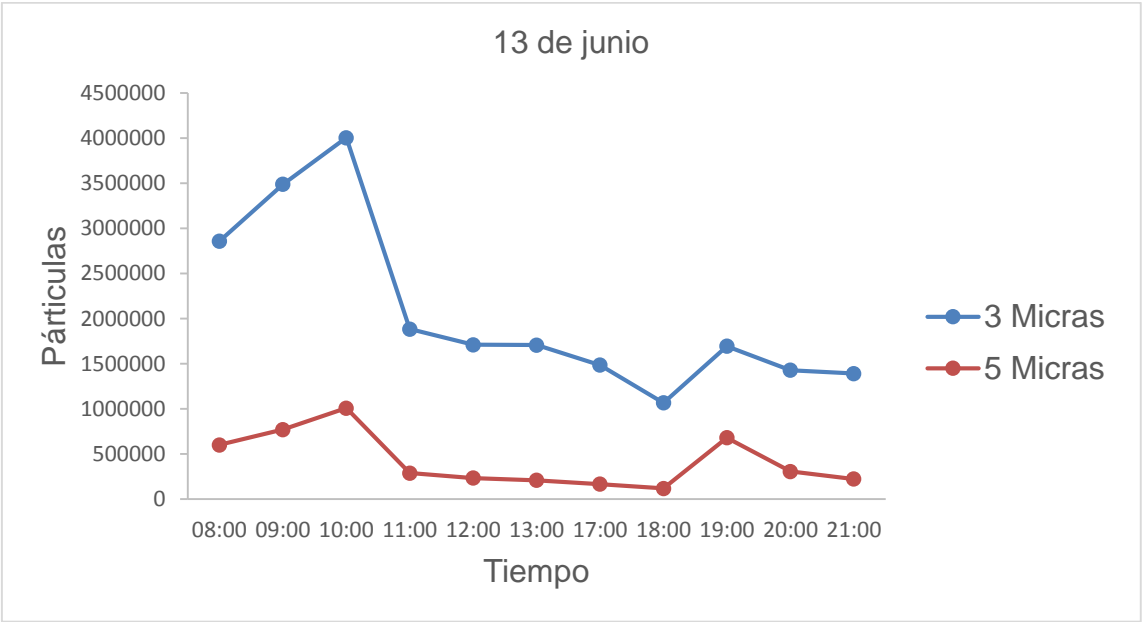


Figura 8 concentraciones de partícula 3μ y 5μ durante el día 13 de junio del 2014.

Cuadro 7. Hoja de registro del muestreo del día 14 de junio 2014

Lectura	Hora	Tamaño de partícula	Lectura	Unidades	Dirección de Viento	Velocidad de viento
1	08:00	3micras	1377430	μgr/m ³	NNW	2
		5micras	240350			
2	09:00	3micras	1193630	μgr/m ³	NNW	1.4
		5micras	206880			
3	10:00	3micras	622120	μgr/m ³	NNE	1.3
		5micras	89660			
4	11:00	3micras	593640	μgr/m ³	E	1.5
		5micras	95380			
5	12:00	3micras	1095370	μgr/m ³	SSE	2.5
		5micras	110140			
6	13:00	3micras	1373440	μgr/m ³	NNE	2.1
		5micras	140070			
7	17:00	3micras	1494640	μgr/m ³	NE	1.5
		5micras	176520			
8	18:00	3micras	1264530	μgr/m ³	N	2
		5micra	142530			
9	19:00	3micras	1187600	μgr/m ³	NW	0.8
		5micras	156530			
10	20:00	3micras	1172000	μgr/m ³	WSW	2.5
		5micras	160110			
11	21:00	3micras	1747760	μgr/m ³	SSW	5.8
		5micras	274900			

En la gráfica puede observarse que en el transcurso de la mañana tenemos una disminución de partículas dispersas en el aire de menor concentración y a las 21:00 pm se registra una alta concentración. En cuanto a las partículas de 5 μ se observa una concentración alta durante el transcurso de las horas aumento a las 21:00 pm.

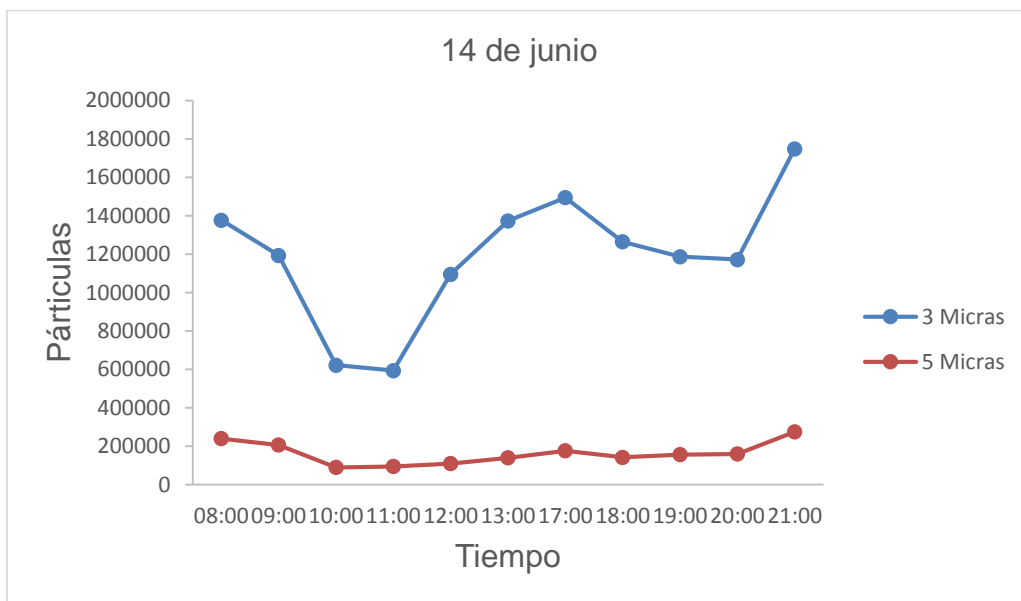


Figura 9 concentraciones de partícula 3 μ y 5 μ durante el día 13 de junio 2014

Esta figura forma parte de la evaluación de partículas suspendidas en el aire ambiente de la UAAAN-UL.

Cuadro 8. Hoja de registro del muestreo del día 17 de junio 2014

Lectura	Hora	Tamaño de partícula	Lectura	Unidades	Dirección de velocidad	Velocidad de Viento
1	08:00	3micras	2904240	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	E	1.3
		5micras	549220			
2	09:00	3micras	3102970	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	E	1.7
		5micras	486340			
3	10:00	3micras	2913850	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	NE	2.1
		5micras	427490			
4	11:00	3micras	2238610	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	ENE	2.1
		5micras	264870			
5	12:00	3micras	2703840	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	ENE	2.4
		5micras	303480			
6	13:00	3micras	2598760	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	ENE	2.5
		5micras	271980			
7	17:00	3micras	1155940	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	NNW	4.5
		5micras	90910			
8	18:00	3micras	2200190	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	NW	4.1
		5micras	233480			
9	19:00	3micras	1789850	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	NNW	3.1
		5micras	162170			
10	20:00	3micras	2207180	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	NW	1.2
		5micras	224210			
11	21:00	3micras	4627320	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	NW	1.1
		5micras	477280			

En la gráfica se observa las concentraciones de las partículas dispersas en el aire de 3 μ y de 5 μ . Donde nos indica que en el transcurso del día mantuvo una baja concentración de partículas de 3 μ a las 08:00 am, donde incremento la concentración fue 21:00 pm. En la 5 μ se sigue con portando con una baja concentración dispersas en el aire donde se mantuvo en el mismo nivel de partículas.

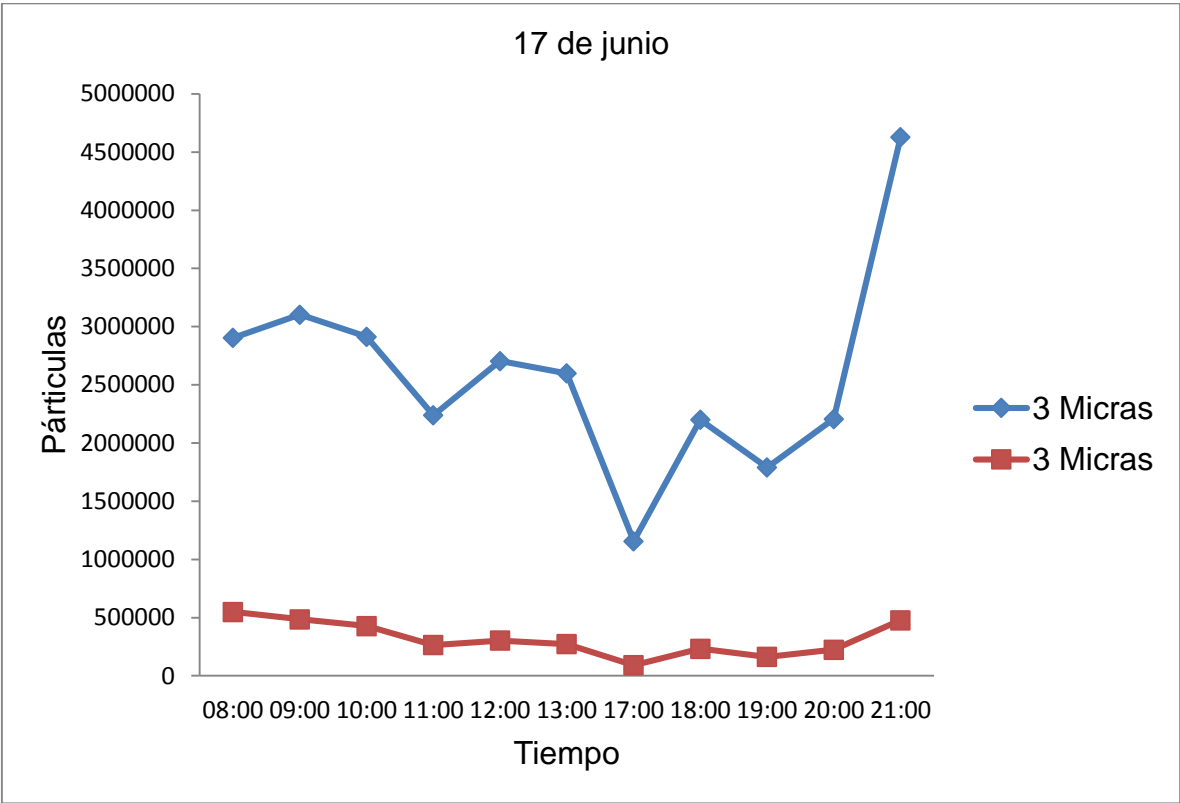


Figura10 concentraciones de partícula 3 μ y 5 μ durante el día 17 de junio 2014

Cuadro 9. Hoja de registro del muestreo del día 18 de junio 2014

Lectura	Hora	Tamaño de partícula	Lectura	Unidades	Dirección del viento	Velocidad del Viento
1	08:00	3micras	1336290	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	E	1
		5micras	155190			
2	09:00	3micras	1411210	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	E	1.6
		5micras	199740			
3	10:00	3micras	1563850	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	ESE	1.8
		5micras	204220			
4	11:00	3micras	1344800	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	E	2.7
		5micras	173080			
5	12:00	3micras	1083780	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	E	3.3
		5micras	103330			
6	13:00	3micras	1610800	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	ENE	2.2
		5micras	155790			
7	17:00	3micras	685020	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	N	2
		5micras	54570			
8	18:00	3micras	829390	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	N	2.2
		5micras	76220			
9	19:00	3micras	1183840	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	N	
		5micras	100960			
10	20:00	3micras	1427360	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	NE	0.9
		5micras	169640			
11	21:00	3micras	1487020	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	ESE	0.8
		5micras	189690			

En la gráfica se observa concentraciones donde empieza con una menor concentración mientras a la 13:00 pm se incrementó la concentración de partículas disminuyéndose a las 17:00 pm, más tarde que riendo aumentarse a media noche de 3 μ . En la 5 μ μ n se observa concentraciones baja tratando de incrementarse.

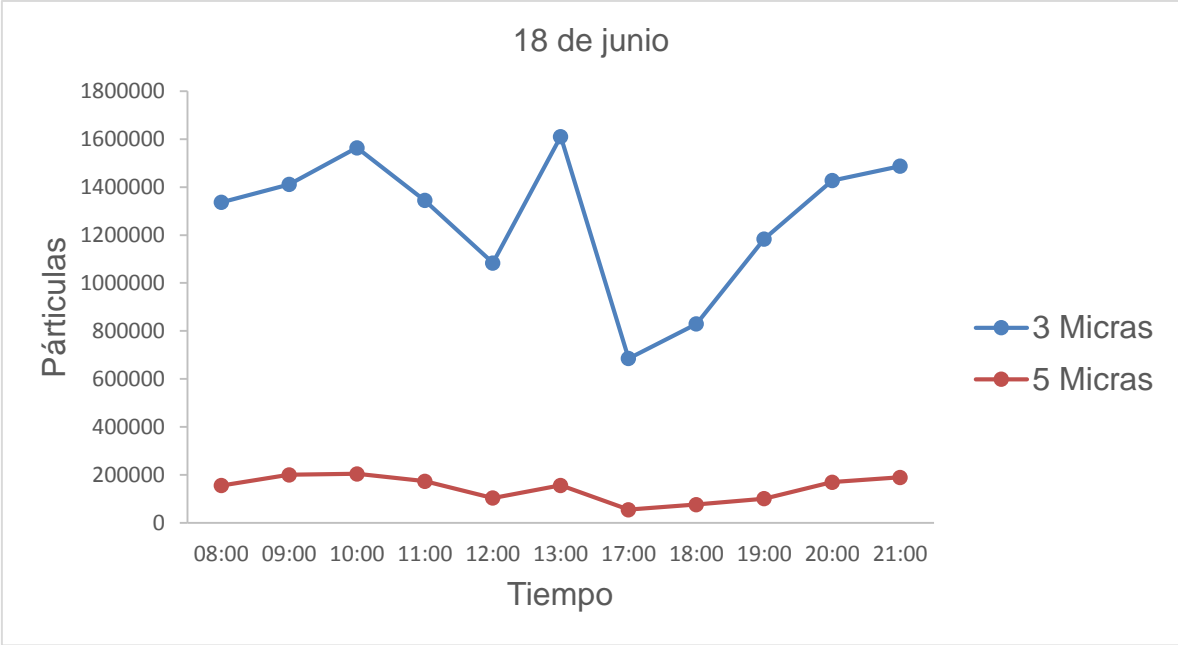


Figura 11 Representa las concentraciones de partícula 3 μ y 5 μ durante el día 13 de junio 2014

Cuadro 10. Hoja de registro del muestreo del día 19 de junio 2014

Hora	Tamaño de partícula	Lectura	Unidades	Dirección de viento	Velocidad de viento
08:00	3micras	881170	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	NNW	3.6
	5micras	115570			
09:00	3micras	3262600	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	NW	2.3
	5micras	374450			
10:00	3micras	1140210	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	NW	1.5
	5micras	181790			
11:00	3micras	1303150	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	SSE	1.3
	5micras	183550			
12:00	3micras	1699100	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	S	2.5
	5micras	219240			
13:00	3micras	1054210	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	NNW	0.7
	5micras	134440			
17:00	3micras	1015470	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	ENE	2.3
	5micras	98740			
18:00	3micras	856620	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	NE	1.8
	5micras	74930			
19:00	3micras	841030	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	NE	3.8
	5micras	76670			
20:00	3micras	984780	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	E	3.6
	5micras	152070			
21:00	3micras	1044270	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$	E	1.5
	5micras	184030			

La grafica representa las partículas de 3μ se observa una baja concentración de partículas a las 08:00 am mientras a las 09:00 en pieza aumentar, más tarde empezaron a disminuirse en el transcurso de la tarde. Mientras en las partículas de 5 μ se observa concentraciones baja.

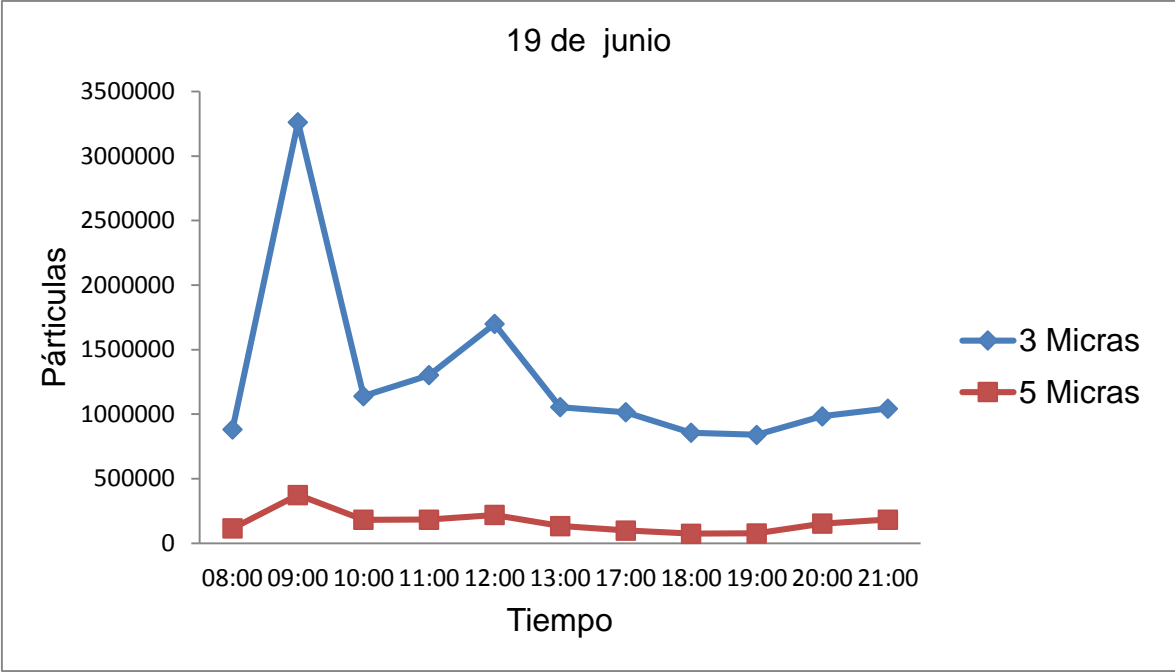


Figura 12. Representa las concentraciones de particula 3μ y 5μ durante el dia 13 de junio 2014

VI CONCLUSION

Se concluye que de acuerdo a los resultados obtenidos y comparando estos con la Norma Oficial Mexicana NOM-043-SEMARNAT-1993, se puede determinar que la mayoría de los casos, la concentración de las partículas en el aire que se respira en la Universidad, se ubican dentro de los parámetros establecidos por la norma oficial mexicana en referencia.

Lo anterior conforme a lo establecido en la siguiente tabla de resultados comparados con la norma oficial mexicana NOM-043-SEMARNAT71993:

Tabla de resultados						
Día	Partículas	Valor de la media	unidades	Nom-043 semarnat-1993	unidades	Observación
10 de junio	3 micras	48.65	mg/m3	2304	mg/m3	D.N
	5 micras	6.188	mg/m3	2304	mg/m3	D.N
11 de junio	3 micras	46.40	mg/m3	2304	mg/m3	D.N
	5 micras	5.23	mg/m3	2304	mg/m3	D.N
12 de junio	3 micras	46.188	mg/m3	2304	mg/m3	D.N
	5 micras	7.05	mg/m3	2304	mg/m3	D.N
13 de junio	3 micras	58.45	mg/m3	2304	mg/m3	D.N
	5 micras	11.83	mg/m3	2304	mg/m3	D.N
14 de junio	3 micras	33.77	mg/m3	2304	mg/m3	D.N
	5 micras	4.61	mg/m3	2304	mg/m3	D.N
17 de junio	3 micras	73.2	mg/m3	2304	mg/m3	D.N
	5 micras	8.98	mg/m3	2304	mg/m3	D.N
18 de junio	3 micras	35.93	mg/m3	2304	mg/m3	D.N
	5 micras	4.07	mg/m3	2304	mg/m3	D.N
19 de junio	3 micras	36.24	mg/m3	2304	mg/m3	D.N
	5 micras	4.62	mg/m3	2304	mg/m3	D.N

Cuadro 11. Cuadro de resultados comparados con la NOM-043SEMARNAT-1993

VII RECOMENDACIONES

Como resultado de la evaluación de las partículas suspendidas totales, presentes en el aire que se respira en el área de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, se puede concluir que las concentraciones de este contaminante, no representa riesgo para la salud, toda la comunidad estudiantil, así como de los maestros y de todo aquel personal que acude a las instalaciones de esta Universidad.

Se recomienda que se realicen nuevos estudios sobre la concentración de este contaminante, en periodos más largos, con frecuencias terciadas, así como en otra estación del año, como pudiera ser en la estación de invierno, ya que durante el verano, estación en la que se llevó la presente evaluación, las partículas tienden a durar más tiempo suspendidas en el aire. En época de invierno las partículas tienden a sedimentar más pronto.

De igual manera se recomienda cambiar la frecuencia de la evaluación, esta pudiera ser cada tercer día, lo anterior con la finalidad de ver la posibilidad de que exista una concentración de mayor de partículas, así como la posibilidad del cambio de dirección del viento, que pudiera venir de los diferentes parques industriales existente en las cercanías de la Universidad.

VIII LITERATURA CITADA

AEMA., M. Riera-Barberá, E. Aránguez-Ruiz y A. Fernández- Muerza 2003. "(en línea) El medio ambiente en Europa tercera evaluación." (<http://www.ecoone.org/upload/archivio/EEA%20L%27ambiente%20in%20Europa.%20Terza%20valutazione%20%5BSintesi%5D%20ES.pdf>)(consulta 14-02-2014).

Air, I., C. 2013. "Mexico, 2º País de AL con más muertes por contaminación." (<http://www.animalpolitico.com/2013/04/mexico-2o-pais-de-al-con-mas-muertes-por-contaminacion-oms/>)(Consultada 17-04-2014)

Aire, C. 2013. "(en línea) Fuentes de contaminación." (<http://www.areadigital.gov.co/CalidadAire/Paginas/FuentesdeContaminacion.aspx>)(consulta 16-04-2014).

Aldunate, P., O. PAZ y K. Halvorsen 2006. "Los efectos de la contaminación atmosférica por PM10 sobre la salud ciudad de La Paz - Bolivia (3650 m.s.n.m.)." Acta Nova 3: 422-441.

Amareles - Contreras, M. y J. M. Villaroel 2011. "Emisiones de las fuentes móviles." Revista Transporte, Desarrollo y Medio Ambiente 31: 65.

AMDC 2015. "(en línea)¿De dónde vienen las partículas que contaminan el aire de Guadalajara?" (http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=71) (consultado 05-04-2014).

Borja-Aburto, H. V., P. D. Loomis, I. S. Bangdiwala, M. C. Shy y A. R. Rascon-Pacheco 1997. "Ozone, Suspended Particulates, and Daily Mortality in Mexico City " American Journal of Epidemiology 145: 258-268.

Cárdenas - González, B., S. Revah -Moiseev, S. Hernández - Jiménez, A. Martínez - Sánchez y V. Gutiérrez -Avedoy 2003. "(en línea) Tratamiento biológico de compuestos orgánicos volátiles de fuentes fijas." (<http://www.inecc.gob.mx/descargas/publicaciones/396.pdf>)(consulta 12-04-2014).

Carson, R., D. H. Meadows, B. Commoner y J. Randers 1972. "Los límites del crecimiento." Fondo de cultura económica 70-352.

CCA 2013. "Influencia de partículas suspendidas en la calidad del aire " Boletín de prensa 1-2.

CNA, C. N. d. A. 2005. "Gerencia regional. Cuencas centrales del norte. Subgerencia Regional Técnica y Administrativa del Agua. Torreón Coahuila, México."

Contreras, A.-. 2011. "El transporte y la contaminación atmosférica que este provoca." Revista Transporte, Desarrollo y Medio Ambiente 3: 40.

Corona- Zambrano, A. E. y I. R. Rojas-Caldelas 2009. "Calidad del aire y su incorporación en la planeación urbana: Mexicali, Baja California, México." Estudios Fronterizos 10: 79-102.

CSPSRM 2003. "(en línea) Material particulado (PM10 y PM2,5)." Consejería de Sanidad y Política Social de la región de Murcia (<http://www.murciasalud.es/pagina.php?id=244308&idsec=1573>) (consultado 03-12-2014).

D.G.C.E.A.M.N 2013. "(en línea) Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural. Diagnóstico de la Situación del Aire de España en el Plan aire."

(http://www.magrama.gob.es/imagenes/es/PLAN%20AIRE%202013-2016_tcm7-271018.pdf)(consulta 06-02-2014)

Díaz, J., F. Ballester y R. López-Vélez 2005. "Impactos sobre la salud humana " Seminario Salud y Medio ambiente. España.: 56-60.

DOF 2006. "SEMARNAT." Diario oficial de federacion México.

Ecologistas-en-Accion 2013. "(en línea) Informe Sobre la Calidad del Aire en el Estado Español." (http://www.ecologistasenaccion.org/IMG/pdf/informe_calidad_aire_2012.pdf)(Consultada06-02-2014).

Echeverri-Londoño, C. A., G. J. Maya-Vasco y S. D. kochevar 2008. "Guía Básica a la Tecnología de las partículas." Parte I. Partículas: 1-10.

EEA. y A. Fernández-Muerza 2014. "(en línea) Air quality in Europe." (<http://ec.europa.eu/spain/pdf/ip191114.pdf>)(consulta13-02-2014): 1-80.

EPA 1999. "Compendium methods for the Determination of Inorganic Compounds in Ambient air " United Environmental Protection Agency Washington: 1-6.

EPA 2002."Third External Review Draft of Air Quality Criteria for Particulate Matter.NC, USA." United Environmental Protection Agency 1: 1-121.

Ferre - Carbonell, J. A. y I. R. Escalante - Semerena 2009. "Contaminación atmosférica y efectos sobre la salud en la Zona Metropolitana del Valle de Mexico." Economía Informa 22- 39.

Gaitán, M., J. Cancino y E. Behrentz 2007. "Análisis del estado de la calidad del aire en Bogota " Revista de ingeniería 5: 81-91.

- Galizia, A., P. L. Kinney, W. J. Gauderman, H. Vora y E. Avol 1999. "Long-term residence in areas of high ozone: associations with respiratory health in a nationwide sample of nonsmoking young adults." *Environ Health Perspect* 107: 675-679.
- Gómez, O. 1999."Reseña de "World Health Organization. The World Health Report 1999. Making a Difference "." Instituto Nacional de Salud Pública México 41: 254-256.
- Guillermo, C. y L. Aguilera 2013. "Contaminacion del aire La amenaza esta en el viento " *En primer plano* 51-57.
- HEI 2002. "(en linea) Understanding The Health Effects Of Components Of The Particulate Matter Mix: Progress and Next Steps." (<http://pubs.healtheffects.org/getfile.php?u=244>)(consulta 16-04-2014).
- Hinds, W. 1999."Aerosol Technology Properties, Behavior and Measurement of Airborne Particles Second Edition." A wiley- interscience Publication John Wiley & Sons, INC. 1: 1-504.
- I.N.E 2005."(en linea)Tipos y fuentes de contaminantes atmosferico " (<http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/396/tipos.html>(consulta 16-04- 2014).
- IMCO 2011. "¿Cuanto nos cuesta la contaminación del aire en México?" (en linea)(<http://imco.org.mx/calculadora-aire>)(Consultada17-04-2014).
- Kunzli, N., R. Kaiser, S. Medina, M. Studnicka, O. Chanel, P. Filliger, M. Herry, J. F- Horak, V. Puybonnieux- Texier, P. Quénel, J. Schneider, R. Seethaler, J.- C. Verganaud y H. Sommer 200. "Public-health impact of outdoor and

traffic-related air pollution: a European assessment." The Lancet 356: 795-801.

Lenntech, A. Vicente y C. Silva 2013. "(en línea) La biblioteca de pregunta relacionada con el aire." (<http://www.lenntech.es/faq-aire.htm>) (consultado 05-04-2014).

Martín-Boscá, J. V., J. M. Ordóñez-Iriarte, E. Aránguez-Ruiz y M. Barberá-Riera 2012. "Cambio climático global España 2020/50." Cambio climático Madrid: 1-370.

McConnell, R., K. Berhane, G. F., S. J. London y H. Vora 1999. "Air pollution and bronchitic symptoms in southern California Children with asthma." Environ Health Perspect 757-760.

McGranahan, G. y F. Murray 2003. "Air pollution and Health in Rapidly Developing Countries. Londres, Earth Scan." Bull World Health Organ 81: 79-102.

Medina, S. y A. Plasencia 1997. "Contaminación del Aire y salud Pública " APHEIS Europa 1-10.

Molina, L. T. y M. J. Molina 2002. "Air quality in the Mexico Megacity." EURE 32: 141-145.

Muñoz, M. A., M. C. Quiroz - Palacio y J. J. Paz 2007. "Efectos de la Contaminación Atmosférica Sobre la Salud en adultos que laboran a diferentes niveles de exposición." Revista Facultad Nacional de Salud Pública 25: 85-94.

Nevers, N. 1998. "Ingeniería de control de la contaminación del aire " Editorial McGraw Hill, Mexico 546.

NOM 041. "SEMARNAT." Diario oficial de federación 2014. México.

OMS 2006. "(en línea)Guía de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre " (http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf)(Consultada 22-04-2014).

OMS 2011. "(En línea) " Las directrices sobre la calidad del aire en la protección de la salud pública." (<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/>)(consulta16-04-2014).

OMS 2013. "(línea) Los niveles de contaminación en AL rebasan los recomendados por la OMS." (<http://www.jornada.unam.mx/2013/04/24/sociedad/048n1soc>) (consultado 05-04-2014).

OMS 2014. "Informe de Estado de la salud en el mundo 2002." (en línea)(<http://www.who.int/whr/2002/en/>)(citado 3 de febrero de 2014)

Ostro, B., G. Eskeland, J. Sanchez y T. Feyzioglu 1999. "Air Pollution and Health Effects: A Study Of Medical Visits among Children in Santiago, Chile." Environmental Health perspectives 107: 69-73.

Páramo, A. 2014. "50 años contra la contaminación en la ciudad de México." Excelsior.

Político, A. 2012. "(en línea) Ciudad de Mexico, Monterrey y Mexicali, entre las más contaminadas del mundo " (<https://mx.noticias.yahoo.com/ciudad-de-m%C3%A9xico--monterrey-y-mexicali--entre-las-m%C3%A1s-contaminadas-del-mundo.htm> (consultado 05-04-2014).

Pope, A. C., V. D. Bates y E. M. Raizenne 1995. "Health Effects of Particulate Air Pollution: Time for Reassessment?" Environmental Health perspectives 103: 472-480.

Roberts, A., I. Associates, CSPSRM, A. Vicente y C. Silva 2001. "Manual de control de calidad del aire " Primera edición, Mc Graq-Hill Interamerica editores, S. A. de C.V. Mexico D. F. .

Rojas-Brachos, L. y V. Garibay-Bravo 2003. "Las particulas suspendidas, aeroparticulas o aerosoles: ¿hacen daño a la salud?; ¿podemos hacer algo?" Gaceta Ecológica 29-44.

Romieu, I. y V. H. Borjas-Aburto 1997. "Particulate air pollution and daily mortality: Can results be generalized to Latin America countries?" Salud pública de México 39: 403-411.

Schwela, D. y B. Goelzer 2013. "Control de la Contaminación ambiental." Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo: 55.1- 55.3.

SEMARNAT y I.N.E 2010. "(en linea) Fuente de contaminación del aire." (en linea) (<http://www.inecc.gob.mx/calair-informacion-basica/537-calair-fuentes>) (consultado 05-04-2014).

SEMARNAT 2014. "(en linea) Programa para Mejorar la Calidad del Aire en la región de la Comarca Lagunera 2010-2015." ([http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/gestionambiental/calidaddelaire/Documents/Calidad%20del%20aire/Proaires/Seguimiento%20y%20evaluaci%C3%B3n%202011/Anexo%201I Informe Proaire Comarca Lagunera E11.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/gestionambiental/calidaddelaire/Documents/Calidad%20del%20aire/Proaires/Seguimiento%20y%20evaluaci%C3%B3n%202011/Anexo%201I%20Informe%20Proaire%20Comarca%20Lagunera%20E11.pdf))(consultado 05-04-2014).

Sommer, H., R. Künzli, O. Seethaler, M. Chanel, S. Herry y J. C. Masson 2000. "Economic evaluation of health impacts due to road traffic-Related Air pollution." Third WHO Ministerial Conference on Environment and Health. Londo: 1-29.

Spengler, J. y R. Wilson 1996. "Particles in Our Air: Concentrations and Health Effects. ."Harvard University Press EE.UU.

UNAD y EPA 2014. "(en línea) Fuentes de contaminantes atmosférico: fuentes Móviles, fijas, puntuales y de área." ([http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358007/Contenido en línea Carat erizacion/leccin 7 fuentes de contaminantes atmosfricos fuentes mviles fijas puntuales y de rea.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358007/Contenido_en_linea_Carat_rizacion/leccin_7_fuentes_de_contaminantes_atmosfricos_fuentes_mviles_fijas_puntuales_y_de_rea.html)) (consultado 05-04-2014).

UNAD, A. H. Bravo y E. Sosa 2014. "(en línea) Emisiones Atmosfera Generadas por fuentes fijas." (<http://www.carder.gov.co/web/es/fuentes-fijas>) (consultado 05-04-2014).

Valadez - Rodriguez, A. 2006. "(en línea) Monterrey, la zona industrial más contaminada de México " (<http://www.jornada.unam.mx/2006/12/15/index.php?section=estados&articulo=042n1est>)(consulta 12-04-2014).

Valencia, A., R. Suares - Castaño, A. Sánchez, E. Cardozo, M. Bonilla y C. Buitrago 2010. "Management of Environmental Pollution: a matter of co-responsibility " Revista de ingeniería 93.

Vicente, A. y C. Silva 2008. "(en línea) Contaminacion del Aire por materiales Particulado (PM10 y PM2.5)." (http://tallerdearquitecturamexicana.com/observaleon.org/wp-content/uploads/2010/03/Material-Particulado_Vicente-Silva.pdf)(consulta (06-02-2014) Observatorio Urbano de León.