

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE PARTÍCULAS EN LA  
ATMOSFERA DE LA COMARCA LAGUNERA**

**POR**

**ANGELA LÓPEZ PÉREZ**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL**

**TÍTULO DE:**

**INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO**

**DICIEMBRE DE 2016**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE PARTÍCULAS EN LA  
ATMÓSFERA DE LA COMARCA LAGUNERA

POR

ANGELA LÓPEZ PÉREZ

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: \_\_\_\_\_

DR. HÉCTOR MADINAVEITIA RÍOS

VOCAL SUPLENTE: \_\_\_\_\_

DR. JOSÉ LUIS REYES CARRILLO

MC. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERA AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE DE 2016



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE PARTÍCULAS EN LA  
ATMÓSFERA DE LA COMARCA LAGUNERA

POR

ANGELA LÓPEZ PÉREZ

TESIS

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. 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: \_\_\_\_\_

DR. HÉCTOR MADINAVEITIA RÍOS

ASESOR: \_\_\_\_\_

DR. JOSÉ LUIS REYES CARRILLO

MC. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO



COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE DE 2016

## **AGRADECIMIENTOS**

A DIOS primeramente. Por estar siempre con migo y nunca abandonarme y darme la oportunidad de vivir, la fuerza suficiente para ir alcanzando éxitos en esta vida, por la bondad de disfrutar de paz conmigo misma y con los que me rodean. Por darme el conocimiento de poder hacer las cosas y terminar este trabajo porque sin él no podemos hacer nada.

### **Al Ing. Joel Limones Avitia**

Por ayudarme ya que gracias a su asesoría logramos terminar el trabajo de tesis y por apoyarme durante los 4 años en la institución.

### **A mis maestros**

Por sus conocimientos que compartieron conmigo, por sus tiempo y haberme tenido paciencia para explicar las cosas,

### **Al encargados de las casetas de monitoreo de la calidad del aire**

MC. Miguel Ángel Puente Zamarripa

### **A mis amigos**

Quisiera enumerar a todos mis amigos y amigas pero son muchos, solo decirles que gracias por sus apoyo y por estar con migo cuando los necesite

Agradezco a mi “**Alma Terra Mater**”. Porque fu aquí donde me forme como profesionista

## DEDICATORIAS

**MI FAMILIA:** Padres: Marino López González, Fidelina Pérez Reinoso por ser mi guía desde que nací, por el tiempo que me dedicaron y por las enseñanzas a seguir en el camino correcto, por su amor, amistad y comprensión. Por la confianza que pusieron-ponen en mí y por ayudarme a realizar mis sueños.

A mis queridos **HERMANOS:** Sandra Sarai, Jorge Luis, Blanca luz, Filomena, Margarita y Jesús Eduardo Por contar siempre con sus apoyos

**MI ADORADA PRINCESA:** Edna Lucero Roblero López, la niña más preciosa que Dios me ha regalado y que es motivo de mis logros ella es mi inspiración.

**A:** Llinderman Roblero Ramírez por apoyarme en las buenas y malas. Ya que su asesoría me ayudaron mucho a terminar el trabajo de tesis

A mi abuelita Alicia Gonzales Rodríguez que siempre depositó su confianza en mí, a mi prima Alicia López González igual forma al contar con su apoyo.

Y mis dos sobrinos Alix Anaay y Cristian Mauricio que siempre me apoyaron

**A MÍ:** por ser una persona optimista y que lucha por sus sueños hasta logra. Estoy orgulloso de mí.

## INDICE

|   |            |
|---|------------|
| <b>AGRADECIMIENTOS</b> .....                                      | <b>I</b>   |
| <b>DEDICATORIAS</b> .....   | <b>II</b>  |
| <b>INDICE</b> .....   | <b>III</b> |
| <b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....                                    | <b>V</b>   |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....                                    | <b>VI</b>  |
| <b>RESUMEN</b> .....  | <b>VII</b> |
| <b>I INTRODUCCIÓN</b> .....                                       | <b>1</b>   |
| <b>OBJETIVOS</b> .....  | <b>4</b>   |
| <b>OBJETIVOS GENERALES</b> .....                                  | <b>4</b>   |
| <b>HIPÓTESIS</b> .....  | <b>4</b>   |
| <b>II REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....                            | <b>5</b>   |
| <b>2.1 COMO SE CONSTITUYE LA ATMOSFERA</b> .....                  | <b>6</b>   |
| <b>2.3 OZONOSFERA</b> .....                                       | <b>8</b>   |
| <b>2.3.1 La mesosfera</b> .....                                   | <b>10</b>  |
| <b>2.3.2 Ionosfera o termosfera</b> .....                         | <b>10</b>  |
| <b>2.3.3 Magnetosfera</b> .....                                   | <b>10</b>  |
| <b>2.3.4 La exosfera</b> .....                                    | <b>11</b>  |
| <b>2.4 CONTAMINACIÓN EN LA ATMOSFÉRICA</b> .....                  | <b>11</b>  |
| <b>2.5 EL CAMBIO CLIMÁTICO</b> .....                              | <b>12</b>  |
| <b>2.5.1 Principales contaminantes</b> .....                      | <b>13</b>  |
| <b>2.6. FORMA DE REDUCIR LAS PARTÍCULAS</b> .....                 | <b>14</b>  |
| <b>2.7 ESTRUCTURA DE LAS PARTÍCULAS</b> .....                     | <b>16</b>  |
| <b>2.8. AEROSOLES ATMOSFÉRICOS</b> .....                          | <b>17</b>  |
| <b>2.9 CAUSAS Y ACTIVIDADES QUE GENERAN CONTAMINACIÓN</b> .....   | <b>18</b>  |
| <b>2.10 QUE SON LAS PARTÍCULAS</b> .....                          | <b>19</b>  |
| <b>2.11 DONDE SE GENERAN LAS PARTÍCULAS</b> .....                 | <b>19</b>  |
| <b>2.12 LAS ACTIVIDADES CONSIDERADAS COMO CONTAMINANTES</b> ..... | <b>22</b>  |
| <b>2.13 DAÑOS A LA SALUD</b> .....                                | <b>23</b>  |
| <b>2.14 CONTAMINACIÓN POR VÍAS RESPIRATORIAS</b> .....            | <b>24</b>  |

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| 2.15       | LOS NIÑOS Y ANCIANOS SON EL SUSCEPTIBLE A LAS ENFERMEDADES CAUSADAS POR LA CONTAMINACIÓN .....                | 25        |
| 2.16       | CONTAMINACIÓN POR HIDROCARBUROS .....   | 26        |
| 2.17       | EFFECTOS EN EL AMBIENTE .....   | 26        |
| <b>III</b> | <b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>   | <b>28</b> |
| 3.1        | UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....   | 28        |
| 3.2        | TOMA DE LECTURAS .....  | 29        |
| 3.3        | ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....   | 29        |
| <b>IV</b>  | <b>RESULTADOS .....</b>   | <b>30</b> |
| 4.1.       | COMPORTAMIENTO DIARIO DE EMISIÓN DE MATERIAL PARTICULADO PM10 DE LA CASETA DE LERDO DURANGO (TEC LERDO) ..... | 30        |
| 4.2        | COMPORTAMIENTO DIARIO DE EMISIÓN DE MATERIAL PARTICULADO PM10 DE LA CASETA GÓMEZ PALACIO DURANGO (NUGP).....  | 33        |
| 4.2.1      | Niveles de datos que ya están graficados caseta (NUGP) .....  | 34        |
| 4.3        | COMPORTAMIENTO DIARIO DE EMISIÓN DE MATERIAL PARTICULADO PM10 DE LA CASETA TORREÓN COAHUILA (CONALEP).....    | 34        |
| 4.3.1      | Niveles de datos que ya están graficados caseta (CONALEP) .....   | 35        |
| 4.4        | ANÁLISIS DE DATOS ESTADÍSTICOS.....   | 36        |
| 4.5.       | COMPARACIÓN DE MEDIAS EN TRES CASETAS PARA EL AÑO 2015 .....  | 36        |
| 4.6.       | COMPARACIÓN DE LAS TRES CASETAS PARA EL AÑO 2016 .....  | 37        |
| 4.7        | COMPARACIÓN DE MEDIAS.....  | 38        |
| 4.8        | ANÁLISIS DE DATOS ESTADÍSTICO SACADOS EN EXCEL .....  | 39        |
| <b>V</b>   | <b>DISCUSIÓN .....</b>  | <b>43</b> |
| <b>VI</b>  | <b>CONCLUSIÓN.....</b>  | <b>46</b> |
| <b>VII</b> | <b>CITAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>   | <b>46</b> |

## ÍNDICE DE CUADROS

|   |    |
|---|----|
| <b>Cuadro 1. Comparación de medias de las tres casetas 2015.</b> -----  | 36 |
| <b>Cuadro 2. Comparación de medias de las tres casetas 2016.</b> -----  | 37 |
| <b>Cuadro 3. Análisis estadísticos de la caseta TEC Ierdo de los días del mes de abril 2015 y 2016.</b> ----- | 39 |
| <b>Cuadro 4. Análisis estadísticos de la caseta el NUGP de los días del mes de abril 2015 y 2016.</b> -----   | 40 |
| <b>Cuadro 5. Análisis estadísticos de la caseta CONALEP de los días del mes de abril 2015 y 2016.</b> -----   | 41 |



## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Figura.1: Concentración de PM10 (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>) de la caseta de TEC LERDO del mes de abril del 2015 y 2016 .....</b>  | <b>32</b> |
| <b>Figura. 2: Concentración de PM10 (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>) de la caseta NUGP de Gómez Palacio de los días del mes de abril 2015 y 2016 .....</b>                          | <b>33</b> |
| <b>Figura. 3: Concentración de PM10 (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>) de la caseta CONALEP Torreón de los días del mes de abril 2015 y 2016.....</b>                                 | <b>35</b> |
| <b>Figura. 4: Medias de la concentración de PM10 (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>) de las tres casetas de monitoreo de la calidad del aire del mes de abril del 2015 y 2016.....</b> | <b>38</b> |
| <b>Figura. 5: comparación de los datos estadísticos de la caseta TEC lerdo de los días del mes de abril 2015 y 2016.....</b>   | <b>39</b> |
| <b>Figura. 6: datos estadísticos de la caseta NUGP de Gómez Palacio de los días del mes de abril 2015 y 2016 .....</b>   | <b>40</b> |
| <b>Figura. 7: comparación de datos estadísticos de la caseta CONALEP Torreón de los días del mes de abril 2015 y 2016 .....</b>  | <b>41</b> |

## Resumen

La contaminación del aire es una de las alteraciones de los niveles de calidad y pureza del aire debido a emisiones naturales o de sustancias químicas y biológicas. En el siglo pasado, el aumento masivo de contaminantes atmosférico fue condicionado por el crecimiento económico e industrial, hecho que motivó una disminución en la calidad del aire que causó diversos padecimientos respiratorios en la población, lo que condicionó un problema emergente para la humanidad. El material particulado se ha destacado por el efecto nocivo a la salud, en particular la atención se ha centrado en las partículas. El objetivo de este trabajo fue determinar la calidad de aire que se respira en las ciudades de Torreón, Coahuila; Gómez Palacio y Cd. Lerdo, Dgo. y conocer los daños que causan las partículas al medio ambiente. Las muestras fueron tomadas directamente de los equipo de monitoreo de partículas en el aire modelo BAM-1020 de las casetas de monitoreo de la calidad de aire durante los meses de abril de 2015 y abril del 2016.

Se concluye que las ciudades de Torreón Coahuila, Gómez Palacio y Lerdo Durango, no tienen una calidad del aire satisfactoria ya que los estudios realizados, en las tres casetas indican que en el mes estudiado para los dos años hay días que sobrepasan a los estándares diarios, para un periodo de muestreo de 24 horas de la norma Oficial Mexicana 2014.

**Palabras clave:** Aire, contaminación, emisiones, partículas PM 10, salud.

## I Introducción

La atmósfera es la capa gaseosa que envuelve la Tierra. Está formada por aire y partículas en suspensión. El aire es una mezcla gaseosa en distinta proporción, los más importantes son: nitrógeno, oxígeno, dióxido de carbono, vapor de agua y otros gases en menor proporción. En la atmósfera también flotan diversas cantidades de partículas diminutas como polen, arena fina, cenizas volcánicas, bacterias. Todas ellas componen el polvo atmosférico. El color de la atmósfera se debe a que las moléculas del aire dispersa la luz blanca que procede del Sol. La temperatura del aire tiende a disminuir con la altitud, aunque en algunas regiones altas de la atmósfera aumenta, debido a que algunos gases absorben las radiaciones solares y las transforman en calor (Recursostic, 2016a).

La atmósfera es la capa de gases que rodea la geosfera del planeta. La geosfera es la parte estructural de la Tierra que se extiende desde la superficie hasta el interior del planeta (unos 6 740 km). Esta capa se caracteriza por tener una estructura rocosa que sirve de soporte al resto de los otros sistemas terrestres, como la biosfera y la atmósfera, situados estos sobre la parte más superficial (Recursostic, 2016b).

El cambio climático global se refiere a los cambios en el clima de la tierra como un todo, causados por las actividades humanas que liberan un exceso de gases de efecto invernadero a la atmósfera. Las partículas gruesas y finas. La barrera entre estas dos fracciones de partículas generalmente se encuentra entre 1 micras y 2,5 micras. Sin embargo, el límite entre las partículas gruesas y finas a veces se fija por convenio en 2,5 micras de diámetro aerodinámico (PM 2.5) a efectos de valoración. Las partículas más pequeñas contienen los aerosoles formados secundariamente (Norsyamimi y Mohd, 2012).

La calidad del aire en muchas ciudades en vías de desarrollo o intermedia pueden verse afectadas por contaminantes atmosféricos específicamente el material particulado (MP) y los contaminantes no convencionales con efectos

carcinogénicos, esto debido al uso del suelo, en época del año y la actividad antropogénicas (Vázquez *et al.*, 2012b).

El material particulado se ha destacado por el efecto nocivo a la salud, en particular la atención se ha centrado en las partículas finas (Pope y Dockery, 2006). Mexicali ocupa uno de los primeros lugares en contaminación por PM10 en el país, lugar que se disputa con la zona metropolitana del Valle de México (Zuk *et al.*, 2007a). Esto incluye procesos de combustión en vehículos, principalmente aquellos que usan diesel, industrias de fundición, pinturas, cerámica y plantas de energía (Tzintzun *et al.*, 2005a).

Las PM10 o partículas gruesas (PM10 –2.5 microgramo/m<sup>3</sup>) también llamadas partículas inhalables, son las partículas menores a 10 micrómetros pero más grandes que 2.5 micrómetros de diámetro, se consideran como contaminantes constituidos por material líquido y sólido de muy diversa composición y tamaño, que se encuentran en el aire (Tzintzun *et al.*, 2005b). Se asocian generalmente a la combustión no controlada, algunas están relacionadas con la desintegración mecánica de la materia o la re-suspensión de partículas en el ambiente (Echeverri y Maya, 2008).

El tiempo que las partículas permanecen suspendidas en el aire dependen principalmente de su tamaño. El tamaño de las partículas se define por su diámetro aerodinámico y la distribución granulométrica de este tipo de partículas una vez emitida es relativamente constante (Alfaro *et al.*, 1998). Por lo tanto, el problema de la contaminación atmosférica ha atraído más y más atenciones. Con el rápido progreso de la informática muchos estudios han investigado la distribución de los contaminantes atmosféricos para comprender sus características preliminares de simulación numérica. Pero teniendo en cuenta la estrecha relación entre el transporte y la difusión de los contaminantes atmosféricos y las condiciones del tiempo (es decir, la dirección y velocidad del viento) (Zhaoli *et al.*, 2015).

El impacto de los contaminantes del aire en el sistema respiratorio se ha informado ampliamente y consistentemente en los últimos años (Faustini *et al.*, 2013). El

aumento continuo de las emisiones antropogénicas de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero después de la revolución industrial está cambiando drásticamente el clima, tanto en general como a nivel regional. En algunas regiones, la calidad del aire se proyecta a empeorar aún más debido a la mayor frecuencia de los incendios forestales que causan la liberación de gases y partículas contaminantes a la atmósfera (Sario *et al.*, 2013).

El ozono es uno de los contaminantes atmosféricos más importantes. Se formó en las reacciones fotoquímicas, con concentraciones de afectados por el clima y el suministro de los precursores químicos, entre ellos los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), compuestos orgánicos volátiles (COV), el metano (CH<sub>4</sub>) y monóxido de carbono (CO)(Hans *et al.*, 2012). Modelos de dispersión atmosférica se utilizan habitualmente para evaluar el impacto de las fuentes de emisión de calidad del aire para diferentes condiciones meteorológicas, configuración de la fuente, y la topografía. Además, estos modelos también se utilizan en las plantas nucleares y químicas para estimar la exposición a los contaminantes peligrosos liberados accidentalmente en la atmósfera (Shankar rao, 2005).

Generalmente, las mediciones de la calidad del aire se notifican como concentraciones medias diarias o anuales de partículas con diámetro aerodinámico menor a 10 micrómetros (PM<sub>10</sub>) por metro cúbico (m<sup>3</sup>) de aire. Los valores fijados en las directrices de la OMS para PM<sub>10</sub>, se establecen en 20 µg/m<sup>3</sup> de media anual y 50 µg/m<sup>3</sup> de media en 24 horas. La normatividad federal estadounidense para el promedio de 24 horas de PM<sub>10</sub> establece un límite de 150 µg/m<sup>3</sup>(EPA, 2012). La normatividad mexicana para las PM<sub>10</sub> es de 40 µg/m<sup>3</sup> de media anual y 75 µg/m<sup>3</sup> de media en 24 horas(NOM-025-SSA1, 2014).

## **Objetivos**

### **Objetivos generales**

Determinar los niveles de partículas PM10 a la atmósfera en la Comarca Lagunera.

### **Objetivos específicos**

Determinar la calidad de las partículas PM10 que se respira en las ciudades de Torreón Coahuila, Gómez Palacio y Lerdo Durango.

### **Hipótesis**

Torreón, Coahuila, Gómez Palacio y Lerdo Durango son ciudad que tiene alto los niveles de contaminación por partículas PM10 que se emiten directamente de las zonas industriales y el tráfico que ay en estas ciudades.

La emisión de partículas PM10 a la atmósfera de la Comarca Lagunera rebasa y violenta los límites máximos permisibles según la norma vigente

## II Revisión de literatura

Coahuila es un estado con importancia dentro del ámbito energético, ya que en su territorio se encuentran los yacimientos más ricos de carbón y parte de una de las zonas de producción de gas natural de México, las grandes fuentes de emisión de gases de efecto invernadero en el estado son las generadoras de energía eléctrica. Este tipo de fuente sigue siendo el mayor emisor en Coahuila. En segundo término están las fuentes emisoras provenientes de actividades industriales que no son directas de la combustión, con un valor total de 10.32 Toneladas métricas de equivalente de dióxido de carbono (MTCO<sub>2</sub>Eq). Dentro de los cuales se encuentran las producciones y los usos de minerales como el fierro, la dolomita, la cal, la piedra caliza y el cemento, principalmente (Semarnat, 2010-2015).

Por lo tanto, los procesos extractivos, productivos y de transporte de estos minerales liberan cantidades muy considerables de Gases de Efecto Invernadero GEI, entre los que se encuentran el metano (CH<sub>4</sub>), el óxido de nitrógeno y por supuesto el dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, razón por la cual este sector es el segundo en importancia. El tercero son las fuentes emisoras del tipo residencial-comercial-industrial, con un total de 3.44 MTCO<sub>2</sub>eq, es decir menos de un tercio de su tipo de fuente anterior. Esto se debe al gran número de pequeños emisores de este tipo de fuentes, ya que aquí se combinan actividades de combustión directa, con emisiones de GEI, de los sectores de vivienda, comercio e industria (Semarnat, 2010-2015).

Los recientes avances en la tecnología de teledetección, especialmente el desarrollo de sensores de satélites espaciales, nos permiten realizar mediciones más precisas de estas especies a lo largo del globo con una cobertura espacial y temporal alta (Xiaozhen *et al.*, 2015). El problema de la calidad del aire ha dado el impacto crucial para la salud humana y se ha discutido por el mundo por cerca de medio siglo. Los contaminantes presentes en el aire son causados por eventos naturales y las actividades humanas. En 1991, las emisiones de vehículos aportaron

el 75 por ciento de las emisiones totales en el aire, y se incrementaron en un 12 por ciento (Norsyamimi y Mohd, 2012).

En este se presenta un caso especial, lo que indica que estas fuentes se comportan en realidad como sumideros de gases de efecto invernadero (GEI), siendo sumamente importante su participación, por más pequeño que fuera su valor absoluto, ya que es una de las actividades capaces de capturar CO<sub>2</sub> y otros GEI. El cuidado y recuperación de los bosques y áreas de suelo descubierto, podría contribuir a la reducción de los GEI (Semarnat, 2010-2015).

Es difícil el efectos sobre las saludes separadas de la exposición a largo plazo a la emisión de gases y partículas de desgaste de tráfico por carretera, y para separar los efectos de los contaminantes generados a nivel local y de largo alcance transportados (Willers *et al.*, 2013). El análisis respiratorio es un método no invasivo para obtener información sobre los sistema respiratorio y puede ser útil para el seguimiento de la enfermedad de las vías respiratorias. Sustancias volátiles en el viento se transportan en forma de gotitas en el aire, es decir, partículas (Almstrand *et al.*, 2011).

## **2.1 Como se constituye la atmosfera**

En la atmósfera se siguió llevando a cabo una interacción continua con varios fenómenos terrestres hasta alcanzar su composición actual formada en un 99 por ciento de hidrógeno, oxígeno y argón. Actualmente la atmósfera juega un papel no sólo de protección contra varios fenómenos físicos que suceden en el espacio, sino también como una extraordinaria reguladora de procesos termodinámicos, químicos y biológicos inherentes a la evolución y al acontecer terrestre, sin los cuales la vida no sería como la conocemos. La continúa interacción de diversos factores como la temperatura de los océanos, la protección del ozono contra los rayos dañinos emitidos por el Sol, y un clima relativamente cálido permitieron que la vida siguiera su evolución (González, 2005).



La evolución del oxígeno atmosférico a través del tiempo geológico ha sido a la vez una de las principales causas y un efecto importante de la evolución biológica. Esto se debe a que el oxígeno diatómico ( $O_2$ ) es producido por fotosíntesis y es consumido por las plantas y animales por la respiración. En una escala de tiempo geológico (millones de años), los ciclos biogeoquímicos globales de carbono y sulfuro (C y S), que implican el intercambio de la reducción entre las rocas y la atmósfera, además de los océanos, constituyen los principales controles del nivel de  $O_2$ . Por lo tanto, el estudio de estos ciclos y la forma en que pueden haber variado en el pasado geológico es importante para la historia, no sólo de la atmósfera, sino también de los entornos de la superficie de la tierra (Berner, 1999).

La atmósfera terrestre consiste en una mezcla de gases (aire) formada por nitrógeno (78%), oxígeno (21%), gases inertes, hidrógeno, dióxido de carbono y vapor de agua. El conjunto adquiere una característica coloración azul debida a la dispersión de la luz solar por las moléculas del aire. También es la atmósfera la que regula la temperatura terrestre, igualando, aproximadamente, la del día con la de la noche. Ella es la que evita que existan grandes contrastes entre los dos períodos, como sucede con los astros que carecen, por falta de cobertura atmosférica, los cuales gozan de altas temperaturas cuando reciben la luz solar y llegan hasta  $200^\circ C$ . bajo cero con la llegada de las tinieblas (Shakhmurov y Sahmurova, 2011).

## 2.2 Sustancias que hay en la atmósfera

En la atmósfera hay diversas sustancias suspendidas como partículas de polvo, polen, hollín (carbón), metales (plomo, cadmio), asbesto, sales, pequeñas gotas de ácido sulfúrico, dioxinas, pesticidas, etc. Se suele usar la palabra aerosol para referirse a la parte de estos materiales que es de menor tamaño, sean sólidos o líquidos. A los sólidos que forman parte del aerosol se les suele denominar partículas. Se suele llamar polvo a la materia sólida de tamaño un poco mayor (de 20 micras o más). El polvo suele ser un problema local, mientras que los aerosoles pueden ser transportados muy largas distancias (Echarri, 2007).

Según su tamaño pueden permanecer suspendidas en la atmósfera desde uno o dos días, las de 10 micrómetros o más, hasta varios días o semanas, las más

pequeñas. Algunas de estas partículas son especialmente tóxicas para los humanos y, en la práctica, los principales riesgos para la salud humana por la contaminación del aire provienen de este tipo de polución, especialmente abundante en las ciudades. **Aerosoles primarios** Los aerosoles emitidos a la atmósfera directamente desde la superficie del planeta proceden principalmente, de los volcanes, la superficie oceánica, los incendios forestales, polvo del suelo, origen biológico (polen, hongos y bacterias) y actividades humanas (Echarri, 2007).

**Aerosoles secundarios** Los aerosoles secundarios se forman en la atmósfera por diversas reacciones químicas que afectan a gases, Suelen crecer rápidamente a partir de un núcleo inicial. Entre los aerosoles secundarios más abundantes están los iones sulfato alrededor de la mitad de los cuales tienen su origen en emisiones producidas por la actividad humana. Otro componente importante son los iones nitrato (Echarri, 2007). El concepto de medio ambiente ha evolucionado desde una concepción donde solamente se tenía en cuenta el medio físico, a una concepción más amplia que abarca además el medio social, económico, cultural y el propio desarrollo histórico (García *et al.*, 2015).

### **2.3 Ozonofera**

Es una delgadísima capa de unos 20 Km de distancia desde la superficie de la tierra con abundancia de ozono, contiene el 90% de todo el ozono de la atmósfera. Puede parecer una capa muy gruesa, pero a esta altura la presión atmosférica es muy baja. Si todo el ozono de la ozonofera fuese comprimido a la presión del aire al nivel del mar, esta capa tendría solo 3mm de espesor (Rodríguez, 2016b). El ozono es una importante especie de trazas de gases en la troposfera. Puede no sólo afectar a la salud humana en las zonas urbanas como un contaminante de aire secundario sino que también afectan el forzamiento radiactivo y el cambio climático como un invernadero Como gas de un gas reactivo a lo largo de la troposfera, la capa de ozono controla una variedad de reacciones fotoquímicas en la atmósfera (Pengzhen *et al.*, 2015).

El ozono troposférico (O<sub>3</sub>) no sólo afecta negativamente a la salud humana, los rendimientos de los cultivos, y los materiales orgánicos cuando son expuestos a altas concentraciones, sino que también actúa como un gas de efecto invernadero, lo que contribuye directamente al cambio climático global. Por lo tanto, este estudio está motivado por la necesidad de comprender el impacto de los cambios meteorológicos en las concentraciones de ozono superficial. Entre los factores meteorológicos, campos de viento han demostrado ser el factor más importante que controla la distribución de precursores de ozono y la tasa de producción en Houston (Hosseini *et al.*, 2016).

Entre las medidas más importantes auxiliares necesarias para los niveles de ozono ambiental lugar dentro de un contexto químico apropiado es no. Como se ha estudiado anteriormente por varios autores en otros lugares, las concentraciones de NO<sub>x</sub> ambiental determinan si la química radical conduce a la formación de ozono o si las reacciones químicas tienen lugar la terminación de ozono (Cazorla, 2015).

Encontraron que los contaminantes ozono, monóxido de carbono, PM<sub>10</sub> y los factores climáticos temperatura y humedad, mostraron diferente relación con las infecciones respiratorias agudas. Las condiciones climáticas, la distribución de contaminantes en el aire y su concentración varían mes a mes, con precipitaciones que ocurren principalmente entre mayo y octubre y escasean de noviembre a mayo (Vázquez *et al.*, 2012a).

El ozono actúa como filtro, o escudo protector, de las radiaciones nocivas que llegan a la Tierra dejando pasar sólo las que permiten la vida en el planeta. En la mesosfera la temperatura disminuye a medida que se aumenta la altura, hasta llegar a unos -80 °C e incluso -90 °C, es la zona más fría de la atmósfera. Termosfera o ionosfera Dentro de esta capa, la radiación ultravioleta, pero sobre todo los rayos gamma y los rayos X provenientes del Sol, provocan la ionización de átomos y moléculas. La exosfera es la zona de tránsito entre la atmósfera terrestre y el espacio. En esta capa de la atmósfera los gases van perdiendo sus propiedades físico-químicas y

poco a poco se dispersan hasta que la composición es similar a la del espacio. En esta región se encuentran los satélites artificiales y hay un alto contenido de polvo cósmico (Cicese, 2016).

### **2.3.1 La mesosfera**

Se extiende entre los 50 y 80 km de altura. Esos 30 Km contienen el 0.1% de la masa total del aire. Es la zona más fría de la atmósfera, enfriándose de forma más o menos constante desde los 20 °C cerca de la estratopausa hasta los -80 °C en la mesopausa. Es importante por la ionización y las reacciones químicas que ocurren en ella. La mesosfera es la región donde se observan las estrellas fugaces que son meteoritos que se han desintegrado en la termosfera.

### **2.3.2 Ionosfera o termosfera**

Se extiende entre los 80 y los 600 u 800Km de altura. Sus más de 500/700Km albergan solo el 0.1% de los gases. Con esta densidad de aire tan baja, la temperatura varía con la mayor o menor radiación solar tanto durante el día como a lo largo del año. Si el sol está activo, las temperaturas pueden llegar a 1.500°C e incluso más altas. De ahí que se la denomine termosfera. Esta capa actúa de filtro de la radiación solar más energética y nociva: los rayos equis y los rayos gamma. Los rayos X son capaces de atravesar tu piel, tu carne y tus órganos internos, pero no tus huesos, por lo que se utilizan en medicina para hacer radiografías. Los rayos gamma son la energía liberada en los átomos radiactivos (Rodríguez, 2016a).

### **2.3.3 Magnetosfera**

En esta zona se aprecia el campo magnético terrestre. Éste desvía la mayor parte del viento solar formando un escudo protector contra las partículas cargadas de alta energía procedentes del Sol (Rodríguez, 2016a).

### **2.3.4 La exosfera**

Se extiende desde el final de la ionosfera a 600/800Km hasta que el aire escapa a la gravedad del planeta a los 2.000 o 10.000 km de altura. La densidad del aire es tan baja que el límite superior de esta capa es indefinido Es la zona de tránsito entre la atmósfera terrestre y el espacio interplanetario. Algunos de los átomos de aire escapan al espacio (Rodríguez, 2016a).

Sin embargo, aparte de este efecto indirecto, hay un efecto directo de la composición química de los rayos cósmicos en la atmósfera con respecto a la formación de una cantidad adicional de óxidos de nitrógeno y los radicales hidroxilos. Los radicales OH son los principales oxidantes de la troposfera, proporcionando una segunda vuelta de la mayoría de los componentes que contienen H incluyendo metano y sustitutos que agotan el inofensiva para los freones, que tienen propiedades de efecto invernadero (Larin, 2011).

## **2.4 Contaminación en la atmosférica**

Las enormes cantidades de diversos contaminantes peligrosos del aire son los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) son emitidos a la atmósfera, incluyendo los contaminantes tradicionales, tales como el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), monóxido de carbono (CO) y partículas (PM) , así como diversos metales tóxicos pesados , como el mercurio (Hg), cadmio (Cd), cromo (Cr), plomo (Pb), zinc (Zn), arsénico (As), níquel (Ni) y cobre (Cu) , lo que agrava los problemas ambientales locales y regionales, así como contribuir al daño la salud humana y el cambio climático. La producción de cemento se reivindica como la mayor fuente de emisiones de PM (Shenbing *et al.*, 2015).

Aquí se describen las interacciones del cambio climático global en la calidad del aire ambiente y la salud humana que posteriores, como se Describe el papel de Nr en la formación de la contaminación atmosférica, incluyendo óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), ozono (O<sub>3</sub>) y partículas suspendidas (PM). Se resume la evidencia sobre los efectos en la salud humana de estos contaminantes ambientales. La interacción entre el

cambio climático y los cambios en el medio ambiente es probable que conduzca a cambios en los niveles de emisiones de compuestos orgánicos volátiles(COV) vegetación, y potencialmente la composición de esas emisiones también. La oxidación de VOC conduce a los aerosoles orgánicos secundarios, sin embargo, no se conocen las implicaciones potenciales para la salud (Jennifer *et al.*, 2012).

## **2.5 El cambio climático**

El cambio climático interacciones en términos de contaminación del aire ambiente y en la salud humana, incluyen el aumento del número de " alta " el aumento de la duración de la temporada de O<sub>3</sub>, el aumento de las emisiones de COV vegetativas de actividad de la planta, y el aumento de los óxidos de nitrógeno,( NO<sub>x</sub>), COV y PM (Hyvärinena *et al.*, 2012).

Muchas de las sustancias que llegan a la atmósfera reaccionan entre sí y con el agua. Los productos resultantes de esas interacciones son arrastrados por las lluvias como disoluciones o partículas insolubles. El carbono orgánico en la atmósfera proviene de la descomposición de la materia orgánica de origen vegetal, animal y de otras formas de vida, y también de procesos fisiológicos. Los procesos involucrados son naturales o inducidos por la degradación antrópica de los ecosistemas (Fonseca *et al.*, 2013).

Modelos de dispersión atmosférica se utilizan habitualmente para evaluar el impacto de las fuentes de emisión de calidad del aire para diferentes condiciones meteorológicas, configuración de la fuente, y la topografía. Además, estos modelos también se utilizan en las plantas nucleares y químicas para estimar la exposición a los contaminantes peligrosos liberados accidentalmente en la atmósfera. Una evaluación del riesgo se lleva a cabo para cuantificar el riesgo potencial para las poblaciones expuestas y para evaluar las medidas de respuesta o saneamiento. En la actualidad se reconoce ampliamente que el análisis de incertidumbre debe ser

una parte esencial de la modelización de la dispersión de sustancias inflamables y / o peligrosos en la atmósfera (Shankar, 2005).

### **2.5.1 Principales contaminantes**

Dióxido de carbono atmosférico ( $\text{CO}_2$ ) es considerado como uno de los principales gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global y el cambio climático de los cuales la mayor parte es de la combustión de combustibles fósiles. La principal fuente de  $\text{CO}_2$  es la combustión de combustibles fósiles (Suvarna *et al.*, 2016).

Un problema que surge en torno a la actividad industrial está asociado a los contaminantes que se liberan por la quema de combustibles, principalmente material particulado respirable ( $\text{PM}_{10}$ ) y material particulado fino ( $\text{PM}_{2,5}$ ). La participación de las emisiones de  $\text{PM}_{2,5}$  generado por las fuentes industriales de Concepción Metropolitano es de un 22%, el resto del aporte proviene principalmente de la combustión residencial a leña y en menor medida del tránsito vehicular (IIT, 2012).

Las emisiones antropogénicas cambian la composición y la química de la atmósfera que, a su vez, tiene un efecto sobre la dinámica. Estos cambios son las principales razones para el calentamiento climático global, la contaminación del aire y la pérdida de ozono. Todos estos efectos tienen un impacto importante en las condiciones de vida en la Tierra. La comprensión de la evolución de la composición de la atmósfera, así como el acoplamiento entre el clima y la química es un desafío que requiere un eficiente sistema de vigilancia mundial de ozono y otros gases traza, radiación ultravioleta, contaminantes primarios y precursores, junto con la distribución y las propiedades de aerosoles (Pazdur *et al.*, 2013).

El  $\text{NO}_2$  desempeña un papel clave en la calidad del aire y la química atmosférica. Es un contaminante del aire que afectan a la salud humana y los ecosistemas, y un importante precursor de la capa de ozono. Además, el dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ )

está involucrado en los procesos de agotamiento del ozono en la estratosfera y es importante para los estudios sobre el cambio climático, debido al efecto indirecto sobre el clima global (Hassinen *et al.*, 2016).

Entre las medidas más importantes auxiliares necesarias para los niveles de ozono ambiental lugar dentro de un contexto químico apropiado es como se ha estudiado anteriormente por varios autores en otros lugares, las concentraciones de NO<sub>x</sub> ambiental determinan si la química radical conduce a la formación de ozono o si las reacciones químicas tienen lugar la terminación de ozono (Cazorla, 2015).

## **2.6. Forma de reducir las partículas**

La principal forma de reducir el PM<sub>2,5</sub> en las fuentes industriales es mediante la implementación de tecnologías de fin de tubo. Esto se logra con dispositivos que capturan las partículas antes de ser emitidas a la atmósfera, reduciendo considerablemente las emisiones. Para relacionar la reducción de las emisiones en las fuentes industriales con la disminución de las concentraciones en cierta localización o comuna, se utilizan Factores de Emisión - Concentración (FEC) (Rioseco *et al.*, 2015b).

Estos se determinan usando modelos de dispersión y transporte de sustancias en el aire, los que están basados principalmente en ecuaciones matemáticas que simulan el comportamiento de una sustancia en la atmósfera, al incorporar dinámicas de transporte de aerosoles, geografía del lugar, relieves, así como también el patrón de comportamiento de los vientos y los procesos físicos y químicos en el ambiente. Con estos datos de entrada, se determinan los FEC que permiten relacionar las emisiones de MP<sub>2,5</sub> con los niveles de concentración que se generan en los receptores de interés (Rioseco *et al.*, 2015a).

Las actividades humanas causan daños e imponen riesgos sobre el bienestar de los individuos, los ecosistemas y los bienes. Por ejemplo, la energía producida en



una planta eléctrica puede emitir contaminantes que son transportados en la atmósfera y que pueden ser inhalados y ocasionar un riesgo sobre la salud; o que después de ser depositados en el ambiente terminen por afectar los ecosistemas. Los daños que ocurren de esta forma son conocidos como “externalidades” en el argot económico, y no suelen ser tomados en cuenta por la persona o institución que causa el efecto (Rodríguez y García, 2015).

Los impactos de contaminantes comunes del aire sobre la salud, incluye seguimiento y análisis de las partículas, plomo, dióxido de sulfuro, óxido de nitrógeno, monóxido de carbono y el ozono troposférico. Sustancias normalmente presentes en todas las áreas urbanas (Rodríguez y García, 2015). Que miden el impacto de la exposición de corto-plazo sobre las tasas de mortalidad al correlacionar la variación diaria en los principales contaminantes del aire (PM10, PM2.5, SO<sub>2</sub>, etc.) (Rodríguez y García, 2015).

Los gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y NO<sub>2</sub>) permanecen en la atmósfera lo suficiente como para mezclarse de manera uniforme en todo el globo. Ningún cálculo de dispersión sería entonces necesario, pero el cálculo de los impactos es bastante complejo, como se observa en los documentos publicados por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC por su sigla en inglés). Para la mayoría de otros contaminantes atmosféricos en particular, las PM10, NO<sub>x</sub> y SO<sub>2</sub>, la dispersión (Rodríguez y García, 2015).

Algunos estudios realizados por el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial entre 2007 y 2010 en cinco ciudades demostraron que los niños que van a jardines infantiles y están expuestos a mayor contaminación tienen 1,7 veces más riesgo de ausentismo escolar por enfermedad respiratoria respecto a los no expuestos. Adicionalmente, dichos estudios encontraron que por incrementos de 10 y 20 µg/m<sup>3</sup> de la concentración diaria de PM<sub>2,5</sub> aumentan las consultas por enfermedad respiratoria en un 13 y 24%, respectivamente, y que las consultas por enfermedad pulmonar obstructiva crónica aumentan 13% por incrementos de 10

$\mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{PM}_{2,5}$  y 28% por incrementos en  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{PM}_{2,5}$  (Rodríguez y García, 2015).

Tomaron datos de una caracterización realizada para la ciudad de Bogotá en los ambientes próximos a zonas escolares y estudiaron los niveles de material particulado respirable ( $\text{PM}_{10}$ ), material particulado fino ( $\text{PM}_{2.5}$ ) y carbono elemental (BC) en microambientes intramurales y exteriores de cuatro colegios distritales de la ciudad. Tres de estos colegios estaban ubicados en inmediaciones de vías principales, consideradas de alto tráfico vehicular. Los resultados señalan que las concentraciones promedio de contaminación reportadas sugieren que los menores en edad escolar en Bogotá se encuentran expuestos a niveles de contaminación nocivos para la salud (Rodríguez y García, 2015).

## **2.7 Estructura de las partículas**

La “partícula” es un término que se emplea para describir cualquier material sólido o líquido dividido finamente, que es dispersado y arrastrado por el aire y que tiene un tamaño que varía entre  $0.0002$  y  $500 \mu\text{m}$  (Rojano *et al.*, 2013).

Estas partículas son emitidas a la atmósfera por acción del viento, las fuentes de combustión, los puntos de transferencia de material u otras fuentes en el sitio de la mina (Angulo *et al.*, 2011).

La caracterización de  $\text{PST}$  y  $\text{PM}_{10}$  implica definir su composición, la distribución del tamaño de partícula y su morfología (Angulo *et al.*, 2011). Los países con altas inversiones en la industria minera son conscientes del peligro potencial que las emisiones de material particulado (MP) pueden causar a corto y largo plazo, dando lugar a la introducción de nuevas directrices, planes, reglamentos y normas (Petavratzi *et al.*, 2005).

Se dice materia particulada (PM) es un factor de riesgo modificable que contribuye a la morbilidad y mortalidad cardiovascular. Nos proporciona una nueva visión de

que la contaminación del aire por partículas es un desencadenante de infarto de miocardio en el ámbito de la comunidad. Alteración de la función autonómica cardíaca tal como se mide por la variabilidad del ritmo cardíaco (HRV) se considera que es una de las vías fisiopatológicas a través de la cual la contaminación del aire PM influye en el sistema cardiovascular. Reducción de HRV se ha asociado con un mayor riesgo de infarto de miocardio en la población y se ha considerado como un predictor de mayor riesgo de mortalidad en pacientes con insuficiencia cardíaca (Pieters *et al.*, 2012).

El material particulado (PM) es medida como la concentración de partículas de menos de 2,5 o 10  $\mu$ m de diámetro (PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub>) se utiliza para describir la contaminación del aire exterior e interior ambiente, en conjunto con las mediciones del ozono de 100  $\mu$ m de diámetro) son también importantes porque tienen alta. Los altos niveles de exposición ambiental al PM se asocian con bajo peso al nacer, el infarto de miocardio, mortalidad cardiovascular, cáncer de pulmón con los resultados de cáncer de pulmones más pobres reducción de la función pulmonar, y la mortalidad total. Medición de partículas estáticas ha sido el estándar para la evaluación de la contaminación del aire exterior (Rylance *et al.*, 2013).

## **2.8. Aerosoles atmosféricos**

Los aerosoles atmosféricos se definen ampliamente como dispersiones (suspensiones) y de sólido o líquido en la atmósfera. Los término materia particulada (PM) se utiliza comúnmente para representar la fase sólida suspendida la materia en la atmósfera. Estos aerosoles se derivan de una amplia gama de fuentes naturales y antropogénicas en la tierra y en la atmósfera. Los efectos de los aerosoles atmosféricos también están estrechamente vinculados con el destino y transporte de componentes en fase de gas en la atmósfera. El interés primordial en estas mediciones es monitorear las concentraciones en masa de materia en suspensión en el aire ambiente como un indicador directo de los posibles riesgos para la salud humana (Badr *et al.*, 2014).

Este es también los datos de aerosoles atmosféricos más comúnmente encontrados en la literatura sobre el aire ambiente. Agencias reguladoras actualmente en todo el mundo han designado varios tamaños de partículas y las normas emitidas al ambiente. Estos son PM10 y PM2.5, donde el subíndice se refiere al tamaño de partícula representado como un diámetro aerodinámico (en micras) límite de corte. Por ejemplo, PM10 se refiere a una concentración de PM con un diámetro aerodinámico menor que 10 micras (Badr *et al.*, 2014).

## **2.9 Causas y actividades que generan contaminación**

Las actividades humanas, por ejemplo, la industria y el movimiento vehicular, se consideran las principales fuentes de emisión de material particulado que, en conjunto con factores meteorológicos y topográficos, hacen que el comportamiento del PM10 varíe temporalmente de manera irregular en la atmósfera. (Reina y Olaya, 2014) Una medida de las actividades humanas está asociada al día de la semana, puesto que el tráfico vehicular aumenta durante los días laborales y también los niveles de concentración de los contaminantes atmosféricos (Ballester y Pérez, 1999).

El control de las concentraciones de los contaminantes en la atmósfera es un tema de vital interés a nivel mundial. No sólo en los niveles que se presentan problemas graves para la salud humana, sino también cuando estas concentraciones no representan mayores inconvenientes para los seres humanos. Entre los contaminantes considerados como peligrosos en la atmósfera, se encuentra el Ozono Troposférico (O<sub>3</sub>) y el Monóxido de Carbono (CO) (Olaya *et al.*, 2014).

Las características de las emisiones de fuentes móviles en esta región pueden también ser substancialmente diferentes de las emisiones por fuentes móviles en otras ciudades. Debido al intenso dinamismo en el comercio de vehículos y las facilidades de traslado entre ambos países, la densidad vehicular (número de vehículos por persona) en las ciudades fronterizas de Tijuana y Mexicali es de los

más altos del país y además los vehículos antiguos tienden a permanecer más tiempo en circulación (Center, 2011).

### **2.10 Que son las partículas**

El material particulado es una mezcla de sustancias sólidas y líquidas suspendidas en el aire que, dependiendo de sus características físicas y químicas, pueden generar varios efectos nocivos en la salud de los seres humanos y en los ecosistemas ambientales. Un indicador de este tipo de contaminante se conoce como PM10, partículas cuyo diámetro es inferior a 10 micrómetros, que al penetrar la tráquea, los pulmones y los bronquios pueden causar múltiples enfermedades tales como afecciones pulmonares, asma, obstrucción pulmonar crónica y cáncer pulmonar. También son fuente potencial de problemas en la vista, problemas cardiovasculares y congestiones cardíacas (Perez *et al.*, 2010).

### **2.11 Donde se generan las partículas**

Las principales fuentes de contaminación del aire incluyen el tráfico, centrales eléctricas y en los países en desarrollo, la combustión de biomasa. Ambas partículas y gases se emiten a través de la combustión. El material particulado con diámetro aerodinámico <10 micrómetros (PM10) incluye partículas ultrafinas (PM1.0), partículas finas (PM2.5), y partículas gruesas (PM10-2.5).

Las partículas ultrafinas son emitidas en el escape fresco y se unen en PM2.5 dentro de un corto período de tiempo. PM2.5 incluye tantas fuentes locales de emisiones del tráfico y las calefacciones domésticas y fuentes regionales de las centrales eléctricas, las emisiones biogénicas, y el tráfico, mientras que las partículas gruesas son una mezcla heterogénea que incluye el polvo del camino, endotoxinas, y la materia de la corteza en suspensión. CO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, y el ozono troposférico (O<sub>3</sub>) son los contaminantes gaseosos emitidos como resultado de los procesos de combustión.

CO se atribuye principalmente a las fuentes móviles en entornos urbanos, y el NO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> se forman rápidamente en las emisiones de fuentes de combustión tales como plantas de tráfico y de potencia. La principal fuente de SO<sub>2</sub> es de centrales eléctricas de combustibles fósiles. A nivel del suelo O<sub>3</sub> se forma como resultado de las reacciones atmosféricas de NO<sub>2</sub> con hidrocarburos en presencia de luz solar y es un constituyente principal de la niebla fotoquímica. Varios de los contaminantes mencionados se regulan en base a la evidencia de efectos adversos de salud. Posibles rutas mecánicas que incluyen la inducción de estrés oxidativo, la inflamación, la aterosclerosis y la desregulación autonómica se han descrito en detalle y están más allá del alcance de la revisión actual (Patter y Mittleman, 2014).

En el ambiente, los contaminantes atmosféricos emitidos por fuentes antropogénicas, tales como el monóxido de carbono (CO) que resultan de la combustión incompleta de materiales de carbono, el ozono (O<sub>3</sub>), un contaminante secundario generado en la niebla fotoquímica, y el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) emitida durante la combustión de combustibles fósiles. El efecto directo de los contaminantes del aire de polen y en su potencial alergénico es actualmente un importante tema científico (Gonc *et al.*, 2013).

Las partículas suspendidas tienen características únicas entre los contaminantes atmosféricos. Mientras que los contaminantes en fase gaseosa, como el dióxido de azufre, el monóxido de carbono y los óxidos de nitrógeno, son compuestos químicos bien definidos, las partículas varían en cuanto a su forma, tamaño, composición química y permanencia en la atmósfera. (lineaverde, 2016) Los principales contaminantes emitidos por los vehículos de motor son el monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>, incluyendo NO y NO<sub>2</sub>), hidrocarburos (HC) y partículas (PM). De escape de vehículos se ha convertido en la principal fuente de contaminación del aire (Zhou *et al.*, 2014).

El aumento anual en la emisión de gases contaminantes generados por las fuentes móviles y fijas como: los Óxidos de Nitrógeno (1,6 %), Dióxido de Carbono (3,1 %)

y Monóxido de Carbono (0,8 %); contribuyen a la formación de Ozono Troposférico (5,6 %) cuando éstos reaccionan con la Humedad relativa (65 %), Temperatura (25 °C) y la Radiación Solar (650 Kv/m<sup>2</sup>). (Granada et al., 2011) La contaminación atmosférica urbana es una mezcla compleja de partículas y gases derivados de una variedad de fuentes que se altera por el sol y la temperatura para producir una gama de productos de transformación atmosféricos (Marini, 2013).

El tráfico es una importante fuente de esta contaminación del aire, contribuyendo dióxido de carbono, monóxido de carbono, diversos hidrocarburos, dióxido de nitrógeno, partículas (PM), compuestos orgánicos volátiles (por ejemplo, benceno, acetaldehído, 1,3-butadieno y el formaldehído), metales pesados y secundaria productos de reacción tales como el ozono, nitratos y ácidos orgánicos los gases de escape de los vehículos de gasolina y diesel es con frecuencia una fuente importante de la PM en el aire urbano, especialmente PM<sub>2.5</sub> (partículas finas con un diámetro aerodinámico de la mediana de 2,5 micras), que entra en el aparato respiratorio tracto y potencialmente el sistema circulatorio más fácilmente; generalmente es más genotóxico que las partículas más grandes. No es sorprendente que las concentraciones de PM 2,5, así como otros componentes de la contaminación del aire, son generalmente más altos cerca de las carreteras con altos niveles de tráfico de vehículos (Marini, 2013).

Estamos muy acostumbrados a escuchar que la industria y los automóviles son los principales responsables de la contaminación del aire y, aunque esto es cierto, no siempre nos damos cuenta de que nosotros participamos en su generación al hacer uso de estos sectores. Por ejemplo, contribuimos en mayor o menor medida con la emisión de contaminantes cuando vamos a nuestras escuelas o trabajos y empleamos un transporte ya sea particular o público, cuando usamos ropas y productos que son producidos por la industria y cuando empleamos electricidad (Semarnat, 2016).

### **2.12 Las actividades consideradas como contaminantes.**

La contaminación de la atmósfera no sólo tiene su origen en la industria o nuestros hogares o carros. Los fenómenos naturales que se producen en la superficie o en el interior de la Tierra como el caso de las erupciones volcánicas, que produce emisiones de gases, vapores, polvos y aerosoles-, también contribuyen a la contaminación del aire. Los principales contaminantes relacionados con la calidad del aire son el bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), las partículas suspendidas, compuestos orgánicos volátiles (COV) y el ozono (O<sub>3</sub>). Los contaminantes tienen diversos efectos sobre nuestra salud y pueden afectar en mayor medida a las personas más vulnerables, es decir, a niños, adultos mayores y personas con enfermedades respiratorias (Semarnat, 2016).

Aquí se describen las interacciones del cambio climático Nr y global en la calidad del aire ambiente y la salud humana que posteriores, como se Describe el papel de Nr en la formación de la contaminación atmosférica, incluyendo óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), ozono (O<sub>3</sub>) y partículas suspendidas (PM). Se resume la evidencia sobre los efectos en la salud humana de estos contaminantes ambientales. La interacción entre el cambio climático y los cambios en Nr en el medio ambiente es probable que conduzca a cambios en los niveles de emisiones de COV vegetación, y potencialmente la composición de esas emisiones también. La oxidación de VOC conduce a los aerosoles orgánicos secundarios, sin embargo, no se conocen las implicaciones potenciales para la salud de la SOA (Jennifer *et al.*, 2012).

En todo el mundo, los desarrollos urbanos e industriales han sido responsables del aumento de las emisiones de contaminantes atmosféricos. Estas emisiones interfieren directamente con la salud de la población urbana en general. Por lo tanto, los efectos para la salud de la contaminación del aire han sido objeto de intenso estudio en los últimos años. Problemas ambientales y de salud graves también se han observado en la ciudad de Sao Paulo, una de las ciudades más grandes y pobladas del mundo (Saiki *et al.*, 2013).



La Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC) ha clasificado la exposición a partículas (PM) en la contaminación del aire como un carcinógeno humano. Numerosos estudios sobre los cambios, mutaciones, aductos de ADN voluminosos citogenéticas y puntos finales de la prueba del cometa fueron evaluados por el grupo de trabajo de la IARC en la búsqueda de describir los mecanismos de carcinogénesis de partículas de contaminación del aire. La fracción PM de la contaminación del aire es una mezcla compleja, que consiste en partículas de diferente tamaño y composición química. Las fracciones de tamaño comprender PM con diámetro aerodinámico <10 micras (PM10), 2,5 micras (PM 2,5) o 100 nm partículas ultrafinas (UFP) o nanopartículas, mientras que las partículas gruesas tienen un diámetro aerodinámico entre 2,5 y 10 micras (PM10- 2.5). La naturaleza de las partículas de contaminación del aire depende de la fuente de emisión, así como las condiciones atmosféricas en la zona geográfica en la que han sido recogidos (Moller et al., 2014).

### **2.13 Daños a la salud**

Cada año, cientos de millones de personas sufren de enfermedades respiratorias y otras asociadas con la contaminación del aire, tanto en ambientes interiores como exteriores. Existen grupos poblacionales expuestos a fuentes fijas de contaminantes atmosféricos que carecen de zonas de protección sanitaria; industrias que cuentan con chimeneas de baja altura, lo que aumenta la acción contaminante de sus emanaciones, y en muchas ocasiones no disponen de medidas de control para la disminución de la contaminación a la atmósfera (Romero *et al.*, 2006).

Un gran cuerpo de evidencia apoya la asociación entre la exposición a la contaminación del aire ambiente y aumento de la mortalidad y morbilidad cardiovascular, pero sólo recientemente han demostrado varios estudios específicamente una asociación con un mayor riesgo de accidente cerebrovascular (Petter *et al.*, 2014). Es bien sabido que las partículas inhalables (tales como PM10) son lo suficientemente pequeños para alcanzar profundamente en los pulmones, y

PM1.0 puede entrar en el torrente sanguíneo, lo que puede inducir riesgos incluso más altas que las partículas más grandes (Zhu *et al.*, 2016). Hasta hace pocos años, la mayoría de las investigaciones sobre los efectos en la salud de la contaminación del aire se concentraron en los contaminantes del aire al aire libre (Hulin *et al.*, 2012).

#### **2.14 Contaminación por vías respiratorias**

Los efectos de la contaminación del aire por partículas en las vías respiratorias a la salud se reconocen universalmente. Gracias a los resultados de diversos estudios que examinan los síntomas respiratorios, exacerbación de las enfermedades respiratorias, disminución de la función pulmonar y la mortalidad en pacientes con enfermedad crónica y enfermedades respiratorias o por causas respiratorias. Los efectos a corto plazo de las partículas con un 50% de corte de diámetro aerodinámico de 10  $\mu$  (PM10) sobre la mortalidad diaria se han estimado para estar en el gama de 0,3 a 1,5% por PM10 (Faustini *et al.*, 2011).

Varios estudios han demostrado que la exposición de la contaminación atmosférica, los niveles por debajo de los límites establecidos por las normas reguladoras actuales están asociados con efectos adversos significativos sobre la salud respiratoria infantil. Estos resultados demostraron que la exposición a largo plazo a la contaminación del aire ambiente entorpece seriamente la salud respiratoria de los niños, que puede conducir a consecuencias irreversibles para la salud y que pueden llevar a la morbilidad y la mortalidad prematura en el futuro. Varios estudios han demostrado que la exposición a la contaminación atmosférica (Berhane *et al.*, 2010).

En los seres humanos, la toxicidad de las fracciones de partículas ultrafinas (contaminación atmosférica) se ha sugerido en estudios epidemiológicos demuestran una mayor incidencia de enfermedades pulmonares (neumonía, asma, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, cáncer) o la morbilidad y mortalidad cardiovascular sigue siendo claro si estos efectos extra-pulmonar están relacionados con la translocación extra-pulmonar (Rinaldo *et al.*, 2015).

La Asociación Americana del Corazón 2010, la Organización Mundial de la Salud estima que la masa de las partículas finas <2,5 micras de diámetro aerodinámico (PM 2.5) contribuyó a 800 000 muertes prematuras al año, ocupando el PM2.5 como el líder 13 mortalidad causa de todo el mundo Después de una extensa revisión de estudios sobre los efectos cardiovasculares de la PM 2.5, diseñado como un seguimiento de una declaración científica, el informe llegó a varias conclusiones nuevas: La exposición a niveles elevados de PM2.5 más de un par de horas a semanas puede desencadenar la enfermedad cardiovascular la mortalidad y los eventos no fatales relacionadas. Las reducciones en los niveles de materia particulada (PM) están asociados con la disminución de la mortalidad cardiovascular en un plazo tan corto como unos pocos años (Diane *et al.*, 2016).

### **2.15 Los niños y ancianos son el susceptible a las enfermedades causadas por la contaminación**

Aunque toda la población está afectada por la calidad del aire, Los niños son más susceptibles porque sus pulmones y el sistema inmunológico se están desarrollando, además de que son más activos en ambientes con altos niveles de contaminantes, por lo que reciben dosis más altas en comparación con los adultos, debido a las diferencias en las tasas y patrones de respiración. Los niños asmáticos son aún más susceptibles debido a inflamación e hiperreactividad de las vías aéreas. Los ancianos son la otra población potencialmente con mayor riesgo de efectos sobre la salud debido a envejecimiento normal o patológico. Sin embargo, hay pocos datos sobre esta patología. Además de la edad, hay otros factores que contribuyen a la susceptibilidad individual como son el género, la sensibilidad a las enfermedades (ANMMa, 2015b).

La asociación entre la exposición la contaminación del aire ambiente y el riesgo de cáncer de pulmón se ha evaluado en varios estudios prospectivos. La evidencia que vincula la exposición a contaminantes del aire urbano, importa principalmente de partículas (PM2.5 o PM10), con el cáncer de pulmón es generalmente consistente,

aunque no siempre se alcanzó significación estadística formal (Demetriou *et al.*, 2012).

### **2.16 Contaminación por hidrocarburos**

En la actualidad, la contaminación por la combustión de hidrocarburos (gasolinas, gas y diesel), de los automotores es el primer causante de la contaminación aérea en las ciudades de los países industrializados, mientras que las plantas industriales poco eficientes lo son para los países en vías de desarrollo. Sin embargo, no se deben subestimar otras fuentes de contaminación, ya sean de origen natural o bien causadas por el hombre; dentro de las primeras tenemos los desiertos de arena, la sal marina, incendios y ceniza volcánica, los cuales se suman al resto de partículas que contaminan el aire (ANMMa, 2015a).

La degradación de la calidad del aire causada por uno o más contaminantes, cuyos niveles de concentración y tiempo de exposición puede variar, muchas veces son el origen del asma o sus exacerbaciones. Al aire libre los niveles elevados de contaminantes se han asociado con un incremento en su incidencia, pero no se ha podido establecer su papel. También existen contaminantes dentro de las instalaciones, como casas, oficinas o escuelas, que es donde los individuos pasan entre 80 y 90% de su tiempo (ANMMa, 2015c).

### **2.17 Efectos en el ambiente**

Un contaminante del aire se compone de cualquier sustancia atmosférica que pueda perjudicar a los seres humanos, los animales, la vegetación o material. En lo que se refiere a los seres humanos, un contaminante del aire puede representar un peligro presente o potencial para la salud humana o puede causar o contribuir a un aumento de la mortalidad o enfermedad grave (Dagouassat *et al.*, 2012).

La contaminación atmosférica afecta negativamente al medio ambiente natural, la salud humana, y los productos de la actividad humana. A pesar de las diversas

medidas preventivas, los niveles de contaminación atmosférica sigue aumentando en algunas zonas (Polkowska *et al.*, 2013).

En las últimas décadas la problemática de la contaminación del aire ha sido de primordial interés, en el nivel local, regional y global, desde el punto de vista ambiental y de la salud humana. La presencia de partículas, monóxido de carbono, oxidantes fotoquímicos y óxidos de azufre y nitrógeno en áreas urbanas se ha señalado como la responsable de tal problemática. De acuerdo con los reportes presentados por la Red de Vigilancia de la Calidad del Aire –Redaire– (red establecida mediante convenio interinstitucional para el estudio de la calidad del aire en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá), esta situación no le es ajena al Valle de Aburrá, y el panorama no es nada alentador, debido a que en algunos puntos se están presentando eventos de calidad del aire que sobrepasan los niveles máximos permisibles, de acuerdo con la normativa nacional vigente (Londoño *et al.*, 2011).

Un componente fundamental y difícil de Ciencias de la Tierra es la correcta atribución del cambio climático observado a las variaciones de la radiación solar. La respuesta de la atmósfera a la variabilidad solar debe ser determinada, y el mecanismo físico que explica esta respuesta debe ser entendido. Este es un tema muy complejo, ya que, entre otros factores, los efectos del sol producen de forma simultánea con otras influencias naturales y antropogénicas y los patrones espaciales complejas presentes (Eliás, 2010).

México es el segundo país con mayor número de muertes por contaminación atmosférica de toda América Latina. Así lo reporta un estudio realizado por el Clean Air Institute, en el que se destaca que, de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), México registra 15 mil decesos por año atribuibles a la contaminación del aire ambiental, siendo únicamente superada por Brasil, que acumula 23 mil muertes. Argentina ocupa el tercer lugar con algo más de 10 mil decesos relacionados con la contaminación (Hernández y Ureste, 2013).

### III MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Ubicación del área de estudio

La Comarca Lagunera se ubica entre los paralelos 24° 22' y 26° 23' de latitud norte y entre los meridianos 101° 41' a 104° 61' de longitud oeste, tiene una superficie de 47887 km<sup>2</sup>, una altitud media de 1100 m, una extensión montañosa y una superficie plana donde se localiza el área agrícola. Su clima es seco desértico, con lluvias en verano e invierno fresco, la precipitación pluvial media anual es 258 mm y la evaporación media anual es 2000 mm, por lo cual la relación precipitación - evaporación es 1:10; la temperatura media anual es 21 °C con máxima de 33.7 °C y mínima 7.5 °C.

Los datos fueron tomados de tres casetas de monitoreo de la calidad de aire que se ubican en:

Núcleo Universitario de Gómez Palacio, Dgo (NUGP), con ubicación en las siguientes coordenadas; Latitud norte: 25.589148 | Longitud oeste -103.485862  
Altitud: 1122 metros sobre el nivel del mar.

Caseta TEC LERDO, Dgo (TECLERDO). Con las siguientes coordenadas geográficas: Latitud norte: 25.580063 Longitud oeste: 103.398172 Altitud: 103 metros sobre el nivel del mar y en

CONALEP de Torreón, Coah. (CONALEP). Que tiene Latitud norte 25.542844 | Longitud oeste: -103.406786 Altitud: 1128 metros sobre el nivel del mar se realizará esta investigación con el propósito de detectar los niveles de partículas en la comarca lagunera.

### **3.2 Toma de lecturas**

Se tomaron datos de partículas PM10 del equipos marca BAM-1020 (Monitor de partículas continuas) durante todo los días del mes de abril del 2015 y 2016 se tomaron datos diariamente de partículas PM10 y se determinó en qué periodo el nivel de contaminación atmosférica fue más elevado, esto para ver si los contaminantes atmosféricos están aumentando o continúan en el mismo nivel.

Una vez teniendo los datos de los 30 días del mes de abril de 2015 y los datos del 2016 se pasaron a Excel y fueron elaboradas gráficas que muestran el comportamiento de la emisión de partículas PM10 en cada caseta evaluada.

### **3.3 Análisis estadístico**

Se calculó en Excel la Media, Mediana, Moda, Desviación estándar, Varianza de la muestra así mismo se obtuvieron las gráficas que mostraron el comportamiento. Además se hizo un análisis de varianza empleando el programa ESTAFUANL Versión 1.1 para la comparación de medias donde se utilizó el método de Tukey.

Los datos obtenidos fueron comparados con los límites máximos permisibles vigentes según la NOM-025-SSA1-2014, para PM10.

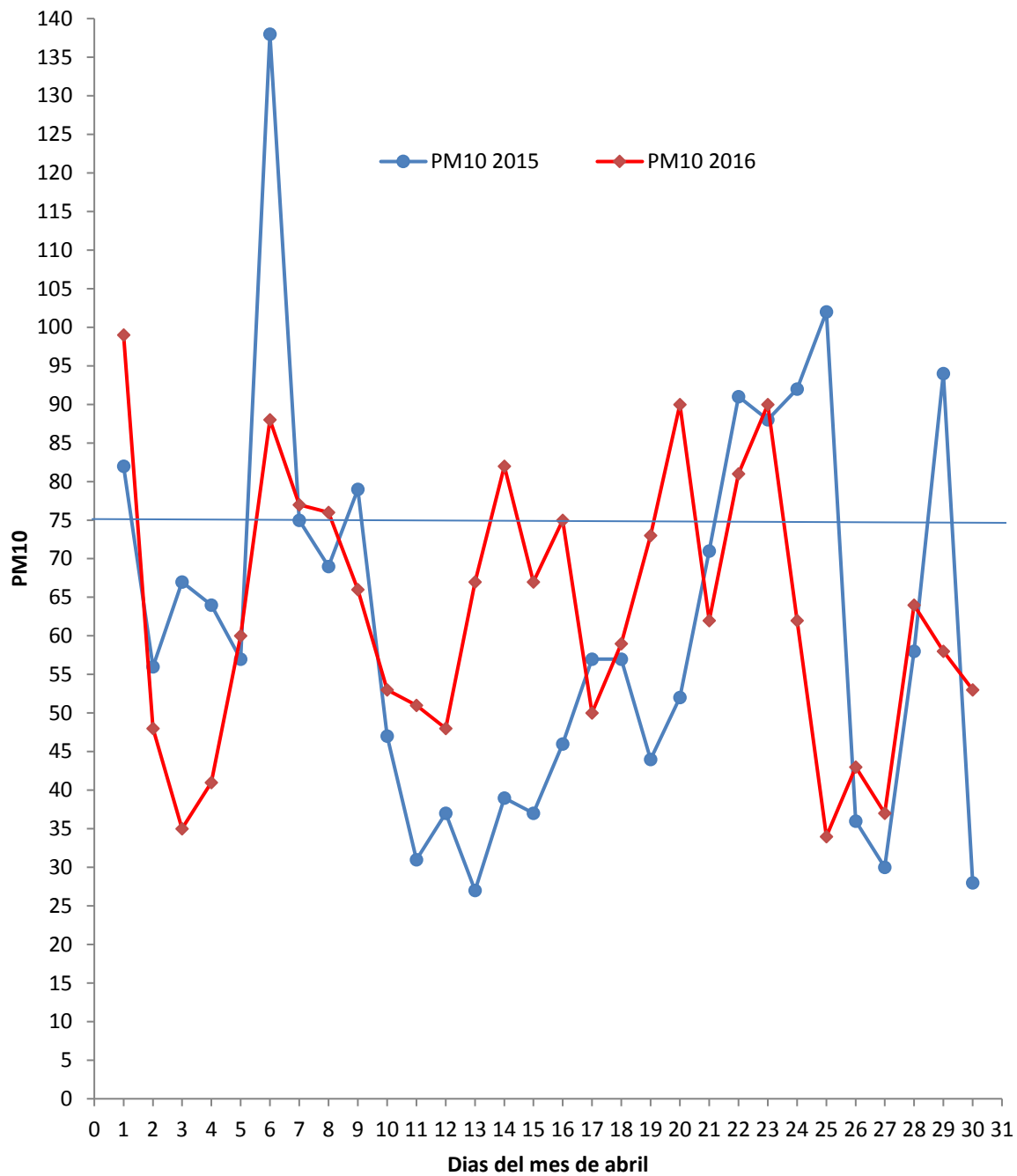
## IV RESULTADOS

### 4.1. Comportamiento diario de emisión de material particulado PM10 DE LA Caseta de Lerdo Durango (TEC LERDO)

En la Figura 1, se pueden ver los datos de la caseta TEC LERDO en la ciudad de Gómez Palacio, Dgo., donde hubo en total 8 violaciones a la norma en referencia, (del 1 de abril al 30 de abril de 2015 con los siguientes promedios el día 1 de abril fue con  $82 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 6 con  $138 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el día 9 con  $78 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 22 con  $91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 23 con  $88 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 24 con  $92 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 25 con  $102 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y 29 de abril 2015 con  $94 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Obteniendo un máximo de  $138$  y un mínimo de  $78 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Mientras que para el año 2016 el número de datos que sobrepasaron a la norma fueron los mismos pero con diferentes promedios el días 1 de abril con  $99 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 6 con  $88 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el día 7 con  $77 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 8 con  $76 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 14 con  $82 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , día 20 con  $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 22 con  $81 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y 23 de abril con  $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).obteniendo un máximo de  $99 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y un mínimo  $76 \mu\text{g}/\text{m}^3$



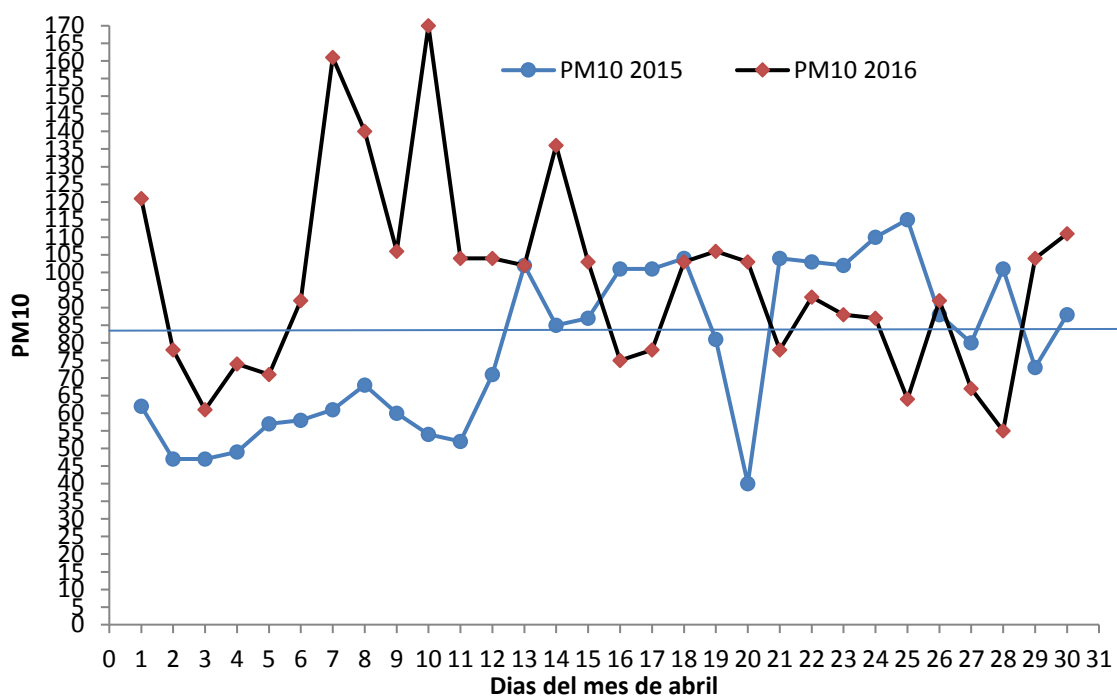




**Figura.1: Concentración de PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) de la caseta de TEC LERDO del mes de abril del 2015 y 2016**

## 4.2 Comportamiento diario de emisión de material particulado PM10 de la Caseta Gómez Palacio Durango (NUGP)

En la Figura 2 muestra datos encontrados para la caseta del Núcleo Universitario ubicada en la ciudad de Gómez Palacio, Dgo., en el 2015 en total se leyeron 30 datos de los cuales 16 datos sobrepasaron la norma. Mientras que para 2016 fueron 23 los que sobrepasaron los límites máximos permisibles basado en la (NOM-025-SSA1, 2014). Que establece un máximo permisible de  $75\mu\text{g}/\text{m}^3$  en la (figura 2) podemos observar los datos que sobresalen por encima de la línea, son los días más altos en emisiones de partículas y están sobre los límites permisible los que sobrepasaron estuvieron en un rango de 78 como mínimo – 170 como máximo en 2016 en cambio para el año 2015 los más altos van de un rango de 81 a 115.



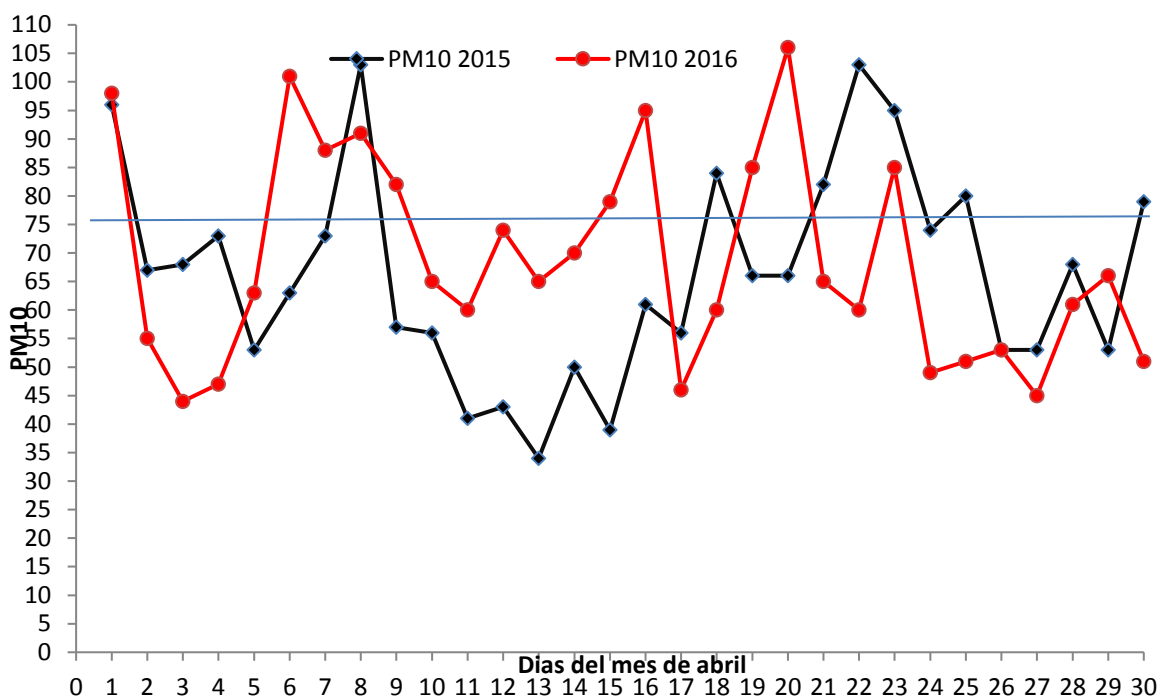
**Figura. 2: Concentración de PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) de la caseta NUGP de Gómez Palacio de los días del mes de abril 2015 y 2016**

#### 4.2.1 Niveles de datos que ya están graficados caseta (NUGP)

Como ya se ha mencionado antes las violaciones a la normatividad en 2015 fueron 16 (el días 13 de abril con  $102 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 14 con  $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el día 15 con  $87\mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 16 con  $101 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 17 con  $101\mu\text{g}/\text{m}^3$ , día 18 con  $104 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 19 con  $81\mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 21 con  $104 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el día 22 con  $103\mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 23 con  $102 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 24 con  $110\mu\text{g}/\text{m}^3$ , día 25 con  $115 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 26 con  $88\mu\text{g}/\text{m}^3$ , día 27 con  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 28 con  $101\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 30 de abril con  $88\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Mientras que para el año 2016 las violaciones fueron 23 el días 1 de abril con  $121 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 2 con  $78 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el día 6 con  $92\mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 7 con  $161 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 8 con  $140\mu\text{g}/\text{m}^3$ , día 9 con  $106\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 10 con  $170\mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 11 con  $104 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el día 12 con  $104\mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 13 con  $102 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 14 con  $136 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , día 15 con  $103 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 17 con  $78\mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 18 con  $103 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el día 19 con  $106\mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 20 con  $103 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 21 con  $78\mu\text{g}/\text{m}^3$ , día 22 con  $93 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 23 con  $88\mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 24 con  $87 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el día 26 con  $92 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 29 con  $104$  y el 30 de abril con  $111\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

#### 4.3 Comportamiento diario de emisión de material particulado PM10 de la Caseta Torreón Coahuila (CONALEP)

Para la caseta del CONALEP Torreón (Figura. 3) en esta zona se encontraron 8 datos que sobrepasan los límites máximos permisibles basado en la (NOM-025-SSA1, 2014). Que establece un máximo permisible de  $75\mu\text{g}/\text{m}^3$  en el año 2015 mientras que en 2016 hubieron 10 datos que sobrepasan los límites máximos permisibles que establece la norma la (figura 3) se pueden ver los datos que sobresalen por encima de la línea, son los días más altos en emisiones de partículas y están sobre los límites permisible, se puede ver que en esta caseta estuvieron en un rango de 80 – 103 para el año 2015 mientras para el año 2016 los más altos van de un rango de 79 a 106.



**Figura. 3: Concentración de PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) de la caseta CONALEP Torreón de los días del mes de abril 2015 y 2016**

#### 4.3.1 Niveles de datos que ya están graficados caseta (CONALEP)

Como ya se ha visto antes aquí se puede observar los días que se sobrepasaron a la norma, en esta zona hubo en total 8 violaciones a la norma en 2015 se puede observar a continuación (el día 1 de abril con  $96\mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 8 con  $103\mu\text{g}/\text{m}^3$ , el día 18 con  $84\mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 21 con  $82\mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 22 con  $103\mu\text{g}/\text{m}^3$ , día 23 con  $95\mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 25 con  $80\mu\text{g}/\text{m}^3$ , y el 30 de abril con  $79\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Mientras que para el año 2016 las violaciones fueron 10 el día 1 de abril con  $98\mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 6 con  $101\mu\text{g}/\text{m}^3$ , el día 7 con  $88\mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 8 con  $91\mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 9 con  $82\mu\text{g}/\text{m}^3$ , día 15 con  $79\mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 16 con  $95\mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 19 con  $85\mu\text{g}/\text{m}^3$ , el día 20 con  $106\mu\text{g}/\text{m}^3$ , y el 23 de abril con  $85\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

#### 4.4 Análisis de Datos Estadísticos

Para la comparación de los datos de un año con respecto al otro, referentes a la presencia de material particulado en la atmosfera, de las tres casetas, se obtuvieron el análisis de varianzas de los dos años donde además se determinaron las correlaciones en las tres casetas.

#### 4.5. Comparación de medias en tres casetas para el año 2015

En el Cuadro 1 se observan datos medios con diferencias estadísticamente significativas para las tres estaciones, en el año 2015. Los valores más altos fueron para la caseta NUGP con  $78.367\mu\text{g}/\text{m}^3$  y los valores intermedios fueron para CONALEP con  $66.3\mu\text{g}/\text{m}^3$  los valores más bajos se registraron en la estación TEC LERDO con  $61.7\mu\text{g}/\text{m}^3$  esto quiere decir que los niveles de contaminación más elevado son los de la caseta del núcleo universitario de Gómez palacio ya que les sigue la caseta CONALEP Torreón y por último la caseta TEC LERDO.

**Cuadro 1. Comparación de medias de las tres casetas 2015.**

| Casetas            | Media 2015 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | Grupo |
|--------------------|--|-------|
| TEC (Lerdo)        | 61.7                                   | b     |
| NUGP Gómez Palacio | 78.367                                 | a     |
| CONALEP (Torreón)  | 66.3                                   | ab    |

Letras iguales en la misma columna indican valores estadísticamente iguales (Tukey  $p \leq 0.05$ )

#### 4.6. Comparación de las tres casetas para el año 2016

En el (cuadro 2) se muestran valores medios para el año 2016 en tres estaciones evaluadas donde no hubo diferencias significativas y se observa que la estación CONALEP fue el que obtuvo un valor más alto con  $68.667 \mu\text{g}/\text{m}^3$  le siguió la estación NUGP con valores intermedios de  $66.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y la estación TEC LERDO registro valores más bajos  $62.967 \mu\text{g}/\text{m}^3$  esto quiere decir que los niveles de contaminación están en un mismo rango para este año ya que no existe diferencias estadísticas, las tres casetas pertenecen al mismo grupo.

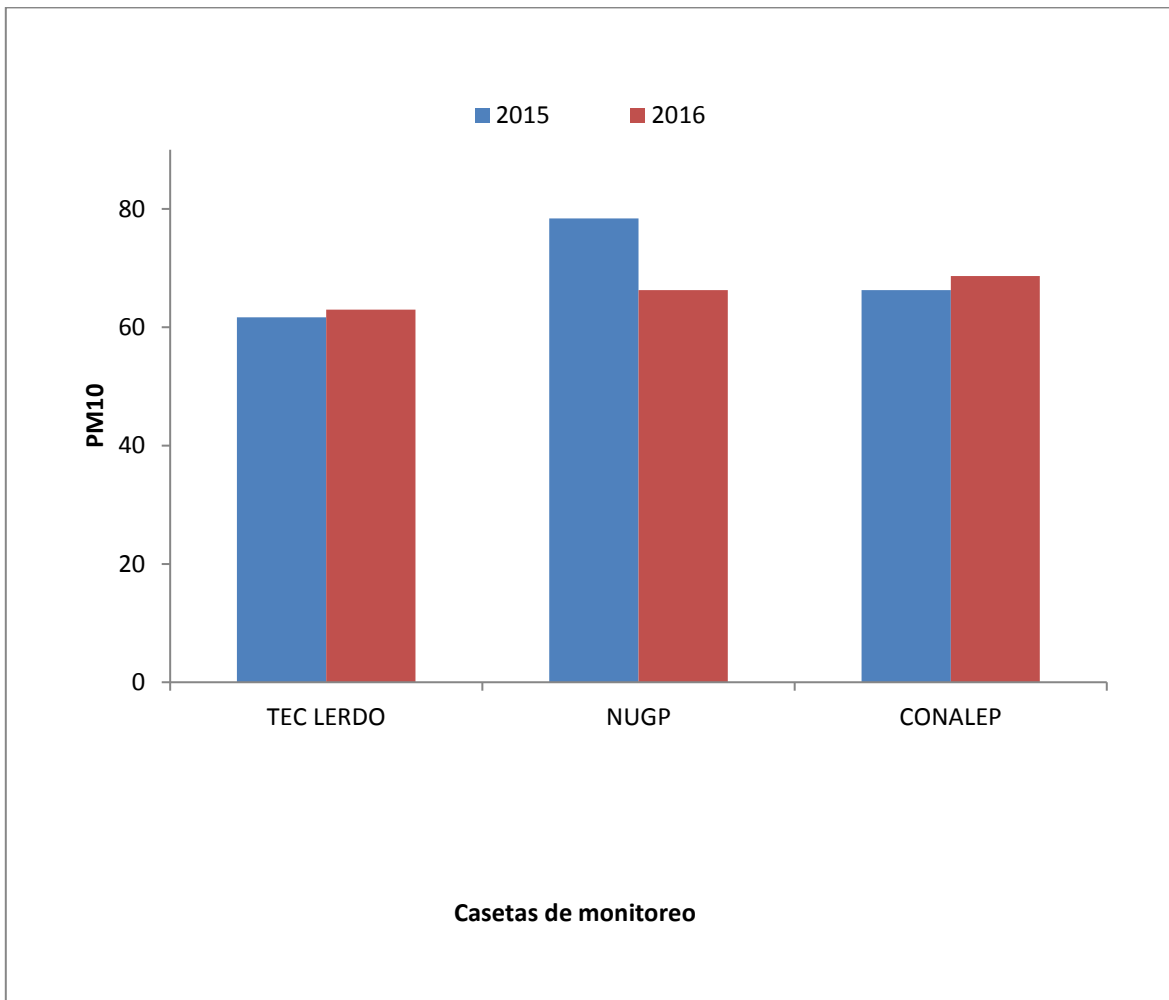
**Cuadro 2. Comparación de medias de las tres casetas 2016.**

| <b>Casetas</b>     | <b>Media 2016</b>        | <b>Grupo</b> |
|--------------------|--------------------------|--------------|
|                    | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |              |
| TEC Lerdo          | 62.96                    | a            |
| NUGP Gómez Palacio | 66.3                     | a            |
| CONALEP Torreón    | 68.66                    | a            |

Letras iguales en la misma columna indican valores estadísticamente iguales (Tukey  $p \leq 0.05$ )

#### 4.7 Comparación de medias

En la (figura 4) se observó las medias de ambos años donde en el 2015 tiene una promedio de diferencia de 13.882. Y Para las muestras de 2016 se obtuvieron diferencia de 11.112. Lo cual indica que no es mucha la diferencia entre ambos años.



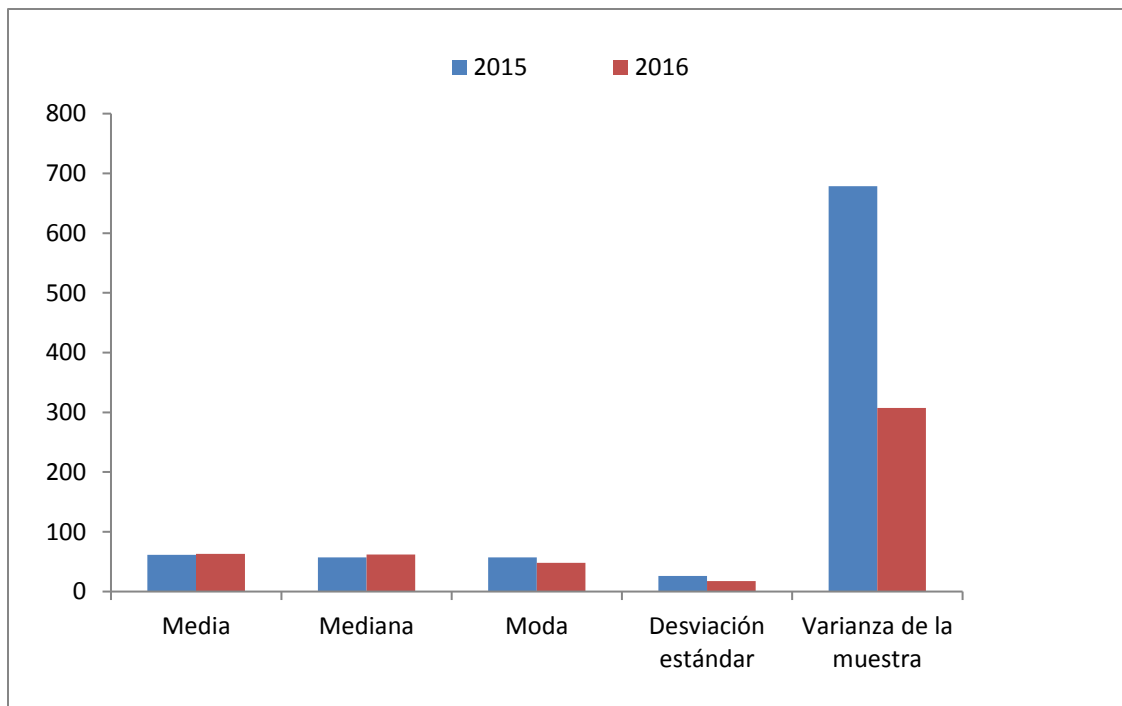
**Figura. 4: Medias de la concentración de PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) de las tres casetas de monitoreo de la calidad del aire del mes de abril del 2015 y 2016**



#### 4.8 Análisis de Datos Estadístico sacados en Excel

**Cuadro 3. Análisis estadísticos de la caseta TEC Ierdo de los días del mes de abril 2015 y 2016.**

| Análisis estadísticos | 2015       | 2016       |
|-----------------------|------------|------------|
| Mediana               | 57         | 62         |
| Moda                  | 57         | 48         |
| Desviación estándar   | 26.0531949 | 17.5331869 |
| Varianza de muestra   | 678.768966 | 307.412644 |

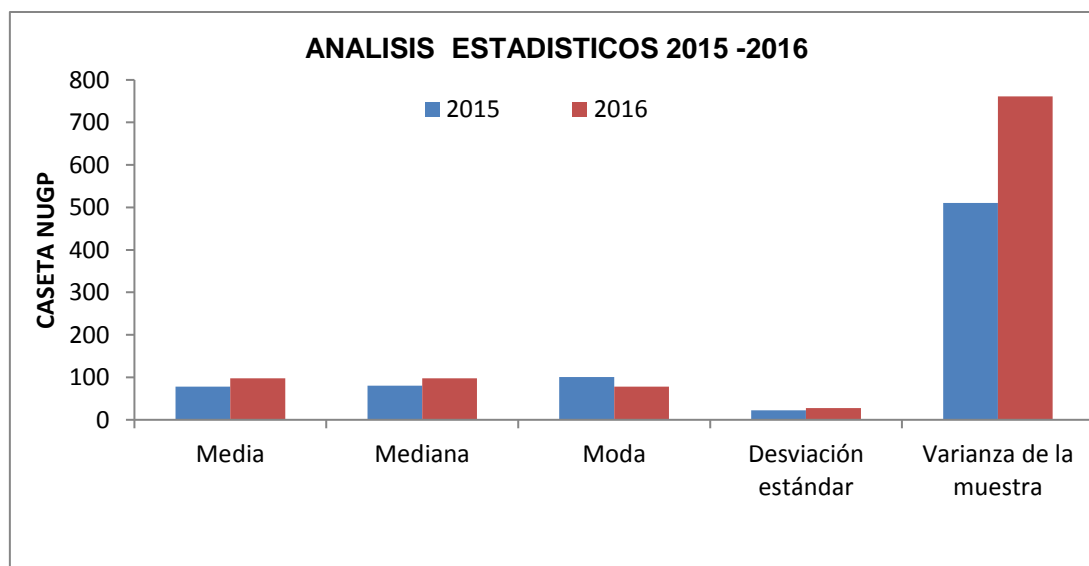


**Figura. 5: comparación de los datos estadísticos de la caseta TEC Ierdo de los días del mes de abril 2015 y 2016**

En el cuadro 3 nos muestra los datos que fueron evaluado por caseta en 2015 - 2016 obteniendo en 2015 una Mediana 57 y 2016 - 62, Moda 57 - 48 Desviación estándar 26.05319492-17.53318692, Varianza de la muestra 678.7689655 - 307.4126437 en la (fig. 5) podemos ver los niveles ya graficados en donde indica que la varianza de muestra en 2015 está muy elevado en comparación del 2016.

**Cuadro 4. Análisis estadísticos de la caseta el NUGP de los días del mes de abril 2015 y 2016.**

| Análisis estadísticos | 2015        | 2016        |
|-----------------------|-------------|-------------|
| Mediana               | 80.5        | 97.5        |
| Moda                  | 101         | 78          |
| Desviación estándar   | 22.58391758 | 27.5852075  |
| Varianza de muestra   | 678.768966  | 760.9436782 |

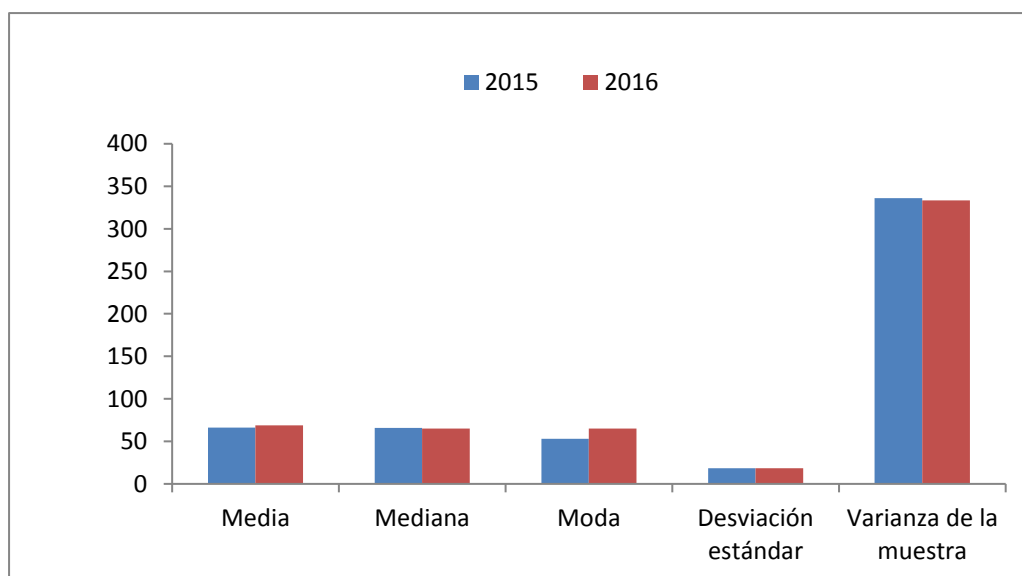


**Figura. 6: datos estadísticos de la caseta NUGP de Gómez Palacio de los días del mes de abril 2015 y 2016**

Desacuerdo al cuadro 4 donde nos muestra los datos que fueron evaluado por caseta en 2015 - 2016 obteniendo en 2015 una Mediana 80.5 y 2016 -97.5, Moda 101 – 78 Desviación estándar 22.58391758-27.5852076, Varianza de la muestra 510.0333333 - 760.9436782 en la (fig. 6) podemos ver los niveles ya graficados en donde indica que la varianza de muestra en 2016 está muy elevado en comparación del 2015.

**Cuadro 5. Análisis estadísticos de la caseta CONALEP de los días del mes de abril 2015 y 2016.**

| Análisis estadísticos | 2015        | 2016        |
|-----------------------|-------------|-------------|
| Mediana               | 66          | 65          |
| Moda                  | 53          | 65          |
| Desviación estándar   | 18.33246602 | 18.2630838  |
| Varianza de muestra   | 336.0793103 | 333.5402299 |



**Figura. 7: comparación de datos estadísticos de la caseta CONALEP Torreón de los días del mes de abril 2015 y 2016**

De acuerdo con el cuadro 5 donde nos muestra los datos que fueron evaluado por caseta en 2015 - 2016 obteniendo en 2015 una Mediana 66 y 2016 - 65, Moda 53 - 65 Desviación estándar 18.332466-18.2630838, Varianza de la muestra 336.07931 - 333.54023 en la (fig. 5) podemos ver los niveles ya graficados en donde indica que la varianza de muestra en 2015 está muy elevado en comparación del 2016.

## V DISCUSIÓN

Según la norma (NOM-025-SSA1, 2014). Establece Límite para 24 horas de: 75  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , como promedio de 24 horas, los valores más altos para la casta del campestre que sobrepaso a la norma fueron 8 valores en ambos años se cree que es porque esta zona está cerca de una vía muy traficada con la contribución de ladrilleras y llantas, lo cual se ha hecho característico en esta región. Según (Milenio, 2015). La comarca lagunera es una zona altamente industrializada y cada vez con mayor concentraciones vehicular, mejorar la calidad del aire se vuelve indispensable para la salud de todas las poblaciones desde 2010 Torreón forma parte del programa para mejorar la calidad del aire, en 2015 de acuerdo con las mediciones semanales, los meses donde la ciudad registro una contaminación por encima de la norma, fueron de febrero, marzo, abril y contaminaste a nivel trimestral el periodo de mayor contaminación fue entre enero y abril debido a que en la temporada de frío la inversión térmica provoca mayor concentración de partículas contaminantes .

(Kerry *et al.*, 2012). Menciona como razones de aumento de PM10, a la quema de residuos agrícolas y residuos industriales que se da muy comúnmente en la zona rural, de madera y de basura residencial en la zona urbana, a la operación de los asaderos de carbón, los caminos pavimentados y no pavimentados tanto en la zona urbana como zona industrial, y a la deficiente combustión de los automóviles.

Se describe que en la caseta del núcleo universitario de Gómez palacio fue donde los datos sobrepasaron más a la normatividad, ya que los datos encontrados que sobrepasan la normatividad para el 2015 fueron 16, mientras, que para el 2016 fueron 23. Fue notable la diferencia entre ambos años, esto quiere decir que en esta caseta hay un incremento de contaminantes mientras que (Anaya *et al.*, 2010-2015). Indica que en las ciudades de Lerdo y Gómez hubo un aumento en el nivel de contaminación por partículas suspendidas de fracción respirable, PM10. Esto se debe a que en la región existe un fenómeno natural en el cual los vientos dominantes

provenientes del noreste y este provocan la llamada "lluvia lagunera", que se compone de tolveneras que afectan a la región.

Aunado a lo anterior, hay incendios de tiraderos de residuos clandestinos y se cuenta con una gran actividad de las industrias metalúrgica, cementera, calera, extractiva de roca así como su trituración, cocción de ladrillo (ladrilleras), mezclado de carpeta asfáltica mientras que (Meza *et al.*, 2009). Indica que es debido el tráfico que ay cerca de la zona e industrias.

En cuanto el número de violaciones a la norma para pm10 en la caseta de CONALEP Torreón para el año 2015 fueron 8 días los que sobrepasaron a la norma, para 2016 fueron 10 días que sobrepasaron los límites permisibles esto puede ser por el tráfico que ay en esta zona. Mientras que para (Miguel *et al.*, 2014). Tomando en cuenta la norma mexicana para PM10 cuyo su límite es de  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Para la zona urbana hubo en total 12 violaciones (del 9 de enero al 23 de enero con un promedio de  $137.82 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Mientras que para la zona rural hubo en total 15 violaciones (del 7 al 17 de enero con un promedio de  $139.13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , del 21 de enero al 4 de febrero con  $160.00 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y el 8 de febrero con  $159.66 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Mientras que Para la temporada de verano en la zona urbana se evaluaron 8 violaciones (el 11, 17 y 25 de agosto con un promedio de  $126.58 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Miguel *et al.*, 2014).según lo cita (Rojano *et al.*, 2014). El promedio de material particulado PM10 para 30 muestras diarias recolectadas en forma continua durante 24 horas en dos estaciones , en la estación uno Se presentó un nivel máximo de  $81.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y un mínimo de  $3.75 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mientras que para la estación dos Se presentó un nivel máximo de  $115.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y un mínimo de  $12.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Se puede observar que los niveles de PM10 en la estación 1 son mayores que en la estación 2. Esto debía esperarse por estar ubicada esta zona en un mayor tráfico vehicular. Las relaciones PM10 en las dos estaciones variaron desde 0.56 a 0.99 con promedio de 0.93 y 0.67 en las estaciones 1 y 2 respectivamente.

(Zuk *et al.*, 2007b) Mencionan las del año de 1997 al año de 2005, donde se obtuvieron el siguiente número de violaciones: 83 en 1997, 83 en 1998, 101 en 1999, 110 en el 2000, 89 en el 2001, 100 en el 2002, 91 en el 2003, 88 en el 2004 y 71 en el 2005.(Quintero *et al.*, 2011) mencionan las de los años del 2006 al año del 2008, donde se obtuvieron el siguiente número de violaciones: 89 en el 2006, 75 en el 2007 y 46 en el 2008. Dando a entender que el número de violaciones a la norma Mexicana ha disminuido del año de 2003 a la actualidad, sin que esto suponga una disminución de la contaminación en la ciudad de Mexicali.

## VI CONCLUSIÓN

De acuerdo a los estudios realizados, en los tres sitios de muestreo, los resultados de las concentraciones de PM10, para las tres casetas sobrepasan los estándares diario, para un periodo de muestreo de 24 horas de la norma Oficial Mexicana

El análisis presentado muestra que en la comarca lagunera no tiene una calidad del aire satisfactoria. Se puede decir que la zona de Gómez palacio es la que tiene los niveles más altos de contaminación. Dado que en dicha caseta se encontró los niveles de los datos más elevados que sobrepasan a la norma mexicana con 16 datos para 2015 y 23 para 2016. Ya que el tráfico y la industrialización pueden ser los mayores contaminantes de PM10 de esta caseta.

La caseta del TEC LERDO en la misma temporada los contaminantes fueron menos ya que se obtuvieron 8 datos por cada año esto puede ser causado por la erosión del viento y el tráfico que hay alrededor de esta zona. Mientras que para la caseta CONALEP Torreón los datos fueron 8 para 2015 y 10 para 2016 el causante mayoritario puede ser el tráfico y las tolveneras que se dan en esta zona

Estos resultados dejan de manifiesto cierta similitud porque puede decirse que la Comarca Lagunera es una zona donde los niveles de contaminación por partículas sobre pasan a la normatividad y esto puede ser causa daños a la salud de los habitantes en ambas ciudades.

## VII CITAS BIBLIOGRAFICAS



- Alfaro, S. C., A. Gaudichet, L. Gomes y M. Maillé 1998. "La producción de aerosoles minerales por la erosión del viento: tamaños de las partículas de aerosol y energías de enlace." 25.
- Almstrand, A. C., M. Josefson, A. Bredberg, J. Lausmaa y P. Larsson 2011. "Análisis TOF-SIMS de partículas exhalado de los pacientes con asma y saludable controles." 39.
- Anaya, E., J. G. Antonio, R. Banda, R. Barrios, E. Blanco, M. A. Calderón, H. Fuentes, J. García, V. González, F. S. Gutierrez, C. Hernández, H. Landa, M. R. Loya, P. E. Martínez, R. Martínez, M. A. Puente, N. R. Ramírez, O. L. Velázquez y A. Villalobos 2010-2015. "Programa para Mejorar la Calidad del Aire en la Región de la Comarca Lagunera .".
- Angulo, L. C., J. I. Huertas y G. M. Restrepo 2011. "Caracterización de Partículas Suspendidas (PST) y Partículas Respirables (PM10) producidas en Áreas de Explotación Carbonífera a Cielo Abierto." 22.
- ANMMa 2015a. "La contaminación del aire y los problemas respiratorios." 58.
- ANMMa 2015b. "Grupos sensibles y vulnerables." 58.
- ANMMa 2015c. "Asma y la contaminación atmosférica." 58.
- Badr, A., M. S. Mohammed y H. Tahir 2014. "Estudio de las características químicas de las concentraciones de partículas en Riad, Arabia Saudita.".
- Ballester, T. y H. Pérez 1999. "Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud: Revista Española de Salud Pública." 72.
- Berhane, K., Y. Zhang, W. S. Linn, E. B. Rappaport, T. M. Bastain, M. T. Salam, T. Islam, F. Lurmann y F. D. Gilliland 2010. "El efecto de la contaminación atmosférica en el óxido nítrico exhalado en el estudio de Salud de los Niños." 37.
- Berner, R. A. 1999. "el oxígeno del aire con el tiempo fanerozoico.".
- Cazorla, M. 2015. "La calidad del aire en una región poblada Andino: Insights de las mediciones del ozono, NO y alturas de capa límite.".
- Center, M. 2011. "Estudio de Caso de la Contaminación en la Cuenca Atmosférica Mexicali-Imperial Valley.".
- Cicese 2016. "En línea, Composición y estructura de la atmosfera." <<http://usuario.cicese.mx/~sreyes/LIBRO%20METEOROLOGIA/METEO1.pdf>>: Consulta 04/05/2016.
- Dagouassat, M., S. Lanone y J. Boczkowski 2012. "Interacción de metaloproteinasas de la matriz con los contaminantes pulmonares." 39.
- Demetriou, C., R. Nielsen, S. Loft, P. Moller, R. Vermeulen, D. Palli, M. C. Hyam, W. Xun y P. Vineis 2012. "Biomarcadores de contaminación del aire ambiente y el cáncer de pulmón: una revisión sistemática.".
- Diane, R., A. Murray y M. D. Mittleman 2016. "Nuevos conocimientos sobre la contaminación y el sistema cardiovascular.".
- Echarri, L. 2007. "En línea, Partículas y aerosoles " <[file:///C:/Users/User/Downloads/Tema%207%20Contaminacion%20atmosferica%2007%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/Tema%207%20Contaminacion%20atmosferica%2007%20(2).pdf)>: consulta 02/05/2016.
- Echeverri, C. A. y G. J. Maya 2008. "Relación entre las partículas finas (PM2.5) y respirables (PM10) en la ciudad de Medellín, Revista de Ingenierías Universidad de Medellín:." 7.

- Elias, A. G. 2010. "Bajo y medio ambiente y la capa de ozono respuestas a la variación solar."
- EPA 2012. "En línea: Tendencia de la Dinámica No Lineal en una Precontingencia Ambiental causada por Partículas en Suspensión." <http://www.20minutos.es/noticia/1710066/0/paro-epa/desocupados/crisis-inem/>: consultado 02/04/2016.
- Faustini, A., M. Stafoggia, G. Berti, L. Bisanti, M. Chiusolo, A. Cernigliaro, S. Mallone, R. Primeranoe, C. Scarnato, L. Simonato, M. A. Vigotti y F. Forastiere 2011. "La relación entre las partículas del ambiente y la mortalidad respiratoria: un estudio multi ciudad en Italia."
- Faustini, A., M. Stafoggia, P. Colais, G. Berti, L. Bisanti, E. Cadum, A. Cernigliaro, S. Mallone, C. Scarnato, F. Forastiere y C. Group 2013. "La contaminación del aire y múltiples resultados respiratorios agudos."
- Fonseca, A., A. Gioda, R. Ziulli y D. Duól 2013. "Contaminación atmosférica y deposición húmeda en la Amazonia brasileña."
- García, D., L. Cazoral, L. Ruiz, L. Jorge, S. Romero y P. A. Calderón 2015. "Agroecosistemas con probables riesgos a la salud por contaminación con metales pesados."
- González, R. j. 2005. "En línea. Formación y evolución de la atmósfera terrestre." [http://www.cienciorama.unam.mx/a/pdf/66\\_cienciorama.pdf](http://www.cienciorama.unam.mx/a/pdf/66_cienciorama.pdf): consultado: 07/04/2016.
- Hans, O., A. Camilla, L. E. Kristie, L. Joakim, A. Christofer y F. Bertil 2012. "Impacto del cambio climático sobre la mortalidad relacionada con el ozono y la morbilidad en Europa." 41.
- Hassinen, S., D. Balis, H. Bauer, M. Begoin, A. Delcloo, K. Eleftheratos, S. Garcia, J. Granville, M. Grossi, N. Hao, P. Hedelt, F. Hendrick, M. Hess, K. P. Heue, J. Hovila, H. J. Sorensen, N. Kalakoski, A. Kauppi, K. Kiemle, L. Kins, M. E. Koukouli, J. Kujanpää, J. C. Lambert, R. Lang, C. Lerot, D. Loyola, M. Pedergrana, G. Pinardi, F. Romahn, M. V. Roozendaal, R. Lutz, I. Smedt, P. Stammes, W. Steinbrecht, J. Tamminen, N. Theys, L. G. Tilstra, O. Tuinder, P. Valks, C. Zerefos, W. Zimmer y Z. Zyrichidou 2016. "Vista general de los productos de datos Composición de la atmósfera y la radiación UV operativa O3M SAF y la disponibilidad de datos."
- Hernández, M. y M. Ureste 2013. "En Línea. México, 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/>: consultado 02/06/2016.
- Hossein, A., Y. Choi, L. Xiangshang, A. Kotsakis y X. Jiang 2016. "Una climatología de 15 años de impactos de patrones de viento en la capa de ozono de superficie en Houston, Texas."
- Hulin, M., M. Simoni, G. Viegi y I. A. Maesano 2012. "Contaminantes respiratorios a la salud y el aire interior en base a evaluaciones de la exposición cuantitativos." 40.
- Hyvärinena, A. P., M. H. Jeelanib, T. Alghamdib, M. Husseinc, H. Khodeirb, M. Lihavainena y A. Laaksonena 2012. "Mediciones de la distribución de tamaño de partícula en Hada Al Sham, Western Arabia Saudita. ."
- IIT 2012. "Elaboración del análisis general del impacto económico y social del plan de prevención por MP2,5 en el Concepción Metropolitano."

- Jennifer, L. P., R. Haeuber, V. Garcia, G. Armistead y L. Neas 2012. "Impacto de las interacciones de nitrógeno y el cambio climático sobre la contaminación del aire ambiente y la salud humana." 81.
- Kerry, E., I. C. Jaramillo, M. Quintero, A. David, W. Kimberly, L. C. Henk y S. JoAnn 2012. "Bajo del viento / de alta PARTÍCULAS episodios de la / Región Mexicali Calexico, Revista de la Asociación de aire y gestión de residuos." 60.
- Larin, k. I. 2011. "El efecto de los rayos cósmicos galácticos sobre la composición química de la atmósfera, el efecto invernadero y capa de ozono de la Tierra." lineaverde 2016. "En línea, Los contaminantes atmosféricos." <<http://www.lineaverdemunicipal.com/consejos-ambientales/los-contaminantes-atmosfericos.pdf>>: consulta 05 /05/2016.
- Londoño, J., M. A. Correa y C. A. Alberto Palacio 2011. "Estimación de las emisiones de contaminantes atmosféricos provenientes de fuentes móviles en el área urbana de envigado, Colombia. "
- Marini, D. M. 2013. "Biomarcadores de genotoxicidad asociados con la exposición a atmósferas de tráfico y cerca de la carretera." 28.
- Meza, L. M., M. Quintero, R. García y J. Ramírez 2009. "Estimación de Factores de Emisión de PM10 y PM2.5, en Vías Urbanas en Mexicali, Baja California, México " 21.
- Miguel, Á., C. Rodríguez, M. Quintero, G. Telma, C. Romero, O. Rafael y G. Cuento 2014. "Las Partículas Respirables PM10 y su Composición Química en la Zona Urbana y Rural de Mexicali, Baja California en México." 25.
- Milenio 2015. "La calidad de aire en torion y sus efectos en la salud " Consultado 10/11/2016 . <[http://www.milenio.com/region/IMPLAN\\_Torreon-Contaminacion\\_ambiental-enfermedades\\_respiratorias\\_0\\_616738413.html](http://www.milenio.com/region/IMPLAN_Torreon-Contaminacion_ambiental-enfermedades_respiratorias_0_616738413.html)>.
- NOM-025-SSA1 2014. "En línea. Salud ambiental. Valores límite permisibles para la concentración de partículas suspendidas PM10 y PM2.5 en el aire ambiente y criterios para su evaluación." [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5357042&fecha=20/08/2014](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5357042&fecha=20/08/2014): consulta 15/04/2016.
- Norsyamimi, H. y S. A. Mohd 2012. "Un Estudio sobre la suspensión en el aire Partículas Materia en museos seleccionados de la península de Malasia.".
- Olaya, J., J. Reina, L. Leidy, M. C. Paz y L. A. Pereira 2014. "Modelación no paramétrica de la contaminación promedio octohoraria del aire debida al Monóxido de Carbono y al Ozono Troposférico." 16.
- Pazdur, A., K. Tadeusz, P. Slawomira, N. Piotrowska, B. Sensula y K. Rozanski 2013. "Carbono isotope composición de dióxido de carbono atmosférico en sur de Polonia: huella de emisiones antropogénicas de co2 en la biosfera regional." 55.
- Pengzhen, H., L. Bian, X. Zheng, J. Yua, C. Peipei y Z. Xie 2015. "La observación de la superficie de la capa de ozono en la capa límite marina a lo largo de un crucero por el Océano Ártico: De la costa a distancia.".
- Perez, R., A. Schilman y H. Riojas 2010. "efectos sobre la salud respiratoria de la contaminación del aire interior ". La Revista Internacional de la Tuberculosis y las Enfermedades Pulmonares." 14.

- Petavratzi, E., S. Kingman y I. Lowndes 2005. "Las partículas de operaciones mineras, una revisión de las fuentes, los efectos y los reglamentos. Minerales Ingeniería," 18.
- Petter, L., M. D. Ljungman, A. Murray y M. D. Mittleman 2014. "Contaminación del aire en el ambiente y Accidentes Cerebrovasculares ".
- Pieters, N., M. Plusquin, B. Cox, M. Kicinski, J. Vangronsveld y T. S. Nawrot 2012. "Una valoración epidemiológica de la asociación entre la variabilidad de la frecuencia cardíaca y la contaminación del aire por partículas."
- Polkowska, Z., T. Górecki y J. Namiecønik 2013. "Determinación de los contaminantes atmosféricos en la deposición húmeda." 19.
- Pope, C. A. y D. W. Dockery 2006. "Los efectos de la contaminación del aire por partículas finas: líneas que conectan. Revista de la Aire y Gestión de Residuos " 56.
- Quintero, M., M. A. Ahumada, L. M. Reyna y M. A. Meza 2011. "Calidad del aire y salud en Mexicali, En Programa Ambiental Universitario de la UABC. Universidad Autónoma de Baja California Mexicali, México."
- Recursostic 2016a. "En línea. La atmósfera terrestre." <http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/1esobiologia/1quincena5/pdf/quincena5.pdf>: consulta 07/05/2016.
- Recursostic 2016b. "En línea. La atmósfera terrestre." <http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/1esobiologia/1quincena5/pdf/quincena5.pdf>: consulta 04/05/2016.
- Reina, J. y J. Olaya 2014. "Ajuste de curvas mediante métodos o paramétricos para estudiar o comportamiento de contaminación por material particulado pm10 ".
- Rinaldo, M., P. Andujar, A. Lacourt, L. Martinon, M. Raffin, P. Dumortier, J. C. Pairon y P. Brochard 2015. "Perspectivas de control biológico de las partículas nanométricas inhalados." 59.
- Rioseco, G., C. Mardones y J. Jiménez 2015a. "Efecto directo e indirecto de la dispersion de las emisiones industriales sobre la regulación ambiental." 30.
- Rioseco, G., C. Mardones y J. Jiménez 2015b. "Efecto directo e indirecto de la dispersion de las emisiones industriales sobre la regulación ambiental." 30.
- Rodríguez, C. 2016a. "En línea. La atmósfera." [http://www.apuntesmareaverde.org.es/grupos/cn/Temas\\_1/1\\_Tema\\_03\\_La\\_atmosfera.pdf](http://www.apuntesmareaverde.org.es/grupos/cn/Temas_1/1_Tema_03_La_atmosfera.pdf): Consultado. el 15/05/2016.
- Rodríguez, C. 2016b. "En línea. La atmósfera." [http://www.apuntesmareaverde.org.es/grupos/cn/Temas\\_1/1\\_Tema\\_03\\_La\\_atmosfera.pdf](http://www.apuntesmareaverde.org.es/grupos/cn/Temas_1/1_Tema_03_La_atmosfera.pdf): Consultado. el 15/05/2016.
- Rodríguez, S. M. y D. A. García 2015. "Salud y Medio Ambiente: estrategias metodológicas para valorar el impacto de los daños ambientales sobre la salud." 31.
- Rojano, R., H. Arregoces y G. Restrepo 2014. "Composición Elemental y Fuentes de Origen de Partículas Respirables (PM10) y Partículas Suspendidas Totales (PST) en el Área Urbana de la Ciudad de Riohacha, Colombia." 25.
- Rojano, R. E., L. C. Angulo y G. Restrepo 2013. "Niveles de Partículas Suspendidas Totales (PST), PM10 y PM2.5 y su Relación en Lugares Públicos de la Ciudad Riohacha, Caribe Colombiano." 24.

- Romero, M., F. Diego y M. Álvarez 2006. "La contaminación del aire: su repercusión como problema de salud " 44.
- Rylance, J., S. B. Gordon, L. P. Naehar, A. Patel, J. Balmes, O. Adetona, D. Rogalsky y W. Martin 2013. "La contaminación del aire de la casa: un llamado a los estudios sobre los biomarcadores de exposición y los predictores de enfermedad respiratoria."
- Saiki , M., J. O. Santos, E. R. Alves, F. A. Genezini, M. P. Marcelli y P. H. Saldiva 2013. "Estudio de correlación de la contaminación del aire y las enfermedades cardio respiratorias a través del ADN de un biomonitor contaminante atmosférico. ."
- Sario, M., K. Katsouyanni y P. Michelozzi 2013. "El cambio climático, los fenómenos meteorológicos extremos, la contaminación del aire y la salud respiratoria en Europa."
- Semarnat 2010-2015. "en línea Programa para Mejorar la Calidad del Aire en la Región de la Comarca Lagunera " Revisado el 02/05/2016.
- Semarnat 2016. "En línea, Contaminación." [http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/informacionambiental/Documents/05\\_serie/yelmedioambiente/5\\_contaminacion\\_v08.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/informacionambiental/Documents/05_serie/yelmedioambiente/5_contaminacion_v08.pdf): Consulta 09/04/2016.
- Shakhmurov, V. B. y A. Sakhmurova 2011. "Degenerada anisotrópico parabólico problemas que ocurren en la atmosférica dispersión de contaminantes. ."
- Shankar, K. 2005. "Análisis de la incertidumbre en los modelos de dispersión atmosférica." 162.
- Shankar rao, k. 2005. "Análisis de la incertidumbre en los modelos de dispersión atmosférica." 162.
- Shenbing, H., T. Hezhong, K. Wang, C. Zhu, J. Gao, M. Yilin, Y. Xue, Y. Wang, S. Duan y J. Zhou 2015. "Inventario de emisiones atmosféricas de contaminantes peligrosos del aire de las plantas de cemento de China: Las tendencias temporales, espaciales y las características de variación proyecciones de los escenarios."
- Suvarna, F., K. R. Kumar, K. Yogesh y L. Pozzol 2016. "Fuente de CO2 en la atmósfera y el disipador de patrones sobre la región india."
- Tzintzun, M. G., L. Rojas y A. Fernández 2005a. "Las partículas suspendidas en tres grandes ciudades mexicanas."
- Tzintzun, M. G., L. Rojas y A. Fernández 2005b. "Las partículas suspendidas en tres grandes ciudades mexicanas."
- Vázquez, C., F. Beristain y E. Audelo 2012a. "Caracterización del Patrón de Comportamiento de las Partículas en Suspensión en el Valle de México." 23.
- Vázquez, C., F. Beristain y E. Audelo 2012b. "Caracterización del Patrón de Comportamiento de las Partículas en Suspensión en el Valle de México, Información Tecnológica." 23.
- Willers, S. M., C. Eriksson, L. Gidhagen, M. E. Nilsson, G. Pershagen y T. Bellander 2013. "Contaminación atmosférica por partículas finas y gruesas en relación con la salud respiratoria en Suecia."
- Xiaozhen, X., L. Chen, L. Yang, U. Cortesi y G. Pawan 2015. "Satélite de observación de las composiciones atmosféricas de Calidad del Aire y el Estudio del Clima."

- Zhaoli, Y., Y. Zheng, W. Dui y H. Huijun 2015. "Simulación numérica de contaminantes atmosféricos durante el inicio etapa del Mar de China ." 21.
- Zhu, Q., X. Zhang, S. Dong, L. Gao, G. Liu y M. Zheng 2016. "Gas y tamaño de las partículas distribuciones de naftalenos policlorados en la atmósfera de Beijing, China."
- Zuk, M., M. G. Tzintzun y M. G. Rojas 2007a. "Tercer Almanaque de datos y tendencias de la calidad del aire en nueve ciudades Mexicanas."
- Zuk, M., M. G. Tzintzun y M. G. Rojas 2007b. "Tercer almanaque de datos y tendencia de la calidad del aire en 9 ciudades Mexicanas, SEMARNAT e INE, México D.F, México."