

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO UNIDAD LAGUNA**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA**



**“La Contaminación del Ambiente laboral por Partículas Sólidas Suspendidas  
en una Industria de Impresión”**

**POR:**

**ROCIO DEL ANGEL MORALES**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARA**

**OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO**

**DICIEMBRE DE 2013**

**“UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO”  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**“La Contaminación del Ambiente laboral por Partículas Sólidas Suspendidas en una  
Industria de Impresión”**

**TESÍS QUE SE PRESENTA PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES**

**POR:**

**ROCÍO DEL ANGEL MORALES**

**APROBADA POR EL H. CUERPO DE ASESORES**

**ING. JOEL LIMONES AVITIA  
ASESOR PRINCIPAL**



---

**MC. NORMA L. ORTIZ GUERRERO  
ASESOR**



---

**DR. ALFREDO OGAZ  
ASESOR**



---

**MC. LUIS JAVIER HERMOSILLO SALAZAR  
ASESOR SUPLENTE**



---

**DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN  
DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



---



**Coordinación de la División de  
Carreras Agronómicas**

**TORREÓN, COAHUILA**

**DICIEMBRE DE 2013**

TESIS QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO  
EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO  
DE:  
INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

APROBADO POR:


ING. JOEL LIMONES AVITIA  
PRESIDENTE DEL JURADO



MC. NORMA LETICIA ORTIZ GUERRERO  
VOCAL



DR. ALFREDO OGAZ  
VOCAL



MC. LUIS JAVIER HERMOSILLO SALAZAR  
VOCAL SUPLENTE



DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN  
DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de  
Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE DE 2013

## **AGRADECIMIENTO**

**A DIOS:** por cuidarme y protegerme siempre, permitiéndome vivir día a día motivándome en mi vida, mis estudios. A ver me puesto una grandiosa familia que siempre ha estado ahí apoyando me y motivando siempre en las cosas buenas y malas de la vida.

Por estas cosas y muchas más te doy gracias DIOS.

### **A MI ALMA TERRA MATER**

Por darme la oportunidad de estudiar y proporcionarme conocimientos que he adquirido en el trascurso de mi carrera.

Al Departamento de biología por cuidarme cuatro años y medio y darme la facilidad de aprender y adquirir conocimientos nuevos en mi vida

### **MIS PADRES:**

Berta Elba morales Chávez y Josafat Jobito del Angel Torés por darme este amor y cariño que día a día me dan y por ampollarme siempre.

Y estar ahí siempre cuando yo más lo necesito. Los amo mil

### **AL INGENIERO ROLANDO LOZA**

Por haberme dado la oportunidad de estudiar en el plantel UAAAN-UL.

### **A MI ASESOR PRINCIPAL INGENIERO JOEL LIMONES AVITIA**

Por darme la oportunidad de hacer mi tesis, estar ahí siempre sacándome de dudas y apoyándome siempre, por ser un excelente amigo y maestro.

Por estas cosas y muchas más gracias.

### **A MIS AMIGOS(AS)**

En especial a mi entrenador de futbol Roberto Montalván Noyola por estar ahí apoyándome en mi vida, a consigandome siempre cosas buenas y por brindarme su amistad y cariño. y amigas que dios me dio la oportunidad de conocerlas muy afondo por ampollarme moralmente y físicamente gracias por toda sus amistad , cariño y amor que me han brindado.

## **DEDICATORIA**

### **A MI ABUELITA**

Que fue para mí como madre Honoria Chávez montero por cuidar y darme su amor., y formar la gran persona que soy hoy día., por luchar día a día con un cuidándome, a consegandome siempre cosas buena en mi vida, dándome así todo su amor y ternura en cada una de sus palabras TE AMO MAMA, lastimas que no podrás ver mi logros a lo largo de mi vida.

### **MIS PADRES:**

A mis dos grandes motores de mi vida mis padres gracias dios por ponerme en mi camino a estas dos grandes personar que con todo su amor me han sacado adelante y les agradezco por hoy cumplir otro sueño más en mi vida.

### **MIS SUEGROS:**

Manuela Jiménez Hernández por ampollarme y brindarme su amor y comprensión, por aconsejarme siempre cosas buena en mi vida.

Y no tengo palabras para expresar todo el amor y cariño que me brinda día con día al lado., siempre con una sonrisa levantándose día con día siempre motivando a los demás, siendo para my una guerrera que con esfuerzo nos brinda todo su apoyo y no tengo palabras para agradecerle todo lo que ha hecho por mi y my esposo gracias por todos esto la quiero mucho.

Marcos Pérez Pérez aun que no tuve la dicha de conocerlo hoy le doy gracias por haberle dado la vida a una persona que yo amo con todo mi corazón gracias.

## **AMI ESPOSO:**

Marcos Pérez Jiménez por brindarme todo su amor y ampollarme siempre, por todo el cariño y amor que me das día con día TE AMO AMOR ERES LO MEJOR QUE ME HA PASADO EN MI VIDA y por darme la gran dicha de ser mama., y vivir cosas hermosas a su lado. Pero sobre todas las cosas por doy gracias a dios por poner a mi lado a una grandiosa persona, que con todo su amor y ternura me enamora cada día mas .

a mi bebe Manuel Josafat Pérez del Ángel Morales por ser mi gran inspiración en mi vida y darme todo su amor gracias dios por esta bendición y mandarme este angelito que tengo como hijo te amo mucho Manuelito.

## **A MIS HERMANOS:**

Erick, Víctor, Lilia y Karina por apoyarme, aconsejarme, brindarme su apoyo incondicional por la confianza que tuvieron en mí.

Para hacer hoy mi sueño de terminar mi carrera profesional., y ser un orgullo mas para mi familia los quiero mucho atados mis hermanos y hermanas por estar ahí y brindarme todo su amor y apoyo moral.

## **A MIS CUÑADAS Y CUÑADOS:**

A chave, viví por cuidar a mi bebe, brindarme su amor y comprensión por estar ahí sacando a delante un angelito. Dándole el amor de madre que yo por motivos de estudio no puedo darles mil gracias por esto y muchas cosas más los quiero mucho a todos. Gracias a mis demás cuñis por haberme brindado du amor y comprensión.

## Contenido

<b>UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO UNIDAD LAGUNA</b> .....	1
<b>UNIDAD LAGUNA</b> .....	1
<b>DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS</b> .....	1
.....	1
<b>“La Contaminación del Ambiente laboral por Partículas Sólidas Suspendidas en una Industria de Impresión”</b> .....	1
<b>POR:</b> .....	1
<b>ROCIO DEL ANGEL MORALES</b> .....	1
AGRADECIMIENTO.....	i
<b>A DIOS:</b> por cuidarme y protegerme siempre, permitiéndome vivir día a días motivándome en mi vida, mis estudios. A ver me puesto una grandiosa familia que siempre ha estado ahí apoyando me y motivando siempre en las cosas buenas y malas de la vida. ....	i
Por estas cosas y muchas más te doy gracias DIOS.....	i
<b>A MI ALMA TERRA MATER</b> .....	i
Al Departamento de biología por cuidarme cuatro años y medio y darme la facilidad de aprender y adquirir conocimientos nuevos en mi vida .....	i
<b>MIS PADRES:</b> .....	i
Berta Elba morales Chávez y Josafat Jobito del Angel Torés por darme este amor y cariño que día a día me dan y por ampollarme siempre. ....	i
Y estar ahí siempre cuando yo más lo necesito. Los amo mil .....	i
DEDICATORIA.....	iii
<b>A MI ABUELITA</b> .....	iii
Que fue para mí como madre Honoría Chávez montero por cuidar y darme su amor., y formar la gran persona que soy hoy día., por luchar día a día con un cuidándome, a consegandome siempre cosas buena en mi vida, dándome así todo su amor y ternura en cada una de sus palabras TE AMO MAMA, lastimas que no podrás ver mi logros a lo largo de mi vida.....	iii
<b>MIS PADRES:</b> .....	iii
A mis dos grandes motores de mi vida mis padres gracias dios por ponerme en mi camino a estas dos grandes personar que con todo su amor me han sacado adelante y les agradezco por hoy cumplir otro sueño más en mi vida.....	iii
<b>MIS SUEGROS:</b> .....	iii
Manuela Jiménez Hernández por ampollarme y brindarme su amor y compresión, por aconsejarme siempre cosas buena en mi vida. ....	iii
Y no tengo palabras para expresar todo el amor y cariño que me brinda día con día al lado., siempre con una sonrisa levantándose día con día siempre motivando a los demás, siendo para my una guerrera que con esfuerzo nos brinda todo su apoyo y no tengo palabras para agradecerle todo lo que ha hecho por mi y my esposo gracias por todos esto la quiero mucho. ....	iii



Marcos Pérez Pérez aun que no tuve la dicha de conocerlo hoy le doy gracias por haberle dado la vida a una persona que yo amo con todo mi corazón gracias. ....iii

**AMI ESPOSO:** .....iv

Marcos Pérez Jiménez por brindarme todo su amor y ampollarme siempre, por todo el cariño y amor que me das día con día TE AMO AMOR ERES LO MEJOR QUE ME HA PASADO EN MI VIDA y por darme la gran dicha de ser mama., y vivir cosas hermosas a su lado. Pero sobre todas las cosas por doy gracias a dios por poner a mi lado a una grandiosa persona, que con todo su amor y ternura me enamora cada día mas . ....iv

a mi bebe Manuel Josafat Pérez del Ángel Morales por ser mi gran inspiración en mi vida y darme todo su amor gracias dios por esta bendición y mandarme este angelito que tengo como hijo te amo mucho Manuelito. ....iv

**A MIS HERMANOS:** .....iv

Erick, Víctor, Lilia y Karina por apoyarme, aconsejarme, brindarme su apoyo incondicional por la confianza que tuvieron en mí. ....iv

Para hacer hoy mi sueño de terminar mi carrera profesional., y ser un orgullo mas para mi familia los quiero mucho atados mis hermanos y hermanas por estar ahí y brindarme todo su amor y apoyo moral. ....iv

**A MIS CUÑADAS Y CUÑADOS:** .....iv

A chave, viví por cuidar a mi bebe, brindarme su amor y compresión por estar ahí sacando a delante un angelito. Dándole el amor de madre que yo por motivos de estudio no puedo darles mil gracias por esto y muchas cosas más los quiero mucho a todos. Gracias a mis demás cuñis por haberme brindado du amor y compresión. ....iv

Contenido ..... v

RESUMEN.....viii

I INTRODUCCIÓN ..... 1

II OBJETIVO ..... 3

1.1..... O

    BJETIVO GENERAL:..... 3

1.2..... O

    BJETIVOS ESPECÍFICO:..... 3

III REVISION DE LITERATURA: ..... 4

1.3..... P

    ANORAMA MUNDIAL Y NACIONAL DE PARTICULAS ..... 4

    Situación de algunos países de América..... 7

    ¿Qué es partícula? ..... 9

    ¿Qué son las partículas en suspensión (PM)? ..... 9

1.4..... C

    lasificación de las partículas en cuanto a su composición: ..... 10

1.5.....	P	
Principales contaminantes Atmosféricos .....		12
1.6.....	L	
La contaminación del aire. Apuntes históricos .....		13
1.7.....	¿	
Cómo afectan las partículas en suspensión (PM) a la salud humana?.....		15
CONTAMINACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE.....		17
1.8.....	A	
Aspectos técnicos.....		17
Equipos para medición de material particulado.....		17
Medición partículas en suspensión menores de 10 µm (PM10).....		18
Métodos de captación y análisis de los contaminantes atmosféricos.....		19
Riesgos de trabajo por material particulado.....		19
1.9.....	¿	
Cómo afectan las partículas en suspensión (PM) a la salud humana?.....		20
IV    MATERIALES Y METODOS .....		22
1.10.....	M	
Materiales Empleados. ....		23
V.    RESULTADOS Y CONCLUSION .....		27
VI    RECOMENDACIONES.....		32
VII   CITAS BIBLIOGRÁFICAS.....		34
NOM-024-SSA1-1993 salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas suspendidas totales (pst). Valor permisible para la concentración de partículas suspendidas totales (pst) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.....		37

## RESUMEN

En este trabajo se muestran los resultados del monitoreo a una industria de impresión, también habla de la importancia de conocer las concentraciones de partículas sólidas suspendidas en el ambiente laboral. La contaminación atmosférica no es un problema nuevo, se conoce desde hace mucho, pero de ahí viene el problema, que no se le había dado la importancia que debía, a pesar de ser un problema viejo. Hasta que hubo consecuencias, hoy en día sabemos de los efectos adversos que el exceso de concentración de estas partículas en la atmósfera.

La contaminación del aire es una amenaza aguda, acumulativa y crónica para la salud humana y otros aspectos del bienestar humano y el ambiente. Puede provocar o agravar afecciones respiratorias y cardíacas. Además de ser especialmente dañina para personas con enfermedades pulmonares o cardíacas crónicas, mujeres embarazadas, ancianos y niños, también representa un riesgo para los trabajadores expuestos y la población pobre que trabaja en las calles y vive en condiciones precarias.

Las partículas suspendidas en la atmósfera menor a 10  $\mu\text{m}$  de diámetro (PM<sub>10</sub>), pueden ser inhaladas y llegar a los pulmones, causando daños a la salud. A estas partículas se les considera un mejor indicador de la calidad del aire que las partículas suspendidas totales (pst), que anteriormente se utilizaban como criterio de contaminante. La norma vigente de calidad del aire para PM<sub>10</sub> adoptada en México es de 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  promedio de 24 horas.

**Palabras clave:** Material particulado, monitoreo, PST, partículas en suspensión (PM), PM 10

# I INTRODUCCIÓN

De los contaminantes atmosféricos, el material particulado suspendido, denominado usualmente partículas suspendidas, ha representado en los últimos años uno de los aspectos que mayor interés ha despertado para los diferentes grupos que estudian las alteraciones del entorno ecológico por contaminantes. El estudio de estas partículas es uno de los retos que más nos debe interesar resolver, ya que por su tamaño, complejidad y variedad, pueden ser inhaladas e incorporarse al organismo por diversos mecanismos y causar problemas de salud. Este conjunto de partículas son denominadas por esta razón respirable o fracción respirable de las partículas atmosféricas suspendidas, y por sus dimensiones, se les denomina PM10 y PM2.5. (Angulo C.L.et al., 2011).

El material particulado (MP) es un conjunto de partículas sólidas y líquidas mitidas directamente al aire, tales como el hollín de diesel, polvo de vías, el polvo de la agricultura y las partículas resultantes de procesos productivos (Fang et al., 2003). Según la normatividad colombiana, el MP no sedimenta en períodos cortos sino que permanece suspendido en el aire debido a su tamaño y densidad (Resolución 610 de 2010) (MAVDT, 2010). Estas partículas en suspensión (MP) son una compleja mezcla de productos químicos y/o elementos biológicos, como metales, sales, materiales carbonosos, orgánicos volátiles, compuestos volátiles (COV), hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y endotoxinas que pueden interactuar entre sí formando otros compuestos (CA., S.-A et al., 2012 )

La composición de las partículas suspendidas, en muchos casos, resulta ser una mezcla compleja de diferentes elementos y compuestos, lo cual se explica por la gran variedad de fuentes emisoras y por la reactividad que suelen tener en el

momento en que son generadas. Se han realizado estudios en diversas partes del mundo para caracterizar la composición y estructura de las mismas, pero no es suficiente, la información que hasta el momento se tiene (Dominici F et al., 2007)

Los estudios epidemiológicos demuestran que la exposición a diferentes contaminantes ambientales, incluso a niveles por debajo de las normas internacionales, se asocian con un incremento en la incidencia de asma, severidad en el deterioro de la función pulmonar, así como mayor gravedad en la presentación de las enfermedades respiratorias de niños y adolescentes( NOM-114-STPS et al.,1994)

En estudios realizados en Estados Unidos y Europa 23-25 se demostró que la concentración media anual de las partículas totales estuvo significativamente asociada con la prevalencia de tos y bronquitis en niños escolares, y fue más fuerte en aquellos niños con diagnóstico de asma (NOM-017-STPS et al., 1994).

Otra evidencia describe que niños de 5 a 7 años de Ciudad de México con asma moderada son afectados por concentraciones de partículas suspendidas menores de 10 U y en partículas de 2,5 U en el cual se demostró una fuerte asociación entre los niveles de PM10 y el flujo espiratorio máximo, mientras que los síntomas respiratorios fueron asociados tanto a PM10 como a ozono (NOM-024-SSA et al., 1993)

## **II OBJETIVO**

### **OBJETIVO GENERAL:**

Verificar la contaminación del ambiente laboral por material particulado proveniente de procesos industriales, dentro de una empresa del ramo industrial en la que elaboran etiquetas.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICO:**

Determinar la concentración de partículas solidas suspendidas en el ambiente laboral que pueden ocasionar daños a la salud de los trabajadores por la generación de fuentes fijas como parte del proceso de producción.

### III REVISION DE LITERATURA:

#### PANORAMA MUNDIAL Y NACIONAL DE PARTICULAS

Investigaciones recientes relacionadas con el material particulado se han realizado en todo el mundo. En Italia (Perrone *et al.*, 2005), España (Viana *et al.*, 2006), Beijing (Wu *et al.*, 2008), Suecia (Sternbeck *et al.*, 2002), China (Zhang *et al.*, 2006) y Estados Unidos entre otras. En ellas demuestran la presencia de MP en la atmósfera por causas naturales y antropogénica, manifestando además la necesidad de adelantar estudios detallados relacionados con los efectos causados por la presencia de este contaminante, con el fin de implementar estrategias para el control del mismo (Wilhelm *et al.* 2009),

En la ciudad de Santiago de Cali se evidenció, por medio de modelos estadísticos, que durante el periodo marzo-diciembre de 2000, se presentaron varios casos en que la norma local para el área en estudio fue superada. Esta norma local de índice de la calidad del aire, fue calculada de la misma forma en que se calcula la norma local para Cali, con datos registrados dentro del área de estudio, con el objetivo de que fuera específica para la zona de influencia (Botero *et al.*, 2004).

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).

Investigaciones realizadas en el Valle de Aburrá, en relación con partículas en suspensión total (PST), arrojaron que el nivel de contaminación está aumentando en los últimos años y los niveles superan los 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , muy por encima de los niveles de precaución para la salud, definidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) (35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Si se considera el material particulado respirable (PM10), el diagnóstico se confirma en su tendencia ascendente con niveles muy

altos ( $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) con respecto al umbral de precaución fijado por la Organización Mundial Salud ( $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) para niveles de exposición crónica (Bedoya *et al.*, 2009).

En la ciudad de Medellín se realizaron diferentes mediciones con el fin de determinar las concentraciones de fondo de material particulado y sus variaciones, temporal y espacial. Otras mediciones estuvieron encaminadas a caracterizar física y químicamente el material particulado recolectado. Obteniendo como resultado la variación temporal y espacial de las concentraciones de metales, con valores representativos para el caso de metales como el calcio, hierro y magnesio en las muestras del material colectado (Echeverri *et al.*, 2000).

Según los estudios realizados sobre la calidad del aire en la ciudad de Santa Marta, Colombia, las concentraciones más altas coinciden, con el periodo de escasas lluvias, entre enero y abril. Al analizar las medias geométricas mensuales de material particulado, se observa que durante todo el periodo de estudio se registraron concentraciones superiores a los  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en la mayor parte del área urbana de Santa Marta. Se encontró, además, que en todos los meses los mayores niveles de contaminación referida a la concentración de material particulado en el aire, se registran en el área del centro de la ciudad (García *et al.*, 2006).

En la ciudad de Santa Fe de Bogotá, el estudio efectuado determinó una asociación significativa entre el incremento en la concentración másica de material particulado en el aire y el aumento en el número de consultas por enfermedad de vía aérea, superior en menores de 14 años, basado en datos de los hospitales de los barrios Venecia, Bosa y Trinidad Galán. El estudio predice, a partir de sus resultados, que una disminución de  $\text{PM}_{10}$  en  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  produciría una disminución del 17% en el número de consultas por síntomas de enfermedades respiratorias (Solarte *et al.* 1999).



Según los estudios de la composición química del MP en la ciudad de Bogotá, la composición es diferente para cada sector. Pero en general las fracciones que más aportan al material particulado son la geológica, asociada a polvo fugitivo y resuspendido, entre el 37 y 42%; las fracciones carbonáceas, que son las que más aportan, entre un 11 y 12% para el carbono elemental y un 34 y 43% para materia orgánica; la fracción iónica se encontró entre un 5 y 8% (Vargas Rojas et al., 2010).

En Bucaramanga, Colombia se caracterizaron mediante análisis físico-químicos de muestras de MP, los metales presentes en el aire-fracción respirable PM10 detectando en los resultados Al, Ca, Fe, Mg y Zn en todas las estaciones y en menor proporción se encontró Pb y algo de Ni y Cu (Quijano et al. 2004).

En los meses de julio y agosto de 1986 se llevó a cabo un proyecto bilateral entre México y los Estados Unidos, con el objeto de estudiar la química de la atmósfera en el Golfo de México. Este crucero se inició en Galveston, Texas, el 20 de julio de 1986, y se concluyó en Veracruz, México, el 23 de agosto de ese mismo año. (O.M.S. et al.,2003-2004).

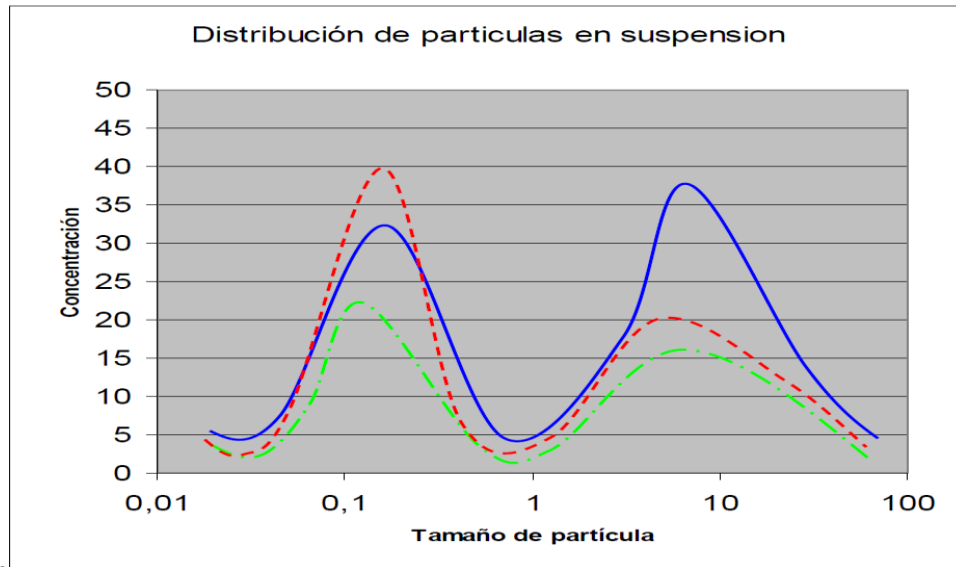


Figura 1.- Curva de distribución del tamaño de partículas que sufre una evolución en su paso a través de los sistemas de climatización.

La Secretaría de Marina de México proporcionó el buque oceanográfico H-02 para llevar a cabo esta investigación. Los resultados obtenidos en este proyecto se encuentran documentados en el informe correspondiente, en el cual se llevaron a cabo determinaciones químicas, físicas, meteorológicas y oceanográficas para evaluar su variación temporal en el Golfo de México (Parungo et al., 1990).

Después de este proyecto de investigación, se realizaron cuatro proyectos más en la zona de la Plataforma Continental del Golfo de México: uno de septiembre a octubre del 2002 (Bravo et al., 2003a), otro de noviembre a diciembre del mismo año (Bravo et al., 2003b), el cuarto de septiembre a octubre de 2003 (Bravo et al., 2004), y el último de mayo a junio de 2004 (Bravo et al., 2004).

### Situación de algunos países de América

Para graficar el problema de la contaminación del aire se hará referencia a 3 países del continente: México, Cuba y Estados Unidos.

A pesar de que la contaminación atmosférica constituye un hecho cotidiano en la zona metropolitana de Ciudad de México, la circunstancia de vivir bajo un cielo turbio es un fenómeno relativamente reciente. La parte más importante en la historia del deterioro del aire en la ciudad se ubica, en los últimos 40 años, como resultado del desarrollo y agudización de múltiples desequilibrios de carácter económico, urbano, energético, social y ambiental. Entre ellos se destaca un rápido crecimiento de la población, que ha provocado una expansión urbana sin precedente (Tosté M.A et al., 2006).

La ejecución de programas locales para el monitoreo de la calidad del aire se ha impuesto entonces como una necesidad, de lo que es ejemplo en este país el portal de Tabasco, de la Secretaría de Desarrollo Social y Medio Ambiente, para mantener informada a la población acerca del nivel de calidad del aire y la indicación para realizar actividades físicas en 3 ciudades que disponen de estaciones de monitoreo (Tosté M.A et al., 2006).

De 1971 a 1980, en Cuba se produjo un proceso acelerado de desarrollo industrial y de reducción de las desigualdades entre el campo y la ciudad, lo que condujo a establecer la legislación ambiental, como parte del proceso de institucionalización con la creación de la Comisión Nacional para la Protección del Medio Ambiente y Conservación de los Recursos Naturales (COMARNA et al.,1976).

a pesar de que la eficiencia de recuperación de las partículas suspendidas totales de la planta de peñol en torreón era de 96.9 %, las emisiones de partículas, tan

sólo a través de las chimeneas, se calculaban en 0.5 toneladas/día, de las cuales se consideraba que 30 % era plomo, lo que equivalía a 0.150 ton/día y 54.75 ton/año de este metal, lo que es muy superior a los valores registrados para otras fundidoras primarias de plomo con mayor producción; por ejemplo, entre 1969 y 1981 la fundidora de Port Pirie, en Australia, emitía 40 ton de plomo al año, lo que en ese tiempo se consideró excesivo( PROFEPA et al.,1999)

### **¿Qué es partícula?**

Como partículas se entiende cualquier sustancia, excepto agua pura que, bajo condiciones normales. Pueden estar presentes en estado sólido o líquido en la atmósfera y tienen tamaño microscópico o submicroscópico mayor que las dimensiones típicas moleculares (Whitby et al., 1976)

### **¿Qué son las partículas en suspensión (PM)?**

Las partículas en suspensión (PM, del inglés Particulate Matter) son todas las partículas sólidas y líquidas que se encuentran suspendidas en el aire, la mayor parte de las cuales suponen un peligro. Esta mezcla compleja contiene, entre otras cosas, polvo, polen, hollín, humo y pequeñas gotas (Campos A et al.,2008)

En general las partículas tienen una gran variedad de tamaños, desde grueso hasta fino y ultra fino. También presentan composiciones y orígenes dispares.

Las partículas pueden ser emitidas al aire de forma directa cuando provienen de fuentes como los procesos de combustión o el polvo arrastrado por el viento; o bien formarse en la atmósfera por la transformación de gases emitidos como el SO<sub>2</sub>.

En Europa, los sulfatos y la materia orgánica son los principales componentes del conjunto de partículas en suspensión que contaminan el aire, si tomamos como referencia la masa de éstas. El polvo mineral, los nitratos y el hollín también pueden llegar a ser componentes mayoritarios en determinadas condiciones. O.M.S. et al.,2004).

Las partículas suspendidas en la atmósfera menor a 10 µm de diámetro (PM10), pueden ser inhaladas y llegar a los pulmones, causando daños a la salud. A estas partículas se les considera un mejor indicador de la calidad del aire que las partículas suspendidas totales (pts.), que anteriormente se utilizaban como criterio de contaminante. La norma vigente de calidad del aire para PM10 adoptada en México es de 120 µg/m<sup>3</sup> promedio de 24 horas (NOM-025-SSA-1-1993).

### **Clasificación de las partículas en cuanto a su composición:**

Partículas sólidas;

Suelen ser de origen mineral u orgánico.

Las partículas minerales suelen ser de sílice. En ambientes urbanos tienen mucha importancia las partículas de carbono procedentes de procesos de combustión incompleta que, además, tienen mucha capacidad para ensuciar y decolorar las superficies de los diversos materiales de los edificios ( Galán I. et al.,1999)

En interiores también son importantes las fibras de vidrio o de textiles.

Asimismo hay partículas de origen animal o vegetal, bacterias, hongos, polen, etc.

Partículas líquidas Gotas pequeñas de agua, aerosoles, nieblas, etc. ( Galán I. et al.,1999)

Desde el punto de vista del tamaño, tradicionalmente se han considerado las denominadas partículas totales en suspensión, descritas como la fracción de partículas de tamaño menor de 50 micras. Las partículas de tamaño superior a 50 micras se depositan rápidamente por gravedad, y además no suponen elevados riesgos de salud debido a que son fácilmente retenidas por las defensas naturales.

Desde el punto de vista medioambiental se consideran dos fracciones de partículas en suspensión, diferenciadas por tamaño, que por otra parte tienen diferente origen y diferentes efectos sobre las salud de las personas expuestas, son las fracciones de partículas menores de 10 y de 2,5 micras.( Paulino et al., 2008).

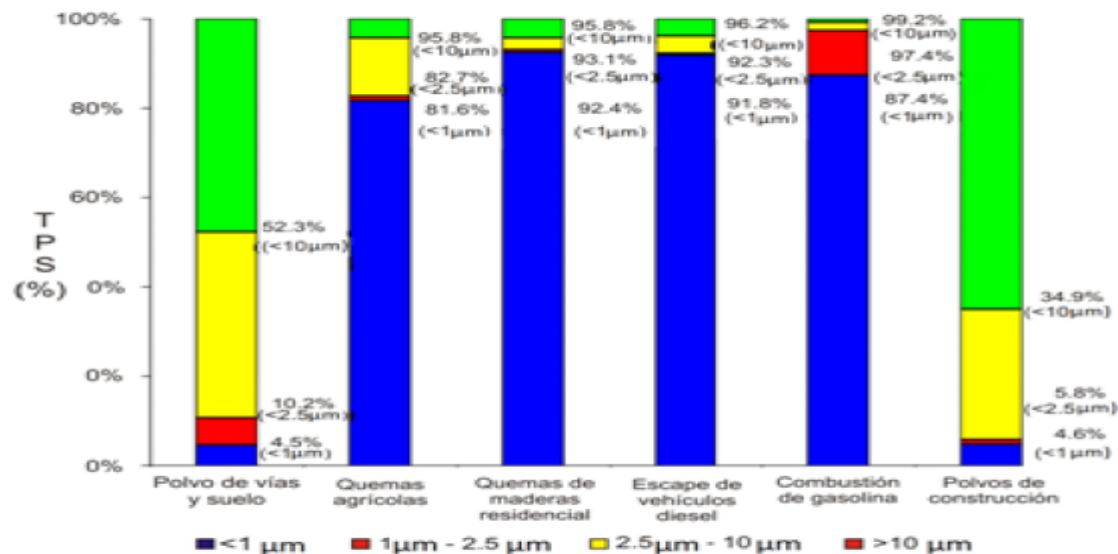


Figura 2. Tamaño de la distribución de partículas de acuerdo a la emisión. Entre las actividades naturales se encuentran las emisiones volcánicas y las partículas arrastradas por el viento, como el aerosol marino. Dentro de las actividades

antropogénica se encuentran las emisiones de gases de escape y partículas procedentes de los buques de navegación marítima.

#### Tipos de fuentes de contaminantes de partículas

Las fuentes de partículas suspendidas son diversas y abarcan desde las naturales, como polvo volcánico y tolvaneras, hasta las de origen antropogénica, que incluyen fábricas de acero, plantas de generación de energía, cementeras, fundidoras, obras de construcción y demolición, hornos y chimeneas que utilizan madera como combustible, áreas sujetas a erosión y motores diesel (Bravo et al., 1984).

Las fuentes de contaminación del aire pueden dividirse en dos categorías, fuentes puntuales y fuentes fugitivas. Las fuentes puntuales típicamente incluyen chimeneas estacionarias (Ghose Majee et al., 2000). En contraste, las fuentes fugitivas son abiertas, tales como los suelos y las pilas de carbón expuestos a la erosión del viento (Ghose Majee et al., 2000).

#### **Principales contaminantes Atmosféricos**

El dióxido de azufre y las partículas derivadas de la oxidación de combustibles fósiles son los principales contaminantes atmosféricos urbanos del mundo y, por ello, los más estudiados, tanto dentro como fuera de Durango. El presente artículo contempla, además del dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y las partículas, otros contaminantes de interés: el monóxido de carbono (CO), el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y el ozono (O<sub>3</sub>). Para todos ellos, las fuentes de emisión antropogénicas y concentraciones de fondo conocidas aparecen (MJ., Ordóñez et al., 1999).

Entre las principales fuentes de contaminación atmosférica están:

1. Fuentes naturales: Polvo que contiene materias biológicas, esporas, polen y bacterias.

2. Fuentes agrícolas: Insecticidas y herbicidas empleados en la agricultura.

3. Fuentes tecnológicas:

- Procesos industriales de todo tipo.
- Consumo industrial y doméstico de combustibles fósiles.
- Vehículos de motor.

Existen factores topográficos y meteorológicos que influyen en la contaminación atmosférica, entre los que se pueden citar:

- Topografía del terreno.
- Edificaciones existentes.
- Vientos: dirección y velocidad.
- Lluvia.
- Presión barométrica.
- Espacio de difusión (área sobre la que se mueven los contaminantes y altura máxima a que pueden llegar las corrientes de aire).,(Placeres et al.,2006).

### **La contaminación del aire. Apuntes históricos**

Algunos autores consideran que con el dominio del fuego por el hombre se inició la contaminación del aire, pero es con el proceso de industrialización que este fenómeno alcanzó una nueva dimensión. Desde el siglo XVI, en Inglaterra se presentó una aguda crisis maderera que dio lugar a la utilización de la hulla como



combustible, a pesar de las restricciones que existían para su empleo (Placeres RM et al.,2006).

Los principales problemas de salud eran atribuibles a las enfermedades transmisibles. No existía ciencia de la salud pública que abordara los efectos de la contaminación química, aunque se describía el conocimiento que existía acerca de los efectos para la salud que producía la exposición a sustancias químicas, y que eran ocasionados con mucha frecuencia por envenenamientos intencionales (Olite et al., 2006).

### Efectos Sobre La Salud

El efecto de las partículas sobre la salud depende directamente de su tamaño, ya que el organismo humano está diseñado para filtrar las partículas mayores y evitar que taponen los pulmones, que en última instancia son los filtros que evitan el paso de las partículas más finas al torrente sanguíneo (Chow JC et al.,2008)

En función de su tamaño podemos clasificar las partículas en:

Partículas de diámetro aerodinámico entre 0 a 100  $\mu\text{m}$

El contenido global de partículas ambientales se conoce como el total de partículas en suspensión (TSP). Esto incluye todas las partículas que se encuentran suspendidas en el aire, aunque generalmente, las partículas de más de 15  $\mu\text{m}$  se depositan por su peso y raramente son inhaladas ( Angulo Luis C et al., 2010).

Partículas torácicas: de diámetro aerodinámico menor que 10  $\mu\text{m}$ .

La nariz humana y la tráquea filtran las partículas de entre 10 a 15  $\mu\text{m}$ , impidiendo su entrada a los pulmones, dando lugar al grupo de partículas denominadas torácicas: PM10 (partículas menores de 10  $\mu\text{m}$ ). (Chow JC et al.,2008)

Partículas respirables: de diámetro aerodinámico menor que 4  $\mu\text{m}$ . (Wood A.M. et al.,2009).

### **¿Cómo afectan las partículas en suspensión (PM) a la salud humana?**

La exposición a largo plazo a las concentraciones de partículas en suspensión que encontramos actualmente en el ambiente puede afectar a los pulmones tanto de niños como de adultos, y puede también causar la pérdida de varios meses de esperanza de vida, sobre todo en personas con enfermedades cardíacas y pulmonares preexistentes (O.M.S.et al.,2003-2004).

#### Grupo vulnerables

Los grupos de población que podrían ser más vulnerables a los efectos de los contaminantes del aire son:

- Los que son más sensibles de por sí a los contaminantes del aire, por ejemplo las personas con una predisposición genética, los fetos y los niños muy pequeños.
- Los que adquieren una mayor sensibilidad a causa de su avanzada edad, ciertas <enfermedades o factores ambientales y socioeconómicos.
- Los que están expuestos a cantidades de contaminantes del aire excepcionalmente grandes (O.M.S. et al.,2003-2004).

#### Penetración de partículas

Asimismo, García-Reynoso et al. (2007) realizaron un estudio sobre riesgo por contaminantes criterio y reportan que las partículas (PM10) contribuyen con el 21% al riesgo potencial a la salud. La fracción que representa un mayor riesgo para la salud son las PM10 y PM2.5, que por su reducido tamaño pueden penetrar directamente a la región torácica y ser tóxica, cancerígena, muta génica y teratogénicas (Pope et al., 1995).

Diversos estudios epidemiológicos han demostrado que existe una importante relación entre altas concentraciones de partículas y el incremento de muertes y hospitalizaciones debidas a enfermedades pulmonares (Dockery et al., 1993).

Otros trabajos han mostrado altas concentraciones de interior de PM generada a partir de combustibles de biomasa o sólidos en diferentes contextos. Un estudio realizado en Nepal, cerca de la Valle de Katmandú informó concentraciones de PM10 que van desde 5100 hasta 8100 3micras con una concentración media de 2,400 micras en casas que utilizan biomasa como su combustible principal y sin la ventilación adecuada (Shrestha et al 2005).

El principal problema de contaminación atmosférica en una zona minera se debe a la presencia de partículas, las cuales pueden ser de carbón, suelo o estéril. 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. Las fuentes de contaminación del aire pueden dividirse en dos categorías, fuentes puntuales y fuentes fugitivas. Las fuentes puntuales típicamente incluyen chimeneas estacionarias. En contraste, las fuentes fugitivas son abiertas, tales como los suelos y las pilas de carbón expuestos a la erosión del viento (Ghose y Majee 2000).

La contaminación del aire es un factor de riesgo para las vías respiratorias y cardiovasculares ahora se acepta que la contaminación atmosférica es un importante problema de salud pública por su impacto en el largo plazo puede

causar la mortalidad. Sin embargo, la evaluación de la exposición a la contaminación del aire es complicado determinar. (Jordi Sunyer et al.2007)

La mayoría de los estudios epidemiológicos que evalúan efectos en la salud de la contaminación del aire, utilizan mediciones de sitio central, en algunos casos, operados por la distancia entre los participantes, casas y una carretera principal, (Thomas Gotschi et al., 2007).

## **CONTAMINACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE**

### **Aspectos técnicos**

#### **Equipos para medición de material particulado**

Los equipos utilizados para la medición de material particulado, succionan una cantidad medible de aire ambiente hacia una caja de muestreo a través de un filtro, durante un periodo de tiempo conocido, generalmente 24 horas. El filtro es pesado antes y después para determinar el peso neto ganado. El volumen total de aire muestreado se determina a partir de la velocidad promedio de flujo y el tiempo de muestreo. La concentración total de partículas en el aire ambiente se calcula como la masa recolectada dividida por el volumen de aire muestreado, ajustado a las condiciones de referencia. Existen dos muestre adores de este tipo que se diferencian en su controlador de flujo, pueden ser de sistema MFC (controlador de flujo de tipo másico) o VFC (controlador de flujo de tipo volumétrico) (MAVDT, et al., 2010).

Según las mediciones de partículas hay muchas causas de error, estas incluyen interferencias, niveles de blancos, reproducibilidad de los métodos de muestreo y muestreo estadístico. (García et al., 2002).

Cada medida tiene un grado de incertidumbre debido a los límites de medición de los equipos y las personas que usan estos equipos. Las principales fuentes de error son:

Contaminación artificial de las muestras en su manipulación.

Pérdida de material colectado durante el muestreo, recolección o almacenamiento de los filtros.

Inadecuado manejo de los filtros durante su transporte o almacenamiento.

Modificación de las muestras durante su análisis.

Errores en el manejo de los datos ( Wood AM et al 2009)

### **Medición partículas en suspensión menores de 10 $\mu\text{m}$ (PM10)**

Para la medición de las concentraciones de material particulado en suspensión, se pueden emplear equipos para la medición de partículas respirables o medidores de alto volumen PM10, Estos equipos miden exclusivamente todo el material respirable establecido con tamaño de partícula menor que 10 $\mu$ ; las partículas respirables, son aquellas que logran pasar el tracto respiratorio penetrando en los alvéolos pulmonares (Saldarriaga et al., 2004).

Tecnologías de control para emisiones de material particulado

Las tecnologías utilizadas para el control de las emisiones de material particulado para fuentes fijas corresponden a:

Ciclones: son equipos de recolección de polvo que se usan con mayor frecuencia. Los ciclones remueven el material particulado de la corriente gaseosa, basándose en el principio de impactación inercial, generado por la fuerza centrífuga. Son

adecuados para separar partículas con diámetros mayores de 5  $\mu\text{m}$  con eficiencias hasta del 90%; aunque partículas muchos más pequeñas, en ciertos casos, pueden ser separadas (Echeverri et al., 2006).

Multiciclones: son básicamente un conjunto de pequeños ciclones de alta eficacia, reunidos en un colector común. Al igual que los ciclones ordinarios, separan las partículas del gas a tratar mediante el centrifugado del mismo. La eficacia de los multiciclones para polvo con partículas entre 80 y 120 micras es del 95 al 98% (Mejía Oviedo et al., 2006).

Filtros de Mangas: son considerados como los equipos más representativos de la separación sólido-gas. Su función consiste en recoger las partículas sólidas que arrastra una corriente gaseosa haciéndolas pasar a través de un tejido. En general, un filtro es una estructura porosa compuesta de material fibroso que tiende a retener las partículas según pasa el gas que las arrastra, a través de los espacios vacíos del filtro (Echeverri et al., 2008).

### **Métodos de captación y análisis de los contaminantes atmosféricos**

La monitorización del aire se refiere a los procedimientos de muestreo y análisis de contaminantes atmosféricos. Para poder medir los niveles de los contaminantes es necesario contar con métodos que produzcan resultados comparables. Para ello, nuestro país tiene definidas las técnicas de referencia y los métodos alternativos para la medición de los contaminantes para los que existen valores de referencia (Aránguez Emiliano et al., 1999).

### **Riesgos de trabajo por material particulado**

La exposición a concentraciones elevadas de partículas produce diversos efectos adversos sobre la población afectada:

- Irritaciones de vías respiratorias y ojos.
- Mayor incidencia y agravamiento de episodios asmáticos.
- Mayor incidencia y agravamiento de enfermedades cardiovasculares.
- Aumento de la morbilidad a largo plazo.
- Aumento de la frecuencia de cáncer pulmonar a largo plazo (Placeres -Romero et al., 2006)

El efecto final de las partículas depositadas en el sistema respiratorio depende de su composición química, que puede dar lugar a efectos toxicológicos diversos, irritaciones, fibrosis (especialmente en partículas no biosolubles), alveolitis, bronquiolitis, etc.

Asimismo las partículas tiene capacidad para absorber, adsorber y desorber sustancias químicas diversas dando lugar a posibles reacciones sinérgicas. (O.M.S. et al., 2008)

### **¿Cómo afectan las partículas en suspensión (PM) a la salud humana?**

1.- En Durango, la exposición a largo plazo a las concentraciones de partículas en suspensión que encontramos actualmente en el ambiente puede afectar a los pulmones tanto de niños como de adultos, y puede también causar la pérdida de varios meses de esperanza de vida, sobre todo en personas con enfermedades cardíacas y pulmonares preexistentes.

Las partículas en suspensión presentes en el ambiente son la causa de efectos dañinos para la salud, incluso en ausencia de otros contaminantes del aire. Se ha

demostrado que tanto las partículas finas como las gruesas afectan a la salud, especialmente al aparato respiratorio.

2. Las partículas finas son más peligrosas que las gruesas. Además del tamaño de las partículas, hay otras características físicas, químicas y biológicas que pueden influir en la aparición de efectos dañinos para la salud. Por ejemplo, la presencia de metales, HAP, otros componentes orgánicos o determinadas toxinas.

3. Cuando las partículas en suspensión aparecen junto a otros contaminantes del aire, se acumulan los efectos individuales de cada contaminante. En algunos casos, sobre todo cuando aparecen junto a ozono o alérgenos, se registraron efectos superiores incluso a la suma de los efectos individuales. Cuando se da una interacción entre partículas en suspensión y gases, esta interacción modifica su composición y, por lo tanto, sus efectos.

4. Algunos colectivos son más propensos a tener problemas de salud a causa de las partículas en suspensión presentes en el ambiente. Estos grupos son, entre otros: las personas mayores, los niños, las personas con enfermedades cardíacas y pulmonares preexistentes, los asmáticos y, por último, la población desfavorecida o con una educación deficiente.

5. No se ha determinado ningún umbral por debajo del cual ninguna persona tenga problemas de salud, ya que algunas personas son vulnerables incluso a concentraciones bajas de partículas en suspensión en el ambiente (Pérez- Vidal H et al. 2010).

El efecto de las partículas sobre la salud depende directamente de su tamaño, ya que el organismo humano está diseñado para filtrar las partículas mayores y evitar que taponen los pulmones, que en última instancia son los filtros que evitan el paso de las partículas más finas al torrente sanguíneo (Placeres -Romero et al., 2006).



En función de su tamaño podemos clasificar las partículas en:

a).- Partículas de diámetro aerodinámico entre 0 a 100  $\mu\text{m}$

El contenido global de partículas ambientales se conoce como el total de partículas en suspensión (TSP). Esto incluye todas las partículas que se encuentran suspendidas en el aire, aunque generalmente, las partículas de más de 15  $\mu\text{m}$  se depositan por su peso y raramente son inhaladas.

b).- *Partículas torácicas*: de diámetro aerodinámico menor que 10  $\mu\text{m}$

La nariz humana y la tráquea filtran las partículas de entre 10 a 15  $\mu\text{m}$ , impidiendo su entrada a los pulmones, dando lugar al grupo de partículas denominadas torácicas: PM10 (partículas menores de 10  $\mu\text{m}$ ).

c).- *Partículas respirables*: de diámetro aerodinámico menor que 4  $\mu\text{m}$  (Placeres - Romero et al., 2006).

#### **IV MATERIALES Y METODOS**

El presente estudio se llevo a cabo en la empresa denominada Subli Impresos Murr, S.A. de .C.V, ubicada en el Parque Industrial Lagunero en la ciudad de Gómez Palacio, Dgo., en las coordenadas; 25° 34' 46" latitud norte y 103° 27' 10" longitud oeste y a una altura de 1129 msnm, la empresa se dedica a la elaboración de etiquetas estampadas., para lo cual emplea hornos y equipos para el estampado, el presente estudio tuvo como objetivo conocer la contaminación en el ambiente laboral por material particulado proveniente de procesos industriales, así como el de dar el cumplimiento a la norma Oficial Mexicana NOM-010-STPS-1999, referente a las "Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias

químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral”, al Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo; 3°. , 5°. y 22 fracciones I, XIII., para determinar la composición del material particulado provenientes de las actividades o procesos industriales, lo anterior con la finalidad de determinar si está cumpliendo con los límites máximos permisibles, de emisiones de contaminante al ambiente laboral por proceso productivos.

### **Materiales Empleados.**

Los materiales empleado para le evaluación del material particulado contaminantes del medio ambiente laboral, fueron los siguientes:

- Bomba de muestreo personal marca Met Instrument modelo GT-521.
- Un Filtro tipo Steraporo modelo G3111.
- Fluxometro (cinta de medir)
- Cronometro marca Cassio.

La bomba utilizada, da los resultados en dos tamaños de partículas de 0.3 $\mu$  y 0.5 $\mu$  (micras) con un flujo en Pies cúbicos por minuto (Ft<sup>3</sup>/min).

Se selecciono el apéndice II de la norma oficial mexicana NOM-010-1999 donde nos indica el método que se debe de utilizar para llevar a cabo el estudio; el método indicado esta marcado en la norma como “procedimiento 068”: determinación de polvos respirables en aire-método Gravimétrico.

a).- Principio del método

Este método consiste en los siguientes pasos:

1 Pesar los filtros de policloruro de vinilo, utilizando una balanza microanalítica.

2 Un volumen conocido de aire se hace pasar a través de los filtros de policloruro de vinilo para atrapar la sustancia a analizar.

3 Una vez realizado el muestreo, pesar nuevamente los filtros con la misma balanza microanalítica que se utilizó para pesarlos antes del muestreo.

b).- Intervalo y sensibilidad

Este método fue validado sobre el intervalo de 0.5 a 10 mg/m<sup>3</sup> para muestras de 200 litros probadas en campo y en laboratorio. Este método determina la concentración total en masa de polvos contaminantes volátiles respirables a la que un trabajador está expuesto.

c).- Precisión y exactitud

La precisión del método depende de la sensibilidad de la balanza microanalítica, es de 10 µg para una balanza con sensibilidad de 0.001 mg y de 68 µg para una balanza con sensibilidad de 0.01 mg.

d).- Interferencias

1 Se pueden presentar interferencias debido a la distribución del tamaño de las partículas. En algunos casos se han encontrado, por análisis microscópico en los filtros de ciclones, partículas mayores a 10 µm. Se sabe que la captura de partículas de gran tamaño se debe a que se invierte el ciclón después del muestreo.

2 Las cargas de polvos pesados, partículas cargadas, fibras y polvos saturados con agua, también interfieren con las propiedades selectivas de tamaño del ciclón.

e).- Ventajas y desventajas

1 Ventajas. El equipo de muestreo es portátil y no involucra el manejo de líquidos.

2 Desventajas. El método mide la concentración en masa de polvos no volátiles respirables y de polvos inertes. Se recomienda para polvos respirables de carbón.

f).- Instrumentación y equipo

Para el muestreo y análisis de polvos respirables en el aire se requiere del siguiente equipo e instrumentación:

1) muestreador con filtro de policloruro de vinilo de 37 mm de diámetro y 5  $\mu\text{m}$  de tamaño de poro o equivalente, montados en un portafiltros de 37 mm y sellado con cinta adhesiva o banda ajustable de celulosa;

2) sujetador de la cabeza del muestreador, para mantener al portafiltros, ciclón y acoplamiento rígidamente juntos, de manera que el aire de muestreo entre únicamente por la entrada del ciclón;

3) bomba de muestreo personal, calibrada a 1.7 l/min  $\pm$  5% para ciclón nylon o 2.2 l/min  $\pm$  5% para ciclón Higgins Dewel con tubos flexibles para conexión;

4) balanza microanalítica con una sensibilidad de 0.001 mg;

5) cámara ambiental para la balanza a 20 °C  $\pm$  1 °C y 50%  $\pm$  5% de humedad relativa;

6) desecador;

7) pinzas o fórceps de nylon.

g).- Preparación de las muestras.

La preparación de las muestras para el análisis, se llevará a cabo de acuerdo a las siguientes instrucciones:

1) quitar los tapones superior e inferior del porta filtros. Colocar los portafiltros en el desecador por lo menos durante 2 horas para liberarlos de humedad;

2) quitar la banda del porta filtros, abrir el porta filtros y quitar el filtro. Manejar cuidadosamente los filtros por la orilla para evitar pérdidas de polvo. Si el filtro se adhiere por debajo de la parte superior del porta filtros, levantarlo cuidadosamente usando la punta de una espátula para evitar que se rompa el filtro.

h).- Calibración y patrones

Llevar a cabo la calibración de la balanza y el control de calidad de la siguiente manera:

1) ajustar a ceros la balanza micro analítica antes de cada pesada. Use la misma balanza micro analítica para pesar los filtros antes y después de la recolección de muestras;

2) las muestras tomadas por duplicado para cada lote de muestreo, servirán para el control de calidad y deben ser tomadas con el mismo equipo, procedimiento y personal del muestreo de campo de rutina.

Calcular la precisión de esas muestras y anotar la desviación estándar relativa. Tomar acciones correctivas cuando la precisión esté fuera de control.

i).- Medición

Pese cada filtro muestreado, incluyendo los blancos de campo. Registre el peso como peso final (W2).

Anotar cualquier hecho notable acerca del filtro como sobrecarga, fuga, humedad, rompimiento u otros.

## V. RESULTADOS Y CONCLUSION

Como resultado de las evaluaciones realizadas en la empresa, Subli Impresos Mur, S.A. de C.V., a continuación se presenta un cuadro, en donde se indica los resultados de los valores obtenidos del material particulado existente en el medio laboral, así como los puntos donde se llevaron a cabo las evaluaciones al interior de la empresa.

**Tabla No. 1** En esta tabla se presenta una comparativa entre los resultados obtenidos de la empresa y la Norma Oficial Mexicana NOM-010-STPS-1999, de referencia para los niveles máximos permisibles de emisiones de partículas.

Localización de punto de evaluación.	Fecha de muestreo	Hora de inicio	Hora de termino	Partículas de 0.3 micras	Partículas de 0.5 micras	Tiempo	NOM-010 -STPS- 1999
<b>Celda N.1</b>							
Punto1.	04/03/2013	10:30 AM	10:57 AM	408.1 mg/m <sup>3</sup>	327.7 mg/m <sup>3</sup>	180seg	2mg/m <sup>3</sup>
Punto2.	04/03/2013	10:30 AM	10:57 AM	417 mg/m <sup>3</sup>	338.2 mg/m <sup>3</sup>	180seg	2mg/m <sup>3</sup>
Punto3	04/03/2013	10:30 AM	10:57 AM	470.2 mg/m <sup>3</sup>	411.8 mg/m <sup>3</sup>	180seg	2mg/m <sup>3</sup>
Punto4	04/03/2013	10:30 AM	10:57 AM	457.6 mg/m <sup>3</sup>	387.6 mg/m <sup>3</sup>	180seg	2mg/m <sup>3</sup>
Punto5	04/03/2013	10:30	10:57	517.7 mg/m <sup>3</sup>	481.7 mg/m <sup>3</sup>	180seg	2mg/m <sup>3</sup>

		AM	AM			.	
<b>Celda N.2</b>							
Punto1	26/02/2013	13:50 PM	2:20 PM	324.4 mg/m <sup>3</sup>	180.7 mg/m <sup>3</sup>	180seg	2mg/m <sup>3</sup>
Punto2	26/02/2013	13:50 PM	2:20 PM	348.1 mg/m <sup>3</sup>	215.6 mg/m <sup>3</sup>	180seg	2mg/m <sup>3</sup>
Punto3	26/02/2013	13:50 PM	2:20 PM	463.8 mg/m <sup>3</sup>	364.2 mg/m <sup>3</sup>	180seg	2mg/m <sup>3</sup>
Punto4	26/02/2013	13:50 PM	2:20 PM	452.2 mg/m <sup>3</sup>	359.3 mg/m <sup>3</sup>	180seg	2mg/m <sup>3</sup>
Punto5	26/02/2013	13:50 PM	2:20 PM	338.6 mg/m <sup>3</sup>	208.6 mg/m <sup>3</sup>	180seg	2mg/m <sup>3</sup>
<b>Celda N.3</b>							
Punto 1	28/02/2013	11:24 AM	11:45 AM	477.6 mg/m <sup>3</sup>	412.7 mg/m <sup>3</sup>	180seg	2mg/m <sup>3</sup>
Punto 2	28/02/2013	11:24 AM	11:45 AM	360.6 mg/m <sup>3</sup>	230.9 mg/m <sup>3</sup>	180seg	2mg/m <sup>3</sup>
Punto 3	28/02/2013	11:24 AM	11:45 AM	355.7 mg/m <sup>3</sup>	229.3 mg/m <sup>3</sup>	180seg	2mg/m <sup>3</sup>
Punto 4	28/02/2013	11:24 AM	11:45 AM	447.6 mg/m <sup>3</sup>	362.1 mg/m <sup>3</sup>	180seg	2mg/m <sup>3</sup>
Punto 5	28/02/2013	11:24 AM	11:45 AM	405.5 mg/m <sup>3</sup>	285.7 mg/m <sup>3</sup>	180seg	2mg/m <sup>3</sup>
<b>Área de rollos</b>							
Punto 1	28/02/2013	11:23 AM	11:50 AM	423.6 mg/m <sup>3</sup>	313.1 mg/m <sup>3</sup>	180seg	2mg/m <sup>3</sup>
Punto 2	28/02/2013	11:23 AM	11:50 AM	427.1 mg/m <sup>3</sup>	146 mg/m <sup>3</sup>	180seg	2mg/m <sup>3</sup>
Punto 3	28/02/2013	11:23 AM	11:50 AM	451.9 mg/m <sup>3</sup>	360.2 mg/m <sup>3</sup>	180seg	2mg/m <sup>3</sup>
Punto 4	28/02/2013	11:23	11:50	502.6 mg/m <sup>3</sup>	4319 mg/m <sup>3</sup>	180seg	2mg/m <sup>3</sup>

		AM	AM			.	
Punto 5	28/02/2013	11:23 AM	11:50 AM	532.6 mg/m <sup>3</sup>	555 mg/m <sup>3</sup>	180seg	2mg/m <sup>3</sup>
<b>Área de bordado</b>							
Punto 1	28/02/2013	9:00 AM	1:00PM	520.8 mg/m <sup>3</sup>	482.1 mg/m <sup>3</sup>	180seg	2mg/m <sup>3</sup>
Punto 2	28/02/2013	9:00 AM	1:00 PM	528.7 mg/m <sup>3</sup>	490.2 mg/m <sup>3</sup>	180seg	2mg/m <sup>3</sup>
Punto 3	28/02/2013	9:00 AM	1:00 PM	494.9 mg/m <sup>3</sup>	427.2 mg/m <sup>3</sup>	180seg	2mg/m <sup>3</sup>
<b>Armado de Mallas</b>							
Punto 1	30/02/2013	10:00 AM	12:00 PM	516.5 mg/m <sup>3</sup>	452.1 mg/m <sup>3</sup>	180seg	2mg/m <sup>3</sup>
Punto 2	30/02/2013	10:00 AM	12:00 PM	512.6 mg/m <sup>3</sup>	447.6 mg/m <sup>3</sup>	180seg	2mg/m <sup>3</sup>
Punto 3	30/02/2013	10:00 AM	12:00 PM	532.7 mg/m <sup>3</sup>	484.2 mg/m <sup>3</sup>	180seg	2mg/m <sup>3</sup>
<b>Área de emulsiona do</b>							
Punto 1	01/03/2013	11:12 AM	2:19 PM	330.3 mg/m <sup>3</sup>	184.9 mg/m <sup>3</sup>	180seg	2mg/m <sup>3</sup>
Punto 2	01/03/2013	11:12 AM	2:19 PM	305.3 mg/m <sup>3</sup>	160 mg/m <sup>3</sup>	180seg	2mg/m <sup>3</sup>
Punto 3	01/03/2013	11:12 AM	2:19 PM	294.6 mg/m <sup>3</sup>	148.7 mg/m <sup>3</sup>	180seg	2mg/m <sup>3</sup>
<b>Almacén de tintas</b>							
Punto 1	03/03/2013	12:08	12:19	561.4 mg/m <sup>3</sup>	530.3 mg/m <sup>3</sup>	180seg	2mg/m <sup>3</sup>



		PM	PM			.	
Punto 2	03/03/2013	12:08 PM	12:19 PM	557.4 mg/m <sup>3</sup>	523.5 mg/m <sup>3</sup>	180seg	2mg/m <sup>3</sup>
Punto 3	03/03/2013	12:08 PM	12:19 PM	555.2 mg/m <sup>3</sup>	520 mg/m <sup>3</sup>	180seg	2mg/m <sup>3</sup>

**Tabla No. 2.-** Comparativo entre los resultados obtenidos, y los niveles máximos permisibles establecido en la Norma Oficial Mexicana, de la Secretaria de Trabajo y Previsión Social, NOM-010-STPS-1999.

Punto Evaluado	Resultados Obtenidos (mg/m <sup>3</sup> ) Partícula de 3 µ	Resultados obtenidos (mg/m <sup>3</sup> ) Partícula de 5 µ	NOM-010-STPS-1999 (mg/m <sup>3</sup> )	Cumplimiento Con Norma
Punto1.	408.1 mg/m <sup>3</sup>	327.7 mg/m <sup>3</sup>	2mg/m <sup>3</sup>	No
Punto2.	417 mg/m <sup>3</sup>	338.2 mg/m <sup>3</sup>	2mg/m <sup>3</sup>	No
Punto3	470.2 mg/m <sup>3</sup>	411.8 mg/m <sup>3</sup>	2mg/m <sup>3</sup>	No
Punto4	457.6 mg/m <sup>3</sup>	387.6 mg/m <sup>3</sup>	2mg/m <sup>3</sup>	No
Punto5	517.7 mg/m <sup>3</sup>	481.7 mg/m <sup>3</sup>	2mg/m <sup>3</sup>	No
<b>Celda N.2</b>				
Punto1	324.4 mg/m <sup>3</sup>	180.7 mg/m <sup>3</sup>	2mg/m <sup>3</sup>	No
Punto2	348.1 mg/m <sup>3</sup>	215.6 mg/m <sup>3</sup>	2mg/m <sup>3</sup>	No
Punto3	463.8 mg/m <sup>3</sup>	364.2 mg/m <sup>3</sup>	2mg/m <sup>3</sup>	No
Punto4	452.2 mg/m <sup>3</sup>	359.3 mg/m <sup>3</sup>	2mg/m <sup>3</sup>	No
Punto5	338.6 mg/m <sup>3</sup>	208.6 mg/m <sup>3</sup>	2mg/m <sup>3</sup>	No
<b>Celda N.3</b>				
Punto 1	477.6 mg/m <sup>3</sup>	412.7 mg/m <sup>3</sup>	2mg/m <sup>3</sup>	No

Punto 2	360.6 mg/m <sup>3</sup>	230.9 mg/m <sup>3</sup>	2mg/m <sup>3</sup>	No
Punto 3	355.7 mg/m <sup>3</sup>	229.3 mg/m <sup>3</sup>	2mg/m <sup>3</sup>	No
Punto 4	447.6 mg/m <sup>3</sup>	362.1 mg/m <sup>3</sup>	2mg/m <sup>3</sup>	No
Punto 5	405.5 mg/m <sup>3</sup>	285.7 mg/m <sup>3</sup>	2mg/m <sup>3</sup>	No
<b>Área de rollos</b>				
Punto 1	423.6 mg/m <sup>3</sup>	313.1 mg/m <sup>3</sup>	2mg/m <sup>3</sup>	No
Punto 2	427.1 mg/m <sup>3</sup>	146 mg/m <sup>3</sup>	2mg/m <sup>3</sup>	No
Punto 3	451.9 mg/m <sup>3</sup>	360.2 mg/m <sup>3</sup>	2mg/m <sup>3</sup>	No
Punto 4	502.6 mg/m <sup>3</sup>	4319 mg/m <sup>3</sup>	2mg/m <sup>3</sup>	No
Punto 5	532.6 mg/m <sup>3</sup>	555 mg/m <sup>3</sup>	2mg/m <sup>3</sup>	No
<b>Área de bordado</b>				No
Punto 1	520.8 mg/m <sup>3</sup>	482.1 mg/m <sup>3</sup>	2mg/m <sup>3</sup>	No
Punto 2	528.7 mg/m <sup>3</sup>	490.2 mg/m <sup>3</sup>	2mg/m <sup>3</sup>	No
Punto 3	494.9 mg/m <sup>3</sup>	427.2 mg/m <sup>3</sup>	2mg/m <sup>3</sup>	No
<b>Armado de Mallas</b>				
Punto 1	516.5 mg/m <sup>3</sup>	452.1 mg/m <sup>3</sup>	2mg/m <sup>3</sup>	No
Punto 2	512.6 mg/m <sup>3</sup>	447.6 mg/m <sup>3</sup>	2mg/m <sup>3</sup>	No
Punto 3	532.7 mg/m <sup>3</sup>	484.2 mg/m <sup>3</sup>	2mg/m <sup>3</sup>	No
<b>Área de emulsionado</b>				
Punto 1	330.3 mg/m <sup>3</sup>	184.9 mg/m <sup>3</sup>	2mg/m <sup>3</sup>	No
Punto 2	305.3 mg/m <sup>3</sup>	160 mg/m <sup>3</sup>	2mg/m <sup>3</sup>	No
Punto 3	294.6 mg/m <sup>3</sup>	148.7 mg/m <sup>3</sup>	2mg/m <sup>3</sup>	No

Almacén de tintas				
Punto 1	561.4 mg/m <sup>3</sup>	530.3 mg/m <sup>3</sup>	2mg/m <sup>3</sup>	No
Punto 2	557.4 mg/m <sup>3</sup>	523.5 mg/m <sup>3</sup>	2mg/m <sup>3</sup>	No
Punto 3	555.2 mg/m <sup>3</sup>	520 mg/m <sup>3</sup>	2mg/m <sup>3</sup>	No

## VI RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos en el presente estudio, se concluye lo siguiente:

De acuerdo a la **Tabla No. 2** se determina que de los 32 puntos evaluados al interior de las instalaciones de la planta, todos los puntos se encuentran fuera de los límites máximos permisibles establecidos dentro de la normatividad, NOM-010-STPS-1999 .

De acuerdo a lo anterior se concluye lo siguiente: A petición de la empresa, la evaluación de PST's se realizó durante una de semana, en horas en que la planta opera, es decir, que la evaluación se llevó a cabo en horas laboral, en la presencia de la mayoría de los trabajadores, y de esta manera poder determinar con mayor exactitud las cantidades de material partículas que el personal respira.

1. Durante la evaluación se determinaron primeramente los equipos emisores de las particulares, observándose que estos corresponden a los equipos conocidos como hornos de secado así como los equipos de vulcanizado, que es donde se lleva a cabo la operación de impresión de las etiquetas.

2. Además durante el periodo de evaluación, se observó la existencia, en el ambiente laboral de neblina que se supone corresponde a la emisión de

partículas sólidas suspendidas, lo cual incremento la presencia de material particulado, también observe que los trabajadores de la planta no cuentan con equipos de protección personal.

Se recomienda que los trabajadores cuenten con equipo de protección personal para disminuir la respiración material particulado existente el área laboral. Como se observó en los resultados, las concentraciones de este materia rebasan por mucho los límites máximos permisibles establecidos por la norma oficial Mexicana, correspondiente. El uso del equipo de protección personal ayudara a proteger la salud de los trabajadores y ayudara considerablemente a disminución de las enfermedades profesionales a que están expuestos los trabajadores por este tipo de contaminantes en el medio laboral.

## VII CITAS BIBLIOGRÁFICAS

Angulo CL., Huertas IJ. Y R. GM. 2011. "Caracterización de Partículas Suspendidas (PST) y Partículas Respirables (PM10) producidas en Áreas de Explotación Carbonífera a Cielo a Bierto." Información Tecnología 22: 23-34.

Angulo Luis C., Huerta José I. y Respreto Gloria M. 2010. "Caracterización de Partículas Suspendidas (PST) y Partículas Respirables (PM10) producidas en Áreas de Explotación Carbonífera a Cielo Abierto." Información Tecnológica 22: 23-34.

CA., S.-A. 2012. "Diagnostico y controlador de materia particulado: partículas suspendidas totales y fracción respirables PM10." Luna Azúl: 1909-2474.

Dominici F., Pende RD., Zeger S., White RH. y Samet JM. 2007. "Particulate Air Pollution and Morlality in the united States: Did the Risk." American Journal of E pidemiology 66: 880-888.

Jaquemin B., Sunyer J., Forsberg B., Gotschil T., Bayer-Oglesby L., Liebrich-Ackermann U., Marco-Roberto., Heirinch J., Jarvis D., Torén K. y K. N. 2007. "Annoyance due to air pollution in Europa." International journal of epidemiology: 809-820.

Klein S., Rchardson MR., Greasty R., Jenkins R., Stone J., Michael R., Thomas MR. y S. A. 2013. "The influence of suspended nanoparticles on the frederiks thresholds of the nematic host." Mathematical, Physical engineering science Engineering sciences: 1-14.

Kurmi-P OM., Steiner m., Henderson GD., A. JG. y 2008. "Particulate matter exposure during domestic work in nepal." Published by oxford university press on behalf of the british occupational hygiene society 52: 509-517.

Mueller SBY., Llewelin WE. y Mader MH. 2010. "The rheology of suspensions of solid particles." Proceedings of the royal A society: 1201-1228.

Peréz- Vidal H., Lugómez- Rocha MA. y Acosta- Pérez LI 2010. "analysis of total suspended particles (TSP) and breathable fraction-particulate matter (PM10) in Cunduacan, Tabasco." Universidad y Ciencias Trópico Húmedo 2: 151-162.

Placeres -Romero M., Olite-Diego F. y T.-Á. M. 2006. "La contaminación del aire: su repercusión como problema de salud." Cubana Hig Epidemiol 44: 1-14.

Wood AM., Harrison RM., Semple S., Ayres JG. y S. RA. 2009. "Outdoor air pollution is associated with disease severity in antitrypsin deficiency." European Respiratory Journal 34: 346-353.

(Angulo Luis C. *et al.*, 2010; Peréz- Vidal H. *et al.*, 2010) Angulo Luis C., Huerta José I., and Respreto Gloria M., Caracterización de Partículas Suspendidas (PST) y Partículas Respirables (PM10) producidas en Áreas de Explotación Carbonífera a Cielo Abierto. Información

Arreola-Contreras JL, González G (1999) Análisis espectral del viento y partículas menores de 10 micrómetros (PM10) en el área Metropolitana de Monterrey México, Revista Internacional de Contaminación Ambiental 15 (2): 95-102.

Díaz-Ramírez P, García-Sosa I, Iturbe-García JL, Granados-Correa, Sánchez-Meza JC (1999) Air pollution in the atmosphere of the Toluca Valley, Mexico. *Rev. Int. Contam. Ambient.*15 (1): 13-17.

Chow JC, Watson JG, Edgerton SA, Vega E (2002) Chemical composition of PM10 in Mexico City during winter 1997. *Sci. Total Environ.* 287 (3): 177-201.

Aranguéz E. Ordoñez J. Serrano J. Aragonés N. Fernández R. Gandarillas A.

Galán I. 1999. Contaminantes atmosféricos y su vigilancia. Consejería de sanidad y servicios, comunidad de Madrid España.1999.

Campos A. Gómez R. Licon L. Carrillo J. Ramírez E. Herrera F. 2008. Monitoreo de contaminantes atmosféricos en la contaminación de la ciudad de chihuahua (norte de México) como una herramienta para la gestión de la calidad del aire. *Revista latinoamericana de recursos naturales.*2008

O.M.S. (2003-2004). "Consenso científico sobre la contaminación del aire por partículas en suspensión *Revista GreenFacts.*: 1-4.

Paulino., P.-P. (2008). "Partículas en suspensión." hoja informativa *Ambisalud*: 1-13.

NOM-043-SEMARNAT-1993 Que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmosfera de partículas solidas provenientes de fuentes fijas

NOM-010-STPS-1999 Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral.

NOM-085-SEMARNAT-2011 Contaminación atmosférica-Niveles máximos permisibles de emisión de los equipos de combustión de calentamiento indirecto y su medición.

NOM-024-SSA1-1993 salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas suspendidas totales (pst). Valor permisible para la concentración de partículas suspendidas totales (pst) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población

NOM-017- STPS-2008, Equipo de protección personal-Selección, uso y manejo en los centros de trabajo.

NOM-114-STPS-1994 sistema para la identificación y Comunicación de riesgos por sustancias químicas en los centros de trabajo.