

# Evaluación de las concentraciones de partículas $PM_{10}$ y su relación con las condiciones meteorológicas (temperatura y humedad relativa) en el municipio de Frontera, Centla, Tabasco.

**RESUMEN:** La siguiente investigación se desarrolla con el propósito de realizar un diagnóstico de la calidad del aire del municipio de Frontera, Centla, Tabasco en un punto específico en relación a las Partículas de  $PM_{10}$  con un equipo muestreador de dichas partículas el equipo fue donado por la Secretaría de Energía Recursos Naturales y Protección Ambiental (SERNAPAM), con el propósito de formar una red de la calidad del aire, el Nodo se ubica en las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de Centla (ITSCe), de Marzo a Agosto del 2014 se muestrearon dichas partículas para determinar las concentraciones de las partículas considerando que existe una relación entre los parámetros meteorológicos de Temperatura y Humedad Relativa, así mismo evaluar si las concentraciones se encuentran por debajo o por arriba de lo que establece la norma para medir el grado de contaminación de partículas  $PM_{10}$  en el (ITSCe), los resultados de este proyecto indican que la calidad del aire es buena y en relación con el nodo ubicado en el Tecnológico de Villahermosa tenemos menos emisiones de partículas  $PM_{10}$  al ambiente, así mismo, según el método de Pearson los datos de concentración tiene relación directamente proporcional con la temperatura e inversamente proporcional con la humedad relativa.

**PALABRAS CLAVES:** Concentración, Condiciones Meteorológicas, Nodo de muestreo, Humedad Relativa meteorológica, Normas ambientales, Partículas  $PM_{10}$ , Temperatura del ambiente.



## Colaboración

Sandra M. Suarez García; Marco Antonio Zárate; Ana de Pilar Villa Peralta; Alexander Cupil Cupil, Instituto Tecnológico Superior de Centla

**ABSTRACT:** The following research develops with the purpose of making a diagnosis of air quality of the town of Frontera, Centla, Tabasco at a specific point in relation to  $PM_{10}$  with a sampler equipment such particles, equipment was donated by the SERNAPAM with the purpose of forming a network of air quality, the node is located on the premises of ITSCe, from March to August 2014, these particles were sampled to determine the concentrations of particles whereas there is a relationship between meteorological parameters Temperature and Relative Humidity, also assess if concentrations are below or above which it sets the standard for measuring the degree of pollution of  $PM_{10}$  particles in the ITSCe, the results of this project indicate that air quality is and good relationship with the node located in Villahermosa Tech have less  $PM_{10}$  emissions to the environment, also, by the method of Pearson concentration data is directly proportional to temperature and inversely proportional to the relative humidity.

## INTRODUCCIÓN

Los daños a la salud inducidos por las partículas han sido estudiados en muchos países y los resultados obtenidos en todos ellos son consistentes y coherentes entre sí. Uno de los efectos más importantes, como es la mortalidad asociada a la exposición a partículas, se describió desde 1952 en los estudios realizados en la ciudad de Londres. [3]. En 1972, 119 naciones se reunieron por primera vez para discutir las graves preocupaciones ambientales señaladas por las comunidades científica y de conservación [1].

Los principales objetivos para proteger el medio ambiente y el bienestar humano del efecto de las sustancias emitidas a la atmósfera fueron establecidos en la Agenda 21 y el Plan de Aplicación de Johannesburgo. Los avances hacia el logro de los objetivos ambientales para el material particulado (MP) y el ozono troposférico son mixtos a pesar del gran nivel de

preocupación acerca de sus impactos, ya que las soluciones son complejas y pueden ser costosas. Durante los años 50 y 60, estudios y estadística de la secretaria de salubridad y asistencia (SSA) empezaron a mostrar mayor frecuencia de síntomas respiratorios en niños, ancianos y enfermos en la Ciudad de México. Investigaciones realizadas para conocer el deterioro atmosférico y su efecto en la salud de los habitantes del Distrito Federal a finales de la década de los 50, obligaron a las autoridades federales a medir la calidad del aire en la Ciudad de México al igual que otros grandes centros urbanos [2].

La necesidad de evaluar la calidad del aire de tabasco surge desde hace 10 años atrás dado que la actividad petrolera ha tomado relevancia y a su vez la actividad antropogénica [8]. Por lo anterior en Tabasco en 1995 el gobierno del Estado adquirió equipos para la medición de SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub> Y NO<sub>x</sub>; 3 muestreadores para PM<sub>10</sub>, 2 juegos múltiples de tomas de muestra y 2 sistemas de adquisición de datos para integrar a futuro una red automática de medición de calidad de aire. En 1996 se realizó un estudio de calidad del aire en la región de dos bocas, en un proyecto conjunto con el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, de esta forma inician en Tabasco los primeros trabajos de estudios de la calidad del aire [3].

En Tabasco el 13 de Diciembre del 2013 el Instituto Tecnológico Superior de Centla adquiere un equipo muestreador de partículas PM<sub>10</sub> con el firme propósito de enriquecer los trabajos formando parte de macro proyecto "Creación de una red multi-institucional de muestreo de partículas fracción respirable ≤ 10 MM (PM<sub>10</sub>) en el Estado de Tabasco, México. Derivado de este macro proyecto se desarrolla el presente proyecto que tiene como objetivo general el Seguimiento de las concentraciones partículas PM10 con un equipo muestreador de partículas (Hi-volt), comparando los resultados con las condiciones meteorológicas (temperatura y humedad relativa) presentes en cada muestreo, dentro de las instalaciones del ITSCe y como objetivos específicos: a) Conocer el marco legal en el establecimiento de los sistemas de monitoreo del aire y calibración del equipo muestreador hi-volt. b) Determinar las concentraciones de partículas PM10. c) Comparar los resultados de las concentraciones de partículas PM10 con la NOM-025-SSA1-1993 y d) Correlacionar los resultados de las concentraciones de partículas PM10 con los datos meteorológicos de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (temperatura y humedad relativa).

Para evaluar las concentraciones de partículas PM10 e identificar las relaciones que puedan tener con las condiciones meteorológicas como Temperatura y Humedad Relativa y de esta forma poder proponer estrategias de control para contribuir con las afectaciones del fenómeno de Cambio Climático.

**MATERIAL Y MÉTODOS**

Tabla 1. Equipos e insumos para el desarrollo del proyecto.

Parámetro	Datos
Área delimitada	4,84 km <sup>2</sup>
Cantidad de predios	2014
Cantidad de habitantes	9163
Cantidad de RSD	≈ 39 Ton/sem
Distancia recorrida por el vehículo en un recorrido	19,41 km
Tiempo de recolección	6.5 h - 8.5 h
Velocidad promedio de	2 km/h

1). **Tabla 1. Equipos e insumos para el desarrollo del proyecto.**

**2). Método para el Desarrollo del Proyecto**

a). Ubicación de equipo muestreador de Partículas PM<sub>10</sub>. El equipo muestreador de partículas PM<sub>10</sub> que se encuentra en el ITSCe está ubicado en el techo del edificio A con una distancia del suelo de 11 metros respetando todas las indicaciones establecidas por la normatividad NOM-156-SEMARNAT-1993.

b). Calibración del equipo muestreador de partículas PM<sub>10</sub>. La calibración del equipo hi-volt fue trabajado por personal del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) y tomando como base las indicaciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-035-SEMARNAT-1993 para calibración de equipos muestreadores de Partículas.

c) Determinación de las concentraciones de partículas PM10.

**3). Trabajo de Laboratorio.**

El proceso de preparación de filtros de secado y pesado se desarrolló bajo la indicaciones establecidas en la NOM-022-SSA1-1993.

Secado antes del muestreo: se colocaron los filtros en el secador por 48 horas aproximadamente, en 500 gramos de sílica con la finalidad de que esta absorba la humedad, cabe mencionar que en este punto se debían mantener controlados ciertos factores como la temperatura y la humedad.

Pesado de filtros antes de muestreo: después de secados los filtros se pesan en una balanza analítica con el propósito de obtener el peso inicial del filtro dato

que se requiere para el cálculo de las concentraciones de  $PM_{10}$ .

**4). Trabajo de Campo en equipo muestreador hi-volt.**

Esta etapa del proyecto se desarrolló en función a lo establecido por la norma NOM-022-SSA1-1993.

I). Se colocaron los filtros de fibra de vidrio para la captura de partículas  $PM_{10}$  en el equipo muestreador durante un tiempo de 24 horas. Se coloca el graficador medidor del flujo que ejerce el equipo para la succión de las partículas y la programación de la hora de inicio y la hora final de muestreo. El equipo se apaga automáticamente y se retira el filtro de fibra de vidrio con la muestra. Se pesa el filtro con muestra en una balanza analítica debidamente calibrada para evitar errores en el muestreo.

II). Posteriormente el filtro es etiquetado y guardado para no alterar las condiciones de Humedad Relativa (HR) y temperatura en el filtro.

III). Los datos de peso inicial y peso final del filtro se colocan en una bitácora, así igual se anotan los datos del flujo con que se tomó la muestra, la hora de colocación del filtro y las observaciones que se hicieron en campo.  
IV). Aplicación de cálculos en los resultados de concentración de partículas  $PM_{10}$ . E IMECA.

En esta etapa se requirió formulas indicadas por la SERNAPAM y justificadas con la norma NOM-025-SSA1-1993. Las siguientes formulas fueron aplicadas en una matriz de datos para hacer cálculos de Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA) y concentraciones de partículas  $PM_{10}$  las cuales se mencionan a continuación.

Se determinó la velocidad del flujo en M3 la siguiente formula nos muestra como calcular.

$VF M^3$  = Velocidad del flujo

$$F.cte.= \text{Flujo} \quad cte. \frac{Ft^3}{Min}$$

$$Vf M^3 = f cte. \frac{Ft^3}{Min} \times T.E. \times 0.0283 \quad (Ec. 1)$$

**T. E. = Tiempo de Exposición**

**Valor estándar = 0.0283**

El siguiente paso fue determinar las concentraciones de partículas  $PM_{10}$  en  $\mu/M^3$  mediante la fórmula representada a continuación.

**C= Concentración**

**PF=Peso Final**

**PI= Peso Inicial**

**$VF M^3$ = Velocidad del Flujo M3**

Para concluir se determinó IMECA la siguiente formula se muestra a continuación.

$$C = \frac{PF-PI}{VF M^3} \times 1000000 \quad Ec. 2$$

**IMECA= índice Metropolitano de la Calidad del Aire**  
**CPM10 = Concentración de partículas PM10**

$$IMECA = \frac{CPM_{10}}{0.833} \quad Ec. 3$$

**Valor estándar= 0.833**

Las operaciones descritas anteriormente permiten obtener los resultados de concentración e IMECA [5].

e). Comparación de los resultados de las concentraciones de partículas  $PM_{10}$  con la NOM-025-SSA1-1993. Las concentraciones de partículas  $PM_{10}$  del equipo muestreador del ITSCe se compararon con los Límites Máximos Permisibles que establece la norma NOM-025-SSA1-1993 que en este caso es de  $120 \mu/M^3$  diarios (Ver Tabla I) para su análisis.

f). Correlacionar los resultados de las concentraciones de partículas  $PM_{10}$  con los datos meteorológicos de la CONAGUA (temperatura y humedad relativa).

Se evaluó las concentraciones de  $PM_{10}$  con las condiciones meteorológicas, (temperatura y HR) los datos de temperatura y HR fueron tomados de la CONAGUA, tres brazos Frontera, Centla, Tabasco operada por OCFS con la siguiente ubicación longitud:  $92^{\circ}36'26''$ , latitud:  $18^{\circ}23'05''$ , altitud: 11. Se realizó un análisis de Correlación de Pearson, con el fin de determinar la relación de las condiciones meteorológicas con las concentraciones. Se realizaron un diagrama de dispersión y una Recta de regresión.

**RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

En la tabla 2 se observa que solo en un muestreo en particular el filtro número 6 es el que se elevan las concentraciones ( $696.48 \mu/M^3$ ), la norma NOM-025-SSA1-1993 establece el límite máximo permisible por día de partículas  $PM_{10}$  de  $120 \mu/M^3$ , por lo anterior se indica que solo tuvimos un evento relevante se fue propiciado por un incendio forestal ya que en observaciones de campo se registró en bitácora que ese día en particular se llevó acabo un incendio forestal en una comunidad llama el faisán, considerando este evento como aislado y único y reportando que según datos diarios de concentraciones de partículas.

En la Tabla 3 se observa un comparativo entre las concentraciones de partículas  $PM_{10}$  detectadas en el muestreador de partículas que se encuentra ubicado en las instalaciones del ITSVH y el muestreador del ITSCe, se observa que las concentraciones más altas de manera diaria son en el muestreador del ITSVH en relación con el de ITSCe, como se puede observar en la tabla 3, estas concentraciones altas se deben a que en la ciudad de Villahermosa en particular en la zona donde se encuentra ubicado el muestreador hay mayor movimiento vehicular siendo esta una fuente de



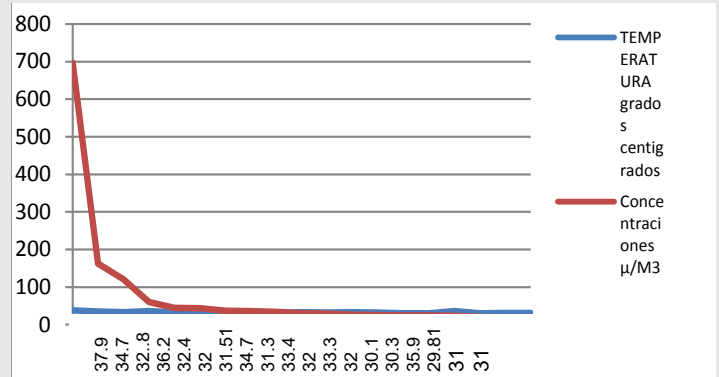
Tabla 2. Seguimiento de concentraciones de Partículas PM10 con el equipo muestreador ubicado en el ITSCe en comparación con los límites máximos permisibles establecidos en la norma NOM-025-SSA1-1993.

Numero de filtros	Concentración PM <sub>10</sub>	LIMITÉ MÁXIMO PERMISIBLE DIARIOS
1	24.52	120µ/M <sup>3</sup>
2	37.11	120µ/M <sup>3</sup>
3	29.29	120µ/M <sup>3</sup>
4	30.65	120µ/M <sup>3</sup>
5	35.73	120µ/M <sup>3</sup>
6	24.52	120µ/M <sup>3</sup>
7	33.72	120µ/M <sup>3</sup>
8	43.27	120µ/M <sup>3</sup>
9	696.48	120µ/M <sup>3</sup>
10	12.61	120µ/M <sup>3</sup>
11	60.19	120µ/M <sup>3</sup>
12	24.52	120µ/M <sup>3</sup>
13	18.39	120µ/M <sup>3</sup>
14	46.80	120µ/M <sup>3</sup>
15	121.26	120µ/M <sup>3</sup>
16	44.45	120µ/M <sup>3</sup>
17	23.65	120µ/M <sup>3</sup>
18	162.29	120µ/M <sup>3</sup>
19	2.04	120µ/M <sup>3</sup>
20	29.97	120µ/M <sup>3</sup>

Tabla 3. Comparación de las concentraciones de partículas PM10 del equipo muestreador del ITSCe contra las concentraciones de PM<sub>10</sub> del Instituto Tecnológico Superior de Villahermosa (ITSVH).

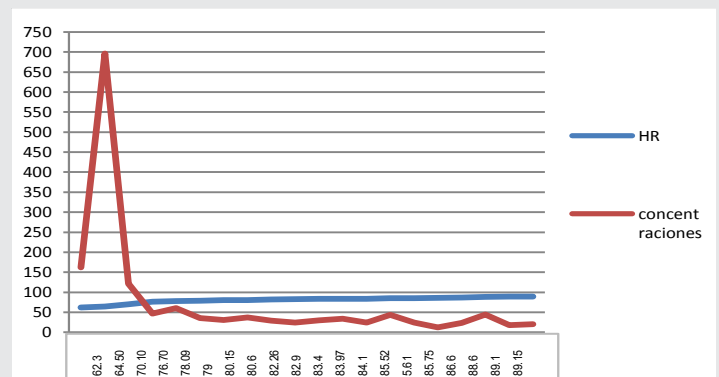
Fecha	Concentración (ITSCe) µ/M <sup>3</sup>	Concentración (ITVH) µ/M <sup>3</sup>
20/03/2014	24.52	42.50
28/03/2014	37.11	70.23
02/04/2014	29.29	33.42
04/04/2014	30.65	39.43
09/04/2014	35.73	41.13
11/04/2014	24.52	42.05
04/05/2014	2.04	27.68
13/05/014	33.72	40.26
19/05/2014	43.27	24.21
23/05/2014	696.48	20.73
31/05/2014	12.61	27.38
06/06/2014	60.19	22.00
18/06/2014	24.52	33.10
20/06/2014	29.97	45.75
22/06/2014	18.39	28.00
28/06/2014	46.8	47.89
03/07/2014	23.65	24.37
05/07/2014	121.26	33.71
10/07/2014	162.29	34.76
11/07/2014	44.45	32.12

concentraciones altas de partículas así también las chimeneas de tortillerías y pollerías que se encuentran en la zona, todas esta actividades influyen al incremento de las concentraciones de partículas PM<sub>10</sub> el único evento que se reportan alto el del muestreo 6 considerando que este evento se debe a lo ocurrido en la comunidad el faisán que fue un incendio forestal según datos observados de lo registrado en bitácora y por observaciones.



Gráfica 1: Comparación de concentraciones de partículas PM10 con la temperatura en relación de forma descendente.

En la gráfica 1 en el eje de la X se registró la temperatura y en el eje de las Y las concentraciones y se observa una relación directamente proporcional entre la temperatura registradas durante el periodo de desarrollo del proyecto y las concentraciones de partículas PM<sub>10</sub> registradas en ese día de muestreo, en la gráfica se observa que entre mayor temperatura mayor concentración de manera general salvo algunos eventos aislados como es el caso del filtro 6 donde se registra altas concentraciones, este día de muestreo se justifica mencionando que se reportó un incendio forestal en esos días [5] [7] en sus publicación hace referencia que a mayor temperatura mayor concentraciones de partículas PM10 contribuyendo el desarrollo de este proyecto a la misma hipótesis.



Gráfica 2: Comparación de concentraciones de partículas PM10 con la humedad relativa (HR) de forma ascendente.

La humedad relativa de una masa de aire es la relación entre la cantidad de vapor de agua que contiene y la que tendría si estuviera completamente saturada; así cuanto más se aproxima el valor de la humedad relativa al 100 % más húmedo está, Montoya et al [6] por dicho efecto las partículas se precipitan hacia el suelo, provocando el efecto mencionado de a mayor HR menor concentración de partículas en el ambiente como se observa en la gráfica 2, al observar la relación inversa de los resultados apoyando con este fenómeno la discusión de Montoya et al [6].

## CONCLUSIÓN

Según estadísticas revisadas en INEGI [6] menciona que las condiciones meteorológicas como Temperatura y la humedad han cambiado en los últimos años incrementando la temperatura en 5% y así a su vez modificando los parámetros meteorológicos, indicando con lo antes mencionado que si el incremento de la temperatura continua tendremos mayor concentraciones de material particulado en el ambiente provocando con esto las enfermedades respiratorias.

Las actividades antropogénicas han afectado las condiciones meteorológicas de manera muy significativa el incremento de la temperatura tiene efectos indirectos como el incremento del nivel del mar entre otras múltiples acciones derivadas el aumento de la temperatura en el planeta, por eso es necesario evitar acciones que en particular en este proyecto se observaron que afecta al incremento de las concentraciones de partículas como incendios forestales y tráfico vehicular.

En cuanto al resultado del coeficiente de correlación de Pearson fueron los siguientes: concentración  $PM_{10}$  y temperatura °C: 0.765695, y concentración  $PM_{10}$  y humedad relativa: -0.69616398.

Determinándose que la relación de la concentración de partículas  $PM_{10}$  es directamente proporcional con la temperatura y con la humedad relativa es inversamente proporcional de esta forma la hipótesis del proyecto es pasiva a mayor temperatura mayor concentración de partículas  $PM_{10}$  y a menor humedad relativa mayor concentración de partículas  $PM_{10}$ .

## REFERENCIAS

### Libro

[1] Aldunate P. (2003.) *Los efectos de la contaminación atmosférica por  $pm_{10}$  sobre la salud, instituto de ingeniería sanitaria y ambiental.*

[2]; Wark.warner (2006) *Contaminación del aire origen y control editorial limusa 4 Edición, México DF.*

### Publicaciones oficiales de algún gobierno

[3] Consejo Editorial del Gobierno del Estado de Tabasco. (2010) *"Compendio Histórico, Geográfico y Estadístico del Estado de Tabasco"*. Tabasco, Mexico.

[4] *Secretaría de desarrollo social y protección del ambiente, 2011, Impactos de la Actividad Petrolera, en la Salud Humana y el Ambiente.*

[5] *Secretaría de desarrollo social y protección del medio ambiente 2010-2012 primer informe de la calidad del estado de tabasco.*

[6]; INEGI; Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, (2007). *1er Informe de la calidad del Aire, México Tabasco.*

[7]; Pérez-Vidal, H., Lunagómez-Rocha MA, Acosta-Pérez LI. (2010). *Análisis de partículas suspendidas totales (PST) y partículas fracción respirable ( $PM_{10}$ ), en Cunduacán, Tabasco, Universidad y Ciencia: 26(2), 151162 (2010).*

### Sitios de Internet

[8]; US Environmental Protection Agency. *Particulate matter. <http://www.epa.gov/air/particlepollution/>. Última actualización: abril 2012. Acceso: mayo 05, (2012).*

*NOM-025-SSA1-1993. Salud ambiental., Criterios para evaluar el valor límite permisible para la concentración de material particulado. Valor límite permisible para la concentración de partículas suspendidas totales PST, partículas menores de 10 micrómetros  $PM_{10}$  y partículas menores de 2.5 micrómetros  $PM_{2.5}$  de la calidad del aire ambiente. Criterios para evaluar la calidad del aire. México (1993).*