

Capítulo VII Estudio y comparación de las partículas PM₁₀, de las estaciones de muestreo en el estado de Tabasco, y su comportamiento respecto a la NOM-025-SSA1-2014

Chapter VII Study and comparison of the PM₁₀ particles of the sampling stations in the state of Tabasco, and their behavior with respect to the NOM-025-SSA1-2014

SUAREZ-GARCÍA, Sandra Manuela†*, ZARATE, Marco Antonio, PEREZ-DURAN, Marco Antonio y REYES-HERNÁNDEZ, Guadalupe

Instituto Tecnológico Superior de Centla

ID 1^{er} Autor: SUAREZ-GARCÍA, Sandra Manuela / **ORC ID:** 0000-0002-8573-6409, **CVU CONACYT ID:** 565464

ID 1^{er} Coautor: ZARATE, Marco Antonio / **ORC ID:** 0000-0002-3977-5394, **CVU CONACYT ID:** 549508

ID 2^{do} Coautor: PEREZ-DURAN, Marco Antonio / **ORC ID:** 0000-0002-8267-1443, **CVU CONACYT ID:** 497892

ID 3^{er} Coautor: REYES-HERNÁNDEZ, Guadalupe / **ORC ID:** 0000-0003-4393-4383

DOI: 10.35429/H.2019.4.114.137

S. Suarez, M. Zárate, M. Pérez y G. Reyes.

ambiental@itscentla.edu.mx

A. Marroquín, J. Olivares, P. Díaz, L. Cruz. (Dir.) La ciencia y las mujeres en Mexico. Handbooks-©ECORFAN-Mexico, Queretaro, 2019.

Resumen

La contaminación del aire es un problema persistente que tiene implicaciones para el medio ambiente y la salud de la población; Existe una gran diversidad de fuentes que emiten contaminantes en el aire, incluidas las fuentes industriales y móviles. Uno de los principales contaminantes encontrados en la atmósfera es el material particulado, que es una mezcla compleja de sustancias en estado líquido o sólido, la cual permanece suspendida en la atmósfera por períodos de tiempo variables. El propósito de esta investigación es evaluar la calidad del aire, con base en el criterio de contaminante PM10 para el año 2018, utilizando los datos de la "Red de monitoreo atmosférico del Estado de Tabasco". Los municipios que serán considerados en este estudio son: Balancán, Centla, Centro, Comalcalco, Cunduacán, Huimanguillo, Macuspana y Paraíso; que fueron muestreados de acuerdo con las disposiciones de la NOM-035-SEMARNAT-1993, y los resultados obtenidos se compararon con las LMP establecidas por la NOM-025-SSA1-2014. Por lo tanto, los resultados de los promedios mensuales que se obtuvieron de las estaciones de monitoreo indicaron que para el año 2018 el mes de julio fue el que registró las concentraciones más altas del contaminante PM10, sin embargo, no se excedió el LMP establecido por el Estándar.

Material Particulado, Calidad del aire, Contaminación del aire, Criterio contaminante

Abstract

Air pollution is a persistent problem that has implications for the environment and the health of the population; There is a great diversity of sources that emit pollutants in the air, including industrial and mobile sources. One of the main pollutants found in the atmosphere is particulate material, which is a complex mixture of substances in a liquid or solid state, which remains suspended in the atmosphere for varying periods of time. The purpose of this research is to evaluate the air quality, based on the PM10 pollutant criteria for the year 2018, using data from the "Tabasco State Atmospheric Monitoring Network". The municipalities that will be considered in this study are: Balancán, Centla, Centro, Comalcalco, Cunduacán, Huimanguillo, Macuspana and Paraíso; which were sampled in accordance with the provisions of NOM-035-SEMARNAT-1993, and the results obtained were compared with the LMP established by NOM-025-SSA1-2014. Therefore, the results of the monthly averages that were obtained from the monitoring stations indicated that for the year 2018 the month of July was the one that registered the highest concentrations of the PM10 pollutant, however, the MPL established by the standard.

Particulate matter, Air quality, Air pollution, Criterion pollutant

1. Introducción

La contaminación atmosférica es un fenómeno muy complejo, en el que participan multitud de factores; teniendo implicaciones principalmente en el ambiente y la salud de los seres humanos, causando así en las personas enfermedades cardiovasculares y desencadenando afectaciones a la función pulmonar. Los niveles de contaminación en el aire dependen de la naturaleza y de las condiciones de las emisiones de contaminantes así como de las condiciones meteorológicas que determinan el transporte, la difusión y las consecuencias de estos mismos. Existe una gran diversidad de fuentes que emiten contaminantes al aire, incluyendo fuentes industriales, móviles en la que destacan los automóviles, camiones, aviones, etc., y la fuentes naturales como los volcanes, así como las fuentes de área como son los comercios y los diferentes servicios. Los tipos de contaminantes emitidos por la combustión de combustibles fósiles o biomasa incluyen gases como óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, bióxido de carbono, metano, hidrocarburos, así como partículas (Suárez García, Zárate, & Cupil Cupil, 2015).

El material particulado es una mezcla compleja de sustancias en estado líquido o sólido, que permanecen suspendidas en la atmósfera por periodos variables de tiempo. Por su origen, las partículas pueden definirse como primarias (aquellas producidas directamente por alguna fuente contaminante) o secundarias (las que se forman en la atmósfera, como resultado de la interacción química entre gases y partículas primarias). Las partículas pueden tener un origen natural y también antropogénico, de acuerdo con su diámetro aerodinámico, éstas pueden clasificarse en menores o iguales a 10 micras (PM₁₀), y en menores o iguales a 2.5 micras (PM_{2.5}).

El tamaño es un parámetro importante para caracterizar su comportamiento en la atmósfera y por ende, la concentración a la que puede estar expuesta la población; también determina la capacidad de penetración y retención en diversas regiones de las vías respiratorias (Sánchez, 2017) (Rojas Farías, 2019).

El monitoreo de la calidad del aire toma una importancia fundamental para identificar y proveer la información necesaria a fin de evaluar la calidad del aire de cada región y sus tendencias, como una herramienta para desarrollar estrategias de prevención y control, planes de manejo de la calidad del aire y políticas ambientales integrales, entre otras aplicaciones (NOM-156-SEMARNAT- 2012). A partir del monitoreo atmosférico se generan bases de datos que aportan información y dan sustento a diversos estudios para: a) Alertar a la población y las autoridades ante situaciones que pongan en riesgo la salud pública, b) Formular estándares de calidad del aire y verificar su cumplimiento, c) Establecer correlaciones entre las concentraciones de los contaminantes y efectos o daños a la salud, d) Inferir los tipos y fuentes emisoras, e) Evaluar la efectividad de las medidas de prevención y control implementadas, f) Llevar a cabo estrategias de control y políticas de desarrollo acordes con los ecosistemas locales, g) Desarrollar programas nacionales para el manejo de la calidad del aire, y h) Apoyar la investigación científica en química atmosférica, efectos en la salud, entre otros. Sin el monitoreo atmosférico no hay eficacia de la gestión ambiental del aire (Estrada, 2011).

Por lo anterior, el presente trabajo de investigación proporciona a los interesados en el tema, la información necesaria sobre la calidad del aire del Estado de Tabasco, en los diferentes puntos de muestreo establecidos en los municipios que pertenecen a la “Red Multi-Institucional de Muestreo de Partículas Fracción Respirable $\leq 10\mu\text{m}$ (PM₁₀), para el año 2018.

El capítulo sobre la metodología a desarrollar, define los puntos de muestreo establecidos por la Secretaria de Bienestar, Sustentabilidad y Cambio Climático (SBSCC) antes SERNAPAM, así como el diseño del estudio, los instrumentos de investigación, la ubicación geográfica de los puntos de muestreo, los principales componentes del muestreador manual de alto volumen y el formato de hoja de campo para el muestreo de partículas PM₁₀, con lo cual queda definida la metodología que permitirá el desarrollo de la investigación.

Desarrollo de la investigación, en este capítulo se trata sobre el acondicionamiento y los parámetros establecidos para los equipos, registros y materiales a utilizar, así como la normativa a la que deberá sujetarse y compararse los resultados.

El capítulo de resultados, muestra las tablas con las concentraciones registradas durante los días establecidos por mes, así como las gráficas del comportamiento mensual de las concentraciones del contaminante criterio PM₁₀, en los diferentes puntos de muestreos establecidos, así como los promedios anuales para cada estación de monitoreo y su comparación en la gráfica 10, con la NOM-025-SSA1-2014.

Discusión, en este capítulo de contrastan los resultados con lo establecido en la NOM-025-SSA1-2014 y contra el Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA).

En el capítulo de Anexos, se encuentran las tablas del Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA), el calendario de monitoreo y mantenimiento de los equipos muestreadores PM₁₀, y las fórmulas utilizadas con mayor frecuencia.

Agradecimientos, Se agradece a las instituciones que hicieron posible realizar esta investigación básica.

El capítulo de conclusiones, explica los resultados obtenidos, así como los posibles trabajos de investigación que se desprenderán de esta.

Referencias, se presentan los créditos de los autores que fueron consultados para darle sustento a este trabajo de investigación.

2. Planteamiento del problema

La contaminación del aire se considera como uno de los problemas ambientales más importantes; afectando al medio ambiente y a la salud de la población al padecer enfermedades graves debido a la exposición prolongada de ciertos compuestos o contaminantes presentes en el aire. Las causas que la originan son diversas, entre ellas, las actividades industriales, comerciales, domésticas, agropecuarias y principalmente las emisiones por parte de vehículos automotores (Carnier, 2017).

Por ello el monitoreo de la Calidad del Aire toma una importancia fundamental para identificar y proveer la información necesaria a fin de evaluar sus tendencias, como una herramienta para desarrollar estrategias de prevención y control, planes de manejo, así como políticas ambientales integrales, entre otras aplicaciones.

Para el 2001 en el Estado de Tabasco, la entonces Secretaria de Desarrollo y Protección del Medio Ambiente inicio la operación de una red de monitoreo atmosférico considerando equipos de partículas menores o iguales a 10 micras en las ciudades de Villahermosa y Cárdenas posteriormente en el año 2001 y 2006 en Comalcalco y Balancán respectivamente (Informe de la Calidad del Aire del Estado de Tabasco 2005). Con el paso de los años se han ido incorporando más municipios como Huimanguillo, Paraíso, Centla, Macuspana y últimamente el municipio de Cunduacán.

3. Hipótesis

- Se cree que las estaciones DACBIOL y UPC ubicadas en el municipio de centro sean las estaciones que registrarán mayor concentración de contaminación por partículas PM_{10} , al ser uno los municipios más industrializados; teniendo en cuenta que las industrias son los principales generadores de los contaminantes de PM_{10} .
- Se espera que también la estación UPGM ubicada en el municipio de Paraíso sea una de las estaciones que registrará altas concentraciones de partículas PM_{10} , ya que se encuentra en la zona costera del Estado, justo donde se ubican las plataformas de PEMEX.
- Se cree que la estación ITSR la cual se encuentra en el municipio de Balancán será la estación que registre menos concentración de contaminación por partículas PM_{10} , ya que se encuentra en uno de los municipios menos industrializado, por lo cual generaría menor contaminación por PM_{10} .

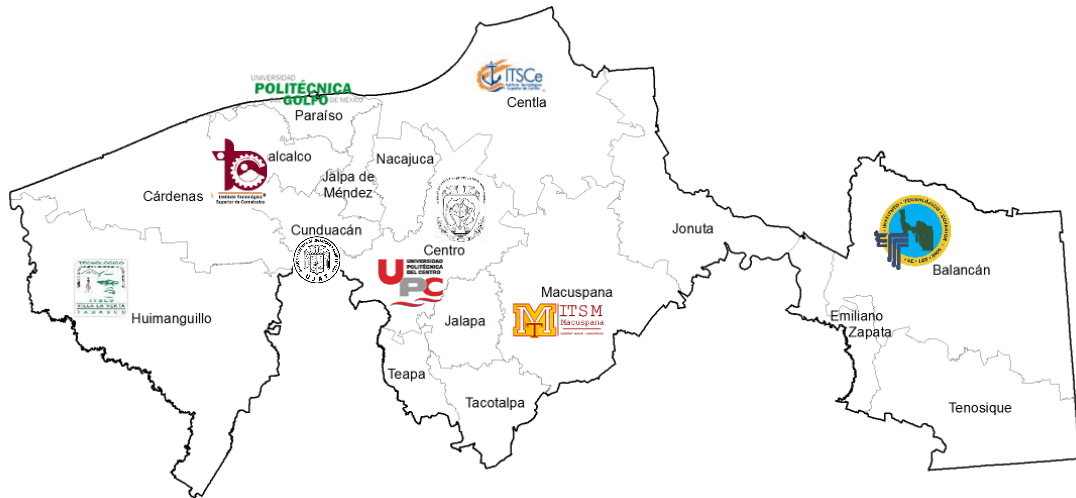
4. Metodología a desarrollar

El presente trabajo de investigación fue realizado en el Estado de Tabasco, en los diferentes puntos de muestreo establecidos en los municipios de Balancán, Centro, Centla, Cunduacán, Comalcalco, Huimanguillo, Macuspana y Paraíso; que pertenecen a la “Red Multi-Institucional de muestreo de partículas fracción respirables PM_{10} en el estado de Tabasco”, está conformada por las instituciones mencionadas en la Tabla 1 y representadas en la figura 1.

Tabla 7.1 Instituciones pertenecientes a la Red Multi-Institucional de Muestreo de Partículas $\leq 10\mu m$ (PM_{10}) en el Estado de Tabasco

Instituciones pertenecientes a la Red Multi-Institucional de Muestreo de Partículas PM_{10} en el Estado de Tabasco	Municipio
Instituto Tecnológico Superior de los Ríos (ITSR)	Balancán
Instituto Tecnológico Superior de Centla (ITSCe)	Centla
División Académica de Ciencia Biológicas de la UJAT (DACBIOL)	Centro
Universidad Politécnica del Centro (UPC)	Centro
Instituto Tecnológico Superior de Comalcalco (ITSC)	Comalcalco
División Académica de Ingeniería y Arquitectura de la UJAT (DAIA)	Cunduacán
Instituto Tecnológico Superior de La Venta (ITSLV)	Huimanguillo
Universidad Politécnica del Golfo de México (UPGM)	Paraíso
Instituto Tecnológico Superior de Macuspana (ITSM)	Macuspana

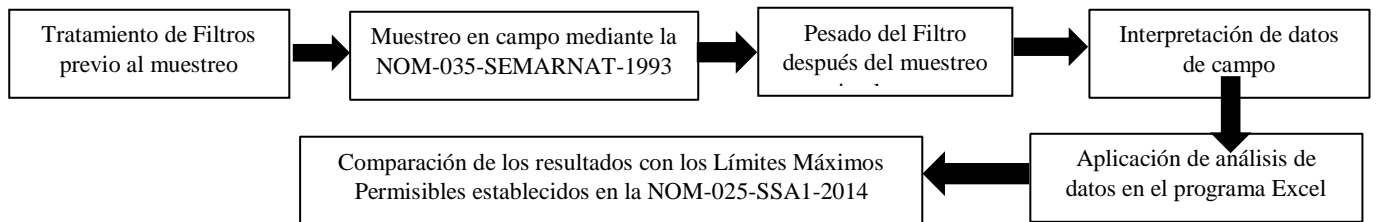
Figura 7.1 Instituciones que integran la Red Multi-Institucional de Muestreo de Partículas Fracción Respirable $\leq 10\mu\text{m}$ (PM₁₀) en el Estado de Tabasco



5. Diseño de estudio

Con la finalidad de cumplir el objetivo general y los objetivos específicos se realizó el siguiente diagrama (Diagrama 1), donde se explica las actividades que se realizarían antes, durante y después de del trabajo de investigación, dichos procesos basados en lo que indican las normas NOM-025-SSA1-1993 y NOM-035-SEMARNAT-1993.

Figura 7.2 Actividades para el desarrollo de la investigación



Equipo Muestreador Manual de PM₁₀

Este equipo está dentro del muestreo activo. Los equipos de esta clase involucran un sistema de bombeo que obliga a una corriente de aire medida a pasar por un sistema de retención. Este sistema de retención usa un filtro de características muy especiales y suele ser de fibra de vidrio (PM₁₀) o de fibra de cuarzo (PM_{2.5}) (Díaz, 2011) (Navarro Barbosa ., 2019).

El Equipo Muestreador de Alto Volumen (High Volume Sampler, HVS) consta básicamente de una bomba de vacío, marco de sujeción del filtro, adaptador de marco, controlador volumétrico de flujo (que ajusta un caudal constante durante el período de toma de muestra) y un controlador de tiempo (ver figura 7.2).

En este método de muestreo el aire es obligado a pasar por un filtro de baja resistencia, con un alto flujo. La entrada al ducto y el medio de colección miden aproximadamente 25-30cm. En todos estos equipos es muy importante la calibración del dispositivo para medir el flujo y el acondicionamiento del filtro antes y después de la colección de partículas.

El procedimiento de acondicionamiento consiste en equilibrarlo a condiciones estables de temperatura y humedad relativa antes de pesarlos. La concentración de partículas se calcula por medio de la diferencia en pesos del filtro antes y después del muestreo y el total del flujo de aire

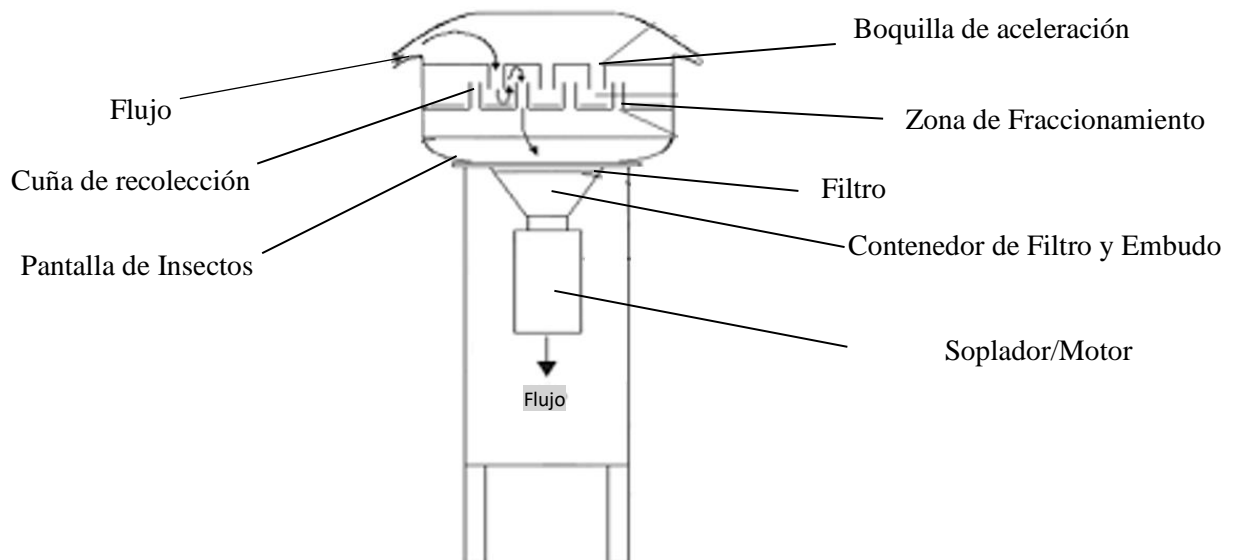
Figura 7.3 Equipos Muestreadores de Alto Volúmenes (High Volume Sampler, HVS) utilizado en los monitoreos de la Red Multi-Institucional de Monitoreo de Partículas PM_{10} en el Estado de Tabasco



Componentes del Equipo Muestreador Manual de PM_{10} (figura 7.3 y 7.4)

- Cubierta de aluminio
- Cabezal separador de partículas
- Orificio de restricción tipo venturi para mantener el flujo constante
- Reloj temporizador (timer) para 7 días
- Motor de succión de 0.6 h.p
- Cono receptor de filtro de acero inoxidable
- Marco sujetador de filtro con empaque de neopreno
- Graficador de tiempo y flujo

Figura 7.4 Componentes de un equipo muestreador



Fuente: Manual de PM_{10} .

Figura 7.5 Sección baja del equipo PM₁₀ (se muestra el reloj temporizador, el graficador de tiempo y flujo, el motor de succión)

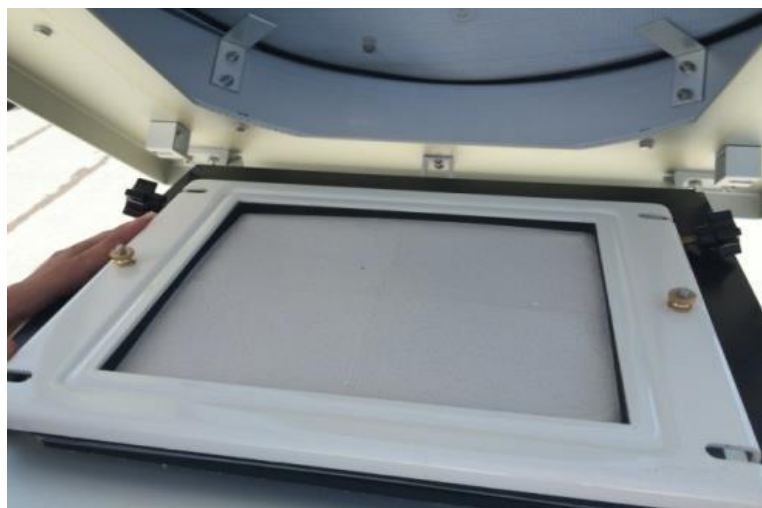


Filtro

Los filtros que utilizan los Equipos Muestreadores Manuales para PM₁₀ son de fibra de vidrio, los cuales deben de medir $20.3 \pm 0.2 \times 25.4 \pm 0.2$ cm, ver figura 7.6. Algunas características importantes que debe de cumplir el filtro de fibra de vidrio (ver figura 7.5) para el muestreo del Contaminante Criterio PM₁₀ son las siguientes:

- Área expuesta de 406.5 cm².
- De fibra de vidrio u otro material inerte no higroscópico.
- Eficiencia de colección de 99% mínimo para partículas de 0.3 μm de diámetro.
- Rango de la caída de presión. 5.6 a 7.2 kPa (42 a 54 mm Hg), a un flujo de 1.5 m³ptn/min a través del área expuesta.
- Potencial de hidrógeno con un rango de 6 a 10.
- Pérdida máxima de material del filtro 2.4 mg.
- No debe presentar ninguna perforación.
- Resistencia a la tensión de 500 g. para una tira de 2 cm de ancho.

Figura 7.6 Filtro de fibra de vidrio utilizados en los muestreos de la Red Multi-Institucional de Monitoreo de Partículas PM₁₀ en el Estado de Tabasco



Hoja de campo para el muestreo de partículas fracción respirable PM₁₀

La figura 7.7, muestra la hoja de campo que es utilizada para el muestreo de partículas de fracción respirable PM₁₀, donde se lleva a cabo el registro y control del muestreo realizado según la (EPA, 2017).

Figura 7.7 Hoja de campo para muestreo de partículas fracción respirable PM₁₀.

Hoja de campo para el muestreo de partículas fracción respirable (PM ₁₀)						
Núm. Filtro		Instala			Retira	
Obs. Atmosféricas Instalación:		Operador:				
		Fecha/ora:				
Obs. Atmosféricas Retiro:					F. Calendario	
Hodómetro		Hrs. Mues.	Verificación Flujo (InH ₂ O)/Temperatura (oC)			Sitio muestreo
Inicial	Final		F. Inicial	F. Final	Inicial	Final
Observaciones generales:			Tem. (oC)/H.R.(%)		Masa Filtro	
			Inicial	Final	Inicial	Final

Fuente: SBDSCC (antes SERNAPAM)

Desarrollo de la investigación

Acondicionamiento ambiental del filtro

El filtro deberá de rotularse en dos esquinas opuestas con un número de folio para su control, mismo que se colocará en el sobre protector para su resguardo antes y después del muestreo. Terminado esto se deberá colocar en un desecador para eliminar la humedad relativa del filtro (figura 8), para así pesarlo en una balanza analítica y saber cuál es el peso del filtro sin muestra (figura 9). La cámara de secado para el pre-tratamiento y post-tratamiento debe de cumplir con las siguientes características ambientales:

- La temperatura controlada debe ser entre 15 y 30°C con un máximo de ± 3°C de variación durante el período de equilibrio.
- La humedad debe controlarse en un nivel menor del 50% de humedad relativa constante dentro de ± 5%. La sensibilidad de la balanza analítica debe ser de 0.01 mg.

Figura 7.8 Desecador de pre y pos-tratamiento, colocación de filtros en el desecador por un periodo de 24 a 48 horas



Figura 7.9 Pesado del filtro en una balanza analítica para obtener un peso inicial previo al muestreo



Procedimiento de Muestreo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-035- SEMARNAT-1993

El procedimiento de muestreo del método de referencia, se lleva a cabo de la siguiente manera según lo establecido por la NOM NOM-035- SEMARNAT-1993:

- Numerar cada filtro en dos orillas opuestas de la cara que no va a ser expuesta, si no está numerado previamente por el fabricante.
- Inspeccionar a contra luz cada filtro para detectar posibles orificios u otras imperfecciones. Deben descartarse los filtros con imperfecciones evidentes.
- Mantener en condiciones ambientales controladas al filtro por lo menos durante 24 horas.
- Después del paso anterior, pesar cada filtro llevando la fracción al miligramo más cercano y registrar el peso neto del filtro (Gi) junto con el número del filtro.
- No doblar o maltratar el filtro antes de coleccionar la muestra.
- Levantar la cubierta e instalar el filtro preparado y numerado en el muestreador siguiendo las especificaciones del fabricante. Cuando las condiciones climáticas sean adversas, deben tomarse precauciones adicionales al cambiar los filtros para evitar dañar los limpios y la pérdida de muestra del filtro cargado. Los envases de filtros pueden minimizar estos problemas.
- Cerrar la tapa y poner a funcionar el muestreador por lo menos durante 5 min, a fin de lograr la temperatura de operación.
- Registrar la lectura del indicador de flujo y en caso necesario, la presión barométrica (P3) y la temperatura ambiente (T3). Detener el muestreador y determinar la velocidad de flujo del muestreador; si está fuera del rango aceptable (1.1 a 1.7 m³/min) utilizar otro filtro o ajustar la velocidad de flujo del muestreador. Ajustes sustanciales pueden afectar la calibración.
- Registrar la información que identifique el muestreador (número de filtro, sitio, fecha del muestreo y hora de inicio).
- Poner el dispositivo de control de tiempo para activar y detener el muestreador, de modo que funcione 24 horas, tomando como base la media noche.
- Poner a funcionar el muestreador por lo menos durante 5 min, para establecer nuevamente la temperatura de operación, tan pronto como sea posible después del período de muestreo y sin retirar la muestra.
- Registrar la lectura del indicador de flujo y en caso necesario, la presión barométrica (P3) y la temperatura ambiental (T3).
- Detener el muestreador y quitar cuidadosamente el filtro. Tocar únicamente los bordes del filtro. Doblar el filtro a lo largo, de modo que solamente se toquen entre sí las superficies con partículas coleccionadas y colocarlo dentro de un sobre de papel manila.
- Anotar la hora de término y el tiempo transcurrido en la hoja de registro del filtro. El período de muestreo debe ser de $1,440 \pm 60$ min para que la muestra sea válida.
- Anotar en la hoja de registro del filtro todos los factores de interés, como las condiciones meteorológicas, actividades de construcción, tormentas de arena, entre otras, que pudieran afectar la medición. En caso de que la muestra sea defectuosa desecharla.
- Permita que el filtro alcance el equilibrio a condiciones ambientales por lo menos 24 horas.
- Inmediatamente después del acondicionamiento, pese el filtro llevando la fracción al miligramo más cercano y registrar el peso neto del filtro (Gf) junto con el número del filtro.

6. Resultados

Para la interpretación de la Calidad del Aire en el Estado de Tabasco del año 2018, fue considerado el Límite Máximos Permisible (LMP) del Contaminante Criterio PM10 que establece la Norma Oficial Mexicana **NOM-025-SSA1-2014** (Tabla 7.2).

Tabla 7.2 Límite Máximo Permissible (promedio de 24 horas y promedio anual) del Contaminante Criterio PM₁₀ que establece la NOM-025-SSA1-2014

Norma Oficial Mexicana	Valor promedio del LMP en 24 horas	Valor promedio del LMP anual
NOM-025-SSA1-2014	75 µg/m ³	40 µg/m ³

Fuente: NOM-025-SSA1-2014

A continuación, se muestran los datos de la Calidad del Aire por cada estación de monitoreo del Estado de Tabasco obtenidos en el año 2018 por la entonces Secretaria de Energía Recursos Naturales y Protección Ambiental (SERNAPAM), los cuales fueron utilizados para conocer las concentraciones del contaminante criterio PM₁₀.

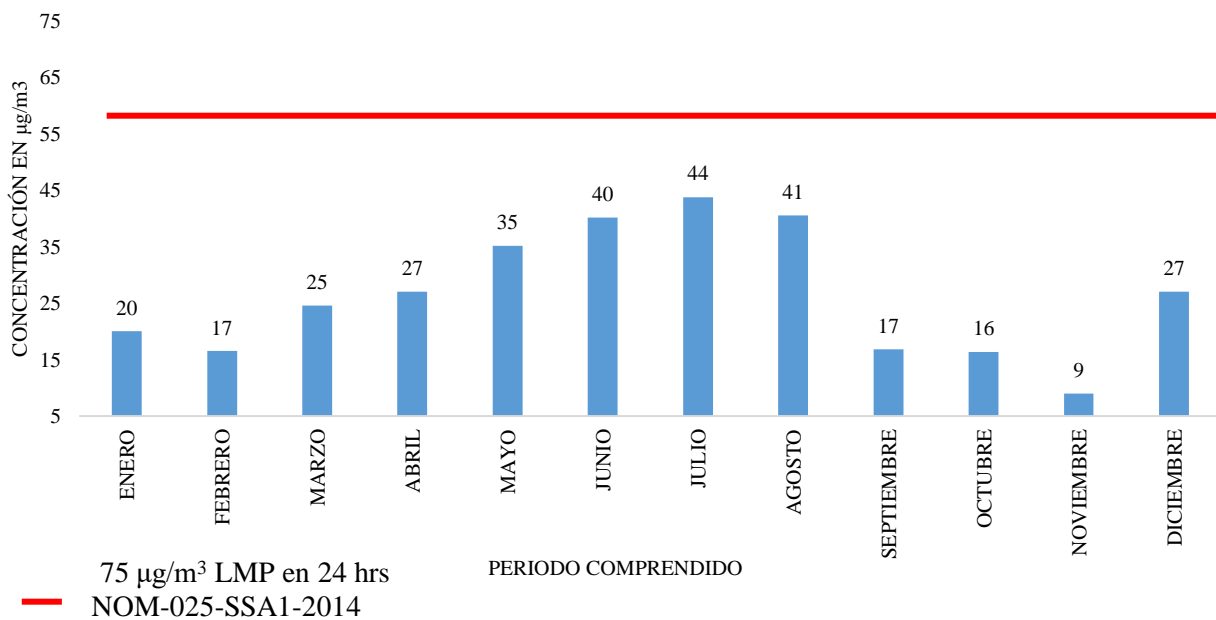
En la tabla 7.3 muestran los resultados de las concentraciones de partículas PM₁₀ en µg/m³ obtenidas en el Municipio de Macuspana en la estación ITSM del año 2018, así como la gráfica 1 muestra los promedios mensuales.

Tabla 7.3 Resultados de las concentraciones de Partículas PM₁₀ en µg/m³ obtenidas en el Municipio de Macuspana en la estación del ITSM del año 2018

Mes	Fecha de muestreo	Concentración	Mes	Fecha de muestreo	Concentración
Enero	14/01/2018	20		01/07/2018	30
Febrero	01/02/2018	16	Julio	07/07/2018	43
	07/02/2018	16		13/07/2018	38
	19/02/2018	13		25/07/2018	89
	25/02/2018	21		31/07/2018	19
Marzo	03/03/2018	24	Agosto	06/08/2018	27
	09/03/2018	26		12/08/2018	54
	15/03/2018	21	SEPTIEMBRE	05/09/2018	15
	21/03/2018	31		11/09/2018	24
	27/03/2018	21		17/09/2018	17
Abril	02/04/2018	22	OCTUBRE	23/09/2018	16
	08/04/2018	20		29/09/2018	12
	14/04/2018	38		05/10/2018	41
	20/04/2018	22	11/10/2018	10	
	26/04/2018	33	17/10/2018	9	
Mayo	02/05/2018	26	NOVIEMBRE	23/10/2018	14
	08/05/2018	34		29/10/2018	8
	14/05/2018	35		04/11/2018	12
	20/05/2018	41	10/11/2018	3	
	26/05/2018	40	16/11/2018	7	
Junio	01/06/2018	21	DICIEMBRE	22/11/2018	14
	07/07/2018	46		10/12/2018	14
	13/06/2018	34		22/12/2018	62
	19/06/2018	33		28/12/2018	4
	25/06/2018	67			

Fuente: SBDSCC (antes SERNAPAM).

Gráfico 7.1 Promedio mensual de las concentraciones en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ del contaminante criterio PM_{10} de la estación ITSM del año 2018



Como se observa en la gráfica, la estación del ITSM en Macuspana registró cuatro meses con concentraciones altas, siendo julio el mes con el promedio más alto con una concentración de $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sin embargo, este no rebasa el LMP en 24 hrs que establece la norma.

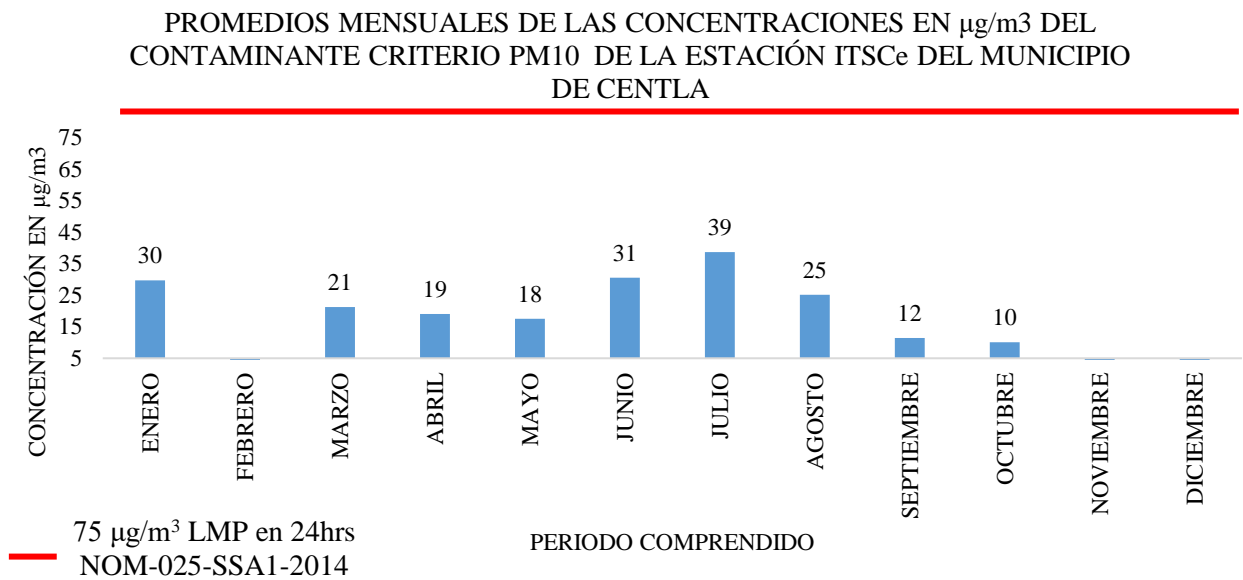
En la tabla 7.4 se registran las concentraciones de partículas PM_{10} en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ obtenidas en el Municipio de Centla en la estación ITSCe del año 2018. La gráfica 2 se muestra los promedios mensuales

Tabla 7.4 Resultados de las concentraciones de Partículas PM_{10} en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ obtenidas en el Municipio de Centla en la estación del ITSCe del año 2018

Mes	Fecha de muestreo	Concentración	Mes	Fecha de muestreo	Concentración
Enero	11/01/2018	21	Julio	10/07/2018	48
	17/01/2018	25		22/07/2018	43
	23/07/2018	43		28/07/2018	25
Febrero	No hay dato		Agosto	03/08/2018	36
Marzo	06/03/2018	17		09/08/2018	40
	18/03/2018	21		15/08/2018	8
	24/03/2018	17		24/08/2018	12
	30/03/2018	30	30/08/2018	30	
Abril	20/04/2018	22	Septiembre	11/09/2018	22
	26/04/2018	16		17/09/2018	1
Mayo	02/05/2018	24	Octubre	05/10/2018	19
	08/05/2018	21		11/10/2018	1
	14/05/2018	14	NOVIEMBRE	NO HAY DATO	
	26/05/2018	11			
Junio	22/06/2018	23	Diciembre	No hay dato	
	28/06/2018	38			

Fuente: SBDSCC (antes SERNAPAM).

Gráfico 7.2 Promedio mensual de las concentraciones en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ del contaminante criterio PM_{10} de la estación ITSCe del año 2018



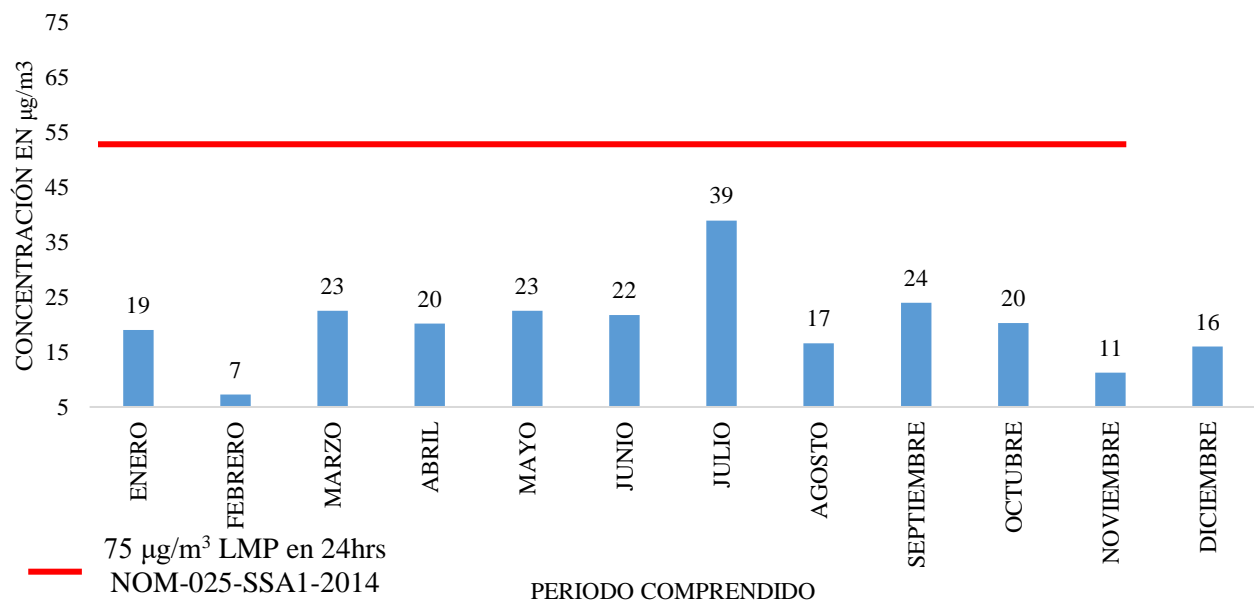
Como se observa en la gráfica 7.2, en la estación del ITSCe en Centla se registró que julio fue el mes con el promedio más alto con una concentración de $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sin embargo este no rebasa el LMP en 24 hrs que establece la norma. En la tabla 7.5 se muestran los resultados de las concentraciones de partículas PM_{10} en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ obtenidas en el Municipio de Centro en la estación DACBIOL del año 2018. La gráfica 7.3 ilustra los promedios mensuales.

Tabla 7.5 Resultados de las concentraciones de Partículas PM_{10} en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ obtenidas en el municipio de Centro en la estación de la DACBIOL del año 2018

Mes	Fecha de Muestreo	Concentración	Mes	Fecha de Muestreo	Concentración
Enero	02/01/2018	40	Julio	01/07/2018	48
	14/01/2018	16		07/07/2018	33
	20/01/2018	14		13/07/2018	79
	26/01/2018	6		19/07/2018	20
				31/07/2018	15
Febrero	01/02/2018	19	Agosto	06/08/2018	6
	07/02/2018	8		12/08/2018	39
	13/02/2018	1		18/08/2018	11
	19/02/2018	1		24/08/2018	15
				30/08/2018	12
Marzo	09/03/2018	26	Septiembre	05/09/2018	22
	15/03/2018	24		17/09/2018	11
	21/03/2018	22		23/09/2018	52
	27/03/2018	18		29/09/2018	11
Abril	02/04/2018	18	Octubre	05/10/2018	15
	08/04/2018	14		17/10/2018	11
	14/04/2018	30		23/10/2018	13
	20/04/2018	16		29/10/2018	42
26/04/2018	23				
Mayo	02/05/2018	25	Noviembre	04/11/2018	18
	08/05/2018	32		10/11/2018	11
	20/05/2018	20		16/11/2018	15
	26/05/2018	13		22/11/2018	14
				28/11/2018	1
Junio	01/06/2018	36	Diciembre	04/12/2018	5
	12/06/2018	10		16/12/2018	29
	19/06/2018	21		28/12/2018	14
	25/06/2018	20			

Fuente: SBDSCC (antes SERNAPAM).

Gráfico 7.3 Promedio mensual de las concentraciones en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ del contaminante criterio PM_{10} de la estación DACBIOL del año 2018



Como se observa en la gráfica 3, la estación de la DACBIOL en el municipio del Centro registró que julio fue el mes con el promedio más alto con una concentración de $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sin embargo este no rebasa el LMP en 24 hrs que establece la norma.

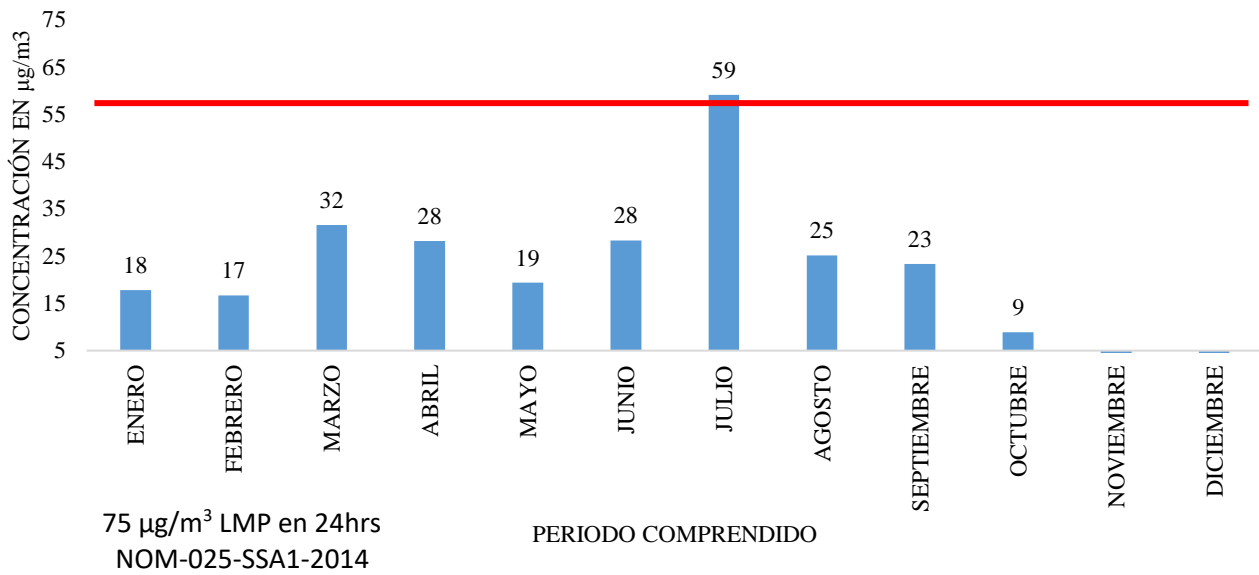
En la tabla 6 se muestran los resultados de las concentraciones de partículas PM_{10} en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ obtenidas en el Municipio de Balancán en la estación ITSR del año 2018, así como la gráfica 4 refleja los promedios mensuales.

Tabla 7.6 Resultados de las concentraciones de Partículas PM_{10} en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ obtenidas en el municipio de Balancán en la estación de la ITSR del año 2018

Mes	Fecha de muestreo	Concentración	Mes	Fecha de muestreo	Concentración
Enero	02/01/2018	19	Junio	19/06/2018	33
	20/01/2018	28		25/06/2018	23
	26/01/2018	6	JULIO	19/07/2018	43
Febrero	01/02/2018	16		25/07/2018	79
	07/02/2018	10		31/07/2018	55
	13/02/2018	21	AGOSTO	12/08/2018	54
	19/02/2018	13		18/08/2018	16
25/02/2018	24	24/08/2018		13	
03/03/2018	44	30/08/2018		18	
Marzo	15/03/2018	35	SEPTIEMBRE	05/09/2018	23
	21/03/2018	29	OCTUBRE	04/10/2018	8
	27/03/2018	19		11/10/2018	9
	02/04/2018	26		17/10/2018	10
Abril	08/04/2018	32	NOVIEMBRE	NO HAY DATO	
	14/04/2018	27			
	20/04/2018	23			
	26/04/2018	32			
	08/05/2018	20			
Mayo	14/05/2018	30	Diciembre	No hay dato	
	20/05/2018	9			

Fuente: SBDSCC (antes SERNAPAM)

Gráfico 7.4 Promedio mensual de las concentraciones en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ del contaminante criterio PM_{10} de la estación ITSR del año 2018



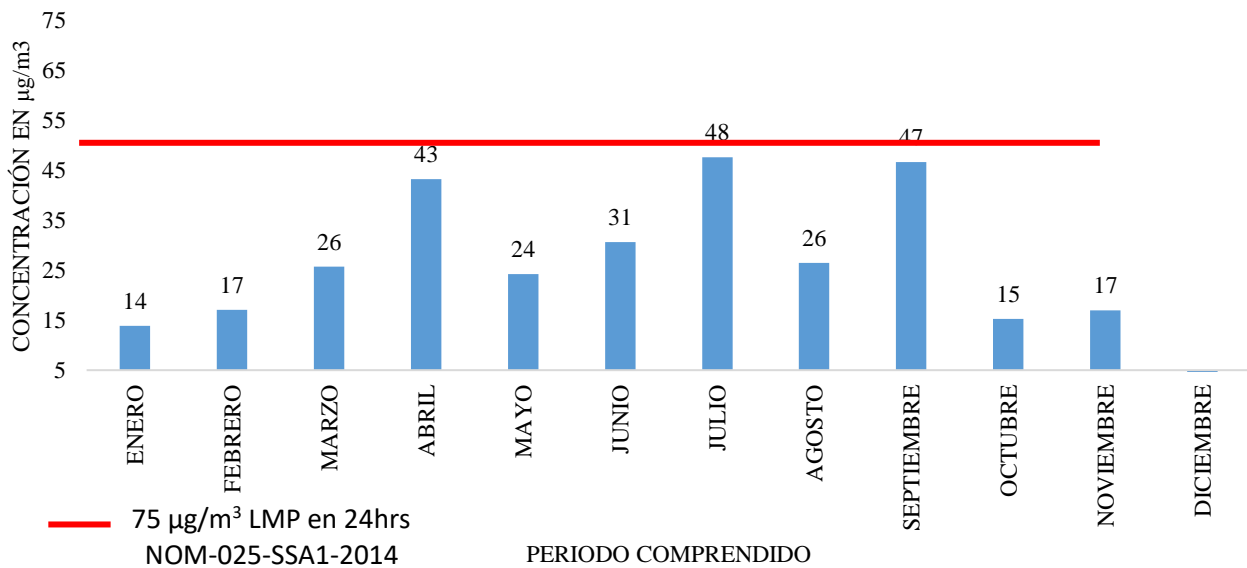
En la gráfica 4 puede observarse que la estación de ITSR en el municipio de Balancán registró que julio fue el mes con el promedio más alto con una concentración de $59 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sin embargo este no rebasa el LMP en 24 hrs que establece la norma.

En la tabla 7 se muestran los resultados de las concentraciones de partículas PM_{10} en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ obtenidas en el Municipio de Comalcalco en la estación ITSC del año 2018, se complementa con los promedios mensuales plasmados en la gráfica 5.

Tabla 7 Resultados de las concentraciones de Partículas PM_{10} en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ obtenidas en el municipio de Comalcalco en la estación de la ITSC del año 2018

Mes	Fecha de muestreo	Concentración	Mes	Fecha de muestreo	Concentración
Enero	26/01/2018	14	Julio	01/07/2018	59
Febrero	07/02/2018	19		07/07/2018	34
	13/02/2018	18		13/07/2018	38
	19/02/2018	15		19/07/2018	30
	25/02/2018	16		25/07/2018	77
Marzo	03/03/2018	22	Agosto	06/08/2018	22
	09/03/2018	26		12/08/2018	59
	15/03/2018	25		18/08/2018	15
	21/03/2018	32		24/08/2018	17
	27/03/2018	23		30/08/2018	19
Abril	02/04/2018	23	Septiembre	05/09/2018	154
	08/04/2018	31		11/09/2018	24
	14/04/2018	47		17/09/2018	16
	26/04/2018	72		23/09/2018	25
Mayo	02/05/2018	31		Octubre	29/09/2018
	08/05/2018	25	05/10/2018		19
	14/05/2018	28	Noviembre	11/10/2018	12
	20/05/2018	25		04/11/2018	16
	26/05/2018	12		10/11/2018	15
Junio	01/06/2018	34	Noviembre	22/11/2018	18
	07/06/2018	50		28/11/2018	19
	13/06/2018	30		Diciembre	No hay dato
	19/06/2018	17			
	25/06/2018	23			

Gráfico 7.5 Promedio mensual de las concentraciones en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ del contaminante criterio PM_{10} de la estación ITSC del año 2018



Como se puede observar en la gráfica 5, la estación de ITSC en el municipio de Comalcalco registró tres meses con concentraciones altas, pero julio fue el mes con el promedio más alto con una concentración de $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sin embargo este no rebasa el LMP en 24 hrs que establece la norma.

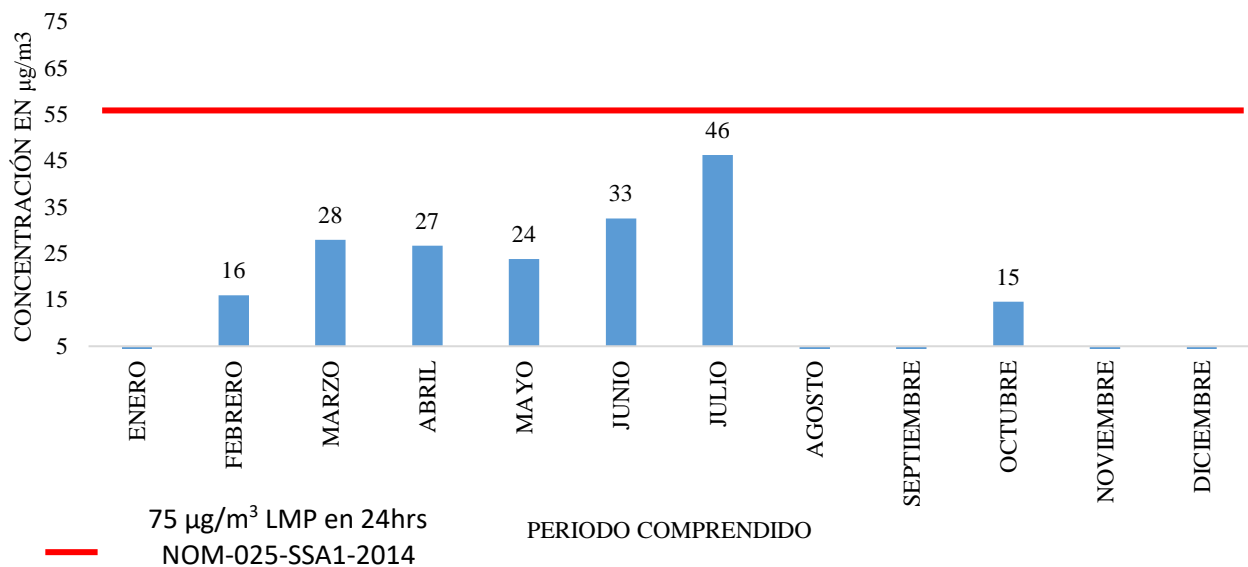
La tabla 8 muestran los resultados de las concentraciones de partículas PM_{10} en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ obtenidas en el Municipio de Paraíso en la estación UPGM del año 2018, por otro lado la gráfica 6 ilustra los promedios mensuales.

Tabla 7.8 Resultados de las concentraciones de Partículas PM_{10} en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ obtenidas en el municipio de Paraíso en la estación de la UPGM del año 2018

Meses	Fecha de muestreo	Concentracion
Enero	No hay dato	
Febrero	07/02/2018	16
Marzo	09/03/2018	28
Abril	14/04/2018	40
	20/04/2018	12
	26/04/2018	28
Mayo	08/05/2018	42
	20/05/2018	19
	26/05/2018	11
Junio	01/06/2018	28
	07/06/2018	49
	13/06/2018	30
	25/06/2018	23
Julio	01/07/2018	48
	07/07/2018	45
	13/07/2018	40
	19/07/2018	27
	25/07/2018	71
Agosto	No hay dato	
Septiembre	No hay dato	
Octubre	05/10/2018	17
	11/10/2018	11
	17/10/2018	15
Noviembre	No hay dato	
Diciembre	No hay dato	

Fuente: SBDSCC (antes SERNAPAM)

Gráfico 7.6 Promedio mensual de las concentraciones en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ del contaminante criterio PM_{10} de la estación UPGM del año 2018

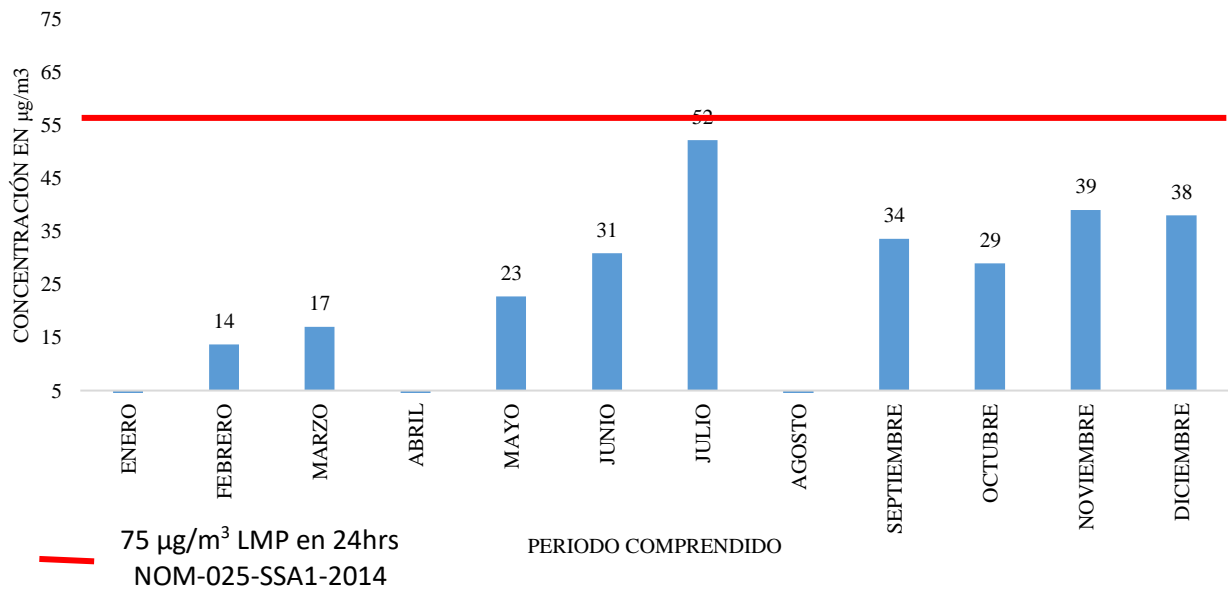


Se puede observar en la gráfica 6, de la estación UPGM en el municipio de Comalcalco, que julio fue el mes con el promedio más alto, con una concentración de $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sin embargo este no rebasa el LMP en 24 hrs que establece la norma. En la tabla 9 se muestran los resultados de las concentraciones de partículas PM_{10} en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ obtenidas en el Municipio de Huimanguillo en la estación ITSLV del año 2018, y la gráfica 7 muestra los promedios mensuales.

Tabla 7.9 Resultados de las concentraciones de Partículas PM_{10} en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ obtenidas en el municipio de Huimanguillo en la estación del ITSLV del año 2018

Meses	Fecha de muestreo	Concentración
Enero	No hay dato	
Febrero	13/02/2018	13
	19/02/2018	17
	25/02/2018	11
Marzo	03/03/2018	11
	09/03/2018	24
	15/03/2018	21
	21/03/2018	12
Abril	No hay dato	
Mayo	14/05/2018	20
	20/05/2018	38
	26/05/2018	11
Junio	01/06/2018	21
	01/06/2018	30
	07/06/2018	50
	13/06/2018	22
	19/06/2018	32
Julio	01/07/2018	28
	07/07/2018	64
	19/07/2018	65
Agosto	No hay dato	
Septiembre	05/09/2018	19
	11/09/2018	31
	17/09/2018	37
	29/09/2018	47
Octubre	05/10/2018	29
Noviembre	04/11/2018	17
	10/11/2018	77
	16/11/2018	22
Diciembre	04/12/2018	28
	10/12/2018	42
	16/12/2018	44

Gráfico 7.7 Promedio mensual de las concentraciones en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ del contaminante criterio PM_{10} de la estación ITSLV del año 2018



Como se puede observar en la gráfica 7, la estación ITSLV en el municipio de Huimanguillo registró que julio fue el mes con el promedio más alto con una concentración de $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sin embargo este no rebasa el LMP en 24 hrs que establece la norma.

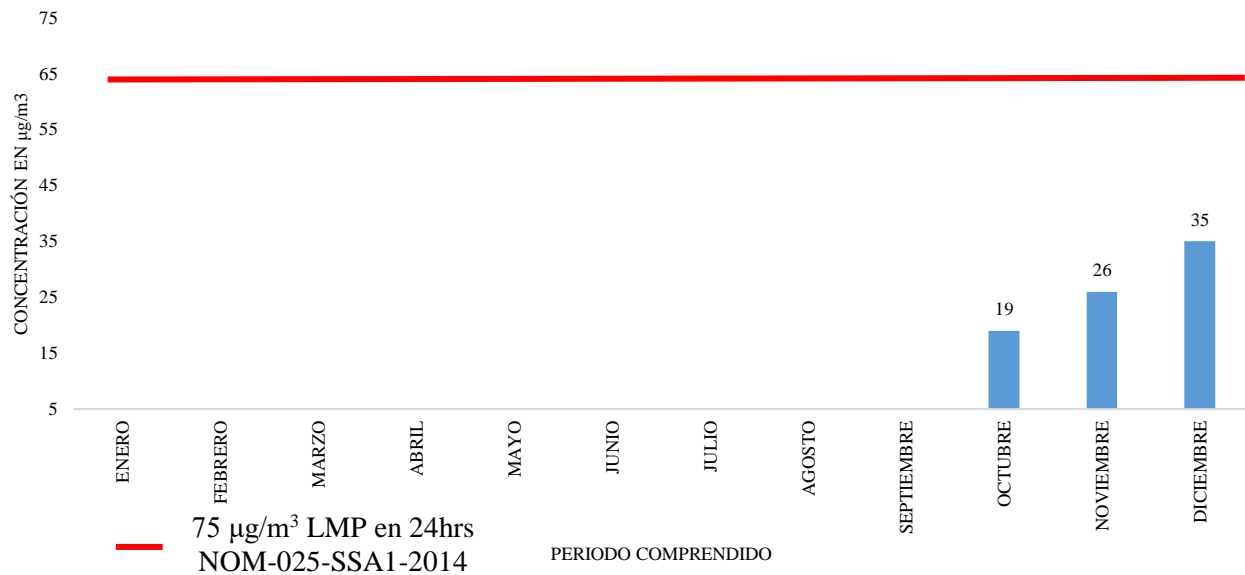
En la tabla 10 se muestran los resultados de las concentraciones de partículas PM_{10} en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ obtenidas en el Municipio de Cuauacán en la estación DAIA del año 2018. La gráfica 8 ilustra los promedios mensuales.

Tabla 7.10 Resultados de las concentraciones de Partículas PM_{10} en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ obtenidas en el municipio de Cuauacán en la estación de la DAIA del año 2018

Meses	Fecha de muestreo	Concentracion
Enero	No hay dato	
Febrero	No hay dato	
Marzo	No hay dato	
Abril	No hay dato	
Mayo	No hay dato	
Junio	No hay dato	
Julio	No hay dato	
Agosto	No hay dato	
Septiembre	No hay dato	
Octubre	05/10/2018	22
	11/10/2018	14
	17/10/2018	19
	23/10/2018	22
	29/10/2018	18
Noviembre	04/11/2018	30
	10/11/2018	25
	16/11/2018	28
	22/11/2018	29
	28/11/2018	18
Diciembre	04/12/2018	33
	10/12/2018	9
	22/12/2018	25
	28/12/2018	72

Fuente: SBDSCC (antes SERNAPAM)

Gráfico 7.8 Promedio mensual de las concentraciones en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ del contaminante criterio PM_{10} de la estación DAIA del año 2018



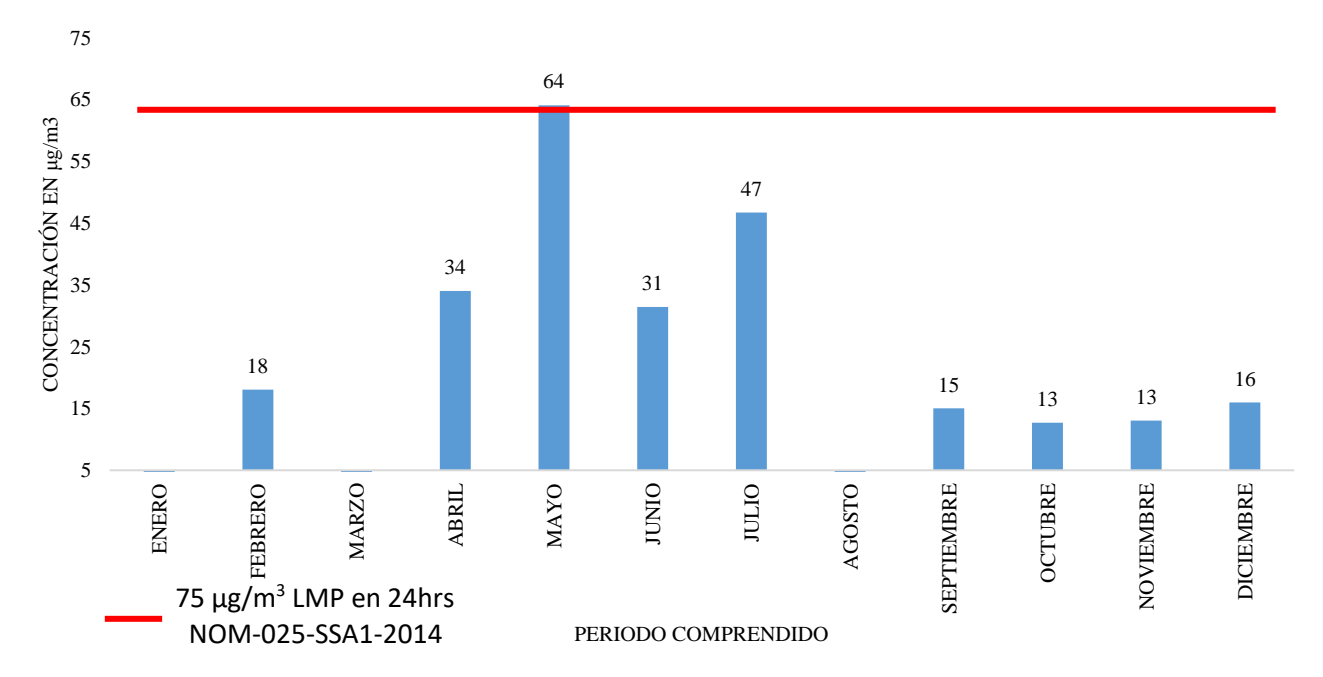
Como se puede observar en la gráfica 8, la estación DAIA en el municipio de Cunduacán registró en el mes de diciembre una concentración alta de $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sin embargo este no rebasa el LMP en 24 hrs que establece la norma. Cabe mencionar que esta estación se incorporó en octubre del 2018 por lo tanto solo tiene registro de los últimos tres meses del año.

Por ultimo la tabla 11 muestra los resultados de las concentraciones de partículas PM_{10} en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ obtenidas en el Municipio de Centro en la estación UPC del año 2018, y la gráfica 9 sus promedios mensuales.

Tabla 7.11 Resultados de las concentraciones de Partículas PM_{10} en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ obtenidas en el municipio de Centro en la estación de la UPC del año 2018

Meses	Fecha de muestreo	Concentracion
Enero	No hay dato	
Febrero	07/02/2018	14
	13/02/2018	22
Marzo	No hay dato	
Abril	14/04/2018	34
Mayo	14/05/2018	30
	20/05/2018	26
	26/05/2018	137
Junio	01/06/2018	27
	07/06/2018	40
	13/06/2018	28
	19/06/2018	24
	25/06/2018	38
Julio	01/07/2018	76
	07/07/2018	46
	31/07/2018	18
Agosto	No hay dato	
Septiembre	29/09/2018	15
Octubre	11/10/2018	11
	17/10/2018	12
	22/10/2018	16
	29/10/2018	11
Noviembre	16/11/2018	19
	22/11/2018	14
	28/11/2018	5
Diciembre	04/12/2018	26
	10/12/2018	6

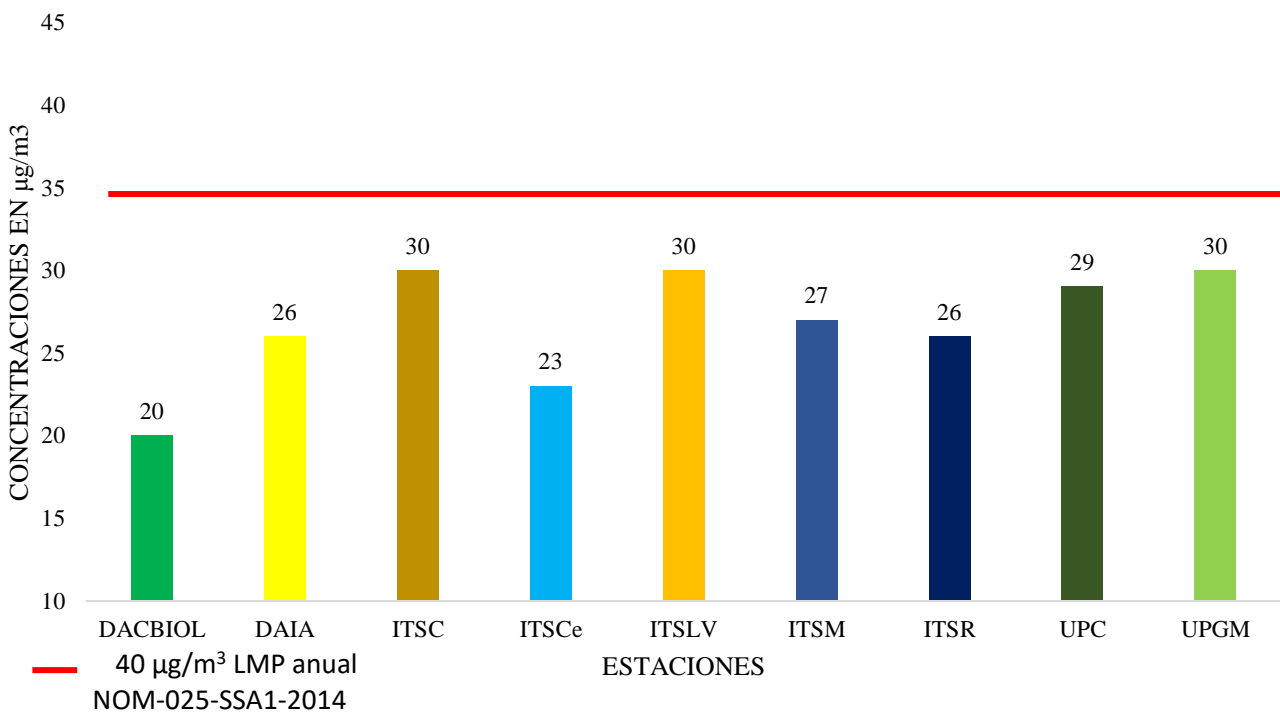
Gráfico 7.9 Promedio mensual de las concentraciones en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ del contaminante criterio PM_{10} de la estación UPC del año 2018



Como se puede observar en la gráfica 9, la estación UPC en el municipio de Centro registró que el mes de mayo fue el mes con el promedio más alto con una concentración de $64 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sin embargo este no rebasa el LMP en 24 hrs que establece la norma.

La gráfica 10 muestra el promedio anual de las concentraciones del Contaminante Criterio PM_{10} en los diferentes puntos de monitoreo en el Estado de Tabasco. Tomando en cuenta el valor Límite Máximo Permisible (LMP) del promedio anual de la Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2014 que son $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, se puede observar que los sitios de muestreo NO sobrepasaron el valor LMP que establece la norma.

Gráfico 7.10 Promedio anual de las concentraciones en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ del contaminante criterio PM_{10} de las estaciones de monitoreo de la “Red Multi-Institucional de Muestreo de Partículas Fracción Respirable $\leq 10\mu\text{m}$ (PM_{10}) en el Estado de Tabasco” del año 2018



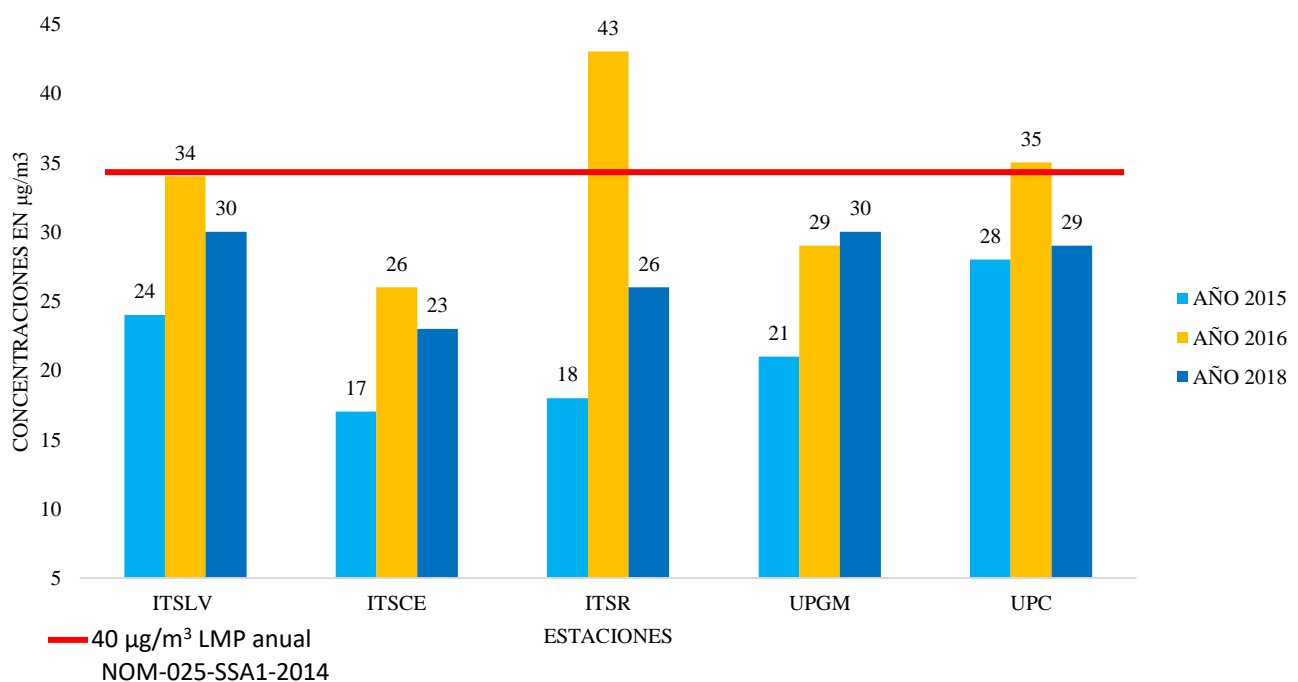
7. Discusión

En el año 2015 (Suárez García , Zárate, & Cupil Cupil, 2015) realizaron una investigación donde demostró que la estación del ITSCe en el año 2014 tuvo un promedio anual de una concentración de $82 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Así también Caparroso Sánchez en el 2017 realizó una investigación, obteniendo que esta misma estación registró un promedio anual con una concentración de $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 2015 y en el 2016 un promedio anual con una concentración de $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Durante el desarrollo de esta investigación en el periodo enero-diciembre 2018, se registró que también esta estación del ITSCe obtuvo un promedio anual de concentración de $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$; con un promedio mensual bajo de concentración de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ el cual fue en el mes de octubre y el promedio más alto se obtuvo en el mes de julio con una concentración de $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

De igual manera Caparroso Sánchez en su investigación realizada demostró que en el año 2015 la estación ITSLV obtuvo un promedio anual de concentración de $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$; también en ese mismo año la estación ITSR registró un promedio anual de concentración de $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$, la estación UPGM un promedio anual de concentración de $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y la estación UPC un promedio anual de concentración de $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$; y para el año 2016 los promedios anuales de concentraciones de estas mismas estaciones fueron: ITSLV $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ITSR $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$, UPGM $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y UPC $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Mientras que en esta investigación los promedios anuales de concentración también de estas estaciones fueron: ITSLV $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ITSR $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$, UPGM $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y UPC $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

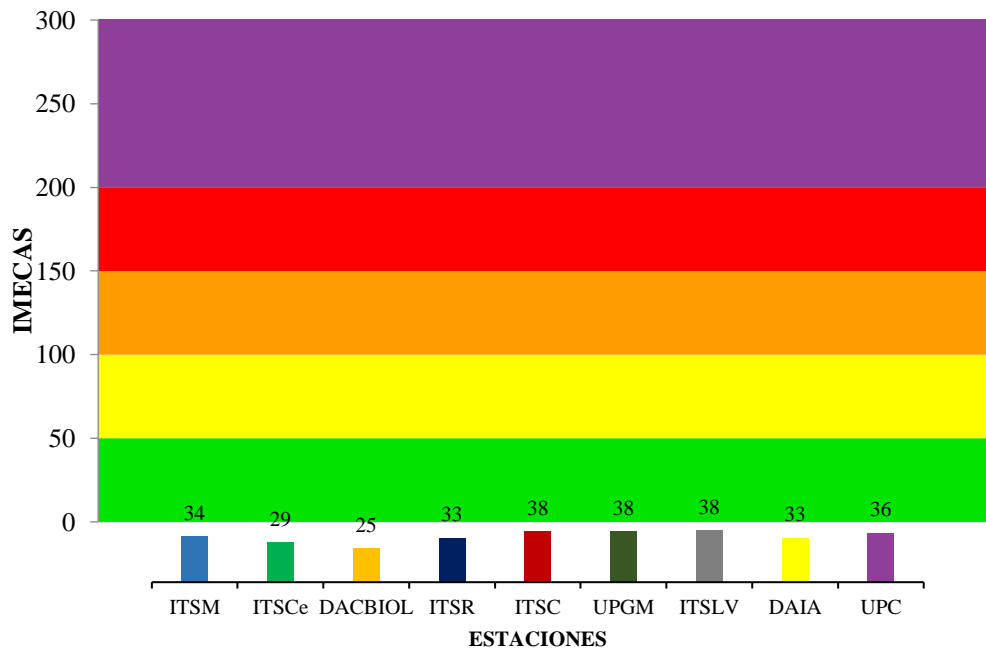
En la gráfica 11 se muestra la comparación de los promedios anuales de las estaciones ITSLV, ITSCe, ITSR, UPGM y UPC de los años 2015, 2016 y 2018, en donde se observa que solo en el año 2016 la estación ITSR rebaso el LMP anual establecido en la NOM-025-SSA1-2014 que son $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Gráfico 7.11 Comparación de los promedios anuales registrados de las estaciones ITSLV, ITSCe, ITSR, UPGM y UPC, de los años 2015, 2016 y 2018



En referencia al Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA), la calidad del aire del Estado de Tabasco para el año 2018 fue BUENA, debido a que las concentraciones que se registraron no fueron perjudiciales para la salud humana ya que se encuentran dentro del límite permisible marcado por la Norma Oficial Mexicana.

Gráfico 7.12 IMECA anual del contaminante criterio PM₁₀ de las estaciones de monitoreo de la “Red Multi-Institucional de Muestreo de Partículas Fracción Respirable ≤10µm (PM₁₀) en el Estado de Tabasco” del año 2018



Fuente: Propia, con datos de SERNAPAM

Como puede observarse en esta gráfica los resultados obtenidos se mantienen dentro de los límites establecidos en el índice IMECAS, por lo que la calidad del aire es buena en el estado de Tabasco.

8. Anexos

Anexo 7.1 Tabla indicadora del Índice Metropolitano de la Calidad del aire

Categoría	Intervalo	mensaje	Significativo	Recomendado
BUENA	0-50	Sin riesgo	La calidad del aire es satisfactoria y existe poco o ningún riesgo para la salud.	Se puede realizar cualquier actividad al aire libre.
REGULAR	51-100	Aceptable	La calidad del air es estable, sin embargo, en el caso de algunos contaminantes, las personas que son inusualmente sensibles, pueden presentar síntomas moderados.	Las personas que son extremadamente sensibles a la contaminación deben considerar limitar los esfuerzos prolongados al aire libre.
MALA	101-150	Dañina a la salud de los grupos sensibles	Quienes pertenecen a los grupos sensibles pueden experimentar efectos en la salud. El público en general usualmente no es afectado.	Los niños, adultos mayores, personas que realizan actividad física intensa o con enfermedades respiratorias y cardiovasculares, deben limitar los esfuerzos prolongados al aire libre.
MUY MALA	151-200	Dañina a la salud	Todos pueden experimentar efectos en la salud, quienes pertenecen a los grupos sensibles pueden experimentar efectos graves en la salud	Los niño, adultos mayores, personas que realizan actividad física intensa o con enfermedades respiratorias y cardiovasculares, deben evitar el esfuerzo prolongado al aire libre.
EXTREMADAMENTE MALA	≥ 200	Muy dañina a la salud	Representa una condición de emergencia. Toda la población tiene probabilidad de ser afectada.	La población en general debe suspender los esfuerzos al aire libre.

Fuente: SERNAPAM

Anexo 7.2 Calendario de monitoreo y mantenimiento de equipo muestreador manual PM10



CALENDARIO 2018



Calendario de monitoreo y mantenimiento de equipo muestreador manual PM10

ENERO						
DOM	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17, ITSLR	18	19	20
21	22	23	24, UPGM	25	26	27
28	29	30, ITSLV	31, ITLV			

FEBRERO						
DOM	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB
				1, ITSM	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15, ITSCe	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28			

MARZO						
DOM	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

ABRIL						
DOM	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13, UPC	14
15	16	17	18, ITSCe	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30					

MAYO						
DOM	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB
		1	2	3	4	5
6	7	8	9, ITSR	10	11	12
13	14	15	16, UPGM	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		

JUNIO						
DOM	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB
					1	2
3	4	5	6	7, ITSM	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26, UPC	27	28	29	30

JULIO						
DOM	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB
1	2	3, ITSCe	4	5, ITSLV	6	7
8	9	10, ITSC	11	12	13	14
15	16	17, ITSR	18	19	20	21
22	23, UPGM	24	25	26	27	28
29	30	31				

AGOSTO						
DOM	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

Fuente: SERNAPAM

Anexo 7.3 Formulas

Fórmula para determinar la velocidad del flujo en m³ según la norma NOM-SEMARNAT-035-

$$Vf_{m^3} = F. \text{cte.} \frac{ft^3}{\text{min}} \times T. E. \times 0.0283 \quad (1)$$

VFm³ = Velocidad del flujo

F. cte. = Flujo Constante $\frac{ft^3}{\text{min}}$

T.E. = Tiempo de Exposición

Valor estándar = 0.0283

Fórmula para determinar las concentraciones de partículas PM_{10} en μ/m^3

$$C = \frac{PF-PI}{VFm^3} \times 1000000 \quad (2)$$

C = Concentración

PF = Peso Final

PI = Peso Inicial

VF m^3 = Velocidad del Flujo m^3

Fórmula para determinar el Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA)

$$IMECA = \frac{CPM_{10}}{0.833} \quad (3)$$

IMECA = Índice Metropolitano de la Calidad del Aire

CPM₁₀ = Concentración de Partículas PM_{10}

Valor estándar = 0.833

9. Agradecimiento

El presente trabajo no habría sido posible sin el apoyo y la colaboración de la “Red Multi-Institucional de Muestreo de Partículas Fracción Respirable $\leq 10\mu m$ (PM_{10})”, de la Secretaria de Bienestar, Sustentabilidad y Cambio Climático (SBSCC) antes SERNAPAM, dicha secretaria financio en especie a las instituciones participantes.

Al Instituto Tecnológico Superior de Centla (ITSCe), quienes nos brindaron las facilidades para realizar esta investigación y nos permite colaborar en la Red Multi-Institucional de Muestreo de Partículas Fracción Respirable $\leq 10\mu m$ (PM_{10}).

10. Conclusiones

De acuerdo con el indicador de la calidad del aire del IMECA, **la calidad del aire de Estado de Tabasco del año 2018 es considerada BUENA**, ya que tanto los promedios mensuales y el promedio anual obtenido de las estaciones no sobrepasan el LMP en 24 hrs ni el LMP anual que establece la NOM-025-SSA1-2014. Sin embargo en la estación de la UPC en el municipio del Centro se registró que el mes de mayo tuvo la concentración más alta de todas las estaciones en el periodo comprendido, con un promedio mensual de concentración de $64 \mu g/m^3$, a su vez en los promedios mensuales obtenidos de las ocho estaciones de monitoreo restante todas coinciden que en el mes de julio fueron registradas las concentraciones más altas, aun así ninguna estación sobrepaso el LMP en 24 hrs que son $75 \mu g/m^3$.

El comportamiento del contaminante criterio PM_{10} muestra que a través de los años ha aumentado el valor de las concentraciones, mismos que han obligado en cierta forma a las normas aplicables en materia de aire a disminuir los límites máximos permisibles, ya que todos los días nos encontramos expuestos a cada uno de los contaminantes que se encuentran en la atmosfera, ya que algunos permanecen por un largo tiempo, considerando que el exceso de los contaminantes en el aire puede producir efectos adversos, perjudicando la calidad de vida de la población en general.

Por lo tanto, es indispensable involucrar a la población sobre la prevención hacia la problemática que la calidad del aire presenta y pueda presentar el Estado de Tabasco con el paso del tiempo, creando programas de concientización y participación ciudadana, y en conjunto con las autoridades competentes se tomen acciones para reducir y prevenir los problemas de contaminación del aire y salvaguardar la salud de la población tabasqueña.

Los trabajos futuros que se desprenden de esta investigación serán los siguientes:

- Establecer el comportamiento de las temporalidades partículas fracción respirable $\leq 10\mu m$ (PM_{10}), analizando su comportamiento en el tiempo (5 años).
- Analizar la correlación existente entre los resultados de las diferentes estaciones de Partículas Fracción Respirable $\leq 10\mu m$ (PM_{10}), y su posible predicción.
- Analizar el viento y los diferentes fenómenos - la quema – o factores que intervienen en la distribución de los contaminantes.

11. Referencias

Carnier. (2017). Contaminación Ambiental. CONACYT, Ciencia y Tecnología. Mexico: Ciencia y Tecnología.

Díaz, V. (noviembre de 2011). Contaminación del Aire. Salud y Medio Ambiente, 4(2), 3-7.

EPA. (enero de 2017). Efecto del material particulado (PM) sobre la salud y el medioambiente. (EPA, Ed.) Obtenido de español.eoa.gov/español/efectos-del-material-particulado-pm-sobre-la-salud-y-el-medioambiente.

Estadística, I. M. (s.f.). Operación de Estaciones de Medición de la Calidad del Aire., Mantenimiento y Calibración de sus Componentes. (INE, Ed.) Mexico, Estado de Mexico.

Estrada. (2011). Informe de resultados del monitoreo de partículas suspendidas realizadas en la comunidad del Refugio. Institucion Nacional de Ecología, Calidad del Aire. León Guanajato: Institucion Nacional de Ecología.

INE. (s.f.). Operaciones de Medición de la Calidad del Aire, mantenimiento y calibración de sus componentes. Mantenimiento y calibración de sus componentes de calidad del aire. (INE, Ed.) Mexico, Estado de Mexico.

Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Norma oficial mexicana; NOM-035-SENARNAT-1993, Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de partículas suspendidas totales en el aire ambiente y el procedimiento para la calibración de los equipos de medición. Diario Oficial de la Federación.

Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Norma oficial mexicana; NOM-025-SSA-2014, 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 PM10 y partículas menores de 2.5 micrómetros PM2.5 de la calidad del aire ambiente. Criterios para evaluar la calidad del aire. Diario Oficial de la Federación.

Sánchez, C. (2017). Interpretación de la calidad del aire con base en el contaminante criterio PM10 en el Estado de Tabasco (Vol. I). (C. Sánchez, Ed.) Villaermosa , Tabasco, Mexico: Secretaria de Energía, Recursos Naturales y Protección Ambiental.

Suárez García , S. M., Zárate, M. A., & Cupil Cupil, A. (Diciembre de 2015). Evaluación de las concentraciones de Partículas PM10 y su relación con las condiciones meteorológicas (Temperatura, Humedad Relativa) en las instalaciones del ITSCe. (I. E. Martinez, Ed.) INGENIANTES, 2(I), 52 - 57. Recuperado el enero de 2019