



UNIVERSIDAD DEL SURESTE  
CAMPUS COMITÁN  
LICENCIATURA EN MEDICINA HUMANA



**NOM-025-SSA1-2014**

**INVESTIGACION EPIDEMIOLOGIA**  
**AVANZADA**

Docente:

Dr. AGENOR ABARCA ESPINOZA

Salud ambiental. Valores límite permisibles para la concentración de partículas suspendidas PM10 y PM2.5 en el aire ambiente y criterios para su evaluación.

Alumno: Jorge Alberto Hilerio González

Grado: 4to      Grupo: A

Comitán de Domínguez Chiapas, 29 de Mayo; 2023.

## Introducción

La norma 025-SSA1 del 2014 principalmente habla sobre la contaminación del aire y como esta continúa siendo uno de los problemas de salud pública más importantes que afecta a la población a nivel nacional.

La exposición a los contaminantes atmosféricos como el material particulado, se asocia con diferentes daños a la salud humana y la magnitud de los efectos depende de las concentraciones que se encuentran en el aire, de la dosis que se inhala, del tiempo y la frecuencia de exposición, así como de las características de la población expuesta.

Por tal motivo y con el objetivo de prevenir los posibles efectos negativos de la exposición a dichos contaminantes sobre la salud humana, el Estado mexicano reconoce en el Artículo 4 constitucional, el derecho de toda persona a la protección de su salud, así como el derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar.

Los hallazgos recientes de estudios epidemiológicos realizados tanto en el contexto poblacional como ocupacional, además de estudios toxicológicos y de exposición en seres humanos, indican que las concentraciones que hoy se observan en numerosas ciudades del país implican riesgos para la salud, debido a que se encuentran por encima de los niveles establecidos por las normativas nacional e internacional aplicables.

El espectro de efectos en la salud es amplio, **pero afectan en particular a los sistemas respiratorio y cardiovascular**. Toda la población puede ser afectada, aunque la susceptibilidad puede variar con el estado de salud o la edad, siendo los niños menores de 5 años, los adultos mayores de 65 y las personas con padecimientos previos, los grupos de mayor susceptibilidad.

Los eventos más documentados son la mortalidad y la hospitalización de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), exacerbación de los síntomas y aumento de la necesidad de terapia en asmáticos, mortalidad y hospitalización de pacientes con enfermedades cardiovasculares y diabetes mellitus, aumento del riesgo de infarto al miocardio, inflamación de las vías respiratorias, inflamación sistémica, disfunción endotelial y vascular, desarrollo de aterosclerosis, aumento en la incidencia de infecciones y cáncer de pulmón.

El material particulado **es una mezcla compleja de sustancias en estado líquido o sólido, que permanece suspendida 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)
- menores o iguales a 2.5 micras (PM2.5)
- menores o iguales a 0.1 micras (PM0.1)

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.

Las PM10 se depositan en la región extratorácica del tracto respiratorio (nariz, boca, naso, oro y laringofarínge); contienen principalmente materiales de la corteza terrestre y se originan en su mayoría por procesos de desintegración de partículas más grandes. También pueden contener material biológico como polen, esporas, virus o bacterias o provenir de la combustión incompleta de combustibles fósiles.

Las PM2.5 están formadas primordialmente por gases y por material proveniente de la combustión, una gran proporción de esta fracción, son secundarias. Se depositan fundamentalmente en la región traqueobronquial (tráquea hasta bronquiolo terminal), aunque pueden ingresar a los alvéolos.

Las partículas ultrafinas (PM0.1) son generadas directamente por combustión y actividad fotoquímica. Se depositan mayoritariamente en la región alveolar, incrementando la posibilidad de atravesar la membrana alvéolo capilar hacia el torrente sanguíneo y migrar hacia otros órganos. La composición química de las partículas juega un papel importante en relación a los daños específicos a la salud y varía de un sitio a otro, dependiendo de la fuente de emisión, así como de las condiciones geográficas y meteorológicas. En términos generales, las partículas están formadas por un núcleo de carbono y por compuestos orgánicos e inorgánicos, adheridos a su superficie.

La mayoría de los estudios apuntan a que el mayor impacto en la salud por partículas, lo originan compuestos altamente tóxicos y carcinogénicos como el carbono elemental, compuestos orgánicos (especialmente los hidrocarburos aromáticos policíclicos), sulfatos, nitratos y determinados metales (arsénico, cadmio, fierro, zinc y níquel). Un estudio realizado en la Ciudad de México señala que el contenido acuasoluble de vanadio, cobre y níquel de las partículas se asocia con la reactividad que éstas inducen en el ácido desoxirribonucleico (ADN) *in vitro*. Por otro lado, estudios toxicológicos recientes sugieren que los metales contenidos en las partículas pueden estar relacionados con daño cerebral en respuesta a procesos inflamatorios en habitantes jóvenes de la Ciudad de México, con efectos adversos sobre el bulbo olfatorio, con alteraciones en la estructura cerebral de niños, con neuroinflamación, con patologías de la función olfatoria y alteraciones de la respuesta inmune.

Datos preliminares sugieren que la exposición a partículas con contenido de hidrocarburos policíclicos aromáticos (HAP) se asocia con daño oxidativo a nivel celular. Los HAP pueden llegar al cerebro y agravar eventos relacionados con padecimientos como Alzheimer y Parkinson. Existe evidencia de que las partículas alteran la actividad de enzimas antioxidantes, favoreciendo el estado de estrés oxidativo que daña a biomoléculas como ADN, lípidos y proteínas. Estudios realizados en la Ciudad de México y otras áreas metropolitanas del país indican que el incremento en las concentraciones de PM10 y PM2.5 está asociado a un aumento en las visitas a urgencias por asma y con un aumento en las consultas por infecciones de vías respiratorias altas y bajas.

Los efectos de las partículas sobre cambios en la función pulmonar están ampliamente documentados en personas asmáticas y no asmáticas. Los niveles actuales de PM10 y PM2.5 se han asociado con reducciones agudas en el volumen espiratorio forzado del primer segundo (FEV1) y en la capacidad vital forzada (FVC), estas reducciones se observan tanto de forma inmediata como tardía. Hay evidencia de que la función pulmonar mejora cuando la exposición se reduce, incluso ante exposiciones de largo plazo; con una disminución neta de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de PM10 por un período de 10 años, se redujo la tasa de descenso anual del FEV1 en 9%.

Aunado a los efectos sobre la función pulmonar, se han reportado incrementos en biomarcadores de inflamación en vías respiratorias por la exposición a partículas.

En individuos asmáticos, aun pequeñas exposiciones a PM2.5 y PM10 se han asociado con inflamación neutrofílica y disminución del potencial de hidrógeno (pH) en las vías aéreas, incremento en el nivel de citosinas TH2, diferenciación de linfocitos B y producción de Inmunoglobulina (IgE). Se ha relacionado que el vivir cerca de zonas urbanas con alto tráfico, aumenta el número de crisis asmáticas, además de que incrementa el riesgo de sensibilización a aeroalérgenos en personas sanas.

La exposición a largo plazo a niveles altos de PM2.5 se asocia significativamente a hospitalizaciones por neumonía adquirida, mientras que la exposición a PM10 durante los meses de verano se asocia con mayores síntomas de apnea obstructiva y menor saturación durante el sueño.

Las investigaciones señalan que la exposición a PM2.5 produce cambios en la variabilidad de la frecuencia cardiaca. Un estudio llevado a cabo con adultos mayores de la Ciudad de México encontró que por cada incremento de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en la concentración de PM2.5 se redujo el ritmo cardiaco en un 5% y el efecto fue mayor en pacientes hipertensos. La evaluación de la exposición individual a PM2.5, indicó que por cada incremento de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , se presentó una disminución de 0.008 unidades en el componente de alta frecuencia de la variabilidad de la frecuencia cardiaca.

Estudios epidemiológicos relacionan la exposición a PM10 y PM2.5 con un incremento en la mortalidad por causas no externas, principalmente cardiovasculares y respiratorias; también se ha relacionado con la mortalidad postneonatal. Algunos estudios señalan un incremento en la mortalidad debido a complicaciones respiratorias cardiovasculares, algunos tipos de cáncer y afecciones al desarrollo, todos ellos relacionados con la exposición a la fracción fina, ozono y sulfatos. Se estima que este incremento puede ser del 6.9% por incremento de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en el promedio de 3 días previos, aunque otros autores han reportado incrementos por las mismas causas que van desde 0.4% por incremento de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , en las 3 semanas previas, hasta 6% por incremento de 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . En niños menores de 1 año, residentes en la Ciudad de México, la mortalidad se incrementó en 5.5% por cada incremento en el rango intercuartil de 38.7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de PM10, mientras que la mortalidad secundaria por causas respiratorias fue de un 9.8%. Este efecto se incrementa en personas de estrato socioeconómico bajo.

En adultos mayores de 65 años el incremento de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en la concentración de PM2.5, se asoció con 1.68% y 3.4% de incremento en la mortalidad total y por causas cardiovasculares. De igual forma, tratándose de PM10 el porcentaje de muertes por causas respiratorias y por enfermedad pulmonar obstructiva crónica en este grupo se incrementó en 2.9% y 4.1%, respectivamente.

El Estudio de Salud y Contaminación del Aire en Latinoamérica (ESCALA), reportó incrementos positivos y estadísticamente significativos en la mortalidad por todas las causas, así como mayor riesgo de mortalidad respiratoria en todos los grupos de edad (0.77%); también reportó incremento en la mortalidad por causas cardiopulmonares (1.15%), cardiovasculares (0.88%), accidentes cerebrovasculares (1.32%) y enfermedad pulmonar obstructiva crónica (2.44%) en mayores de 65 años.

Una evaluación de impacto en salud efectuada por el Instituto Nacional de Salud Pública en la Zona Metropolitana del Valle de México, señala que, pasar de un valor de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de concentración anual de PM10 a 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  evitaría 1,038 defunciones al año (Intervalo de Confianza 95% 767 - 1,307), y con una disminución de 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , se evitarían hasta 2,306 defunciones (Intervalo de Confianza 95% 1,707 - 2,899).

De acuerdo con la información del Cuarto almanaque de datos y tendencias de la calidad del aire en 20 ciudades mexicanas (2000-2009), las PM10 fueron uno de los principales problemas de la calidad del aire en varias zonas del país. Ciudad Juárez fue la ciudad más contaminada con PM10 en 2009, seguida de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca. En Monterrey y Guadalajara, las concentraciones de PM10 se redujeron a partir del año 2005, en aproximadamente un 50 y 80% respectivamente para el indicador de 24 horas, mientras que la exposición promedio anual mostró una reducción del 12 y 13%. A pesar de ello, Monterrey se considera la tercera ciudad más contaminada con PM10, seguida del Valle de México. Mexicali y León alcanzaron valores que

equivalen al doble o el triple de los límites establecidos para PM10 en la Norma anterior. Por otro lado, la medición de las PM2.5 es incipiente en varias de las ciudades del país y únicamente se cuenta con información del comportamiento de este contaminante en la Zona Metropolitana del Valle de México y en Mexicali, para algunos años.

La evidencia acumulada hasta ahora indica que los contaminantes atmosféricos son responsables de contribuir al aumento de la mortalidad general, de la mortalidad infantil, de la mortalidad de mayores de 65 años y de las hospitalizaciones por enfermedades respiratorias y cardíacas, de allí la importancia de actualizar las normas oficiales mexicanas para la protección de la salud por exposición a los contaminantes atmosféricos para transitar hacia los estándares de la Organización Mundial de la Salud, a fin de proteger la salud de la población en México.

Esta Norma tiene por objeto establecer los valores límite permisibles de concentración de partículas suspendidas PM10 y PM2.5 en el aire ambiente y los criterios para su evaluación, con la finalidad de proteger la salud de la población para ello la misma presenta diferentes puntos que evalúan dichas partículas

## **Definiciones**

**4.1. Aire ambiente**, a la porción de la atmósfera externa a las construcciones que no está influenciada directamente por fuentes específicas de emisión, y que es representativa de una comunidad.

**4.2 Año calendario**, al periodo comprendido entre el 1 de enero y el 31 de diciembre de un mismo año.

**4.3 Capacidad vital forzada (FVC)**, al volumen de aire (en litros) que se puede sacar de los pulmones totalmente inflados. Cuando los bronquios están obstruidos el aire dentro de los pulmones sale más lentamente. El volumen espiratorio forzado del primer segundo (FEV1) y el cociente (VEF1/CVF) son los parámetros utilizados para medir el grado de obstrucción al flujo aéreo.

**4.4. Diámetro aerodinámico**, al equivalente al de una partícula esférica de densidad unitaria (1g/cm<sup>3</sup>), la cual tiene la misma velocidad de depósito que la partícula considerada.

**4.5 Exposición**, al contacto de una persona o una comunidad con uno o varios factores (contaminantes del aire en nuestro caso) en un tiempo y un espacio determinados, ésta se produce en un contínuum formado por el ambiente doméstico, el escolar, el laboral y los espacios exteriores.

**4.6. Microgramo por metro cúbico (mg/m<sup>3</sup>),** a la expresión de concentración en masa del contaminante (en microgramos) en un volumen de aire (metro cúbico) a condiciones locales de temperatura y presión.

**4.7. Partículas PM<sub>10</sub>,** a las partículas con un diámetro aerodinámico igual o menor a 10 micrómetros.

**4.8. Partículas PM<sub>2.5</sub>,** a las partículas con un diámetro aerodinámico igual o menor a 2.5 micrómetros.

**4.9. Promedio,** a la media aritmética de un conjunto de datos.

**4.10 Sitio de monitoreo,** al lugar determinado para medir las concentraciones ambientales de las PM<sub>10</sub> y las PM<sub>2.5</sub> con el objetivo de determinar la exposición de la población a estos contaminantes.

4.11. Valor diario, a la concentración promedio de partículas, calculada o medida en un periodo continuo de 24 horas, a partir de las 00:00 horas.

4.12. Valor anual, a la concentración promedio de partículas calculada en un año calendario, a partir de los valores diarios.

4.13 Valor límite, al nivel fijado con base en conocimientos científicos con el fin de evitar, prevenir o reducir los efectos nocivos para la salud humana, en un periodo determinado y que no debe excederse.

4.14 Volumen Espiratorio Forzado (VEF), a la cantidad de aire que puede expulsar un individuo un segundo después de iniciar la exhalación, teniendo los pulmones completamente inflados y haciendo su máximo esfuerzo.

## **5. Especificaciones**

5.1 Para efectos de protección de la salud de la población más vulnerable se establecen dos valores límite, tanto para las concentraciones ambientales de las PM<sub>10</sub> como de las PM<sub>2.5</sub>:

5.1.1 Partículas menores a 10 micrómetros PM<sub>10</sub>:

5.1.1.1 Límite de 24 horas: 75 µg/m<sup>3</sup>, como promedio de 24 horas, y

5.1.1.2 Límite anual: 40 µg/m<sup>3</sup>, como promedio anual.

5.1.2 Partículas menores a 2.5 micrómetros PM<sub>2.5</sub>:

5.1.2.1 Límite de 24 horas: 45 µg/m<sup>3</sup>, como promedio de 24 horas, y

5.1.2.2 Límite anual: 12 µg/m<sup>3</sup>, como promedio anual.

## 5.2. Manejo de datos.

En esta sección se explican los métodos para el manejo de datos, así como los cálculos necesarios para determinar el cumplimiento de esta Norma.

### 5.2.1 Redondeo.

5.2.1.1 En cada sitio de monitoreo, la concentración promedio de 24 horas de PM10 y PM2.5 se reportará en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , sin cifras decimales. Si se cuenta con valores de una o más cifras decimales, el valor será redondeado. Si el primer decimal es un número entre 0 y 4, el valor entero no se incrementa; si es mayor, se incrementa al inmediato superior.

5.2.1.2 La concentración promedio anual o trimestral para PM10 y PM2.5 se reportará en  $\text{mg}/\text{m}^3$ , tomando en cuenta una cifra decimal. Si se cuenta con valores de más de una cifra decimal, éstos serán redondeados de acuerdo al criterio establecido en el punto anterior.

5.2.2 Cantidad necesaria de datos para la evaluación del cumplimiento de la Norma en 1 año calendario.

5.2.2.1 Para asegurar la representatividad de las concentraciones de partículas al agregar los datos para calcular los parámetros estadísticos, se deben cumplir con los siguientes criterios de compleción:

5.2.2.1.1 Para el cálculo del promedio de 24 horas de cada día se requerirá un mínimo de 75% de las concentraciones horarias válidas (18 registros).

5.2.2.1.2. Para el cálculo del promedio anual se requerirá de un mínimo de datos en 1 año calendario. Este mínimo se evalúa a partir de la cantidad de muestras de 24 horas válidas obtenidas en cada uno de los 4 trimestres del año (véase Tabla 1). Para cada trimestre se requerirá un mínimo de 75% de muestras válidas. Dato que en los sitios donde el monitoreo no se realice diariamente, se tomará como base el número de muestreos calendarizados para dicho periodo. Si la cantidad de muestras es menor se invalidará el trimestre correspondiente. Para la validación del año es necesario contar con al menos 3 trimestres válidos, en caso contrario no podrá evaluarse el cumplimiento de la Norma para ese año.



## **CONCLUSION:**

La exposición a los contaminantes atmosféricos como el material particulado en este Caso con partículas desde 10 $\mu$ m, hasta partículas de 0.1 $\mu$ m asociadas a distintas enfermedades, se asocia con diferentes daños a la salud humana y la magnitud de los efectos depende de las concentraciones que se encuentran en el aire, de la dosis que se inhala, del tiempo y la frecuencia de exposición, así como de las características de la población expuesta. Por tal motivo y con el objetivo de prevenir los posibles efectos negativos de la exposición a dichos contaminantes sobre la salud humana

## BIBLIOGRAFIA

- Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2014, Salud ambiental. Valores límite permisibles para la concentración de partículas suspendidas PM10 y PM2.5 en el aire ambiente y criterios para su evaluación. (Consultado el 28 de mayo del 2023.)

Disponible en:

[https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5357042&fecha=20/08/2014#gsc.tab](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5357042&fecha=20/08/2014#gsc.tab)

=0