

Efectos físicos de la contaminación atmosférica percibidos de manera inconsciente por la ciudadanía, en el área metropolitana de la ciudad de Monterrey, Nuevo León, México

Physical effects of atmospheric pollution unconsciously perceived by citizenship, in the metropolitan area of Monterrey city, Nuevo León, Mexico

Jorge Leal-Iga

Recibido 17 septiembre 2018 / Enviado para modificación 22 mayo 2019 / Aceptado 22 junio 2019

RESUMEN

Objetivo Percibir la contaminación atmosférica por partículas finas ($PM_{2.5}$) en el organismo humano en la zona urbana del Área Metropolitana de Monterrey [AMM], Nuevo León; considerando sus efectos y capacidad de detección sensorial a razón y percepción de cada sujeto.

Materiales y Métodos Se realizó una investigación con 504 sujetos participantes de los efectos producidos por dicha exposición de contaminantes en el AMM, Nuevo León, teniendo en cuenta en el diseño los antecedentes del sujeto y su percepción inconsciente, con motivo de evitar el posible sesgo en el resultado.

Resultados Se encontró que los niveles de contaminación presentes en el ambiente por partículas finas afectaron de manera distinta a los sujetos participantes sanos que a los reportados con alguna susceptibilidad o enfermedad visual y/o respiratoria.

Discusión Se determinó que los niveles prevalentes de contaminación atmosférica en el AMM han alcanzado grados de afectación en organismos de personas con susceptibilidad o problemas, ya sea visuales o respiratorios, cuando realizan sus actividades en ambientes exteriores.

Palabras Clave: Material particulado; percepción visual; trastornos del olfato; contaminación del aire (*fuentes: DeCS, BIREME*).

ABSTRACT

Objective Perceive the air pollution atmospheric by fine particles ($PM_{2.5}$) in the human organism on the Metropolitan Urban Area of Monterrey [MUAM], Nuevo León; considering its effects and the sensorial detection capability by each subject's perception.

Materials and Methods This research was made with 504 participating subjects exposed to the effects of the contaminants mentioned on the MUAM, Nuevo León, considering the background of each subject and their unconscious perception, in order to avoid the possible bias in the result.

Results It was found that the present levels of environment pollution by fine particles affected on different ways the healthy participant subjects than the ones reported with any susceptibility or visual affection and/or respiratory illness.

Discussion It was determined that the current levels of environment contaminants in the MUAM have reached degrees of affectation in organisms of people with susceptibility or problems either visual or respiratory, when they carry out their activities in external environments.

JL: Arq. Ph. D. Orientación en Trabajo Social y Políticas Comparadas de Bienestar Social. Facultad de Contaduría Pública y Administración (FACPYA), Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Ciudad de Monterrey, Nuevo León, México. jleal.geo@yahoo.com

Key Words: Particulate matter; visual perception; olfaction disorders; air pollution (source: MeSH, NLM).

Los contaminantes atmosféricos provienen de los vehículos propulsados por combustible, las actividades comerciales y la erosión del suelo (1). Estos factores, aunados a la creciente urbanización de las ciudades, han convertido la contaminación atmosférica en un problema de salud debido a las partículas suspendidas y su asociación con la morbilidad, así como las funciones pulmonares de la población (2).

De los componentes en la contaminación atmosférica, se destacan el ozono (O_3), el dióxido de azufre (SO_2) y el dióxido de nitrógeno (NO_2). Este último es un derivado producto de la combustión; por ello, se encuentra en la atmósfera, asociado con las partículas denominadas como ultrafinas (3).

El término *partícula* describe el material sólido o líquido dividido de manera muy fina y que se ha dispersado en el aire (4). Las partículas contaminantes gruesas son las que se encuentran entre el rango del diámetro aerodinámico de los 2,5 ($PM_{2,5}$) y los 10 micrómetros —medida que corresponde a la milésima parte de un milímetro— (PM_{10}); las finas de entre 0,1 ($PM_{0,1}$) y 2,5 ($PM_{2,5}$), y las ultrafinas son menores de 0,1 ($<PM_{0,1}$), que se consideran las más tóxicas, puesto que pueden penetrar hasta cubrir una mayor área alveolar en el organismo de los humanos (5). Las partículas $PM_{2,5}$ se consideran respirables al 100% y al formar parte de las partículas finas, la evidencia las ubica como de mayor riesgo para enfermedades respiratorias (4).

Respirar material particulado $PM_{2,5}$ y PM_{10} puede provocar a corto plazo en el ser humano disminución en la función pulmonar, síndrome bronquial obstructivo e interferencia en los mecanismos de defensa pulmonar. La exposición a estos contaminantes puede aumentar el ingreso a atención hospitalaria para pacientes con problemas respiratorios y cardiovasculares (6).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la muerte prematura de millones de personas que viven en el mundo en espacios abiertos urbanos es atribuible a los efectos de la contaminación atmosférica, la mayoría de ellas en poblaciones de los países en desarrollo. Las Guías de Calidad del Aire, publicadas por la OMS, indican un rango de afectación negativa cuando se presentan concentraciones entre los 10 $\mu g/m^3$ y los 35 $\mu g/m^3$ (3).

Los efectos de las partículas finas ($PM_{2,5}$) en el organismo humano ocupan el noveno lugar en cuanto a factores de riesgo de mortalidad por enfermedades cardiovasculares en el mundo, y sus concentraciones entre los 11 y 29,6 $\mu g/m^3$ están relacionadas con la mortalidad en ambientes urbanos (7).

La contaminación atmosférica en poblaciones urbanas de México

El estudio de Rosales-Castillo (8) sobre los efectos en la salud como consecuencia de la exposición de seres humanos a las partículas suspendidas por la contaminación atmosférica entrega evidencia de los problemas que estas pueden causar en poblaciones urbanas de las grandes metrópolis, donde se destaca a México entre otras capitales del mundo. La investigación puntualiza padecimientos físicos como bronquitis, neumonía y enfermedades pulmonares como efecto de dichos contaminantes.

El acelerado crecimiento urbano y la industrialización son factores preocupantes en México pues producen altos índices de contaminación ambiental, principalmente, en las tres grandes metrópolis de la República Mexicana: Ciudad de México, Guadalajara (Jalisco) y Monterrey (Nuevo León). En Monterrey uno de los agravantes es la política que se dio al fomento a la regularización de vehículos de autos usados provenientes de la frontera norte, a lo que se suman las deficiencias en el transporte público. Otro problema de Monterrey es la orografía, pues los cerros que circundan a la ciudad dificultan el adecuado flujo para la salida del aire, producto de la contaminación atmosférica (9).

Los cerros que rodean el Área Metropolitana de Monterrey (AMM), la Sierra Madre Oriental, el Cerro de la Silla, el de las Mitras y el del Topo Chico, son barreras que impiden la apropiada circulación del viento en la zona urbana y el desalojo de los contaminantes ambientales de la ciudad (7).

La SEMARNAT (10) aplicó un modelo de cómputo especializado para determinar los beneficios a la salud que se obtendrían si existiese una buena calidad del aire. El estudio encontró que en el 2014 pudo haberse evitado la muerte de 316 menores de 30 años de edad que estuvieron expuestos a concentraciones de $PM_{2,5}$ (10).

Según la norma oficial mexicana NOM-025-SSA1-2014, la concentración máxima permisible de contaminante por partículas finas ($PM_{2,5}$) diaria (24 horas) en el ambiente es de 45 $\mu g/m^3$; mediante los muestreos realizados en diciembre de 2014 en el AMM, Santa Catarina resultó ser el lugar más contaminado con 35 $\mu g/m^3$, mientras que el resto de subestaciones de monitoreo diseminadas en la zona metropolitana registraron lecturas entre los 18 y 26 $\mu g/m^3$ en las otras ciudades que comprenden el total del AMM (7).

Aunque una estrategia para afrontar la contaminación atmosférica en zonas urbanas como Monterrey es la reforestación, en el AMM la tierra para desarrollo urbano libre es escasa para el logro de este objetivo (5).

La evidencia presentada destaca el riesgo que las partículas finas $PM_{2.5}$, producto de la contaminación atmosférica, representan en la salud de las personas que requieren de actividades al exterior y viven en entornos urbanos como Monterrey. Dado que estas concentraciones fluctúan durante el día, ¿qué puede advertirle de este riesgo al residente de manera natural? ¿Pueden las personas percibir algún grado de molestia en exteriores a causa de la contaminación atmosférica en el AMM?, para que sus sentidos les advirtieran del riesgo que enfrenta su salud.

En el año 2013, dos organizaciones no gubernamentales realizaron una encuesta para conocer la percepción de la ciudadanía con respecto a la calidad del aire en el AMM, con la participación de 1400 ciudadanos habitantes de diferentes zonas. El resultado arrojó que el 75% de ellos manifestó que experimentaba molestias como sequedad en las fosas nasales, irritación en los ojos y malestares en la garganta, los cuales adjudicaban como resultado de la contaminación del aire en la ciudad; asimismo el 61% consideró que la mayor fuente de contaminación del aire era la industria local, mientras que el 19% determinó que eran los vehículos automotores los principales causantes de la contaminación (10).

En línea con los resultados de esa encuesta, según el inventario de emisiones del *Programa de gestión para mejorar la calidad del aire del estado de Nuevo León [ProAire]*, las mayores concentraciones de contaminantes por partículas finas $PM_{2.5}$ en la ciudad provienen de fuentes fijas de la producción industrial, siendo las emisiones vehiculares la fuente secundaria. La ciudad presenta mayor contaminación por este tipo de partículas es Santa Catarina —igual a lo que argumenta Blanco-Jiménez (7)—, seguida de Apodaca, Guadalupe, García, San Nicolás de los Garza y Monterrey (10).

Resumiendo los datos de dicho programa en el estado de Nuevo León, en cuanto a los registros en el rango de mala y regular calidad del aire en el período comprendido entre el año 2011 y el 2014, recopilados mediante el Sistema Integral de Monitoreo Ambiental (SIMA), es posible enlistar a los municipios del AMM en el siguiente orden, de mayor a menor grado de contaminación atmosférica por partículas finas $PM_{2.5}$: 1. Santa Catarina, 2. García, 3. San Nicolás de los Garza, 4. Escobedo, 5. Monterrey, 6. Guadalupe, 7. Apodaca, 8. San Pedro Garza García y 9. Juárez (10).

A partir de los datos adquiridos en los estudios aplicados en el AMM, se impone incursionar en el grado de daño que los contaminantes descritos pueden suscitar en órganos como la vista, el olfato y el aparato respiratorio del ser humano, que al incluirse en la pregunta propuesta, la modifica como sigue: ¿existe un grado de molestia específico en la vista, el olfato y el aparato respiratorio, perceptible

en las personas a causa de la contaminación atmosférica cuando ejecutan sus actividades en exteriores en el AMM?

Uno de los sentidos del ser humano que le ha ayudado en la interacción con el medio ambiente en materia de su evolución física es el olfato. Al conseguir el fruto de los árboles y reproducir el fuego, los sentidos tanto del gusto como del olfato en el ser humano se intensificaron para seleccionar su alimento. Actualmente un enólogo puede utilizar su sentido del gusto y olfato, así como su región orthonasal y retrorinal para comparar en su memoria sabores ya conocidos e identificar los componentes de lo que degusta, por separado (11).

En el sentido del olfato del ser humano existe la capacidad de alerta detectable por olor, que lo previene ante el riesgo de inhalación de agentes irritantes en concentraciones peligrosas, pero ante la exposición prolongada de estos agentes ocurre un fenómeno conocido como fatiga olfativa, que le hace acostumbrarse a dicho olor y perder su sensibilidad al riesgo; esta puede ser de corto o largo plazo. En la primera con recuperación a los pocos minutos de alejarse del contaminante, pero la exposición de largo plazo requiere desde semanas hasta meses para lograr de nuevo la sensibilidad al riesgo (12).

En la investigación realizada por Hudson (13), se comparó sistemáticamente la capacidad olfativa de habitantes de la Ciudad de México (ciudad urbana con altos índices de contaminación atmosférica) con habitantes de Tlaxcala (ciudad con bajos índices), participando un total de 168 voluntarios con registro de buena salud respiratoria y expuestos a interiores de trabajo libres de contaminantes atmosféricos. Se encontró que los sujetos habitantes de la ciudad de Tlaxcala tuvieron un mejor desempeño en su capacidad olfativa que los de la Ciudad de México; a partir de estos hallazgos, se encontró consistencia con estudios que destacan la presencia de daño en el epitelio respiratorio y olfativo de seres humanos en la Ciudad de México, comparados con sus similares en otras ciudades de la República Mexicana.

En otras investigaciones los resultados no fueron tan contundentes. En la de Hine (14), grupos experimentales de sujetos participantes de la Facultad de Medicina de la Universidad de California fueron expuestos de manera voluntaria a concentraciones controladas de productos químicos puros en forma de “niebla simulada”, con mediciones antes y después del estímulo. Efectos como irritación ocular y nasal, molestias pulmonares y reconocimiento olfativo fueron registradas mediante las exposiciones en una escala de medición. Al final los investigadores no encontraron evidencia consistente que indicara la causa de irritación mediante condiciones simuladas de contaminación del aire, sino un mínimo efecto.

En la investigación de Okawada (15) se realizaron dos experimentos en la ciudad de Tokio (Japón); se buscó la relación entre la irritación del ojo y la contaminación fotoquímica. Al final los investigadores encontraron niveles inferiores en comparación con los resultados de investigación que anteriormente otros profesionales reportaron con experimentos similares: dedujeron que posiblemente se debió a las diferencias en la susceptibilidad de los sujetos participantes entre otros motivos.

Lo descrito determina que la exposición a los agentes contaminantes no condiciona los mismos efectos en todos los sujetos, sino que existe susceptibilidad a los síntomas en sujetos con propensión o antecedentes de salud. Según Vargas (16), el 20% de la incidencia de enfermedades es atribuible a la presencia de contaminación ambiental en los países industrializados, pero también admite que existe dificultad en precisar con exactitud la relación causal entre los niveles de contaminación ambiental mesurables y la gravedad en la salud de los ciudadanos. Considera que los resultados actualmente dependen de extrapolaciones entre estudios realizados en animales de laboratorio expuestos a los contaminantes, que pudieran considerarse como efectivos en los humanos de igual manera.

En un experimento fueron utilizadas partículas ultrafinas ($PM_{2,5}$) extraídas del aire de la ciudad de Boston, para exponerlas a una muestra de ratas por espacio de tres días, lo cual dio como resultado la muerte del 37% de las ratas que tenían bronquitis, mientras que sobrevivieron todas las sanas (17).

Para Canseco (18) y SEMARNAT (10), las partículas suspendidas respirables $PM_{2,5}$ están asociadas con las causas de enfermedades respiratorias especialmente en personas susceptibles, como las asmáticas o con padecimientos pulmonares, aun cuando dichos contaminantes se encuentren presentes en bajas concentraciones.

Aunque la media anual registrada de partículas ultrafinas según las *Guías de la Calidad del Aire* publicada por la OMS es de $10 \mu g/m^3$, el riesgo demostrado de sus efectos aumenta en relación con el período de exposición y la susceptibilidad del sujeto afectado, por lo que el establecimiento de normas de salud al respecto debe ajustarse a las características del ámbito local. En función de esta “tropicalización” de los efectos a la contaminación atmosférica, estudios recientes han destacado la construcción de indicadores sensibles, tales como identificadores de la inflamación y cambios en la función pulmonar de manera fisiológica (3), como una forma de medición de las molestias que percibe cada sujeto en particular, entre los que se encuentra su actividad laboral (19), ya sea en interiores o exteriores.

Debido a la teoría presentada, que identifica diferencia en la susceptibilidad a los contaminantes atmosféricos

por parte de sectores poblacionales con antecedentes de salud, se plantea el siguiente interrogante: ¿existe un grado perceptible de molestia distinto entre las personas consideradas “sanas” y las que declaran algún padecimiento de salud en la vista, olfato o función respiratoria en el AMM? A esta pregunta se agrega la siguiente: ¿existe un grado de molestia específico en la vista, el olfato y el aparato respiratorio, perceptible en las personas a causa de la contaminación atmosférica cuando ejecutan sus actividades al aire libre en el AMM?

Con estos cuestionamientos, la presente investigación ha construido la siguiente hipótesis de investigación:

H1.- El grado de molestias por contaminantes en visión y respiración es mayor en exteriores que en interiores, para sujetos con problemas de salud que con organismo sano en el AMM.

MATERIALES Y MÉTODOS

Como producto de algunos estudios, se detectaron sectores escépticos en la aceptación del grado de riesgo a la salud que representa la exposición a partículas contaminantes, dado que las lecturas de algunos contaminantes por debajo de ciertos rangos no suponen peligro para el ser humano (16).

La investigación sobre la contaminación atmosférica en Colombia producto de partículas suspendidas totales, realizada por Rojano (20) —donde los niveles diarios de concentración encontrados no rebasaron los rangos mínimos establecidos en normas internacionales como la National Ambient Air Quality Standards [NAAQS] de los Estados Unidos— determinó como resultado el no implementar un sistema de restricción al transporte en el país, sino otro tipo de medidas que favorecieran las corrientes de aire sin que se levante polvo y tierra.

La mayor parte de las investigaciones por la exposición a contaminantes ambientales se encuentra condicionada a la percepción consciente de los sujetos participantes. Al respecto se menciona la investigación de Espino-Román (21), que incluye preguntas como ¿qué significa para ti el medio ambiente?, así como la de Méndez (22), con objetivos como la educación ambiental.

Otras, como la de Liu (23), en la ciudad de Wuhan, China, (con 1 225 encuestados) muestran la preocupación de los habitantes por el problema de contaminación por partículas, y piensan que su gobierno no hace nada al respecto. La de Egondi (24) muestra los objetivos tangibles y dirigidos a la conciencia del sujeto encuestado respecto a la percepción por contaminación ambiental en 5 317 residentes en Nairobi Kenia.

Dada la tendencia descrita, esta investigación ha decidido dirigir los reactivos del instrumento de recolección al

sujeto participante, sin que este se entere conscientemente de que se busca su opinión referente a la percepción de la contaminación atmosférica, para evitar en lo posible el sesgo que pudiera presentarse por ese motivo. Para ello se parte de que la percepción ambiental es una respuesta sensible que el sujeto puede experimentar mediante sus sentidos de manera consciente e intencional (25-27).

Por ello, la construcción de los reactivos del instrumento de recolección se dirigió a conocer la sensación consciente en la salud del sujeto participante y se le notificó que precisamente se trataba de una "encuesta de salud", aunque la búsqueda fue su percepción real de molestias no conscientes a causa de la contaminación atmosférica.

La muestra general se compuso de 504 sujetos encuestados residentes de las diferentes ciudades del AMM; mayores de edad, económicamente activos y recopilados mediante la técnica de "bola de nieve". En sentido de la comprobación de la hipótesis propuesta, las preguntas se dirigieron a conocer el sexo, el lugar donde mayormente realizaba su labor diaria (en interiores o exteriores), su auto evaluación de salud y niveles de molestia (tanto en visión como en respiración), así como sus hábitos saludables o vicios (como fumar).

Las escalas construidas para la evaluación de las molestias en visión incluían sensaciones como resequeza, comezón, irritación y visión borrosa, mientras que las de la respiración consideraban carraspera, tos (de leve a fuerte), estornudos (de leves a violentos), dificultad para respirar o infección en vías respiratorias. El sujeto podía declarar que no sufría ninguno de estos síntomas y, además, autodeclararse como totalmente sano; también podía admitir algún problema ocular o padecer bronquitis, ASMA o enfermedad aguda tanto visual como respiratoria.

Reconociendo que los niveles más bajos registrados de contaminación atmosférica en las ciudades se reproducen en los periodos de lluvia, dado que las gotas de agua los arrastran del ambiente (7), la presente investigación tuvo

lugar en Monterrey entre los meses de abril y junio de 2018, en un período extremadamente seco, con lo que se aseguró la presencia de los posibles niveles de contaminantes por partículas en el ambiente.

De la muestra general (504 sujetos) se obtuvieron 8 submuestras con las que se realizó una prueba de correlación de Pearson entre sí para comprobar su origen independiente. El mayor grado obtenido de las molestias declaradas en la visión, por periodo mensual y diario, fue de $-0,281$, mientras que para la respiración fue de $-0,270$ y las muestras aprobaron el valor propio en la prueba de colinealidad; lo que comprobó la independencia de las submuestras, por lo que las pruebas se realizaron con base en pares independientes.

Santa Catarina ocupó el primer lugar en molestias registradas por contaminación entre los participantes, coincidiendo las siguientes ciudades con el reporte de ProAire: 3. San Nicolás de los Garza, 4. Escobedo y 6. Guadalupe; 8. San Pedro Garza García y 9. Juárez ocuparon los últimos lugares (10). Lo que confirmó la consistencia en la recolección.

RESULTADOS

La investigación fue no probabilística y se realizó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov a cada submuestra para asignar la comprobación de hipótesis con estadístico paramétrico cuando fuera posible, así como la prueba de validez interna, confirmando que todas (con dos ítems) resultaron fiables con rango de bueno a muy bueno. En la Tabla 1 se presentan las pruebas realizadas.

Se realizó la comprobación de hipótesis correspondiente a las pruebas 2 (H_2) y 5 (H_5), para contestar la hipótesis central de esta investigación (H_1); no paramétrica en la visión y paramétrica en respiración respectivamente, mediante el siguiente planteamiento de hipótesis estadística:

Tabla 1. Pruebas realizadas

Aplicación sensorial	Prueba	Muestra sujetos	Elementos	Prueba Kolmogorov-Smirnov	Prueba Alfa de Cronbach
Visión	No.1	No.1; buena visión en interiores	n=167	p=0,074 (7,4%)	$\alpha = 0,991$
		No.2; buena visión en exteriores	n=108	p=0,018 (1,8%)	
	No.2	No.2; buena visión en exteriores	n=81	p=0,112 (11,2%)	$\alpha = 0,944$
		No.3; enfermedad visión en exteriores			
No.3	No.3 enfermedad visión en exteriores	n=147	p=0,090 (9,0%)	$\alpha = 0,849$	
	No.4 enfermedad visión en interiores				
Respiración	No.4	No.5; buena respiración en interiores	n=237	p=0,000 (0,0%)	$\alpha = 0,964$
		No.6; buena respiración en exteriores	n=139	p=0,005 (0,5%)	
	No.5	No.6,1; buena respiración en exteriores (sorteo)	n=50	p=0,137 (13,7%)	$\alpha = 0,823$
		No.7; enfermedad vías respiratorias en ext.	n=50	p=0,335 (33,5%)	
	No.6	No.7; enfermedad vías respiratorias en ext.	n=76	p=0,014 (1,4%)	$\alpha = 0,973$
		No.8; enfermedad vías respiratorias en int.			

Para (H_2): nivel de significancia de $\alpha=0,05$, mediante la fórmula de Chi²

$$H_0 = \mu_3 = \mu_2$$

$$H_a = \mu_3 \neq \mu_2$$

Para (H_3): nivel de significancia de $\alpha=0,05$, mediante la fórmula para la comparación de medias "z".

$$H_0 = \mu_7 \leq \mu_{6,1}$$

$$H_a = \mu_7 > \mu_{6,1}$$

Como resultado, se rechazaron las hipótesis nulas en H_2 y H_3 , y se le otorgó evidencia contundente como respuesta para H_1 .

DISCUSIÓN

Tras comprobar que las mediciones de contaminación por partículas en el aire presentes en el AMM (7) se encuentran dentro del rango de afectación a la salud por partículas presentes en la atmósfera en ambientes urbanos (3) de manera objetiva, se indagó la percepción inconsciente de los participantes, evitando el sesgo producido por el escepticismo al riesgo (16), así como la posible preocupación consciente del ciudadano en su exposición a la contaminación (23-24). Se segmentó la muestra general de 504 sujetos en ocho grupos, dado que se buscaba la percepción sensorial de cada sujeto, separando a los sanos de los que tenían padecimientos; también se identificó a los que presentaban molestias en vista o respiración, en ambientes interiores y exteriores.

Después de haber comprobado que estas submuestras eran independientes entre sí, se encontró con las pruebas estadísticas (seis en total) que los sujetos participantes dentro del mismo estatus físico y bajo esa percepción consciente de su salud e inconsciente de los contaminantes del aire, no registraron una diferencia consistente en su afectación física producto de la contaminación del aire por partículas finas, excepto las pruebas (dos y cinco) que se utilizaron para comprobar la hipótesis principal de esta investigación, donde se comparó a los grupos de sujetos sanos contra los que registraron padecimientos, en ambientes exteriores. Lo que comprobó la afectación en la salud que sufren particularmente los grupos de salud vulnerable, frente a la exposición de dichos contaminantes.

Esta investigación pudo confirmar que los sujetos con antecedente de mala salud en vista o sistema respiratorio experimentaron una diferencia consistente de mayores molestias en exteriores que en interiores en comparación con los sujetos sanos (H_1). Este resultado comprueba la

mayor afectación que los contaminantes atmosféricos por partículas finas en el AMM perjudica a las personas orgánicamente susceptibles, así como a las que presentan problemas de salud (10,18) ♦

Conflicto de intereses: Ninguno.

REFERENCIAS

- Martínez A, Valdez A. Calidad del aire en el área metropolitana de Monterrey. *Ciencia UANL*. 2016 [cited 2018 Sep 8]; 19(7): 9-12. Available from: <https://bit.ly/2ZQjFre>.
- Romero M, Diego F, Álvarez M. La contaminación del aire: su repercusión como problema de salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*. 2006 [cited 2018 Sep 8]; 44(2):1-14. Available from: <https://bit.ly/3fnSRVX>.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre: actualización mundial 2005. Ginebra, Suiza: Organización Mundial de la Salud [OMS]; 2006.
- Londoño E, Alberto C, Vasco M, Jaime G. Relación entre las partículas finas (pm2.5) y respirables (pm10) en la ciudad de Medellín. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*. 2008 [cited 2018 Sep 8]; 7(12):23-42. Available from: <https://bit.ly/2Z71XAY>.
- Sierra-Vargas MP, Terán LM. Air pollution: Impact and prevention. *Respirology*. 2012; 17(7): 1031-38. DOI: 10.1111/j.1440-1843.2012.02213.x.
- Oyarzún MG. Contaminación aérea y sus efectos en la salud. *Revista chilena de enfermedades respiratorias*. 2010; 26(1):16-25. DOI: 10.4067/S0717-73482010000100004.
- Blanco-Jiménez S, Altúza F, Jiménez B, Aguilar G, Pablo M, Benítez M. Evaluación de Partículas Suspensas PM2.5 en el Área Metropolitana de Monterrey [internet]. México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC); 2015 [cited 2018 Sep 8]. Available from: <https://bit.ly/320JUxJ>.
- Rosales-Castillo JA, Torres-Meza VM, Olaiz-Fernández G, Borja-Aburto VH. Los efectos agudos de la contaminación del aire en la salud de la población: evidencias de estudios epidemiológicos. *Salud pública de México*. 2001 [cited 2018 Sep 8]; 43(6):544-55. Available from: <https://bit.ly/2ZRTsbw>.
- Guajardo R, Arrambide J. Índices de intensidad de contaminación atmosférica: una aplicación para el Área Metropolitana de Monterrey, Nuevo León, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 2002 [cited 2018 Sep 8]; 18(4):179-89. Available from: <https://bit.ly/3fnVM0R>.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. Programa de gestión para mejorar la calidad del aire del estado de Nuevo León: ProAire 2016-2025. Monterrey, N.L.: SEMARNAT Y Secretaría de Desarrollo Sustentable Nuevo León; 2016.
- Sarafoleanu C, Mella C, Georgescu M, Perederco C. The importance of the olfactory sense in the human behavior and evolution. *Journal of Medicine and life*. 2009 [cited 2018 Sep 8]; 15-2(2):196-8. Available from: <https://bit.ly/38DAh9r>.
- Ministerio de Salud y Protección Social de la República de Colombia y La Organización Panamericana de la Salud [OPS]. Lineamiento para la vigilancia sanitaria y ambiental del impacto de los olores ofensivos en la salud y calidad de vida de las comunidades expuestas en áreas urbanas. Colombia: Convenio de Cooperación Técnica No. 485/10 (República de Colombia y OPS); 2012 [cited 2018 Sep 8]. Available from: <https://bit.ly/3gEwrzP>.
- Hudson R, Arriola A, Martínez-Gómez M, Distel H. Effect of Air Pollution on Olfactory Function in Residents of Mexico City. *Chemical Senses*. 2006; 31(1):79-85. DOI: 10.1093/chemse/bjj019.
- Hine CH, Hogan MJ, McEwen WK, Meyers FH, Mettler SR, Boyer HK. Eye Irritation from Air Pollution. *Journal of the Air Pollution Control Association*. 1960; 10(1):17-20. DOI: 10.1080/00022470.1960.10467894.

15. Okawada N, Mizoguchi I, Ishiguro T. Effects of Photochemical Air Pollution on the Human Eye -Concerning Eye Irritation, Tear Lysozyme and Tear pH-. Nagoya Journal of Medical Science. 1979; 41(1-4):9- 20.
16. Vargas F. La contaminación ambiental como factor determinante de la salud. Revista Española de Salud Pública. 2005 [cited 2018 Sep 8]; 79(2):117-27. Available from: <https://bit.ly/2CgKexw>.
17. Ballester F, Tenías JM, Pérez-Hoyos S. Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud: una introducción. Revista Española de Salud Pública. 1999 [cited 2018 Sep 8]; 73(2):109-21. Available from: <https://bit.ly/31WGmN1>.
18. Canseco AL, Sosa O, Gómez R, Campos A. Partículas Atmosféricas PM2.5 y su asociación con enfermedades respiratorias en la ciudad de Chihuahua, México. 2014;14.
19. Navarrete O, Cano I, Jara B. Historia clínica en patología respiratoria: anamnesis y exploración física. En F. Villar Álvarez, J. Jareño Esteban, & R. Álvarez-Sala Walther, Patología Respiratoria: manual de procedimientos de diagnóstico y control. Madrid, España: Neumo-Madrid; 2009, p. 21-8.
20. Rojano RE, Angulo LC, Restrepo G. Niveles de Partículas Suspendidas Totales (PST), PM10 y PM2.5 y su Relación en Lugares Públicos de la Ciudad Riohacha, Caribe Colombiano. Inf. Tecnol. 2013;24(2):37-46. DOI: 10.4067/S0718-07642013000200006.
21. Espino-Román P, Olaguez-Torres E, Davizon-Castillo YA. Análisis de la Percepción del Medio Ambiente de los Estudiantes de Ingeniería en Mecatrónica. Formación Universitaria. 2015; 8(4):45-54. DOI: 10.4067/S0718-50062015000400006.
22. Méndez ME, Alanís E, Jurado E, Aguirre OA. Percepción social de problemas ambientales en una comunidad estudiantil del norte de México. Ciencia UANL. 2014 [cited 2018 Sep 8]; 65:42-49. Available from: <https://bit.ly/2ZRAYrM>.
23. Liu H, Kobernus M, Liu H. Public Perception Survey Study on Air Quality Issues in Wuhan, China. Journal of Environmental Protection. 2017; 8:1194-1218. DOI: 10.4236/jep.2017.810075.
24. Egondi T, Kyobutungi C, Ng N, Muindi K, Oti S, van de Vijver S et al. Community Perceptions of Air Pollution and Related Health Risks in Nairobi Slums. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2013; 10:4851-68. DOI: 10.3390/ijerph10104851.
25. Calixto R, Herrera L. Estudio sobre las percepciones y la educación ambiental. Tiempo de Educar. 2010 [cited 2018 Sep 8]; 11(22):227-49. Available from: <https://bit.ly/2Ocl5Wd>.
26. Borroto M, Rodríguez L, Reyes A, López BA. Percepción ambiental en dos comunidades cubanas. M+A. Revista Electrónica de Medioambiente. 2011 [cited 2018 Sep 8]; 10:13-29. Available from: <https://bit.ly/3f6wq7n>.
27. Díaz M. La conciencia desde un punto de vista filosófico. Cuestiones conceptuales. Revista Chilena de Neuropsicología. 2012 [cited 2018 Sep 8]; 7(1):7-11. Available from: <https://bit.ly/31SnllI>.