



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN  
HOSPITAL JUÁREZ DE MÉXICO  
SERVICIO DE CARDIOLOGÍA

**TÍTULO DE TESIS:**  
**ASOCIACIÓN ENTRE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL Y  
NÚMERO DE INFARTOS AGUDOS AL MIOCARDIO CON  
ELEVACIÓN DEL SEGMENTO ST EN EL HOSPITAL JUÁREZ DE  
MÉXICO**

**PRESENTA:**  
**DRA. AHOLIBAMA ESTRADA MARTÍNEZ**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**  
**ESPECIALISTA EN CARDIOLOGÍA CLÍNICA**

**Asesores Expertos:**  
**DR. LEOBARDO VALLE MOLINA**

**Asesor Metodológico:**  
**DR. LEOBARDO VALLE MOLINA.**

Ciudad Universitaria, Ciudad de México. Julio 2022





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## AUTORIZACIÓN DE TESIS

**Tesis:** "Asociación entre la contaminación ambiental y número de infartos agudos al miocardio con elevación del segmento ST en el hospital Juárez de México"

**Número de Registro de Protocolo: HJM 132/21-R**



---

**DRA. AHOLIBAMA ESTRADA MARTÍNEZ**  
Residente de tercer año de Cardiología clínica  
Tesisista



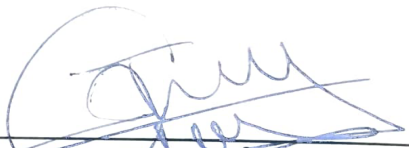
---

**DR. LEOBARDO VALLE MOLINA**  
**Asesor clínico de tesis**  
Adscrito al Servicio de Cardiología  
Hospital Juárez de México



---

**DR. LEOBARDO VALLE MOLINA**  
**Asesor metodológico**  
Adscrito al Servicio de Cardiología  
Hospital Juárez de México



---

**DRA. ERIKA GÓMEZ ZAMORA**  
Subdirectora de la Unidad de Enseñanza.  
Hospital Juárez de México



---

**DR. ERIK EFRAÍN SOSA DURAN**  
Jefe del servicio de Posgrado  
Hospital Juárez de México

# INDICE

I.- Dedicatoria .....	4
II.- Antecedentes .....	5
III.- Justificación.....	16
IV.- Pregunta de investigación .....	17
V.- Hipótesis .....	17
VI.- Objetivos.....	17
VII.-Metodología de la investigación .....	18
VI.1 Diseño de la Investigación.	
VI.2 Definición de la población.	
VI.3 Definición de variables.	
VI.4 Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de la información	
VIII.- Cronograma de actividades.....	22
IX.- Análisis e interpretación de resultados .....	23
X.- Discusión .....	41
XI.- Conclusiones .....	43
XII.- Bibliografía.....	44
XIII.- Anexos.....	46

## I. DEDICATORIA

### *A Dios*

Por haberme dado esa chispa de sabiduría y cada una de las habilidades que me han permitido permanecer en esta travesía la cual continuará si así me lo permite.

### *A mis padres*

Agradezco a Rosalio y Juanita por siempre apoyarme, por caminar a mi lado en busca de cumplir mis sueños, por haber sido mi sostén, por enseñarme a no rendirme nunca, aunque el panorama se torne complicado, por inculcarme los valores del trabajo, constancia, honestidad y responsabilidad los cuales me han permitido llegar al lugar donde estoy hoy.

### *A mi familia*

La cual ha estado conmigo a lo largo de este viaje, que me ha acompañado en los momentos más difíciles, que han sido un refugio y apoyo en los momentos más complicados, por siempre darme una palabra de ánimo. Agradezco a mis sobrinos por hacerme sonreír y recordarme que no estoy sola. A mis hermanos por siempre mostrar empatía.

### *A mis amigos*

A esas personas especiales que estuvieron conmigo en busca de este objetivo, que nunca dudaron de mí, al hermano José Luis y Eunice por doblar sus rodillas y elevar una oración por mí además de darme sus consejos tan asertivos.

### *A mis maestros*

Por brindarme su tiempo y experiencia, por la paciencia que me tuvieron y la disposición de compartirme de sus conocimientos, y por supuesto agradezco a todos mis pacientes por haberme dejado aprender de ellos y con ellos.

Este logro es gracias a todos y cada uno de ustedes, las palabras faltan para expresarles lo que mi corazón siente en este momento al ver realizado un sueño más, al lograr esa meta que se veía tan lejos y que hoy es una realidad.

*Mil Gracias...*

## II. ANTECEDENTES

Las enfermedades cardiovasculares ocasionan más del 30% de las muertes reportadas en el mundo. En el 2013 se registraron 17.5 millones de fallecimiento según la Organización Mundial de Salud (OMS), de las cuales 7.4 millones fueron por cardiopatía isquémica, y se pronostica que para 2030 se incrementará en 36%. En México, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) reportó 116,002 defunciones por esta causa en 2013, de las cuales 68% fueron por enfermedades isquémicas del corazón; Durante 2020, 92.4% (1 003 645) de las defunciones se debieron a enfermedades y problemas relacionados con la salud presentando un aumento del 3.6% con respecto a 2019, las tres principales causas de muerte a nivel nacional son por enfermedades del corazón (218 885, 20.2%), por la COVID-19 (201 163, 18.5%) y por diabetes mellitus (151 214, 13.9%).<sup>1</sup>

Principales causas de muerte por sexo<sup>7</sup>

Rango	Total	Hombre	Mujer
1	Enfermedades del corazón 218 885 En 2019 fueron 156 041	COVID-19 129 329	Enfermedades del corazón 97 233 En 2019 fueron 72 768
2	COVID-19 201 163	Enfermedades del corazón 121 637 En 2019 fueron 83 258	Diabetes mellitus 72 173 En 2019 fueron 52 643
3	Diabetes mellitus 151 214 En 2019 fueron 104 354	Diabetes mellitus 79 038 En 2019 fueron 51 711	COVID-19 71 829
4	Tumores malignos 90 645 En 2019 fueron 88 680	Tumores malignos 44 498 En 2019 fueron 43 296	Tumores malignos 46 145 En 2019 fueron 45 384
5	Influenza y neumonía 56 830 En 2019 fueron 31 081	Influenza y neumonía 34 897 En 2019 fueron 17 034	Influenza y neumonía 21 928 En 2019 fueron 14 046
6	Enfermedades del hígado 41 520 En 2019 fueron 40 578	Agresiones (homicidios) 32 147 En 2019 fueron 32 530	Enfermedades cerebrovasculares 18 091 En 2019 fueron 17 659
7	Enfermedades cerebrovasculares 37 054 En 2019 fueron 35 303	Enfermedades del hígado 30 319 En 2019 fueron 29 692	Enfermedades del hígado 11 198 En 2019 fueron 10 879
8	Agresiones (homicidios) 36 579 En 2019 fueron 36 661	Accidentes 25 371 En 2019 fueron 25 758	Enfermedades pulmonares obstructivas crónicas 10 062 En 2019 fueron 11 269
9	Accidentes 32 334 En 2019 fueron 33 524	Enfermedades cerebrovasculares 18 961 En 2019 fueron 17 644	Accidentes 6 942 En 2019 fueron 7 730
10	Enfermedades pulmonares obstructivas crónicas 21 972 En 2019 fueron 23 768	Enfermedades pulmonares obstructivas crónicas 11 910 En 2019 fueron 12 499	Insuficiencia renal 6 632 En 2019 fueron 6 359

■ Enfermedades del corazón   
 ■ Diabetes mellitus   
 ■ Tumor maligno   
 ■ Otras enfermedades no transmisibles   
 ■ Accidentes   
 ■ Agresiones (homicidios)   
 ■ Enfermedades transmisibles   
 ■ COVID-19

<https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2021/EstSociodemo/DefuncionesRegistradas2020>

Figura 1. Principales causas de mortalidad en México

Como podemos ver, en nuestro país las enfermedades isquémicas del corazón representan la primera causa de muerte, principalmente atribuibles al infarto agudo al miocardio (IAM).<sup>1</sup>

La contaminación ambiental como tema central en salud ha llegado para quedarse, convirtiéndose en la principal causa reversible de discapacidad y muerte prematura mundial. Su impacto en la enfermedad cardiovascular es de tal relevancia como lo muestran las cifras en el año 2015, siendo responsable del 21% de todas las muertes por enfermedad cardiovascular, del 26% de las muertes por cardiopatía isquémica y del 23% de las muertes por accidente cerebrovascular.<sup>2</sup>

El estudio Global Burden of Disease (GBD) estimó en alrededor de 9 millones las muertes directamente atribuibles a la contaminación, incluyendo 4.2 millones de muertes por contaminación del aire ambiental y 2.9 millones por contaminación del aire del hogar, que corresponde al 16% de todas las muertes en el mundo, tres veces más que las causadas por el SIDA, la tuberculosis y la malaria juntas y 15 veces más que todas las guerras y otras formas de violencia. En aquellos países más afectados, la enfermedad relacionada con la contaminación fue responsable de una de cada cuatro muertes. El estudio también estimó que la enfermedad causada por todas las formas de contaminación fue responsable de la pérdida de 268 millones de años de vida ajustados por discapacidad. En ausencia de una intervención agresiva, según datos de la OMS, estas cifras podrían verse duplicadas para el año 2050.<sup>3</sup>

Los contaminantes del aire son una compleja mezcla de gases, líquidos y partículas en suspensión. Destacan el material particulado en el aire (PM) y los gases contaminantes ozono, dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), compuestos orgánicos volátiles (incluyendo benceno), monóxido de carbono (CO) y dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>). Unos son contaminantes primarios, tales como las partículas de hollín. Las principales fuentes de NO<sub>2</sub> son el tráfico motorizado por carretera, generación de energía, fuentes industriales y la calefacción residencial. Los contaminantes como el ozono, se forma a través de reacciones fotoquímicas complejas de óxidos de nitrógeno y componentes orgánicos volátiles. El material particulado se compone de partículas que difieren en tamaño y composición. Las partículas gruesas (diámetro <10 y ≥2,5 micras), las partículas finas (diámetro <2,5 y ≥0,1 micras), y las partículas ultrafinas (<0,1 micras) que penetran por los alveolos a nivel sistémico.<sup>4</sup>

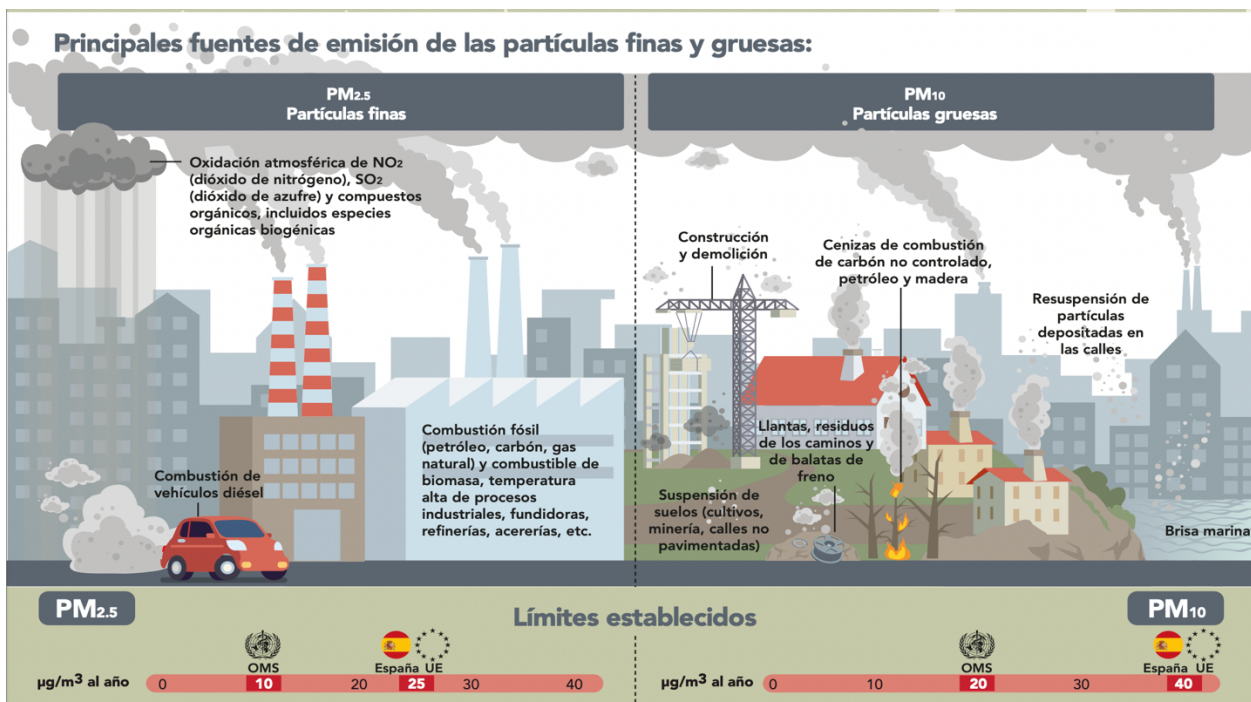


Imagen tomada de European Heart Journal (2019) 40, 1590–1596 CLINICAL RESEARCH doi:10.1093/eurheartj/ehz135

Figura 2. Fuentes de emisión de contaminantes ambientales

En las reglamentaciones, y en consecuencia en la mayoría de las redes de monitoreo, las partículas están representadas por la concentración de masa de partículas menores de  $2.5 \mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{2.5}$ ) y  $10 \mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ), siendo el material particulado  $\text{PM}_{2.5}$  el contaminante del aire que se ha estudiado más a fondo y se usa con mayor frecuencia como indicador de exposición a la contaminación del aire en general. Si bien un número creciente de estudios respalda la toxicidad de las partículas ultrafinas  $\text{PM}_{0.1}$ , así como del  $\text{PM}_{10}$ , la abrumadora carga de la evidencia impugna a las  $\text{PM}_{2.5}$  como el principal contaminante del aire que representa la mayor amenaza para la salud pública mundial.<sup>5</sup>

La contaminación del aire con partículas finas  $<2.5 \mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{2.5}$ ) es el factor de riesgo ambiental más importante que contribuye a la mortalidad y discapacidad cardiovascular global representando una gran amenaza para la salud pública mundial. Existe variación temporal de las concentraciones de contaminación del aire en relación con las condiciones climáticas que afectan a la dispersión de dicha contaminación.<sup>6</sup>

La variación temporal de las concentraciones diarias promedio de contaminación del aire está relacionada principalmente con las condiciones climáticas que afectan la dispersión de la contaminación y menos con las variaciones en la intensidad de las fuentes de contaminantes. Los factores importantes incluyen la dirección del



viento, la velocidad del viento y la estabilidad atmosférica. Las concentraciones de contaminación del aire también varían dentro de un día. La temperatura y la luz solar afectan las velocidades de reacción química, como la formación de ozono. Los contaminantes relacionados con el tráfico, como las partículas ultrafinas y el hollín, a menudo alcanzan su punto máximo durante las horas punta de la mañana y la tarde, lo que resulta en altas exposiciones para las personas que viajan diariamente a sus trabajos.

Una exposición tanto a corto como a largo plazo a los contaminantes del aire se ha asociado con impactos en la salud de gran envergadura.

Estar expuesto a PM<sub>2.5</sub> por pocos días aumenta el riesgo relativo de padecer eventos cardiovasculares agudos entre 1 a 3%, tales como Infarto Agudo al Miocardio (IAM), Accidente Cerebrovascular, Insuficiencia cardíaca, arritmias y muerte cardíaca.

Entre las múltiples vías que vinculan la contaminación del aire a la morbilidad y mortalidad cardiovascular, los más relevantes son la inducción de estrés oxidativo, la inflamación sistémica, disfunción endotelial, aterotrombosis y arritmogénesis.

El conocimiento de los mecanismos subyacentes al riesgo cardiovascular sistémico mediado por la contaminación del aire todavía está evolucionando, pero puede sintetizarse en 6 amplias vías secundarias efectoras: 1) disfunción / interrupción de la barrera endotelial; 2) inflamación, que involucra componentes inmunes innatos y adaptativos; 3) vías protrombóticas; 4) desequilibrio autonómico que favorece el tono simpático a través de vías aferentes las vías aéreas superiores y / o pulmón; 5) efectos del SNC sobre el metabolismo y la activación del eje hipotalámico - pituitario-adrenal; y 6) cambios epigenómicos. Muchas de estas vías son interdependientes y pueden reaccionar de forma cruzada con una superposición considerable. También es importante considerar los mecanismos en función de los tiempos de exposición y la importancia temporal resultante de las respuestas biológicas. Algunas vías tienen más relevancia para las exposiciones a corto plazo (p. Ej., Desequilibrio autonómico, aumento del potencial de trombosis) y otros probablemente juegan un papel más a largo plazo. Por otro lado, entre las vías de iniciación principal de los efectos secundarios se encuentran el estrés oxidativo, la translocación directa o los efectos de partículas y mediadores secundarios formados en respuesta a los efectos de la contaminación del aire que pueden mediar los efectos sistémicos.<sup>7</sup>

Hay varios mecanismos por los que la exposición a PM ambiental podría causar efectos sistémicos cardiovasculares, como la intervención de tres vías de «mediación general» propuestas y esquematizadas en la figura 3: 1) desequilibrio del sistema nervioso autónomo; 2) inducción de inflamación/estrés oxidativo pulmonar y, por lo tanto, sistémico, a través de «inundación» de mediadores (p. ej.,

citocinas, leucocitos/plaquetas activados) a la circulación sistémica, y 3) acceso de partículas o componentes químicos específicos a la circulación sistémica, lo que causa efectos directos en el corazón y los vasos sanguíneos. Las tres vías podrían intervenir en la inducción de los efectos tanto agudos como crónicos, con cierto grado de solapamiento, que puede ser importante para determinar los efectos específicos, su momento de aparición y la cantidad necesaria del agente para causar esos efectos. Además, es posible que las tres vías pudieran intervenir y solaparse en los individuos ingresados tanto por IC como por SCA. También es posible el predominio de una vía concreta en función del tipo de efectos. Por ejemplo, aunque es probable que las arritmias cardiacas se produzcan predominantemente por la vía número 1, los eventos de descompensación de la IC y del SCA podrían producirse predominantemente por las vías 2 y 3.<sup>8</sup>

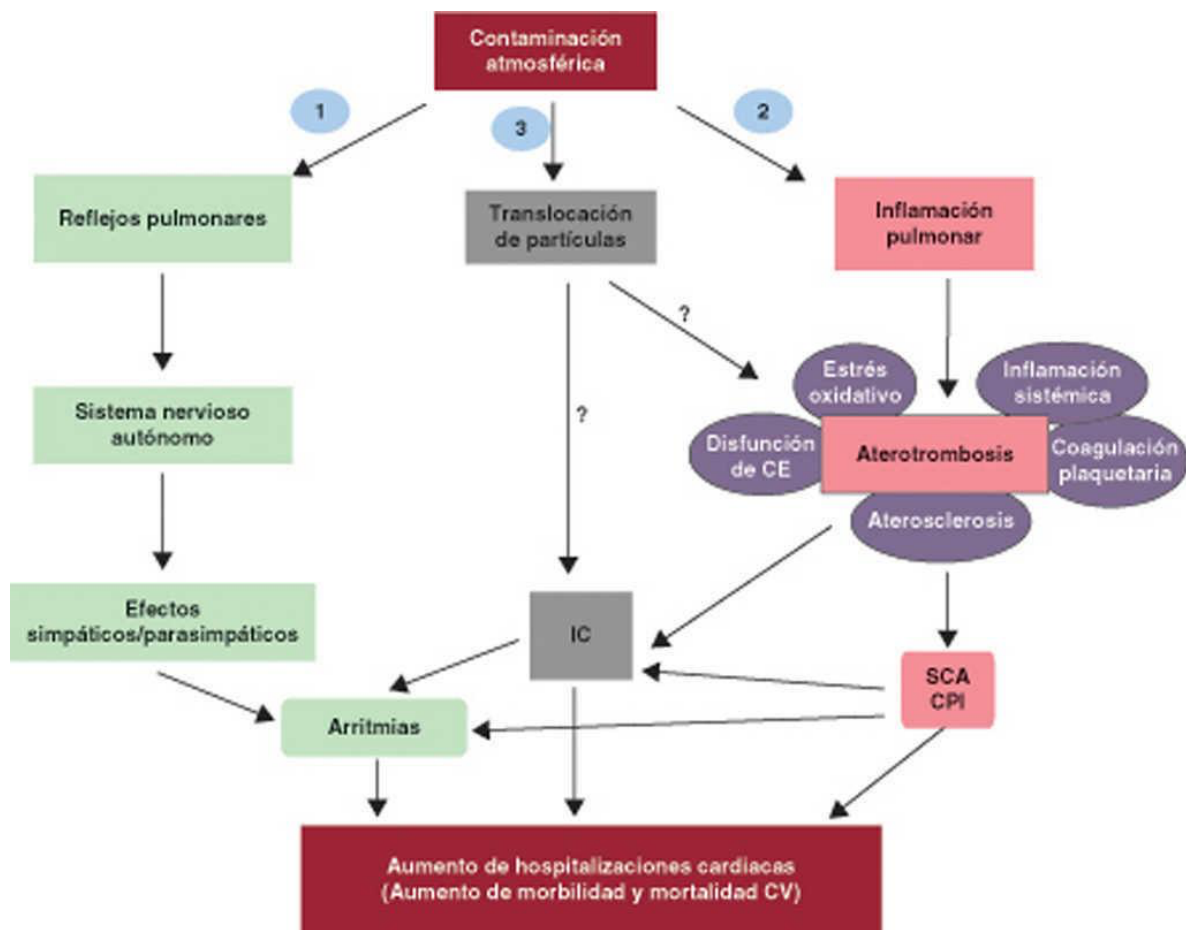


Figura 3. Mecanismos por los que la exposición a PM causa efectos sistémicos y cardiovasculares

El principal marco fisiopatológico utilizado para explicar la asociación epidemiológica entre la exposición a contaminantes del aire ambiente y el infarto agudo de miocardio es un aumento en la presión arterial media en reposo debido a un aumento en el tono simpático y la regulación del posible tono vascular sistémico. Con un aumento transitorio de la viscosidad plasmática y la cantidad de daño a la función endotelial, el riesgo de trombosis intravascular aumenta, promoviendo así el desarrollo de aterosclerosis<sup>9</sup>.

Los mecanismos por los que la exposición a la contaminación del aire podría contribuir al desarrollo del IAM podrían incluir inflamación, inducción de la autofagia y regulación a la baja de la proteína de reparación de membrana MG53. Se ha encontrado que la inflamación juega un papel importante en la formación de la aterosclerosis coronaria y el agravamiento de la inestabilidad de la placa, y los contaminantes del aire también pueden promover el IAM al promover la inflamación como se ha mencionado. El segundo mecanismo potencial es la inducción de la autofagia. Varios estudios observacionales han demostrado que la autofagia es un proceso normal para que las células logren su propio metabolismo y renovación de orgánulos. La autofagia puede mantener el metabolismo del cuerpo para reducir el daño y proteger al organismo. Sin embargo, la autofagia excesiva puede conducir a la apoptosis de los cardiomiocitos y agravar el daño de los sitios relacionados con la isquémica.<sup>10</sup> Los estudios han encontrado que los niveles autofágicos para la exposición a contaminantes atmosféricos son significativamente más altos que en el grupo de control, mientras que los niveles correspondientes de expresión proteica, el tamaño del IAM disminuye y el daño celular miocárdico disminuyen en el receptor Farnesoide X (FXR). Por lo tanto, se especula que la exposición a contaminantes atmosféricos promueve el desarrollo de IAM a través de la autofagia inducida por FXR.<sup>11</sup> El tercer mecanismo posible es la regulación a la baja de la proteína de reparación de membranas MG53. La exposición a contaminantes atmosféricos puede afectar la reparación de la membrana a través de la regulación a la baja de la expresión de la proteína MG53 y el agravamiento de la gravedad de la isquemia y la hipoxia en el IM.<sup>12</sup>

También encontramos que la exposición a largo plazo a PM<sub>2.5</sub> tiene un efecto más pronunciado que PM<sub>10</sub> sobre el riesgo de IM en cada aumento de 10 µg/m<sup>3</sup>, que está en línea con investigaciones relacionadas anteriores. En comparación con las PM<sub>10</sub>, las PM<sub>2.5</sub> pueden permanecer suspendidas durante más tiempo en el aire y ser inhaladas en las vías respiratorias y directamente en los alvéolos pulmonares. Además, PM<sub>2.5</sub> tiene un área superficial más grande y, por lo tanto, absorbe más componentes químicos que PM<sub>10</sub>. Por lo tanto, las PM<sub>2.5</sub> son probablemente más dañinas para la salud humana que las PM<sub>10</sub>.<sup>13</sup>

Estudios anteriores han encontrado asociaciones entre partículas finas  $<2,5 \mu\text{m}$  de diámetro y un mayor riesgo de enfermedad cardiovascular (ECV) entre poblaciones sin antecedentes de ECV. Se entiende menos sobre la susceptibilidad de los adultos con antecedentes de ECV y eventos posteriores relacionados con las ECV  $\text{PM}_{2.5}$  y si los niveles actuales de regulación de  $\text{PM}_{2.5}$  son protectores para esta población. Un estudio retrospectivo de cohortes incluyó a 96 582 adultos que viven en el norte de California con antecedentes de accidente cerebrovascular o infarto agudo de miocardio. Los datos obtenidos de las historias clínicas electrónicas se vincularon a estimaciones de exposición medias a  $\text{PM}_{2.5}$  de 1 año llegando a la conclusión de que los adultos con antecedentes de ECV son susceptibles a los efectos de la exposición a  $\text{PM}_{2.5}$ , particularmente en la mortalidad por ECV. El aumento de los riesgos observados a niveles de exposición  $<12 \mu\text{g}/\text{m}^3$  resaltan que los niveles actuales de regulación de  $\text{PM}_{2.5}$  pueden no ser protectores para esta población susceptible.<sup>14</sup>

Un análisis de tasas de mortalidad estandarizadas reveló que dichos incrementos en la concentración de  $\text{PM}_{10}$  y  $\text{PM}_{2.5}$  están asociados con un aumento del riesgo de mortalidad del 5.7 % y del 3.7 %, respectivamente.

Actualmente, China, Estados Unidos y Europa son las regiones del mundo más analizadas por la literatura especializada sobre impactos de la contaminación del aire y su evaluación económica, y se ha corroborado que esos países exceden tanto los límites permisibles de  $\text{PM}_{10}$  y  $\text{PM}_{2.5}$  establecidos por la OMS como los de su propia legislación ambiental. En los últimos años han aumentado los datos que evidencian el efecto adverso de la contaminación atmosférica y el incremento de las tasas de mortalidad por estos motivos.

En el caso de México, el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC 2014, 2017) ha cuantificado los impactos atribuibles a la contaminación del aire. Por su parte, el Instituto Mexicano de la Competitividad (IMCO) realizó un estudio con una herramienta metodológica de su propia creación, que estima los costos de salud y la pérdida de productividad por muertes atribuibles a la contaminación en 34 ciudades mexicanas para 2010. Dicha herramienta determina los costos totales por contaminación de  $\text{PM}_{10}$  en México considerando gastos de salud y pérdidas de productividad, para lo cual utiliza: 1) un indicador  $\beta$  de 0.0006 obtenido de la literatura epidemiológica, con el cual se obtuvo un resultado de 5690.6 millones de pesos mexicanos; y 2) un indicador  $\beta$  de 0.0009 calculado por los investigadores del IMCO, con el cual se calculó un costo total de 4123.7 millones de pesos mexicanos.<sup>15</sup>

El deterioro de la calidad del aire en el Área Metropolitana de la Ciudad de México representa un riesgo importante, dadas las implicaciones que puedan derivarse para la salud, medio ambiente y materiales.

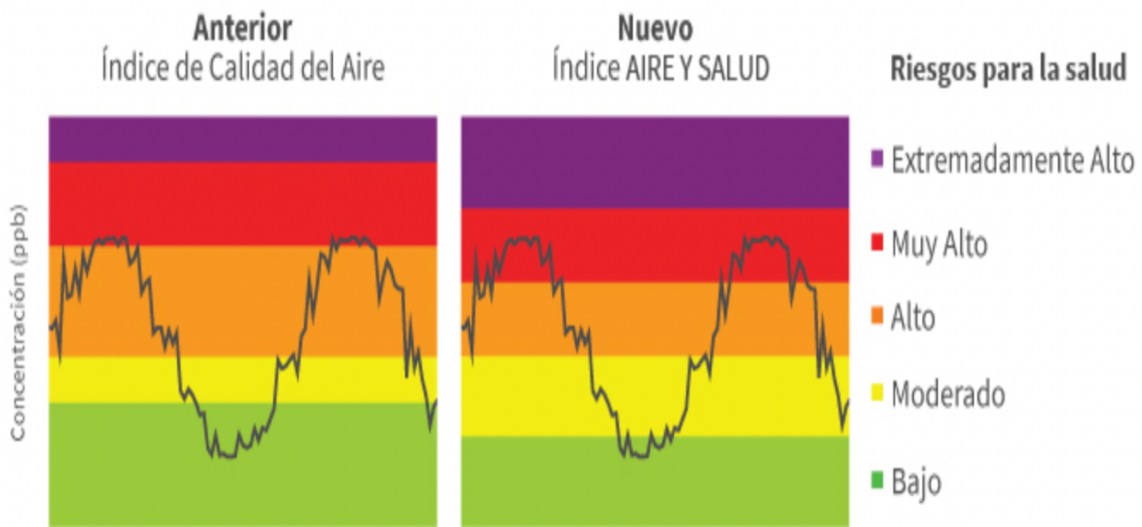
La calidad del aire depende, en gran medida, de la cantidad y las características de los contaminantes emitidos a la atmósfera por las diversas fuentes presentes en la ciudad. No obstante, existen factores meteorológicos que, asociados a condiciones geográficas, tienen un efecto importante en los niveles de concentración y distribución de los contaminantes, así como en la formación de nuevos compuestos en el aire ambiente.

El monitoreo sistemático de la calidad del aire permite ampliar el conocimiento de los mecanismos fisicoquímicos involucrados en el fenómeno de la contaminación atmosférica; su comprensión es fundamental para el diseño de estrategias efectivas y eficientes que contribuyan a mejorar la calidad del aire, a la evaluación del impacto real de los programas de gestión, así como para generar información confiable y oportuna que ayude a las autoridades en la toma de decisiones y a los ciudadanos en la prevención de riesgos a la salud.

En este contexto, el Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México, cuenta con amplia experiencia y liderazgo en lo que respecta a la vigilancia continua y la difusión de la información de calidad del aire, mediante el uso de más y mejores tecnologías, como medio para ampliar el conocimiento sobre la contaminación atmosférica, fortalecer la toma de decisiones en la gestión ambiental y en la protección de la salud.

El 18 de febrero de 2020, entró en vigencia la NOM-172-SEMARNAT-2019, que establece los lineamientos para el cálculo y difusión del Índice de Calidad del Aire y Riesgos a la Salud ("Índice AIRE Y SALUD"), con el objetivo de informar de manera clara y oportuna el estado de la calidad del aire, los probables daños a la salud que ocasiona y las recomendaciones para reducir la exposición de los grupos sensibles y la población en general. El Índice AIRE Y SALUD, suple al Índice de Calidad del Aire (NADF-009-AIRE-2017) antes conocido como IMECA.

El Índice AIRE Y SALUD, ayudó a homologar el cálculo y la difusión de los niveles de contaminación en México y siendo de observancia obligatoria en todas las zonas metropolitanas, ciudades y municipios del país que cuenten con estaciones de monitoreo de calidad del aire e informen a su población a través de esta herramienta, para lo cual se utiliza un código de 5 colores para su semaforización como se muestra en las siguientes figuras.



Interpretación de Aire y Salud	
Concentraciones	Condición
0-25	Buena
>25 y 45	Aceptable
>45 y 79	Mala
>79 y 147	Muy Mala
>147	Extremadamente Mala
M	Mantenimiento

Figura 4. Semaforización de la calidad del aire

De acuerdo a cada categoría se signa un nivel de riesgo y proporciona las recomendaciones para la protección de los grupos sensibles y la población en general como se muestra a continuación.<sup>16</sup>

Índice AIRE Y SALUD	Nivel de riesgo asociado	Recomendaciones	
		Grupos sensibles	Para toda la población
<b>Buena</b>	<b>Bajo</b> Se considera que el riesgo es mínimo.	Disfruta las actividades al aire libre.	
<b>Aceptable</b>	<b>Moderado</b> Las personas sensibles pueden experimentar síntomas respiratorios (asmáticos), posible agravamiento de enfermedad pulmonar y cardiaca en personas con enfermedad cardiopulmonar y adultos mayores.	Considera reducir las actividades físicas vigorosas al aire libre.	Disfruta las actividades al aire libre.
<b>Mala</b>	<b>Alto</b> Para todos los contaminantes criterio existe probabilidad de disminución en la capacidad pulmonar en personas sanas. Incremento en la probabilidad de aparición de síntomas respiratorios en personas sensibles (niños, ancianos, personas con deficiencias nutricionales, personas que realizan actividades en exteriores, ciclistas, trabajadores).  En personas con enfermedades respiratorias (EPOC, asma) y cardíacas (angina de pecho) hay aumento en la probabilidad de agravamiento y disminución en la tolerancia de la actividad física, así como mayor probabilidad de muertes prematuras en personas con enfermedad cardíaca o pulmonar	Evita las actividades físicas (tanto moderadas como vigorosas) al aire libre.	Reduce las actividades físicas vigorosas al aire libre.
<b>Muy Mala</b>	<b>Muy Alto</b> Para todos los contaminantes criterio, mayor probabilidad de presencia de síntomas respiratorios en población general. Agravamiento de síntomas respiratorios en poblaciones sensibles (niños, adultos mayores, personas que trabajan en exteriores, ciclistas) y en personas con enfermedad pulmonar (EPOC y asma).  Incremento en síntomas cardiovasculares, como dolor precordial, en personas enfermas del corazón, así como mayor probabilidad de muertes prematuras en personas con enfermedad cardíaca o pulmonar.	- No realices actividades al aire libre. - Acudir al médico si se presentan síntomas respiratorios o cardíacos.	Evita las actividades físicas moderadas y vigorosas al aire libre.
<b>Extremadamente Mala</b>	<b>Extremadamente Alto</b> Para todos los contaminantes criterio, incremento en la probabilidad de síntomas severos respiratorios en población general.  Serios efectos respiratorios y agravamiento de síntomas en personas sensibles (niños, adultos mayores, persona con deficiencias nutricionales) y en personas con enfermedad pulmonar (asma y EPOC). Agravamiento de síntomas cardiovasculares en enfermos del corazón (como angina de pecho) e incremento en la probabilidad de muerte prematura en personas con enfermedad pulmonar y cardíaca.	- Permanece en espacios interiores. - Acudir al médico si se presentan síntomas respiratorios o cardíacos.	

A partir del conocimiento sobre los riesgos a la salud asociados a la exposición a los contaminantes del aire, entre ellos  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ , el Estado Mexicano reconoce en el Artículo 4 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, 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. En este sentido, los artículos 116 y 118, de la Ley General de Salud, señalan que las autoridades sanitarias establecerán las normas, tomarán las medidas y realizarán las actividades tendientes a la protección de la salud humana ante los riesgos y daños dependientes de las condiciones del ambiente, para tal efecto, corresponde a la Secretaría de Salud del Ejecutivo Federal, determinar los valores de concentración máxima permisible para el ser humano de contaminantes en el ambiente.

En México, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente dispone, en su artículo 112 fracción VI, que los gobiernos de los Estados, de la Ciudad de México y de los Municipios, establecerán y operarán los sistemas de monitoreo de la calidad del aire, de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-156-SEMARNAT-2012, Establecimiento y operación de sistemas de monitoreo de la calidad del aire o la que la sustituya. Según esta norma los límites permitidos de  $PM_{2.5}$  anual es de  $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .<sup>17</sup>



### III. JUSTIFICACIÓN

La contaminación del aire ambiental ocupa el noveno lugar entre los factores de riesgo de enfermedad cardiovascular modificables, por encima de otros factores como la escasa actividad física, la dieta alta en sodio, colesterol alto, y el consumo de drogas sin embargo, hay en general menos conciencia pública de su impacto sobre la enfermedad cardiovascular, por lo que es importante dar a conocer el gran alcance que tiene la contaminación atmosférica sobre la enfermedad cardiovascular.

Además, el IAM es una de las principales causas de pérdida de años de vida saludables. La gravedad del problema justifica la necesidad de entender la asociación entre los factores de riesgo modificables antes mencionados como la contaminación del aire en apoyo de la reducción del riesgo de padecer un infarto agudo al miocardio

Entre los efectos a corto plazo se encuentran el incremento de la mortalidad por enfermedades respiratorias (+1,5%) y cardiovasculares (+0,8%) agudas como lo es el infarto agudo de miocardio, afectando especialmente a mayores de 65 años, y con enfermedad cardiovascular previa, pero también se relacionan con desarrollo y progresión de la aterosclerosis e incluso con modificaciones epigenéticas.

Considerando que los niveles de contaminación han ido en aumento y tomando en cuenta que es un factor de riesgo modificable para enfermedad cardiovascular, es imperativo conocer el impacto que tiene en nuestra población así como la posible relación con incremento en el número de infartos para entonces poder realizar intervenciones que atiendan dicha problemática y con esto disminuir la morbimortalidad y los costos hospitalarios por dicha entidad.

#### **IV.- DEFINICION DEL PROBLEMA**

##### **PREGUNTA DE INVESTIGACION**

¿Los altos niveles de partículas finas incrementa el número de pacientes atendidos por infarto agudo al miocardio con elevación del segmento ST en el hospital Juárez de México?

#### **V.- HIPÓTESIS**

##### **A.- DESCRIPTIVA**

La contaminación ambiental aumenta el riesgo de padecer un infarto agudo al miocardio por lo que en meses donde se presenta mayor contaminación también hay incremento en el número de pacientes con esta patología.

#### **VI.- OBJETIVOS**

##### **A- GENERAL**

Determinar la asociación que existe entre los altos niveles de partículas finas y el número de infartos agudos al miocardio con elevación del segmento ST que se atienden en la unidad coronaria del Hospital Juárez de México.

##### **B.- ESPECÍFICOS**

- Conocer cuál es la incidencia de infarto agudo al miocardio en el Hospital Juárez de México durante un periodo de 27 meses.
- Determinar los factores de riesgo cardiovascular que con mayor frecuencia se presentan en pacientes con infarto agudo al miocardio
- Determinar la relación que existe entre la tasa de mortalidad y meses del año con mayor índice de contaminación.
- Determinar si en los meses con más alto nivel de contaminación hay más tasas de complicaciones.

## **VII.- METODOLOGÍA**

### **A.- DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

1.- Tipo de estudio: Se trata de un estudio transversal, retrospectivo, analítico, unicéntrico. (Analítico porque describen las variables y la relación que hay entre ellas.)

### **B.- DEFINICIÓN DE LA POBLACIÓN**

- a. Población fuente: pacientes que ingresaron a unidad de cuidados intensivos coronarios con diagnóstico de infarto agudo de miocardio con elevación del segmento ST en el Hospital Juárez de México del 1 de enero de 2018 al 31 de marzo de 2020

### **C.- DEFINICIÓN DE UNIDADES DE OBSERVACIÓN Y DEL GRUPO CONTROL**

a.- Criterios de Inclusión:

- Pacientes con diagnóstico de infarto agudo de miocardio con elevación del segmento ST
- Mayores de 18 años.
- Sexo indistinto.

b.- Criterios de Exclusión:

- Pacientes que viven fuera de la zona metropolitana

## VARIABLES

Nombre de la variable	Definición Operacional	Tipo de Variable	Nivel de Medición	Unidad de Expresión
<b>PM<sub>2.5</sub></b>	Partículas finas con un diámetro aerodinámico menor o igual que 2.5 micrómetros.	Cuantitativa	Numérica	Micras
<b>Edad</b>	Mayores de 18 años	Cuantitativa	Numérica	Años
<b>Sexo</b>	Masculino Femenino	Cualitativa	Dicotómica	Masculino Femenino
<b>Diabetes mellitus</b>	Paciente con diagnóstico previo o reciente de diabetes mellitus	Cualitativa	Dicotómica	1= SI 0= NO
<b>Hipertensión arterial sistémica.</b>	Paciente con diagnóstico de previo o reciente de hipertensión arterial sistémica	Cualitativa	Dicotómica	1= SI 0= NO
<b>Dislipidemia</b>	Paciente con diagnóstico de previo o reciente de dislipidemia.	Cualitativa	Dicotómica	1= SI 0= NO
<b>Tabaquismo</b>	Hábito de consumir cigarrillos de tabaco	Cualitativa	Dicotómica	1= SI 0= NO
<b>FEVI</b>	Fracción de eyección del ventrículo izquierdo	Cuantitativa	Numérica	%
<b>Tratamiento farmacológico (trombólisis)</b>	Uso de fármaco fibrinolítico para reperfusión coronaria.	Cualitativa	Dicotómica	1= SI 0= NO
<b>Tratamiento intervencionista</b>	Uso de angioplastia coronaria percutánea para reperfusión coronaria.	Cualitativa	Dicotómica	1= SI 0= NO
<b>Complicaciones eléctricas</b>	Bloqueo AV de diversos grados. Fibrilación auricular. Fibrilación ventricular. Taquicardia ventricular.	Cualitativa	Dicotómica	1= SI 2= NO

<b>Complicaciones mecánicas</b>	Falla cardiaca aguda	Cualitativa	Dicotómica	1= SI 2= NO
<b>Antecedente cardiovascular</b>	Infarto agudo de miocardio previo. Angina inestable.	Cualitativa	Dicotómica	1= SI 2= NO

## D.- TECNICAS Y PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

La información recabada se obtuvo de los expedientes clínicos completos de pacientes con diagnóstico de infarto agudo de miocardio con electrocardiograma al ingreso en un periodo del 2018 al 2020 en el servicio de cardiología del Hospital Juárez de México. Se obtuvieron datos como sexo, edad, localización del infarto, tipo de tratamiento recibido, complicaciones mecánicas y eléctricas, factores de riesgo cardiovascular, así como desenlace es decir, alta a domicilio o defunción durante la hospitalización. Con relación a los niveles de contaminación se recopiló de la página oficial de aire de la ciudad de México: <http://www.aire.cdmx.gob.mx/default.php?opc=%27aqBjnmU=%27> donde se encuentra información desglosada de los componentes del aire por día. Los contaminantes atmosféricos se determinaron mediante la media de PM 2.5 mensual.

## E. RECURSOS

### Recursos humanos:

- Médico residente de tercer año: Dra. Aholibama Estrada Martínez. Tesista
- Tutor de tesis: Dr. Leobardo Valle Molina. Cardiólogo clínico
- Asesor metodológico: Dr. Leobardo Valle Molina. Cardiólogo clínico.

### Recursos materiales:

- Material bibliográfico recopilado.
- Hoja de recolección de datos
- Computadora con paquetería Office y programa IBM SPSS versión 2018 en español
- Hojas blancas, plumas y marcatextos.
- Conexión a internet

**Recursos financieros:**

- No se requieren recursos financieros especiales para el estudio.

**Instalaciones y personal participante:**

- Urgencias, unidad coronaria, sala de hemodinámica y piso de hospitalización de cardiología del Hospital Juárez de México.
- Residentes y médicos de cardiología clínica e intervencionista del Hospital Juárez de México.

**F. ASPECTOS ÉTICOS.**

No se requiere de consentimiento informado puesto que no implica riesgo para el paciente al ser un estudio retrospectivo.

**G. ASPECTOS DE BIOSEGURIDAD.**

El análisis es retrospectivo por lo que no implica riesgo para la vida del paciente.

## VIII. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.

ASOCIACIÓN ENTRE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL Y NÚMERO DE INFARTOS AGUDOS AL MIOCARDIO CON ELEVACIÓN DEL SEGMENTO ST HOSPITAL JUÁREZ DE MÉXICO DEL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE 01-01-2018 AL 01-01-2020																	
Numero	Tarea	Inicio	Final	Ene/18	Dic/18	Ene/19	Dic/19	Mzo/20	Mar/22	Abr/22	May/22	Jun/22	Jul/22	Ago/22	Sep/22	Oct/22	Nov/22
1	Ingresos hospitalarios con diagnóstico de SICA IAM CEST	01/01/2018	31/03/2020														
2	Revisión de expedientes	01/03/2021	30/04/2021														
3	Análisis de datos obtenidos de expedientes	01/05/2021	30/06/2021														
4	Análisis estadístico	01/07/2021	31/08/2021														
5	Reporte de resultados	01/08/2021	30/10/2021														
6	Conclusiones	01/11/2021	30/11/2021														

## IX. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

### IX.I Distribución de la población

Se analizaron un total de 194 pacientes con diagnóstico de infarto agudo al miocardio con elevación del segmento ST, durante el periodo 1 de enero de 2018 al 31 de marzo de 2020 ingresados en el Hospital Juárez de México.

Se excluyeron 26 pacientes por no cumplir con los criterios de inclusión o tener expedientes incompletos.

Por lo que ingresaron a nuestro análisis un total de 168 pacientes.

### IX. II Características de la población

#### ⇒ IX.II.I Sexo

Del total de la población, 140 pacientes fueron hombres y 28 mujeres, representado el 83% y 17% respectivamente.

Sexo	Número	Porcentaje
HOMBRES	140	83%
MUJERES	28	17%
TOTAL	<b>168</b>	<b>100%</b>



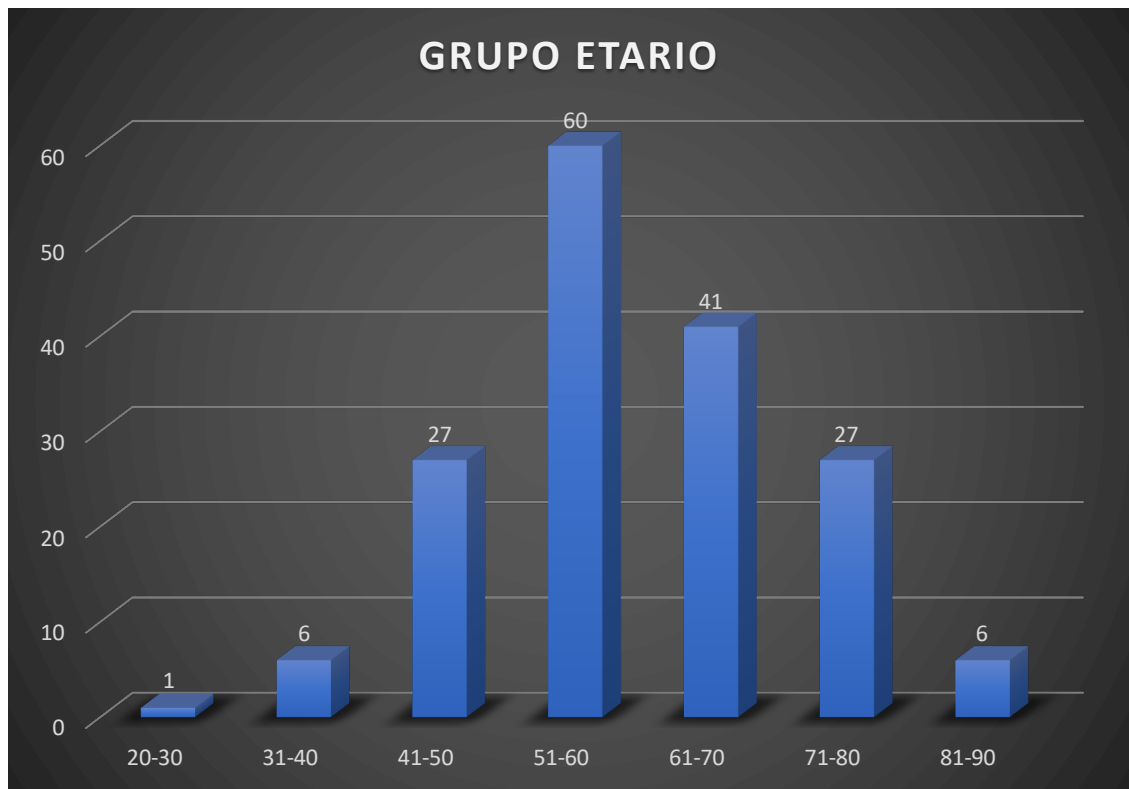
Gráfico 1. Distribución por sexo



⇒ IX.II.I *Grupo etario*

En nuestra población el 35% se encontró en el grupo de edad de entre 51 a 60 años, mientras que la menor proporción se encontró en el rango de edad de entre 20 a 30 años.

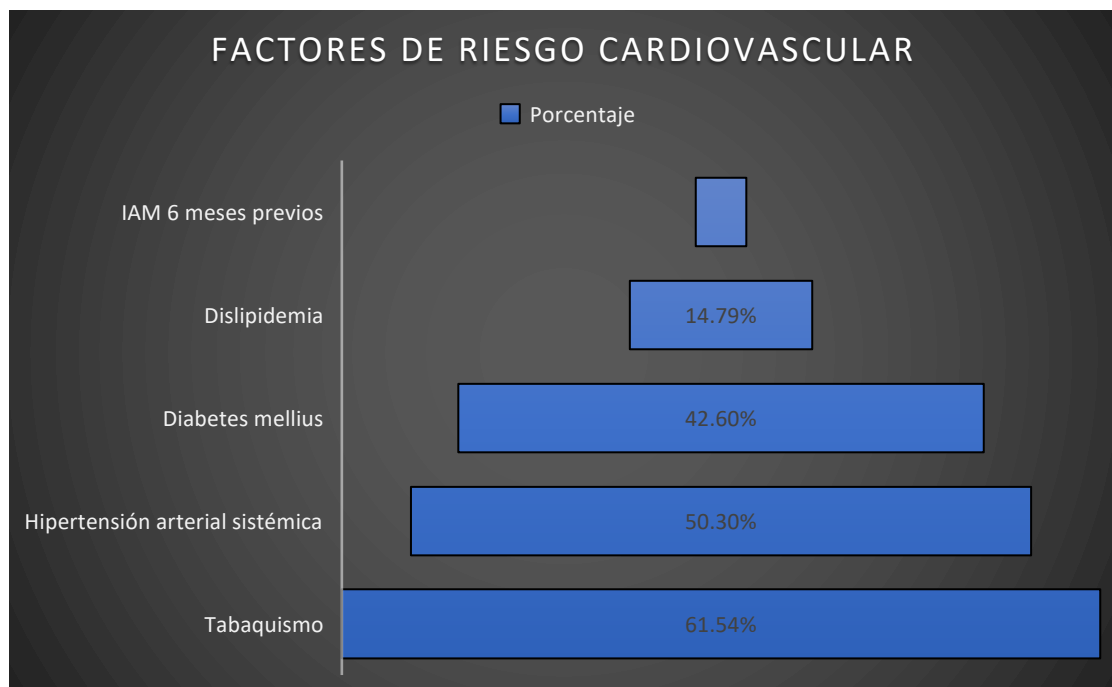
EDAD	TOTAL	PORCENTAJE
20-30	1	0.60%
31-40	6	3.57%
41-50	27	16.08%
51-60	60	35.71%
61-70	41	24.40%
71-80	27	16.07%
81-90	6	3.57%



Gráfica 2. Distribución por grupo etario

⇒ IX.III Localización del infarto

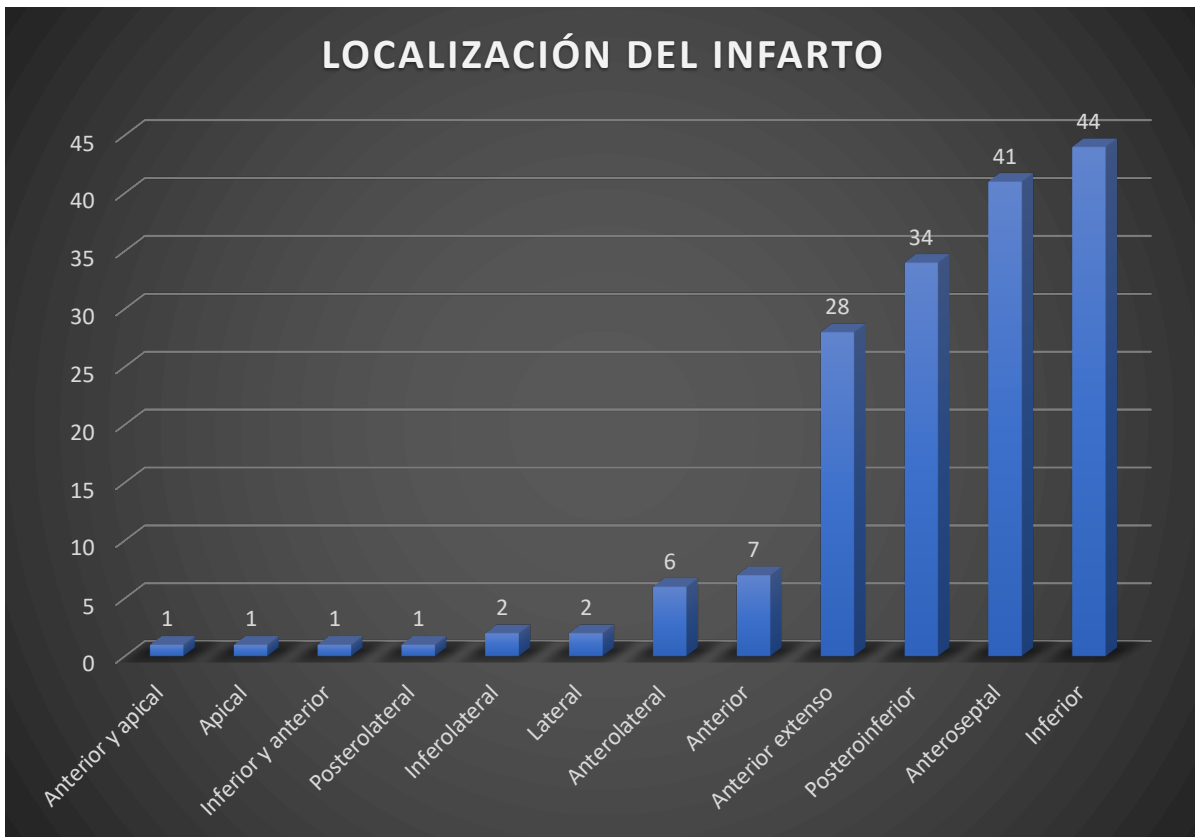
Factores de riesgo cardiovascular	Número	Porcentaje
IAM 6 meses previos	7	4.14%
Dislipidemia	25	14.79%
Diabetes mellitus	72	42.60%
Hipertensión arterial sistémica	85	50.30%
Tabaquismo	104	61.54%



Gráfica 3. Factores de riesgo cardiovascular

⇒ IX.IV Localización del infarto

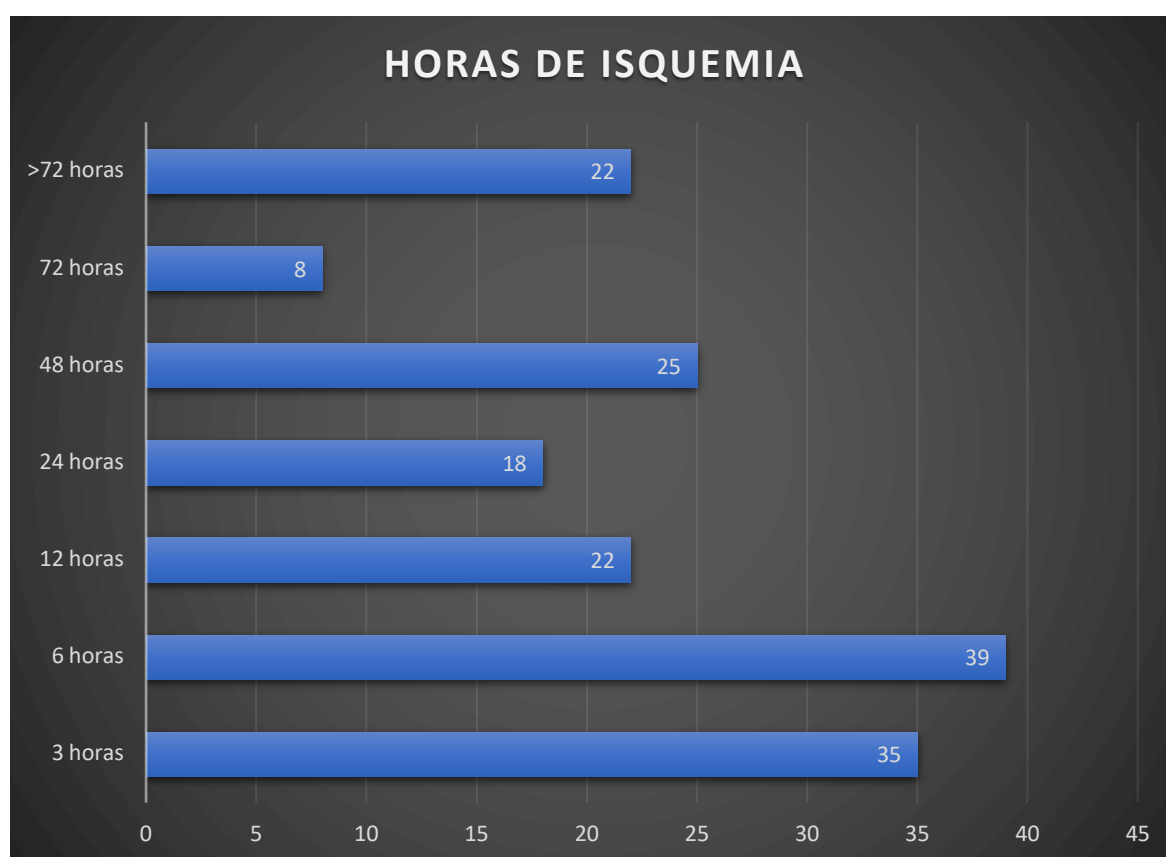
Localización del infarto	Numero	Porcentaje
Anterior y apical	1	0.59%
Apical	1	0.59%
Inferior y anterior	1	0.59%
Posterolateral	1	0.59%
Inferolateral	2	1.18%
Lateral	2	1.18%
Anterolateral	6	3.55%
Anterior	7	4.14%
Anterior extenso	28	16.57%
Posteroinferior	34	20.12%
Anteroseptal	41	24.26%
Inferior	44	26.63%
<b>Total</b>	<b>168</b>	<b>100%</b>



Gráfica 4. Localización del infarto

⇒ IX.V Horas de isquemia

Horas de isquemia	Número	Porcentaje
3 horas	35	20.9%
6 horas	38	22.7%
12 horas	22	13.1%
24 horas	18	10.7%
48 horas	25	14.8%
72 horas	8	4.7%
>72 horas	22	13.09%
Total	168	100%



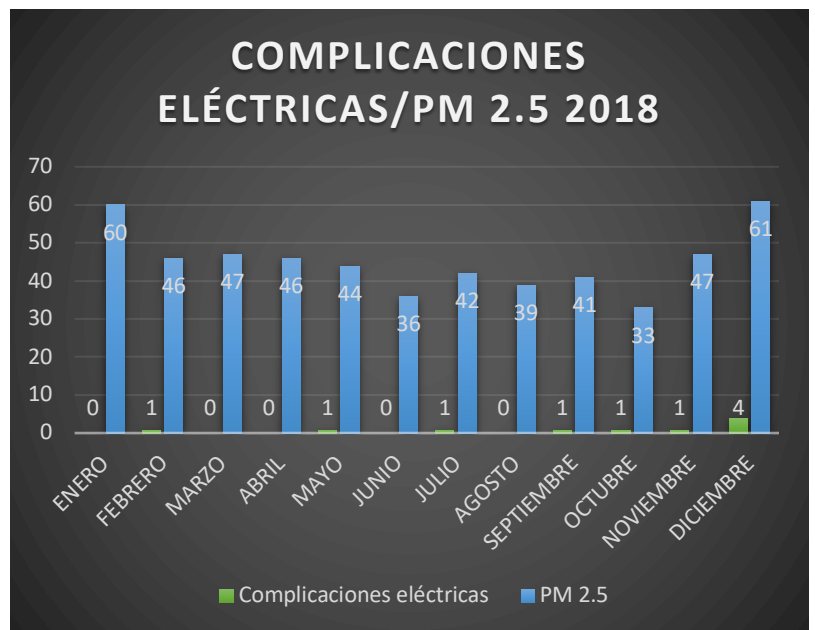
Gráfica 5. Tiempo de isquemia en horas

⇒ IX.VI *Complicaciones y su relación con los niveles de contaminación ambiental*

Del total de nuestra muestra, 87 pacientes presentaron complicaciones, representando el 51% de la población, de las cuales el 50.5% fueron eléctricas y 49.5% mecánicas.

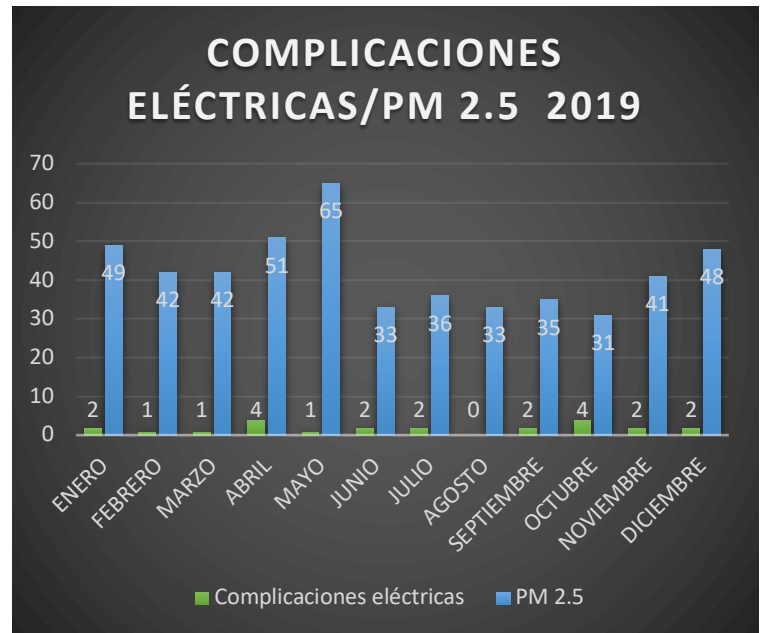
⇒ **COMPLICACIONES ELÉCTRICAS POR AÑO**

2018	NÚMERO DE COMPLICACIONES	PROMEDIO PM 2.5
ENERO	0	60
FEBRERO	1	46
MARZO	0	47
ABRIL	0	46
MAYO	1	44
JUNIO	0	36
JULIO	1	42
AGOSTO	0	39
SEPTIEMBRE	1	41
OCTUBRE	1	33
NOVIEMBRE	1	47
DICIEMBRE	4	61



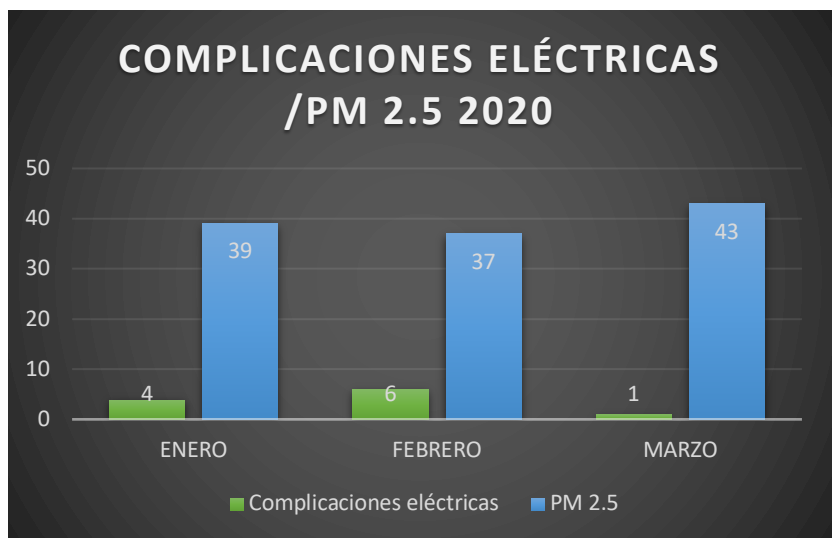
Gráfica 6. Número de complicaciones eléctricas por mes y su relación con los niveles de PM 2.5 en el 2018

2019	NÚMERO DE COMPLICACIONES	PROMEDIO PM 2.5
ENERO	2	49
FEBRERO	1	42
MARZO	1	42
ABRIL	4	51
MAYO	1	65
JUNIO	2	33
JULIO	2	36
AGOSTO	0	33
SEPTIEMBRE	2	35
OCTUBRE	4	31
NOVIEMBRE	2	41
DICIEMBRE	2	48
TOTAL	23	



Gráfica 7. Número de complicaciones eléctricas por mes y su relación con los niveles de PM 2.5 en el 2019

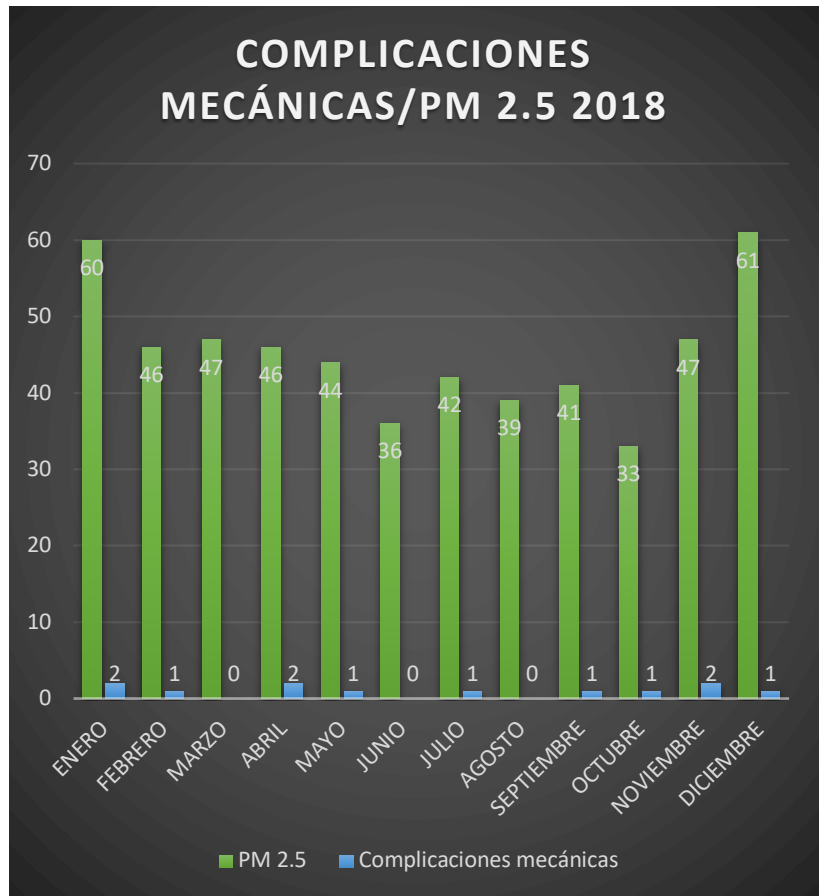
2020	NÚMERO DE COMPLICACIONES	PROMEDIO PM 2.5
ENERO	4	39
FEBRERO	6	37
MARZO	1	43
TOTAL	11	



Gráfica 8. Número de complicaciones eléctricas por mes y su relación con los niveles de PM 2.5 en el 2020

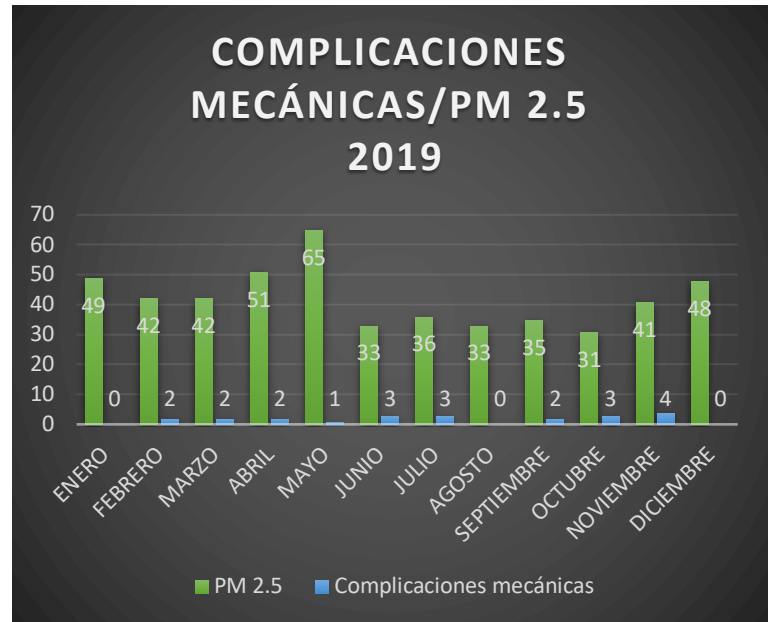
⇒ COMPLICACIONES MECÁNICAS POR AÑO

2018	PROMEDIO PM 2.5	NÚMERO DE COMPLICACIONES
ENERO	60	2
FEBRERO	46	1
MARZO	47	0
ABRIL	46	2
MAYO	44	1
JUNIO	36	0
JULIO	42	1
AGOSTO	39	0
SEPTIEMBRE	41	1
OCTUBRE	33	1
NOVIEMBRE	47	2
DICIEMBRE	61	1
TOTAL		12



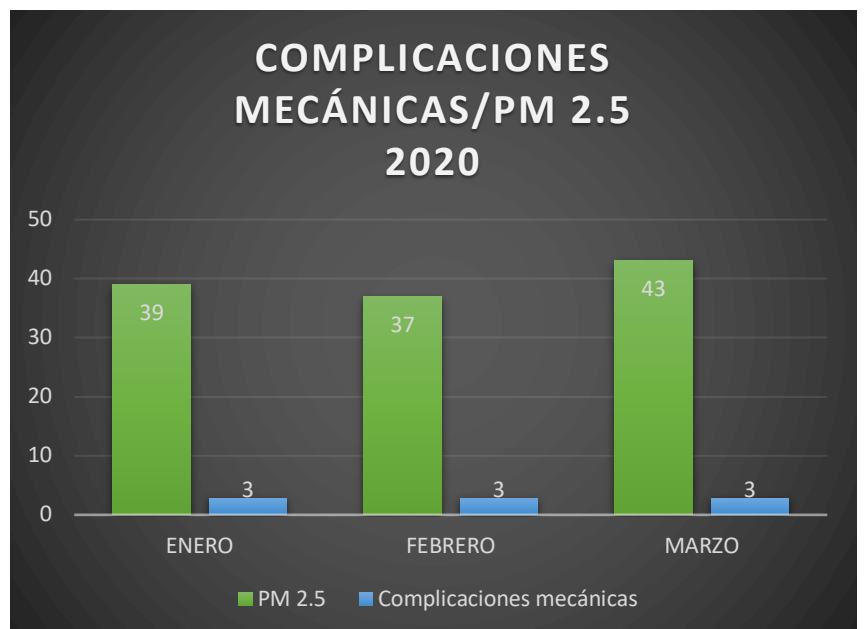
Gráfica 9. Número de complicaciones mecánicas por mes y su relación con los niveles de PM 2.5 en el 2018

2019	PROMEDIO PM 2.5	NÚMERO DE COMPLICACIONES
ENERO	49	0
FEBRERO	42	2
MARZO	42	2
ABRIL	51	2
MAYO	65	1
JUNIO	33	3
JULIO	36	3
AGOSTO	33	0
SEPTIEMBRE	35	2
OCTUBRE	31	3
NOVIEMBRE	41	4
DICIEMBRE	48	0
TOTAL		22



Gráfica 10. Número de complicaciones mecánicas por mes y su relación con los niveles de PM 2.5 en el 2019

2020	PROMEDIO PM 2.5	NÚMERO DE COMPLICACIONES
ENERO	39	3
FEBRERO	37	3
MARZO	43	3
TOTAL		9

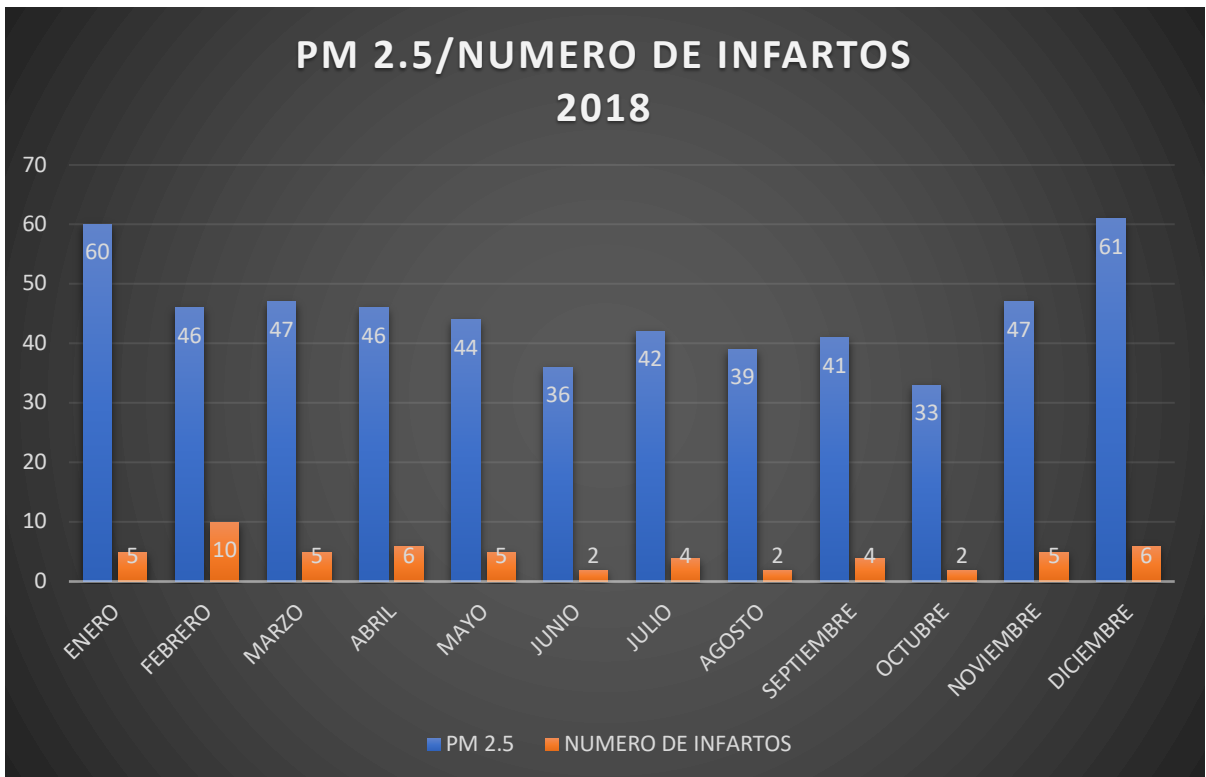


Gráfica 11. Número de complicaciones mecánicas por mes y su relación con los niveles de PM 2.5 en el 2020



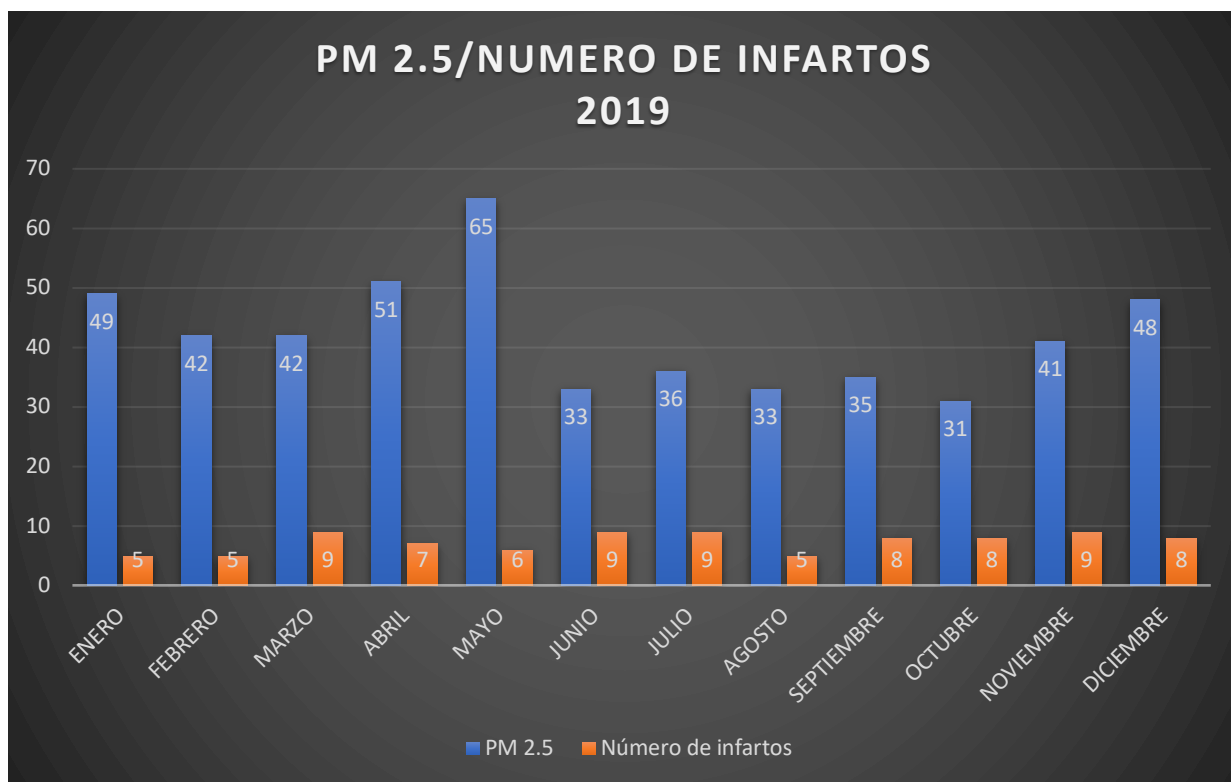
⇒ IX.VII Número de infartos y su relación con los niveles de contaminación ambiental por año

2018	PROMEDIO	MIN	MAX	No.
	PM 2.5			INFARTOS
ENERO	60	9	167	5
FEBRERO	46	10	116	10
MARZO	47	12	117	5
ABRIL	46	16	88	6
MAYO	44	13	92	5
JUNIO	36	10	76	2
JULIO	42	13	98	4
AGOSTO	39	13	77	2
SEPTIEMBRE	41	10	123	4
OCTUBRE	33	6	92	2
NOVIEMBRE	47	6	132	5
DICIEMBRE	61	9	231	6
PROMEDIO ANUAL	45	11	117	56



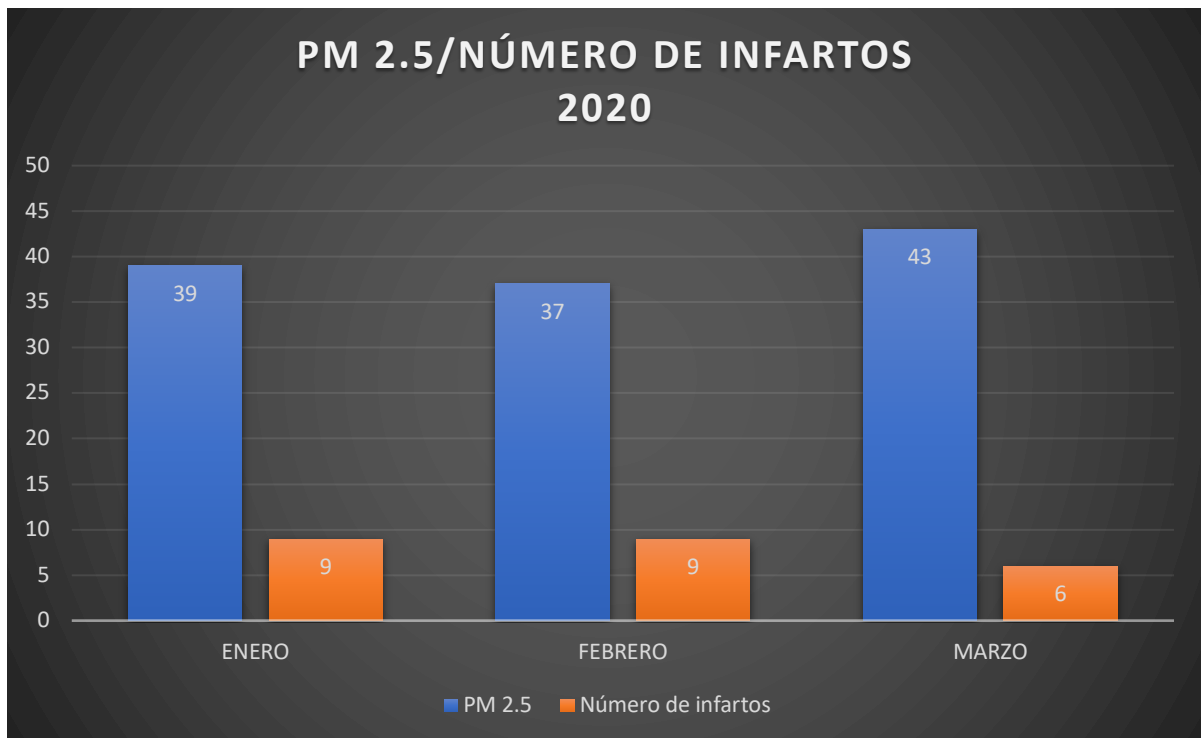
Gráfica 12. Número de infartos por mes y los niveles de PM 2.5 durante el 2018

<b>2019</b>	PROMEDIO PM 2.5	MIN	MAX	No INFARTOS
ENERO	49	5	393	5
FEBRERO	42	2	148	5
MARZO	42	14	113	9
ABRIL	51	11	145	7
MAYO	65	24	227	6
JUNIO	33	4	68	9
JULIO	36	10	81	9
AGOSTO	33	5	64	5
SEPTIEMBRE	35	10	87	8
OCTUBRE	31	3	86	8
NOVIEMBRE	41	7	108	9
DICIEMBRE	48	7	103	8
PROMEDIO ANUAL	42	9	135	88



Gráfica 13. Número de infartos por mes y los niveles de PM 2.5 durante el 2019

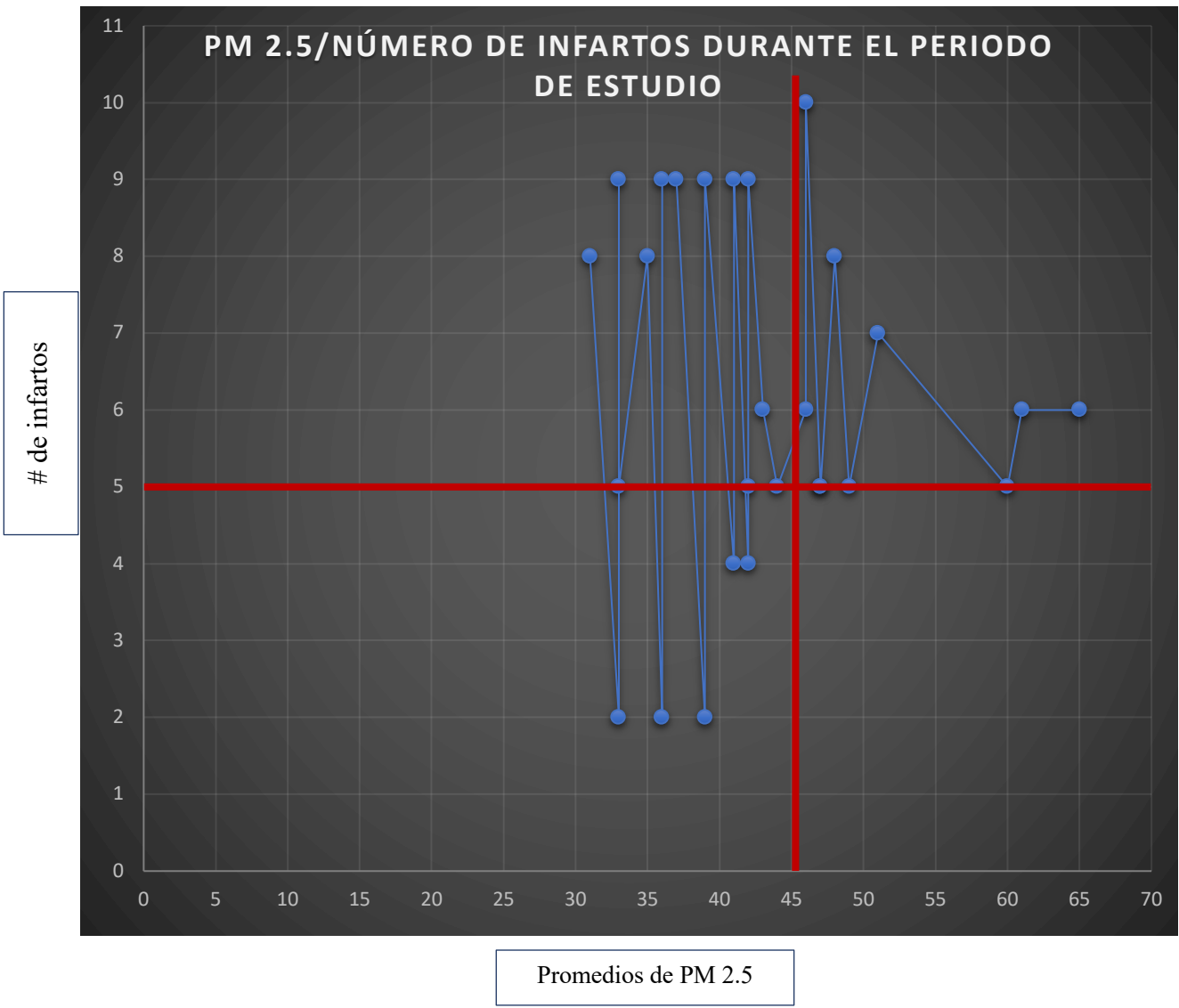
2020	PROMEDIO PM 2.5	MIN	MAX	No INFARTOS
ENERO	39	3	117	9
FEBRERO	37	5	151	9
MARZO	43	14	129	6
PROMEDIO	39	7	132	8



Gráfica 14. Número de infartos por mes y los niveles de PM 2.5 durante el 2020

⇒ IX.VII Número de infartos y su relación con los niveles de contaminación ambiental general

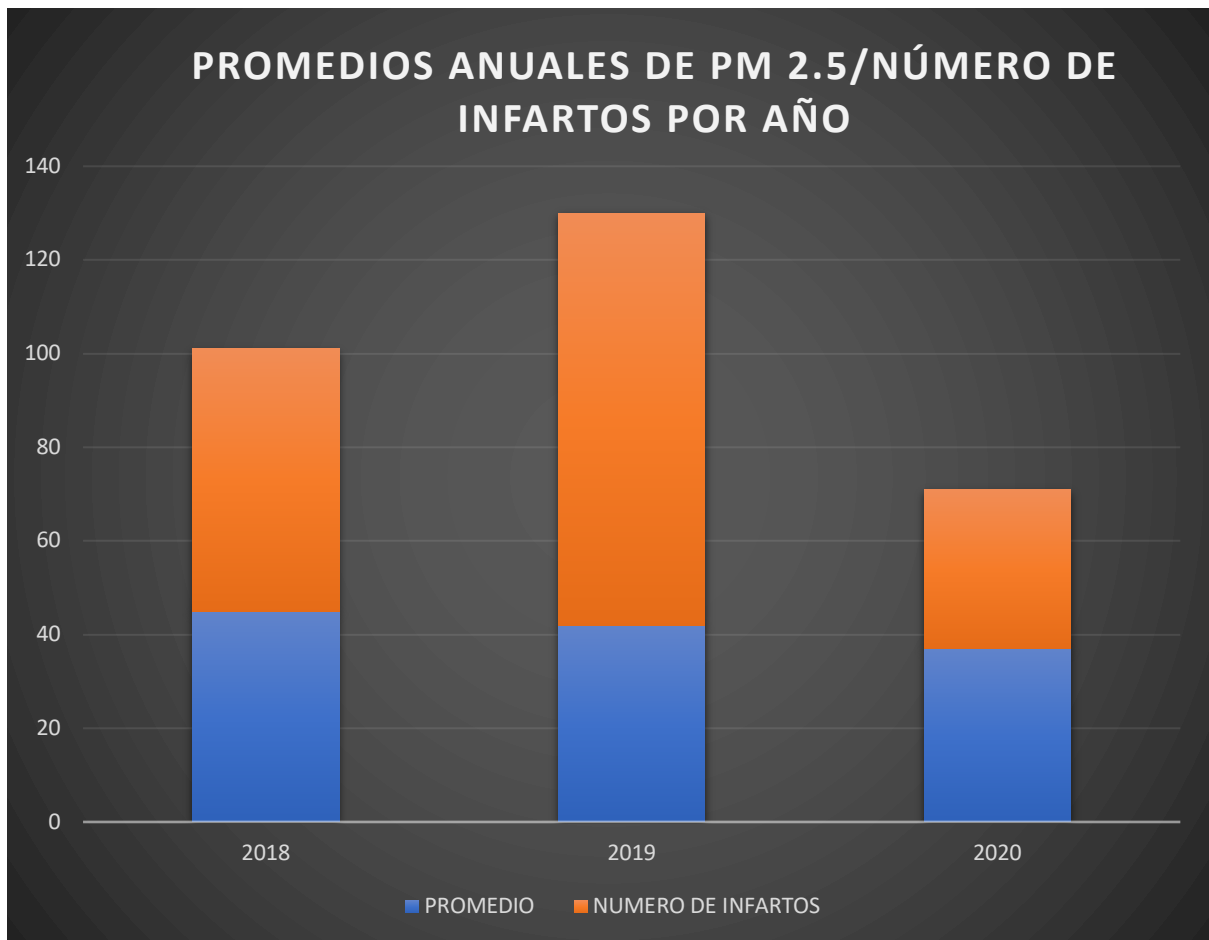
PROMEDIO PM 2.5	NÚMERO DE INFARTOS
31	8
33	2
33	9
33	5
35	8
36	2
36	9
37	9
39	2
39	9
41	4
41	9
42	4
42	5
42	9
43	6
44	5
46	6
46	10
47	5
47	5
48	8
49	5
51	7
60	5
61	6
65	6



Gráfica 15. Promedio de PM 2.5 y su relación con el número de infartos durante todo el periodo de estudio

⇒ IX.VIII Número de infartos y su relación con los niveles de contaminación por año

	PROMEDIO PM 2.5	PROMEDIO DEL NUMERO DE INFARTOS
2018	45	56
2019	42	88
2020	37	34



Gráfica 16. Promedio de PM 2.5 y su relación con el número de infartos por año

⇒ IX. IX Defunciones

De 168 pacientes ingresados con diagnóstico de infarto agudo de miocardio con elevación del segmento ST, se tuvieron 9 defunciones por complicaciones de dicho infarto, lo que representa un 5.35%.

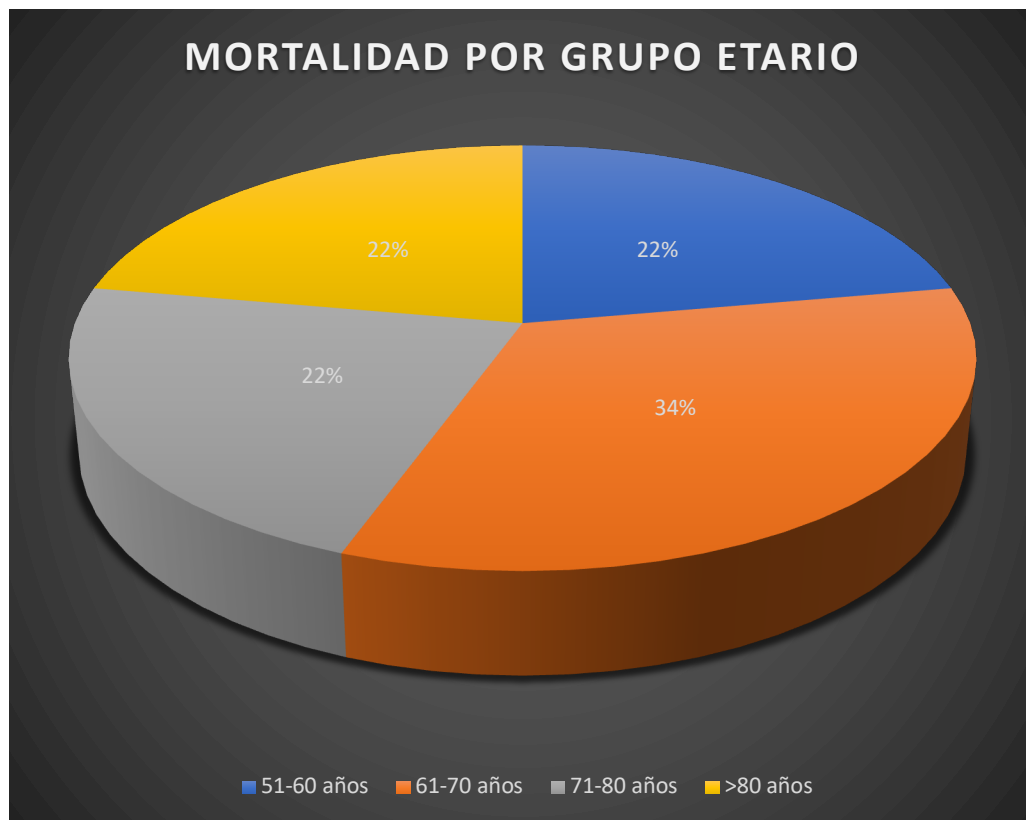
DEFUNCIONES		
	NÚMERO	PORCENTAJE
HOMBRES	6	66.60%
MUJERES	3	33.40%
TOTAL	9	100%



Gráfica 17. Promedio de PM 2.5 y su relación con el número de infartos durante todo el periodo de estudio

⇒ IX.IX.I Mortalidad por grupo etario

Grupo etario	Numero	Porcentaje
51-60 años	2	22.20%
61-70 años	3	33.30%
71-80 años	2	22.20%
>80 años	2	22.20%
Total	9	100%

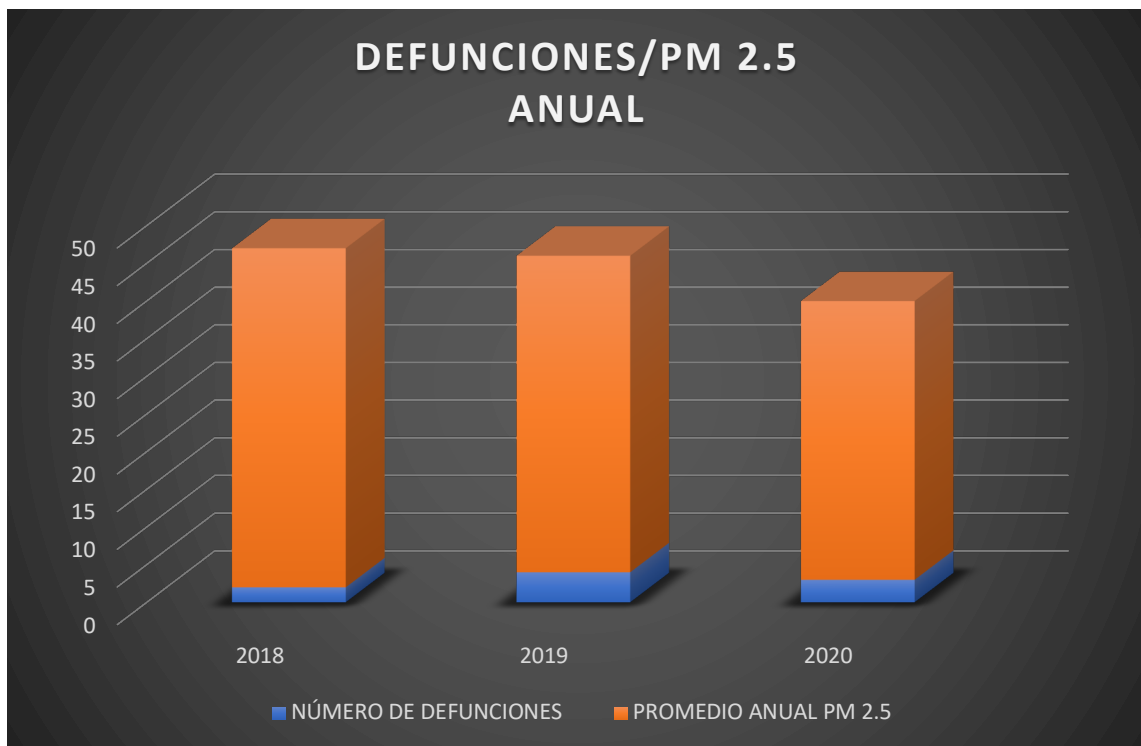


Gráfica 18. Mortalidad por grupo etario



⇒ IX.IX.II Relación entre Mortalidad y promedio de PM 2.5 anual

<b>DEFUNCIONES</b>	<b>NÚMERO DE DEFUNCIONES</b>	<b>PROMEDIO ANUAL PM 2.5</b>
Año		
2018	2	45
2019	4	42
2020	3	37



Gráfica 19. Relación entre mortalidad y promedio de PM<sub>2.5</sub> anual.

## X. DISCUSIÓN

Los registros internacionales y nacionales han puesto en manifiesto el impacto que tiene los niveles de contaminación en la salud cardiovascular por diferentes mecanismos fisiopatológicos, así como el impacto que tiene en los gastos en salud y en los años de vida perdidos.

Este trabajo selecciona a las  $PM_{2.5}$  como indicador de la contaminación del aire. Este contaminante tiene como fuente principal los motores de combustión interna (automóviles), actividades industriales, generación de electricidad, minas, re-suspensión de polvo, quemas agrícolas y algunos factores naturales como incendios forestales y emisiones volcánicas.

Este tipo de partículas se han asociado con padecimientos respiratorios y cardiovasculares, llevando a algunos pacientes hasta la muerte, usualmente incluyen en su composición algunos químicos altamente dañinos para la salud humana.

De acuerdo con lo que sabemos hasta ahora, las partículas menores de 2.5 micras son de las más dañinas y las que más se han relacionado con patología cardiovascular, en especial con el desencadenamiento de infarto agudo al miocardio.

En nuestro país existe un sistema de monitoreo que permite discriminar entre cada tipo de partículas expandidas en el aire que respiramos, reportando niveles máximos y mínimos de cada componente por día. Según la norma oficial mexicana los niveles permitidos de partículas menores de 2.5 micras es de  $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , cuyo límite se encuentra dos unidades por arriba del límite recomendado a nivel internacional. Sin embargo, a su vez se ha emitido niveles de contaminación para semaforizar la calidad del aire teniendo así 5 categorías, desde buena calidad de aire hasta extremadamente mala, traduciendo a su vez los riesgos para la salud de acuerdo a cada rubro teniendo estandarizadas las recomendaciones a seguir de acuerdo al riesgo que existe para la salud tanto para población susceptible así como para la población en general.

Cómo se puede observar en los gráficos 12,13 y 14 en la ciudad de México los promedios de  $PM_{2.5}$  están por arriba de los niveles permitidos en la NOM, sin embargo, tomando en cuenta las categorías de calidad de aire hay meses en los cuales se encuentran en niveles aceptados como buena calidad, sin embargo no tiene una relación directa con el número de infartos que se atendieron en el Hospital Juárez de México, ya que como se puede observar en el gráfico 15 hay meses en

los que se tuvieron niveles más bajos de contaminación con un número de infartos más altos respecto a meses donde se encuentra mala calidad del aire.

En cuanto a las características de nuestra población la mayor proporción de pacientes fueron hombres representando el 66.4% de la población versus 33.6% del sexo femenino (ver gráfica 1). Se tuvo un paciente en el grupo de edad de entre 20 a 30 años, pero el mayor número de pacientes estuvo en el grupo de 51 a 60 años (35.7%). (ver gráfica 2)

Los factores de riesgo cardiovascular tuvieron la siguiente distribución en orden de frecuencia: tabaquismo (61.5%), hipertensión arterial sistémica (85%), diabetes mellitus (42%), dislipidemia (14.7%) y antecedente de IAM en los seis meses previos (4.14%). (ver gráfica 3).

En cuanto a la localización del infarto la cara mayormente afectada fue la inferior (26.6%), seguida de anteroseptal (24.6%). (ver gráfica 4). El 22% de nuestra población se atendió con 6 horas de isquemia, sin embargo, cabe resaltar que más de la mitad de los pacientes fueron atendidos dentro de las primeras 12 horas en las cuales se puede ofrecer tratamiento inmediato según los marcan las guías de código infarto. (ver gráfica 5)

Analizando las complicaciones tanto mecánicas como eléctricas podemos observar que no existió una relación directa entre el número de complicaciones que se presentaron por mes con el promedio de  $PM_{2.5}$ , asimismo tampoco se observó que en meses donde se tuvo mala calidad de aire hayan sido los meses con mayor número de complicaciones. (ver gráficas 6 a 11)

Por último, analizado la mortalidad, esta se presentó en 9 pacientes que representó el 5.35% de nuestra población, de estas el 66% fueron hombres y la mayor mortalidad se encontró en grupo de 61 a 70 años (33%). Se puede observar en la gráfica 19 como no hay una relación directa entre el promedio anual de  $PM_{2.5}$  y el número de defunciones registradas.

## XI. CONCLUSIONES

- No existe relación directa entre los niveles de partículas menores de 2.5 micras en la ciudad de México con el número de infartos atendidos en el hospital Juárez de México durante el periodo del 01 de enero de 2018 al 31 de marzo de 2020, por lo cual no se pudo comprobar nuestra hipótesis.
- En los meses donde se encuentran con mala calidad de aire de acuerdo con la categorización por arriba de  $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$  se observó el número de infartos por arriba del promedio para el tiempo de estudio.
- El sexo donde se presentó el mayor número de infartos fueron hombres y el grupo etario con mayor incidencia es entre 51 a 60 años. La localización de infarto más frecuente fue la cara inferior.
- El factor de riesgo cardiovascular que se presentó con mayor frecuencia fue tabaquismo, los cual se equipara con los reportado en la literatura internacional, donde el tabaquismo es el principal factor de riesgo modificable.
- En este estudio no se observó relación directa entre la concentración de  $\text{PM}_{2.5}$  con las defunciones reportadas durante el periodo de estudio ni relación con el número de complicaciones mecánicas o eléctricas.
- Una de las causas que consideramos por las cuales no se encontró una asociación entre las variables es debido a que Hospital Juárez no es el único centro que recibe pacientes con infarto agudo al miocardio en la ciudad de México, por lo cual no podemos afirmar que no existe tal asociación, para poder hacerlo tendríamos que tomar en cuenta el número de pacientes con IAM atendidos en todos los hospitales de esta ciudad, lo cual creemos es un área de oportunidad para futuros trabajos.

## XII. BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Gutiérrez JP, Rivera DJ, Shamah LT, Villalpando HS, Franco A, Cuevas NL, Romero MM, Hernández AM. *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2020*. Base de datos y documentos epidemiológicos en la población mexicana. *Resultados Nacionales*. Cuernavaca, México, Instituto Nacional de Salud Pública, 2020.
- 2.- Landrigan PJ, Fuller R, Acosta NJR, et al. The Lancet Commission on pollution and health. *Lancet* (2018) 391:462–512.
- 3.- Brook RD, Newby DE, Rajagopalan S. The global threat of outdoor ambient air pollution to cardiovascular health: time for intervention. *JAMA Cardiol* (2017);2:353–4
- 4.- Mills NL, Donaldson K, Hadoke PW, Boon NA, MacNee W, Cassee FR, Sandström T, Blomberg A, Newby DE. Adverse cardiovascular effects of air pollution. *Nat Clin Pract Cardiovasc Med*. (2009);6:36–44.
- 5.- Rajagopalan S, Al-Kindi SG, Brook RD. Air Pollution and Cardiovascular Disease: JACC State-of-the-Art Review. *J Am Coll Cardiol*. (2018) Oct 23;72(17):2054-2070.
- 6.- Uzoigwe JC, Prum T, Bresnahan E, Garelnabi M. The emerging role of outdoor and indoor air pollution in cardiovascular disease. *N Am J Med Sci*. (2013);5:445–453.
- 7.- Newby DE, Mannucci PM, Tell GS, et al., ESC Working Group on Thrombosis, European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation; ESC Heart Failure Association. Expert position paper on air pollution and cardiovascular disease. *Eur Heart J* (2015);36:83–93b.
- 8.- Araujo AJ. Are Ultrafine Particles a Risk Factor for Cardiovascular Diseases. *Rev Esp Cardiol*. 2011;64(8):642–645
- 9.- Yen, CC., Chen, PL. Regional air pollution severity affects the incidence of acute myocardial infarction triggered by short-term pollutant exposure: a time-stratified case-crossover analysis. *Environ Sci Pollut Res* (2021)
- 10.- Hill SM, Wrobel L, Rubinsztein DC. Post-translational modifications of Beclin 1 provide multiple strategies for autophagy regulation. *Cell Death Differ*. (2019);26:617–29.
- 11.- Tong F, Zhang H. Pulmonary Exposure to Particulate Matter (PM<sub>2.5</sub>) affects the sensitivity to myocardial ischemia/reperfusion injury through farnesoid-x-receptor-induced autophagy. *Cell Physiol Biochem*. (2018)

- 12.- Zou L, Zong Q, Fu W, Zhang Z, Xu H, Yan S, Mao J, Zhang Y, Cao S and Lv C (2021) Long-Term Exposure to Ambient Air Pollution and Myocardial Infarction: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front. Med.* (2021);8:616355.
- 13.- Guo Y, Tong S, Zhang Y, Barnett AG, Jia Y, Pan X. The relationship between particulate air pollution and emergency hospital visits for hypertension in Beijing, China. *Sci Total Environ.* (2010);408:4446–50.
- 14.- Noelle S, Stephen S, Kamala D, Stephen K, Stacey E. Particulate air pollution and risk of cardiovascular events among adults with a history of stroke or acute myocardial infarction. *Journal of the American Heart Association.* (2021);10:e019758
- 15.- Becerra Pérez, Luis Armando, & Ramos Álvarez, Roberto Alonso. (2020). Evaluación del impacto en la salud por partículas pm2.5 en Sinaloa, México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 36(2), 249-259.
- 16.- Jaymes P, Rivera HO, Reséndiz M. Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México. 2020. Calidad del aire en la Ciudad de México, Informe 2018. Dirección General de Calidad del Aire, Dirección de Monitoreo de Calidad del Aire.
- 17.- NORMA Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas suspendidas PM10 y PM2.5. Valores normados para la concentración de partículas suspendidas PM10 y PM2.5 en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.

### XIII. ANEXOS



## HOSPITAL JUÁREZ DE MÉXICO SERVICIO DE CARDIOLOGÍA HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

### Título

### ASOCIACIÓN ENTRE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL Y NÚMERO DE INFARTOS AGUDOS AL MIOCARDIO CON ELEVACIÓN DEL SEGMENTO ST EN EL HOSPITAL JUÁREZ DE MÉXICO

Nombre: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_ Sexo:  M  F

Expediente: \_\_\_\_\_ Ocupación: \_\_\_\_\_ Fecha de ingreso: \_\_\_\_\_

Motivo de egreso: \_\_\_\_\_ Tiempo de isquemia: \_\_\_\_\_

Diabetes mellitus		Hipertensión arterial sistémica.		Dislipidemia		Tabaquismo		IAM previo (<6 meses)		Trombolisis			Intervención coronaria percutánea			
Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	¿Cuál?	Primaria	Sistemática	Rescate	
Complicaciones eléctricas		Tratamiento			Uso de inotrópico		Uso de vasopresor		Complicaciones mecánicas			Criterios de indirectos reperusión		Localización		
		Antiarritmico IV	MCP	Tx. Eléctrico					Si	No	¿Cuál?			Anterior	Septal	Inferior
Si	No				Si	No	Si	No	Si	No	¿Cuál?	Si	No	Posterior	V. Derecho	A. Extensor



**SALUD**  
SECRETARÍA DE SALUD



Dirección de Investigación y Enseñanza  
Servicio de Desarrollo Científico y Tecnológico

Ciudad de México, a 14 de marzo de 2022.  
No. de Oficio: CI/095/2022.  
Asunto: Carta de Aceptación

**DRA. AHOLIBAMA ESTRADA MARTÍNEZ**  
Médico Residente  
Presente

En relación al proyecto de tesis titulado **“Asociación entre la contaminación ambiental y número de infartos agudos al miocardio con elevación del segmento ST”**, con número de registro **HJM 132/21-R** bajo la dirección del DR. LEOBARDO VALLE MOLINA, fue evaluado por el Subcomité para Protocolos de Tesis de Especialidades Médicas, quienes dictaminaron:

**“Protocolo Aceptado”**

A partir de esta fecha queda autorizado y podrá dar inicio al protocolo.

Le informo también que los pacientes que ingresen al estudio, solamente serán responsables de los costos de los estudios necesarios y habituales para su padecimiento, por lo que cualquier gasto adicional que sea necesario para el desarrollo de su proyecto deberá contar con los recursos necesarios para cubrir los costos adicionales generados por el mismo.

No omito mencionarle que cualquier enmienda o prórroga deberá estar plenamente justificada y deberá ser solicitada oportunamente ante el Comité de Investigación.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

**Atentamente**


**Dr. Juan Manuel Bello López**  
Presidente del Comité de Investigación  
Hospital Juárez de México


JMBL/dto/egr/mami



**Lista de Cotejo de Validación de Tesis de Especialidades Médicas**

<b>Fecha</b>	13	JULIO	2022
	día	mes	año

INFORMACIÓN GENERAL (Para ser llenada por el área de Posgrado)					
<b>No. de Registro del área de protocolos</b>	Si	X	No	Número de Registro	HJM132/21-R
<b>Título del Proyecto</b> ASOCIACIÓN ENTRE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL Y NÚMERO DE INFARTOS AGUDOS AL MIOCARDIO CON ELEVACIÓN DEL SEGMENTO ST EN EL HOSPITAL JUÁREZ DE MÉXICO					
<b>Nombre Residente</b>	AHOLIBAMA ESTRADA MARTÍNEZ				
<b>Director de tesis</b>	LEOBARDO VALLE MOLINA / ISMAEL HERNANDEZ SANTAMARIA				
<b>Director metodológico</b>					
<b>Ciclo escolar que pertenece</b>	2021-2022	<b>ESPECIALIDAD</b>	CARDIOLOGÍA CLÍNICA		
INFORMACIÓN SOBRE PROTOCOLO/TESIS (Para ser validado por la División de Investigación/SURPROTEM)					
<b>VERIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD</b>	<b>HERRAMIENTA</b>	<b>PLAGSCAN</b>	<b>PORCENTAJE</b>	8%	
<b>COINCIDE TÍTULO DE PROYECTO CON TESIS</b>	SI	X	NO		
<b>COINCIDEN OBJETIVOS PLANTEADOS CON LOS REALIZADOS</b>	SI	X	NO		
<b>RESPONDE PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN</b>	SI	X	NO		
<b>RESULTADOS DE ACUERDO A ANÁLISIS PLANTEADO</b>	SI	X	NO		
<b>CONCLUSIONES RESPONDEN PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN</b>	SI	X	NO		
<b>PRETENDE PUBLICAR SUS RESULTADOS</b>	SI	X	NO		
VALIDACIÓN (Para ser llenada por el área de Posgrado)					
<b>Si</b>	X	<b>Comentarios</b>			
<b>No</b>					

  
 VoBo. SURPROTEM/DIRECCIÓN  
 DE INVESTIGACIÓN