

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO



Contaminación atmosférica y la COVID-19

Por:

FÁTIMA DEL ROSARIO MAZARIEGOS ROBLERO

MONOGRAFÍA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

Saltillo, Coahuila, México

Noviembre 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO

Contaminación atmosférica y la COVID-19

POR:

FÁTIMA DEL ROSARIO MAZARIEGOS ROBLERO

MONOGRAFÍA

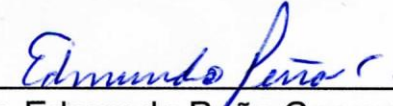
Que somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito
para obtener el título de:

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL


Aprobada por el jurado examinador:



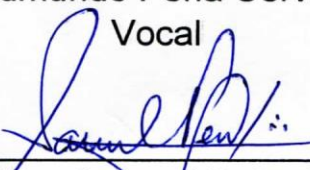
Dra. Alma Patricia García Villanueva
Presidenta



Dr. Edmundo Peña Cervantes
Vocal



Dr. José Antonio Hernández Herrera
Vocal



Dr. Víctor Samuel Peña Olvera
Vocal suplente





M.C. Sergio Sánchez Martínez
Coordinador de la división de ingeniería

Saltillo, Coahuila, México. Noviembre, 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO

Contaminación atmosférica y la COVID-19

POR:

FÁTIMA DEL ROSARIO MAZARIEGOS ROBLERO

MONOGRAFÍA

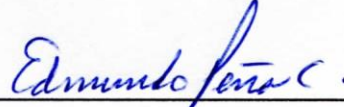
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

Aprobada por el comité de asesoría:




Dra. Alma Patricia García Villanueva
Asesor Principal



Dr. Edmundo Peña Cervantes
Coasesor

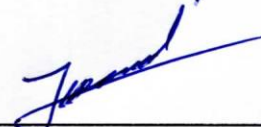


Dr. José Antonio Hernández Herrera
Coasesor



Dr. Víctor Samuel Peña Olvera
Coasesor





M.C. Sergio Sánchez Martínez
Coordinador de la división de ingeniería

Saltillo, Coahuila, México. Noviembre, 2022

Declaración de no plagio

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



Fátima del Rosario Mazariegos Roblero

Agradecimientos

A Dios todo poderoso por haberme dado la sabiduría y la fortaleza en este caminar, gracias, por estar presente no solo en esta etapa de mi vida, sino en todo momento ofreciéndome lo mejor, te lo agradezco padre, y no cesan mis ganas de decir que es gracias a ti que esta meta está cumplida.

A mis padres Juventino y Floridalma por darme la vida, una infancia llena de felicidad, por haberme forjado por la persona que soy hoy en día; muchas de las cosas que he logrado se las debo a ellos, en donde incluyo esta también, por su amor incondicional y siempre motivarme para que pudiera alcanzar mis sueños. Sobre todo, por ser un excelente ejemplo de vida a seguir

A mis hermanas Jaquelin y Nelly, aunque muchas veces pareciera que estuviéramos peleando, hay momentos donde el fuego desaparece y nos unimos en una sola persona para poder alcanzar todos nuestros objetivos; por todo el apoyo brindado, comprensión y cariño. Les agradezco no solo por estar presentes aportando buenas cosas a mi vida, sino por los grandes lotes de felicidad y de diversas emociones que siempre me han causado.

A mi Alma Mater mi agradecimiento eterno a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por haber permitido formarme en sus aulas, por el conocimiento y experiencias que ayudaron a transformarme durante estos años de dedicación, sacrificio y constancia. Fue un gran honor ser parte de esta extraordinaria casa de estudios.

Al Departamento de Ciencias del Suelo, por tener docentes muy competentes y ofrecernos las herramientas y equipos necesarios para nuestra formación académica.

A la Dra. Alma Patricia García Villanueva mi agradecimiento y admiración total desde lo más profundo de mi corazón por sus enseñanzas tanto dentro como fuera del aula, por acompañarme y guiarme durante la realización de este trabajo. Quizá olvide sus clases, pero no la clase de maestra que fue.

Al Dr. Víctor Samuel Peña Olvera por compartir sus conocimientos, facilitarme y asesorarme en la etapa académica, al igual por la colaboración en el desarrollo de este trabajo, gracias por sus puntos de vista y sus correcciones.

Al Dr. Edmundo Peña Cervantes por ser un gran profesor y apoyarme en la elaboración y revisión de este trabajo.

Al Dr. José Antonio Hernández Herrera por su amabilidad, consejos, tiempo y atención brindada.

A todos los demás profesores del Departamento Ciencias del Suelo, infinitas gracias por compartir sus conocimientos, formarnos como profesionistas y prepararnos para la vida.

Al Pbro. José Juan por su amistad, comprensión, cariño y compartir de su sabiduría. Sus sabios consejos, frases motivacionales y porras nunca hicieron falta en mi día a día, gracias.

A la Psic. Mary por confiar siempre en mí, ayudarme, escucharme y motivarme en todos los aspectos de mi vida. Por su amistad y cariño, gracias.

A mi querida Lulú por no sólo ser mi compañera de cuarto sino amiga, cómplice y confidente, gracias por reír y llorar conmigo, por los buenos y malos ratos compartidos, por escucharme y brindarme apoyo incondicional. Tener tu amistad es algo increíble y como siempre digo la Narro nos hizo comadres, muchas gracias por ser así, una gran persona.

A mi amigo Mauricio por siempre estar ahí, por sus ánimos, porras y palabras de aliento que nunca faltaron aún en la distancia, gracias.

A mis amigas Angie, Zuly y Lau porque a pesar de la distancia siempre estuvieron presentes, en cada fecha importante y sus palabras de aliento nunca faltaron, gracias.

Dedicatoria

A ti Padre celestial forjador de mi camino, el que me acompaña y siempre me levanta de mis continuos tropiezos, creador de mis padres y de las personas que amo.

Con todo mi amor, a los dos seres más maravillosos que la vida me pudo dar, a ti papá y mamá sabiendo que no existirá una forma de agradecer toda una vida de sacrificios y esfuerzos. Y por ser la razón, el más grande aliciente para el cumplimiento de mis objetivos que significan alegría y orgullo para mí y para ustedes.

A mis hermanas que en el día a día con su presencia y cariño me impulsaron para seguir siempre adelante, las admiro y las quiero.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
INTRODUCCIÓN.....	1
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Contaminación atmosférica	4
Contaminantes primarios	7
Monóxido de carbono (CO):	7
Óxidos de nitrógeno (NO _x):	7
Hidrocarburos (HC):	8
Contaminantes secundarios	8
Ozono (O ₃):	8
Lluvia ácida:	8
Contaminación fotoquímica:	8
Fuentes de contaminación.....	9
Fuentes fijas, dentro de estas existen tres tipos de fuentes fijas generadoras de emisiones:.....	9
Fuentes móviles.....	10
Fuentes específicas:	10
Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud	12
COVID-19	15
¿QUÉ ES?	15
TRANSMISIÓN.....	15
SÍNTOMAS.....	16
CARACTERÍSTICAS DEL VIRUS	17
ESTRUCTURA	19
COVID 19 Y LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE	20

CONCLUSIONES.....	29
LITERATURA CITADA.....	30

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1 Valores normados y tiempo de exposición para contaminantes en México	4
Cuadro 2 Descripción de los siete coronavirus que infectan al humano	18
Cuadro 3 Características de los coronavirus asociados con enfermedad grave.....	18

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Proceso de contaminación atmosférica (emisión, transporte/dispersión/dilución/reacciones químicas, deposición/efectos) del óxido de azufre emitido por la chimenea de una industria.....	6
Figura 2. Emisión nacional de contaminantes por fuentes, 2014	10
Figura 3. Forma y estructura de SARS-CoV-2.....	20

INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas el planeta ha sufrido diversas catástrofes, tales como deforestación, desertificación y contaminación atmosférica, las cuales están comprometiendo irreversiblemente la habitabilidad de nuestro ecosistema llamado Tierra. La contaminación puede provenir de fuentes fijas o móviles, gran parte de la que experimentamos es causada por procesos naturales no asociados con la actividad humana; por lo que es indispensable comprender ambas fuentes y su asimilación a fin de controlarla, evitando así el deterioro ambiental (Echeverri, 2019).

La contaminación del aire representa un importante riesgo medioambiental para la salud, bien sea en los países desarrollados como en los países en desarrollo; se estima que la contaminación atmosférica tanto en ciudades como zonas rurales provoca 4.2 millones de muertes prematuras al año alrededor del mundo; esta mortalidad se debe a la exposición de material particulado de 2.5 micrones o menos de diámetro (PM 2.5) lo cual causa enfermedades cardiovasculares, respiratorias y cáncer (OMS, 2021).

En la actualidad la contaminación del aire es un desafío regional y mundial, ya que los contaminantes no solo permanecen el tiempo suficiente en la atmósfera para ser transportados a través de fronteras administrativas y nacionales, sino que también desempeñan un papel importante en el cambio climático el cual es un problema global. Por tal motivo la Asamblea General de la ONU estableció el derecho a un medio ambiente limpio, saludable y sostenible, el cual es una gran victoria para asegurarnos de que lo que nos mantiene vivos no nos perjudique al mismo tiempo.

El ser humano en sus actividades cotidianas emite contaminantes al aire de alguna u otra manera; por lo que es indispensable el establecimiento de alternativas adicionales para abordar la contaminación del aire incluyendo el cambio a energías renovables y la bioenergía moderna, la adopción de combustibles de cocina más limpios, el cambio a vehículos eléctricos de bajas emisiones, la transformación de los sistemas alimentarios, la reducción de la basura y de la quema de cultivos. (PNUMA, 2022).

Una de las principales causas de la contaminación del aire es la sobrepoblación en zonas urbanas, que trae consigo concentración de actividades económicas y productivas en zonas relativamente pequeñas; lo cual además de esto se ven reflejados diversos impactos ambientales, sociales y económicos; por lo que es necesario conocer no solo las concentraciones de los principales contaminantes, sino también sus fuentes de origen y sus volúmenes de emisión. Dicha información apoya el diseño y la implementación de acciones de política pública orientadas a reducir la presencia de los contaminantes en la atmósfera y minimizar así sus impactos sobre la salud de la población y los ecosistemas (SEMARNAT, 2018).

En el invierno de 2019 se propaga el coronavirus SARS-CoV-2 a nivel mundial, que ha afectado a la salud humana, las actividades económicas y relaciones humanas a partir de este virus surgido en Wuhan, provincia de Hubei, China (Ciotti et al., 2020).

Indiscutiblemente es difícil no sentirse consternado por la situación global del medio ambiente en el 2021, ya que el mundo sigue luchando contra una pandemia mortal que parece no tener fin. Teniendo en cuenta que una de las cosas más aterradoras de la pandemia de COVID-19 es darnos cuenta de que el aire que respiramos también podría enfermarnos y, sin embargo, para millones de personas en todo el mundo, respirar aire potencialmente mortal es una realidad diaria debido a la contaminación nociva causada por todo, desde fábricas hasta automóviles y fuegos para cocinar (NATGEO, 2021).

Por todo lo antes mencionado, el presente trabajo se realiza con la finalidad de dar a conocer información actualizada sobre la contaminación atmosférica sus repercusiones en la salud y su relación con la enfermedad COVID-19 ocasionada por coronavirus SARS –CoV-2.

REVISIÓN DE LITERATURA

Contaminación atmosférica

La contaminación del aire es actualmente uno de los grandes problemas ambientales, sin embargo, siempre ha existido, de igual manera también es conocida como contaminación atmosférica, la cual se produce cuando las concentraciones de las especies químicas en el aire se encuentran en niveles que afectan o pueden afectar a la salud de las personas, la vegetación, los animales, el patrimonio cultural, entre otros (NATGEO, 2022).

Tanto la exposición a corto (periodo de pocos días, menos de una semana) como a largo plazo (mayor a una semana) a los contaminantes del aire se ha asociado con impactos adversos en la salud; afectando a las personas que ya están enfermas, a niños y ancianos (OPS, 2018).

En México el INECC a fin de proteger la salud de la población, sobre todo de los grupos más susceptibles tiene normados los siguientes contaminantes (cuadro 1):

Cuadro 1 valores normados y tiempo de exposición para contaminantes en México

Contaminante	Concentración (ppm)	Tiempo promedio de exposición (horas)
Ozono (O ₃)	0.11	1
Monóxido de Carbono (CO)	11	8
Bióxido de azufre (SO ₂)	0.13	24
Bióxido de nitrógeno (NO ₂)	0.21	1
Partículas suspendidas totales (PST)	0.216	24
Partículas con diámetro menor a 10 µm (PM ₁₀)	0.125	24

Fuente: Elaboración propia con datos tomados del INECC

El aire que respiramos no siempre es de una excelente calidad, ya que en la actualidad se ve modificado debido a la introducción de otras sustancias distintas a su composición natural, o bien, cuando varían las cantidades de sus componentes naturales; la contaminación del aire puede ser producto de factores naturales como emisiones de gases y cenizas volcánicas, el humo de incendios, el polvo, el polen y esporas de plantas, hongos y bacterias. Sin embargo, la contaminación que se provoca por las actividades del ser humano, es la que representa el riesgo más grave para su salud y el planeta; esta contaminación es provocada por diversas causas, pero la mayor parte se debe a las actividades industriales, comerciales, domésticas, agropecuarias y a los motores de los vehículos, ya que con todas estas actividades se arrojan sustancias a la atmósfera (Sánchez *et al.*, 2016).

Encinas (2011) menciona que el proceso de contaminación atmosférica se desarrolla en tres pasos fundamentales los cuales son: emisión, procesos y efectos. En primer término, tiene lugar la emisión del contaminante al aire con una velocidad o nivel de emisión, que es la masa de contaminante que emite una fuente por unidad de tiempo. Seguidamente, los contaminantes sufren los procesos de dispersión, transporte y transformación en el aire, de donde resulta el nivel de inmisión o masa del contaminante en el aire en un punto lejano a la fuente por m^3 de aire y finalmente, los contaminantes se depositan en las superficies receptoras dando lugar a los efectos.

Por ejemplo, el proceso de contaminación que seguiría el gas Dióxido de azufre (SO_2) emitido a través de la chimenea de una empresa sería el siguiente de acuerdo a la figura 1

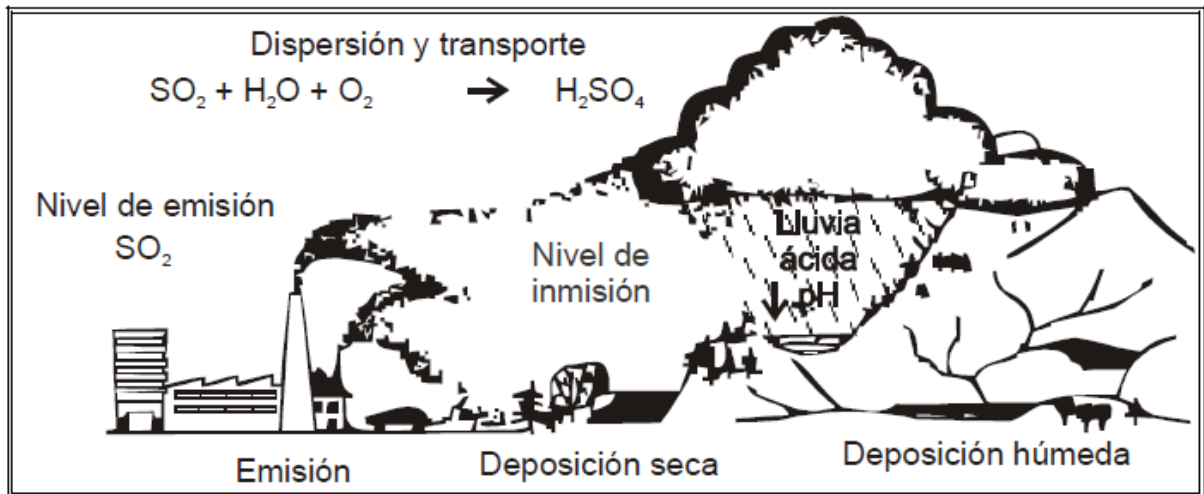


Figura 1. Proceso de contaminación atmosférica (emisión, transporte/dispersión/dilución/reacciones químicas, deposición/efectos) del óxido de azufre emitido por la chimenea de una industria. Fuente: Encinas (2011).

Indudablemente la contaminación del aire está ligada al cambio climático, ya que los contaminantes climáticos de vida corta, como son: el metano, el carbono negro y el ozono troposférico, tienen un impacto enorme en el calentamiento global; por lo que disminuirlos podría reducir a la mitad la tasa actual de calentamiento (PNUMA, 2021).

Hoy en día la contaminación atmosférica es el mayor riesgo ambiental para la salud del mundo, ya que mata prematuramente a unos 6.5 millones de personas por año a nivel global y expone a nueve de cada diez personas a niveles de polución del aire exterior (NATGEO, 2022).

Este tipo de contaminación da origen a diferentes consecuencias como son: en personas (daños a la salud), en materiales (deterioro de estos en las distintas construcciones), en las plantas (altera el proceso de fotosíntesis) y en el ambiente (producción de smog, cambios en el clima, efecto invernadero, lluvia ácida y disminución de la capa de ozono) (Sánchez *et al.*, 2016).

Contaminantes primarios

De acuerdo a SEMARNAT (2013), estos contaminantes son vertidos directamente a la atmósfera por alguna fuente de emisión como chimeneas, automóviles, entre otros. Los contaminantes atmosféricos que integran este grupo son:

- **Óxidos de azufre (SO_x):** Se forman por la combustión del azufre presente en el carbón y el petróleo. Los SO_x forman con la humedad ambiente aerosoles, incrementando el poder corrosivo de la atmósfera, disminuyendo la visibilidad y provocando la lluvia ácida.

- **Monóxido de carbono (CO):** Es el contaminante más abundante en la capa inferior de la atmósfera. Se produce por la combustión incompleta de compuestos de carbono. Es un gas inestable que se oxida generando dióxido de carbono (CO₂). Alrededor del 70 por ciento del CO provienen de los vehículos.

- **Óxidos de nitrógeno (NO_x):** Se producen en la combustión de productos fósiles, destacando los vehículos, carbón y quemados de madera. La producción de fertilizantes y explosivos, tabaco y calderas generan emisiones importantes de NO_x. El monóxido de nitrógeno (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO₂) requieren especial atención. El NO se oxida formando NO₂, mientras que el NO₂ es precursor del esmog fotoquímico.

- **Partículas:** Es material respirable presente en la atmósfera en forma sólida o líquida como polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento y polen, entre otras. De acuerdo con su tamaño se pueden dividir en dos grupos principales: las de diámetro aerodinámico igual o inferior a los 10 µm (PM₁₀) y las de fracción respirable más pequeña (PM_{2.5}).

- **Hidrocarburos (HC):** Las emisiones de HC están asociadas a la mala combustión de derivados del petróleo. Las fuentes más importantes de emisión son los vehículos de transporte, los disolventes, pinturas, vertederos y la producción de energía. Los de mayor interés son los compuestos orgánicos volátiles (COV), dioxinas, furanos, bifenilos policlorados (PCB) y los hidrocarburos policíclicos aromáticos (PAH).

Contaminantes secundarios

La SEMARNAT (2013) señala que son aquellos contaminantes originados en el aire como consecuencia de la transformación y reacciones químicas que sufren los contaminantes primarios en la atmósfera y se pueden considerar:

- **Ozono (O₃):** forma parte de la composición de la atmósfera, sin embargo, a baja altura (O₃ troposférico) resulta perjudicial por su carácter oxidante, reactivo, corrosivo y tóxico, por lo que reacciona con rapidez generando compuestos secundarios.

- **Lluvia ácida:** el proceso por el cual ciertos ácidos se forman en la atmósfera a partir de contaminantes y luego se precipitan a la tierra. El SO₂ (dióxido de azufre) y los NO_x, causan la lluvia ácida. Estas sustancias en presencia de agua, O₂ y otros compuestos químicos forman ácido sulfúrico (H₂SO₄) y ácido nítrico (HNO₃) respectivamente, que se precipitan a la tierra en forma líquida cuando se presentan lluvias o en forma seca en presencia de nevadas o neblinas. El pH de la lluvia normal es de alrededor de 6, mientras que la lluvia ácida presenta un pH menor a 5.

- **Contaminación fotoquímica:** La constituyen la luz solar y sustancias susceptibles de ser oxidadas. El smog fotoquímico es una mezcla de contaminantes que se forman por reacciones producidas por la luz solar al incidir sobre los contaminantes primarios.

Fuentes de contaminación

De acuerdo a el INECC (2007) entre las fuentes de emisiones a la atmósfera podemos distinguir dos grandes tipos: las fuentes fijas y las móviles (figura. 2), las cuales se describen a continuación:

Fuentes fijas, dentro de estas existen tres tipos de fuentes fijas generadoras de emisiones:

Fuentes puntuales:

Son todas aquellas derivadas de la generación de energía eléctrica y de actividades industriales como son: la química, textil, alimentaria, maderera, metalúrgica, metálica, manufacturera y procesadora de productos vegetales y animales, entre otras.

Fuentes de área:

Este tipo corresponde a las zonas industriales o áreas urbanas; se caracterizan porque en ellas existen actividades y procesos, tales como son: imprentas, tintorerías, actividades agrícolas, tratamiento de aguas residuales, plantas de composteo, rellenos sanitarios, entre otros.

Fuentes naturales:

Se refiere a todo aquello emitido por la vegetación y la actividad microbiana en suelos y océanos, que se les denomina emisiones biogénicas como son: emisiones producidas por volcanes, océanos, plantas, suspensión de suelos, emisiones por digestión anaerobia y aerobia de sistemas naturales.

Fuentes móviles

Estas abarcan todas las formas de transporte y en especial los vehículos automotores; fuentes móviles son: los aviones, helicópteros, ferrocarriles, tranvías, tractocamiones, autobuses, camiones, automóviles, motocicletas, embarcaciones.

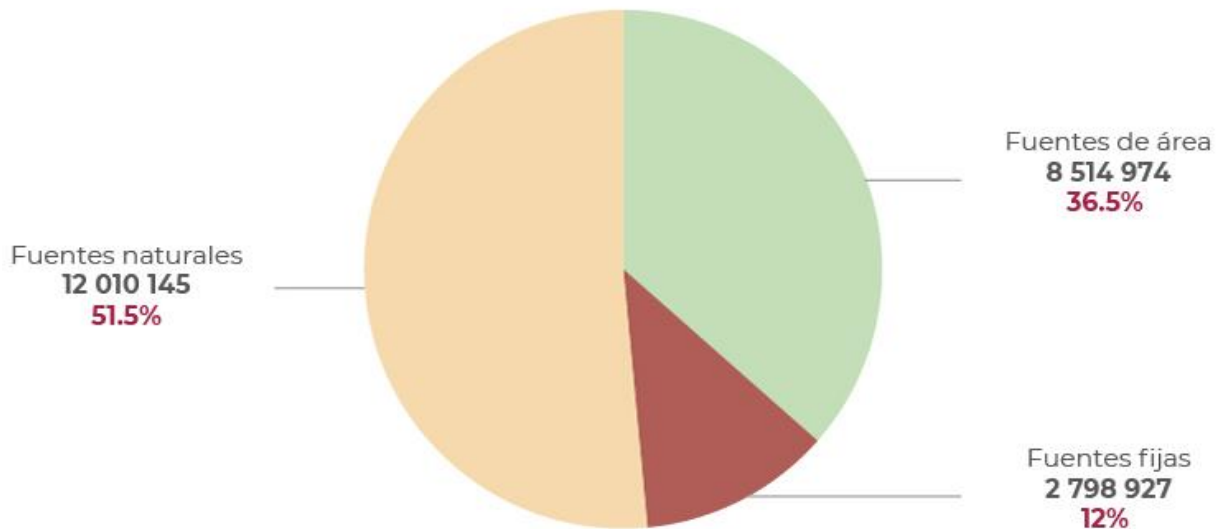


Figura 2. Emisión nacional de contaminantes por fuentes, 2014. Fuente: Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire y RETC, SEMARNAT. México. Agosto de 2018.

Fuentes específicas:

Actualmente la contaminación representa no solo una amenaza para el medio ambiente sino también costos económicos significativos como resultado del impacto en la salud humana, pérdidas de productividad y daños a los ecosistemas; por lo que ser conscientes de la problemática también permite entender y buscar soluciones.

Por lo tanto, el PNUMA (2021) señala que la contaminación del aire resulta principalmente de cinco actividades humanas, las cuales expulsan una gama de sustancias, tales como material particulado, monóxido de carbono, óxido de nitrógeno,

dióxido de carbono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre, ozono, hidrocarburos y plomo, todas estas perjudiciales para la salud humana, las cuales son:

Industria

En diversos países, la generación de energía es una de las fuentes principales de contaminación del aire; una de ellas son las centrales eléctricas que queman carbón, siendo este un emisor importante. De igual manera los procesos industriales y el uso de solventes en las industrias químicas y mineras producen contaminantes en el aire.

Transporte

El sector transporte se encuentra en constante crecimiento, siendo responsable de casi una cuarta parte de todas las emisiones de dióxido de carbono que se relacionan con la energía, atribuyéndole 400, 000 muertes prematuras. Alrededor de la mitad de muertes por contaminación del aire son causadas por el transporte de emisiones diésel; por otro lado, las personas que habitan en zonas importantes de tránsito tienen hasta 12% más de probabilidades de ser diagnosticadas con demencia.

Agropecuaria

En la agricultura encontramos dos fuentes principales de contaminación atmosférica las cuales son: el ganado que produce metano y amoníaco, y la quema de residuos agrícolas. Las emisiones de metano favorecen a la creación de ozono a nivel del suelo, provocando asma y otras enfermedades respiratorias en la sociedad; también debemos de considerar que el metano es un gas de efecto invernadero más potente que el dióxido de carbono en un período de 100 años.

Residuos

La quema de residuos a cielo abierto y los desechos orgánicos en los vertederos liberan a la atmósfera dioxinas nocivas, furanos, metano y carbono negro. Se estima a nivel mundial 40% de los residuos se queman al aire libre y esto es más común en

países en desarrollo y regiones que se están urbanizando, por lo que en 166 de 193 países se sigue practicando.

Hogares

La fuente principal de contaminación del aire dentro de los hogares es la quema de madera y combustibles fósiles o basados en biomasa para cocinar, calentar e iluminar. Alrededor de 3.8 millones de muertes prematuras son causadas por la contaminación atmosférica en interiores cada año, la mayoría de ellas países en desarrollo.

En 97 países se ha logrado que 85% de los hogares tengan acceso a fuentes de energía más limpias, pero aún 3,000 millones de personas continúan utilizando combustibles sólidos y leña para cubrir sus necesidades de energía

Otras fuentes

La contaminación del aire no solo es por causas artificiales, también por erupciones volcánicas, tormentas de polvo y otros procesos naturales. Las partículas finas de polvo pueden recorrer miles de millas junto con estas tormentas, que también pueden trasladar sustancias perjudiciales vinculadas a problemas respiratorios.

Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud

La contaminación del aire es un asesino invisible con un dominio absoluto en muchas partes de nuestro planeta. Cada año, alrededor de 7 millones de personas mueren a causa de enfermedades e infecciones relacionadas con la contaminación del aire, lo cual resulta 5 veces más que la cantidad de personas que mueren en colisiones viales y más que el número oficial de muertes por COVID-19 (PNUMA, 2021).

La OMS (2022) señala que el 99% de las personas respiran aire insalubre, procedente principalmente de la quema de combustibles fósiles, aunque también se debe de

considerar que los fenómenos meteorológicos extremos, la pérdida de biodiversidad, la degradación del suelo y la escasez de agua provocan desplazamientos de personas ocasionando sobrepoblación y esto a su vez conlleva a efectos negativos sobre la salud.

Actualmente más de 6,000 ciudades de 117 países están siendo monitoreadas en cuanto a calidad del aire, los principales contaminantes son materia particulada fina y dióxido de nitrógeno, considerando que las exposiciones son más altas en países de ingresos bajos y medianos. Por tal motivo la OMS ha puesto importancia en frenar el uso de combustibles fósiles y a tomar otras medidas tangibles para reducir los niveles de contaminación del aire.

Mientras tanto, el daño que la contaminación del aire causa al cuerpo humano ha ido creciendo rápidamente y apunta a un daño significativo causado incluso por niveles bajos de muchos contaminantes atmosféricos; especialmente la materia particulada de 2.5, la cual es capaz de penetrar en los pulmones y en el torrente sanguíneo, lo que afecta a los sistemas cardiovascular, cerebrovascular (accidentes cerebrovasculares) y respiratorio. De igual manera el NO₂ se asocia a las enfermedades respiratorias, sobre todo al asma, lo que provoca síntomas respiratorios como: tos, sibilancias o dificultad para respirar (OMS, 2022).

La OMS (2021) estima, que aproximadamente el 58% de las muertes prematuras relacionadas con la contaminación atmosférica que se produjeron en 2016 se debieron a cardiopatías isquémicas y accidentes cerebrovasculares, mientras que el 18% se debieron a enfermedades pulmonares obstructivas crónicas e infecciones respiratorias agudas, y el 6% correspondieron al cáncer de pulmón.

A nivel mundial se puede ver cómo el cambio climático sigue siendo la mayor amenaza que se halla registrado en la historia para la salud humana, además causa estragos cada vez más intensos que son posibles de ignorar, las temperaturas medias en constante aumento alimentan incendios forestales, huracanes y otros desastres naturales han ido hundiendo la estabilidad ambiental.

Principalmente el cambio climático es causado por un aumento de dióxido de carbono, emisiones de combustibles fósiles y otros gases de efecto invernadero en la atmósfera; por consiguiente, el aire contaminado contiene pequeñas partículas que ocasionan daños en los órganos directamente o provocar accidentes cerebrovasculares y ataques cardíacos al penetrar en los pulmones y en el corazón e incluso viajar al torrente sanguíneo. Las estimaciones sugieren que la contaminación del aire causa entre 3.6 millones y 9 millones de muertes prematuras al año (NATGEO, 2021).

Otra de las consecuencias de la polución atmosférica es respecto a las personas alérgicas, ya que el dióxido de carbono aumenta la acidez del aire para luego extraer polen de las plantas, lo que para algunas personas esto podría significar que se enfrentan a episodios molestos y prolongados de alergias estacionales, mientras que para otros ponen en peligro la vida.

La inseguridad alimentaria es una de las formas menos directas, pero no menos dañinas en la salud, ya que estudios han demostrado que el aumento de dióxido de carbono en la atmósfera puede eliminar el zinc, el hierro y las proteínas de las plantas, estos nutrientes que son esenciales para sobrevivir. Como consecuencia de ello tenemos la desnutrición, enfermedad que está relacionada con otras más, como son: enfermedades cardíacas, cáncer, diabetes y también puede aumentar el riesgo de retraso del crecimiento, o deterioro del crecimiento, en los niños, que puede dañar la función cognitiva (NATGEO, 2021).

COVID-19

¿QUÉ ES?

Esta es una enfermedad infecciosa causada por el virus SARS-CoV-2; en mayor parte las personas infectadas por el virus experimentan malestares respiratorios que van desde leve a moderada y se recuperarán sin requerir un tratamiento especial. Sin embargo, algunas se ven gravemente afectadas y requieren atención médica como son la población de mayor edad y todos aquellos que padecen enfermedades cardiovasculares, diabetes, enfermedades respiratorias crónicas. Mientras que cualquier persona, de cualquier otra edad, puede contraer la COVID-19 y enfermar gravemente o morir (OMS, 2019).

A nivel mundial, se considera al COVID-19 como una enfermedad de categoría B (por ser una enfermedad transmisible), pero por sus consecuencias se aplican medidas para enfermedades de categoría A (enfermedades infecciosas), y por ende se han establecido políticas para mitigar sus efectos ante la emergencia de salud pública, dando respuesta de nivel I, la cual consiste en: distanciamiento social obligatorio y el cierre de diversos establecimientos, industrias, entidades académicas y gubernamentales, entre otros (gob.mx, 2019).

TRANSMISIÓN

Aguilar *et al.* (2020) describen dos diferentes tipos de mecanismos de transmisión del SARS-CoV-2, los cuales son directos e indirectos:

Directos: el SARS-CoV-2 puede transmitirse, como la mayoría de los virus respiratorios, mediante secreciones respiratorias, siendo éste el mecanismo principal de transmisión (persona a persona).

- **Transmisión por gotas:** tienen un tamaño $> 5-10 \mu\text{m}$; se producen al hablar, toser, estornudar cantar o respirar y se desplazan aproximadamente un metro de distancia al hablar y hasta cuatro metros al toser o estornudar.

- **Transmisión por aerosoles:** partículas $< 5 \mu\text{m}$ que quedan suspendidas en el aire ambiente siendo infectivas por al menos tres horas, con una mayor concentración en las fases iniciales de la enfermedad y durante la realización de procedimientos que generen aerosoles como intubación endotraqueal, broncoscopia y resucitación cardiopulmonar. Se desplazan aproximadamente de ocho a diez metros de distancia. Modelos experimentales han demostrado que, en una conversación de 10 minutos, una persona infectada puede producir hasta 6,000 partículas de aerosoles.

Indirectos: por contacto, ya que el virus depositado en distintas superficies por las gotas o aerosoles producidos por un individuo infectado permanece viable por tiempo variable en función de las características del material. Así, el contacto con algún fómite (superficie) y, posteriormente, con alguna mucosa (oral, nasal o conjuntival) puede ocasionar la infección.

SÍNTOMAS

Según datos de la OMS (2019) los síntomas de esta enfermedad, dependen de la persona infectada, pudiendo presentarse de forma leve, grave o en algunos casos llegar hasta la muerte; aunque la mayoría de las personas infectadas desarrollan una enfermedad de leve a moderada y se recuperan sin necesidad de hospitalización.

Síntomas más comunes:

- ✓ Fiebre
- ✓ Tos
- ✓ Cansancio

- ✓ Pérdida del gusto o el olfato

Síntomas menos comunes:

- ✓ Dolor de garganta
- ✓ Dolor de cabeza
- ✓ Dolores y molestias
- ✓ Diarrea
- ✓ Erupción en la piel o decoloración de los dedos de las manos o pies
- ✓ Ojos rojos o irritados

Síntomas graves:

- ✓ Dificultad para respirar o falta de aire
- ✓ Pérdida del habla o la movilidad, o confusión
- ✓ Dolor en el pecho.

CARACTERÍSTICAS DEL VIRUS

Aguilar *et al.* (2020) describen al SARS-CoV-2, como perteneciente a la familia de los β -coronavirus, los cuales son virus de ácido ribonucleico (ARN) de cadena simple, polaridad positiva, envueltos, no segmentados, con genoma de 27 a 32 kb y tamaño de 80-160 nm; actualmente son los virus de ARN más grandes que se han descubierto y pertenecen al grupo IV de la clasificación de Baltimore.

Hasta ahora se conocen cuatro géneros y se distinguen por el huésped al que infectan:

- α -coronavirus: mamíferos
- β -coronavirus (subdivididos en los grupos A-D): mamíferos
- γ -coronavirus: aves, peces
- δ -coronavirus: aves

En la actualidad, existen siete coronavirus (cuadro. 2) que infectan al humano, pero son tres los que tiene una elevada patogenicidad y se han caracterizado por asociarse a enfermedad grave son:

1. Síndrome Respiratorio Agudo Grave-1 (SARS-CoV-1)
2. Síndrome respiratorio de Oriente Medio (MERS-CoV)
3. Síndrome Respiratorio Agudo Grave-2 (SARS-CoV-2)

Cuadro 2 Descripción de los siete coronavirus que infectan al humano

Nombre	Fecha de descubrimiento	Género	Patogenicidad
HCoV-229E	1960	Alfa	Baja
HCoV-OC43	1960	Beta	Baja
SARS-CoV-1	2002	Beta	Elevada
HCoV-NL63	2004	Alfa	Baja
HCoV-HKU1	2005	Beta-A	Baja
MERS-CoV	2012	Beta	Elevada
SARS-CoV-2	2020	Beta	Elevada

Fuente: Aguilar et al. (2020). Datos adaptados de: Cui J, Li F, Shi ZL. Origin and evolution of pathogenic coronaviruses. Nat Rev Microbiol. 2019; 17 (3): 181-192.

En el siguiente cuadro se describe la fecha, origen, tipo de receptor, enfermedad causada, número de países afectados, total de casos confirmados, defunciones y número de reproducción básica (R0) hasta el día 8 de septiembre de 2020 de SARS-CoV-1, MERS-CoV y SARS-CoV-2.

Cuadro 3 Características de los coronavirus asociados con enfermedad grave

Características	SARS-CoV-1 	MERS-CoV 	SARS-CoV-2 
Fecha de origen	Noviembre de 2002	Abril de 2012	Diciembre de 2019
Origen	Guangdong, China	Medio Oriente	Wuhan, China
Control de la enfermedad	5 julio de 2003	Activa	Activa
Origen	Murciélagos	Murciélagos	Murciélagos
Huésped intermediario	Civeta común de las palmeras	Camellos	Pangolín

Receptor en humanos	ACE2 (enzima convertidora de angiotensina)	DDP4 (dipeptidil-peptidasa)	ACE2 (enzima convertidora de angiotensina)
Enfermedad causada	SARS	MERS	COVID-19
Número de países afectados	29	27	216
Casos confirmados	8,097	2,519	27,236,916
Defunciones (letalidad %)	776 (9.6)	866 (34)	891,031 (3.2)
R0	1.8-2.5	0.3-1.3	2-4

Fuente: Aguilar et al. (2020). Datos adaptados de: World and Health Organization, Sheeren M et al.

ESTRUCTURA

El virus del SARS-CoV-2 recibe este nombre debido al aspecto que presenta, el cual asemeja a una corona solar que se observa alrededor del virus en imágenes de microscopía electrónica; esta partícula vírica tiene forma esférica de un diámetro que va de 60 a 140 nm junto con espigas o “Spikes” de 8 a 12 nm de longitud aproximadamente (Pastrian, 2020).

Esta partícula vírica pertenece al subgénero *sarbecovirus*, subfamilia *Orthocoronavirinae*; es un beta coronavirus envuelto, que contiene un ARN de cadena sencilla no segmentado, en sentido positivo (Oliva, 2020).

Pastrian (2020) señala que la estructura del virión consiste principalmente en una nucleocápside que protege al material genético viral y en una envoltura externa, el genoma viral está asociado con la proteína de la nucleocápside (N), la cual, se halla fosforilada e insertada dentro de la bicapa de fosfolípidos de la envoltura externa. En cuanto a la envoltura externa, allí se encuentran proteínas estructurales principales denominadas:

- Proteína Spike (S)
- Proteína de membrana (M)
- Proteína de envoltura (E)

- Proteínas accesorias: hemaglutinina esterasa (HE), proteína 3, proteína 7.

Funciones estructurales de las proteínas principales:

- Proteína (S): facilita la unión del virus al receptor de la célula huésped.
- Proteína (M): ayuda a mantener la curvatura de la membrana y la unión con la nucleocápside.
- Proteína (E): juega un papel importante en el ensamblaje y liberación del virus.
- Proteína (N): forma parte de la nucleocápside al unirse al material genético viral.
- Proteína accesoria (HE): se halla solo en algunos Betacoronavirus y su actividad esterasa facilita la entrada del virus en la célula huésped, además, de ayudar en la propagación.

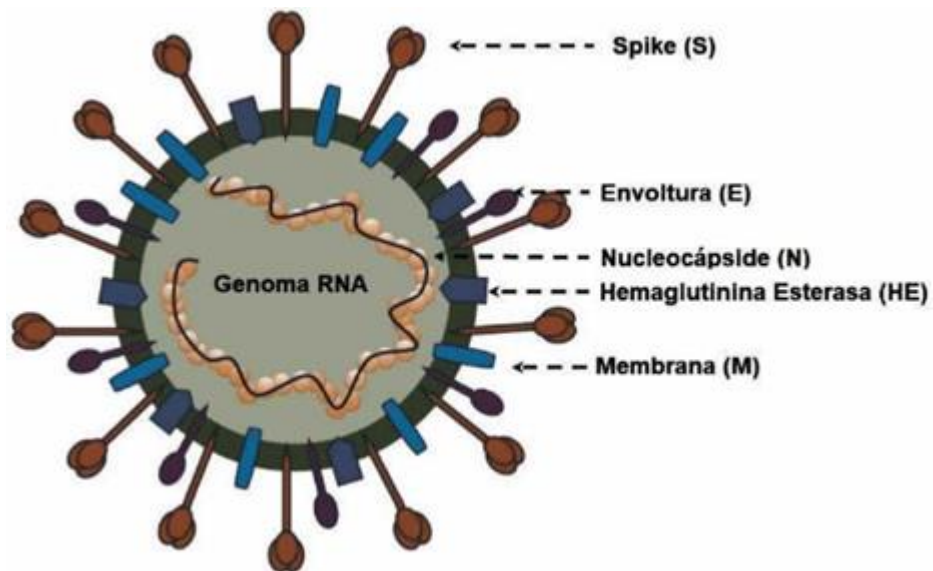


Figura 3. Forma y estructura de SARS-CoV-2. Fuente: Pastrian (2020).

COVID 19 Y LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

La pandemia al igual que la contaminación atmosférica no conocen fronteras por lo que se propaga en todo el mundo y explota las debilidades de varios países tales como son los sistemas de atención médica y la extrema desigualdad social. Sin embargo, su

relación es un problema generalizado y complejo, ya que la contaminación del aire ha intensificado la pandemia, pero la pandemia ha limpiado temporalmente los cielos; en un año en el que las malas noticias parecían incesantes, hay muchas razones para tener esperanzas sobre el medio ambiente una de ellas es la disminución de los diferentes contaminantes en nuestro ambiente, tal es el caso que distintos centros de investigación se encuentran estudiando el impacto del COVID 19 en el medio ambiente.

Adams (2020) realizó un estudio en Ontairo, Canadá con una duración de cinco semanas durante el confinamiento, en el cual todos los negocios no esenciales debían permanecer cerrados, por lo que a su vez se vio afectada la economía. Dicho análisis se realizó utilizando observaciones de contaminación del aire a nivel del suelo en 38 estaciones de monitoreo activas para PM_{2.5}, O₃, NO₂ y NO_x. El material particulado fino (PM_{2.5}) no presentó reducciones significativas durante el confinamiento, las concentraciones promedio de ozono troposférico (O₃) fueron 1 ppb más bajas, el dióxido de nitrógeno (NO₂) 4.5 ppb y los óxidos de nitrógeno (NO_x) 7.1 ppb por debajo del promedio, ambos contaminantes mostraron sus concentraciones más bajas demostrando así una reducción en todo Ontario.

Bashir *et al.* (2020) indican, que el confinamiento obligatorio, la reducción de las actividades económicas y menos tráfico vial han contribuido a reducir las emisiones de contaminantes ambientales en California, por lo que se ha tenido un impacto significativo en la calidad del aire; uno de ellos es el smog, ha dado paso a cielos azules, hay un aumento de las actividades en la vida marina y el nivel de contaminación en las ciudades metropolitanas ha disminuido significativamente, por lo que dichos impactos positivos han permitido reconsiderar nuestro impacto en el entorno que nos rodea, y la situación actual es un “reinicio” para la naturaleza y los humanos.

Se analizaron diversos indicadores de contaminación ambiental como: PM₁₀, PM_{2.5}, dióxido de azufre (SO₂), compuestos orgánicos volátiles (COV), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO₂) y plomo (Pb); esto mediante las pruebas de correlación de Spearman y Kendall como metodología empírica para observar la correlación de los contaminantes ambientales con COVID-19; en particular se analizó el impacto de las partículas finas PM_{2.5} e indicaron que solo 1 µg/m³ está asociado con un aumento del 15 % en la tasa de mortalidad por COVID-19, por ese motivo se puede decir que los contaminantes ambientales están significativamente correlacionados con los casos y muertes de COVID-19 en California.

Berman y Ebisu (2020) evaluaron la calidad del aire durante la pandemia de COVID-19 para partículas finas (PM_{2.5}) y dióxido de nitrógeno (NO₂) en Estados Unidos; está se llevó a cabo en tiempo real utilizando la red federal de monitoreo del aire. En donde se vio una reducción del 25.5% en NO₂ durante la pandemia a comparación con años históricos, estas disminuciones se asocian con el sector de tráfico vehicular reducido. De igual manera se observó una disminución general en PM_{2.5} en los condados urbanos y en aquellos que instituyeron el cierre temprano de negocios. El cambio porcentual de PM_{2.5} no es tan grande como el de NO₂, y esto puede deberse a que las concentraciones de PM_{2.5} provienen de múltiples fuentes ajenas al transporte, incluidas las emisiones de las industrias.

Zambrano *et al.* (2020) destacan los efectos positivos y negativos del COVID-19 en el medio ambiente, particularmente en los países más afectados. Los positivos giran en torno a la reducción de las concentraciones de PM_{2.5} y NO₂ en China, Francia, Alemania, España e Italia, teniendo en cuenta que las altas concentraciones de estos gases son uno de los mayores problemas ambientales de los países desarrollados. Por otro lado, se ha generado efectos negativos, en algunas ciudades de EE. UU., en donde se suspendieron los programas de reciclaje porque las autoridades se han preocupado por el riesgo de propagación del virus en los centros de reciclaje.

Es fundamental mencionar que las emisiones de algunos gases de efecto invernadero han disminuido como resultado de la pandemia, aunque esta reducción podría tener poco impacto en las concentraciones totales de estos, ya que, la disminución de dichas concentraciones durante un período corto no es una forma sostenible de limpiar nuestro medio ambiente; por lo que para que se lleve a cabo una caída significativa, debe haber un cambio estructural a largo plazo en las economías de los países.

Otmani *et al.* (2020) indican, que la reducción de las actividades antropogénicas durante el brote de Covid-19 en Salé, Marruecos desempeñan un papel importante en la formación de contaminación del aire. Las respuestas causaron impacto, considerando que las concentraciones de los contaminantes se redujeron, tal es el caso de PM₁₀ en un 75%, un 96% de NO₂ y 49% de SO₂, esto a pocos días después de la implementación de las contramedidas de Covid-19.

La variación más significativa se observó para el NO₂, el cual es un indicador común del aire urbano que resulta de procesos de combustión, generación de energía térmica, emisiones industriales, gases de escapes de automóviles y transporte marítimos, este contaminante se encuentra estrechamente relacionado con muchos peligros para la salud como son trastornos respiratorios y cardiovasculares, presión arterial y cáncer de pulmón, además sus altas concentraciones pueden inducir la formación de aerosoles de nitrato y lluvia ácida.

Chen *et al.* (2020) enfatizan, que la calidad del aire es sensible a las emisiones antropogénicas, debido al confinamiento producido por el COVID-19 se redujeron las emisiones diarias de CO₂ a nivel mundial hasta en un 25% y los contaminantes como NO₂ y PM₁₀ disminuyeron en las principales ciudades de China, Corea del Sur, Europa y América del Sur y del Norte. Por otro lado, indican que un cierre definitivo de fuentes particulares no es una forma eficiente o efectiva de mejorar la calidad del aire, sino

que dependen de la innovación de reducir las emisiones de las industrias, el tráfico, las actividades residenciales y el consumo de energía.

Wang *et al.* (2020) indican, que el brote de COVID-19 ayuda a mejorar la calidad del aire a corto plazo y contribuye significativamente a la reducción global de las emisiones de carbono. Sin embargo, a largo plazo, no hay evidencia de que esta mejora continúe, tanto las actividades económicas y las restricciones de tráfico ayudan a la disminución de la contaminación del medio ambiente, por lo que las medidas de cuarentena no solo pueden proteger al público del COVID-19, sino también ejercer un impacto positivo en el medio ambiente.

Por todos estos riesgos que atraviesa el plantea y la sociedad, es de carácter urgente atender dicha problemática y no se puede esperar a que pase la pandemia para reducir rápidamente las emisiones. En cambio, se debe de tratar con la misma urgencia que la COVID-19.

En la actualidad las personas de todo el mundo son testigos de cómo la contaminación ambiental causa estragos en el planeta, pero no solamente en manera ambiental, sino que se ve involucrado el sector salud y como los diferentes contaminantes influyen en las distintas enfermedades que van desde un incremento en ataques cardíacos y accidentes cerebrovasculares hasta la propagación de enfermedades infecciosas y traumas psicológicos los cuales varios autores estudian hoy en día.

Mendy *et al.* (2021), estudiaron a 1128 pacientes de hospitales y clínicas de la Universidad de Cincinnati con COVID 19 y los resultados indican que la exposición a largo plazo a PM_{2.5} se asocia con mayores probabilidades de hospitalización en pacientes con COVID-19 con asma o enfermedad pulmonar obstructiva crónica. El material particulado además de causar estrés oxidativo en las vías respiratorias y daño

a la mucosa también afecta la eliminación mucociliar de patógenos y la respuesta de las células asesinas naturales y así aumenta la susceptibilidad a la COVID-19 y su gravedad.

Bolaño *et al.* (2020), reportan datos de la región de América Latina y el Caribe (ALC) sobre la posible influencia de la calidad del aire y transmisión acelerada de COVID-19. Esto principalmente al mecanismo de transmisión de la contaminación del aire a los humanos, en lugar de la transmisión de persona a persona. La calidad del aire en términos de $PM_{2.5}$ y PM_{10} ha mejorado durante el confinamiento por la pandemia de COVID-19 en ALC; por lo que en la Ciudad de México y Bogotá mostraron correlaciones negativas entre los indicadores de contaminación y la propagación del COVID-19. Principalmente en casos totales para PM_{10} en Ciudad de México y $PM_{2.5}$ en Bogotá. Por el contrario, São Paulo, Santiago y Buenos Aires mostraron una correlación positiva significativa entre las muertes por COVID-19 y los indicadores de contaminación del aire analizados.

Por tal motivo es importante señalar que la correlación entre los indicadores de contaminantes del aire, los casos y la mortalidad de COVID-19 puede ser engañosa dada la diversidad de medidas de restricción de movilidad en las diferentes ciudades, ya que el confinamiento reduce la generación de contaminación y reduce el contacto social.

Lin *et al.* (2020) indican, que los contaminantes del aire se correlacionan con varias enfermedades, como las del sistema cardiovascular, daño al sistema respiratorio y reducción de resistencia viral y también se incluye la COVID-19. Por otro lado, la producción de CO está estrechamente relacionada con la combustión incompleta de combustibles fósiles, lo cual es un contaminante gaseoso ambiental, por lo que, una alta exposición provoca síntomas respiratorios, por lo que, la COVID-19 como enfermedad respiratoria puede estar asociado con una exposición de alto nivel de CO.

Zhang *et al.* (2020) señalan, que la contaminación del aire puede ser un contribuyente crucial a la transmisión e infección por coronavirus de dos maneras. En primer lugar, la propagación del virus en el aire mediante las partículas finas ambientales que permanecen suspendidas mayor cantidad de tiempo, las cuales viajan distancias más largas, cubren áreas más grandes y penetran los pulmones mucho más profundamente, teniendo en cuenta que el COVID-19 es una enfermedad respiratoria y puede permanecer en aerosoles viables durante horas; en segundo lugar, la contaminación atmosférica grave produce anomalías en la composición del surfactante pulmonar y daña la eficiencia de trabajo de los pulmones, lo que provoca mayor vulnerabilidad a enfermedades e infecciones respiratorias, asma y enfermedad pulmonar obstructiva crónica.

Teniendo en cuenta que los pulmones son el objetivo principal de este virus, los cuales se adhieren a los receptores de las células de los pulmones, por lo que las posibilidades de infección aumentan si una persona está expuesta a una contaminación atmosférica severa y el riesgo de infección por virus aumenta después de uno a tres días de la exposición.

Briz *et al.* (2020) mencionan, que el NO₂, el CO, el O₃ y el SO₂ son contaminantes del aire que implican riesgo de padecer infecciones respiratorias, ya que la exposición a corto y largo plazo está relacionada con enfermedades pulmonares. Tal como el caso del COVID-19; considerando que las personas pueden adquirir este coronavirus a través del aire debido a su estabilidad en aerosoles y sus gotitas portadoras de patógenos las cuales pueden viajar de 7 a 8 m.

Zoran *et al.* (2020) indican, que los estudios epidemiológicos y toxicológicos mantienen un vínculo entre la contaminación del aire urbano, esto debido a la combustión de productos relacionados con el tráfico u otras fuentes antropogénicas de contaminantes, los cuales inducen en la inflamación de las vías respiratorias y la

hiperreactividad de las vías respiratorias; al igual un aumento de la incidencia o gravedad de las enfermedades respiratorias y cardiovasculares.

Actualmente entre los contaminantes del aire, el enfoque se da principalmente al material particulado en sus dos diferentes fracciones de tamaño $PM_{2.5}$ y PM_{10} ; teniendo en cuenta que la exposición crónica a largo plazo puede tener un papel importante en la propagación de Covid-19. Además, la exposición a corto plazo a altos niveles de concentraciones de partículas que se encuentran en el aire ambiente se asocia a una reducción de la función pulmonar y la inducción de síntomas respiratorios los cuales pueden ser tos, dificultad para respirar y dolor al inspirar profundamente.

El papel de los trastornos inmunitarios inducidos por la exposición a largo o corto plazo a altos niveles de partículas PM_{10} y $PM_{2.5}$ contribuye a la impresionante letalidad del SARS-CoV-2. En lo particular la alta tasa diaria de casos nuevos confirmados de COVID-19 en Milán están estrechamente relacionada con la contaminación del aire con altos niveles de partículas y otros contaminantes, que exceden los límites máximos permitidos.

La contaminación del aire actúa como portador del virus COVID-19, facilitando su transmisión y propagación, permitiendo la supervivencia de forma activa con diferentes tiempos de residencia. Además, la contaminación del aire urbano impone una mayor vulnerabilidad de la población a los síndromes respiratorios, incluso en ausencia de agentes causales microbianos.

Arora *et al.* (2020) mencionan que, durante el período de confinamiento en todo el mundo, la vista del cielo azul creó una sensación de optimismo entre las personas hacia un medio ambiente limpio y mejor. Antes del COVID-19, en todo el mundo se sufría un alto nivel de contaminación del aire urbano, especialmente en forma de CO_2 ,

SO₂, NO₂ y partículas; teniendo en cuenta que las principales fuentes de contaminación son las responsables de estos, tal es el caso del sector transporte, industria y centrales eléctricas.

Muchas enfermedades respiratorias, como la hipertensión, los infartos, las enfermedades cognitivas y mentales, ya son provocadas por la contaminación del aire. La única diferencia es que esas enfermedades pueden no ser tan inmediatamente letales como el COVID-19 y no transmitirse de persona a persona.

Hoy en día y después de alrededor de dos años y medio de restricciones relacionadas con la COVID-19 aún no se puede decir que la pandemia ha terminado, por lo que el director general de la Organización Mundial de la Salud, Tedros Adhanom Ghebreyesus menciona que el fin de la pandemia está a la vista pero que aún se sigue trabajando en ello. En la actualidad la COVID-19 sigue causando cerca de 1600 muertes al día a nivel mundial y el número de casos no se ha estabilizado en un nivel bajo, lo que la jefa científica de la OMS, Soumya Swaminathan indica que todavía es un poco prematuro decir que lo hemos superado (NATGEO, 2022).

Podemos considerar que contaminar nuestro aire equivale a envenenar lentamente nuestro cuerpo, y más cuando lo ponemos a prueba con una infección como la actual, ya que, tiene una capacidad limitada para defenderse. Por consiguiente, las futuras investigaciones deben analizar la relación entre los cambios en la contaminación del aire y los efectos sobre la salud, comparar los cambios producidos en la calidad del aire con el desplazamiento de las personas, transporte de mercancías y cambios geográficos. De la misma manera, incluir estudios asociados a cambios estacionales, densidad del tráfico, actividades industriales y quema de biomasa, tanto en áreas metropolitanas como en ciudades pequeñas (Lanchipa et al., 2020).

CONCLUSIONES

Cuando hablamos de contaminación atmosférica siempre o la mayoría de veces hacemos alusión a todas las actividades que realiza el ser humano “contaminación antropogénica” como son las emisiones de automóviles, fabricas, incendios, entre otras; sin embargo debemos de tener en cuenta que también existen fuentes naturales como son las emisiones de gases y cenizas volcánicas, humo de incendios naturales, polvos, polen y esporas de plantas, hongos y bacterias, las cuales también influyen en dicha problemática, no con la misma intensidad, pero eso no la descarta en la estabilidad del ambiente.

En nuestra actualidad el aire contaminado se encuentra estrechamente relacionado con problemas de salud; un claro ejemplo de ello es la pandemia global de COVID-19, en la cual la sociedad con mayor exposición a contaminantes se ven más afectados, ya que se encuentran con un grado mayor de vulnerabilidad a los síndromes respiratorios. Por tal motivo los gobiernos de todos los países tienen una tarea sumamente importante, el cual consta de un sistema encargado de buscar nuevas alternativas que ayuden a disminuir y reducir los desechos y las emisiones de los diferentes contaminantes.

También debemos de considerar que en la actualidad es importante el fomentar la participación de la comunidad en proyectos sociales ambientales con el fin de que la población sea consciente de la realidad que vivimos; ya que cuidar el medioambiente no requiere grandes acciones, sino que desde nuestra propia casa podemos hacer muchos y pequeños gestos tales como caminar, utilizar bicicleta en vez de auto, cuidar las zonas verdes, entre otras cosas más a fin de contribuir a su protección. Además, eso será de gran aprendizaje para las nuevas generaciones, ya que estas son las del futuro. Por lo que podemos decir que todos somos responsables, directa o indirectamente, de los problemas a los cuales nos enfrentamos diariamente, por ese motivo todos debemos actuar para reducir tales efectos, teniendo en cuenta que el planeta ha vivido muchos años sin humanos, pero los humanos no pueden vivir sin el planeta.

LITERATURA CITADA

- Adams**, M. D. 2020. Contaminación del aire en Ontario, Canadá durante el estado de emergencia por COVID-19. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7321656/>. (20, octubre, 2022).
- Aguilar**, G. E., Hernandez, S. A. y Gutierrez, I. C. 2020. Características del SARS-CoV-2 y sus mecanismos de transmisión. Revista Latinoamericana de infectopatología pediátrica. Volumen (1): 6 p.
- Arora**, S., Bhaukhandi, K. D. y Mishra, P. K. 2020. El bloqueo del coronavirus ayudó al medio ambiente a recuperarse. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7323667/>. (25, octubre, 2022).
- Bashir**, M. F., Komal, B., Farooq, T. H. y Iqbal, N. 2020. Correlación entre indicadores de contaminación ambiental y pandemia de COVID-19: un breve estudio en el contexto de California. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7219392/>. (20, octubre, 2022).
- Berman**, J. D. y Ebisu, K. 2020. Cambios en la contaminación del aire de EE. UU. durante la pandemia de COVID-19. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/mid/NIHMS1616728/>. (20, octubre, 2022).
- Bolaño**, T. R., Caicedo, Y. C. y Puliafito, S. E. Propagación del SARS-CoV-2 por la región de América Latina y el Caribe: Una mirada desde sus indicadores de condiciones económicas, climáticas y de contaminación del aire. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7361092/>. (22, octubre, 2022).
- Briz**, R. A., Belenguer, S. C. y Serrano, A. A. 2020. Cambios en la contaminación del aire durante el confinamiento por la COVID-19 en España: un estudio multicidad. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7402215/>. (24, octubre, 2022).
- Chen**, H., Huo, J. y Fu, Q. 2020. Impacto de las medidas de cuarentena en las composiciones químicas de PM 2.5 durante la epidemia de COVID-19 en Shanghái, China. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7336916/>. (21, octubre, 2022).

- Ciotti, M., Ciccozzi, M., Terrinoni, A., Jiang, W. C., Wang, C. B., & Bernardini, S.** (2020). The COVID-19 pandemic. *Critical reviews in clinical laboratory sciences*, 57(6), 365-388.
- Echeverri, L. C. A.** 2019. Contaminación atmosférica. Ediciones de la U. Primera edición. Bogotá. Colombia. Pp. 27 – 28.
- Encinas, M. M. D.** 2011. Medio ambiente y contaminación, principios básicos. International. Primera edición. Pp. 5 – 36.
- Gob, mx.** 2019. Covid-19. <https://coronavirus.gob.mx/covid-19/>
- INECC.** 2007. Tipos y fuentes de contaminantes atmosféricos. <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/396/tipos.html>
- Lanchipa, A. T., Moreno, S. K. y Luque, Z. B.** 2020. Perspectiva del COVID-19 sobre la contaminación del aire. http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2617-47312020000200155. (25, octubre, 2022).
- Lin, S., Wei, D. y Sun, Y.** 2020. Los contaminantes del aire y los parámetros meteorológicos específicos de la región influyen en la COVID-19: un estudio de China continental. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7406240/>. (25, octubre, 2022).
- Mendy, A., Wu, X. y Keller, J. L.** 2021. Exposición a largo plazo a partículas finas y hospitalización en pacientes con COVID-19. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7835077/>. (23, octubre, 2022).
- NATGEO.** 2021. ¿Por qué el cambio climático sigue siendo la mayor amenaza para la salud? <https://www.nationalgeographicla.com/ciencia/2021/09/por-que-el-cambio-climatico-sigue-siendo-la-mayor-amenaza-para-la-salud>
- NATGEO.** 2021. Cinco victorias que dieron esperanza a la causa ambiental en 2021. <https://www.nationalgeographicla.com/medio-ambiente/2021/12/cinco-victoriasque-dieron-esperanza-a-la-causa-ambiental-en-2021>
- NATGEO.** 2022. ¿Cuáles son los principales tipos de contaminación ambiental? <https://www.nationalgeographicla.com/medio-ambiente/2022/08/cuales-son-losprincipales-tipos-de-contaminacion-ambiental>

- NATGEO.** 2022. ¿Ha terminado ya la pandemia de COVID-19? <https://www.nationalgeographic.es/ciencia/2022/09/ha-terminado-ya-la-pandemia-de-covid-19>
- Oliva, M. J. E.** 2020. SARS-CoV-2: origen, estructura, replicación y patogénesis. <https://www.lamjol.info/index.php/alerta/article/view/9619>
- OMS.** 2019. Coronavirus. https://www.who.int/es/health-topics/coronavirus#tab=tab_1
- OMS.** 2021. Contaminación del aire ambiente (exterior). [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-andhealth#:~:text=La%20contaminaci%C3%B3n%20del%20aire%20representa,agudas%2C%20entre%20ellas%20el%20asma](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-andhealth#:~:text=La%20contaminaci%C3%B3n%20del%20aire%20representa,agudas%2C%20entre%20ellas%20el%20asma)
- OMS.** 2022. La OMS insta a acelerar la adopción de medidas para proteger la salud humana y combatir la crisis climática en un momento de agravamiento de los conflictos y la fragilidad. <https://www.who.int/es/news/item/06-04-2022-who-urges-accelerated-action-to-protect-human-health-and-combat-the-climate-crisis-at-a-time-of-heightened-conflict-and-fragility>
- OMS.** 2022. Miles de millones de personas siguen respirando aire insalubre: nuevos datos de la OMS. <https://www.who.int/es/news/item/04-04-2022-billions-of-people-still-breathe-unhealthy-air-new-who-data>
- Ops.** 2018. Contaminación del aire ambiental exterior y en la vivienda: Preguntas frecuentes. <https://www.paho.org/es/temas/calidad-aire-salud/contaminacion-aire-ambiental-exterior-vivienda-preguntas-frecuentes>.
- Otmani, A., Benchrif, A. y Tahri, M.** 2020. Impacto del confinamiento por el Covid-19 en las concentraciones de PM 10 , SO 2 y NO 2 en Salé City (Marruecos). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32445829>. (20, octubre, 2022).
- Pastrian, S. G.** 2020. Bases Genéticas y Moleculares del COVID-19 (SARS-CoV-2). Mecanismos de Patogénesis y de Respuesta Inmune. Calama. Chile. Pp. 331 – 337.
- PNUMA.** 2021. 5 contaminantes peligrosos que respiras todos los días. <https://www.unep.org/news-and-stories/story/5-dangerous-pollutants-youre-breathing-every-day>

- PNUMA.** 2021. Cinco actividades que generan contaminación en el aire. <https://www.portalambiental.com.mx/sabias-que/20210108/cinco-actividades-que-generan-contaminacion-en-el-aire>
- PNUMA.** 2022. Acciones colectivas necesarias para mejorar la calidad del aire que compartimos. <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/acciones-colectivas-necesarias-para-mejorar-la-calidad-del-aire>
- Sánchez, O. K., Ortiz, H. L. y Sanchez, S. E.** 2016. Con-Ciencia ambiental. Universidad Autonoma del Estado de Morelos. Primera edición. Cuernavaca. México. Pp. 19 – 20.
- SEMARNAT.** 2013. Calidad del aire: una práctica de vida. <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/CD001593.pdf>
- SEMARNAT.** 2018. Informe de la situación del medio ambiente en México. <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/index.html>
- Wang, P., Chen, K. y Zhu, S.** 2020. Eventos graves de contaminación del aire no evitados por la reducción de las actividades antropogénicas durante el brote de COVID-19. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7151380/>. (22, octubre, 2022).
- Zambrano, M. M., Ruano, M. A. y Sanchez, A. L.** 2020. Efectos indirectos del COVID-19 en el medio ambiente. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7169883/>. (21, octubre, 2022).
- Zhang, Z., Xue, T. y Jin, X.** 2020. Efectos de las condiciones meteorológicas y la contaminación del aire en la transmisión de COVID-19: Evidencia de 219 ciudades chinas. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7832158/>. (24, octubre, 2022).
- Zoran, M., Savastru, R. S. y Tautan, M. N.** 2020. Evaluación de la relación entre los niveles superficiales de PM2.5 y el impacto de partículas PM10 en COVID-19 en Milán, Italia. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7265857/>. (24, octubre, 2022).