



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Contaminación Atmosférica por Aerosoles antes y durante
Pandemia COVID-19 en Perú: Revisión Sistemática**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniera Ambiental

AUTORAS:

Fernandez Lopez, Karin Janeth (ORCID: 0000-0002-5506-9107)

Ñañez Laura, Carla Patricia (ORCID: 0000-0002-9355-5667)

ASESOR:

Mgtr. Reyna Mandujano, Samuel Carlos (ORCID: 0000-0002-0750-2877)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Dedico este trabajo especialmente a Dios por haber permitido que termine la carrera de Ingeniería Ambiental y por mantenerme con vida y salud para seguir continuando con mis proyectos. A mis hijos Piero, América y Patrick que son el motivo mayor para seguir adelante. A mis queridos padres Pantaleón y Eucebia porque sé que uno de sus mayores anhelos es verme profesionalmente realizada.

Carla Patricia Ñañez Laura

Dedico el presente trabajo a nuestro Señor Creador, por haberme guiado y puesto en mi camino personas maravillosas para culminar la carrera de Ingeniería Ambiental.

A mis maravillosos padres Olinda y Felix por su apoyo incondicional en todo el transcurso de mis años de estudio.

A mis hijos Cristian y Jesús que son mis motores y motivos en seguir esforzándome. Que son mi mayor inspiración.

A mis hermanos Jim, Lizbeth y Cristian por haberme apoyado en el transcurso de mis estudios.

Karin Janeth Fernandez Lopez

AGRADECIMIENTO

Agradecer la conclusión de esta investigación a nuestros asesores, el Mgtr. Samuel Carlos Reyna Mandujano y el Mgtr. Cesar Honores Balcazar quienes nos apoyaron desde el inicio de nuestro trabajo de investigación. Su dedicación como expertos y válidos conocimientos han sido fundamental para el logro de la presente.

Agradecer a la Universidad Cesar Vallejo por habernos dado la oportunidad de concluir de manera satisfactoria con nuestra carrera y obtener el título profesional de Ingenieras Ambientales.

Índice de Contenidos

CARÁTULA.....	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
Índice De Contenidos.....	iv
Índice De Figuras.....	vi
Índice De Abreviaturas	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	13
3.1 Tipo y diseño de investigación	13
3.2 Categorías, subcategorías y matriz de categorización	13
3.3 Escenario de estudio	15
3.4 Participantes	15
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	15
3.6 Procedimientos	16
3.7 Rigor científico	18
3.8 Método de análisis de información.....	18
3.9 Aspectos éticos.....	19
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
V. CONCLUSIONES.....	26
VI. RECOMENDACIONES	27
REFERENCIAS	28
ANEXOS.....	38

Índice De Tablas

<i>Tabla N°1: Antecedentes de la variación de contaminación atmosférica por Covid-19.....</i>	<i>10</i>
<i>Tabla N°2: Matriz de categorización</i>	<i>14</i>
<i>Tabla N°3: Criterio de búsqueda.....</i>	<i>17</i>
<i>Tabla N°4: Clasificación de la emisión de partículas de aerosoles.....</i>	<i>20</i>
<i>Tabla N°5: Clasificación de aerosoles por categorías.....</i>	<i>21</i>
<i>Tabla N°6: Variación de contaminación atmosférica antes y durante el Covid-19.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabla N°7: Actividades que implicar el aumento de la contaminación atmosférica.....</i>	<i>24</i>

Índice De Figuras

<i>Figura N°1: Observación satelital de la contaminación por PM 2.5.....</i>	<i>6</i>
<i>Figura N°2: Cambios diarios en el COVID-19 total confirmado en Corea hasta el 30 de abril de 2020.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura N°3: Cambios diarios en el COVID-19 total confirmado en Corea hasta el 30 de abril de 2020.....</i>	<i>10</i>

Índice De Abreviaturas

COV: compuestos orgánicos volátiles

SARS-CoV-2: coronavirus del síndrome respiratorio agudo severo 2

OMS: Organización Mundial de la Salud

HAP: hidrocarburos aromáticos policíclicos

ALC: América Latina y el Caribe

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo definir las características que presentan los aerosoles que contribuyen a la contaminación atmosférica para lo cual se dispuso a definir las características que presentan los aerosoles que contribuyen a la contaminación atmosférica, analizar las concentraciones de los contaminantes atmosféricos en Perú antes y durante la pandemia Covid-19 y por último definir las actividades más relevantes que implican el aumento de la contaminación atmosférica en Perú.

Después de realizar la revisión de 20 estudios, se tuvo que del 13% de las partículas de aerosoles que se originan son mediante la actividad humana, siendo la característica principal de los aerosoles que contaminan la atmósfera la presencia de hierro, como es el caso de los aerosoles de carbón negro y mineral, generando calentamiento global. Así también, las concentraciones de los contaminantes atmosféricos en Perú antes y durante la pandemia Covid-19 fueron por debajo de los 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ al inicio del aislamiento social y 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ antes del periodo de aislamiento; indicando que las medidas de control de emisiones iniciadas y aplicadas debido a eventos importantes por el aislamiento obligatorio tiene un efecto significativo en la reducción de la contaminación por aerosoles en la atmósfera. Por último, la actividad más relevante que influye en la contaminación atmosférica en el Perú es la actividad industrial, siendo una de las primeras actividades que genera, el MP10 y 2.5 al igual que los aerosoles.

Palabras Clave: Aerosoles, contaminación atmosférica, Covid-19, PM2.5, PM10

ABSTRACT

The objective of this research is to define the characteristics of aerosols that contribute to atmospheric contamination, to analyze the concentrations of atmospheric contaminants in Peru before and during the covid-19 pandemic and finally to define the most relevant activities that imply the increase of atmospheric contamination in Peru.

After reviewing 20 studies, it was found that 13% of the aerosol particles that originate are caused by human activity, being the main characteristic of the aerosols that pollute the atmosphere the presence of iron, as is the case of black carbon and mineral aerosols, generating global warming. Also, the concentrations of air pollutants in Peru before and during the Covid-19 pandemic were below 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ at the beginning of social isolation and 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ before the isolation period; indicating that the emission control measures initiated and applied due to important events by mandatory isolation have a significant effect on the reduction of aerosol pollution in the atmosphere. Finally, the most relevant activity that influences air pollution in Peru is industrial activity, being one of the first activities that generates PM10 and 2.5 as well as aerosols.

Keywords: Aerosols, Covid-19, PM2.5, PM10, air pollution, PM2.5, PM10

I. INTRODUCCIÓN

Varios estudios realizados en los últimos años en Europa y, sobre todo, en Estados Unidos, han demostrado que las partículas finas en las zonas urbanas representan un importante indicador de la calidad del aire; en particular las partículas finas que tienen una amplia gama de efectos sobre los sistemas biológicos y la salud humana (Janssen et al., 1997, p.1).

La contaminación del aire es el resultado de fuentes tanto naturales (por ejemplo, incendios, volcanes y polvo arrastrado por el viento) como creadas por el hombre (Stanek L. y Brown J., 2019, p.1). Pero, la actividad humana es una de las principales fuentes que liberan contaminantes a la atmósfera como el dióxido de azufre (SO₂), el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NOX), las partículas (PM), el ozono (O₃) y los compuestos orgánicos volátiles (COV) (Zhang et al, 2016, p.1).

Con los enormes y extremadamente rápidos cambios sociales y económicos que ocurren a nivel del mundo debido a la enfermedad del coronavirus SARS-CoV-2, incluidas las órdenes de quedarse en casa promulgadas en casi todos los países, existe interés en cuantificar los impactos de la contaminación del aire de esos pedidos (Bekbulat et al., 2021, p.1).

Durante la pandemia de COVID-19 en China, se adoptaron medidas drásticas para frenar la propagación del virus; siendo la medida más importante el reducir la interacción humana mediante la aplicación de cuarentenas estrictas, la prohibición de reuniones públicas y privadas, la restricción del tráfico y el cierre de empresas. En particular, las ciudades de la provincia de Hubei estaban sometidas al cierre más estricto; pero el 8 de abril de 2020, Wuhan levantó las restricciones de bloqueo, mientras que otras ciudades comenzaron a reanudar el trabajo y la producción después del 9 de febrero de 2020 (Gao et al., 2021, p.3).

El coronavirus del síndrome respiratorio agudo severo 2 (SARS-CoV-2) afectó tanto a las personas como a las industrias durante la epidemia y se redujeron las

concentraciones de contaminantes en la atmósfera en una cantidad significativa (Ghahremanloo et al., 2021, p.1). Se reportando mejoras en la calidad del aire durante el cierre del COVID-19 en varias ciudades de todo el mundo (Chauhan y Singh, 2020, p.1).

De manera análoga, en base a estudios realizados se determinó que durante los pedidos para quedarse en casa, los niveles promedio de PM 2.5 fueron más altos de lo esperado; los niveles promedio de ozono, NO₂, CO y PM 10 fueron levemente más bajos de lo esperado; unas pocas semanas después de que se emitieron las órdenes de quedarse en casa, las anomalías de concentración terminaron; los niveles de ozono, NO₂ y CO volvieron a los niveles esperados y los niveles de PM 2.5 y PM 10 fueron más altos de lo esperado; siendo las concentraciones de ozono, NO₂, CO y PM 10 disminuidos durante los pedidos para quedarse en casa, pero la reducción fue modesta y transitoria (Monks P., 2020, p.7).

Por ello; debido a la realidad problemática presentada respecto a la contaminación atmosférica antes y durante la pandemia Covid-19, se busca determinar de acuerdo a ese sentido, la gran importancia de investigar el impacto del brote de COVID-19 y las subsiguientes situaciones de bloqueo en los componentes atmosféricos para lograr una mejor comprensión de los efectos de la pandemia en la atmósfera.

Ante lo expuesto, el presente estudio plantea como problema principal de la investigación: **¿De qué manera los aerosoles inciden en la contaminación atmosférica?**, mientras que los problemas específicos son: **¿Qué características presentan los aerosoles que contribuyen a la contaminación atmosférica?**, **¿Cuáles son las concentraciones de los contaminantes atmosféricos en Perú antes y durante la pandemia Covid-19?**, **¿Cuáles son las actividades más relevantes que implican el aumento de la contaminación atmosférica en Perú?**

Del mismo modo, se determina como objetivo principal de la investigación: **Determinar de qué manera los aerosoles inciden en la contaminación atmosférica**, Así mismo los objetivos específicos propuestos fueron: **Definir las características que presentan los aerosoles que contribuyen a la contaminación atmosférica**,

Analizar las concentraciones de los contaminantes atmosféricos en Perú antes y durante la pandemia Covid-19, Definir las actividades más relevantes que implican el aumento de la contaminación atmosférica en Perú.

Debido a lo expuesto anteriormente y a la realidad problemática, la presente investigación se justifica porque pretende compilar estudios actualizados respecto a los niveles de contaminación atmosférica antes y después de la pandemia Covid-19, contribuyendo teóricamente con una información actualizada que podría ser usado en futuras investigaciones.

II. MARCO TEÓRICO

La contaminación atmosférica tiene muchas fuentes variadas, como los coches, las chimeneas, industrias hasta erosiones eólicas del suelo; y el producto de estas grandes emisiones, tanto antropogénicas como fuentes naturales durante largos periodos de tiempo aumentan las concentraciones, al igual que las propiedades químicas y físicas de estos contaminantes (Brusseau et al., 2019, p.1). Siendo un contaminante atmosférico cualquier gas o partícula que, en una concentración suficiente, puede ser perjudicial para la vida, el medio ambiente y/o la propiedad que pueden proceder de fuentes naturales, antropogénicas, o ambas (Graedel et al., 1993, p.2).

Las actividades antropogénicas aumentan las concentraciones de contaminantes atmosféricos, especialmente el CO₂ atmosférico y el O₃ troposférico, que juegan un papel importante en el funcionamiento de los ecosistemas forestales; donde los niveles elevados de CO₂ y O₃ alteran el metabolismo, el crecimiento y la composición química de los árboles, y el cambio de este puede, a su vez, extenderse en cascada a través de los niveles tróficos para influir en los procesos del ecosistema importantes para el funcionamiento de los bosques (Couture J. y Lindroth R., 2013, p.4).

El principal contaminante atmosférico que se ha relacionado con los resultados sanitarios son las partículas finas, es decir, aerosoles con un diámetro inferior a 2,5 µm (PM 2,5); dependiendo del tamaño, las partículas finas pueden penetrar profundamente en los pulmones, y las más pequeñas incluso llegan al torrente sanguíneo y afectan a otros órganos (Lelieveld et al., 2021, p.1).

Pero también, los estudios han demostrado que el contacto cercano y las gotitas respiratorias no pueden explicar todas las infecciones, y las transmisiones ambientales se han convertido en un importante mecanismo potencial de propagación del COVID-19, como el agua, el aerosol y la 'cadena de frío' de

propagación mejorada a baja temperatura, siendo entre estos, la transmisión por aerosoles la relativamente difícil de prevenir (Santarpia et al., 2020, p.1).

Los aerosoles son partículas sólidas extremadamente pequeñas, o gotitas de líquido muy pequeñas, suspendidas en la atmósfera; los que consisten en partículas sólidas que se pueden colocar en la atmósfera y los aerosoles líquidos en la atmósfera son principalmente gotitas de agua, en las que se pueden encontrar especies químicas activas (Oucher N. y Kerbach R., 2012, p.2). Se observan fácilmente en la naturaleza; también las atmósferas de los planetas del sistema solar son ricas en materia particulada en suspensión, como en el espacio interplanetario e interestelar y la riqueza de la experiencia visual en la observación de planetas depende de los gases y partículas concentrados en sus atmósferas; donde la variedad de color y opacidad de las atmósferas es un resultado directo de la absorción y dispersión de la luz de las partículas, así como de sus gases en suspensión (Hidy G., 2003, p.2).

Las personas expuestas a sustancias químicas potencialmente tóxicas a través de aerosoles deben recibir tratamiento general por la exposición, debido a que muchos productos químicos causan irritación de los ojos, la piel y el tracto respiratorio. En casos graves, la irritación de las vías respiratorias puede progresar a síndrome de dificultad respiratoria aguda / lesión pulmonar aguda, cuyo inicio puede retrasarse hasta 24-72 h en algunos casos (Achanzar W. y Mangipudy E., 2014, p.100).

En tal sentido los aerosoles son sistemas que van desde los de naturaleza coloidal hasta sistemas que consisten en "paquetes terapéuticos". Los aerosoles de acuerdo con Wexler et al., 2005, (p.15) se clasifican de la siguiente manera:

a) Sistemas de gas licuado

Bifásico: rociado espacial; revestimiento de la superficie; dispersión o suspensión

Trifásico: dos capas; espuma; estabilizado rompimiento rápido (B)

b) Sistemas de gas comprimido

Dispensación de flujo sólido

Dispensación de espuma

Dispensación de spray (C)

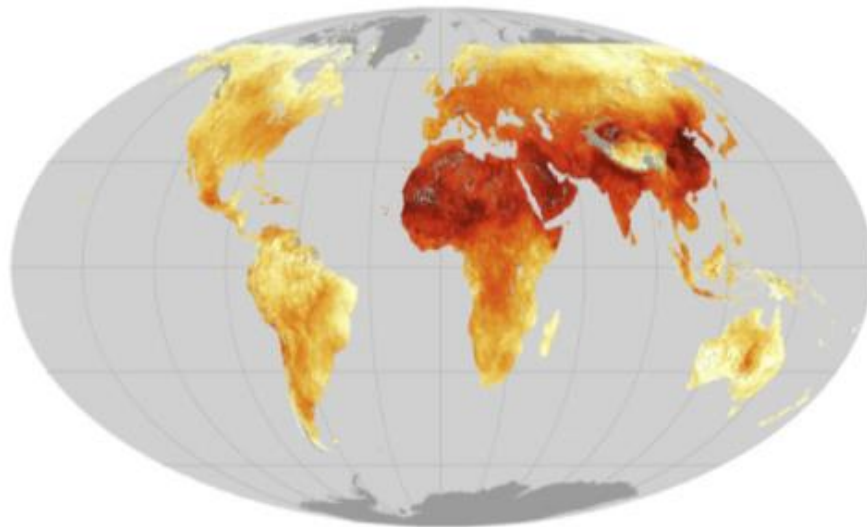
c) Separación de propelente de sistemas concentrados

Tipo de pistón, Tipo flexible

Tipo de atomizador, Diafragma de látex

De igual manera, las partículas son un medio de contaminación a nivel mundial, en el cual, en la imagen N°1 se puede observar la contaminación por PM 2.5 global en el período 2010-2012 derivado de observaciones satelitales (NASA); siendo estimado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) que el 90% de las personas en la Tierra están expuestas a concentraciones de PM 2.5 más altas que las pautas de calidad del aire de $10 \mu\text{g m}^{-3}$.

Figura N°1: Observación satelital de la contaminación por PM 2.5



Fuente: Van Donkelaar et al., (2010, p.3)

Los gases contaminantes, incluidos el dióxido de azufre, los óxidos de nitrógeno y ciertos vapores de compuestos orgánicos volátiles reactivos (COV), también representan un potencial sustancial para la producción de partículas en el aire

(Wang et al., 2012, p.3). Además, los COV son contaminantes atmosféricos que provocan el agotamiento de la capa de ozono; algunos de ellos son tóxicos o cancerígenos y son liberados por actividades industriales como limpieza industrial, impresión, pintura, etc. (Nokerman et al., 2002, p.2).

Del mismo modo, el sector del transporte es una fuente importante de contaminantes atmosféricos, donde los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), los HAP nitro y los compuestos orgánicos volátiles (COV) resultantes de una combustión incompleta pueden considerarse contaminantes que no están regulados por la ley. En el caso del biodiésel, la emisión varía según el tipo de materia prima utilizada (soja, colza, grasa animal, etc.); en el caso de una mezcla, la cantidad de emisión también depende del propio petrodiesel (Gupta D. y Gaur S., 2019, p.1).

Esto quiere decir, que la contaminación del aire ambiental afecta a una gran proporción de la población mundial, donde según la OMS, aproximadamente el 91% de la población mundial reside en lugares donde los niveles de contaminantes superan los umbrales de las pautas de calidad del aire de la OMS; estimando que la contaminación del aire ambiente causa 4,2 millones de muertes prematuras en todo el mundo (OMS, 2018, p.1).

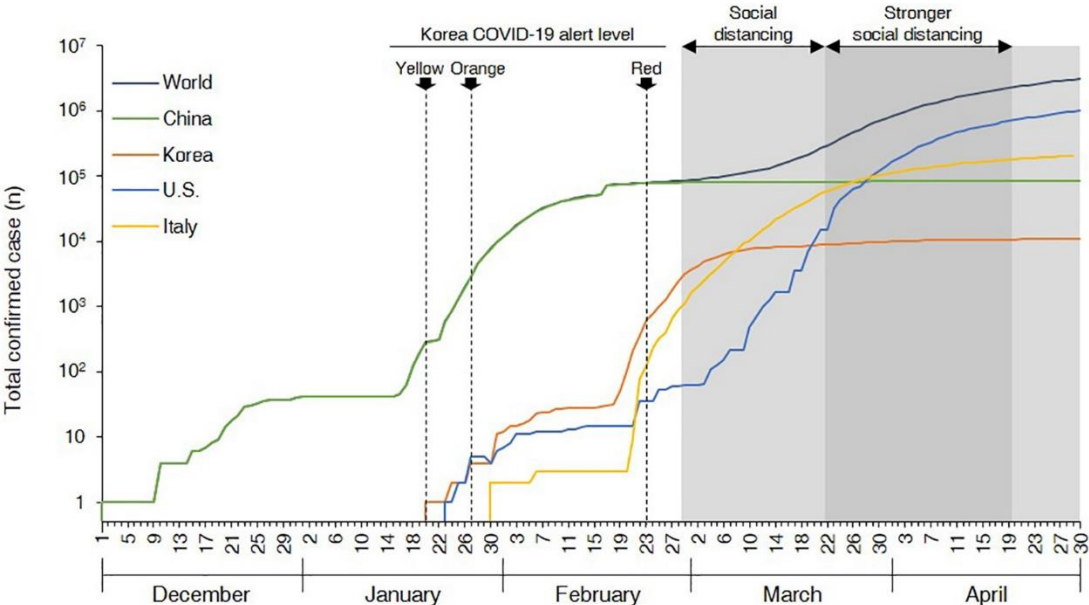
Por otro modo, a finales de 2019, surgieron una serie de neumonías de causa desconocida en Wuhan, China, identificadas por su asociación con un nuevo coronavirus (Huang et al., 2020, p.1). Este coronavirus se extendió rápidamente por China y otros países; donde posteriormente, la Organización Mundial de la Salud (OMS) la nombró oficialmente enfermedad por coronavirus 2019 (COVID-19). El coronavirus del síndrome respiratorio agudo severo 2 (SARS-CoV-2) está clasificado como miembro del orden Nidovirales y parte de la familia de virus Coronaviridae (Ju et al., 2021, p.3).

A partir de este período se empleó el “distanciamiento social”, el cual cae en la temporada de contaminación del aire que ya es un problema ambiental importante en Corea y otras partes del mundo (Van Donkelaar et al., 2015, p.1).

Aunque el distanciamiento social y la reducción de las actividades humanas durante el confinamiento por el Covid-19 pudo reducir grandes niveles de contaminación atmosférica, después de levantado dichas normas surgieron aumentos elevados de contaminantes atmosféricos; para ello se realizaron estudios como se visualiza en la imagen N°2, para determinar la variación de los niveles de contaminación en la cual la sombra resaltada presenta el período de distanciamiento social.

Durante el período de distanciamiento social y mayor distanciamiento social (del 29 de febrero al 19 de abril de 2020), el valor estándar diario coreano de PM 2,5, es decir, $35 \mu\text{g} / \text{m}^3$, no se superó en ninguna fecha, mientras que PM 2,5 a las 16, 9, y 13 días durante el mismo período en 2017, 2018 y 2019 superaron los $35 \mu\text{g} / \text{m}^3$, respectivamente. Del mismo modo, PM 10 no superó en ninguna fecha en 2020, pero 1, 1 y 6 días en 2017, 2018 y 2019 fueron más altos que el valor estándar diario coreano, es decir, $100 \mu\text{g} / \text{m}^3$.

Figura N°2: Cambios diarios en el COVID-19 total confirmado en Corea hasta el 30 de abril de 2020.

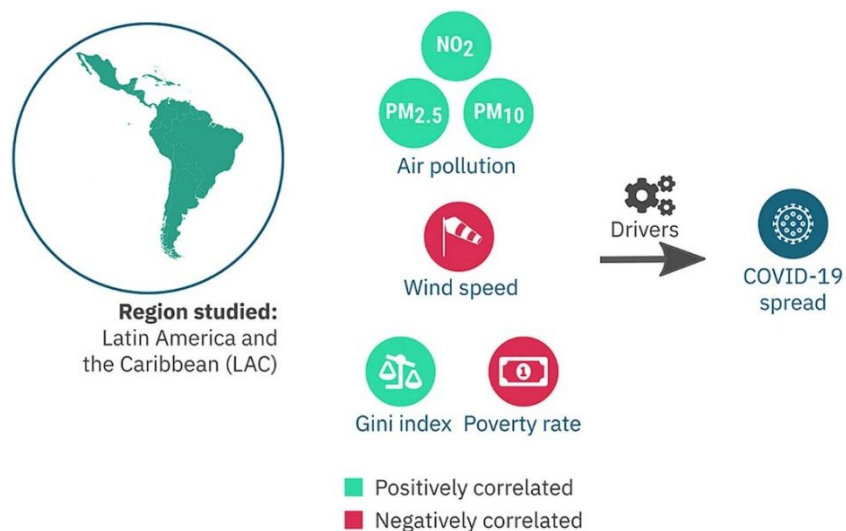


Fuente: Ju M., Oh J. y Choi Y., (2021, p.4).

Mediante la teledetección se comprobó que las emisiones antropogénicas que son dañinas para la salud humana se han reducido sustancialmente bajo el bloqueo de COVID-19. Esto es demostrado en el estudio de Sannigrahi et al., (2021, p.1); quien demostró que ~ 28 toneladas (suma de 20 ciudades) de NO₂ y ~ 184 toneladas (suma de 20 ciudades) de CO se han reducido durante el período de estudio. PM_{2.5}, PM₁₀ y NO₂ se reducen en ~ 37 (µg / m³), 62 (µg / m³) y 145 (µg / m³), respectivamente. Se estimó que un total de ~ 1310, ~ 401 y ~ 430 muertes prematuras por causas específicas se evitarían con la reducción de NO₂, PM_{2.5} y PM₁₀.

En el estudio realizado por Bolaño et al., (2020, p.6) respecto a la propagación del SARS-CoV-2 en la región de América Latina y el Caribe (ALC) como ciudad de México (México), Santo Domingo (República Dominicana), San Juan (Puerto Rico), Bogotá (Colombia), Guayaquil (Ecuador), Manaus (Brasil), Lima (Perú), Santiago (Chile), São Paulo (Brasil) y Buenos Aires (Argentina), mediante una correlación entre el clima y los indicadores de contaminación del aire, a saber, temperatura promedio, temperatura mínima, temperatura máxima, precipitación, humedad relativa promedio, Indicadores de velocidad del viento y contaminación del aire PM₁₀, PM_{2.5} y NO₂ con el COVID-19 diarios nuevos casos y muertes, obtuvo que la temperatura promedio, la temperatura mínima y la calidad del aire se asociaron significativamente con la propagación de COVID-19 en ALC; además, la humedad, la velocidad del viento y las precipitaciones mostraron una relación significativa con los casos diarios, los casos totales y la mortalidad para varias ciudades.

Figura N°3: Cambios diarios en el COVID-19 total confirmado en Corea hasta el 30 de abril de 2020.



Fuente: Ju M., Oh J. y Choi Y., 2021, p.4).

La presente investigación cuenta con 70 artículos científicos de los cuales se seleccionaron los 10 más relevantes y se expuso en la Tabla N°1. De acuerdo a la recolección de investigadores a nivel mundial teniendo como línea los niveles de contaminación atmosférica antes y durante la pandemia.

Tabla N°1: Antecedentes de la variación de contaminación atmosférica por Covid-19

Título	Lugar	Calidad atmosférica dantes y durante la pandemia	Autor
Changes in ambient air quality and atmospheric composition and reactivity in the South East of the UK as a result of the COVID-19 lockdown	sureste del Reino Unido	Las concentraciones de NO ₂ en los sitios de medición se redujeron entre un 14% y un 38%. La composición de la traza de la capa límite cambió durante la pandemia de COVID-19	Wyche et al., 2021
Changes in criteria air pollution levels in the US before, during, and after	EE. UU	Durante los pedidos para quedarse en casa, el ozono, NO ₂ , CO y PM ₁₀ fueron más bajos y PM _{2.5} fueron	Bekbulat et al., 2021

Covid-19 stay-at-home orders: Evidence from regulatory monitors		más altos que los niveles esperados en un 1% -30% de su IQR.	
Spread of SARS-CoV-2 through Latin America and the Caribbean region: A look from its economic conditions, climate and air pollution indicators	América Latina y el Caribe	Se encontró que los casos nuevos diarios de COVID-19 se correlacionaron positivamente con PM 10 , PM 2,5 y NO 2 en varias ciudades estudiadas	Ortiz et al., 2020
The nexus between COVID-19 deaths, air pollution and economic growth in New York state: Evidence from Deep Machine Learning	Nueva York	Los resultados causales confirmaron la capacidad de las variables contaminantes (PM 2.5 a Muertes, NO 2 a Muertes) para acelerar las muertes por COVID-19.	Magazzino C. y Mele M., 2021
Impact of COVID-19 lockdown upon the air quality and surface urban heat island intensity over the United Arab Emirates	Emiratos Árabes Unidos	Las concentraciones medias de NO2, AOD y SUHII se redujeron en un 23,7%, 3,7% y 19,2%, respectivamente.	Alqasemi et al., 2021
NO2 levels after the COVID-19 lockdown in Ecuador: A trade-off between environment and human health	Ecuador	Las concentraciones de NO 2 en Ecuador se reducen hasta en un 23% después del cierre de la pandemia.	Pachecho et al., 2020
Gaussian approach for probability and correlation between the number of COVID-19 cases and the	Perú (Lima)	Las acciones de cuarentena disminuyeron la influencia de PM2.5 y PM10, pero el NO2 tiene más ciclo de vida. Las infecciones por COVID-19 y NO2 tienen una alta correlación en las características de cuarentena	Velásquez R., Manuel L. y Lara J., 2020

air pollution in Lima		y presentan una correlación del 99,27% en las zonas industriales.	
Environmental perspective of COVID-19: Atmospheric and wastewater environment in relation to pandemic	China, Brasil, EE.UU	Los factores climáticos se correlacionan positivamente con los casos de COVID-19 en las regiones pandémicas.	Hu et al., 2021
Association between air quality, meteorological factors and COVID-19 infection case numbers	Agencia Nacional del Medio Ambiente	Los niveles de contaminantes del aire se asociaron con el número de casos diarios de COVID-19. Los niveles de PM 10 , O 3 , SO 2 , CO, la lluvia y la humedad se asociaron negativamente con los números de casos diarios de COVID-19	Lorenzo et al., 2021
Changes in U.S. air pollution during the COVID-19 pandemic	EE.UU	El NO 2 disminuyó un 25,5% durante la pandemia de COVID-19 en comparación con los años históricos	Berman J. y Ebisu K., 2020

Fuente: Elaboración propia

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

La presente investigación presenta un tipo de investigación aplicada, aunque el concepto de la investigación aplicada es bastante parecido a la investigación básica, no son la misma, una de las diferencias es que la investigación aplicada está enfocada en un propósito práctico y termina cuando se logra encontrar algo nuevo (Gonzales M., 2004, p.3). Por tal motivo este tipo de investigación es la que se aplica, ya que se centra en las metodologías y partes prácticas de diversas investigaciones para ponerlas encontrar una respuesta acerca de la problemática planteada.

El diseño de la investigación es narrativo de tópico; siendo la investigación narrativa el que describe y relata los hechos obtenidos por los investigadores enfocándose en la parte práctica y como el investigador arma un contenido en base a los recursos narrativos (Cardona M. y Salgado S., 2015, p.2). y el diseño de tópico busca recolectar información acerca de un tema o problemática (Cilleros M. y Gómez M., 20165, p.2). y es empleado ya que se busca describir y analizar las ideas de los diversos investigadores con respecto al tema abordado mediante revisiones de diversos artículos de investigación.

3.2 Categorías, subcategorías y matriz de categorización

En la Tabla N°2 se detalla los problemas y objetivos específicos planteados con respecto al objetivo general, en el cual se busca determinar de qué manera el reactivamiento de actividades incide en la contaminación atmosférica, obteniendo de acuerdo a ello las categorías y sub categorías correspondientes mostradas a continuación.

Tabla N°2: Matriz de categorización

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	PROBLEMAS ESPECÍFICOS	CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	UNIDAD DE ANALISIS
Definir las características que presentan los aerosoles que contribuyen a la contaminación atmosférica	¿Qué características presentan los aerosoles que contribuyen a la contaminación atmosférica?	Características de los aerosoles	Clasificaciones natural Clasificación antropogénica	(Graedel et al., 1993, p.2), (Couture J. y Lindroth R., 2013, p.4), (Lelieveld et al., 2021, p.1), (Oucher N. y Kerbachi R., 2012, p.2).
Analizar las concentraciones de los contaminantes atmosféricos en Perú antes y durante la pandemia covid-19	¿Cuáles son las concentraciones de los contaminantes atmosféricos en Perú antes y durante la pandemia covid-19?	Concentraciones	Gases Partículas	(Nokerman et al., 2002, p.2), (Gupta D. y Gaur S., 2019, p.1), (OMS, 2018, p.1), (Huang et al., 2020, p.1), (Monks P., 2020, p.7), (Gao et al., 2021, p.3).
Definir las actividades más relevantes que implican el aumento de la contaminación atmosférica en Perú.	¿Cuáles son las actividades más relevantes que implican el aumento de la contaminación atmosférica en Perú?	Actividades de contaminación atmosférica	Industriales Transporte	(Ju M., Oh J. y Choi Y., 2021, p.4), (Sannigrahi et al., 2021, p.1), (Bolaño et al., 2020, p.6), (Stanek L. y Brown J., 2019, p.1), (Zhang et al, 2016, p.1).

Fuente: Elaboración propia

3.3 Escenario de estudio

En a la presente investigación al ser narrativo de tópico no va a contar con un escenario en físico donde se haya realizado la investigación, por lo cual, el escenario viene a ser las investigaciones recolectadas a nivel nacional e internacional que traten acerca de la contaminación atmosférica antes y durante la pandemia Covid-19.

3.4 Participantes

Las informaciones obtenidas en el presente estudio fueron extraídas de fuentes como: Scielo, Sciencedirect, Scopus, ProQuest y EBSCO, los cuales nos permiten obtener documentos confiables como artículos y libros, que se toman como los participantes y de quienes se extrajo la información.

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la técnica de recolección de datos se emplea el análisis documental en base a la recolección de información en la ficha de recolección de datos, mostrada en el Anexo N°1 donde se detalla el título, los objetivos, datos de autor, DOI, ISBN, metodología, técnicas empleadas y resultados. La ficha de recolección de datos permite obtener la información esencial sintetizada mediante una extracción de la información del documento original para facilitar la búsqueda del investigador (Monje, 2011, p.149).

El análisis documental aborda tanto la parte metodológica como la teórica e introduce conceptos de gran importancia con la finalidad de facilitar la consulta y contenido del artículo para facilitar su recuperación (Espinosa et al., 2009, p.14).

El concepto de análisis documental ha evolucionado para así afirmar que existen dos tendencias respecto a su concepto, comprende de varias fases, y la más representativa es la descripción bibliográfica (Dulzaides, M, 2004, p.2).

3.6 Procedimientos

El procedimiento detalla cómo se ha realizado la recolección de información de la presente investigación, tales como: revistas, libros, artículos, considerando investigaciones no mayores a 15 años, en idiomas de inglés, francés, portugués y español (Ver Tabla N°3).

Tabla N°3: Criterio de búsqueda

ARTÍCULOS DE REVISTAS CIENTÍFICAS					
Tipo de documento	Palabra clave	Fuente	Inclusión	Exclusión	Cantidad
Artículo científico		Sciencedirect	-Revistas que cuenten con DOI o IBN -Artículos entre los años 2006-2021 -Investigaciones potencialmente relevantes al tema.	-Que no sea de una revista indizada -Que sea mayor a 15 años de antigüedad -Que no tenga información que aporte al tema -Artículos duplicados	40
		Scielo			25
		Scopus			3
		Google Scholar			4
Total de artículos a incluir a la investigación después del proceso de exclusión:					20

Fuente: Elaboración propia

3.7 Rigor científico

En la presente investigación se tuvo el cuidado de presentar un trabajo de calidad que cumpla con los críticos del rigor científico, como: Credibilidad, Dependencia, Transferibilidad y Confirmación.

Siendo la credibilidad el respaldo de que los hallazgos son verídicos como los participantes en el estudio (Arias y Giraldom 2011, p.4). Siendo demostrado en las citas realizadas de cada autor de quien se extrajo la información.

La dependencia hace referencia a que tan creíble o cuanto de veracidad presenta al información utilizada y empleada y se alcanzan cuando el investigador regresa al informante para ratificar la información de hallazgos extraídos en la recolección de datos (Lincoln, 2007, p.289) y es empleada mediante la comparación de los diversos investigadores de quienes se utilizó sus investigaciones.

El criterio de transferibilidad consiste en la posibilidad de transferir los resultados a otros contextos o grupos (Castillo E. y Vásquez M., 2003, p.4) y es aplicado en la utilización en extracción de los resultados obtenidos por otros investigadores a la presente investigación para esclarecer un tema que no se encuentra clara o del cual no hay una gran cantidad de información.

Por último, el criterio de confirmación o auditabilidad hace referencia al proceso mediante el cual los resultados no son influenciados por motivación, interés e inclinación del propio investigador, es decir dichos resultados y/o datos obtenidos se determinarán confiables luego de aplicar las técnicas de triangulación, reflexión epistemológica y verificación (Lincoln, 2007, p.289) y empleado en la cita que se le realiza a cada autor para demostrar su autenticidad.

3.8 Método de análisis de información

El análisis de la información recolectada, se realizó presentando como base a la realidad problemática planteada, la cual es determinar de qué manera el reactivamiento de actividades incide en la contaminación atmosférica, para ello los objetivos específicos planteados en la presente investigación fueron: definir las

características que presentan los aerosoles que contribuyen a la contaminación atmosférica, analizar las concentraciones de los contaminantes atmosféricos en Perú antes y durante la pandemia Covid-19, definir las actividades más relevantes que implican el aumento de la contaminación atmosférica en Perú, siendo divididos cada uno de ellos en categorías y subcategorías, con la finalidad de obtener una recolección de información más detallada y actualizada. Cabe mencionar que el método empleado en la investigación el utilizado por Cilleros y Gómez (2016, p.2368).

3.9 Aspectos éticos

La presente investigación respeto la autoría de cada estudio utilizado con fines de ampliar los conocimientos de los lectores, siguiendo la cita de cada uno de ellos detallando nombre, apellido, años y página, respecto al estilo ISO 690-2 de la Universidad Cesar Vallejo de acuerdo con el código de ética de la universidad.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de realizar la revisión de 20 investigaciones para determinar de qué manera los aerosoles inciden en la contaminación atmosférica se obtuvo que las características que presentan los aerosoles que contribuyen a la contaminación atmosférica son clasificaciones naturales y antropogénicas, donde los resultados se exponen en la tabla N°4 y N°5; siendo en la tabla 4 mediante la estimación de la velocidad en teragramos por año (Tg/año) de las partículas de aerosoles que producen con un radio no menos de 20 a 30um en la atmósfera, la primera clasificación.

Tabla N°4: Clasificación de la emisión de partículas de aerosoles

Fuente	"Mejor estimado" (Tg/año)	Distancia
Partículas naturales		
Escombros de suelo y rocas	1500	60-2000
Incendios forestales y escombros de quema de tala	50	50-1500
Sal marina	1300	1000-10 000
Escombros volcánicos	33	15-90
Conversión de gas a partículas en la atmósfera		
Sulfato de gases de azufre	102	130-300
Sales de amonio de amoniaco	-	80-270
Nitrato de óxidos de nitrógeno	22	22-300
Carbón orgánico de la exhalación de COV de las plantas	55	55-1000
Total parcial	3062	1410-15 500
Partículas antropogénicas		
Partículas de emisiones directas (combustión, industria, etc.)	120	10-120
Conversión de gas a partículas en la atmósfera		
Sulfato de dióxido de azufre	140	130-200
Nitrato de óxidos de nitrógeno	36	30-36
Carbono orgánico de las emisiones de COV	90	15-90
Total parcial	386	185-446
Total	3450	1600- 15,900

Fuente: Hydi G., 2003

De acuerdo a ellos la "mejor estimación" sugiere que alrededor del 13% de las partículas de aerosoles que se originan son mediante la actividad humana y más del 13% de la carga de partículas estimadas provienen de los procesos secundarios, siendo que el sulfato es un componente universal de las poblaciones de partículas atmosféricas al igual que el carbono.

Así también Zhi et al., (2021, p.1) señala que los elementos metálicos (ME) aerotransportados representan una proporción menor de aerosoles atmosféricos en masa, pero contribuyen significativamente a la contaminación general del aire debido a la toxicidad de los ME, en particular los elementos de metales pesados, que tampoco son degradables y biomagnificados (Zhin et al., 2021, p.2).

De igual manera, los aerosoles se clasifican en sulfatos, carbón negro, carbón orgánico, polvo y sal marina y las concentraciones y composiciones de los aerosoles varían significativamente con el tiempo y el lugar.

Tabla N°5: Clasificación de aerosoles por categorías

Categorías de aerosoles	Composiciones y concentraciones	Características	Fuente
Sulfatos	Las concentraciones y composiciones de los aerosoles varían significativamente con el tiempo y el lugar	Dispersan principalmente la radiación solar y provocan el enfriamiento de la atmósfera terrestre.	Wang et al., 2012
Carbón negro		Los aerosoles carbonosos (carbón negro y orgánicos) absorben y dispersan la radiación solar. El carbón negro da como resultado la absorción de la radiación solar, lo que genera que se reduzca la radiación solar que llega a la superficie. El carbón negro contiene alto porcentaje de hierro lo que genera el calentamiento global.	Kumar S. y Maharana P., 2020
Carbón orgánico			

Polvo		Las partículas de aerosol de polvo son peligrosas para la salud humana y afectan gravemente las operaciones de la ciudad. Las altas concentraciones de aerosoles de polvo a una altura de 2.0 km y menos son elevadas a la atmósfera superior y arrastradas río abajo.	Zhai et al., 2019; Onishi et al., 2012; Shen et al., 2016; Lue et al., 2010
Sal marina		La sal marina y el sulfato de sal no marina (nss – SO ₄ 2) son los componentes principales de los aerosoles sobre los mares. Contienen una variedad de oligoelementos, que incluyen hierro (Fe), manganeso (Mn), cobalto (Co), zinc (Zn), cobre (Cu) y níquel (Ni)	Xu G. y Gao Y., 2015; Xu et al., 2013; Buck et al., 2010; HSU et al., 2010

Fuente: Elaboración propia

Las emisiones antropogénicas globales de sulfatos, compuestos orgánicos y carbón negro superan las fuentes naturales (Fu Q., 2015, p.2).

De acuerdo con Pandey B. y Choudhary K., (2019, p.1) el aumento de partículas de aerosol en la atmósfera debido a actividades antropogénicas influye de manera negativa en el forzamiento radiativo global; sin embargo, no todos los aerosoles producir un forzamiento radiativo negativo; los aerosoles, como el carbón negro, absorben la radiación solar y son responsables de producir un forzamiento radiativo positivo, que conduce al calentamiento de la atmósfera.

Por otro lado, Gautam et al., (2020, p.1) indica que, los productos de oxidación de gases sulfurosos y nitrogenados y ciertos vapores de hidrocarburos son prolíficos productores de partículas pequeñas, por lo tanto, la "respiración" de trazas de gases de la química biológica natural en suelos como el sulfuro de hidrógeno o el amoníaco, y el pineno o vapores similares de la vegetación, en realidad contribuyen sustancialmente al contenido de aerosoles atmosféricos.

Así también Han et al., (2021, p.1) señala que el aerosol se considera potencialmente dañino para la salud humana, ya que puede contener no solo elementos y productos químicos, sino también patógenos como bacterias, hongos y virus. Siendo esa afirmación respaldada por Cao et al., (2021, p.1) quien señala que la transmisión en aerosol se puede considerar como un modelo de difusión para el SARS-CoV-2, debido a que se relaciona positivamente con la propagación del COVID-19.

Así mismo, es importante analizar las concentraciones de los contaminantes atmosféricos en Perú antes y durante la pandemia covid-19; es por ello que se presenta la tabla N°6.

Tabla N°6: Variación de contaminación atmosférica antes y durante el Covid-19

Contaminación atmosférica		Fuente
Mes - Año	PM 2.5	MINAM (2020) Senamhi (2020) Jurado D. y Valentín L., (2021, p.1)
Marzo-2018	Mayores a 50 µg/m ³	
Marzo-2019	50 µg/m ³	
Marzo-2020	Menor o igual a 10 µg/m ³	
Contaminación atmosférica		
Semana-Año	PM 2.5	
Marzo-2018	Encima de 30 µg/m ³	
Marzo-2019	Solo para la última semana ligeramente más alto de 24 µg/m ³	
Marzo-2020	No hubo registro semanal mayor a 20 µg/m ³	

Fuente: Elaboración propia

Lo que se muestra en la tabla 6, es que, durante el inicio del aislamiento social obligatorio, el promedio semanal muestra que los registros de contaminación ambiental estuvieron por debajo de los 10 µg/m³, recalcando que son los promedios semanales más bajos que se han registrado en los últimos 3 años.

De acuerdo con Henández A. y Díaz D., (2017, p.1) indica que la Organización Mundial de la Salud (OMS) reporta que Lima es la segunda ciudad con mayor contaminación

atmosférica en Latinoamérica, con un valor promedio anual de material particulado (PM 2.5) de 48 µg/m³ y se estima que ocurrieron 4 239 muertes atribuibles a la contaminación del aire en Perú durante 2012.

Así también se tiene las actividades más relevantes que implican el aumento de la contaminación atmosférica en Perú, las cuales se encuentran clasificadas en el transporte y las industrias, mostrando los resultados en la Tabla N°7.

Tabla N°7: Actividades que implicar el aumento de la contaminación atmosférica

Actividad	Contaminante	Fuente
Fuente industrial (Fundición de cobre)	Polvo mineras Combustión de combustibles fósiles que generan sulfato de aerosol	Olson et al., 2021
Fuente industrial (Minería aluvial)	Liberación 1de 180 toneladas métricas de Hg. por año al medio ambiente	Ramírez et al., 2021
Quema de biomasa	Aerosoles	Estevan et al., 2019
Quema de biomasa	Partículas en suspensión PM10	Moya A., Arredondo R. y Yuli R., 2017
Fuentes industriales (minería)/ Agrícolas / Domésticas	Sustancias orgánicas tóxicas	Chung B., 2008
Industrialización / Urbanización	Partículas en Suspensión PM10 así como los gases (SO ₂ , NO ₂ , y H ₂ S)	Córdova P. et al., 2021
Fuentes industriales	Partículas en suspensión PM10 y PM2.5	Rojas F., 2018
Fuentes industriales	Aerosol atmosférico	Lizarraga et al., 2019
Fuente industrial (Minería aluvial)	MP10 y PM2.5	Vásques A., 2018
Reordenamiento vehicular	Dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno	Tapia et al., 2018

Fuente: *Elaboración propia*

Los resultados obtenidos por la tabla 7, muestran que entre las mayores causas de contaminación atmosférica en el Perú se encuentra la generada por las fuentes industriales; siendo esto corroborado por Olson et al., 2021, Ramírez et al., 2021, Estevan et al., 2019, Moya A., Arredondo R. y Yuli R., 2017, Chung B., 2008, Rojas F., 2018, Lizarraga et al., 2019, Vásques A., 2018. Siendo uno de los primeros contaminantes que genera, el MP10 y 2.5 al igual que los aerosoles.

Las fuentes industriales que más influyen son las generadas por la actividad minera. De acuerdo con Qin et al., (2014, p.1) los aerosoles tienen un efecto directo e indirecto tanto en el tiempo como en el clima, debido a sus efectos directos e indirectos. Esto es también apoyado por Duan et al., (2021, p.2) ya que señala que los aerosoles son un sistema multifásico que consiste en la atmósfera con partículas sólidas y líquidas en suspensión, que pueden transportar sustancias tóxicas y nocivas a la atmósfera generando su contaminación.

De igual manera Ubilla Y., (2017, p.3) afirma que, una de las principales causas del incremento de la contaminación atmosférica es las actividades mineras, generando como contaminante Material particulado 2.5 y 10 micras. Al igual que los investigadores Vásques A., 2018, Rojas F., 2018, Moya A., Arredondo R. y Yuli R., 2017.

V. CONCLUSIONES

Se concluye que los aerosoles inciden de manera negativa en la contaminación atmosférica y debido a que son un sistema multifásico que consiste en la atmósfera con partículas sólidas y líquidas en suspensión, que pueden transportar sustancias tóxicas y nocivas; especialmente los componentes líquidos y entre los más encontrados fueron el PM 2.5.

- En relación al objetivo 1 de definir las características que presentan los aerosoles que contribuyen a la contaminación atmosférica son los que presentan alto porcentaje de Hierro, como lo son los aerosoles de carbón negro o mineral, debido a que incremental el aumento del calentamiento global.
- También se analizó las concentraciones de los contaminantes atmosféricos en Perú antes y durante la pandemia Covid-19; lo cual nos demostró que, durante el inicio del aislamiento social obligatorio, los promedios semanales de los registros de contaminación ambiental estuvieron por debajo de los 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, siendo esto los niveles más bajos en los últimos 3 años de Perú.
- Por último, respecto al 3er objetivo de definir las actividades más relevantes que implican el aumento de la contaminación atmosférica en Perú, se tuvo a la actividad industrial; siendo una de las primeras actividades que genera, el MP10 y 2.5 al igual que los aerosoles.

VI. RECOMENDACIONES

Como recomendaciones de busca sugerir algunos puntos cuya implementación es para mejorar futuras investigaciones, siendo las siguientes:

- Es de gran importancia investigar el impacto del brote de COVID19 y las subsiguientes situaciones de bloqueo en los componentes atmosféricos para atmosféricos para lograr una mejor comprensión de los efectos de la pandemia en la atmósfera.
- Se recomienda realizar mayores estudios a nivel del Perú para futuras estrategias de prevención, estudiando la relación entre el SARS-CoV-2 y los aerosoles.
- Realizar investigaciones a fondo acerca de las infecciones del virus Sars-Cov-2 en aerosoles ambientales, para determinar el tiempo de supervivencia en los aerosoles ambientales.
- Realizar estudios con comparaciones porcentuales de las concentraciones de aerosoles ambientales y su disminución debido al cierre de las actividades industriales en el Perú.

REFERENCIAS

ACHANZAR, W. E., & Mangipudy, R. S. (2014). Aerosols. Encyclopedia of Toxicology, 100–101. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-386454-3.00223-2>

ALQASEMI, Abduldaem S., et al. Impact of COVID-19 lockdown upon the air quality and surface urban heat island intensity over the United Arab Emirates. Science of The Total Environment, 2021, vol. 767, p. 144330. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144330>

BERMAN, Jesse D.; EBISU, Keita. Changes in US air pollution during the COVID-19 pandemic. Science of the Total Environment, 2020, vol. 739, p. 139864. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139864>

BEKBULAT, Bujin, et al. Changes in criteria air pollution levels in the US before, during, and after Covid-19 stay-at-home orders: Evidence from regulatory monitors. Science of the Total Environment, 2021, vol. 769, p. 144693. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144693>

BOLAÑO-ORTIZ, Tomás R., et al. Spread of SARS-CoV-2 through Latin America and the Caribbean region: a look from its economic conditions, climate and air pollution indicators. Environmental research, 2020, vol. 191, p. 109938. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109938>

Brusseau, M. L., Matthias, A. D., Comrie, A. C., & Musil, S. A. (2019). Atmospheric Pollution. Environmental and Pollution Science, 293–309. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-814719-1.00017-3>

BUCK, Clifton S.; LANDING, William M.; RESING, Joseph A. Particle size and aerosol iron solubility: A high-resolution analysis of Atlantic aerosols. Marine Chemistry, 2010, vol. 120, no 1-4, p. 14-24. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.marchem.2008.11.002>

CAO, Yaxin, et al. Multiple relationships between aerosol and COVID-19: A framework for global studies. *Gondwana Research*, 2021, vol. 93, p. 243-251. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.gr.2021.02.002>

CARDONA, Ana María Arias; SALGADO, Sara Victoria Alvarado. Investigación narrativa: apuesta metodológica para la construcción social de conocimientos científicos. [En línea]. *Revista CES psicología*, 2015, vol. 8, no 2, p. 171-181. [Fecha de consulta: 10 de mayo del 2021]. Disponible en: ISSN 2011-3080

CASTILLO, E. & VÁSQUEZ, M. (2003). El rigor metodológico en la investigación cualitativa. [En línea]. *Revista Colombia Médica*, Vol. 34, No. 3, pp. 164-167. [Fecha de consulta: 10 de mayo del 2021].

CERONI GALLOSO, Mario. ¿Investigación básica, aplicada o sólo investigación?. [En línea]. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 2010, vol. 76, no 1, p. 5-6. [Fecha de consulta: 10 de mayo del 2021]. Disponible en: ISSN 1810-634X

CHUNG, Betty. Control de los contaminantes químicos en el Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 2008, vol. 25, no 4, p. 413-418. ISSN 1726-4634

CILLEROS, María y GÓMEZ, María. Análisis cualitativo de tópicos vinculados a la calidad de vida en personas con discapacidad. *Ciênc. saúde coletiva*. Vol.21(8): 2365-2374, 2016. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/1413-81232015218.04182016>

CÓRDOVA-MENDOZA, Pedro; BARRIOS-MENDOZA, Teresa Oriele; CÓRDOVA-BARRIOS, Isis Cristel. Primera caracterización de emisiones contaminantes y la calidad del aire en Ica, Perú. *Revista Cubana de Química*, 2021, vol. 33, no 1, p. 138-152. ISSN 2224-5421

COUTURE, John J.; LINDROTH, Richard L. Impacts of atmospheric change on tree–arthropod interactions. En *Developments in Environmental Science*. Elsevier, 2013. p. 227-248. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-098349-3.00011-6>

DUAN, Jing, et al. The formation and evolution of secondary organic aerosol during summer in Xi'an: Aqueous phase processing in fog-rain days. *Science of The Total Environment*, 2021, vol. 756, p. 144077. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144077>

DULZAIDES, Maria. Análisis documental de información: dos componentes de un mismo proceso. *Revista SCIELO [en línea]*. Habana, 2004. Vol. 12, n°2. [Fecha de consulta: 10 de mayo del 2021]. Disponible en: <file:///C:/Users/JORGE%20CHAVEZ%20ULARTE/Downloads/analisis.pdf>

ESPINOSA-RICARDO, Lucy, et al. El análisis documental de contenido y la normalización terminológica en bibliotecas de Bogotá. [En línea]. *Revista Interamericana de Bibliotecología*, 2009, vol. 32, no 1, p. 11-30. [Fecha de consulta: 10 de mayo del 2021]. Disponible en: ISSN 0120-0976

ESTEVAN, René, et al. First two and a half years of aerosol measurements with an AERONET sunphotometer at the Huancayo Observatory, Peru. *Atmospheric Environment: X*, 2019, vol. 3, p. 100037. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.aeaoa.2019.100037>

Fu, Q. (2015). RADIATION TRANSFER IN THE ATMOSPHERE | Radiation, Solar. *Encyclopedia of Atmospheric Sciences*, 1–4. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-382225-3.00334-0>

GAO, Chanchan, et al. Impact of the COVID-19 pandemic on air pollution in Chinese megacities from the perspective of traffic volume and meteorological factors. *Science of The Total Environment*, 2021, vol. 773, p. 145545. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145545>

GAUTAM, Aasish, et al. Susceptibility to SARS, MERS, and COVID-19 from animal health perspective. *Open veterinary journal*, 2020, vol. 10, no 2, p. 164-177. Disponible en: <https://doi.org/10.4314/ovj.v10i2.6>

GHAHREMANLOO, Masoud, et al. Impact of the COVID-19 outbreak on air pollution levels in East Asia. *Science of The Total Environment*, 2021, vol. 754, p. 142226. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142226>

GONZÁLEZ MARTÍNEZ, Constancio. La Investigación Básica. La Investigación en Ciencias Fisiológicas: Bioquímica, Biología Molecular y Fisiología. [En línea]. *Cuestiones Previas. Educación médica*, 2004, vol. 7, p. 41-50. [Fecha de consulta: 10 de mayo del 2021]. Disponible en: ISSN 1575-1813

GRAEDEL, Thomas E., et al. *Atmospheric change: an earth system perspective*. WH Freeman and Co., 1993. ISBN: 0716723328

GUPTA, Deep; GAUR, Sudhir Kumar. Carbon and biofuel footprinting of global production of biofuels. En *Biomass, Biopolymer-Based Materials, and Bioenergy*. Woodhead Publishing, 2019. p. 449-481. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102426-3.00019-9>

HARIZ, Amir, et al. Effectiveness of natural coagulant in coagulation process: A review. *International Journal of Engineering & Technology*, 2018, 7(3.9): 34-37 pp. Disponible en:

http://eprints.utm.my/id/eprint/79877/1/AmirHarizAmran2018_EffectivenessofNaturalCoagulantinCoagulation.pdf

HERNÁNDEZ-VÁSQUEZ, Akram; DÍAZ-SEIJAS, Deysi. Contaminación ambiental y repositorios de datos históricos de contaminantes atmosféricos en Perú. *salud pública de méxico*, 2017, vol. 59, p. 507-508. Disponible en: <https://doi.org/10.21149/8476>

Hidy, G. M. (2003). Aerosols. *Encyclopedia of Physical Science and Technology*, 273–299. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/b0-12-227410-5/00014-4>

HSU, Shih-Chieh, et al. Sources, solubility, and dry deposition of aerosol trace elements over the East China Sea. *Marine Chemistry*, 2010, vol. 120, no 1-4, p. 116-127. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.marchem.2008.10.003>

HU, Lixin, et al. Environmental perspective of COVID-19: atmospheric and wastewater environment in relation to pandemic. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2021, p. 112297. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112297>

JANSSEN, Nicole AH, et al. Mass concentration and elemental composition of airborne particulate matter at street and background locations. *Atmospheric Environment*, 1997, vol. 31, no 8, p. 1185-1193. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(96\)00291-9](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(96)00291-9)

JU, Min Jae; OH, Jaehyun; CHOI, Yoon-Hyeong. Changes in air pollution levels after COVID-19 outbreak in Korea. *Science of the Total Environment*, 2021, vol. 750, p. 141521. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141521>

JURADO SANDOVAL, Joselyn Patricia; VALENTÍN VÁSQUEZ, Leysi Lisbeth. Efectos del aislamiento social obligatorio por COVID-19 en la calidad del aire (NO₂, PM 2.5) en San Juan de Lurigancho, Lima–Perú. 2021.

KUMAR, Ravindra, et al. Heavy metals in water: Presence, removal and safety. *Researchgate*, 2014, 25pp. ISBN: 9781849738859. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/265844752_Heavy_Metals_In_Water_Presence_Removal_and_Safety

KUMAR, Sushil; MAHARANA, Pyarimohan. Air quality and its impact on urban environment. En *Urban Ecology*. Elsevier, 2020. p. 185-200. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820730-7.00011-2>

LELIEVELD, Jos, et al. Modeling air pollution by atmospheric desert. En *Pollution Assessment for Sustainable Practices in Applied Sciences and Engineering*. Butterworth-Heinemann, 2021. p. 555-581. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809582-9.00010-4>

Lincoln, Y. & Guba, E.G. (2007). But is it rigorous? Trustworthiness and authenticity in naturalistic evaluation. [En línea]. *New directions for evaluation*, 114, 15 – 25. [Fecha de consulta: 10 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/ev.223>

LIZARRAGA-ISLA, Irving Jesus, et al. Dispersion of particulate material 2.5 emitted by roasted chicken restaurants using the AERMOD model in Huancayo Metropolitan, Peru. *Dyna*, 2019, vol. 86, no 211, p. 346-353. Disponible en: <https://doi.org/10.15446/dyna.v86n211.78812>

LORENZO, Jason Sam Leo; SAN TAM, Wilson Wai; SEOW, Wei Jie. Association between air quality, meteorological factors and COVID-19 infection case numbers. *Environmental Research*, 2021, vol. 197, p. 111024. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111024>

LUE, Y. L., et al. Characteristics and provenance of dustfall during an unusual floating dust event. *Atmospheric Environment*, 2010, vol. 44, no 29, p. 3477-3484. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2010.06.027>

MAGAZZINO, Cosimo; MELE, Marco; SARKODIE, Samuel Asumadu. The nexus between COVID-19 deaths, air pollution and economic growth in New York state: Evidence from Deep Machine Learning. *Journal of Environmental Management*, 2021, vol. 286, p. 112241. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112241>

Ministerio del ambiente (MIANM). Perú, 2020. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/110755-calidad-de-aire-en-lima-durante-cuarentena-alcanzo-niveles-que-recomienda-organizacion-mundial-de-salud>

MONJE-ÁLVAREZ, C. A. (2011). Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa: Guía didáctica. Neiva, Colombia: Universidad Surcolombiana. Facultad de Ciencias Sociales y Humanas. [En línea]. Programa de Comunicación Social y Periodismo. [Fecha de consulta: 10 de mayo del 2021].

MONKS, Paul. Here's how lockdowns have improved air quality around the world. En *World Economic Forum*. 2020.

MOYA ÁLVAREZ, Aldo Saturnino; ARREDONDO, René Estevan; YULI POSADAS, Ricardo Ángel. Determinación de la presencia de partículas (PM 10) en Perú producidas por quema de biomasa con ayuda de modelos numéricos. *Revista*

internacional de contaminación ambiental, 2017, vol. 33, no 1, p. 99-108. Disponible en: <https://doi.org/10.20937/rica.2017.33.01.09>

NOKERMAN, Joëlle, et al. Characterization of porous solids using low pressure VOC adsorption data. En Studies in Surface Science and Catalysis. Elsevier, 2002. p. 267-274. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0167-2991\(02\)80144-6](https://doi.org/10.1016/S0167-2991(02)80144-6)

OLSON, Elizabeth, et al. Mineral dust and fossil fuel combustion dominate sources of aerosol sulfate in urban Peru identified by sulfur stable isotopes and water-soluble ions. Atmospheric Environment, 2021, p. 118482. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2021.118482>

ONISHI, Kazunari, et al. Atmospheric transport route determines components of Asian dust and health effects in Japan. Atmospheric Environment, 2012, vol. 49, p. 94-102. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2011.12.018>

OUCHER, Nassima; KERBACHI, Rabeh. Evaluation of air pollution by aerosol particles due to road traffic: a case study from Algeria. Procedia engineering, 2012, vol. 33, p. 415-423. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.01.1221>

PACHECO, Henry, et al. NO₂ levels after the COVID-19 lockdown in Ecuador: A trade-off between environment and human health. Urban Climate, 2020, vol. 34, p. 100674. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100674>

PANDEY, Bhanu; CHOUDHARY, Krishna Kumar. Air Pollution: Role in Climate Change and Its Impact on Crop Plants. En Climate Change and Agricultural Ecosystems. Woodhead Publishing, 2019. p. 211-247. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816483-9.00009-8>

POPE III, C. Arden; RODERMUND, Douglas L.; GEE, Matthew M. Mortality effects of a copper smelter strike and reduced ambient sulfate particulate matter air pollution. Environmental health perspectives, 2007, vol. 115, no 5, p. 679-683. Disponible en: <https://doi.org/10.1289/ehp.9762>

QIN, Dahe, et al. Climate change 2013: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (eds TF Stocker et al.), 2014, p. 5-14.

RAMÍREZ, Manuel Gabriel Velásquez, et al. Mercury in soils impacted by alluvial gold mining in the Peruvian Amazon. Journal of Environmental Management, 2021, vol. 288, p. 112364. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112364>

ROJAS CHÁVEZ, Freddy Jesús. Modelación numérica del transporte de contaminantes atmosféricos y su relación con las condiciones meteorológicas en Lima Metropolitana. 2018.

SANNIGRAHI, Srikanta, et al. Examining the status of improved air quality in world cities due to COVID-19 led temporary reduction in anthropogenic emissions. Environmental Research, 2021, vol. 196, p. 110927. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110927>

SANTARPIA, Joshua L., et al. Aerosol and surface contamination of SARS-CoV-2 observed in quarantine and isolation care. Scientific reports, 2020, vol. 10, no 1, p. 1-8. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69286-3>

SHEN, X. J., et al. The influence of Asian dust outflow on particle microphysical and optical properties at Mt. Tai in central east China. Atmospheric Environment, 2016, vol. 143, p. 27-38. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.08.014>

STANEK, Lindsay Wichers; BROWN, James S. Air Pollution: Sources, Regulation, and Health Effects. 2019. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801238-3.11384-4>

TAPIA, Vilma, et al. Reordenamiento vehicular y contaminación ambiental por material particulado (2, 5 y 10), dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno en Lima Metropolitana, Perú. Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública, 2018, vol. 35, p. 190-197. Disponible en: <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3250>

UBILLA, Carlos; YOHANNESSEN, Karla. Contaminación atmosférica efectos en la salud respiratoria en el niño. Revista Médica Clínica Las Condes, 2017, vol. 28, no 1, p. 111-118. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rmcl.2016.12.003>

VAN DONKELAAR, Aaron, et al. Use of satellite observations for long-term exposure assessment of global concentrations of fine particulate matter. Environmental health perspectives, 2015, vol. 123, no 2, p. 135-143. Disponible en: <https://doi.org/10.1289/ehp.1408646>

VÁSQUEZ DEL CASTILLO, Ángel. Contaminación atmosférica por PM10 y su relación con variables climatológicas en el Centro poblado de Champamarca, departamento de Pasco, 2018. 2018.

VELÁSQUEZ, Ricardo Manuel Arias; LARA, Jennifer Vanessa Mejía. Gaussian approach for probability and correlation between the number of COVID-19 cases and the air pollution in Lima. Urban Climate, 2020, vol. 33, p. 100664. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100664>

WANG, W., et al. Climate-chemistry interaction: Future tropospheric ozone and aerosols. The Future of the World's Climate, 2012. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386917-3.00013-0>

WEXLER, Philip, et al. (ed.). Encyclopedia of toxicology. Academic Press, 2005. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B0-12-369400-0/00028-4>

WYCHE, K. P., et al. Changes in ambient air quality and atmospheric composition and reactivity in the South East of the UK as a result of the COVID-19 lockdown. Science of the Total Environment, 2021, vol. 755, p. 142526. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142526>

XU, Guojie; GAO, Yuan. Characterization of marine aerosols and precipitation through shipboard observations on the transect between 31° N–32° S in the West Pacific. Atmospheric Pollution Research, 2015, vol. 6, no 1, p. 154-161. Disponible en: <https://doi.org/10.5094/APR.2015.018>

XU, Guojie, et al. Characteristics of water-soluble inorganic and organic ions in aerosols over the Southern Ocean and coastal East Antarctica during austral summer. *Journal of geophysical research: Atmospheres*, 2013, vol. 118, no 23, p. 13,303-13,318. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/2013JD019496>

ZHAI, Liang, et al. Dynamic effects of topography on dust particles in the Beijing region of China. *Atmospheric environment*, 2019, vol. 213, p. 413-423. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2019.06.029>

ZHANG, Jing, et al. Identifying the major air pollutants base on factor and cluster analysis, a case study in 74 Chinese cities. *Atmospheric Environment*, 2016, vol. 144, p. 37-46. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.08.066>

ZHI, Minkang, et al. The characteristics of atmospheric particles and metal elements during winter in Beijing: Size distribution, source analysis, and environmental risk assessment. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2021, vol. 211, p. 111937. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.111937>

ANEXOS

Anexo: Antecedentes de la variación de contaminación atmosférica por Covid-19

Título	Lugar	Calidad atmosférica dantes y durante la pandemia	Autor
Changes in ambient air quality and atmospheric composition and reactivity in the South East of the UK as a result of the COVID-19 lockdown	sureste del Reino Unido	Las concentraciones de NO ₂ en los sitios de medición se redujeron entre un 14% y un 38%. La composición de la traza de la capa límite cambió durante la pandemia de COVID-19	Wyche et al., 2021
Changes in criteria air pollution levels in the US before, during, and after Covid-19 stay-at-home orders: Evidence from regulatory monitors	EE. UU	Durante los pedidos para quedarse en casa, el ozono, NO ₂ , CO y PM ₁₀ fueron más bajos y PM _{2.5} fueron más altos que los niveles esperados en un 1% -30% de su IQR.	Bekbulat et al., 2021
Spread of SARS-CoV-2 through Latin America and the Caribbean region: A look from its economic conditions, climate and air pollution indicators	América Latina y el Caribe	Se encontró que los casos nuevos diarios de COVID-19 se correlacionaron positivamente con PM ₁₀ , PM _{2.5} y NO ₂ en varias ciudades estudiadas	Ortiz et al., 2020
The nexus between COVID-19 deaths, air pollution and economic growth in New York state: Evidence from Deep Machine Learning	Nueva York	Los resultados causales confirmaron la capacidad de las variables contaminantes (PM _{2.5} a Muertes, NO ₂ a Muertes) para acelerar las muertes por COVID-19.	Magazzino C. y Mele M., 2021

Impact of COVID-19 lockdown upon the air quality and surface urban heat island intensity over the United Arab Emirates	Emiratos Árabes Unidos	Las concentraciones medias de NO ₂ , AOD y SUHII se redujeron en un 23,7%, 3,7% y 19,2%, respectivamente.	Alqasemi et al., 2021
NO ₂ levels after the COVID-19 lockdown in Ecuador: A trade-off between environment and human health	Ecuador	Las concentraciones de NO ₂ en Ecuador se reducen hasta en un 23% después del cierre de la pandemia.	Pachecho et al., 2020
Gaussian approach for probability and correlation between the number of COVID-19 cases and the air pollution in Lima	Perú (Lima)	Las acciones de cuarentena disminuyeron la influencia de PM _{2.5} y PM ₁₀ , pero el NO ₂ tiene más ciclo de vida. Las infecciones por COVID-19 y NO ₂ tienen una alta correlación en las características de cuarentena y presentan una correlación del 99,27% en las zonas industriales.	Velásquez R., Manuel L. y Lara J., 2020
Environmental perspective of COVID-19: Atmospheric and wastewater environment in relation to pandemic	China, Brasil, EE.UU	Los factores climáticos se correlacionan positivamente con los casos de COVID-19 en las regiones pandémicas.	Hu et al., 2021
Association between air quality, meteorological factors and COVID-19 infection case numbers	Agencia Nacional del Medio Ambiente	Los niveles de contaminantes del aire se asociaron con el número de casos diarios de COVID-19. Los niveles de PM ₁₀ , O ₃ , SO ₂ , CO, la lluvia y la humedad se asociaron negativamente con los números de casos diarios de COVID-19	Lorenzo et al., 2021

Changes in U.S. air pollution during the COVID-19 pandemic	EE.UU	El NO 2 disminuyó un 25,5% durante la pandemia de COVID-19 en comparación con los años históricos	Berman J. y Ebisu K., 2020
--	-------	---	----------------------------

Anexo: Matriz de categorización

OBJETIVOS ESPECIFICOS	PROBLEMAS ESPECIFICOS	CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	UNIDAD DE ANALISIS
Definir las características que presentan los aerosoles que contribuyen a la contaminación atmosférica	¿Qué características presentan los aerosoles que contribuyen a la contaminación atmosférica?	Características de los aerosoles	Clasificaciones natural Clasificación antropogénica	(Graedel et al., 1993, p.2), (Couture J. y Lindroth R., 2013, p.4), (Lelieveld et al., 2021, p.1), (Oucher N. y Kerbach R., 2012, p.2).
Analizar las concentraciones de los contaminantes atmosféricos en Perú antes y durante la pandemia covid-19	¿Cuáles son las concentraciones de los contaminantes atmosféricos en Perú antes y durante la pandemia covid-19?	Concentraciones	Gases Partículas	(Nokerman et al., 2002, p.2), (Gupta D. y Gaur S., 2019, p.1), (OMS, 2018, p.1), (Huang et al., 2020, p.1), (Monks P., 2020, p.7), (Gao et al., 2021, p.3).
Definir las actividades más relevantes que implican el aumento de la contaminación atmosférica en Perú.	¿Cuáles son las actividades más relevantes que implican el aumento de la contaminación atmosférica en Perú?	Actividades de contaminación atmosférica	Industriales Transporte	(Ju M., Oh J. y Choi Y., 2021, p.4), (Sannigrahi et al., 2021, p.1), (Bolaño et al., 2020, p.6), (Stanek L. y Brown J., 2019, p.1), (Zhang et al, 2016, p.1).

Anexo: Criterio de búsqueda

ARTÍCULOS DE REVISTAS CIENTÍFICAS					
Tipo de documento	Palabra clave	Fuente	Inclusión	Exclusión	Cantidad
Artículo científico		Sciencedirect	-Revistas que cuenten con DOI o IBN -Artículos entre los años 2006-2021 -Investigaciones potencialmente relevantes al tema.	- Que no sea de una revista indizada - Que sea mayor a 15 años de antigüedad - Que no tenga información que aporte al tema - Artículos duplicados	40
		Scielo			25
		Scopus			3
		Google Scholar			4
Total de artículos a incluir a la investigación después del proceso de exclusión:					20

Anexo: Clasificación de la emisión de partículas de aerosoles

Fuente	"Mejor estimado" (Tg/año)	Distancia
<i>Partículas naturales</i>		
Escombros de suelo y rocas	1500	60-2000
Incendios forestales y escombros de quema de tala	50	50-1500
Sal marina	1300	1000-10000
Escombros volcánicos	33	15-90
Conversión de gas a partículas en la atmósfera		
Sulfato de gases de azufre	102	130-300
Sales de amonio de amoniacó	-	80-270
Nitrato de óxidos de nitrógeno	22	22-300
Carbón orgánico de la exhalación de COV de las plantas	55	55-1000
Total parcial	3062	1410-15500
<i>Partículas antropogénicas</i>		
Partículas de emisiones directas (combustión, industria, etc.)	120	10-120
Conversión de gas a partículas en la atmósfera		
Sulfato de dióxido de azufre	140	130-200
Nitrato de óxidos de nitrógeno	36	30-36
Carbono orgánico de las emisiones de COV	90	15-90
Total parcial	386	185-446
Total	3450	1600-15,900

Anexo: Clasificación de aerosoles por categorías

Categorías de aerosoles	Composiciones y concentraciones	Características	Fuente
Sulfatos	Las concentraciones y composiciones de los aerosoles varían significativamente con el tiempo y el lugar	Dispersan principalmente la radiación solar y provocan el enfriamiento de la atmósfera terrestre.	Wang et al., 2012
Carbón negro		Los aerosoles carbonosos (carbón negro y orgánicos) absorben y dispersan la radiación solar. El carbón negro da como resultado la absorción de la radiación solar, lo que genera que se reduzca la radiación solar que llega a la superficie. El carbón negro contiene alto porcentaje de hierro lo que genera el calentamiento global.	Kumar S. y Maharana P., 2020
Carbón orgánico			
Polvo		Las partículas de aerosol de polvo son peligrosas para la salud humana y afectan gravemente las operaciones de la ciudad. Las altas concentraciones de aerosoles de polvo a una altura de 2.0 km y menos son elevadas a la atmósfera superior y arrastradas río abajo.	Zhai et al., 2019; Onishi et al., 2012; Shen et al., 2016; Lue et al., 2010
Sal marina		La sal marina y el sulfato de sal no marina (nss – SO ₄ 2) son los componentes principales de los aerosoles sobre los mares. Contienen una variedad de oligoelementos, que incluyen hierro (Fe), manganeso (Mn), cobalto (Co), zinc (Zn), cobre (Cu) y níquel (Ni)	Xu G. y Gao Y., 2015; Xu et al., 2013; Buck et al., 2010; HSU et al., 2010

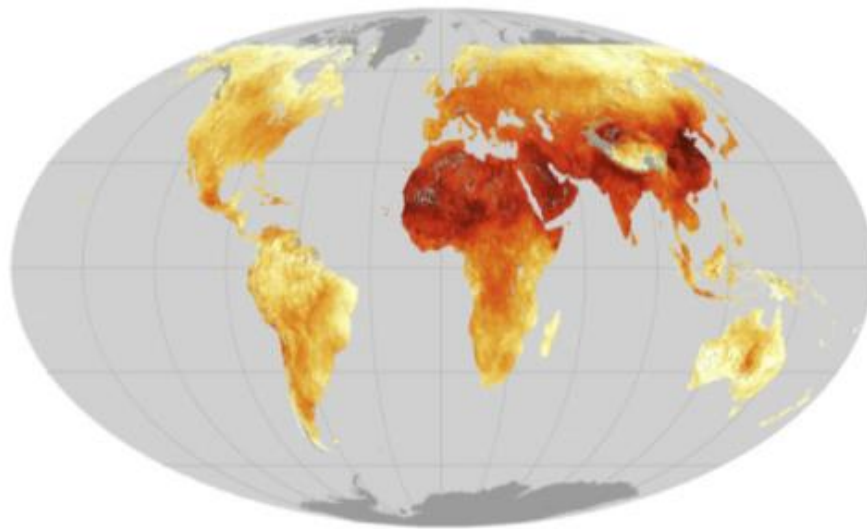
Anexo: Variación de contaminación atmosférica antes y durante el Covid-19

Contaminación atmosférica		Fuente
Mes - Año	PM 2.5	MINAM (2020) Senamhi (2020) Jurado D. y Valentín L., (2021, p.1)
Marzo-2018	Mayores a 50 µg/m ³	
Marzo-2019	50 µg/m ³	
Marzo-2020	Menor o igual a 10 µg/m ³	
Contaminación atmosférica		
Semana-Año	PM 2.5	
Marzo-2018	Encima de 30 µg/m ³	
Marzo-2019	Solo para la última semana ligeramente más alto de 24 µg/m ³	
Marzo-2020	No hubo registro semanal mayor a 20 µg/m ³	

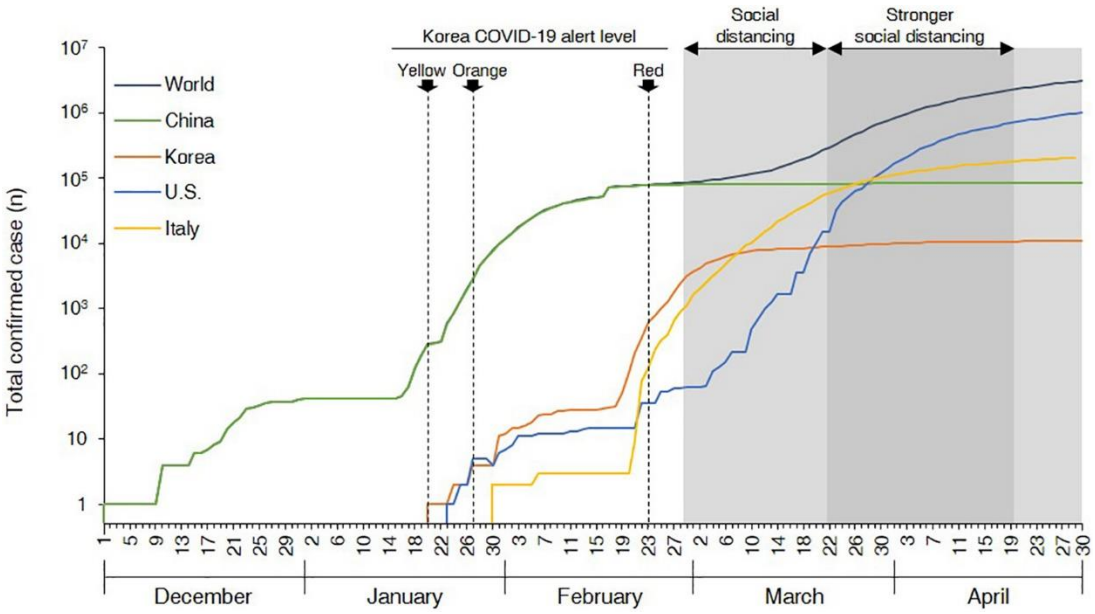
Anexo: Actividades que implicar el aumento de la contaminación atmosférica

Actividad	Contaminante	Fuente
Fuente industrial (Fundición de cobre)	Polvo mineras Combustión de combustibles fósiles que generan sulfato de aerosol	Olson et al., 2021
Fuente industrial (Minería aluvial)	Liberación 1de 180 toneladas métricas de Hg. por año al medio ambiente	Ramírez et al., 2021
Quema de biomasa	Aerosoles	Estevan et al., 2019
Quema de biomasa	Partículas en suspensión PM10	Moya A., Arredondo R. y Yuli R., 2017
Fuentes industriales (minería)/ Agrícolas / Domésticas	Sustancias orgánicas tóxicas	Chung B., 2008
Industrialización / Urbanización	Partículas en Suspensión PM10 así como los gases (SO2, NO2, y H2S)	Córdova P. et al., 2021
Fuentes industriales	Partículas en suspensión PM10 y PM2.5	Rojas F., 2018
Fuentes industriales	Aerosol atmosférico	Lizarraga et al., 2019
Fuente industrial (Minería aluvial)	MP10 y PM2.5	Vásques A., 2018
Reordenamiento vehicular	Dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno	Tapia et al., 2018

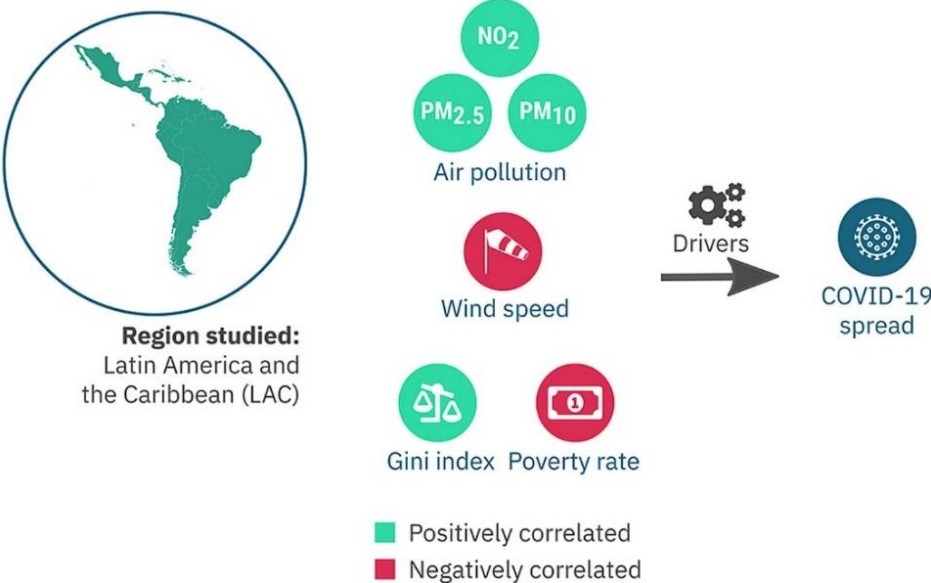
Anexo: Observación satelital de la contaminación por PM 2.5



Anexo: Cambios diarios en el COVID-19 total confirmado en Corea hasta el 30 de abril de 2020.



Anexo: Cambios diarios en el COVID-19 total confirmado en Corea hasta el 30 de abril de 2020.





Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotras, Fernandez Lopez Karin Janeth, Ñañez Laura Carla Patricia, estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y Escuela Profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan a la Tesis titulado: "Contaminación Atmosférica por Aerosoles antes y durante Pandemia COVID-19 en Perú: Revisión Sistemática", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico otítulo profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual nos sometemos al dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima 17 de noviembre de 2021

Apellidos y Nombres del Autor	Firma
Fernandez Lopez Karin Janeth DNI: 40512236 ORCID: 0000-0002-5506-9107	
Ñañez Laura Carla Patricia DNI: 22292986 ORCID: 0000-0002-9355-5667	