



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Contaminación Atmosférica durante el confinamiento por
Covid-19 en Perú: Revisión Sistemática**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL

AUTORES:

Coaquira Mamani, Michelle (ORCID: 0000-0002-8923-9186)

Condori Fernandez, Yoe Amadeus (ORCID: 0000-0002-7457-0116)

ASESOR:

Dr. Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio (ORCID: 0000-0003-1485-5854)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2021

Dedicatoria

Este trabajo de investigación se lo quiero dedicar a mis padres quienes me dieron la vida, educación, consejos y un apoyo incondicional.

En especial dedico todo mi trabajo a mi querida hija Keisi Alice, tu afecto y cariño son el motivo de mi felicidad, de mi esfuerzo, mis ganas de buscar lo mejor para ti. Aun a tu corta edad me has enseñado y me sigues enseñando muchas cosas de esta vida.

Michelle

Este trabajo de investigación se la dedico a mi Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante.

A mis madres quienes por ellos soy lo que soy motivándome incondicionalmente a conseguir mis sueños, en todo el transcurso de esta maravillosa etapa universitaria.

Yoe

Agradecimiento

Agradecemos primero al padre celestial, por habernos guiado, darnos fortaleza, sabiduría, paciencia y salud para poder obtener este logro.

A la universidad Cesar Vallejo y de manera muy particular a nuestro asesor al Dr. Fernando Sernaque quien con sus conocimientos y guía logramos terminar nuestro trabajo de investigación.

Por ultimo agradecemos a aquellas personas especiales que nos apoyaron, motivaron y confiaron en nosotros, para que podamos culminar nuestro trabajo exitosamente.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|--|------|
| Dedicatoria..... | ii |
| Agradecimiento | iii |
| Índice de tablas..... | v |
| Índice de figuras..... | vi |
| Índice de abreviaturas..... | viii |
| Resumen | ix |
| Abstract..... | x |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. MARCO TEÓRICO | 4 |
| III. METODOLOGÍA..... | 12 |
| 3.1. Tipo y diseño de investigación | 12 |
| 3.2. Categorías, subcategoría y matriz de categorización apriorística..... | 12 |
| 3.3. Escenario de estudio | 14 |
| 3.4. Participantes | 14 |
| 3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 14 |
| 3.6. Procedimientos | 15 |
| 3.7. Rigor científico | 17 |
| 3.8. Método de análisis de información | 18 |
| 3.9. Aspectos éticos..... | 18 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 19 |
| V. CONCLUSIONES | 36 |
| VI. RECOMENDACIONES..... | 37 |
| REFERENCIAS | 38 |
| ANEXOS | 45 |

Índice de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Covid-19 Mortalidad por 1,000 y altitud en regiones peruanas marzo – julio 2020 | 10 |
| Tabla 2. Matriz de Categorización Apriorística..... | 13 |
| Tabla 3. Artículos revisados para la revisión sistemática | 19 |
| Tabla 4. Aspectos que influyen en la contaminación de aire..... | 34 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. PM _{2.5} diario concentración del 1 de enero de 2020 al 10 de junio de 2020. Se inició el bloqueo (línea roja) | 22 |
| Figura 2. Los diagramas de caja de PM _{2.5} concentración en marzo, abril y mayo de 2020 en comparación con 2019 y variación porcentual..... | 22 |
| Figura 3. Disminución porcentual de PM _{2.5} durante el confinamiento por covid-19 en el Perú..... | 23 |
| Figura 4. Los diagramas de caja de PM ₁₀ concentración en marzo, abril y mayo de 2020 en comparación con 2019 y variación porcentual..... | 24 |
| Figura 5. PM ₁₀ diario concentración del 1 de enero de 2020 al 10 de junio de 2020; Se inició el bloqueo (línea roja) | 24 |
| Figura 6. Disminución porcentual de PM ₁₀ durante el confinamiento por covid-19 en el Perú. | 24 |
| Figura 7. Disminución porcentual de material particulado durante el confinamiento por covid-19 en el Perú..... | 25 |
| Figura 8. Promedio de concentración de NO ₂ (µg/m ³) en Lima | 26 |
| Figura 9. Los diagramas de caja de NO ₂ concentración en marzo, abril y mayo de 2020 en comparación con 2019 y variación porcentual..... | 27 |
| Figura 10. NO ₂ diario concentración del 1 de enero de 2020 al 10 de junio de 2020. Se inició el bloqueo (línea roja) | 27 |
| Figura 11. Concentración de NO ₂ durante el confinamiento por covid-19 en comparación al mismo periodo del 2019 | 27 |
| Figura 12. Evolución de casos confirmados de COVID-19 en Perú (rojo) y LMA (marrón), demanda eléctrica nacional (azul) y porcentaje de cambio en el uso del transporte público (verde) | 28 |
| Figura 13. Disminución porcentual de NO ₂ durante el confinamiento por covid-19 en el Perú. | 29 |
| Figura 14. Los diagramas de caja de SO ₂ concentración en marzo, abril y mayo de 2020 en comparación con 2019 y variación porcentual..... | 30 |
| Figura 15. Concentración de SO ₂ durante el confinamiento por covid-19 en comparación al mismo periodo del 2019 | 30 |
| Figura 16. Disminución porcentual de SO ₂ durante el confinamiento por covid-19 en el Perú. | 30 |

| | |
|--|----|
| Figura 17. aumento de concentración de O ₂ durante el confinamiento por covid-19 en el Perú..... | 31 |
| Figura 18. Variación porcentual de los contaminantes gaseosos | 32 |

Índice de abreviaturas

GEI: Gases de Efecto Invernadero

OMS: Organización Mundial de la Salud

O3: Ozono

PM: Material Particulado

PPM: Partes Por Millón

SO2: Dióxido de Azufre

NO2: Dióxido de Nitrógeno

CEPAL: Comisión Económica para América Latina y el Caribe

CO: Monóxido de carbono

ESA: Agencia Espacial Europea

ECA: Estándares de Calidad Ambiental

IQAir: Índices de Calidad de Aire

MINAM: Ministerio del Ambiente

NASA: La National Aeronautics y el Espacio

Resumen

La presente revisión sistemática ha considerado como objetivo general determinar la contaminación atmosférica durante el confinamiento por Covid-19 en Perú, cuya metodología fue mediante la revisión sistemática, de tipo aplicada, con enfoque cualitativo, y diseño narrativo de tópicos. De los estudios analizados se obtuvo que a medida que los gobiernos fueron implementando acciones para contrarrestar la propagación del SARS-CoV-2, estos paralelamente también han ido influenciando significativamente en el medio ambiente, es decir se ha producido impactos positivos; siendo uno de los más resaltante la mejora en la calidad del aire, producto de ciertas medidas dadas por los gobiernos nacionales como el confinamiento, restricción vehicular y cierre temporal de industrias que han contribuido en la reducción de los contaminantes comúnmente presentes en la atmosfera (material particulado, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y ozono). Cabe agregar que los aspectos más relevantes que intervienen en la contaminación atmosférica son aquellas actividades antropogénicas que realiza el hombre como el uso de vehículos, las actividades industriales, en las que intervienen la quema de combustibles fósiles, pues estos son los que generan mayores índices de los denominados gases de efecto invernadero.

Palabras Claves: Calidad de aire, confinamiento por covid-19, contaminantes atmosféricos.

Abstract

The present systematic review has considered the general objective of determining air pollution during confinement by Covid-19 in Peru. whose methodology was through applied systematic review, with a qualitative approach, and narrative design of topics. From the analyzed studies, it was obtained that as governments were implementing actions to counteract the spread of SARS-CoV-2, these have also been significantly influencing the environment, that is, positive impacts have been produced; one of the most notable being the improvement in air quality, the product of certain measures given by national governments such as confinement, vehicle restriction and temporary closure of industries that have contributed to the reduction of pollutants commonly present in the atmosphere (material particulate, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and ozone). It should be added that the most relevant aspects that intervene in air pollution are those anthropogenic activities carried out in man such as the use of vehicles, industrial activities, in which the burning of fossil fuels intervene, since these are the ones that generate the highest rates of the so-called greenhouse gases.

Key Words: Air quality, confinement by covid-19, atmospheric pollutant

I. INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental en la era del desarrollo económico sostenido es un hecho inevitable, sin embargo, los niveles crecientes de las emisiones de contaminantes atmosféricos obstaculizan la calidad del aire, por lo tanto, afectan los resultados de la salud (Owusu et al., 2020, p.3).

Los contaminantes atmosféricos son una de las principales causas de muerte prematura y enfermedades, y es la mayor amenaza para la salud ambiental a nivel mundial, además de poner en peligro la salud y acortar la vida útil, la contaminación del aire afecta negativamente la productividad económica (Pandey et al., 2020, p.2). Con la rápida expansión de la urbanización y la industrialización durante las últimas décadas, la contaminación atmosférica ha empeorado gravemente (Cai et al., 2020, p.2).

Los ministerios de sanidad a nivel global y la organización mundial de la salud (OMS), los materiales particulados como (PM_{10} y $PM_{2,5}$), los gases como el dióxido de nitrógeno (NO_2), el dióxido de azufre (SO_2) y el ozono (O_3) tiene un efecto muy significativo en el bienestar y la calidad de la salud (Hannah R. y Max R., 2019). La contaminación atmosférica se ha informado que afecta a la morbilidad, a la discapacidad y disminución de años de vida, la esperanza de vida en años totales es decir muertes prematuras (Cohen et al., 2017, p.1).

En Perú; especialmente en la ciudad de Lima la contaminación atmosférica de dióxido de nitrógeno (NO_2); se pudo medir durante un periodo de un año utilizando algunos muestreadores pasivos donde las concentraciones fueron muy estables y no se encontró un cambio estacional evidente, puesto que la concentración de NO_2 fue estable y no se pudo observar un cambio evidente; la distribución de la concentración en toda la ciudad de Lima fue monitoreada en dos ocasiones en diferentes puntos de muestreo; donde las concentraciones promedio de NO_2 en 27 y 33 sitios de este monitoreo fueron 17.1 y 15.3 ppb para cada uno respectivamente la distribución de dióxido de nitrógeno fueron muy alta en el centro de la ciudad (Tashiro Y. y Taniyama T., 2002).

Por otro lado, se confirma que existe una dependencia entre COVID-19 y la contaminación del aire (Razzaq et al., 2020, p.2). El rebrote de la nueva

enfermedad por coronavirus 2019 (COVID-19) es causado por el síndrome respiratorio agudo severo Corona Virus 2 (SARS-CoV-2) comenzó muy probablemente en China, en la ciudad de Wuhan a finales del año 2019. El virus se extendió muy aceleradamente, convirtiéndose en un evento epidémico muy rápido en casi todos los países y, el 11 de marzo del 2020, la OMS (Organización Mundial de la Salud) lo declaró pandemia (OMS, 2020). Para el 31 de mayo de 2020, existía 367.166 muertes registradas y 5.934.936 casos confirmados de covid-19 a nivel mundial (Bolaño et al., 2020). La pandemia global de covid-19 se ha transformado en una de las mayores crisis del siglo XXI por el nuevo coronavirus SARS-CoV-2, se ha expandido de una manera muy acelerada por todo el mundo (Briz et al., 2020, p.1).

Se podría esperar que los cambios a nivel social y económicos que se dieron de manera abrupta por la respuesta al Covid-19 mejoren drásticamente la calidad del aire (Bekbulat et al., 2020, p1). Debido a que, la contaminación del aire parece tener un papel en la transmisión aérea del SARS-CoV-2 y la gravedad del COVID-19 (Copat et al., 2020, p.2). Por ello es importante conocer los efectos de las cuarentenas debido al Covid-19 en el Perú y en las ciudades en cuanto a la calidad del aire para tomar medidas que favorezcan a las poblaciones, zonas urbanas y ecosistemas.

Debido a lo expuesto anteriormente, la propagación del SARS-CoV-2 en el Perú nos lleva a realizar una correlación de la contaminación atmosférica con el COVID-19, por ello se plantea la presente investigación que tiene como problema principal:

¿Cuál es la Contaminación atmosférica durante el confinamiento por Covid-19 en Perú?

problemas específicos:

- ¿Cuáles son las fuentes de contaminantes atmosféricos que producen la contaminación del aire?
- ¿Cuáles son los principales aspectos ambientales que influyen la contaminación atmosférica?
- ¿Cuáles son los impactos positivos generados en el aire, durante la pandemia covid-19?

De igual manera se presenta como objetivo general:

Determinar la contaminación atmosférica durante el confinamiento por Covid-19 en Perú

objetivos específicos:

- Determinar las fuentes de contaminantes atmosféricos que producen la contaminación del aire
- Determinar los aspectos ambientales que influyen en la contaminación de aire.
- Determinar los impactos positivos, generados en el aire, durante la pandemia covid-19.

Esta investigación se justifica debido a que no existe una gran variedad de investigaciones en español de revisiones sistemáticas sobre la contaminación atmosférica durante el confinamiento por Covid-19 en Perú, por ello, se genera una recopilación de diferentes investigadores a nivel mundial sobre la contaminación atmosférica aplicado al confinamiento por Covid-19; buscando así ampliar el conocimiento de los lectores, a futuras investigaciones relacionados al tema, con la finalidad de servir como respaldo para futuros investigadores.

II. MARCO TEÓRICO

Según Mele et al., (2021, p.1.); los resultados encontraron que los niveles del umbral de dióxido de nitrógeno (NO₂) está relacionado con la covid-19 que llegan a oscilar entre 15,8 µg/m³ para Lyon, 21,8 µg/m³ para Marsella y 22,9 µg/m³ para París, estos resultados fueron significativamente menores a la concentración anual media, puesto que el límite es de 40 µg/m³ impuesto por la Directiva 2008/50 / CE del Parlamento Europeo.

Según Copat et al., (2020, p.7); Italia. Los principales hallazgos son consistentes, destacando la importante contribución de PM_{2.5} y NO₂ como desencadenante de la propagación y letalidad del COVID-19, y en menor medida también PM₁₀, aunque aún no se ha demostrado el efecto potencial de la exposición al virus en el aire.

Fernández et al., (2020, p.1); España. Nuestros resultados revelan una asociación estadísticamente significativa entre la infección por COVID-19 y la calidad del aire y los elementos contaminantes (PM₁₀, PM_{2.5}, y O₃). En particular, existe una relación significativa entre la disminución de la calidad del aire con la propagación y la mortalidad de la infección por COVID-19.

Carla Gama, H'elder Relvas, Myriam López, Alexandra Monteiro et al., (2020); Portugal. En estudio realizado se encontró una reducción media observada en las concentraciones de contaminantes fue mayor para el NO₂ (41%) que para los PM₁₀ (18%). En el caso del NO₂, las reducciones medias fueron más significativas en el tráfico (alcanzando valores superiores al 60% en algunas estaciones de control) y en los sitios urbanos de fondo que en las estaciones rurales. La reducción de la concentración de NO₂ observada en los emplazamientos de tráfico se comparó con la estimación de la contribución del tráfico mediante el método incremental, que sugiere que este último enfoque no es coherente (más bajo en los mismos emplazamientos y más alto en otros) y alertó sobre el uso cuidadoso de este enfoque en futuros trabajos.

Según Sarkodie S. y Owusu P., (2020, p.6); se confirmaron que existe una relación causal entre los resultados por covid-19 y los factores meteorológicos como la temperatura alta y la humedad relativa llegan a reducir los casos de incidencia; la temperatura baja, presión superficial, punto de rocío / escarcha,

velocidad del viento y la precipitación llegan a facilitar la supervivencia y la incidencia en la transmisión del covid-19 por ende los casos confirmados aumentan y reducen las tasas de recuperación.

Según Rodríguez D. y Rodríguez L. (2020, p. 17); Los datos que se obtuvieron en el análisis comparativo de la concentración de contaminantes en el aire durante y después del confinamiento por Covid-19 en Colombia muestran como resultado una disminución de su concentración durante la época de encierro, restableciendo favorablemente la calidad del aire de la mayoría de las ciudades analizadas. La mayor reducción de $PM_{2.5}$ dentro de los datos recolectados es Bogotá- Colombia con 57%, Kùbait City, presenta la segunda mayor reducción de $PM_{2.5}$ (42%), Dhaka, Kampala y Delhi tuvieron una reducción de $PM_{2.5}$ del 14%, 35% y 40%.

Según Velásquez R. y Lara J., (2020, p.1); Una evaluación de zonas en la ciudad de Lima han demostrado la influencia industrial en la contaminación del aire y las infecciones por COVID-19 antes y después de la cuarentena durante los últimos 28 días desde la primera infección en Perú; 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 una correlación del 99,27% en las zonas industriales.

Según Corpus et al., (2020, p.7); La adopción de medidas de prevención para mitigar el impacto por COVID-19 en la salud humana ha provocado una disminución de la movilidad en las estaciones de tránsito, como consecuencia, la calidad del aire se ha visto afectada positivamente como se observa por la disminución de NO_2 en varias ciudades capitales.

Según Tian et al., (2020, p.5); El Índice de Salud de la Calidad del Aire (AQHI), el nivel de congestión urbana y el nivel de concentración de NO_2 y CO tuvieron fuerte relevancia con el período COVID-19 mientras que el SO_2 no mostró relación significativa. El análisis en los cambios en el consumo del combustible y el tráfico por vehículos; los niveles de emisiones pueden cooperar al gobierno a evaluar los efectos y elaborar una estrategia para frenar a una posible pandemia de este tipo a futuro.

Juan F. Mendez-Espinosa et al., (2020). En el estudio durante el bloqueo existe una disminución de la contaminación del aire en varios países del mundo, mientras que otras regiones experimentaron un aumento en las concentraciones de contaminantes. se determinó, por primera vez en el Norte de Sudamérica (NSA), el comportamiento de los contaminantes atmosféricos de criterio seleccionados durante la implementación del SARSCoV-2 bloqueo en dos ciudades de alta densidad de población de la región: Bogotá y Medellín en Colombia. El NO₂ PM₁₀ y PM_{2.5} reducciones de concentración del 60%, 44%, y 40%, respectivamente, para el cierre estricto; y 62%, 58% y 69% para el encierro relajado. se asoció con la reducción del tráfico, como se ha documentado en otras ciudades de América del Sur y del mundo.

Las principales fuentes de contaminación atmosférica son las emisiones industriales, la quema de biomasa, las emisiones de los vehículos, la combustión de carburantes en las centrales eléctricas, el transporte, el polvo de las carreteras, la combustión de carbón, la quema de basura, etc. (Kumari p. y Toshniwal D., 2020, P.2); y los problemas de contaminación atmosférica son el resultado de una liberación accidental de grandes concentraciones de contaminantes, que pueden causar un impacto inmediato en la biodiversidad (Ashmore M., 2013, p.3).

La contaminación ambiental es la contribución de ambos sucesos, naturales, como erupciones volcánicas, incendios forestales, entre otros, y antropogénicas actividades de la producción de energía, industrialización, uso de la tierra, silvicultura, agricultura, transporte, edificios y generación de residuos (Sarkodie y Strezov, 2018). Por lo tanto, varios estudios han examinado el alcance de la contaminación en la salud (Sarkodie et al., 2019). Primero, los estudios sobre la relación entre Los resultados de contaminación y salud abarcan desde el corto hasta el largo plazo. Las exposiciones mínimas y grandes a la contaminación ambiental tienen diferentes impactos. sobre la calidad de la salud y el bienestar, principalmente entre los niños y las personas mayores (Landrigan et al., 2019). En segundo lugar, el grado en que varios compuestos ambientales nocivos, es decir, O₃, NO₂, PM₁₀ y PM_{2.5} afectan la salud y el bienestar han sido estudiados. Por ejemplo, varios estudios han evaluado contaminación del aire: años de vida perdidos debido a

enfermedades cardiovasculares no accidentales y muertes respiratorias en todo el mundo y encontraron una positiva asociación entre contaminación y salud (Huang et al., 2018).

Los contaminantes del aire se pueden clasificar en dos: Estos pueden ser “contaminantes peligrosos del aire” o “contaminantes de criterio”; los contaminantes peligrosos del aire, llamados también “tóxicos del aire”, son compuestos químicos que pueden llegar a causar cáncer y otros peligros crónicos para la salud humana; los contaminantes de criterio se usan para determinar si una región determinada si está cumpliendo con los estándares de calidad del aire (ECA) conocidos como tóxicos del aire. Por ende, el peligro de los contaminantes atmosféricos se concentra principalmente en la toxicidad humana de un compuesto químico (Vallero D., 2014, p.1). La alta toxicidad para las demás especies también es un motivo de preocupación; por ejemplo, algunas especies son más sensibles a sustancias que pueden tener una baja toxicidad humana (Crossley, S., & Baines, J., 2014, p.2).

Las emisiones de contaminantes como: Las partículas (PM), el monóxido de carbono (CO), el dióxido de carbono (CO₂), óxidos de azufre (SO_x) y los óxidos de nitrógeno (NO_x) son contaminantes que se generan en su mayoría y según las evaluaciones de la organización mundial de la salud (OMS) 2016 se producen anualmente en las ciudades y zonas rurales a nivel global, alrededor de 4.2 millones de muertes prematuras (Cohen et al., 2017, p.1).

La contaminación del aire se define como una mezcla de compuestos naturales o antropogénicos en el aire interior o ambiental, incluidas partículas sólidas (como partículas (PM), bioaerosoles, líquidos (gotitas) y gases azufre (SO_x) monóxido de carbono (CO), nitrógeno (NO_x) y (Allen, 2015)

Los contaminantes atmosféricos suponen un peligro para la población y el medio ambiente. Estos contaminantes se clasifican de la siguiente forma: Sustancias químicas, formados en un primer lugar por contaminantes primarios tales como: Compuestos halogenados, compuestos orgánicos, óxidos de nitrógeno, óxidos de carbono, compuestos de azufre, material particulado y olores. En segundo lugar, por contaminantes secundarios, producidos por las reacciones químicas de los contaminantes primarios tales

como: Nitratos de peroxiacetilo, ozono troposférico, trióxido de azufre, trióxido de nitrógeno, ácido sulfúrico y ácido nítrico. Las formas de energía, originados por los contaminantes: no ionizantes “radiaciones ultravioletas, infrarrojas, radio frecuencias y microondas”; el ruido radiaciones ionizantes (radiaciones alfa, beta, gamma y rayos x), (Calvo, D.; Molina, M. y Salvachúa, 2009).

La calidad del aire, se ve alterada por la existencia sustancias contaminantes como: partículas o gases producidas de manera natural o actividades antropogénicas. Los gases contaminados que proceden de fuentes muy variadas; como son los humos de las chimeneas industriales, quema de residuos sólidos, quema de cultivos como practica de cosecha y aquellas que provienen del uso de automóviles (Reátegui, 2017, p.35).

Por ello, la continua exposición al aire altamente contaminado ha afectado negativamente a los seres humanos, la mala calidad del aire se ha convertido en un asunto de preocupación mundial según un informe, cada año mueren prematuramente unos 4,2 millones de personas debido a la exposición a la mala calidad del aire que provoca cáncer de pulmón, enfermedades cardíacas, asma y otros trastornos respiratorios crónicos (Gupta et al., 2020, p.1). Los contaminantes del aire que ingresan al cuerpo humano por inhalación, por digestión, y por contacto dérmico, una vez en el cuerpo en tejidos como en el cabello, la grasa, huesos, se elimina a través de exhalación, orina, las heces y el sudor (Daniel V., 2014, p.3).

El 31 de diciembre del 2019, las autoridades chinas informaron a la organización mundial de la salud (OMS) sobre el brote sobre una nueva cepa del coronavirus que causa una enfermedad grave en la ciudad de Wuhan, China; este nuevo brote se clasifico como SARS-CoV2 y es lo que genera el COVID-19 y el 11 de marzo de 2020 la organización mundial de la salud (OMS) lo declaro pandemia, siendo hoy uno de los desafíos en la salud global que ha tenido que enfrentar la humanidad después de la segunda guerra mundial y se promedia que entre el 40% y el 60% de la población mundial contraerá el virus (Paital B., 2020, p.1). El Covid-19 trae consigo mejoras en los índices ambientales como la reducción de NO₂ y CO₂ las emisiones y la reducción de partículas en el aire debido al resultado de la menor actividad

humana por los confinamientos establecidos, trayendo consigo un aire limpio (Ashours et al., 2020, p.2).

Estos cierres que comenzaron en todo el mundo a partir del 23 de enero, han tenido un impacto significativo en el medio ambiente y en la calidad del aire de las ciudades, tal y como informaron recientemente la NASA (Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio) y la ESA (Agencia Espacial Europea), con reducciones según ellos de hasta un 30% en algunos de los epicentros como el caso de Wuhan. Sabiendo que la contaminación del aire causa aproximadamente el 29% de las muertes por cáncer de pulmón, el 43% de las muertes por EPOC y el 25% de las muertes por cardiopatía isquémica (Rodríguez D. y Rodríguez L., 2020, p.2).

Podría decirse que la relación entre la atmósfera y la pandemia es sencilla dada la naturaleza respiratoria del COVID-19, los factores atmosféricos más estrechamente relacionados con la exacerbación de la pandemia se relacionan con la contaminación del aire (Setti et al., 2020, p.2). Por ejemplo, las partículas volátiles pueden ser portadoras del virus, lo que aumenta su persistencia en la atmósfera. La contaminación del aire también puede ser un cofactor en las tasas de mortalidad (Conticini et al., 2020, p.1).

Hay suficientes probabilidades o evidencias comprobadas de transmisión de virus contagiosos a través de la vía aérea contaminada en las moléculas de aerosol formadas, donde los efectos combinados de estas causas fundamentales y los resultados no deseados son de naturaleza similar y provocan un paro cardíaco agudo en nuestro planeta (Mukherjee et al., 2021, p.2).

Existe una relación significativa entre la pérdida de biodiversidad, el alto nivel de contaminantes del aire y la disminución de la calidad del aire con la propagación y mortalidad de la infección por COVID-19 generando impacto colectivo de los factores ambientales y de los ecosistemas, así como la biodiversidad, en la propagación de COVID-19 (Fernández et al., 2021, p.1).

La pandemia de COVID-19 ha generado un impacto trascendental de mortalidad y morbilidad a nivel mundial durante estos últimos cuatro meses; la nueva tendencia diaria de estos casos confirmados ha tenido un incremento

significativo en América Latina, desde marzo de 2020, con una mayoría de casos reportados en Brasil seguido por el Perú desde el 15 de abril 2020. Aunque el Perú implementó una serie de medidas de distanciamiento social poco después de la confirmación de su primer caso el 6 de marzo del 2020, el número diario de nuevos COVID-19 casos siguió acumulándose en el Perú (Munayco et al., 2020, p.1).

Tabla 1. Covid-19 Mortalidad por 1,000 y altitud en regiones peruanas marzo – julio 2020

| Region | Altitude (m) | Population ^a | COVID deaths ^b | COVID deaths x 1 000inh |
|---------------|--------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|
| Peru | | 32,625,948 | 51,789 | 1.59 |
| Callao | 7 | 1,129,854 | 3,305 | 2.93 |
| Tumbes | 8 | 251,521 | 490 | 1.95 |
| Lambayeque | 38 | 1,310,785 | 1,727 | 1.32 |
| Lima | 92 | 10,628,470 | 25,233 | 2.37 |
| Loreto | 123 | 1,027,559 | 1,522 | 1.48 |
| Ica | 291 | 975,182 | 2,297 | 2.36 |
| Madre de Dios | 305 | 173,811 | 320 | 1.84 |
| Ucayali | 310 | 589,110 | 890 | 1.51 |
| San Martin | 500 | 899,648 | 976 | 1.08 |
| Piura | 606 | 2,047,954 | 3,278 | 1.60 |
| Moquegua | 1,197 | 192,740 | 282 | 1.46 |
| Amazonas | 1,330 | 426,806 | 195 | 0.46 |
| La Libertad | 1,572 | 2,016,771 | 3,029 | 1.50 |
| Arequipa | 1,754 | 1,497,438 | 2,393 | 1.60 |
| Tacna | 1,901 | 370,974 | 94 | 0.25 |
| Ayacucho | 1,999 | 668,213 | 242 | 0.36 |
| Cajamarca | 2,273 | 1,453,711 | 728 | 0.50 |
| Huánuco | 2,406 | 760,267 | 554 | 0.73 |
| Ancash | 2,607 | 1,180,638 | 1,944 | 1.65 |
| Junín | 2,830 | 1,361,467 | 1,245 | 0.91 |
| Apurímac | 3,024 | 430,736 | 118 | 0.27 |
| Pasco | 3,112 | 271,904 | 149 | 0.55 |
| Cusco | 3,149 | 1,357,075 | 319 | 0.24 |
| Huancavelica | 3,359 | 365,317 | 180 | 0.49 |
| Puno | 3,744 | 1,237,997 | 279 | 0.23 |

En la Tabla 1, se muestran algunos valores de acuerdo a una investigación realizada por (Seclen et al.,2020, p.9) donde demuestra que se presentan valores altos en la provincia constitucional del Callao (2.93 / 1,000 habitantes) a nivel del mar, los valores muy bajos en regiones de gran altitud como por ejemplo la región de Puno (0,23 / 1.000 habitantes) a 3.744 msnm, ajustados por edad y sexo. Además del entorno hipóxico, hay factores ambientales que también podrían influir en la virulencia del SARS-CoV-2 a gran altura, como la temperatura, el aire seco y los altos niveles de radiación ultravioleta (UV).

Perú, país situado en el oeste de Sudamérica, reportó su primer caso importado de COVID-19 en Lima, el 6 de marzo del 2020, el 15 de abril del 2020, un total de 11475 casos, incluyendo 254 muertes fueron reportados por el gobierno peruano. Lima, la capital de Perú ha registrado 8412 casos, el mayor número de casos dentro del Perú (MINSA, 2020, p.1). Según las pautas de la OMS (Organización Mundial de la Salud), existen varios modos de transmisión viral relacionados con el SARS-CoV-2. Los modos de transmisión viral generalmente se clasifican en 3 tipos que se establecen como transmisión aérea, transmisión por contacto directo (es decir, que generalmente se transfiere directamente a través del contacto directo con la superficie contaminada) que también se conoce como transmisión por fómites y transmisión por gotitas (es decir, se transmite en forma de gotas respiratorias grandes) (Morawska et al., 2020, p.1).

El Perú culminó el confinamiento por covid-19 el 30 de junio del 2020 (Decreto Supremo N 094-PCM, 2020); aun continua en estado de emergencia sanitaria, estas medidas fueron dadas a medida de la propagación del coronavirus (COVID-19) a nivel nacional como una medida de control y prevención de dicha enfermedad. En Lima, el impacto que ha generado un gran número de personas contagiadas esto con llevo a que el Gobierno siga estableciendo las medidas de prevención y así poder evitar el colapso del sistema de salud, esta ciudad concentra una de las mayores actividades de comercio, sumando el incremento del parque automotor y zonas industriales ocasionando volúmenes de contaminación (Erick Chávez Flores, 2020).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación es de tipo aplicada debido a que el objetivo es profundizar o crear nuevas teorías sobre cierto objeto y tema a investigar sustentándose en teorías y conocimientos de un problema particular (Hernández, R., Fernández, C. y Baptista. P., 2014, p.25); en el presente trabajo de investigación se busca ahondar acerca de la contaminación atmosférica durante el confinamiento por el Covid-19, por ello se va a analizar diversas investigaciones nacionales.

3.1.2. Diseño de investigación

El diseño es cualitativo narrativo de tópicos, debido a que es un esquema de investigación e intervención que cuenta una historia que ayuda a procesar asuntos que no están claros, se utiliza con el objetivo de evaluar una serie de acontecimientos (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, p.504).

El diseño narrativo, pretende utilizar la recolección de información de un tema específico, del cual se va extraer y utilizar la información para aplicar los aspectos de descripción y análisis (Salgado, A., 2007, p.72). En tanto, el diseño de investigación cualitativo narrativo de tópicos, está enfocado en una temática, suceso o fenómeno (Salgado, A., 2007, p.73).

Es decir que para el presente estudio se realizara una revisión sistemática de la Contaminación atmosférica durante el confinamiento por el Covid-19 en el Perú.

3.2. Categorías, subcategoría y matriz de categorización apriorística

Para el desarrollo de una revisión sistemática, uno de los procesos más importantes es la distribución de los temas a tratar a partir de la organización y recopilación de la información. Para ello se plantean categorías las cuales vienen hacer aquellas que denotan un tópico en sí mismo, mientras que las subcategorías detallan los tópicos en micro aspectos. Además, pueden ser construidas antes de la recopilación de

información o mediante el levantamiento de esta. La denotación de las categorías y subcategorías, surge de la formulación de problemas y objetivos de la investigación (Herrera, J., Guevara, G. y Munster. H., 2015, p.125).

Ante ello en la siguiente tabla se presenta como categorías: Relación, Aspectos Ambientales e Impactos, mientras que las subcategorías son: antropogénica, natural, industrias, transporte, quema de biomasa, material particulado (PM_{2.5}); material particulado (PM₁₀); dióxido de carbono (CO₂); dióxido de azufre (SO₂); dióxido de nitrógeno (NO₂) y ozono (O₃)

Tabla 2. Matriz de Categorización Apriorística

| Nº | OBJETIVOS ESPECÍFICOS | PROBLEMAS ESPECÍFICOS | CATEGORÍA | SUB-CATEGORÍA | CRITERIO 01 | CRITERIO 02 |
|----|---|--|------------------------------------|---|--|---|
| 1 | Determinar las fuentes de contaminantes atmosféricos que producen la contaminación del aire | ¿Cuáles son las fuentes de contaminantes atmosféricos que producen la contaminación del aire ? | Fuentes Contaminantes atmosféricos | Antropogénica (Astudillo, R. M. 2012, p. 03). Natural (Astudillo, R. M. 2012, p. 03). | De acuerdo a su origen (Shakil et al., 2020) | De acuerdo a su origen que produce la contaminación del aire (Manzanedo y Manning, 2020) |
| 2 | Determinar los aspectos ambientales que influyen en la contaminación del aire. | ¿Cuáles son los principales aspectos ambientales que influyen la contaminación atmosférica? | Aspectos ambientales | Industrias · Kumari p. y Toshniwal D., 2020, p.2. Transporte Cohen et al., 2017, p.1. Quema de biomasa · Kumari p. y Toshniwal D., 2020, p.2. | De acuerdo a las actividades generados durante el confinamiento por covid-19 (Stoll y Mehling, 2020) | De acuerdo a a los contaminantes generados que influyen en la calidad del aire (Casallas et al., 2020; Lopez-Restrepo et al., 2020) |

| | | | |
|---|--|---|---|
| | | | Quema de residuos sólidos Kumari p. y Toshniwal D., 2020, p.2. |
| 3 | Determinar los impactos positivos generados en el aire, durante el confinamiento por covid-19. | ¿Cuáles son los impactos positivos generados en el aire, durante el confinamiento por covid-19? | Impactos positivos |
| | | | Reducción del Material Particulado Fernández et al., 2021, p.1. Reducción de gases de efecto invernadero. Seclen et al.,2020, p.9. |
| | | | De acuerdo disminución de actividades durante el confinamiento por covid-19 (Bao y Zhang, 2020). |
| | | | De acuerdo a la reducción de los contaminantes en el aire durante el confinamiento por covid-19 |

3.3. Escenario de estudio

Este estudio presentamos una revisión nacional y el escenario de estudio fueron las ciudades de Lima metropolitana, y el reporte de NASA (Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio) y la ESA (Agencia Espacial Europea) de todos los artículos acerca de la Contaminación atmosférica durante el confinamiento por el covid-19 en Perú.

3.4. Participantes

Para llevar a cabo la investigación se considera como principal herramienta los documentos, informes, libros, artículos e investigaciones que refieran y contribuyan al desarrollo de los objetivos propuestos. Cabe agregar que dichos materiales estarán disponibles principalmente en fuentes como Science Direct, ProQuest, Scielo.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para nuestro presente estudio, se desarrollará la recolección de datos e información mediante un instrumento principal denominado “ficha de análisis de contenido” (Anexo N°1), quedando detallada la información acerca de la contaminación atmosférica y el covid-19; los datos de estas investigaciones estarán constituidas por una serie de ítems tal como: referencia del autor (autor, el número de páginas, año y lugar de

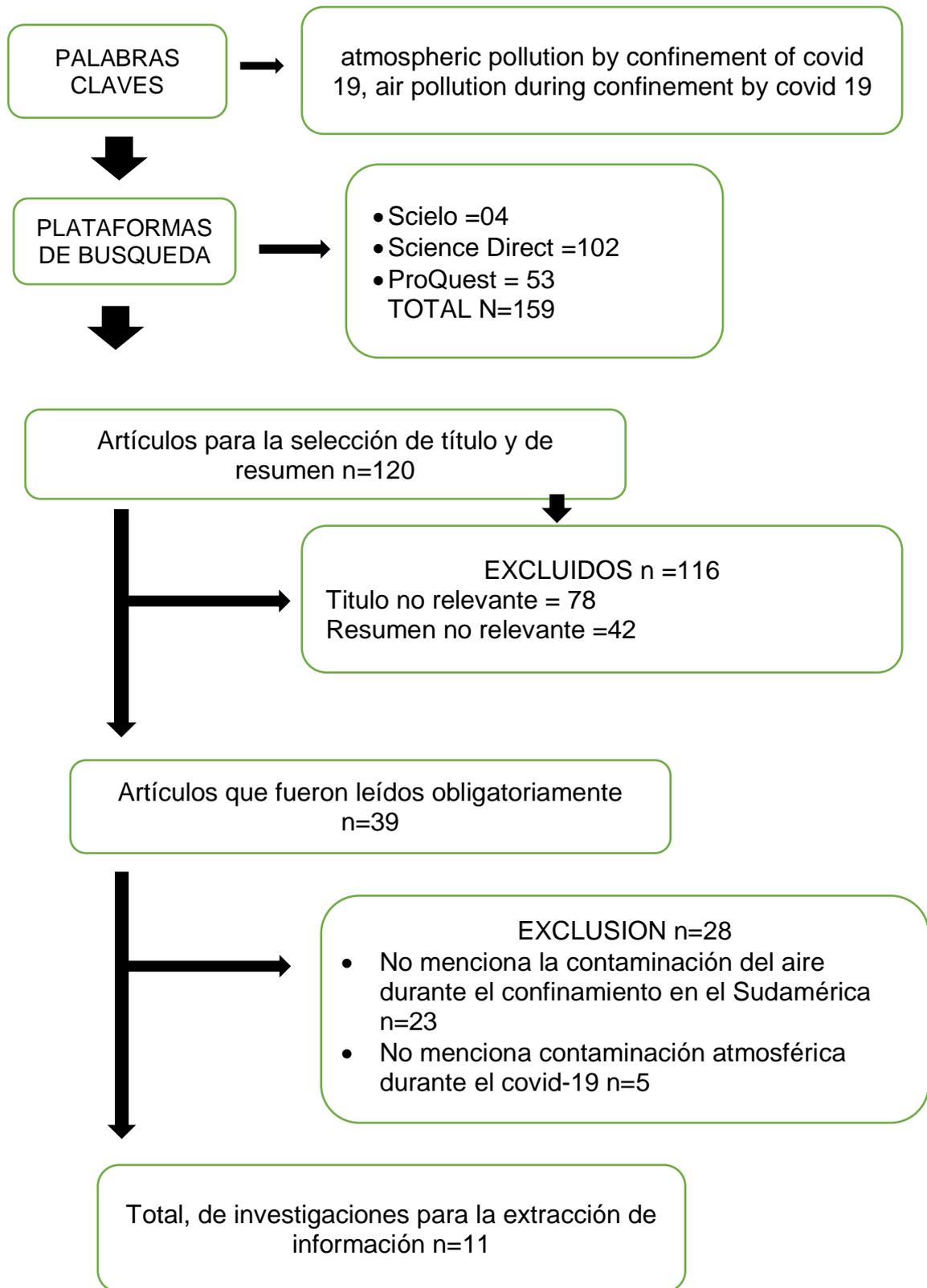
publicación), tipo de investigación, palabras claves, problemas, objetivos, alcances, resultados, entre otros que incluyan en el artículo o fuente elegida para la investigación, dichos datos en su totalidad permitirán asociar y organizar la data e información requerida.

La técnica es análisis documental la investigación documental es obtener, consultar y detectar la biografía de otros materiales que inician de otros conocimientos y/o informaciones seleccionadas moderadamente de cualquier realidad, de manera muy selectiva, de modo que puedan ser de utilidad para los propósitos del estudio. (Roberto Hernández Sampieri., 2014, p.)

3.6. Procedimientos

Para llevar a cabo la revisión sistemática de la contaminación atmosférica durante el confinamiento por el Covid-19, se tendrá en cuenta un proceso riguroso donde la principal fuente de enriquecimiento de información, serán artículos publicados en revistas indexadas, además de revistas, libros y publicaciones en general que tengan la información y data necesaria para el desarrollo, así mismo se tendrá en cuenta el prestigio y fiabilidad de la fuente.

Las etapas que se siguieron para la elaboración del presente estudio fueron: el muestreo de diferentes trabajos de investigación, en las cuales utilizamos palabras claves como: contaminación atmosférica, contaminación del aire, Covid-19, confinamiento en Sudamérica, entre otros; en las bases de datos aprobadas (science direct, scielo, ProQuest); para poder obtener artículos que nos sirvan de referencia en la presente revisión bibliográfica; obteniendo en total 159 investigaciones dentro de las cuales se filtraron mediante criterios de inclusión y exclusión, obteniendo 11 artículos científicos.



3.7. Rigor científico

Los criterios de rigurosidad científica, aplicados a la investigación cualitativa, permiten establecer lineamientos teóricos, metodológicos y procedimientos, con lo cual se busca las respuestas ante los problemas planteados. Es por ello que se considera 4 aspectos: La dependencia o consistencia, implica la estabilidad de los datos, un proceso mediante el cual se rastrean dichos datos a través de la descripción de las condiciones en las que estos son generados, las fuentes y la verificación de los participantes, factores claves para su adecuada interpretación. (Martín Eduardo. Suárez Durán, 2007., p. 646-654)

La credibilidad o valor de verdad, quiere decir el cómo plantear confianza en los descubrimientos, dicho proceso se plantea mediante la contratación de creencias e interpretaciones del propio investigador con las de otros autores o fuentes. Mientras que la transferencia implica la aplicabilidad o transferibilidad de los datos o resultados e hipótesis de la investigación hacia otros contextos similares a la investigación, teniendo en cuenta la descripción detallada del contexto donde se generan los resultados (Erazo, M., 2011, p.128-129). Este trabajo se aplicó con la credibilidad de los artículos porque en el análisis de los estudios se evitó que nuestras aceptaciones y opiniones afecten la claridad de las interpretaciones de los datos, además se consideró valiosos todos los datos encontrados en la revisión de artículos sin importar la existencia de contrastes con los autores.

La confirmación o audibilidad, refiere 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. (Erazo, M., 2011, p.128-129).

En este trabajo se aplicó la confirmación donde los resultados de los artículos seleccionados para la revisión sistemática no eran influenciados por algunos intereses, los resultados son de confirmación puesto que son confiables y muy valiosos para determinar los impacto del covid-19 frente a la contaminación atmosférica.

3.8. Método de análisis de información

El método de análisis de la información se ejecutará por medio de categorías, teniendo como objetivo determinar la contaminación del aire durante la pandemia por covid-19, donde las categorías se concretan por descripciones similares, por ejemplo:

Determinar las fuentes de contaminantes atmosféricos que producen la contaminación del aire de forma natural y antropogénica de acuerdo a su origen.

Determinar los aspectos ambientales que influyen en la contaminación de aire como las industrias, transporte, quema de biomasa y quema de residuos sólidos de acuerdo a las actividades generadas durante el confinamiento.

Determinar los impactos positivos, generados en el aire, durante la pandemia covid-19, de acuerdo a la disminución de actividades se tuvo la reducción del material particulado y la reducción de gases de efecto invernadero. Para el presente trabajo obtuvimos 15 artículos de investigación los cuales se filtraron mediante criterios de inclusión y exclusión de modo que cuente con la información suficiente para determinar los cambios de la contaminación atmosférica durante el confinamiento por la pandemia de la covid-19.

3.9. Aspectos éticos

El desarrollo de la presente investigación, estará sujeta al código de ética de la Universidad Cesar Vallejo, en el cual se indica que para realizar una investigación esta se basa en una serie de normas que regulan las buenas prácticas y los principios éticos, para de tal modo garantizar la responsabilidad y honestidad de los investigadores.

Por otro lado, el autor del presente estudio, estará sometido a recibir las sanciones e infracciones descritas en la Resolución de Consejo Universitario N° 0126-2017/UCV, Artículo 22. De igual forma se cumple con citar según la Norma ISO 690: 2010.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el periodo restrictivo, la mayoría de los medios de comunicación indicaron que los niveles de contaminantes en el aire, se disminuyó en las principales ciudades a nivel mundial; ocasionados por los diferentes bloqueos de carreteras, limitaciones en vuelos, paralización de actividades industriales, disminución de transporte, y cierre de negocios lo que genera una disminución significativa en las concentraciones de contaminantes atmosféricos en el aire tales como: dióxido de nitrógeno (NO₂) y material particulado (PM_{2.5}) (Teresa Lanchipa-Ale., et al. 2020).

Tabla 3. Artículos revisados para la revisión sistemática

| ESTUDIO | AUTOR | LUGAR | IMPACTOS POR EL CONFINAMIENTO POR COVID-19 |
|---|---------------------------------------|----------------|--|
| Efectos de las medidas de control de la pandemia de COVID-19 en la contaminación del aire en el área metropolitana de Lima, Perú en América del Sur | Jhojan P. Rojas., et al. 2021 | Perú | El confinamiento nacional por covid-19 que se implementó en el Perú produjo reducciones significativas en el contaminante en el aire (PM ₁₀ (- 40% y -58%), PM _{2.5} (- 31% y -43%) y NO ₂ (-46% y -48%) desde el pre-bloqueo hasta el bloqueo total. |
| Impactos en el medio ambiente y en el cumplimiento de los ODS en América Latina | López-Feldman., et al, 2020 | América latina | Presenta un recuento de algunos de los efectos iniciales de la crisis sanitaria en el medio ambiente, discutimos efectos potenciales en términos de regulaciones ambientales e intervenciones de política pública. |
| Impacto del bloqueo en la calidad del aire en las principales ciudades de globo durante la pandemia de COVID-19 | Pratima Kumari, Durga Toshniw a. 2020 | Lima | PM _{2.5} existe una reducción en Lima (-23.79%). PM ₁₀ Lima (-38,7%), NO ₂ Lima (-48,5% en marzo, -61,66% en abril, -59,9% en mayo) SO ₂ Lima (-50%), O ₃ Lima (-34,8% en abril, -40,8% en mayo). |
| Estado y tendencias de la calidad del aire en las grandes | Gomez Pelaez., et al. 2020 | Sudamérica | Material particulado anual (PM _{2.5} y PM ₁₀) superó las Directrices de calidad del aire de la Organización Mundial de la Salud (WHO-AQG). |

| | | | |
|--|---|-------------------------------|--|
| ciudades de América del Sur | | | NO ₂ se superó al menos en una ciudad entre 2010 y 2017, La mayoría de las concentraciones medias diarias de SO ₂ en América del Sur estuvo por debajo del WHO-AQG. |
| Enfoque gaussiano para probabilidad y correlación entre el número de casos de COVID-19 y la contaminación del aire en Lima | Arias Velásquez and Mejía Lara et al. 2020 | Perú | Nuestro análisis ha considerado marzo y abril de 2020, para la medición de la calidad del aire y las infecciones en Lima, con CO, NO ₂ , O ₃ , SO ₂ , PM ₁₀ y PM _{2.5} ; los resultados han demostrado la influencia de la industria en la contaminación del aire y las infecciones por COVID-19 antes y después de la cuarentena durante la última 28 días desde la primera infección en Perú. |
| Incidencia de la cuarentena por covid-19, en la calidad del aire (NO ₂) de la ciudad de Lima | Chávez Flores et al. 2020 | Perú | Se encontró una disminución, en la variación del promedio en la concentración NO ₂ (µg / m ³) de 46.24%, 47.52% y 60.91% en el mes de marzo, abril y mayo del 2020 meses de cuarentena con respecto al 2019. |
| Calidad del aire durante el COVID-19: PM _{2.5} Análisis en las 50 capitales más contaminadas del mundo. | Rodríguez-Urrego Daniella And Rodríguez-Urrego Leonardo. 2020 | 50 Capitales más contaminadas | Las emisiones de PM _{2.5} de las 50 capitales más contaminadas del mundo según la OMS, medidas antes-después del inicio de la cuarentena. Asimismo, el impacto a nivel local y global de este comportamiento de emisiones, que promedió 12% de PM _{2.5} . |
| Efectos de las cuarentenas y restricciones de actividad relacionadas con el COVID-19 sobre la calidad del aire en las ciudades de América Latina | CEPAL, 2020 | América latina | Las medidas adoptadas por los gobiernos de los países de la región de América Latina para frenar la propagación del COVID-19 como la cuarentena o cese de actividades han impactado en los niveles de producción y se ha observado una mejora en la calidad del aire, donde se examinan datos estadísticos para determinar si ha contribuido en mejorar en la calidad del aire en las ciudades de América Latina. |
| Asociación entre la contaminación | Vanessa Vasque | Perú | El 06 de marzo del 2020, el presidente de la república del Perú anunció el primer caso de infección |

| | | |
|---|---|--|
| del aire en Lima y la alta incidencia de COVID-19: hallazgos de un análisis post hoc | z- Apestez & Utrilla | por COVID-19 en Lima. El 11 de marzo de 2020 lo declaró una cuarentena con todas las medidas de distanciamiento social, incluyendo cierres de todas las instituciones educativas en Perú, y el 16 de marzo de 2020 se declaró una emergencia nacional. |
| Variación de la contaminación por aerosoles en Perú durante la cuarentena debida a COVID-19 | Roman-Gonzalez & Vargas-Cuentas, 2020 Perú | El gobierno ha decretado el aislamiento social obligatorio. Esta situación, entre otras cosas, probablemente provoca la reducción de la contaminación que es importante para nuestro ecosistema. Los resultados muestran una reducción esencial de la contaminación por aerosoles en diferentes regiones de Perú, especialmente en Lima y las regiones amazónicas. |

4.1. MATERIAL PARTICULADO

4.1.1. Material particulado (PM_{2.5})

Los resultados encontrados mostraron una disminución significativa en la concentración de material particulado (PM_{2.5}) durante el confinamiento por covid-19; obteniendo una concentración de 23.16µg/m³ en el 2019 en comparación al mismo periodo en el 2020 de 13.5µg/m³ se obtuvo una de las mayores disminuciones de (41.71%) en concentraciones PM_{2.5} durante el bloqueo (Jhojan P. Rojas., et al 2021, p13).

En la ciudad de Lima (Perú), siendo una de las 50 ciudades más contaminadas del mundo durante el confinamiento por covid-19 presentan un nivel notable reducción (PM_{2.5}) de 43µg/m³ en el 2020 en comparación al 2019 que era un promedio de 58µg/m³ obteniendo una reducción 25.86% (Rodríguez-Urrego., et al 2020). En la ciudad de Lima se vio una notable reducción del material particulado (PM_{2.5}) en marzo es de (-8.09%), abril (-23,79%) y mayo (-34,3%) del 2020, en comparación con en marzo, abril y mayo de 2019, que se redujo significativamente un promedio de 22.06% debido al bloqueo donde las actividades antropogénicas son una de las principales fuentes de emisión en el aire (Pratima Kumari., et al 2020).

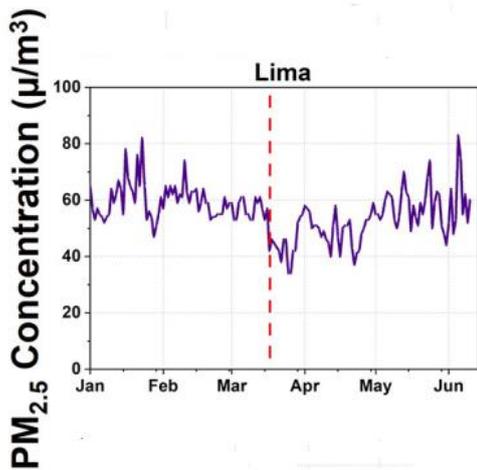


Figura 1. PM_{2.5} diario concentración del 1 de enero de 2020 al 10 de junio de 2020. Se inició el bloqueo (línea roja)

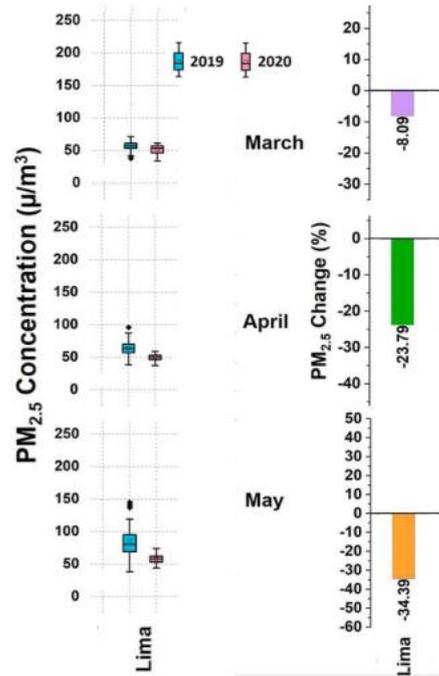


Figura 2. Los diagramas de caja de PM_{2.5} concentración en marzo, abril y mayo de 2020 en comparación con 2019 y variación porcentual

(Vásquez, et al., 2020), encontró la concentración de PM_{2.5} durante el confinamiento por covid-19 un 35µg/m³ en comparación al mismo periodo del 2019 una concentración de 41.69µg/m³ donde se encontró una reducción porcentual de 16.05%. Encontramos una reducción significativa de PM_{2.5} un porcentaje de 65.22% entre el máximo valor encontrado en el 2019 que es de 230 µg/m³ en comparación al mínimo valor del 2020 que es de 80 µg/m³ entre estos valores se encuentra una reducción de 65.22% en comparación al 2019 (CEPAL, 2020)

En Perú se encontró una reducción muy significativa en la concentración promedio de PM_{2.5} durante el confinamiento por covid-19 respecto al mismo periodo del 2019 donde se mostró una reducción de 41.71% (Jhojan P. Rojas., et al 2021, p13); en cambio (Rodríguez-Urrego., et al 2020) una disminución de 25.86%; (Vásquez, et al., 2020), encontró una reducción de 16.05%. y (Pratima Kumari., et al 2020) encontró una disminución promedio de 22.06%.

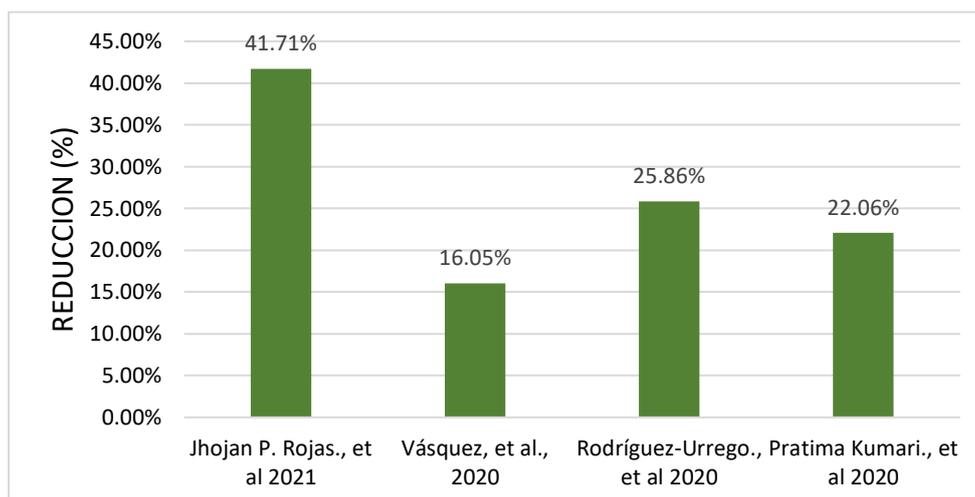


Figura 3. Disminución porcentual de PM_{2.5} durante el confinamiento por covid-19 en el Perú

En la figura 3, podemos encontrar (Jhojan P. Rojas., et al 2021, p13) encontró una mayor disminución 41.71% de concentración del material particulado menor a 2.5 micras y (Vásquez, et al., 2020), encontró una menor disminución porcentual de 16.05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. En el Perú se encontró una reducción promedio del 26.42% durante el confinamiento por covid-19.

4.1.2. Material particulado (PM₁₀)

Los resultados mostraron una disminución significativa en la concentración de material particulado (PM₁₀) durante el confinamiento por covid-19; en 2020 se obtuvo un promedio de 37.16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en comparación al mismo periodo del 2019 donde se obtuvo 88.33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ donde se encontró una de las mayores disminuciones de PM₁₀ con (57.93%) en concentraciones PM₁₀ durante el bloqueo por el confinamiento por covid-19 (Jhojan P. Rojas., et al 2021).

Se ha mostrado una disminución significativa en la concentración de PM₁₀ en marzo de 2020 en comparación del año 2019. Se encontró una reducción en la concentración media mensual de PM₁₀ en marzo se observó en Lima un (-29.8%); en abril (-45.97%) y en mayo (-38.7%); en el mes de abril se vio una mayor disminución a comparación del mes de marzo donde se mostró que las concentraciones de PM₁₀ se redujeron un promedio significativamente de 38.16 % en la ciudad de Lima (Pratima Kumari., et al 2020, p.6)

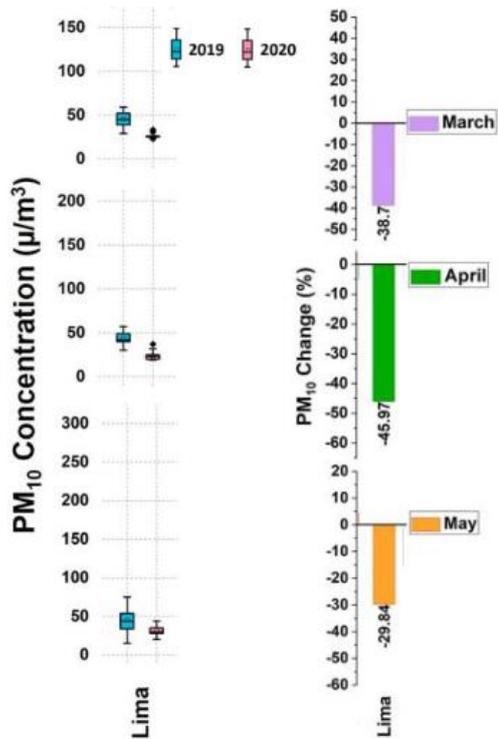


Figura 4. Los diagramas de caja de PM₁₀ concentración en marzo, abril y mayo de 2020 en comparación con 2019 y variación porcentual

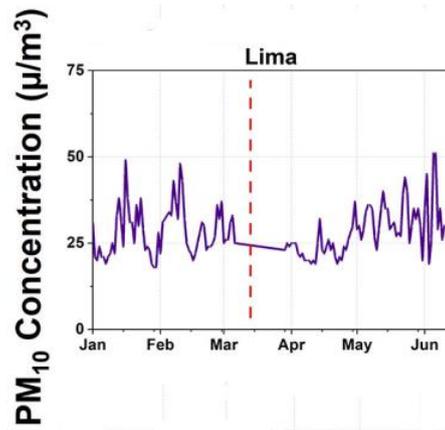


Figura 5. PM₁₀ diario concentración del 1 de enero de 2020 al 10 de junio de 2020; Se inició el bloqueo (línea roja)

En el Perú se encontró una disminución significativa como la mayor reducción (Jhojan P. Rojas., et al 2021) con un porcentaje de 57.93% que es una reducción muy considerable del PM₁₀. mientras que (Pratima Kumari., et al 2020, p.6) encontró una reducción de 38.16% donde podemos encontrar una reducción promedio de 48% en comparación al mismo periodo del 2019.

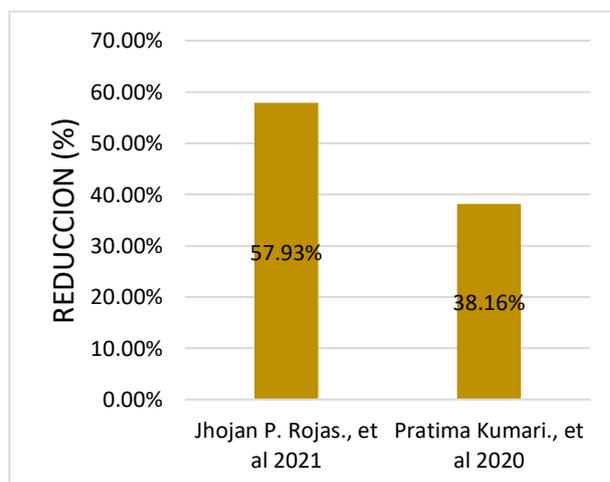


Figura 6. Disminución porcentual de PM₁₀ durante el confinamiento por covid-19 en el Perú.

La calidad del aire durante el confinamiento por covid-19 en el presente estudio ha sido analizado bajo la influencia del bloqueo covid-19. Las ciudades se ven muy afectadas por la pandemia covid-19, que representa más del 60% del total de casos y muertes a causa de la covid-19 en todo el mundo (Worldometer, 2020).

El Perú ha implementado bloqueo estricto para frenar la propagación de la enfermedad, lo que genera a una reducción significativa de los niveles de contaminación del aire en la ciudad de Lima. Los resultados demuestran que la concentración de partículas ($PM_{2.5}$ y PM_{10}) y tener significativamente reducción en marzo, abril y mayo de 2020 en comparación con el mismo período de 2019 y mejoro la calidad del aire.

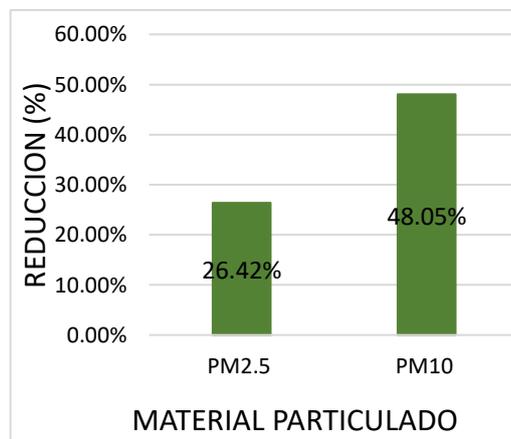


Figura 7. Disminución porcentual de material particulado durante el confinamiento por covid-19 en el Perú

En la figura 7, podemos encontrar una significativa reducción en el material particulado durante el confinamiento por covid-19 en el Perú; encontrando una mayor reducción en el PM_{10} un 48.05% mientras que el $PM_{2.5}$ no tuvo una reducción no mayor a 36.42% donde la mayor reducción se obtuvo del PM_{10} con respecto al $PM_{2.5}$ durante la pandemia en comparación al mismo periodo del 2019.

El $PM_{2.5}$ y PM_{10} concentraciones mostró una disminución significativa después de la aplicación del bloqueo. La razón principal de la reducción de sus concentraciones es detener las actividades antropogénicas como el transporte, los viajes, las actividades industriales, que son la principal fuente de contaminantes (Sharma et al., 2020).

4.2. GASES DE EFECTO INVERNADERO

4.2.1. Dióxido de nitrógeno (NO₂)

La incidencia por el confinamiento por covid-19, en la variación de la concentración de NO₂ en los meses de confinamiento en el monitoreo de la calidad del aire se obtuvo algunas concentraciones como vemos en la figura 8, para el año 2019 y 2020; donde se evidencia una disminución en el promedio de la variación de concentración NO₂ (µg/m³) de -46.24% para el mes de marzo, -47.52% para abril y -60.91% en mayo del 2020, donde se encontró un promedio de disminución de -51.56% durante meses en donde se decretó el confinamiento por covid-19 “cuarentena” respecto al 2019 (Erick Chávez Flores, 2020).

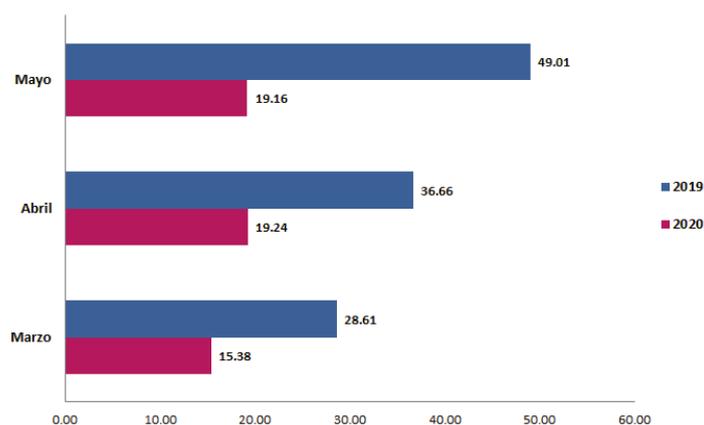


Figura 8. Promedio de concentración de NO₂ (µg/m³) en Lima

El NO₂ es uno de los principales contaminantes encontrados en el aire que generalmente tiene altas concentraciones en todos los lugares, independientemente de sus regiones. Se vio una reducción considerable en la concentración de NO₂ durante el confinamiento por el covid-19 en el Perú que se implementó a fines de marzo y principios de abril, ha mostrado una alta reducción en la concentración de NO₂ la reducción máxima en la concentración de NO₂ se observó en Lima -48.5% en marzo, -61.66% en abril, -59.9% en mayo), 2020 en comparación con 2019 obteniendo una reducción promedio de -56.69% durante el confinamiento por covid-19 (Pratima Kumari., et al 2020, p.6).

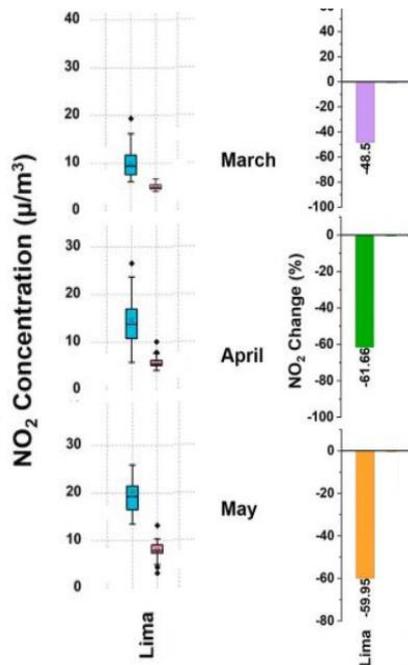


Figura 9. Los diagramas de caja de NO₂ concentración en marzo, abril y mayo de 2020 en comparación con 2019 y variación porcentual

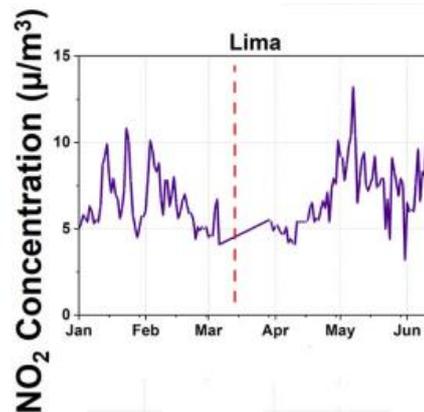


Figura 10. NO₂ diario concentración del 1 de enero de 2020 al 10 de junio de 2020. Se inició el bloqueo (línea roja)

La variabilidad durante el periodo de confinamiento por covid-19 durante el 16 de marzo hasta el 30 de abril del 2020 se produjo una reducción del (-48%) de dióxido de nitrógeno (NO₂) con respecto a los a los datos del 2019. Estos resultados confirman los efectos de las medidas de confinamiento social y suspensión de actividades productivas sobre las concentraciones de contaminantes atmosféricos observadas en un bloqueo fuerte, como el implementado en Perú, produce mejoras significativas en la calidad del aire (Jhojan P. Rojas., et al 2021).

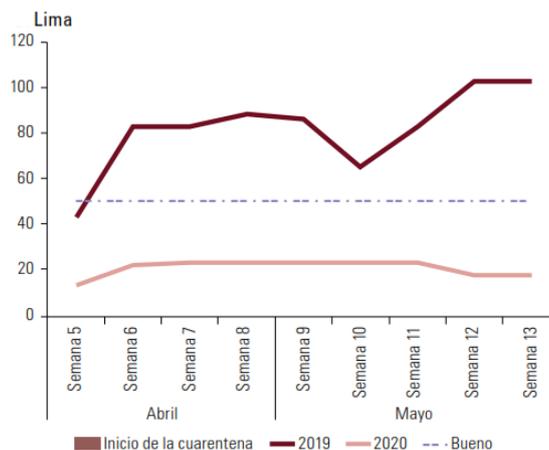


Figura 11. Concentración de NO₂ durante el confinamiento por covid-19 en comparación al mismo periodo del 2019

En Lima se observa una gran disminución de la concentración de NO₂ en 2020 se obtuvo 20µg/m³ en comparación al 2019 que se obtuvo una concentración de 100µg/m³ supone una reducción del 80%. (CEPAL, 2020).

Algunas de las principales fuentes de contaminación del aire son las flotas automotrices, por lo que la zona de mayor impacto resulta ser el centro de la ciudad donde la mayor parte se concentra el tráfico vehicular y donde se desarrolla una importante actividad económica (Romero et al. 2020).

Sin embargo, el efecto de la cuarentena en la ciudad de Lima ha mitigado los valores de NO₂. Aunque la ciudad Lima está cerca del Océano Pacífico, la cuarentena ha disminuido el impacto del NO₂ un -36% de media. Pero en zonas industriales, no disminuyó y las infecciones empeoran cada día en esta zona (Velásquez y Lara, 2020).

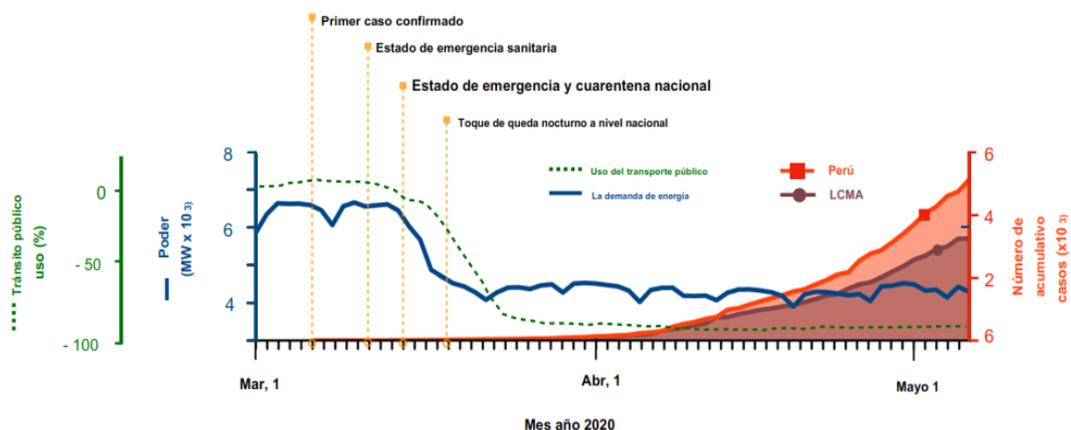


Figura 12. Evolución de casos confirmados de COVID-19 en Perú (rojo) y LMA (marrón), demanda eléctrica nacional (azul) y porcentaje de cambio en el uso del transporte público (verde)

La disminución de la demanda de electricidad refleja la congelación de las actividades de producción y el movimiento vehicular redujo las emisiones de los vehículos, así como la suspensión de partículas. disminución en los niveles de NO_x. Esta reducción se puede explicar en términos de la disminución de las emisiones vehiculares por las medidas de encierro (Jhojan P. Rojas., et al 2021, p13).

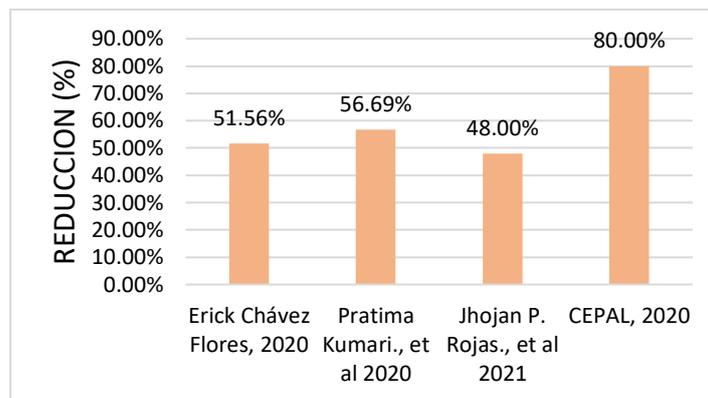


Figura 13. Disminución porcentual de NO₂ durante el confinamiento por covid-19 en el Perú.

En la figura 13, podemos encontrar una clara reducción de dióxido de nitrógeno encontrando una mayor reducción (CEPAL, 2020) de -80%; mientras que (Jhojan P. Rojas., et al 2021) encontró una reducción de -48% esta disminución de NO₂ es muy significativo puesto que alcanza un promedio de -59.06%. esta reducción es muy significativa para la mejora de la calidad del aire.

4.2.2. Dióxido de azufre (SO₂)

La comparación entre los datos mensuales de SO₂ muestra una tendencia mixta la concentración 2020 en comparación con 2019. La reducción se observó en la ciudad de Lima (-33,3%) en marzo; (-31.81%) en abril y (-50%) en el mes de mayo del 2020. En mayo la caída máxima se registró con (-50%) donde se mostró una máxima reducción SO₂ donde podemos encontrar una reducción media de 38.37% durante estos tres meses de confinamiento por covid-19 (Pratima Kumari., et al 2020).

En Lima, también caen los niveles de concentración de SO₂, en un porcentaje de -37.50% encontrando un valor de 50µg/m³ del 2020 con respecto a las mismas semanas del año anterior de 80µg/m³ (CEPAL, 2020)

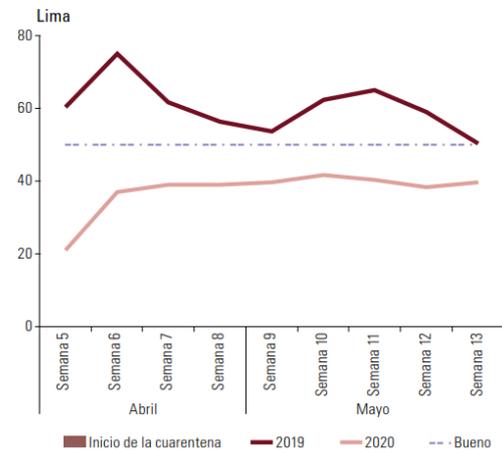
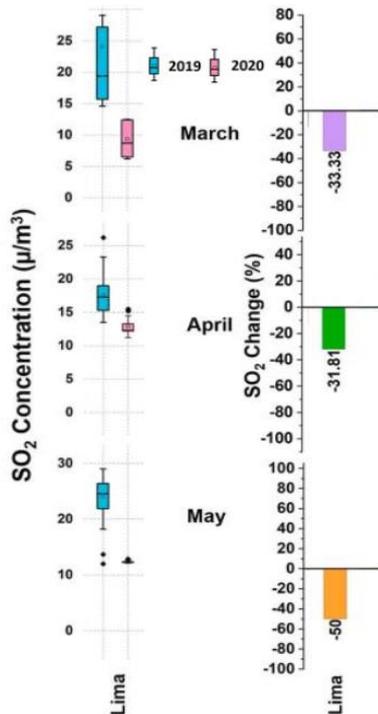


Figura 14. Los diagramas de caja de SO₂ concentración en marzo, abril y mayo de 2020 en comparación con 2019 y variación porcentual

Figura 15. Concentración de SO₂ durante el confinamiento por covid-19 en comparación al mismo periodo del 2019

La concentración de dióxido de azufre tiene una reducción durante el confinamiento por covid-19; donde (CEPAL, 2020) encontró una reducción de -37.50% mientras que (Pratima Kumari., et al 2020) obtuvo una reducción de -38.37% durante los meses de marzo, abril y mayo del 2020 en comparación al mismo periodo del 2019. Obteniendo una reducción promedio de -37.94% durante el confinamiento por covid-19 en el Perú.

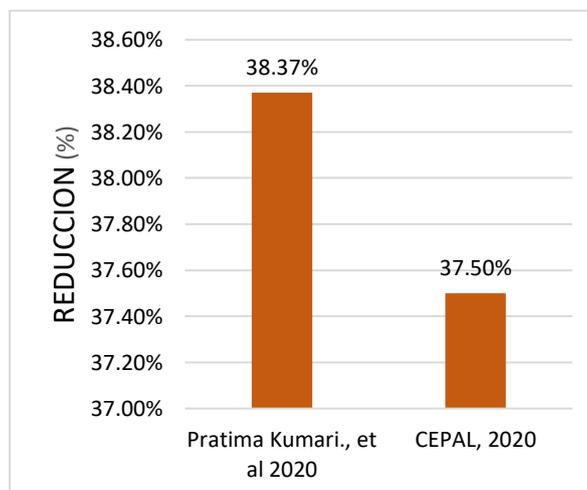


Figura 16. Disminución porcentual de SO₂ durante el confinamiento por covid-19 en el Perú.

4.2.1. Ozono (O₃)

Las concentraciones de O₃ al comparar los datos disponibles, se observó una tendencia de incremento en la ciudad de Lima obteniendo 59 µg/m³ las concentraciones de O₃ aumentó significativamente (170%) en comparación al mismo periodo del 2019 teniendo un promedio de 22 µg/m³ obteniendo un claro aumento en las concentraciones de ozono (Jhojan P. Rojas., et al 2021, p13).

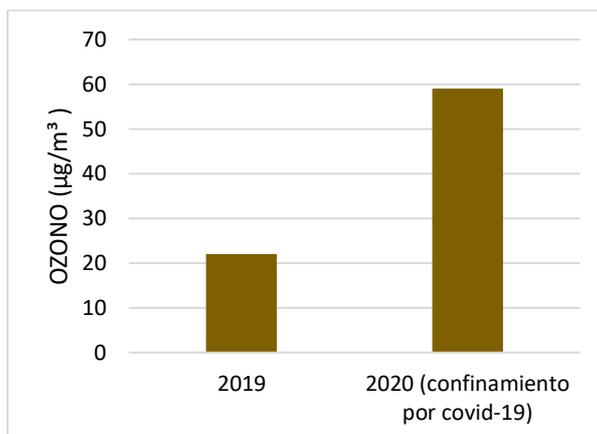


Figura 17. aumento de concentración de O₂ durante el confinamiento por covid-19 en el Perú.

Los niveles de concentración del ozono incremento considerablemente puesto que se puede encontrar por algunas razones; el consumo de NO se redujo debido a una disminución en la concentración del óxido de nitrógeno (NO) durante el confinamiento por covid-19, en comparación con el período anterior al bloqueo, luego, la cantidad de ozono (O₃) en la atmósfera se incrementó. La meteorología local (por ejemplo, la luz solar, la temperatura, etc.) también impacta en la construcción y destrucción de O₃ (Kumari y Toshniwal, 2020).

Los gases de efecto invernadero se encontró una disminución de los tipos de contaminantes gaseosos como NO₂ y SO₂ mientras que el ozono incremento a un 170% (Jhojan P. Rojas., et al 2021) mientras que los otros contaminantes se encontró una clara reducción como se muestra en la figura 18

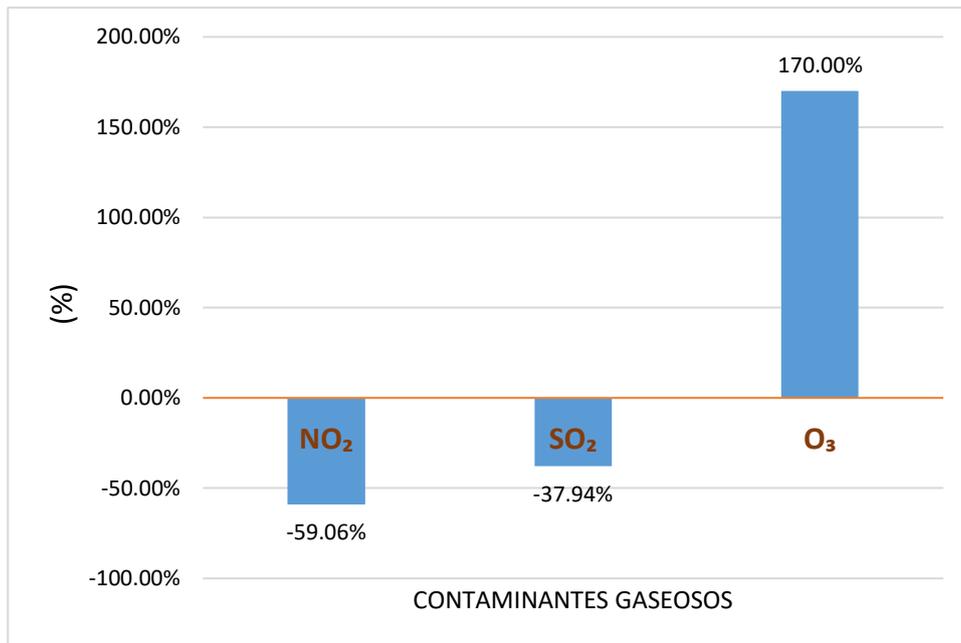


Figura 18. Variación porcentual de los contaminantes gaseosos

Es por ello que se determina que los contaminantes han reducido su concentración durante el confinamiento social para lo cual Mohamed, Sean & Josef (2020), mencionan que la National Aeronautics y el Espacio (NASA) y la Agencia Espacial Europea (ESA) informaron que la contaminación atmosférica por dióxido de nitrógeno se ha reducido significativamente, debido a que se llevaron a cabo acciones como la cuarentena y el cierre de las ciudades. Lo cual Chávez (2020), reafirma lo dicho puesto que menciona que los Índices de Calidad de Aire (IQAir) mostraron resultados de disminución en los contaminantes de hasta 9% a 60%.

La ciudad de Lima siendo una de las ciudades más contaminadas del mundo el impacto por el confinamiento por covid-19 en la reducción de la contaminación es altamente observable como las principales fuentes de emisión de contaminación que son actividades antropogénicas, que se reducen drásticamente en la fase de cierre, se puede concluir que los tres principales contaminantes del aire PM_{2.5}, PM₁₀, NO₂, SO₂ y O₃ implementación del bloqueo en la pandemia de la covid-19.

La pandemia de covid-19 se ha convertido en una amenaza muy latente para toda la humanidad de muchas formas. Sin embargo, las medidas de restricción generadas y el bloqueo se ha convertido en una "bendición

disfrazada", para el medio ambiente que nos rodea ya que la tierra se está reviviendo.

Puesto que, en algunas ciudades de América Latina los cambios observados en las concentraciones de algunos contaminantes son relativamente pequeños o incluso positivos para el medio ambiente. Estas concentraciones son los resultados de que los niveles de emisión, dependen, entre otras cosas, de las condiciones atmosféricas, las características topográficas y la interacción entre diferentes compuestos y contaminantes (López-Feldman., et al, 2020). Las condiciones meteorológicas locales, como la temperatura, las precipitaciones, la velocidad del viento, la energía solar. radiación, etc. son pocos factores que afectan mucho al SO₂ en sus niveles de concentración (Lokhandwala y Gautam, 2020).

las actividades como la restricción de movilización de vehículos públicos y privados, así como los servicios de viaje, y el cierre de fábricas, industrias y comercios han influenciado en la reducción de los contaminantes en el aire (Vásquez & Mejía, 2020).

La demasiada exposición a la mala calidad del aire puede dañar a los seres humanos y al ecosistema más allá de las expectativas encontradas. La contaminación del aire se ha convertido en un tema de preocupación grave y global a lo largo de esta última década. La covid-19 ha presentado una oportunidad para estudiar las fuentes de emisión de varios contaminantes atmosféricos y diferentes formas de reducir su concentración durante la etapa del confinamiento. Los incendios forestales estacionales y las tormentas de arena en algunas regiones han influido en el nivel de estos contaminantes en pocas ciudades (Sicard et al., 2020).

Ante ellos, hacen referencia que las zonas industriales son las que representan mayor índice de contaminación atmosférica aun en tiempos de cuarentena, lo cual es refutado por (Chávez, 2020), quien afirma que 86% de las emisiones son provocados por el transporte mientras que tan solo el 14% son reportadas por industrias.

Tabla 4. Aspectos que influyen en la contaminación de aire

| ASPECTOS AMBIENTALES | AUTORES |
|--|---|
| Restricción del transporte público y privado. | •Corrales, et al, 2021 •Rume & Islam, 2020 •Bar, 2020 |
| Cierre temporal de fábricas e industrias. | •Corrales, et al, 2021 •Rume & Islam, 2020 •Bar, 2020 |
| Reducción de actividades económicas. | •Corrales, et al, 2021 •Bar, 2020 |
| Restricción de los servicios de viaje aéreos y terrestres. | •Rume & Islam, 2020 •Bar, 2020 |

Para (Sugandha, 2020), la paralización de la circulación peatonal y vehicular además de la industria ha permitido vislumbrar un mundo más limpio, con muchos informes de cielos excepcionalmente azules. Lo mismo que afirma quienes hacen relevancia que la reducción generalizada del transporte y las actividades industriales son las fuentes principales en la emisión de los contaminantes atmosféricos(Corrales, et al 2020), lo cual es corroborado por (Rume & Islam, 2020), quienes manifiestan que aquellas actividades que operan mediante la quema de combustibles fósiles son las que generan mayores concentraciones de contaminación atmosférica así mismo refieren que el cierre de industrias, transportes y empresas ha provocado un descenso repentino de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en comparación con el año 2019, los niveles de contaminación atmosférica se han reducido en casi un 50% a causa de las medidas adoptadas para controlar el virus.

Finalmente, confirma que las principales fuentes de emisiones de carbono son el consumo de combustibles fósiles por parte de las industrias, las centrales térmicas, el transporte aéreo y el tráfico de vehículos. Es por ello que, a partir del cierre de los sectores industriales y el tráfico de vehículos, el nivel de concentración de carbono ha disminuido. Del mismo modo menciona que la

pandemia Covid-19 podría reducir hasta un 7% de las emisiones globales si el cierre se prolonga hasta el final del año (Bar, 2020)

V. CONCLUSIONES

Luego de la revisión sistemática de los artículos y estudios realizados sobre la contaminación atmosférica durante la pandemia por Covid-19, se concluye que:

El Perú ha experimentado reducciones significativas en la contaminación del aire desde que se decretó un cierre nacional completo durante la pandemia de COVID-19. Estos resultados confirman los efectos de las medidas de confinamiento social y suspensión de actividades productivas, sobre las concentraciones de contaminantes atmosféricos. Se muestra que un bloqueo fuerte, como el implementado en Perú, produce mejoras significativas en la calidad del aire.

Las fuentes de contaminación de origen antropogénica como las emisiones de vehículos, emisiones industriales y la quema de basura, disminuyeron durante el confinamiento por covid-19. La congelación de las actividades de producción y el movimiento vehicular redujo las emisiones de los vehículos, así como la suspensión de partículas. disminución en los niveles de los gases del efecto invernadero.

Se confirman los efectos de las medidas de confinamiento social y suspensión de actividades productivas se refleja la congelación de las actividades de producción y el movimiento vehicular redujo las emisiones de los vehículos, así como la suspensión de partículas. Se muestra que el nivel de concentración se incrementó después de que se levante el bloqueo. Esta observación conduce a un hallazgo importante de que la mejora de la calidad del aire lograda durante el bloqueo es a muy corto plazo y temporal.

Los contaminantes producidos durante el confinamiento por covid-19 disminuyeron como el caso de las partículas ($PM_{2.5}$ y PM_{10}) y no tener significativamente reducido en el 2020. En la concentración de NO_2 y SO_2 durante el confinamiento por el covid-19 la ciudad de Lima ha mostrado una alta reducción en la concentración de NO_2 en comparación con 2019. En cambio, el ozono aumento considerablemente en la atmosfera durante el bloqueo en comparación con el período anterior al bloqueo, posteriormente, la cantidad de O_3 se incrementó en la atmosfera.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda para las futuras investigaciones:

- Considerar investigaciones realizadas en otros países sobre la contaminación atmosférica durante el confinamiento por Covid-19.
- Realizar una comparación de las concentraciones de los contaminantes atmosféricos antes, durante y pos confinamiento.
- Indagar de manera unilateral acerca de cada uno de los contaminantes atmosféricos, desde sus fuentes de emisión hasta su grado de peligrosidad en el ambiente y la salud poblacional.
- Finalmente, como recomendación para las autoridades locales y nacionales es considerar como agenda prioritaria determinar las medidas y acciones que impliquen mitigar o contrarrestar aquellos aspectos ambientales que generen impactos en la calidad del aire, así mismo de plantear políticas o lineamientos que permitan mantener los impactos ambientales positivos que se han ido generado durante el confinamiento por pandemia Covid-19.

REFERENCIAS

1. ARIAS, M. & Giraldo, C. EL rigor científico en la investigación cualitativa. Invest Educ Enferm [En línea]. 2011. Vol 23. [Fecha de consulta: 28 de enero del 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/iee/v29n3/v29n3a20>
2. ARIAS RM, MEJÍA JV. Gaussian approach for probability and correlation between the number of COVID-19 cases and the air pollution in Lima. Urban Clim. 2020;33. doi: 10.1016/j.uclim.2020.100664
3. Ashmore, M. (2013). Air Pollution. [En línea]. Encyclopedia of Biodiversity, 136–147. [Fecha de consulta: 27 de enero del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384719-5.00283-5>
4. ASHOUR, Hossam M., et al. Insights into the recent 2019 novel coronavirus (SARS-CoV-2) in light of past human coronavirus outbreaks. [En línea] Pathogens, 2020, vol. 9, no 3, p. 186. [Fecha de consulta: 28 de enero del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/pathogens9030186>
5. 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. [En línea] Science of The Total Environment, 2020, p. 144693. [Fecha de consulta: 23 de enero del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144693>
6. 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. [En línea] Environmental research, 2020, vol. 191, p. 109938. [Fecha de consulta: 23 de enero del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109938>
7. BRIZ-REDÓN, Álvaro; BELENGUER-SAPIÑA, Carolina; SERRANO-AROCA, Ángel. Changes in air pollution during COVID-19 lockdown in Spain: a multi-city study. [En línea] journal of environmental sciences, 2020, vol. 101, p. 16-26. [Fecha de consulta: 23 de enero del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jes.2020.07.029>
8. CAI, Haiya, et al. Impacts of winter heating on the atmospheric pollution of northern China's prefectural cities: Evidence from a regression discontinuity

design. [En línea]. *Ecological Indicators*, 2020, vol. 118, p. 106709. [Fecha de consulta: 23 de enero del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106709>

9. CASTILLO, E. & Vásquez, M. El rigor metodológico en la investigación cualitativa. *Revista colombiana Médica* [En línea]. 2003. Vol.31, No.3. [Fecha de consulta 28 de enero del 2021]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=28334309> ISSN: 0120-8322

10. CONTICINI, Edoardo; FREDIANI, Bruno; CARO, Dario. Can atmospheric pollution be considered a co-factor in extremely high level of SARS-CoV-2 lethality in Northern Italy? [En línea]. *Environmental pollution*, 2020, vol. 261, p. 114465. [Fecha de consulta: 28 de enero del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114465>

11. COHEN, Aaron J., et al. Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. [En línea]. *The Lancet*, 2017, vol. 389, no 10082, p. 1907-1918. [Fecha de consulta: 23 de enero del 2021].

12. COPAT, Chiara, et al. The role of air pollution (PM and NO₂) in COVID-19 spread and lethality: a systematic review. [En línea]. *Environmental research*, 2020, p. 110129. [Fecha de consulta: 28 de enero del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110129>

13. CORPUS-MENDOZA, Asiel N., et al. Decrease of mobility, electricity demand, and NO₂ emissions on COVID-19 times and their feedback on prevention measures. [En línea]. *Science of The Total Environment*, 2020, p. 143382. [Fecha de consulta: 28 de enero del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143382>

14. Corral, S., et al. (2020). Los impactos ambientales de la Sars-cov-2: una aproximación a los riesgos para la salud de la contaminación atmosférica durante la pandemia. *Revista Hacienda Canaria*, 53: 119-155 pp. Disponible en: http://www.gobiernodecanarias.org/tributos/portal/estatico/info_tributaria/revista/Revista53/RevistaHC_53_09.pdf

15. CROSSLEY, S., & BAINES, J. (2014). Public Health Measures: Monitoring of Contaminants. [En línea]. Encyclopedia of Food Safety, 55–61.
16. ERAZO, M. (2011). Rigor científico en las prácticas de investigación cualitativa. Ciencia, docencia y tecnología, Argentina, Vol. 21(42): 107-136pp. [Fecha de consulta: 28 de enero del 2021].
17. FERNÁNDEZ, Daniel, ¿et al. Are environmental pollution and biodiversity levels associated to the spread and mortality of COVID-19? A four-month global analysis. [En línea]. Environmental Pollution, 2020, p. 116326. [Fecha de consulta: 28 de enero del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116326>
18. HANNAH RITCHIE and MAX ROSER, "Indoor Air Pollution". In: OurWorldInData.org., (Ed.), 2019. [Fecha de consulta: 23 de enero del 2021]. [Fecha de consulta: 27 de enero del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-378612-8.00320-6>
19. GUPTA, Ankit, et al. Air pollution aggravating COVID-19 lethality? Exploration in Asian cities using statistical models. [En línea]. Environment, Development and Sustainability, 2020, p. 1-10. [Fecha de consulta: 27 de enero del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10668-020-00878-9>
20. Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. 6° ed., McGraw-Hill, México. 634pp. [Fecha de consulta: 28 de enero del 2021].
21. KUMARI, Pratima; TOSHNIWAL, Durga. Impact of lockdown on air quality over major cities across the globe during COVID-19 pandemic. [En línea]. Urban Climate, 2020, vol. 34, p. 100719. [Fecha de consulta: 27 de enero del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100719>
22. MELE, Marco, et al. NO2 levels as a contributing factor to COVID-19 deaths: The first empirical estimate of threshold values. [En línea]. Environmental research, 2021, p. 110663. [Fecha de consulta: 28 de enero del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110663>

23. Ministerio de Salud (MINSA). Sala situacional COVID-19 Perú. (2020). [Fecha de consulta: 28 de enero del 2021]. Disponible en: https://covid19.minsa.gob.pe/sala_situacional.asp
24. MORAWSKA, Lidia, et al. How can airborne transmission of COVID-19 indoors be minimised?. [En línea]. Environment international, 2020, vol. 142, p. 105832. [Fecha de consulta: 28 de enero del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105832>
25. MORAWSKA, Lidia; CAO, Junji. Airborne transmission of SARS-CoV-2: The world should face the reality. [En línea]. Environment international, 2020, vol. 139, p. 105730. [Fecha de consulta: 28 de enero del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105730>
26. MUNAYCO, César V., et al. Early transmission dynamics of COVID-19 in a southern hemisphere setting: Lima-Peru: February 29th–March 30th, 2020. [En línea]. Infectious Disease Modelling, 2020, vol. 5, p. 338-345. [Fecha de consulta: 28 de enero del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.idm.2020.05.001>
27. MUKHERJEE, Subhrajit, et al. Present cum future of SARS-CoV-2 virus and its associated control of virus-laden air pollutants leading to potential environmental threat-A Review. [En línea]. Journal of Environmental Chemical Engineering, p. 104973. [Fecha de consulta: 28 de enero del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104973>
28. OWUSU, Phebe Asantewaa; SARKODIE, Samuel Asumadu. Global estimation of mortality, disability-adjusted life years and welfare cost from exposure to ambient air pollution. [En línea]. Science of the Total Environment, 2020, vol. 742, p. 140636. [Fecha de consulta: 23 de enero del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140636>
29. PACHECO H, DÍAZ-LÓPEZ S, JARRE E, PACHECO H, MÉNDEZ W, ZAMORALEDEZMA E. NO₂ levels after The COVID-19 lockdown in Ecuador: A trade-off between environment and human health. Urban Clim. 2020;34. doi: 10.1016/j.uclim.2020.100674
30. PAITAL, Biswaranjan. Nurture to nature via COVID-19, a self-regenerating environmental strategy of environment in global context. [En línea]. Science of

the Total Environment, 2020, p. 139088. [Fecha de consulta: 28 de enero del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139088>

31. PANDEY, Anamika, et al. Health and economic impact of air pollution in the states of India: the Global Burden of Disease Study 2019. [En línea]. The Lancet Planetary Health, 2020, vol. 5, no 1, p. e25-e38. [Fecha de consulta: 23 de enero del 2021]. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(20\)30298-9](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(20)30298-9)

32. RAZZAQ, Asif, et al. Asymmetric link between environmental pollution and COVID-19 in the top ten affected states of US: A novel estimations from quantile-on-quantile approach. [En línea]. Environmental research, 2020, vol. 191, p. 110189. [Fecha de consulta: 23 de enero del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110189>

33. RODRÍGUEZ-URREGO, Daniella; RODRÍGUEZ-URREGO, Leonardo. Air quality during the COVID-19: PM2. 5 analysis in the 50 most polluted capital cities in the world. [En línea]. Environmental Pollution, 2020, p. 115042. [Fecha de consulta: 28 de enero del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115042>

34. ROMERO Y, Chicchon N, Duarte F, Noel J, Ratti C, Nyhan M (2020) Quantifying and spatial disaggregation of air pollution emissions from ground transportation in a developing country context: Case study for the Lima Metropolitan Area in Peru. Sci Total Environ 698:134313. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134313>

35. ROJAS, J., et al, Effects of COVID-19 pandemic control measures on air pollution in Lima metropolitan area, Peru in South America. Air Quality, Atmosphere & Health, 19 pp. Disponible en: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s11869-021-00990-3.pdf>

36. SALGADO, A., (2007). Investigación Cualitativa: diseños, evaluación del rigor metodológico y retos. Liberabit: Lima, Perú, Vol. 13: 71-78 pp. [Fecha de consulta: 28 de enero del 2021].

37. SARKODIE, Samuel Asumadu; OWUSU, Phebe Asantewaa. Impact of meteorological factors on COVID-19 pandemic: Evidence from top 20 countries

with confirmed cases. [En línea] *Environmental Research*, 2020, vol. 191, p. 110101. [Fecha de consulta: 28 de enero del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110101>

38. SECLÉN, Segundo N., et al. Incidence of COVID-19 infection and prevalence of diabetes, obesity and hypertension according to altitude in Peruvian population. [En línea]. *diabetes research and clinical practice*, 2020, vol. 169, p. 108463. [Fecha de consulta: 28 de enero del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2020.108463>

39. SENAMHI (2020) Air quality assessment in Lima metropolitan area . National Service of Meteorology and Hydrology of Peru (SENAMHI), Ministry of the Environment (MINAM), Republic of Peru. <https://bit.ly/2zr6OST>. Accessed May 2020

40. SETTI, L., Passarini, F., De Gennaro, G., Barbieri, P., Perrone, M. G., Borelli, M., Miani, A. (2020). SARS-Cov-2RNA Found on Particulate Matter of Bergamo in Northern Italy: First Evidence. [En línea]. *Environmental Research*, 109754. [Fecha de consulta: 28 de enero del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109754>

41. SILVA J, ROJAS J, NORABUENA M, MOLINA C, TORO RA, LEIVA-GUZMAN MA (2017) Particulate matter levels in a South American megacity: the metropolitan area of Lima-Callao. *Peru Environ Monit Assess* 189. <https://doi.org/10.1007/s10661-017-6327-2>

42. SILVA JS, ROJAS JP, NORABUENA M, SEGUER RJ (2018) Ozone and volatile organic compounds in the metropolitan area of Lima-Callao. *Peru Air QualAtmos Health* 11:993–1008. <https://doi.org/10.1007/s11869-018-0604-2>

43. SUGANDHA, CH. (2020), impact of covid-19 on air quality: Evidence from the ten major cities world wide. *International Journal On Economics, Finance And Sustainable Development*, 12 pp. ISSN: 2620-6269 Disponible en: <https://media.neliti.com/media/publications/333526-impact-of-covid-19-on-air-quality-eviden-8f1a6864.pdf>

44. TASHIRO, Yutaka; TANIYAMA, Tetsuro. Atmospheric NO₂ and CO concentration in Lima, Peru. [En línea]. *Environment international*, 2002, vol. 28,

no 4, p. 227-233. [Fecha de consulta: 23 de enero del 2021]. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0160-4120\(02\)00018-1](https://doi.org/10.1016/S0160-4120(02)00018-1)

45. TIAN, Xuelin, et al. Assessing the impact of COVID-19 pandemic on urban transportation and air quality in Canada. [En línea]. *Science of The Total Environment*, 2020, p. 144270. [Fecha de consulta: 28 de enero del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144270>

46. VALLERO, D. (2014). Respiratory Effects of Air Pollutants. [En línea]. *Fundamentals of Air Pollution*, 247–256. [Fecha de consulta: 27 de enero del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-401733-7.00009-8>

47. VALLERO, D. (2014). Air Pollutant Hazards. [En línea]. *Fundamentals of Air Pollution*, 197–214. [Fecha de consulta: 27 de enero del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-401733-7.00007-4>

48. 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. [En línea]. *Urban Climate*, 2020, vol. 33, p. 100664. [Fecha de consulta: 28 de enero del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100664>

49. Vásquez, V., et al. (2020). Association Between Air Pollution in Lima and the High Incidence of COVID-19: Findings from a Post Hoc Analysis. *Revista Research Square*, 22 pp. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7362895/pdf/nihpprs39404v1.pdf>

58. Zalakeviciute R, Vasquez R, Bayas D, Buenano A, Mejia D, Zegarra R, et al. Drastic Improvements in Air Quality in Ecuador during the COVID-19 Outbreak. *Aerosol Air Qual Res.* 2020;20(8):1783-92. doi:10.4209/aaqr.2020.05.0254

ANEXOS

| | |
|--|---------------------------------------|
|  UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO |
|--|---------------------------------------|

TITULO:

| | | |
|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| PAGINAS UTILIZADAS | AÑO DE PUBLICACION | LUGAR DE PUBLICACION |
| | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

| | |
|-------------------------------|--------------------|
| TIPO DE INVESTIGACION: | AUTOR (ES): |
| | |

| | |
|--|--|
| CODIGO : | |
| PALABRAS CLAVES : | |
| TIPO DE CONTAMINANTE : | |
| PARAMETROS DASOMETRICOS : (CARACTERIZACION) | |
| RESULTADOS : | |
| CONCLUSIONES: | |



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, SERNAQUE AUCCAHUASI FERNANDO ANTONIO docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y Escuela Profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, asesor(a) del Trabajo de Investigación / Tesis titulada: "CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA DURANTE EL CONFINAMIENTO POR COVID-19 EN PERÚ: REVISIÓN SISTEMÁTICA", del (los) autor (autores) COAQUIRA MAMANI MICHELLE, CONDORI FERNANDEZ YOE AMADEUS, constató que la investigación cumple con el índice de similitud establecido, y verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender el Trabajo de Investigación / Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

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

Lima, Lima 08 de julio del 2021

| Apellidos y Nombres del Asesor: | Firma |
|---|---|
| Sernaque Auccahuasi Fernando Antonio DNI: 07268863 ORCID: 0000-0003-1485-5854 |  |