



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Estrategias de mitigación por espacios verdes en la contaminación del
aire por COVID-19: Revisión sistemática

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Ambiental

AUTOR:

Márquez Zúñiga, Eduardo Matías (orcid.org/0000-0003-1375-3100)

ASESOR:

Dr. Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio (orcid.org/0000-0003-1485-5854)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2022

DEDICATORIA

A mis padres, a mi hermana, a mis tíos,
por su gran esfuerzo y apoyo incondicional
que me brindaron en cada etapa de mi vida.

Gracias por siempre apostar por mí.

Eduardo Matías Márquez Zúñiga

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad César Vallejo por acogerme en sus aulas para concluir con éxito mis estudios, a mi asesor el Dr. Fernando Sernaque Auccahuasi por su paciencia en transmitirme sus conocimientos.

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenido	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
Resumen	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	17
3.1. Tipo y diseño de investigación	17
3.2. Categoría, subcategoría y matriz de categorización	17
3.3. Escenario de estudio	19
3.4. Participantes	19
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	19
3.6. Procedimiento	19
3.7. Rigor científico	21
3.8. Método de análisis de información.....	21
3.9. Aspectos éticos.....	22
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
V. CONCLUSIONES	32
VI. RECOMENDACIONES.....	33
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

Índice de tablas

<i>Tabla 1. Asociaciones entre contaminantes del aire y enfermedades respiratorias</i>	8
<i>Tabla 2. Tabla de matriz de categorización apriorística</i>	18
<i>Tabla 3. Influencia de la contaminación del aire en la transmisión del SARS-CoV-2</i>	23
	27
<i>Tabla 4. Efectos de los espacios verdes en propiedades de exposición a PM relevantes para la salud</i>	27
<i>Tabla 5. Contaminantes ambientales mitigados por la vegetación</i>	29

Índice de gráficos

<i>Gráfico 1. Categorías de la clasificación de los contaminantes atmosféricos</i>	7
<i>Gráfico 2. Procedimiento de recolección y selección de artículos</i>	20

Índice de figuras

<i>Figura 1. Matriz de impactos observados y potenciales de COVID-19 sobre el medio ambiente y el cambio climático</i>	4
<i>Figura 2. Efectos de la contaminación atmosférica en la salud humana</i>	6
<i>Figura 3. Efectos reductores de los espacios verdes en las concentraciones de partículas suspendidas en el aire</i>	10

Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo determinar los aspectos relevantes de las estrategias de mitigación por espacios verdes en la contaminación del aire por COVID-19; donde la metodología usada fue un tipo de investigación aplicada con un diseño narrativo de tópicos. Mediante un proceso de selección se añadieron 32 artículos científicos.

Los resultados muestran que, la influencia de la contaminación del aire en la transmisión del SARS-CoV-2 es alta y los contaminantes del aire presentan una clara asociación entre la incidencia/riesgo de casos de COVID-19 y las concentraciones en el aire de PM, principalmente PM_{2.5}, pero también PM₁₀, también se refiere a la mortalidad, con riesgos especiales para PM_{2.5}. Los efectos de los espacios verdes en propiedades de exposición a PM relevantes para la salud revelan que los espacios verdes podrían mitigar la carga para la salud de la contaminación del aire de múltiples maneras con la escala específica de la intervención que define las opciones y los requisitos. Los contaminantes ambientales mitigados por la vegetación son el OM, donde el más tratado es el PM₁₀, seguido del PM_{2.5}, PM₁ y PM_{0.1} y su enfoque radica en la deposición seca de PM en las hojas de la vegetación.

Palabras clave: COVID-19, contaminación, ambiental, aire, vegetación

Abstract

The objective of this work was to determine the relevant aspects of green space mitigation strategies in COVID-19 air pollution; where the methodology used was a type of applied research with a topical narrative design. Through a selection process, 32 scientific articles were added.

The results show that, the influence of air pollution on SARS-CoV-2 transmission is high and air pollutants present a clear association between the incidence/risk of COVID-19 cases and air concentrations of PM, mainly PM 2.5, but also PM10, also refers to mortality, with special risks for PM 2.5. The effects of green spaces on health-relevant PM exposure properties reveal that green spaces could mitigate the health burden of air pollution in multiple ways with the specific scale of the intervention defining the options and requirements. The ambient pollutants mitigated by vegetation are OM, where the most treated in PM10, followed by PM2.5, PM1 and PM0.1 and their focus lies in dry deposition of PM on vegetation leaves.

Key words: COVID-19, pollution, environmental, air, vegetation.

I. INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire es reconocida como un problema principal para la salud pública y un importante problema de salud ambiental en todo el mundo, que merece un interés creciente por parte de la comunidad científica (Rodrigues A. et al., 2019, p.2).

La contaminación del aire ocupa un lugar destacado en la agenda mundial y es ampliamente reconocida como una amenaza tanto para la salud pública como para el progreso económico (Tiotiu Angelica O. et al., 2020, p.2). La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que 4,2 millones de muertes anuales pueden atribuirse a la contaminación del aire exterior (Shaddick G.e t al., 2020, p.2).

A pesar de los esfuerzos por reducir la contaminación del aire en muchos países, hay regiones, en particular Asia central y meridional y África subsahariana, en las que las poblaciones continúan expuestas a niveles crecientes de contaminación del aire (Domingo J. et al., 2020, p.3).

En 2016, la OMS estimó que 4,2 millones de muertes anuales podrían atribuirse a la contaminación del aire por partículas finas en el ambiente (exterior), o PM 2,5 (partículas de menos de 2,5 μm de diámetro) (Cooper D. y Loxham M., 2019, p.1). Siendo que, la exposición a contaminantes del aire aumenta el riesgo a corto y largo plazo de enfermedades cardiovasculares y respiratorias en particular (Thurston George D. et al., 2017, p.2).

Además, estudios han informado que la exposición crónica a ciertos contaminantes del aire podría provocar formas más graves y letales de COVID-19, así como demoras/complicaciones en la recuperación de los pacientes (Dominski Fábio H., et al., 2021, p.2).

En los últimos meses, una serie de estudios han destacado la importancia de los contaminantes del aire en la transmisibilidad de la COVID-19, sugiriendo posibles mecanismos que explicarían esta conexión (Setti Leonardo et al., 2020, p.2). Se ha argumentado que las gotas con partículas de virus pueden unirse a partículas (PM), lo que podría promover la difusión de gotas de virus en el aire (Morawska L. y Milton D., 2020, p.3).

Ante lo expuesto es debido mencionar que las intervenciones para purificar el aire ambiental siguen siendo inadecuadas; por lo que, la vegetación y los espacios verdes han mostrado efectos reductores en las concentraciones de contaminantes transportados por el aire, especialmente de material particulado (PM). Sin embargo, la orientación sobre la utilización de espacios verdes para el control de la calidad del aire sigue siendo escasa, al igual que su aplicación en la práctica.

Por lo cual, se plantea en tal sentido el siguiente problema general del estudio: ¿Cuáles son los aspectos relevantes de las estrategias de mitigación por espacios verdes en la contaminación del aire por COVID-19? con los siguientes problemas específicos:

- PE1: ¿Cuál es la influencia de la contaminación del aire en la transmisión del SARS-CoV-2?
- PE2: ¿Cuáles son los efectos de los espacios verdes en propiedades de exposición a PM relevantes para la salud?
- PE3: ¿Cuáles son los contaminantes ambientales mitigados por la vegetación?

Y se planteó el siguiente objetivo general: Determinar los aspectos relevantes de las estrategias de mitigación por espacios verdes en la contaminación del aire por COVID-19; con los siguientes objetivos específicos:

- OE1: Analizar cuál es la influencia de la contaminación del aire en la transmisión del SARS-CoV-2
- OE2: Detallar cuáles son los efectos de los espacios verdes en propiedades de exposición a PM relevantes para la salud
- OE3: Evaluar cuáles son los contaminantes ambientales mitigados por la vegetación

Debido a la relación de la transmisión del SARS-CoV-2 en la influencia de los contaminantes del aire y la limitación de los estudios se busca analizar diversos estudios actuales sobre los aspectos relevantes de las estrategias de mitigación por espacios verdes en la contaminación del aire por COVID-19; por lo que el presente trabajo tiene una justificación teórica y social; siendo que la finalidad es evaluar la influencia de varios contaminantes del aire sobre la transmisión del SARS-CoV-2 y la gravedad de la COVID-19 en pacientes infectados por el coronavirus y emplear

mecanismos de mitigación de espacios verdes para la reducción de la contaminación del aire.

II. MARCO TEÓRICO

El combate contra el coronavirus del síndrome respiratorio agudo severo (SARS-CoV-2) ha sido una prioridad para más de 200 países en todo el mundo desde enero de 2020 (Casado Aranda L. et al., 2021, p.2). El brote ha supuesto una carga sin precedentes para la atención de la salud, los organismos encargados de hacer cumplir la ley, la administración pública y el sector de la información y las comunicaciones (Cheval Sorin et al., 2020, p.2).

COVID-19 ha resultado en muchos impactos globales, como impactos sociales, económicos y ambientales; donde, la estabilidad económica de muchos países se ve afectada por los confinamientos provocados por la pandemia (Zhu Y. et al., 2020, p.2). Las restricciones de actividades económicas en esos países han resultado en el cierre de algunas empresas y la pérdida de puestos de trabajo (Frontera A. et al., 2020, p.3).

Siendo que la resolución temporal del impacto de los coronavirus va desde lo inmediato (días a semanas), a corto plazo (meses) y a largo plazo (años), y se ofrecen diferentes ejemplos en una matriz (Figura 2).

Figura N°1: Matriz de impactos observados y potenciales de COVID-19 sobre el medio ambiente y el cambio climático

	Days to weeks	Months	Years
Global	Reduction of observational data and monitoring capacity	Societal and economic changes with environmental impacts	Environmental and climate change policies
		Environmental research for epidemiological applications	
Regional	Decreased environmental pollution due to reduced traffic	Enhanced systems for environmental monitoring	
	Shoreline pollution with sanitary disposal	Regional climate policy	Improved regional climate
		Improved adaptation plans	Improvements of citizen's wellness and health protection
	Ecological restoration		
Local	Decreased noise pollution		Changes in water consumption share
	Increased water and soil pollution due to waste disposal	Improved adaptation plans for cities	
		Improved air quality in urban areas	Changes in societal behaviour
	Immediate	Short-term	Long-term

Fuente: Cheval Sorin et al., (2020)

De acuerdo con la Figura 1 se tiene que los bloques rojos son impactos negativos, los verdes son positivos y los grises representan efectos neutros.

La mayoría de las facetas del impacto medioambiental de la COVID-19 no se deben directamente al virus (Qu Guangbo et al., 2020, p.4). La consecuencia de limitar o cerrar bruscamente sectores económicos, como la industria pesada, el transporte o los negocios de hostelería, ha afectado directamente al medio ambiente (Ricco Matteo et al., 2020, p.2).

Además, el impacto de la pandemia de COVID-19 en los sistemas socioecológicos puede ser muy variable, desde cambios radicales en el estilo de vida de los individuos, la sociedad y los asuntos internacionales (Xie J. y Zhu Y., 2020, p.2).

Desde una perspectiva antropocéntrica, la pandemia puede conducir a un futuro más sostenible, incluyendo una mayor resiliencia de los sistemas socioecológicos o cadenas de suministro más cortas, lo cual es un avance positivo (Prata D. et al., 2020, p.1). Sin embargo, todavía es posible que algunas naciones opten por una menor sostenibilidad, persiguiendo un rápido crecimiento económico y preocupándose menos por el medio ambiente (Chan Jasper F. et al., 2020, p.2).

Por lo que, el impacto de la pandemia de COVID-19 en el medio ambiente suscitó atención desde el principio de la crisis, consistente en observaciones y análisis de los efectos inmediatos y estimaciones relacionadas con los cambios a largo plazo (Kraemer M. et al., 2020, p.1).

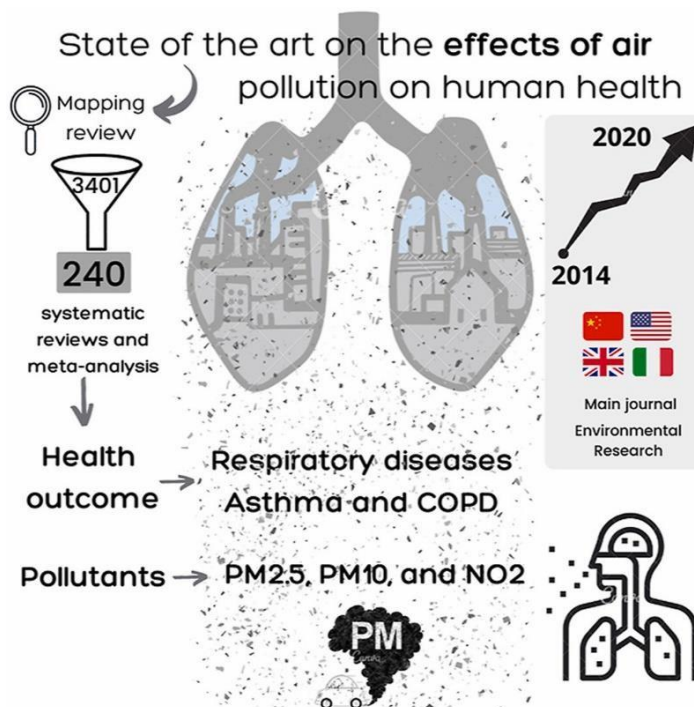
Por lo que, es necesario analizar en profundidad qué impactos tiene el COVID-19 en el medio ambiente.

Ante lo expuesto, es debido señalar que la contaminación del aire es un asesino invisible que se esconde a nuestro alrededor e influye tanto en las generaciones jóvenes como en las viejas. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), cada año mueren 7 millones de personas a causa de la contaminación del aire (Distante C. et al., 2020, p.3).

Las patologías más afectadas son la enfermedad pulmonar obstructiva crónica, el cáncer de pulmón y las infecciones respiratorias, incluyendo neumonía, ictus y cardiopatías. Nueve de cada 10 personas respiran aire con compuestos

contaminados, que penetran profundamente en el tejido pulmonar y, además, en el sistema cardiovascular (Goeminne Pieter C. et al., 2018, p.3). Mostrándose así la Figura 2.

Figura N°2: Efectos de la contaminación atmosférica en la salud humana



Fuente: Extraído de Dominski F. et al., (2021)

Estimándose que el 43% de las enfermedades pulmonares y el 24% de los accidentes cerebrovasculares se atribuyen a la contaminación del aire, donde los individuos más expuestos son los ancianos, los lactantes, las mujeres embarazadas y las personas con comorbilidades (Mannucci P. et al., 2017, p.4).

PM 2.5 proviene de una amplia gama de fuentes, incluida la producción de energía, los hogares, la industria, el transporte, los desechos, la agricultura, el polvo del desierto y los incendios forestales (Xie J. et al., 2019, p.4). Las partículas pueden viajar en la atmósfera durante cientos de kilómetros y sus características químicas y físicas pueden variar mucho con el tiempo y espacio (Chen Chen et al., 2018, p.3).

El AQG (Pautas de calidad del aire), actual de la OMS establece que la concentración media anual no debe exceder los 10 µg/m.

Los contaminantes atmosféricos se clasifican en dos categorías principales (Ver Gráfico 1).

Gráfico N°1: Categorías de la clasificación de los contaminantes atmosféricos

Contaminantes atmosféricos primarios

- Contaminantes emitidos directamente a la atmósfera

Contaminantes atmosféricos secundarios

- Contaminantes que se forman dentro de la atmósfera misma

Elaboración propia

Los contaminantes atmosféricos primarios son los que se liberan de una fuente directa, como los tubos de escape de un vehículo móvil, o de una fuente estacionaria, como las chimeneas de las fábricas (Wu Tongram et al., 2013, p.1). Al mismo tiempo, el viento también puede distribuir el polvo contaminado a áreas no contaminadas (Deng Mengsi et al., 2022, p.1).

Los contaminantes atmosféricos primarios están representados por óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO₂), compuestos orgánicos volátiles (COV) y partículas primarias carbonosas y no carbonosas (Roye D. et al., 2019, p.3). Hay muchas fuentes de contaminantes atmosféricos primarios, pero las más importantes son el tráfico rodado y las centrales eléctricas (Krasvchenko J. y Lyerly H., 2018, p.2). Adicionalmente calefacción industrial y residencial a base de leña, carbón. o el petróleo contribuye a aumentar el grado de contaminación del aire (Organización Mundial de la Salud) (Minichili F. et al., 2019, p.5).

Los contaminantes secundarios del aire se forman a través de reacciones químicas en la atmósfera, con componentes naturales como el agua y el oxígeno (Bontempi E., 2020, p.1). Los contaminantes secundarios del aire incluyen el ozono (O₃), los óxidos de nitrógeno y las partículas (PM) (Organización Mundial de la Salud (Conticini E. et al., 2020, p.2).

Las fuentes de la contaminación secundaria influyen en la composición química de los contaminantes del aire, adicionalmente, se observa un patrón estacional, con mayores niveles de concentración diaria (Gao Z. et al., 2022, p.2). Promedio de dióxido de nitrógeno (NO₂), CO, PM₁₀ y material particulado fino (PM_{2.5}) durante la

estación fría, mientras que los niveles de concentración de O₃ tendieron a ser mayores durante la estación fría. la estación cálida (Bernardini F. et al., 2020, p.3).

Asimismo, numerosas evidencias científicas han relacionado la contaminación del aire exterior con la aparición de una serie de enfermedades cardiovasculares y respiratorias, incluida la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), el asma y algunos tipos de cáncer, entre otras (Bala Gabriel-Petri et al., 2021, p.2). Como se observa en la Tabla 1.

Tabla N°1: Asociaciones entre contaminantes del aire y enfermedades respiratorias

Enfermedad	Asociación de contaminantes del aire
EPOC	PM2.5
EPOC	PM2.5
Asma	PM10, O ₃
Asma	PM10, PM2.5–10
Asma	PM10, PM2.5–10
Asma	PM2.5, PM 10
Cáncer de pulmón	PM2.5, PM10 , O ₃
Cáncer de pulmón	PM2.5
Cáncer de pulmón	PM2.5
Cáncer de pulmón	PM2.5
FPI	PM10
FPI	NO ₂ , PM2.5 , PM10
FPI	O ₃ , NO ₂
Infecciones respiratorias	PM2.5
Infecciones respiratorias	PM2.5, PM2.5–PM10
Infecciones respiratorias	PM10, NO ₂ , SO ₂
bronquiectasias	PM10, NO ₂
bronquiectasias	TAN ₂
Tuberculosis	PM2.5
Tuberculosis	PM10, NO ₂ , SO ₂
Tuberculosis	PM2.5
Tuberculosis	PM2.5

Enfermedad	Asociación de contaminantes del aire
Tuberculosis	PM2.5
Tuberculosis	PM2.5, PM10, O3 , CO

Fuente: Modificado de Xue Xiaoxia et al., (2018)

Ante lo expuesto, las evaluaciones recientes de la investigación en torno a los espacios verdes, en particular los árboles, y la salud pública muestran un marcado aumento de publicaciones en las dos primeras décadas de este siglo (Zhang J. et al., 2020, p.3). Esto se aplica particularmente a la asociación entre la contaminación del aire y los espacios verdes (Xu Xiaodan et al., 2020, p.3).

El bosque urbano es un sistema de infraestructura verde que brinda múltiples funciones y servicios ambientales, económicos, sociales y de salud en las ciudades (Janhall S., 2016, p.2). Los árboles son algunas de las características naturales más destacadas de los pueblos y ciudades, tanto desde el punto de vista visual como funcional y es considerado el bosque urbano como un tipo clave de sistema de infraestructura verde (Aerts R. et al., 2018, p.2).

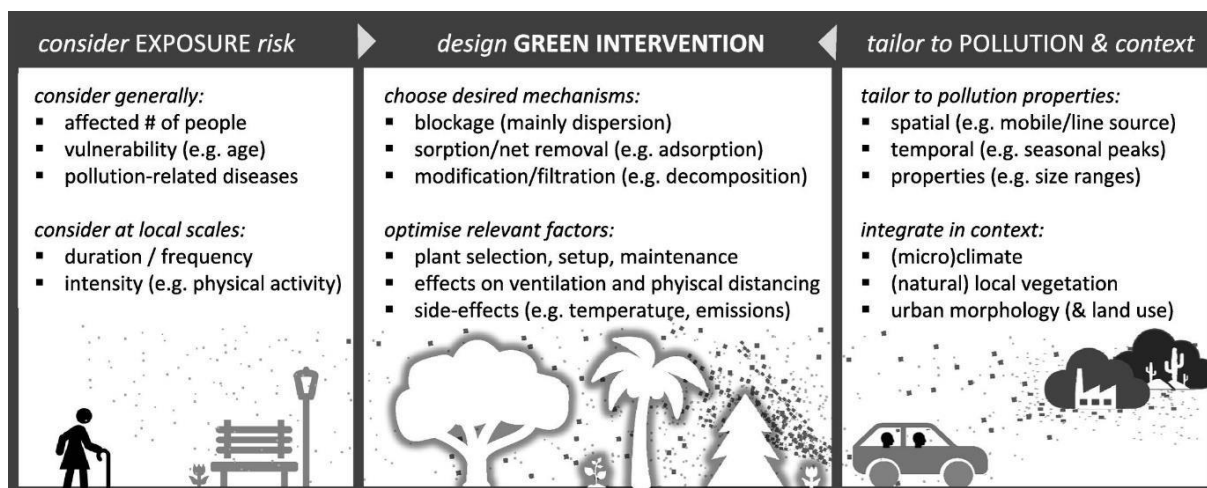
Compuesto por diversas especies de árboles y estructuras de vegetación, el bosque urbano incluye árboles individuales, conjuntos de árboles en parques, arboledas y áreas naturales extensamente boscosas, que se distribuyen en propiedades públicas y privadas y a lo largo de calles, costaneras, vías férreas y riberas de ríos (Eisenman T. et al., 2019, p.2).

Aunque no existe una definición acordada de "espacios verdes", también debido a las diferencias culturales y disciplinarias, comúnmente se entienden como vegetación al aire libre en tierra (Taylor L. y Hochuli D., 2017, p.4).

La expresión "espacios verdes" puede no ser habitual entre los especialistas en silvicultura, biología o ecología, pero se emplea comúnmente en salud pública y particularmente en epidemiología para denotar un indicador de exposición al verdor (por ejemplo, medido por el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI)) (Rojas R. et al., 2019, p.3). El concepto se utiliza, entre otros, para modelar los resultados de la investigación sobre la interacción entre grupos de plantas o áreas con vegetación y la salud pública (Sun Z. y Zhu D., 2019, p.3).

Los beneficios de los bosques urbanos incluyen la capacidad de los árboles para reducir los gases de efecto invernadero a través del almacenamiento de carbono, disminuir la escorrentía de aguas pluviales a través de la intercepción y absorción de agua de lluvia y mitigan el efecto de isla de calor urbano a través de reducciones en la temperatura de la superficie y del aire a una escala local (Ver Figura 3).

Figura N° 3: Efectos reductores de los espacios verdes en las concentraciones de partículas suspendidas en el aire



Fuente: Extraído de Islam N. y Saikia B., (2022)

La Figura 3 muestra como los efectos reductores de los espacios verdes en las concentraciones de partículas suspendidas en el aire son considerables, tienen múltiples mecanismos y varían según la escala, el contexto y las características de la vegetación. Tales factores que modifican el efecto deben tenerse en cuenta al repensar el diseño del espacio público, acelerado por la pandemia de COVID-19.

Además, la investigación crece rápidamente en la evaluación de los efectos de mejora de las plantas y la vegetación sobre el PM y de los mecanismos físicos, biológicos y químicos subyacentes (Wolf Kathleen L. et al., 2020, p.2).

El mecanismo más estudiado es la deposición, particularmente las medidas de masa y velocidad de sedimentación de PM en las hojas de las plantas (Shaddick G. et al., 2020, p.2). Consolidamos cómo las configuraciones de espacios verdes difieren según la escala y el contexto en su potencial para reducir las exposiciones máximas, las fuentes de contaminación estacionarias (punto) o móviles (línea) y los componentes de PM potencialmente más dañinos (Badach J. et al., 2020, p.2).

Siendo así que, el presente trabajo se aplica particularmente a la asociación entre la contaminación del aire y los espacios verdes, mostrando a continuación algunos de los investigadores que aplican estrategias de mitigación por espacios verdes en la contaminación del aire:

Refael S. et al., (2018, p.1); en su estudio objetivo principal fue evaluar la influencia de un conjunto de medidas de resiliencia, basadas en soluciones basadas en la naturaleza, en el flujo de viento y en la dispersión de contaminantes atmosféricos, en un área edificada en Portugal. Para ello, se analizaron dos contaminantes (NO_x y PM_{10}) y se desarrollaron cuatro escenarios: i) escenario base, ii) escenario verde urbano, iii) escenario techo verde, y iv) escenario "gris" (sin árboles). Se utilizaron dos modelos, a saber, el modelo Weather Research and Forecasting (WRF) y el modelo CFD VADIS (dispersión de contaminantes en la atmósfera bajo condiciones de viento variables). El modelo WRF se utilizó para inicializar el modelo CFD, mientras que el último se utilizó para realizar el conjunto de simulaciones numéricas, en forma horaria. La implementación de un área urbana verde promovió una reducción de las concentraciones de contaminantes atmosféricos, de alrededor del 16% [PM_{10}] y 19% [NO_x] en el dominio general; mientras que la aplicación de techos verdes mostró un aumento de las concentraciones (llegando al 60% en periodos de tiempo específicos). sostenibilidad de los entornos urbanos.

Santiago J. et al., (2019, p.2); tuvo como objetivo principal de su estudio cuantificar la eficacia de las barreras vegetales compuestas por setos y/o árboles. El Carbono Negro (BC) se utiliza como indicador de la efectividad de la barrera vegetal y se estudia su reducción de concentración detrás de la barrera. Se aplica un modelo de Dinámica de Fluidos Computacional (CFD), previamente validado contra datos experimentales de BC a través de una barrera de vegetación ubicada en una avenida de Pamplona (España), para simular diferentes configuraciones de barrera. Adicionalmente, se investiga la contribución de cada efecto de la vegetación (aerodinámica y deposición) sobre esta reducción, así como su sensibilidad a diferentes velocidades de deposición. Los resultados muestran que las barreras con setos y árboles son efectivas para reducir localmente las concentraciones de BC y sugieren que la presencia de árboles es más crucial para reducir la concentración que el tamaño o la densidad del seto. A 15 m de la carretera en presencia de una hilera de árboles y un seto de 2 m de alto y 2 m de ancho el porcentaje medio de reducción

de la concentración oscila entre el 45% y el 66% (dependiendo de la velocidad de deposición) respecto al caso sin vegetación barrera.

Mori J. et al., (2018, p.1); investigó la deposición foliar de PM_{10-100} , $PM_{2.5-10}$, $PM_{0.2-2.5}$ y de 21 elementos en una barrera de vegetación al costado del camino formada por i) dos especies de arbustos de hoja perenne (*Photinia × fraseri*, *Viburnum lucidum*), con ii) dos plantas densidades (0,5, 1,0 planta m^{-2}), en iii) tres distancias de la carretera (2,0, 5,5, 9,0 m), en iv) dos alturas del suelo (1,5, 3,0 m), y en v) tres fechas (agosto, septiembre, octubre). La presencia de PM_{10-100} negro y marrón en la hoja y su composición de elementos se detectaron mediante microscopía y análisis de imágenes. La deposición de contaminantes también se midió utilizando muestreadores pasivos a cinco distancias de la carretera (2,0, 5,5, 9,0, 12,5, 19,5 m) en el área de la barrera y en un área de césped adyacente. En los resultados, la barrera de vegetación tuvo una mayor deposición de la mayoría de las fracciones de MP a 5,5–12,5 m, mientras que, en el área del césped, las deposiciones no cambiaron. A 19,5 m, el PM_{10-100} fue un 32 % más bajo detrás de la barrera que en el área del césped. En conclusión, la barrera vegetal cambió la dinámica de deposición de contaminantes en comparación con el área de césped. Estos resultados fortalecen el papel de las barreras vegetales y las especies de arbustos contra la contaminación del aire y pueden ofrecer información interesante para el uso de nuevas infraestructuras viales verdes para mejorar la calidad del aire.

Ottosen T. y Kumar P., (2020, p.2); en su trabajo de investigación midió una gama de contaminantes del aire delante y detrás de un seto durante la latencia, el reverdecimiento y parte del ciclo de madurez de la vegetación junto con variables auxiliares. Esta serie temporal permite evaluar la influencia del ciclo anual de vegetación, la dirección del viento y las concentraciones altas y bajas de contaminantes gaseosos y de partículas a lo largo de un seto. Un marcado salto en las concentraciones de partículas ocurre después de que el seto se está poniendo verde; este salto no se vio para los gases. Por ejemplo, una diferencia de concentración para CO y PM_1 de -8 %, -1 % para $PM_{2.5}$ y -3 % para NO_2 y +10 % para PM_{10} durante la latencia y se midió el reverdecimiento. Al comienzo de la fase de madurez, las tres fracciones de PM experimentan un rápido aumento en la diferencia de concentración, que no se observa en los gases, a -52 % para PM_1 , -44 % para $PM_{2.5}$ y -35 % para PM_{10} . Se muestra que el efecto de la dirección del

viento es menor. Estas mediciones son un primer paso hacia una evaluación precisa del potencial de mitigación de la contaminación del aire a escala de ciudad de la vegetación similar a un seto.

Abhijith K. y Kumar P., (2019, p.1); investigaron la influencia de la infraestructura verde al borde de la carretera (GI) en las concentraciones de material particulado $\leq 10 \mu\text{m}$ (PM_{10}), $\leq 2.5 \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2.5}$), $\leq 1 \mu\text{m}$ (PM_1), carbono negro (BC) y concentraciones de número de partículas (PNC) bajo tres configuraciones de GI: (i) solo setos, (ii) solo árboles y (iii) una combinación de árboles y setos/arbustos, por separado en condiciones de carretera estrecha ($<1 \text{ m}$) y alejada ($>2 \text{ m}$). Estas configuraciones nos dieron un total de seis escenarios diferentes del mundo real para la evaluación. Los cambios en las concentraciones de PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$, PM_1 , BC y PNC en los seis sitios se estimaron comparando mediciones simultáneas detrás y delante de GI (o área clara adyacente). Se diseñó una instalación experimental portátil que funciona con baterías para medir las concentraciones de contaminantes durante 30 días completos durante un período de campaña de campo de tres meses. Cada día, alrededor de 10 h de datos continuos se registraron simultáneamente detrás y delante de GI/área despejada adyacente, capturando los picos de tráfico tanto matutinos como vespertinos. La evaluación de varias fracciones de PM mostró que 'solo setos' y una combinación de árboles y setos redujeron las partículas finas detrás de GI. El análisis SEM-EDS indicó el predominio de las partículas naturales (50 %) y una reducción de las partículas relacionadas con el vehículo (es decir, hierro y sus óxidos, Ba, Cr, Mn) detrás de GI en comparación con el área clara adyacente/delantera.

Xing Y. y Brimblecombe P., (2020, p.2); en su artículo, exploraron la exposición a los contaminantes atmosféricos derivados del tráfico en los parques de Hong Kong (Sha Tin y Sham Shui Po) y examinamos la forma en que el $\text{PM}_{2.5}$ la concentración y distribución de usuarios se ve afectada por el diseño espacial de las características del parque. La distribución de contaminantes modelada se validó con las mediciones realizadas en el Parque Sha Tin. La exposición ponderada de la población a la contaminación derivada del tráfico se cuantificó mediante la superposición de la distribución de contaminantes y usuarios del parque. Los resultados revelan cómo las diferentes características de diseño (es decir, vegetación, bermas de tierra) y áreas de recreación) afectan la exposición durante un período de tiempo individual; más positivamente en Sha Tin Park, donde el diseño conduce a una reducción de $>50 \%$

en la exposición, temprano en la mañana. En el Parque Sham Shui Po, la exposición aumenta a medida que los usuarios del parque a menudo se sienten atraídos por las instalaciones cercanas a una carretera principal concurrida.

Lee Eon S. et al., (2018, p.1); en su estudio tiene como objetivo investigar la eficacia de una combinación de barrera acústica y vegetal para reducir las concentraciones de partículas ultrafinas (UFP, diámetro ≤ 100 nm) y PM_{2.5} (diámetro $\leq 2,5$ μ m). La recopilación simultánea de datos se llevó a cabo en ubicaciones fijas tanto a barlovento como a favor del viento, aproximadamente a 10–15 m de distancia del borde de dos autopistas principales en California. Este estudio observó que la reducción de UFP y PM_{2.5} fue generalmente mayor con la barrera combinada que con el muro de sonido o la vegetación sola. Dado que no hubo sitios sin barrera en los lugares de estudio, las reducciones que se informan aquí son todas en términos relativos. La barrera acústica fue más efectiva para reducir el PM_{2.5} (25–53 %) que las UFP (0–5 %), y fue más efectiva (51–53 % para PM_{2.5}) cuando la velocidad del viento osciló entre 1 y 2 m/s. Bajo el mismo rango de velocidad del viento, la barrera de vegetación tuvo poco efecto (0-5%) en la reducción de PM_{2.5}; pero fue eficaz para reducir las UFP (hasta un 50 %). Para ambos tipos de barrera al costado del camino, la disminución de la velocidad del viento resultó en una mayor reducción neta de UFP (es decir, concentraciones totales de partículas; inversamente proporcional). Los hallazgos generales de este estudio respaldan los efectos positivos de los muros acústicos y las barreras vegetales para la mitigación de la contaminación del aire cerca de las autopistas.

Lin Ming-Yeng et al., (2017, p.1); en su estudio realizaron mediciones estacionarias (equipadas con un medidor de tamaño de partículas de movilidad de barrido, SMPS) y móviles (equipadas con un medidor de tamaño de partículas de movilidad rápida, FMPS) para investigar los efectos de las barreras de vegetación en UFP a favor del viento (diámetros de partículas que van desde 14 a 102 nm) concentraciones en dos sitios en Carolina del Norte, EE. UU. Un sitio tenía principalmente vegetación caducifolia mientras que el otro era principalmente conífero; ambos sitios tienen un campo abierto cercano sin las barreras de vegetación a lo largo del mismo tramo de camino de acceso limitado, que sirvió como referencia. En condiciones de viento a favor (emisiones de tráfico transportadas hacia la barrera de vegetación) y cuando la velocidad del viento era superior o igual a 0,5 m/s, las mediciones de campo indicaron

que las barreras de vegetación con follaje completo redujeron las UFP y el CO concentraciones en 37.7–63.6% y 23.6–56.1%, respectivamente. Cuando la prueba se repitió en los mismos sitios durante los períodos de invierno cuando se redujo el follaje caducifolio, la barrera caducifolia durante el invierno no mostró cambios significativos en la concentración de UFP antes y después de la barrera. Los resultados de las mediciones estacionarias (usando SMPS) y móviles (usando FMPS) para las concentraciones del número total de UFP generalmente se acuerdan dentro del 20 %.

Han Donghui et al., (2020, p.1); analiza cómo los bosques urbanos influyen en el PM atmosférico en tres escalas, incluida la escala de un solo árbol, la escala de rodales y la escala regional. Además, el análisis de PM se dividió en direcciones verticales y laterales en la escala del rodal. Como individuos, los árboles captan partículas principalmente por las hojas, cuya extensión está determinada por las características en la estructura foliar como pelo, tricomas, cera, estoma, forma y otros. A nivel de rodal, los efectos de la vegetación forestal urbana mostraron diferencias en las dos direcciones (vertical y lateral) y los valores predichos de la velocidad de deposición en la dirección vertical diferían con varios modelos. que resultó de la entrada de numerosos factores influyentes (por ejemplo, factores meteorológicos, especies de plantas, diseño de edificios y otros). A escala regional, la capacidad de remoción de partículas atmosféricas por parte de los bosques urbanos dependía del nivel de contaminación, el área de cobertura vegetal, el índice de área foliar y el tipo de superficie subyacente. La capacidad de remoción de MP de los diferentes tipos de vegetación fue por lo general en el siguiente orden: bosque de coníferas > bosque siempre verde > bosque caducifolio. Los análisis a diferentes escalas indicaron que los roles de los bosques urbanos en PM no pueden considerarse simplemente positivos o negativos, porque deben considerarse combinando varios factores (p. ej., especies de plantas, condiciones meteorológicas y planificación y diseño de la ciudad) a diferentes escalas.

Saylor Rick D. et al., (2019, p.1); en su trabajo realizaron un estudio de sensibilidad para estimar cuán significativas pueden ser las incertidumbres en los algoritmos de deposición de partículas en las predicciones de un modelo de calidad del aire de las concentraciones de partículas finas a nivel del suelo, la deposición de partículas y la deposición total general de nitrógeno y azufre. Los resultados sugieren que las

predicciones de concentración de partículas finas en la superficie pueden variar entre un 5 y un 15 % dependiendo de la elección del algoritmo de velocidad de deposición de partículas, mientras que la deposición seca de partículas se ve afectada en mayor medida con diferencias entre algoritmos >200 %. Además, si las mediciones de la deposición seca de partículas en modo de acumulación sobre los bosques son correctas, entonces la deposición seca de partículas y la deposición elemental total en estos paisajes pueden ser mucho mayores de lo que suelen simular los modelos actuales de calidad del aire y química atmosférica. cuestionando las estimaciones comúnmente disponibles de deposición total y su uso en análisis de cargas críticas. Dado que las predicciones precisas de las concentraciones y la deposición de partículas atmosféricas son de vital importancia para la calidad del aire, los modelos meteorológicos y climáticos futuros y la gestión de la deposición de contaminantes en ecosistemas sensibles, una inversión en nuevas mediciones de la deposición seca junto con los esfuerzos de modelado integrado parece no solo justificada sino vitalmente necesaria avanzar y mejorar el tratamiento de los procesos de deposición seca de partículas en modelos atmosféricos.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Esta investigación de la literatura, es de tipo aplicada; siendo que la investigación aplicada se enfoca en resolver un problema específico o brindar soluciones innovadoras a problemas que afectan a un individuo, grupo o sociedad y aplica métodos científicos a problemas cotidianos (Fernández, Hernández y Baptista. 2014, p. 470). Por lo que se aplicó este tipo de investigación al buscar resolver la problemática de la contaminación del aire por COVID-19; para lo que se mediante la búsqueda de soluciones con estrategias de mitigación por espacios verdes.

Además, el diseño aplicado fue narrativo de tópicos; siendo el diseño narrativo descrito por Oghaz Toktam A. et al., (2020, p.1); como los métodos de entrevista cualitativos basados en la narración de historias, donde, son poderosos para obtener narraciones estructuradas de acuerdo con los sistemas de relevancia de los entrevistados, las entrevistas temáticas pueden aprovechar el conocimiento existente que resulta del trabajo previo (interpretativo). Siendo además una narración tópica, ya que, estos se enfocan en un suceso o fenómeno en específicos; enfocándose el presente trabajo en la mitigación por espacios verdes en la contaminación del aire por COVID-19.

3.2. Categoría, subcategoría y matriz de categorización

En la tabla 2 se presenta la matriz de categorización apriorística que detalla cada problema planteado, sus objetivos y sus categorías y subcategorías correspondientes resueltas en esta investigación.

Tabla N°2: Tabla de matriz de categorización apriorística

Objetivos específicos	Problemas específicos	Categoría	Subcategoría	Criterio 1	
Analizar cuál es la influencia de la contaminación del aire en la transmisión del SARS-CoV-2	Cuál es la influencia de la contaminación del aire en la transmisión del SARS-CoV-2?	Influencia de la contaminación del aire en la transmisión del SARS-CoV-2 Lai Angela et al., (2021, p.1)	Influencia alta Influencia media Influencia baja Wang B. et al., (2020, p.1)	De acuerdo al aumento de la susceptibilidad de infección y mortalidad por COVID-19	De acuerdo al aumento del riesgo de mortalidad por COVID-19
Detallar cuáles son los efectos de los espacios verdes en propiedades de exposición a PM relevantes para la salud	¿Cuáles son los efectos de los espacios verdes en propiedades de exposición a PM relevantes para la salud?	Efectos de los espacios verdes en propiedades de exposición a PM Comuniano Silvia et al. (2020, p.2)	Eliminación de PM Captura de PM a largo plazo Capacidad de sorción de las hojas de los espacios verdes Alí Nurshad et al., (2021, p.1)	De acuerdo al mecanismo de mitigación	De acuerdo al tipo de escala
Evaluar cuáles son los contaminantes ambientales mitigados por la vegetación	¿Cuáles son los contaminantes ambientales mitigados por la vegetación?	Contaminantes ambientales mitigados por la vegetación Pozzer A. et al., (2020, p.3)	PM ₁₀ PM _{2.5} PM ₁ PM _{0.1} Khan Zafran et al., (2021, p.2)	De acuerdo a los resultados obtenidos	De acuerdo al tipo de Vegetación

3.3. Escenario de estudio

Esta investigación no ha precisado de un lugar para desarrollar como escenario, debido a que el diseño correspondió a una narrativa de tópico, a nivel global, en este contexto los artículos seleccionados corresponden a diversos países desarrollados y en desarrollo, de tal forma que se ha indagado en los aspectos de contaminación del aire en la transmisión del SARS-CoV-2, así como su relación las estrategias de mitigación por espacios verdes en la contaminación del aire por COVID-19.

3.4. Participantes

Los participantes corresponden a la base de datos Scopus, Science direct y Elsevier, de los cuales se ha tomado en consideración los artículos de revistas indexadas y publicadas en los últimos 6 años.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica usada fue el análisis documental; ya que al ser este un estudio de tipo aplicada con un diseño experimental y debido a que se recogerán estudios a nivel mundial para estudiarlo; esta técnica fue la ideal, ya que, permite recolectar y analizar investigaciones sobre el tema a estudiar.

El instrumento utilizado fue la ficha de recolección de datos, encontrada en el anexo 1, en el cual, dicho documento permite detallar la información relevante que sintetice al documento original para su rápida recuperación. Siendo los datos a detallar de cada estudio Datos de autor, nombre, apellido, año de publicación; datos generales del artículo, objetivo, metodología, resultado, conclusión; datos puntuales del artículo, influencia de la contaminación del aire, efectos de los espacios verdes y contaminantes ambientales mitigados.

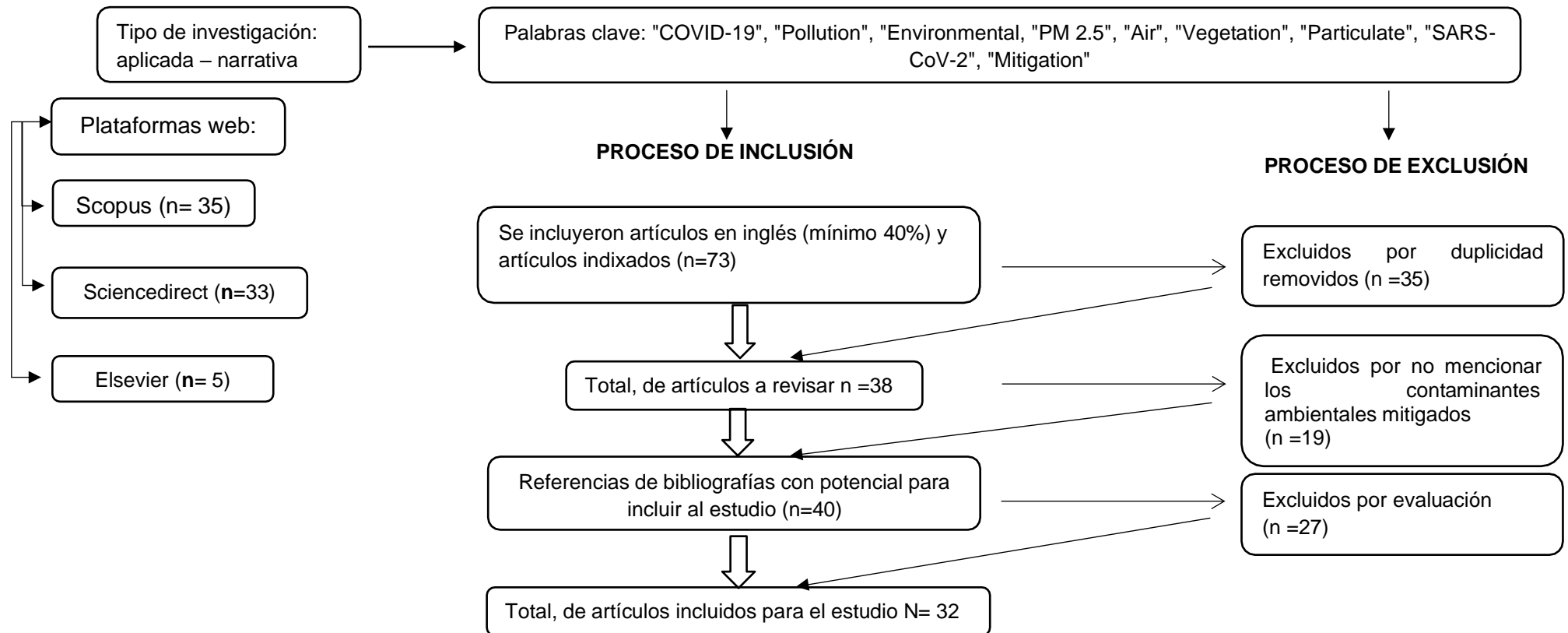
3.6. Procedimiento

Se realizó una búsqueda en las plataformas Scopus, Science direct y Elsevier; publicadas en los últimos 6 años, donde se utilizaron términos: "COVID-19", "Pollution", "Environmental", "PM 2.5", "Air", "Vegetation", "Particulate", "SARS-CoV-2", "Mitigation".

Dichos términos también fueron buscados en combinación como "Partículas PM 2.5", "Contaminación ambiental". Los estudios elegidos también fueron limitados

incluyendo únicamente artículos científicos y excluyendo, tesis, libros, revistas, entre otros. Detallando los procesos de inclusión y exclusión en el gráfico 2.

Gráfico N°2: Procedimiento de recolección y selección de artículos



3.7. Rigor científico

El rigor científico fue cumplido aplicando 4 criterios de investigación: credibilidad, transferibilidad, confiabilidad y confirmabilidad; siendo detallados por Rajagopaian, Huang & Brook, (2020, p.1); en los siguientes puntos:

-Para establecer credibilidad, un investigador debe revisar las transcripciones individuales, buscando similitudes dentro y entre todos los participantes. Por lo que, este criterio fue conseguido presentando interpretaciones de experiencias de tal manera que las personas que comparten esa experiencia la reconocen de inmediato.

-La transferibilidad, una forma de establecer la transferibilidad es proporcionar una descripción densa de la población estudiada describiendo los límites demográficos y geográficos del estudio. Por lo que este criterio se obtuvo usando los mismos métodos de recopilación de datos con diferentes grupos demográficos o ubicaciones geográficas; ya que, ello es una forma en la que los investigadores pueden aplicar la transferibilidad.

-La confiabilidad, este criterio describe el propósito específico del estudio; describe como se recopilaron los datos y cuánto duró la recopilación, cómo se redujeron o transformaron los datos para el análisis. Siendo así que este criterio se cumplió detallando con la mayor cantidad de datos los hallazgos presentados sobre las estrategias de mitigación por espacios verdes en la contaminación del aire por COVID-19.

-La confirmabilidad, en este criterio el investigador necesita una actitud autocrítica, teniendo en cuenta cómo afectan sus ideas preconcebidas a la investigación. Siendo obtenido este criterio usando técnicas como el análisis documental.

3.8. Método de análisis de información

El método de análisis utilizado fue la triangulación, debido a que este permite usar dos o más técnicas o métodos para estudiar un fenómeno, en tal sentido se utilizaron también la matriz apriorística para definir las categorías y sub categorías que brindarán unos resultados detallados.

Categorías:

- a) Influencia de la contaminación del aire en la transmisión del SARS-CoV-2
- b) Efectos de los espacios verdes en propiedades de exposición a PM
- c) Contaminantes ambientales mitigados por la vegetación

Sub Categorías

- a) Influencia alta
- b) Influencia media
- c) Influencia baja
- a) Eliminación de PM
- b) Captura de PM a largo plazo
- c) Capacidad de sorción de las hojas de los espacios verdes
- a) PM10
- b) PM2.5
- c) PM1
- d) PM0.1

3.9. Aspectos éticos

Los aspectos éticos con los que se cumplieron fueron la honestidad; donde se brindó la información de manera parcial, sin alterar ningún dato o información brindada a lo largo del desarrollo del estudio. Además, se cumplió con el aspecto ético del respeto, siendo ello corroborado mediante la cita realizada mediante la Norma ISO 690. Por último, se cumplió con lo establecido por la Guía de Productos Observables de la Universidad Cesar Vallejo.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo al objetivo del estudio, en determinar los aspectos relevantes de las estrategias de mitigación por espacios verdes en la contaminación del aire por COVID-19; se tiene que la influencia que tiene a contaminación del aire en la transmisión del SARS-CoV-2, los efectos de los espacios verdes en propiedades de exposición a PM relevantes para la salud y los contaminantes ambientales mitigados por la vegetación, son puntos esenciales a conocer para determinar la importancia de las estrategias de mitigación por espacios verdes en la contaminación del aire por COVID-19. Siendo mostradas, mediante la tabla 3, 4 y 5.

Tabla N°3: Influencia de la contaminación del aire en la transmisión del SARS-CoV-

2

Tema de la revisión	Principales resultados y conclusiones	Referencia
Para resaltar el papel potencial de los PM en la propagación de COVID-19 en las ciudades italianas	Contagio de Covid: La exposición a largo plazo y la exposición a corto plazo a altos niveles de contaminantes se correlacionan con un aumento en el contagio de COVID-19. -Infección por COVID-19: Debe investigarse después de la exposición a PM para verificar la susceptibilidad diferente a la infección por células expuestas y no expuestas a PM.	Comuniano Silvia et al. (2020, p.2)
Vínculo potencial entre la calidad del aire comprometida y la transmisión de SARS-CoV-2 en las áreas afectadas de la India	-Incremento de la tasa de transmisión: Los ambientes contaminados pueden mejorar la tasa de transmisión del SARS-CoV-2 en condiciones de humedad moderada a alta.	Manoj M. et al. (2020, p.1)
Efectos de la contaminación del aire en la infección y mortalidad por COVID-19	-Incremento de la susceptibilidad de infección y mortalidad por COVID-19: La exposición a la contaminación del aire, especialmente NO ₂ y PM _{2.5} , puede aumentar la susceptibilidad de infección y mortalidad por COVID-19. -Efectos adversos en el pronóstico de los pacientes afectados: La contaminación del aire puede causar efectos adversos en el pronóstico de los pacientes afectados por la infección por SARS-CoV-2.	Ali N. y el Islam F., (2020, p.2)
Estimar la fracción de mortalidad por COVID-19 atribuible a la exposición a largo plazo a la contaminación del aire por partículas finas en el ambiente	-Incremento del riesgo de mortalidad por COVID-19: La contaminación del aire es un cofactor importante que aumenta el riesgo de mortalidad por COVID-19.	Pozzer A. et al., (2020, p.3)
El papel de la contaminación del aire en la propagación y letalidad de COVID-19	-Incremento de la propagación y letalidad de COVID-19: Importante contribución de la exposición crónica a la contaminación del	Copat Chiara et

	aire en la propagación y letalidad de COVID-19. -El PM _{2.5} y NO ₂ estarían más estrechamente relacionados con COVID-19 que PM ₁₀ .	al., (2020, p.1)
Asociación entre el nivel de contaminación del aire ambiente y el COVID-19	-Debilitar y desregular la respuesta inmunitaria: La exposición a PM podría debilitar y desregular la respuesta inmunitaria, lo que provocaría una falla en la defensa contra la invasión del virus. -Incremento de la carga viral: La exposición a PM podría causar que la sobreexpresión de ACE2 aumente la carga viral durante la invasión. -Las partículas suspendidas en el aire podrían aumentar la distancia de transmisión del SARS-CoV-2.	Wang B. et al., (2020, p.1)
Impacto de la contaminación del aire exterior en COVID-19: evidencia de estudios <i>in vitro</i> , animales y humanos	-Factores agravantes para la transmisión del SARS-CoV-2 y la gravedad y letalidad: Tanto la exposición a corto como a largo plazo a la contaminación del aire pueden ser factores agravantes importantes para la transmisión del SARS-CoV-2 y la gravedad y letalidad del COVID-19 a través de múltiples mecanismos.	Bourdrel Thomas et al., (2021, p.1)
Resumir el conocimiento sobre las vías de transmisión del SARS-CoV-2	-Los resultados sugieren la influencia de ciertos factores subestimados en el comportamiento ambiental y supervivencia del SARS-CoV-2.	Senador V. et al., (2021, p.1)
Cómo la exposición a la contaminación exterior podría afectar potencialmente el ciclo de vida viral del SARS-CoV-2 y la patogénesis de COVID-19	-Incremento inflamación y el daño tisular inducidos por el virus: La exposición a NO ₂ , O ₃ y partículas podría predisponer a las poblaciones expuestas a desarrollar inmunopatología asociada con COVID-19, lo que aumenta la inflamación y el daño tisular inducidos por el virus.	Woodby B. et al., (2021, p.2)
Impacto potencial de la contaminación del aire en la incidencia y muertes por COVID-19.	-Incremento de la propagación del SARS-CoV-2 en el aire y puede aumentar la gravedad: La contaminación del aire tanto a corto como a largo plazo puede desempeñar un papel importante en la propagación del SARS-CoV-2 en el aire y puede aumentar la gravedad de la COVID-19. -Incremento y mortalidad: La exposición a NO ₂ y PM _{2.5} se correlacionó más a menudo con infecciones y mortalidad por COVID-19 que con PM ₁₀ .	Alí Nurshad et al., (2021, p.1)
Exposición aguda y crónica a la contaminación atmosférica en relación con la incidencia, prevalencia, gravedad y mortalidad de la COVID-19	-Las exposiciones a corto y largo plazo a PM _{2.5} y la exposición a largo plazo a NO ₂ parecen estar más consistentemente asociadas con COVID-19. O ₃ solo para casos incidentes.	Katoto Patrick D. et al., (2021, p.2)
Posibles vías de transmisión del COVID-19 y diferentes mutaciones del virus a través de medios ambientales	-El material particulado puede ser un portador del SARS-CoV-2.	Shao L. et al., (2021, p.1)

Revisar el papel de las PM en la propagación de la COVID-19, así como la relación entre la COVID-19, las PM y la enzima convertidora de angiotensina 2 (ACE2)	-Existe evidencia científica sobre la correlación entre los niveles de PM y la propagación del SARS-CoV-2.	Khan Zafran et al., (2021, p.2)
Influencia de la contaminación del aire y los indicadores climáticos en el COVID-19.	-La contaminación del aire y los parámetros meteorológicos tienen efectos críticos en la tasa de propagación y la gravedad de los casos de COVID-19. -Los mecanismos pueden incluir comorbilidades mediadas por la contaminación del aire, daño de las vías respiratorias, permeabilidad del epitelio pulmonar, desregulación inflamatoria e inmunitaria, vías metabólicas y sobreexpresión del receptor ACE-2 inducida por la contaminación.	Zhao Channa et al., (2021, p.1)
Relación potencial de PM con varias enfermedades humanas que limitan la vida y COVID-19	-La exposición a PM podría estar relacionada como portadora de la transmisión del SARS-CoV-2 y la infección por COVID-19. -El estrés oxidativo y las respuestas inflamatorias se consideran el mecanismo principal involucrado en los efectos adversos inducidos por PM.	Zhu Chengyue et al., (2021, p.1)
Revisar los efectos acumulativos de la exposición a PM _{2.5} ambiental y la transmisión del SARS-CoV-2 en la exacerbación de los resultados cardiopulmonares	-La exposición a la contaminación del aire aumenta la susceptibilidad a la infección por COVID-19, creando un estado preinflamatorio en los pacientes. -Los contaminantes del aire afectan la salud respiratoria y cardiovascular, el pronóstico y la mortalidad de COVID-19 se ven afectados por la presencia de comorbilidades respiratorias y cardiovasculares. -La exposición crónica a la contaminación del aire aumenta la inflamación en poblaciones que, por lo tanto, son más susceptibles a contraer el coronavirus.	Lai Angela et al., (2021, p.1)
Revisar la literatura centrada en la transmisión del SARS-CoV-2 en la propagación de la COVID-19 y presentar una perspectiva ambiental sobre por qué la transmisión aérea no ha sido muy concluyente hasta el momento.	-Una de las razones por las que se reduce el énfasis en la transmisión aérea podría ser que las gotas más pequeñas tienen una cantidad menor de virus en comparación con las gotas más grandes. -Las gotas pequeñas que contienen SARS-CoV-2 también pueden combinarse físicamente o adherirse a PM preexistentes para que su comportamiento y destino puedan regirse por la composición de PM.	Rama Kirpa et al., (2021, p.1)

Mediante la Tabla 3, se tiene que la influencia entre la contaminación del aire y la transmisión del SARS-CoV-2 es alta; a pesar, que los estudios planteados en la tabla 3, presentan diferentes metodologías y diferente número de personas involucradas

en las investigaciones, por lo que, no es fácil resumir todos estos resultados y sacar conclusiones definitivas.

Pero a pesar de ello, de acuerdo con lo mencionado por la mayoría de los investigadores hay una clara asociación entre las concentraciones en el aire de ciertos contaminantes del aire y la incidencia y gravedad/mortalidad de COVID-19.

Así lo manifiestan Katoto et al. (2021, p.1), Alí et al. (2021, p.1) y Woodby et al. (2021, p.2), quienes señalan que la cantidad de contaminantes del aire que se incluyeron: $PM_{2.5}$, PM_{10} , O_3 , NO_2 , SO_2 y CO están asociados con el incremento del COVID-19.

Así también, Copat et al. (2020, p.2), presenta cierto apoyo a los resultados mencionados, afirmando mediante su trabajo de investigación que El $PM_{2.5}$ y NO_2 estarían más estrechamente relacionados con COVID-19 que PM_{10} . Así mismo, Ali y el Islam (2020, p.1).

Además, se ha descubierto también que los contaminantes del aire mostrados en la tabla 6 presentan una clara asociación entre la incidencia/riesgo de casos de COVID-19 y las concentraciones en el aire de PM , principalmente $PM_{2.5}$, pero también PM_{10} , también se refiere a la mortalidad, con riesgos especiales para $PM_{2.5}$.

Por otro lado, presentando cierta oposición; a pesar que un número notable de investigaciones también han reportado una asociación significativa entre los niveles de O_3 , NO_2 y CO , y el número de casos de COVID-19; Filippini Tommaso et al., (2021, p.6), señala que, sin embargo, solo muy pocos estudios han reportado una relación entre la mortalidad y el O_3 y el CO , mientras que solo en su estudio si se reportó una relación con el NO_2 .

Mientras que, la mayoría de los estudios revisados, no encontraron relación entre los niveles en aire de CO , $PM_{2.5}$, PM_{10} , O_3 , NO_2 y SO_2 y la incidencia/mortalidad de COVID-19 (Sangham S. et al., 2021, p.4). Pero dicha afirmación es refutada por Lorenzo Jason S. et al., (2021, p.8); quien afirma que encontró una asociación positiva solo para $PM_{2.5}$ y NO_2 , pero negativa para PM_{10} , O_3 , SO_2 y CO .

Así también, se buscó Detallar cuáles son los efectos de los espacios verdes en propiedades de exposición a PM relevantes para la salud, para lo cual se elaboró la tabla 4.

Tabla N°4: Efectos de los espacios verdes en propiedades de exposición a PM relevantes para la salud

Salida con relevancia para la salud	Escala	Mecanismos de mitigación ejemplares de los espacios verdes	Factores modificadores del efecto ejemplares
% de reducción de la concentración promedio de PM	Escala regional	Eliminación de PM tras la intercepción por deposición a largo plazo sobre la vegetación y sobre o en el suelo o suelo debajo	' Potencial agregado de eliminación de PM de espacios verdes, es decir, ecosistema funcional para capturar PM a largo plazo ' Ubicación de espacios verdes entre las principales fuentes de contaminación y las poblaciones expuestas Zhu Chengyue et al., (2021, p.1), Bourdrel Thomas et al., (2021, p.1).
% de reducción de los picos de concentración de PM	Escala local y regional	Combinación de vegetación de dispersión física y deposición temporal elevada durante los picos de concentración	' Alto potencial de dispersión y deposición de agregados de los espacios verdes durante los períodos de concentraciones máximas (como la cobertura de hojas intactas durante el invierno) ' Ubicación de espacios verdes cerca y (en contra del viento) de áreas donde la posible exposición máxima afecta a la mayoría de las personas (vulnerables) Lai Angela et al., (2021, p.1), Woodby B. et al., (2021, p.2).
% de reducción de la concentración del número de partículas UFP	Escala local	Aglomeración y nucleación mejoradas de UFP en las hojas y sorción a largo plazo por la cera y los estomas de las hojas	' Capacidad de sorción de las hojas de los espacios verdes (por ejemplo, grosor de la capa de cera o número y tamaño de los estomas) ' Condiciones meteorológicas locales (favorables para la aglomeración y nucleación de UFP sobre/cerca de las hojas)

			Wang B. et al., (2020, p.1), Pozzer A. et al., (2020, p.3).
% de reducción de compuestos peligrosos entre PM	Escala local y regional	Sorción selectiva (por ejemplo, dependiendo de la carga y la solubilidad) en las plantas	' Propiedades de la hoja que atraen ciertos compuestos, posiblemente críticos para la salud (como la adhesión electrostática en los musgos) ' Ubicación de espacios verdes cerca de la fuente de PM con disposición optimizada para componentes de PM específicos Senador V. et al., (2021, p.1), Copat Chiara et al., (2020, p.1).
% de reducción de la exposición directa (por ejemplo, carretera cerca de un hogar de ancianos)	Escala local	Bloqueo de PM de fuentes locales por vegetación de propiedades adecuadas (como un seto a favor del viento)	' Distancia del espacio verde a la fuente de PM, ubicación en relación con la dirección y altura del viento y ' Densidad o porosidad y alturas de la configuración de espacios verdes ajustada a la fuente de contaminación y la ubicación de exposición Alí Nurshad et al., (2021, p.1), Ali N. y el Islam F., (2020, p.2).

De acuerdo con la tabla 4, se tiene que los efectos de los espacios verdes en propiedades de exposición a PM relevantes para la salud, revelan que los espacios verdes posiblemente podrían mitigar la carga para la salud de la contaminación del aire de múltiples maneras con la escala específica de la intervención que define las opciones y los requisitos.

Así mismo, a escala local, la función de barrera discutida, posiblemente combinando los tres grupos de mecanismos, parece prometedora desde dos perspectivas: en primer lugar, para "proteger" las emisiones de puntos críticos (estacionarios) o líneas (móviles) para que no lleguen, por ejemplo, a barrios residenciales y en segundo lugar, para "proteger" a las poblaciones vulnerables, como hogares de ancianos o jardines de infancia y sus áreas al aire libre, de las concentraciones locales y de fondo de PM.

Además, teniendo el conocimiento sobre las fuentes de contaminación individuales, uno puede incluso ser capaz de apuntar a componentes de PM específicos, priorizados por toxicidad, en función de la investigación en evolución sobre los mecanismos de modificación. Así así respaldado por Filippini Tommaso et al., (2021, p.2), quien ha demostrado que los espacios verdes establecidos para maximizar la deposición y la eliminación neta de PM o ciertos rangos de tamaño de PM reducen las concentraciones locales, particularmente durante los picos de contaminación, que han demostrado ser responsables particularmente de los efectos en la salud a corto plazo.

Por lo que, mediante los estudios mostrados en la Tabla 4, se puede interpretar que los espacios verdes individualmente bien diseñados pueden conducir tanto a una eliminación neta general medible de PM como a una amortiguación temporal de los picos de concentración.

Por otro lado, Lai Angela et al., (2021, p.2), señala mediante su estudio que, el viento es un determinante clave para la deposición, la resuspensión de PM en espacios verdes y en sí mismo influye de manera crítica en las concentraciones de PM; por lo tanto, un enfoque consolidado puede aprovechar el efecto de mitigación de PM de las intervenciones de espacios verdes a escala de ciudad o región.

Por último, los contaminantes ambientales mitigados por la vegetación, fueron evaluados y descritos en la tabla 5.

Tabla N° 5: Contaminantes ambientales mitigados por la vegetación

Contaminantes ambientales mitigados	Tipo de Vegetación	Resultados	Fuente
Capacidad de remoción de PM₁₀ (grueso y fino)	Plantas urbanas	<16 %	(Rafael S. et al., 2018, p.1)
		<32 %	(Mori J. et al., 2018, p.1)
		<35 %	(Ottosen T. y Kumar P., 2020, p.2)
Capacidad de remoción de PM₁₀	Área foliar de la planta	Aproximadamente el 90 % de las partículas depositadas en las hojas son partículas finas; se tarda 10 días en "llenar" una hoja	(Cai Mengfan et al., 2017, p.2)

Capacidad de remoción de PM_{2.5}	Plantas urbanas	0–5%	(Lee E. et al., 2018, p.1)
		<14 %	(Abhijith K. y Kumar P., 2019, p.1),
		<20 %	(Zhang J. et al., 2020, p.1)
		<44 %	(Ottosen T. y Kumar P., 2020, p.1)
		<50 %	(Xing Y. y Brimblecombe P., 2020, p.1)
Capacidad de remoción de MP₁	bosques urbanos a escala de árbol, local y regional	“Los análisis a diferentes escalas indicaron que los roles de los bosques urbanos en PM no pueden considerarse simplemente positivos o negativos, porque necesitan ser considerados a diferentes escalas”	(Han Donghui et al., 2020, p.1)
Reducción de PM₁₀ en el aire	Plantas urbanas	El viento urbano provoca la resuspensión, mientras que la lluvia conduce a la eliminación neta de PM, y solo el 10 % de los artículos analizados consideran el lavado de PM. El lavado es fundamental para la eliminación neta y puede requerir propiedades que compitan con la deposición de las plantas.	(Xu Xiaodan et al., 2020, p.2)
Capacidad de remoción de PM₁	Árboles	<52%	(Ottosen T. y Kumar P., 2020, p.1)
Capacidad de remoción de PM_{0.1} (ultrafino o UFP)	Plantas urbanas	<50 % (PNC)	(Lee Eon S. et al., 2018, p.2)
Capacidad de remoción de MP₁₀	Deposición seca	Los modelos subestiman el potencial de deposición de MP, con desviaciones para las superficies boscosas de hasta dos órdenes de magnitud	(Saylor Rick D. et al., 2019, p.1)
Capacidad de remoción de BC (carbono negro)	Plantas urbanas	<63%	(Santiago JoseLuis et al., 2019, p.2)

De acuerdo con la tabla 5 se tiene que los contaminantes ambientales más mitigados por la vegetación son el OM, donde el más tratado es el PM₁₀, seguido del PM_{2.5}, PM₁ y PM_{0.1} (ultrafino o UFP) y su enfoque radica en la "deposición seca" de PM en las hojas de la vegetación.

Así también, Nemitz Eriko et al., (2020, p.2), en su estudio modelan un efecto general de la vegetación para el Reino Unido de alrededor del 1 % para PM_{2.5}. Así mismo, Park Sohyum et al., (2020, p.4); apoya los resultados mencionando que la cantidad y la configuración espacial de los espacios verdes juegan un papel fundamental para la gestión de PM_{2.5} en las ciudades.

Pero ello, es refutado por Xu Xiaodan et al., (2020, p.2); quien señala en su investigación que evaluaron la modificación del efecto de depósito por las características de la hoja: para PM_{2.5}, identificaron asociaciones positivas significativas para la densidad estomática adaxial y las crestas abaxiales, mientras que para PM₁₀, la densidad estomática adaxial y abaxial y los pelos/tricomas adaxiales y foliares. la densidad mostró aumentar la deposición.

Por otro lado, Kwak M. et al., (2020, p.2); concluye que posiblemente la aspereza y los tricomas son críticos para la adsorción, mientras que los estomas no lo son. Los enfoques de modelado de varios investigadores coinciden en gran medida en las velocidades máximas de deposición seca para PM muy pequeñas (principalmente UFP) y grandes (partículas gruesas y más grandes) con una "caída" aproximadamente alrededor del rango de tamaño de 1 µm, según los tipos de vegetación y otro modelo variables

Además, se tiene que pocos estudios expresan los valores de deposición en indicadores que suelen utilizar los epidemiólogos o las evaluaciones de impacto en la salud que estudian la contaminación del aire para efectos a corto o largo plazo (valores de concentración máximos y promedio diarios, semanales, mensuales, estacionales o anuales).

Lo que viene siendo refutado por Giardina M. y Buffa A., (2018, p.1), Xing Y. y Brimblecombe P., (2019, p.2); estiman que la fracción depositada de PM fina o PM_{2.5}, en comparación con las partículas gruesas, en las plantas es de alrededor del 90 %.

V. CONCLUSIONES

Los aspectos relevantes de las estrategias de mitigación por espacios verdes en la contaminación del aire por COVID-19 como la influencia que tiene a contaminación del aire en la transmisión del SARS-CoV-2, los efectos de los espacios verdes en propiedades de exposición a PM relevantes para la salud y los contaminantes ambientales mitigados por la vegetación demuestran que los efectos reductores de los espacios verdes en las concentraciones de partículas suspendidas en el aire, tienen múltiples mecanismos y varían según la escala, el contexto y las características de la vegetación. Estos factores que modifican el efecto deben tenerse en cuenta al repensar el diseño del espacio público, acelerado por la pandemia de COVID-19. Así mismo se enmarca la necesidad urgente de un enfoque integrado y basado en el riesgo para la reducción de PM a través de intervenciones en espacios verdes.

Así mismo, se detalla a continuación las siguientes conclusiones llegadas:

La influencia de la contaminación del aire en la transmisión del SARS-CoV-2 es alta; a pesar, que los estudios planteados en la tabla 3, presentan diferentes metodologías y diferente número de personas involucradas en las investigaciones, por lo que, no es fácil resumir todos estos resultados y sacar conclusiones definitivas. Se ha descubierto también que los contaminantes del aire mostrados en la tabla 6 presentan una clara asociación entre la incidencia/riesgo de casos de COVID-19 y las concentraciones en el aire de PM, principalmente PM 2.5, pero también PM 10, también se refiere a la mortalidad, con riesgos especiales para PM 2.5.

Los efectos de los espacios verdes en propiedades de exposición a PM relevantes para la salud revelan que los espacios verdes posiblemente podrían mitigar la carga para la salud de la contaminación del aire de múltiples maneras con la escala específica de la intervención que define las opciones y los requisitos.

Los contaminantes ambientales mitigados por la vegetación son el OM, donde el más tratado en el PM10, seguido del PM 2.5, PM 1 y PM 0.1 (ultrafino o UFP) y su enfoque radica en la "deposición seca" de PM en las hojas de la vegetación.

VI. RECOMENDACIONES

Mediante la revisión de los 32 artículos científicos se puede observar la falta de estudio que abordan contaminantes atmosféricos, por lo que se sugiere, incluir estudios con contaminantes como COV, las dioxinas y furanos, o los metales, entre otros; así se agregaría información importante para un mejor conocimiento sobre la asociación entre la contaminación del aire y el COVID-19.

Así mismo se realiza las siguientes sugerencias y recomendaciones:

- Debido a que existe una deficiencia de estudio de elementos no foliares de plantas como frutos, cortezas o ramas a escala de árboles, se sugiere, realizar estudios a escala regional con la necesidad de realizar análisis multiescala.
- Se requieren más detalles y propiedades de las especies en torno al lavado de partículas retenidas en las hojas, por lo que, se recomienda, introducir un sistema de evaluación estándar para la reducción de PM en el aire basado en la masa de lavado de PM retenida en las hojas un paso útil.
- Las áreas de investigación sobre deposición y dispersión deben combinarse, y la investigación debe describirse con gran detalle para permitir las comparaciones, por lo que, los factores de orientación para la vegetación urbana deben agruparse y alinearse con otros procesos del ecosistema.

BIBLIOGRAFÍA

1. ABHIJITH, K. V.; KUMAR, Prashant. Field investigations for evaluating green infrastructure effects on air quality in open-road conditions. *Atmospheric environment*, 2019, vol. 201, p. 132-147. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2018.12.036>
2. AERTS, Raf; HONNAY, Olivier; VAN NIEUWENHUYSE, An. Biodiversity and human health: mechanisms and evidence of the positive health effects of diversity in nature and green spaces. *British medical bulletin*, 2018, vol. 127, no 1, p. 5-22. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/bmb/ldy021>
3. ALI, Nurshad; ISLAM, Farjana. The effects of air pollution on COVID-19 infection and mortality—A review on recent evidence. *Frontiers in public health*, 2020, vol. 8, p. 580057. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.580057>
4. ALI, Nurshad, et al. Exposure to air pollution and COVID-19 severity: A review of current insights, management, and challenges. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 2021, vol. 17, no 6, p. 1114-1122. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/ieam.4435>
5. BADACH, Joanna; DYMNICKA, Małgorzata; BARANOWSKI, Andrzej. Urban vegetation in air quality management: A review and policy framework. *Sustainability*, 2020, vol. 12, no 3, p. 1258. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su12031258>
6. BĂLĂ, Gabriel-Petrică, et al. Air pollution exposure—the (in) visible risk factor for respiratory diseases. *Environmental Science and Pollution Research*, 2021, vol. 28, no 16, p. 19615-19628. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13208-x>
7. BERNARDINI, F., et al. Air pollutants and daily number of admissions to psychiatric emergency services: evidence for detrimental mental health effects of ozone. *Epidemiology and psychiatric sciences*, 2020, vol. 29. Disponible en: <https://doi.org/10.1017/S2045796019000623>

8. BONTEMPI, E. First data analysis about possible COVID-19 virus airborne diffusion due to air particulate matter (PM): the case of Lombardy (Italy). *Environmental research*, 2020, vol. 186, p. 109639. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109639>
9. BOURDREL, Thomas, et al. The impact of outdoor air pollution on COVID-19: a review of evidence from in vitro, animal, and human studies. *European respiratory review*, 2021, vol. 30, no 159. Disponible en: <https://doi.org/10.1183/16000617.0242-2020>
10. CAI, Mengfan; XIN, Zhongbao; YU, Xinxiao. Spatio-temporal variations in PM leaf deposition: A meta-analysis. *Environmental Pollution*, 2017, vol. 231, p. 207-218. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.07.105>
11. CASADO-ARANDA, Luis-Alberto; SÁNCHEZ-FERNÁNDEZ, Juan; VIEDMA-DEL-JESÚS, María I. Analysis of the scientific production of the effect of COVID-19 on the environment: A bibliometric study. *Environmental Research*, 2021, vol. 193, p. 110416. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110416>
12. CHAN, Jasper Fuk-Woo, et al. A familial cluster of pneumonia associated with the 2019 novel coronavirus indicating person-to-person transmission: a study of a family cluster. *The lancet*, 2020, vol. 395, no 10223, p. 514-523. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30154-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30154-9)
13. CHEN, Chen, et al. Ambient air pollution and daily hospital admissions for mental disorders in Shanghai, China. *Science of The Total Environment*, 2018, vol. 613, p. 324-330. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.098>
14. CHEVAL, Sorin, et al. Observed and potential impacts of the COVID-19 pandemic on the environment. *International journal of environmental research and public health*, 2020, vol. 17, no 11, p. 4140. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ijerph17114140>
15. COOPER, Dawn M.; LOXHAM, Matthew. Particulate matter and the airway epithelium: the special case of the underground?. *European Respiratory*

Review, 2019, vol. 28, no 153. Disponible en:
<https://doi.org/10.1183/16000617.0066-2019>

16. COMUNIAN, Silvia, et al. Air pollution and COVID-19: the role of particulate matter in the spread and increase of COVID-19's morbidity and mortality. International journal of environmental research and public health, 2020, vol. 17, no 12, p. 4487. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ijerph17124487>
17. 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?. Environmental pollution, 2020, vol. 261, p. 114465. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114465>
18. COPAT, Chiara, et al. The role of air pollution (PM and NO₂) in COVID-19 spread and lethality: a systematic review. Environmental research, 2020, vol. 191, p. 110129. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110129>
19. DENG, Mengsi, et al. The impact of oxygen content in the primary air supply on fuel burning rate and pollutant emissions in a forced-draft biomass stove. Fuel, 2022, vol. 321, p. 124129. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.124129>
20. DISTANTE, Cosimo; PISCITELLI, Prisco; MIANI, Alessandro. Covid-19 outbreak progression in Italian regions: approaching the peak by the end of March in northern Italy and first week of April in southern Italy. International journal of environmental research and public health, 2020, vol. 17, no 9, p. 3025. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ijerph17093025>
21. DOMINGO, José L.; MARQUÈS, Montse; ROVIRA, Joaquim. Influence of airborne transmission of SARS-CoV-2 on COVID-19 pandemic. A review. Environmental research, 2020, vol. 188, p. 109861. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109861>
22. DOMINSKI, Fábio Hech, et al. Effects of air pollution on health: A mapping review of systematic reviews and meta-analyses. Environmental Research, 2021, vol. 201, p. 111487. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111487>

23. EISENMAN, Theodore S., et al. Urban trees, air quality, and asthma: An interdisciplinary review. *Landscape and urban planning*, 2019, vol. 187, p. 47-59. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.02.010>
24. FILIPPINI, Tommaso, et al. Associations between mortality from COVID-19 in two Italian regions and outdoor air pollution as assessed through tropospheric nitrogen dioxide. *Science of the Total Environment*, 2021, vol. 760, p. 143355. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143355>
25. FRONTERA, Antonio, et al. Regional air pollution persistence links to COVID-19 infection zoning. *Journal of infection*, 2020, vol. 81, no 2, p. 318-356. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jinf.2020.03.045>
26. GAO, Zhenzhen, et al. Toxic nephropathy secondary to chronic mercury poisoning: clinical characteristics and outcomes. *Kidney International Reports*, 2022. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ekir.2022.03.009>
27. GIARDINA, M.; BUFFA, P. A new approach for modeling dry deposition velocity of particles. *Atmospheric Environment*, 2018, vol. 180, p. 11-22. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2018.02.038>
28. GOEMINNE, Pieter C., et al. The impact of acute air pollution fluctuations on bronchiectasis pulmonary exacerbation: a case-crossover analysis. *European Respiratory Journal*, 2018, vol. 52, no 1. Disponible en: <https://doi.org/10.1183/13993003.02557-2017>
29. HAN, Donghui, et al. A review on particulate matter removal capacity by urban forests at different scales. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2020, vol. 48, p. 126565. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.126565>
30. ISLAM, Nazrul; SAIKIA, Binoy K. An overview on atmospheric carbonaceous particulate matter into carbon nanomaterials: A new approach for air pollution mitigation. *Chemosphere*, 2022, p. 135027. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.135027>
31. JANHÄLL, Sara. Review on urban vegetation and particle air pollution—Deposition and dispersion. *Atmospheric environment*, 2016, vol. 105, p. 130-137. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.01.052>

32. KATOTO, Patrick DMC, et al. Acute and chronic exposure to air pollution in relation with incidence, prevalence, severity and mortality of COVID-19: a rapid systematic review. *Environmental Health*, 2021, vol. 20, no 1, p. 1-21. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12940-021-00714-1>
33. KHAN, Zafran, et al. A correlation among the COVID-19 spread, particulate matters, and angiotensin-converting enzyme 2: a review. *Journal of Environmental and Public Health*, 2021, vol. 2021. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2021/5524098>
34. KRAEMER, Moritz UG, et al. The effect of human mobility and control measures on the COVID-19 epidemic in China. *Science*, 2020, vol. 368, no 6490, p. 493-497. Disponible en: <https://doi.org/10.1126/science.abb4218>
35. KRAVCHENKO, Julia; LYERLY, H. Kim. The impact of coal-powered electrical plants and coal ash impoundments on the health of residential communities. *North Carolina Medical Journal*, 2018, vol. 79, no 5, p. 289-300. Disponible en: <https://doi.org/10.18043/ncm.79.5.289>
36. KWAK, Myeong Ja, et al. Surface-based analysis of leaf microstructures for adsorbing and retaining capability of airborne particulate matter in ten woody species. *Forests*, 2020, vol. 11, no 9, p. 946. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/f11090946>
37. LAI, Angela, et al. Association of COVID-19 transmission with high levels of ambient pollutants: Initiation and impact of the inflammatory response on cardiopulmonary disease. *Science of the Total Environment*, 2021, vol. 779, p. 146464. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146464>
38. LEE, Eon S., et al. Field evaluation of vegetation and noise barriers for mitigation of near-freeway air pollution under variable wind conditions. *Atmospheric Environment*, 2018, vol. 175, p. 92-99. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.11.060>
39. 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>

40. MORAWSKA, Lidia; MILTON, Donald K. It is time to address airborne transmission of coronavirus disease 2019 (COVID-19). Clinical Infectious Diseases, 2020, vol. 71, no 9, p. 2311-2313. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/cid/ciaa939>
41. MORI, J., et al. Air pollution deposition on a roadside vegetation barrier in a Mediterranean environment: Combined effect of evergreen shrub species and planting density. Science of the total environment, 2018, vol. 643, p. 725-737. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.217>
42. MANNUCCI, Pier Mannuccio, et al. Effects on health of air pollution: a narrative review. Internal and emergency medicine, 2015, vol. 10, no 6, p. 657-662. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11739-015-1276-7>
43. MANOJ, M. G., et al. Potential link between compromised air quality and transmission of the novel corona virus (SARS-CoV-2) in affected areas. Environmental research, 2020, vol. 190, p. 110001. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110001>
44. MINICHILLI, Fabrizio, et al. Mortality and hospitalization associated to emissions of a coal power plant: A population-based cohort study. Science of the Total Environment, 2019, vol. 694, p. 133757. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133757>
45. MOUSAZADEH, Milad, et al. Positive environmental effects of the coronavirus 2020 episode: a review. Environment, Development and Sustainability, 2021, vol. 23, no 9, p. 12738-12760. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01240-3>
46. NEMITZ, Eiko, et al. Potential and limitation of air pollution mitigation by vegetation and uncertainties of deposition-based evaluations. Philosophical Transactions of the Royal Society a, 2020, vol. 378, no 2183, p. 20190320. Disponible en: <https://doi.org/10.1098/rsta.2019.0320>

47. OGHAZ, Toktam A., et al. Probabilistic model of narratives over topical trends in social media: A discrete time model. En Proceedings of the 31st ACM Conference on Hypertext and Social Media. 2020. p. 281-290. Disponible en: <https://doi.org/10.1145/3372923.3404790>
48. OTTOSEN, Thor-Bjørn; KUMAR, Prashant. The influence of the vegetation cycle on the mitigation of air pollution by a deciduous roadside hedge. Sustainable Cities and Society, 2020, vol. 53, p. 101919. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101919>
49. POZZER, Andrea, et al. Regional and global contributions of air pollution to risk of death from COVID-19. Cardiovascular Research, 2020, vol. 116, no 14, p. 2247-2253. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/cvr/cvaa288>
50. PRATA, David N.; RODRIGUES, Waldecy; BERMEJO, Paulo H. Temperature significantly changes COVID-19 transmission in (sub) tropical cities of Brazil. Science of the Total Environment, 2020, vol. 729, p. 138862. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138862>
51. QU, Guangbo, et al. An imperative need for research on the role of environmental factors in transmission of novel coronavirus (COVID-19). 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c01102>
52. RAFAEL, S., et al. Impacts of green infrastructures on aerodynamic flow and air quality in Porto's urban area. Atmospheric Environment, 2018, vol. 190, p. 317-330. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2018.07.044>
53. RAM, Kirpa, et al. Why airborne transmission hasn't been conclusive in case of COVID-19? An atmospheric science perspective. Science of The Total Environment, 2021, vol. 773, p. 145525. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145525>
54. RICCÒ, Matteo, et al. SARS-CoV-2 infection and air pollutants: Correlation or causation?. The Science of the total environment, 2020, vol. 734, p. 139489. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139489>
55. RODRIGUES, Ana Filipa, et al. Year-long rhinovirus infection is influenced by atmospheric conditions, outdoor air virus presence, and immune system-

- related genetic polymorphisms. Food and environmental virology, 2019, vol. 11, no 4, p. 340-349. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s12560-019-09397-x>
56. ROJAS-RUEDA, David, et al. Green spaces and mortality: a systematic review and meta-analysis of cohort studies. The Lancet Planetary Health, 2019, vol. 3, no 11, p. e469-e477. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(19\)30215-3](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(19)30215-3)
57. ROYÉ, Dominic, et al. Role of apparent temperature and air pollutants in hospital admissions for acute myocardial infarction in the North of Spain. Revista Española de Cardiología (English Edition), 2019, vol. 72, no 8, p. 634-640. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rec.2018.07.009>
58. SANGKHAM, Sarawut; THONGTIP, Sakesun; VONGRUANG, Patipat. Influence of air pollution and meteorological factors on the spread of COVID-19 in the Bangkok Metropolitan Region and air quality during the outbreak. Environmental Research, 2021, vol. 197, p. 111104. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111104>
59. SANTIAGO, Jose-Luis, et al. CFD modelling of vegetation barrier effects on the reduction of traffic-related pollutant concentration in an avenue of Pamplona, Spain. Sustainable Cities and Society, 2019, vol. 48, p. 101559. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101559>
60. SAYLOR, Rick D., et al. The particle dry deposition component of total deposition from air quality models: right, wrong or uncertain?. Tellus B: Chemical and Physical Meteorology, 2019, vol. 71, no 1, p. 1550324. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/16000889.2018.1550324>
61. SENATORE, Vincenzo, et al. Indoor versus outdoor transmission of SARS-COV-2: environmental factors in virus spread and underestimated sources of risk. Euro-Mediterranean journal for environmental integration, 2021, vol. 6, no 1, p. 1-9. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s41207-021-00243-w>
62. SETTI, Leonardo, et al. Potential role of particulate matter in the spreading of COVID-19 in Northern Italy: first observational study based on initial epidemic

- diffusion. *BMJ open*, 2020, vol. 10, no 9, p. e039338. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1136/bmjopen-2020-039338>
63. SHADDICK, G., et al. Half the world's population are exposed to increasing air pollution. *NPJ Climate and Atmospheric Science*, 2020, vol. 3, no 1, p. 1-5. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41612-020-0124-2>
64. SHAO, Longyi, et al. The role of airborne particles and environmental considerations in the transmission of SARS-CoV-2. *Geoscience Frontiers*, 2021, vol. 12, no 5, p. 101189. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2021.101189>
65. SUN, Zhuanlan; ZHU, Demi. Exposure to outdoor air pollution and its human-related health outcomes: an evidence gap map. *BMJ open*, 2019, vol. 9, no 12, p. e031312. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1136/bmjopen-2019-031312>
66. TAYLOR, Lucy; HOCHULI, Dieter F. Defining greenspace: Multiple uses across multiple disciplines. *Landscape and urban planning*, 2017, vol. 158, p. 25-38. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.09.024>
67. THURSTON, George D., et al. A joint ERS/ATS policy statement: what constitutes an adverse health effect of air pollution? An analytical framework. *European Respiratory Journal*, 2017, vol. 49, no 1. Disponible en: <https://doi.org/10.1183/13993003.00419-2016>
68. TIOTIU, Angelica I., et al. Impact of air pollution on asthma outcomes. *International journal of environmental research and public health*, 2020, vol. 17, no 17, p. 6212. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ijerph17176212>
69. WANG, Baoming, et al. Is there an association between the level of ambient air pollution and COVID-19?. *American Journal of Physiology-Lung Cellular and Molecular Physiology*, 2020, vol. 319, no 3, p. L416-L421. Disponible en: <https://doi.org/10.1152/ajplung.00244.2020>
70. WOODBY, Brittany; ARNOLD, Michelle M.; VALACCHI, Giuseppe. SARS-CoV-2 infection, COVID-19 pathogenesis, and exposure to air pollution: What is the connection?. *Annals of the new York Academy of Sciences*, 2021, vol. 1486, no 1, p. 15-38. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/nyas.14512>

71. WOLF, Kathleen L., et al. Urban trees and human health: A scoping review. *International journal of environmental research and public health*, 2020, vol. 17, no 12, p. 4371. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ijerph17124371>
72. WU, Tongran, et al. Vehicle emissions of primary air pollutants from 2009 to 2019 and projection for the 14th Five-Year Plan period in Beijing, China. *Journal of Environmental Sciences*, 2023, vol. 124, p. 513-521. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jes.2021.11.038>
73. XIE, Jingui; ZHU, Yongjian. Association between ambient temperature and COVID-19 infection in 122 cities from China. *Science of the Total Environment*, 2020, vol. 724, p. 138201. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138201>
74. XIE, Jingui, et al. The short-term effects of air pollutants on hospitalizations for respiratory disease in Hefei, China. *International journal of biometeorology*, 2019, vol. 63, no 3, p. 315-326. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00484-018-01665-y>
75. XING, Yang; BRIMBLECOMBE, Peter. Role of vegetation in deposition and dispersion of air pollution in urban parks. *Atmospheric Environment*, 2019, vol. 201, p. 73-83. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2018.12.027>
76. XING, Yang; BRIMBLECOMBE, Peter. Urban park layout and exposure to traffic-derived air pollutants. *Landscape and Urban Planning*, 2020, vol. 194, p. 103682. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.103682>
77. XU, Xiaodan, et al. Additional focus on particulate matter wash-off events from leaves is required: A review of studies of urban plants used to reduce airborne particulate matter pollution. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2020, vol. 48, p. 126559. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.126559>
78. ZHANG, Jinguang, et al. Links between green space and public health: a bibliometric review of global research trends and future prospects from 1901 to 2019. *Environmental research letters*, 2020, vol. 15, no 6, p. 063001. Disponible en: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab7f64>

79. ZHANG, Jinguang, et al. Links between green space and public health: a bibliometric review of global research trends and future prospects from 1901 to 2019. *Environmental research letters*, 2020, vol. 15, no 6, p. 063001. Disponible en: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab7f64>
80. ZHAO, Channa, et al. Emerging role of air pollution and meteorological parameters in COVID-19. *Journal of Evidence-Based Medicine*, 2021, vol. 14, no 2, p. 123-138. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/jebm.12430>
81. ZHU, Chengyue, et al. Role of atmospheric particulate matter exposure in COVID-19 and other health risks in human: a review. *Environmental Research*, 2021, vol. 198, p. 111281. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111281>
82. ZHU, Yongjian, et al. Association between short-term exposure to air pollution and COVID-19 infection: Evidence from China. *Science of the total environment*, 2020, vol. 727, p. 138704. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138704>

ANEXO

Anexo 1. Instrumento de recolección de datos

 Universidad César Vallejo	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	---

TITULO:

DATOS DEL AUTOR: NOMBRE(S)		
PAGINAS UTILIZADAS	AÑO DE PUBLICACION	LUGAR DE PUBLICACION
TIPO DE INVESTIGACION:		
CÓDIGO:		
PALABRAS CLAVES:		
INFLUENCIA DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE:		
EFFECTOS DE LOS ESPACIOS VERDES:		
CONTAMINANTES AMBIENTALES MITIGADOS:		
RESULTADOS:		
CONCLUSIONES:		