Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica
Escuela Profesional de Toxicología

Evaluación de la calidad del aire por emisiones del material particulado y su relación con las enfermedades respiratorias agudas en el distrito de Puente Piedra, Lima Perú, 2014-2017

TESIS

Para optar el Título Profesional de Toxicóloga

AUTOR

Jackeline Nicolh CUEVA ALVAREZ

ASESORES

Yadira FERNÁNDEZ JERI
Gladys Angelica MOSCOSO MUJICA (Coasesor)

Lima, Perú

2023



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Cueva J. Evaluación de la calidad del aire por emisiones del material particulado y su relación con las enfermedades respiratorias agudas en el distrito de Puente Piedra, Lima Perú, 2014-2017 [Tesis de pregrado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Escuela Profesional de Toxicología; 2023.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Jackeline Nicolh Cueva Alvarez
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	75158026
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Yadira Fernández Jeri
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	28307333
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-5775-065X
Datos de coasesor	
Nombres y apellidos	Gladys Angelica Moscoso Mujica
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	23982336
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-5858-4828
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Víctor Crispín Pérez
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07363013
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Jorge Leonardo Jave Nakayo

Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	01066653
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Mesías Moisés García Ortiz
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07200816
Datos de investigación	
Línea de investigación	B.2.3.1. Toxicología Ambiental
Grupo de investigación	G-I Bioquímica Toxicólogica - (BIOTOX)
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Puente Piedra Latitud: -11.8768271 Longitud: -77.0744820650776
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2014-2017
URL de disciplinas OCDE	Toxicología https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#3.01.07 Salud pública, Salud ambiental https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#3.03.05

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América **Facultad de Farmacia y Bioquímica Decanato**

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los miembros del Jurado Examinador y Calificador de la Tesis titulada:

Evaluación de la calidad del aire por emisiones del material particulado y su relación con las enfermedades respiratorias agudas en el distrito de Puente Piedra, Lima Perú, 2014-2017

Que presenta la Bachiller en Toxicología:

JACKELINE NICOLH CUEVA ALVAREZ

Que reunidos en la fecha se llevó a cabo la **SUSTENTACIÓN** de la **TESIS**, y después de las respuestas satisfactorias a las preguntas y objeciones formuladas por el Jurado, ha obtenido la siguiente calificación final:

DIECIOCHO (18) APROBADO CON MENCIÓN HONROSO.

de conformidad con el Art. 14.° del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos para la obtención del Título Profesional de Toxicólogo (a) de la Facultad de Farmacia y Bioquímica.

Lima, 23 de noviembre de 2023.

Dr. Víctor Crispín Pérez
Presidente

Dr. Mesías Moisés García Ortiz
Miembro

Dr. Jorge Leonardo Jave Nakayo
Miembro

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América

FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

ESCUELA PROFESIONAL DE TOXICOLOGÍA

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, Yadira Fernandez Jeri, identificado con DNI N°28307333 en mi condición de asesora acreditada con la Resolución Decanal N°000439-2023-D-FFB/UNMSM de la Tesis, cuyo título es: Evaluación de la calidad del aire por emisiones del material particulado y su relación con las enfermedades respiratorias agudas en el distrito de Puente Piedra, Lima Perú, 2014-2017 presentado por la bachiller Jackeline Nicolh Cueva Álvarez para optar el título profesional de Toxicólogo (a).

CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante el software de similitud textual, el documento evaluado cuenta con el porcentaje de 16 % de similitud, nivel PERMITIDO para continuar con los trámites correspondientes y para su publicación en el repositorio institucional.

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, para la obtención del título profesional de Químico Farmacéutico.

Jardín Botanico, 02 de noviembre de 2023

Finna de la Asesora
D.N.I. 28307333
Nombres y apellidos de la Asesora:
Yadira Fernández Jeri

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mí misma, por no desistir de seguir avanzando en el camino profesional, por confiar en mí misma, a paso lento pero seguro. A mi madre Viviana por apoyarme a optar por una carrera profesional, a mi hermano y a mi hermanita Angela porque a pesar de ser pequeños me inspiran a ser mejor y ser un buen ejemplo para ellos.

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Yadira Fernández Jerí por aceptar ser mi asesora y guiarme en el proceso de realización de este trabajo hasta su culminación.

A la Dra. Gladis Moscoso Mujica, por acompañarme e insistir en avanzar la presente investigación hasta su culminación.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN 13
I.1. Planteamiento y formulación del problema 13
I.1.1. Planteamiento de problema 13
I.1.2. Formulación del problema 15
I.2. Objetivos 15
I.2.1. Objetivo General 15
I.2.2. Objetivos específicos 15
I.3. Importancia y alcance de la investigación. 16
I.4. Limitaciones de la investigación 16
II. MARCO TEÓRICO 17
II.1. Antecedentes del estudio 17
II.2. Bases teóricas 24
II.2.1. Contaminación del aire. 24
II.2.2. Calidad del aire. 24
II.2.3. Material particulado 25
II.2.4. Normativa 27
II.2.5. Efectos de los contaminantes 28
II.2.6. Enfermedades respiratorias 29
II.2.7. Regla de Pareto 30
II.3. Glosario de términos 30
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES 32
III.1. Hipótesis 32
III.2. Variables 32
III.3. Operacionalización de Variables (Ver anexo 01) 32
IV. MATERIALES Y METODOS 33
IV.1. Área de estudio 33
IV.2. Diseño de investigación 34
IV.3. Procesamiento, técnicas e instrumentos de recolección de información 34
IV.4. Análisis estadístico 34
V. RESULTADOS 36
V.1. Comportamiento de los contaminantes del aire. 36

V.2. Calidad de del aire para PM_{10} 44
V.3. Enfermedades respiratorias agudas 47
V.4. Relación del PM_{10} con las principales enfermedades respiratorias agudas. 54
VI. DISCUSIÓN 56
VII. CONCLUSIONES 64
VIII. RECOMENDACIONES 65
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 66
X. ANEXOS 76

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Cuidados y recomendaciones según categoría de Calidad del Aire.

Tabla 2. Estados de la calidad del Aire.

Tabla 3. Tabla de frecuencias del material particulado PM10 y PM2,5, Puente Piedra, Lima 2014 -2017. Data del año 2014.

Tabla 4. Tabla de frecuencias del material particulado PM10 y PM2,5, Puente Piedra, Lima 2014 -2017. Data del año 2015.

Tabla 5. Tabla de Frecuencias del material particulado PM10 y PM2,5, Puente Piedra, Lima 2014- 2017. Data del año 2016.

Tabla 6. Tabla de Frecuencias del material particulado PM10 y PM2,5, Puente Piedra, Lima 2014 - 2017. Data del año 2017.

Tabla 7. Clasificación de las enfermedades respiratorias agudas (ERA).

Tabla 8. Enfermedades respiratorias según la clasificación CIE-10, distrito de Puente Piedra, Lima 2014 al 2017.

Tabla 9. Enfermedades respiratorias agudas por edades, Puente Piedra, Lima 2014-2017. Data del año 2014.

Tabla 10. Enfermedades respiratorias agudas por edades, Puente Piedra, Lima 2014 - 2017. Data del año 2015.

Tabla 11. Enfermedades respiratorias agudas por edades, Puente Piedra, Lima 2014 - 2017. Data del año 2016.

Tabla 12. Enfermedades respiratorias agudas por edades, Puente Piedra, Lima 2014 - 2017. Data del año 2017.

Tabla 13. Correlación entre el PM10 y las principales ERA. Puente Piedra, Lima 2014 al 2017.

Tabla 14. Correlación entre el PM10 y el total de ERA según edad. Puente Piedra, Lima 2014 al 2017.

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del distrito de Puente Piedra.

Figura 2. Categoría moderada de la Calidad del Aire por emisiones de PM10, Puente Piedra – 2014.

Figura 3. Categoría moderada de la Calidad del Aire por emisiones de PM10, Puente Piedra – 2015.

Figura 4. Categoría moderada de la Calidad del Aire por emisiones de PM10, Puente Piedra – 2016.

Figura 5. Categoría moderada de la Calidad del Aire por emisiones de PM10, Puente Piedra – 2017.

Figura 6. Principales enfermedades según la regla de Pareto, Puente Piedra - 2014.

Figura 7. Principales enfermedades según la regla de Pareto, Puente Piedra - 2015.

Figura 8. Principales enfermedades según la regla de Pareto, Puente Piedra – 2016.

Figura 9. Principales enfermedades según la regla de Pareto, Puente Piedra – 2017.

LISTADO DE ABREVIATURAS

ECA: Estándar de Calidad Ambiental

ICA: Índice de Calidad del Aire

PM10: Material Particulado de 10 micras

PM2,5: Material Particulado de 2,5 micras

ERA: Enfermedad Respiratoria Aguda

MINSA: Ministerio de Salud

OMS: Organización de Salud

CIE-10: Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades y Problemas Relacionado con la Salud.

IQAIR: World Air Quality

LMP: Límite Máximo Permisible

DIRIS: Dirección Regional de Salud

SENAMHI: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología

EPA: Agencia de Protección Ambiental

Resumen

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la calidad del aire por emisiones de material particulado y su relación con las enfermedades respiratorias agudas en el distrito de Puente Piedra entre los años 2014 al 2017**.** Para ello, se solicitó al SENAMHI y a la Oficina General de Tecnología de la Información del MINSA; la data de las concentraciones de material particulado (PM_{10}, $PM_{2,5)}$ y la data de Enfermedades Respiratorias Agudas (ERA) del distrito de Puente Piedra respectivamente. Se organizó y procesó los datos de las concentraciones de material particulado para obtener los valores máximos, mínimos y medias para compararlos con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA); así como también se organizó la data de 23 713 casos de ERA del distrito de Puente Piedra. Los resultados encontrados mostraron que las concentraciones de $PM_{10,}$ sobrepasaron los ECA en todos los meses de los años 2014 al 2017, siendo 286,13 µg/m^3 el máximo valor en junio del 2015, en cambio el $PM_{2,5}$ sobrepasó solo algunos meses del periodo de estudio, siendo 86, 03 µg/m^3 el valor máximo observado en el 2017. Por otro lado, la calidad del aire por la emisión de PM_{10} se ubicó en la categoría de moderada. Se analizó todas ERA agudas y las principales fueron; faringitis aguda, rinofaringitis aguda o resfriado común, amigdalitis aguda, bronquitis e infecciones agudas de las vías respiratorias superiores. Se encontró una correlación significativa y alta entre el PM_{10} y la enfermedad de bronquitis aguda ($p = 0,01$; $r = 0,68$) mientras la correlación entre el PM_{10} con la enfermedad amigdalitis aguda, fue moderada y significativa ($p = 0,04$; $r = 0,57$), en el 2017. También, se observó la correlación significativa y alta entre el PM_{10} y las ERA reportadas en pubertos y adolescentes de 12 a 17 años y adultos mayores de 60 años a más. En conclusión, los resultados demostraron que existe una correlación significativa entre el PM_{10} y las enfermedades respiratorias agudas como; amigdalitis y bronquitis aguda; y la alta correlación entre el total de casos reportados en edades de 12 a 17 y más de 60 años con el $PM_{10.}$

ABSTRAC

The aim of the present investigation was to evaluate air quality due to emissions of particulate matter and its relationship with acute respiratory diseases in the district of Puente Piedra between the years 2014 to 2017. For this, SENAMHI and the General Office of Information Technology of the MINSA; the data of the concentrations of particulate matter (PM_{10}, $PM_{2,5}$) and the data of Acute Respiratory Diseases (ARD) of the Puente Piedra district respectively. The data on the concentrations of particulate matter were organized and processed to obtain the maximum, minimum and average values to compare them with the Environmental Quality Standards (EQS); as well as the data of 23,713 ARD cases from the Puente Piedra district was also organized. The results found showed that PM_{10} concentrations exceeded the EQS in all months from 2014 to 2017, with 286.13 µg/m^3 being the maximum value in June 2015, on the other hand, $PM_{2.5}$ exceeded only some months of the study period, with 86.03 µg/m^3 being the maximum value observed in 2017. On the other hand, the air quality due to the emission of PM_{10} was placed in the moderate category. All acute ARDs were analyzed and the main ones were; acute pharyngitis, acute rhinopharyngitis or common cold, acute tonsillitis, bronchitis and acute upper respiratory tract infections. A significant and high correlation was found between PM_{10} and acute bronchitis disease ($p = 0.01$; $r = 0.68$) while the correlation between PM_{10} and acute tonsillitis disease was moderate and significant ($p = 0.68$). 04; $r = 0.57$), in 2017. Also, the significant and high correlation was observed between PM_{10} and the ARD reported in stage of puberty and adolescents from 12 to 17 years of age and older adults from 60 years of age and older. In conclusion, the results showed that there is a significant correlation between PM_{10} and acute respiratory diseases such as; tonsillitis and acute bronchitis; and the high correlation between the total cases reported in ages 12 to 17 and over 60 years with PM_{10}.

I. INTRODUCCIÓN

I.1. Planteamiento y formulación del problema

I.1.1. Planteamiento de problema

Todos los días cerca de 93% de los niños del mundo, menores de 15 años, que corresponde a 1800 millones de niños y niñas, respiran aire contaminado que pone en grave peligro su salud y crecimiento, lamentablemente la mayoría de ellos acaban falleciendo. La Organización Mundial de la Salud (OMS) reportó que 600 000 niños murieron en el 2016 a causa de las infecciones de las vías respiratorias bajas, y cada año mueren 7 millones de personas en el mundo a causa de la contaminación del aire de exteriores y domésticos[1]. Esto se debe probablemente al desarrollo tecnológico que mejoró la calidad de vida de las personas con la reducción de la mortalidad y el aumento de la esperanza de vida, sin embargo, trajo como consecuencia el incrementó de la población, de los vehículos, el uso de mayor energía e incremento de la contaminación del aire[2].

Ante un crecimiento poblacional, las personas utilizan mayores recursos, por ejemplo, el producto bruto interno (PBI) del Perú, pasó de 120,3 mil millones de soles en 1995 a 762,5 mil millones de soles en el 2019[3]. Es así que las pequeñas y grandes industrias: como las refinerías de petróleo, plantas químicas, fábricas de acero, los vehículos, camionetas, barcos y equipos de construcción se incrementaron y con ello las emisiones de contaminantes tóxicos al aire[4].

Según la Agencia de Protección Ambiental (EPA) y la OMS, los contaminantes comunes y dañinos del aire son; el material particulado (PM), el ozono (O_3) dióxido de carbono (CO_2), dióxido de nitrógeno (NO_2), dióxido de azufre (SO_2) y plomo (pb), porque pueden afectar la salud y el medio ambiente[5,6]. Los contaminantes más nocivos para la salud asociados con la mortalidad prematura son el material particulado (PM_{10} y $PM_{2,5}$), y entre ellas las partículas más finas como el $PM_{2,5}$ son más preocupantes porque penetran profundamente en los conductos pulmonares[7].

En el año 2019 en Suiza el reporte de la empresa tecnológica World Air Quality (IQAIr) recopiló información de la contaminación del aire según el índice de calidad del aire de USA, el cual se clasifica en 6 categorías; buena, moderada, insalubre para grupos

sensibles, no salubre, muy insalubre y peligroso); ubicó a Perú en el primer puesto a nivel de Latinoamérica en encabezar el ranking de los países más contaminados a nivel mundial, con una calidad de aire moderada por la emisión de 23,7 µg/m^3 de $PM_{2,5}$[8]. En el 2020 el reporte de IQAIr[9] ubicó a Perú en el cuarto puesto, debido a la emisión de 18 µg/m^3 de $PM_{2,5}$, después de Chile, Guatemala y México. Esta clasificación establece que las personas sensibles deben evitar la actividad al aire libre, debido a que pueden experimentar síntomas respiratorios[10].

Según el informe de desempeño ambiental del año 2015, en el Perú el deterioro de la calidad del aire tiene entre sus principales causas, a las emisiones provenientes de fuentes móviles y destaca notablemente el parque automotor, debido a la emisión de gases y partículas tóxicas al ambiente. En los últimos 10 años los vehículos se han incrementado de 1,3 millones de unidades a más de 2,2 millones[11]. Asimismo, el índice nacional del flujo vehicular reportó que el movimiento de vehículos ligeros y pesados por las unidades de peaje se expandió en 4,0% en el 2020 respecto al 2019[12].

De acuerdo con el Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades (CDC), la primera causa de muerte en el Perú durante el periodo 1985 al 2015, fueron las siguientes enfermedades respiratorias; Infecciones Respiratorias Agudas (IRA) bajas y superiores[12]. En la Dirección de Redes Integradas (DIRIS) de Lima Norte del MINSA, se estimó que, de las 10 primeras causas de morbilidad de consulta externa, fueron las IRA superiores que ocuparon el segundo lugar con 16,9% de casos en el 2018 y 11,19% de casos en el 2019[13].

Según datos de monitoreo de la calidad del aire realizados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), los distritos que sobrepasan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) en aire son; Villa María del triunfo, Ate, Puente Piedra, Huachipa, Santa Anita, San Juan de Lurigancho, entre otros[15]. Entre ellos se observó que el distrito de Puente Piedra entre los años 2014 al 2017 ocupó los primeros puestos en sobrepasar con mayor frecuencia los ECA en aire con el contaminante $PM_{2,5}$ y PM_{10}, respectivamente.

Además, según sus características, el distrito de Puente Piedra es una zona poblada, con gran carga industrial y actividad vehicular, importante en concentraciones de

contaminantes que sobrepasan los ECA. Por ello, ante la ausencia de estudios entre el material particulado y las ERA del distrito de Puente de Piedra, se planteó en la investigación; la evaluación de la calidad del aire por emisiones del material particulado y su relación con las ERA en el distrito de Puente Piedra, Lima, Perú entre los años 2014 al 2017.

I.1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la calidad del aire por emisiones de material particulado y su relación con las enfermedades respiratorias agudas en el distrito de Puente Piedra, Lima Perú 2014-2017?

I.2. Objetivos

I.2.1. Objetivo General

Evaluar la calidad del aire por emisiones del material particulado y su relación con las enfermedades respiratorias agudas en el distrito de Puente Piedra, Lima Perú 2014-2017.

I.2.2. Objetivos específicos

I. Determinar el material particulado que supere los ECA para aire del distrito de Puente Piedra, Lima Perú en los años 2014 a 2017.

II. Determinar la categoría de calidad del aire ante la emisión del principal material particulado, según normativa vigente en el Perú, en el distrito de Puente Piedra, Lima Perú en los años 2014 a 2017.

III. Identificar las principales enfermedades respiratorias agudas presentadas en el distrito de Puente Piedra, Lima-Perú, en los años 2014 a 2017.

IV. Analizar la relación entre el PM_{10} con las principales enfermedades respiratorias agudas en el distrito de Puente Piedra, Lima Perú en los años 2014 a 2017.

I.3. Importancia y alcance de la investigación.

En diferentes estudios se demuestra que los contaminantes del aire son perjudiciales para la salud[16]. La OMS[17] y la EPA[18] mencionan que los contaminantes del aire causan diversas enfermedades como; ERA, enfermedades cardiovasculares, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) y asma; lo que se evidencia en los estudios toxicológicos reportados como efectos respiratorios que incluyen respuestas inflamatorias, alérgicas ante la exposición a partículas ultrafinas[19] y cáncer de pulmón; por ello, la IARC[20] clasifica a los contaminantes del aire en el grupo 1, como cancerígeno para los humanos.

El área más poblada del Perú es el departamento de Lima, donde se desarrollan múltiples actividades productivas y de servicio. Lima norte ocupa el segundo lugar con mayores casos de mortalidad y morbilidad atribuibles al PM_{10} en el año 2014[21]. Asimismo, en los años 2014 al 2017 el SENAMHI mostró que los valores de material particulado PM_{10} y $PM_{2,5}$ excedieron los ECA de aire en el distrito de Puente Piedra[15] ubicado en la zona de Lima norte.

Son pocos los estudios que brinden suficiente información de la relación del material particulado con las ERA en el Perú y los distritos de Lima, asimismo hace falta analizar todas las ERA y conocer las más frecuentes, ello permitirá establecer políticas adecuadas de salud y ambientales para evitar la contaminación del aire, asimismo establecer medidas sanitarias para controlar la incidencia de enfermedades respiratorias agudas u otras relacionadas. Por ello, a través de la presente investigación planteamos evaluar la calidad del aire por emisiones de material particulado y su relación con las ERA en el distrito de Puente Piedra, Lima Perú 2014-2017. De esa manera, poder brindar información relevante a la comunidad científica y población en general.

I.4. Limitaciones de la investigación

- No contar con la data completa de todas las enfermedades respiratorias.
- No contar con la data completa de todos los meses de emisiones de material particulado y otros contaminantes.

- No contar con información adicional como historia clínica del paciente, enfermedades previas o hábitos alimenticios, entre otros factores de riesgo.

II. MARCO TEÓRICO

II.1. Antecedentes del estudio

Antecedentes Internacionales

Romieu et al. (1996)[22] evaluaron la relación entre la contaminación del aire y la exacerbación de asma en una población infantil, ya que los contaminantes como; material particulado menor de 10µm (PM_{10}), 2,5µm ($PM_{2,5}$) y (O_3), excedían los estándares mexicanos. Para evaluar la relación de ambas variables utilizaron un modelo de regresión lineal y los resultados mostraron que, el aumentó de 20 µg/m^3 de PM_{10} producía el incremento del 8% de las enfermedades de las vías respiratorias inferiores (ERI), el aumento de 10 µg/m^3 de $PM_{2.5}$ producía el incremento del 20% de las ERI y el aumento de 50 ppm de O_3 un incremento del 9% de ERI. El estudio concluyó que los niños con asma leve fueron afectados por los altos niveles ambientales de material particulado y ozono.

De la misma manera, Espósito et al. (2014)[23] evaluaron la relación de la polución y el tráfico vehicular sobre el aumento de asma e IRA en niños italianos que padecían asma o sibilancias. Utilizaron modelos de regresión multivariable y encontraron que el aumento de 10 µg/m^3 de partículas menores de 10 micrones de diámetro y NO_2, aumentó el desarrollo de neumonía en niños con sibilancias y asmáticos. En conclusión, se encontró una asociación significativa entre la contaminación, el tráfico y el desarrollo de exacerbaciones de asma e infecciones respiratorias infantiles.

Por otro lado, existe evidencia de la relación de los contaminantes del aire y la mortalidad. Atkinson et al (2014)[24], realizaron la revisión sistemática de investigaciones de asociaciones entre $PM_{2,5}$, la mortalidad diaria y los ingresos hospitalarios. Emplearon metaanálisis en 110 estudios, los cuales se identificaron mediante cadenas de búsqueda utilizando términos relacionados con el diseño de estudio, los contaminantes y los resultados de salud; los resultados mostraron que el riesgo de muerte se

incrementó de 1,04% por cada 10 µg/m^3 de $PM_{2,5,}$ además, de una asociación positiva del 0.90% entre el $PM_{2,5}$ y el riesgo de ingresos hospitalarios por enfermedades cardiovasculares y respiratorias.

Shaughnessy *et al.* (2015)[25], examinaron la relación de PM_{10} y $PM_{2,5,}$ con los efectos adversos de la salud de la población, resultando una asociación significativa entre el promedio semanal de efectos adversos para la salud en la población de adultos jóvenes y sanos y la concentración promedio semanal de $PM_{10;}$ en conclusión, el análisis estima un aumento del 0,6 % en visitas a la sala de emergencias por infecciones de las vías respiratorias superiores, por cada aumento de 10 µg/m^3 en la concentración promedio semanal de $PM_{10.}$

Cordero *et al.* (2018)[26] emplearon diferentes metodologías; en la ciudad de Oruro, Bolivia; el objetivo fue determinar el factor de riesgo ambiental y su posible vinculación sobre efectos en la salud, mediante el estudio epidemiológico; para lo cual, construyeron canales endémicos y líneas basales de las enfermedades respiratorias agudas. Los resultados mostraron la relación de causa y efecto entre los contaminantes PM_{10}, NO_2, O_3 y las IRA; el comportamiento de los contaminantes se asoció con las temperaturas máximas.

Kohli *et al.* (2018)[27] analizaron los contaminantes PM_{10} y NO_2 en la ciudad de Nueva Dehli, India, para determinar la correlación entre los niveles de contaminantes del aire y la carga de enfermedades respiratorias infantiles entre los años de 2011 al 2016. Los resultados mostraron que el nivel de concentración de PM_{10} fue de 249,5 µg/m^3 y de NO_2 de 58,6 µg/m^3, ambos valores sobrepasaron los niveles permitidos en la India; la correlación fue significativa para los niveles de PM_{10} y las enfermedades respiratorias infantiles; concluyeron que los contaminantes del aire en la ciudad de Nueva Dehli representan un problema de salud pública.

Otro estudio realizado en Colombia por García *et al.* (2020)[28] buscaron investigar la relación de las concentraciones de contaminante PM_{10} con las enfermedades respiratorias, en Rionegro Antioquía en el año 2016, para ello realizaron un estudio ecológico de series de tiempo. Los resultados mostraron un promedio general de PM_{10} de 22,73 µg/m^3 de concentración, los porcentajes más altos de morbilidad corresponde

a la Influenza (gripe) y neumonía con 35,5%, con 39 casos registrados y las IRA afectaron más a la población femenina. Concluyeron que no hubo asociación significativa entre las variables mencionadas.

Wang *et al.* (2020)[29], realizaron el estudio en China, país con fuertes episodios de contaminación del aire. Evaluaron las muertes prematuras atribuibles a la exposición crónica y aguda a $PM_{2,5}$ ambiental, en los años del 2013 a 2017, a través del modelo de Predicción de la Calidad del Aire Anidado (NAQPMS), y función de Exposición-Respuesta Integrada (IER), utilizadas por la OMS[30]. Los resultados estimaron que cerca de 1 210 000 muertes prematuras son causadas por la exposición crónica a $PM_{2,5;}$ y las enfermedades como; accidente cerebrovascular, cardiopatía isquémica y la enfermedad pulmonar obstructiva crónica, representan el 25% del total. Dichos estudios evidenciaron que las partículas finas menores de 10µg como $PM_{2,5}$, tiene un impacto en la salud aún mayor[31].

En Chile, la contaminación del aire ha alcanzado niveles alarmantes, por ejemplo, Cifuentes *et al.* (2020)[32] realizaron estudios en las comunas y evaluaron la relación entre el $PM_{2,5}$ y las enfermedades respiratorias en los Servicios de Atención Primaria de Urgencias mediante un análisis estadístico con Anova, Dickey Fuller y Spearman. Los resultados mostraron que en un episodio de emergencia ambiental ($PM_{2,5}$ >170 $\mu g/m^3$) se observó el aumento del número de consultas y concluyeron al indicar que existió la relación entre dichas variables. Sapunar *et al.* (2021)[33] analizaron la misma comuna de Chile al igual que Cifuentes *et al.* (2020)[32], pero con metodología diferente para evaluar la asociación entre la concentración de PM_{10}, $PM_{2,5}$, NO_2, SO_2, O_3, monóxido de nitrógeno (NO) y la incidencia de cáncer de pulmón. Utilizaron el programa R para el análisis estadístico, encontraron la correlación directa y significativa entre el nivel $PM_{2,5}$ y la incidencia de adenocarcinomas.

El estudio en Suecia realizado por Tornevi *et al.* (2022)[34], determinó la asociación a corto plazo entre el PM_{10} y el número diario de pacientes con problemas respiratorios agudos (ICD-10 diagnósticos: J00-J99) que buscaban atención en el hospital, en Visby durante el período 2013 a 2019; para ello, se utilizaron modelos de regresión cuasi-Poisson. Los resultados fueron el aumento en las visitas respiratorias de niños en 5% que se asoció con un aumento de 10 $\mu g/m^3$ de concentración de PM_{10} durante el

período de verano/otoño, y para el periodo de invierno/primavera se observó un aumento del 1% de visitas respiratorias (vías respiratorias superiores) por 10 µg/m^3.

Un estudio realizado en argentina por Buffone et al 2023[95], tuvo como objetivo describir las características de las consultas por enfermedades respiratorias agudas en menores de 15 años, los niveles de PM en el aire, y analizar la asociación existente entre ellos en un sector de Bahía Blanca en los meses de abril de 2019 y marzo de 2020. El estudio fue ecológico y establecieron un modelo de correlación para determinar la relación entre ambas variables. Los resultados mostraron que, de las 4787 consultas, un 38,6 % (1846) correspondieron a rinitis y un 21,1 % (1011) a broncoespasmo. Por otra parte, un aumento del 10 % del $PM_{2,5}$ demostró incrementos de 1,3 % en las consultas totales. En conclusión, se demostró una asociación positiva entre las consultas por enfermedad respiratoria aguda y los niveles de PM del aire, sobre todo con el $PM_{2,5.}$

Santiago de Chile alcanza elevados niveles altos de contaminación atmosférica, el material particulado habitualmente excede los estándares de la OMS. Ante ello se realizó un estudio donde se evaluó el impacto del $PM_{2,5}$ sobre las hospitalizaciones por enfermedades respiratorias en niños, un estudio caso-control, entre 2001 y 2005 en la Región Metropolitana de Chile, independientemente de la presencia ambiental de virus sincicial respiratorio (VRS).

La data mostraba 72 479 hospitalizaciones públicas y privadas por enfermedades respiratorias de niños menores de 15 años residentes en la región del estudio se analizaron con un diseño de caso control alternante, con estratificación temporal. Se evaluó principalmente: hospitalizaciones por enfermedades respiratorias (J00-J99), neumonía (J12-J18); asma (J21.0 - J21.9) y bronquiolitis (J45 - J46). Recopilándose diariamente temperatura, PM_{10}, $PM_{2,5}$, ozono, virus respiratorios (VRS) y humedad.

Los resultados mostraron que los promedios de PM_{10} y $PM_{2.5}$ fueron 81,5 y 41,2 µg/m^3 respectivamente. El promedio de temperatura fue 12,8 ºC y de la humedad del aire 72,6 %. Un aumento de 10 µg/m^3 de $PM_{2.5}$ con 1 y 2 días de rezago se asoció con un incremento de las hospitalizaciones por enfermedades respiratorias cercano a 2%, este porcentaje aumentó a 5% cuando la exposición fue con 8 días de rezago, reflejando sinergismo entre material particulado y virus respiratorio. En consecuencia, la

exposición corta a la contaminación atmosférica puede provocar hospitalizaciones por enfermedades respiratorias en niños[101].

Antecedentes Nacionales

Las investigaciones relacionadas con los efectos de la mala calidad de aire en la salud en el Perú son limitadas. El Ministerio de Salud en el año de 1986 a través de la Dirección General Ambiental (DIGESA)[35] inició el Programa Nacional de Monitoreo de La Calidad del Aire. Los resultados de los tres últimos años de monitoreo del 2000 al 2002 de las estaciones de Lima este, norte, sur, ciudad de lima y callao; evidenciaron que los niveles de partículas $PM_{2,5}$ estaban por encima de los ECA de 15 µg/m^3 y el NO_2 superaba los valores establecidos por la OMS de 40 µg/m^3 en Lima este y ciudad de Lima.

En cuanto a la prevalencia de enfermedades, se realizaron encuestas demográficas de salud familiar en el año 2000 y se obtuvo como resultado que 1 de cada 5 niños menores de cinco años, tuvieron síntomas de IRA[36]. Otros estudios del Ministerio de Salud (MINSA) sostenían que las infecciones respiratorias agudas bajas se han mantenido como la primera causa de muerte entre 2014 y 2016 a nivel de todo el Perú[37], y en segundo lugar las morbilidades generales a nivel de Lima norte, en el 2017[13]. Asimismo, en el 2018, el porcentaje de niñas y niños menores de cinco años de edad con infecciones respiratorias agudas (IRA) fue de 14,4%[38].

Según los estudios realizados a nivel de Lima Metropolitana por el Ministerio del Ambiente (MINAM)[39], se estimó que el impacto de la contaminación del aire en la morbilidad y mortalidad en el año 2014 fue de 476 casos de mortalidad en Lima centro y 445 en Lima norte, los cuales fueron atribuidos al PM_{10}, denominándose de riesgo alto, asimismo 1049 admisiones hospitalarias de Lima centro y 799 de Lima norte fueron atribuibles al PM_{10}, también denominado como riesgo alto. Lima norte se ubicó en el segundo lugar con mayor población y mostró casos de mortalidad y morbilidad atribuibles al PM_{10}.

Cerro de Pasco ubicada en la sierra y selva del Perú, es una zona expuesta a actividades mineras y el estudio realizado por Robles *et al.* (2019)[40] evaluó la relación entre el material particulado menor de 10 micras y las enfermedades de tipo IRA en los

niños de 0 a 5 años y adultos mayores de 50 años, mediante el coeficiente de correlación de Spearman. Los resultados mostraron que existe una relación significativa entre dichas variables.

Otro estudio realizado en la ciudad de Arequipa determinó el impacto de la contaminación ambiental en la salud de la población. Para llevar a cabo el estudio se aplicó el método inductivo contando con información procesada y confiable proporcionada por los organismos públicos directamente involucrados en el tema, el cual fue utilizado para establecer el grado de relación entre las variables en estudio. El Parque automotor, el material particulado, la sustancia contaminante y el número de incidencias de pacientes por Infecciones Respiratorias Agudas son las variables analizadas en la investigación. Los resultados mostraron que la concentración de PM_{10} en el medio ambiente de la ciudad de Arequipa para el año 2017 es de 111.77 $\mu g/m^3$, es decir 39.61 $\mu g/m^3$ más que en el año 2016, superando el límite permisible de los Estándares de Calidad Ambiental para Aire (ECA) fijado en 50 $\mu g/m^3$. Las enfermedades que se manifiestan por la contaminación ambiental en Arequipa Metropolitana representan alrededor del 24,9% del total de atenciones (IRAs, asma, neumonía) que representan 3,160 atenciones en el año 2017 y el 75.10% restante corresponden a otras enfermedades[102].

Un estudio realizado en Huarochirí, Lima, evaluó la relación del material particulado con las enfermedades respiratorias en el proceso de chancado y molienda de la compañía minera Casapalca S.A, provincia de Huarochirí, Lima 2017. El estudio fue de tipo descriptivo correlacional. Para evaluar las enfermedades respiratorias, se consideró a todo el personal que laboran el en proceso de chancado y molienda de la compañía minera Casapalca, provincia de Huarochirí, Lima que es un total de 143 trabajadores, para la determinación del número de muestras del material PM_{10} - $PM_{2.5}$, se consideró un punto de muestreo a 150 metros de planta procesadora trabajadores se evaluó trimestralmente, luego se empleó el análisis estadístico con el paquete SPSS v.23.0. y con la prueba Correlacional Pearson paramétrico, para establecer la relación entre las variables. Los resultados mostraron que la concentración de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ por trimestre, no sobrepasaron el estándar de calidad de aire. El incidente de enfermedades respiratorias por grupo ocupacional se observó que el mayor porcentaje de incidencia se presentó en el personal de planta con un 67.8% (40 casos). En

conclusión, existe relación estadísticamente significativa entre el material particulado y las enfermedades respiratorias en los trabajadores del proceso de chancado y molienda en la compañía minera Casapalca S.A.[103]

En el 2020 se realizó el estudio en los distritos de Puente Piedra y San Juan de Lurigancho (SJL)[41], donde se evaluó las concentraciones de PM_{10} y $PM_{2,5;}$ empleando técnicas gravimétricas; se encontró que la concentración más alta fue de PM_{10} en Puente Piedra, superando así los umbrales nacionales con un promedio de 150,9 µg/m^3 en comparación con SJL, el cual registró 110,08 µg/ m^3.

Otro estudio realizado en Lima por Dávila *et al.* (2020)[42], analizaron la asociación de $PM_{2,5}$ con el número de visitas de pacientes al centro de salud por ERA de niños menores de 5 años. Para ello, utilizaron el análisis de series de tiempo y modelo binomial negativo, los datos de monitoreo fueron obtenidos de 10 estaciones del SENAMHI, 6 de San Juan de Miraflores y el número de consultas clínicas fueron obtenidas de 498 clínicas públicas de Lima. Los resultados mostraron una asociación significativa entre la exposición a $PM_{2,5}$ y las enfermedades respiratorias como infección respiratoria aguda, neumonía y bronquiolitis/ asma aguda.

II.2. Bases teóricas

II.2.1. Contaminación del aire.

La OMS[43] describe a la contaminación del aire como la contaminación causada por agentes químicos, físicos o biológicos que modifican las características naturales de la atmosfera. La EPA[44] afirma que la contaminación del aire se produce cuando existen altas concentraciones de sustancias químicas en el aire, y puede causar daño a personas, animales, vegetación y materiales.

II.2.2. Calidad del aire.

El Instituto de Estadística e Informática (INEI) del Perú define que la calidad depende de la presencia o ausencia de contaminantes atmosféricos, y la condición apta para respirarlo. Además, indican que no tener un ambiente con aire limpio, es un problema que afecta la salud de las personas[45].

***Tabla 1**. Cuidados y recomendaciones según categoría de la Calidad del Aire.*

CATEGORÍA	MEDIDAS A TOMAR POR LA POBLACIÓN
Buena	La calidad del aire es aceptable se puede realizar actividades al aire libre.
Moderada	**Personas excepcionalmente sensibles:** Contemplar reducir las actividades que requieran esfuerzo prolongado o intenso al aire libre. Prestar atención a la aparición de síntomas como tos o dificultad para respirar. Esto indica que se debe reducir el esfuerzo. **Para el resto de las personas:** ¡Es un buen día para realizar actividades al aire libre!
Insalubre para grupos sensibles	**Grupos sensibles:** Reducir las actividades que requieran esfuerzo prolongado o intenso. Está bien realizar actividades al aire libre, pero descanse a menudo y realice actividades menos intensas. Prestar atención a la aparición de síntomas como tos o dificultad para respirar. **Las personas asmáticas** deben seguir sus planes de acción y tener a mano medicamentos de acción rápida. **Si padece de una cardiopatía:** Síntomas como palpitaciones, dificultad para respirar o fatiga inusual

	pueden indicar un problema grave. Si sufre cualquiera de estos síntomas, comuníquese con su proveedor médico.
Insalubre	**Grupos sensibles:** Evitar actividades que requieran esfuerzo prolongado o intenso. Tener en cuenta la posibilidad de realizar las actividades al interior de sus casas. **Para el resto de las personas:** Reducir las actividades que requieran esfuerzo prolongado o intenso. Descansar a menudo durante las actividades al aire libre[10].

Fuente: Ministerio del Ambiente, Informe Nacional de la calidad del aire 2013-2014[46]

II.2.3. Material particulado

El material particulado puede clasificarse en: partículas de 10 µm (PM_{10}) y de 2.5 µm ($PM_{2,5}$), las cuales son partículas inhalables muy finas, ambas se constituyen en una mezcla de partículas sólidas y gotitas líquidas que se encuentran en el aire, el humo, el polvo, el hollín y la suciedad son parte de esta mezcla que llegan a ser lo suficientemente grande para poder verlos; sim embargo, hay otros elementos que son pequeños que solo pueden observarse por un microscopio electrónico[47]. Algunos de los elementos que conforman estas partículas son los metales, metaloides y no metales.

a. Fuentes de emisión

El material particulado es emitido directamente o por reacciones químicas complejas en la atmosfera. Algunas de las fuentes de emisión directa son; los sitios de construcción, caminos sin pavimentar, chimeneas e incendios. Algunos de los contaminantes que son emitidos luego reaccionan en la atmosfera con el dióxido de azufre y los óxidos de nitrógeno, que tienen como fuente a las centrales hidroeléctricas, las industrias y los automóviles[47].

Por otra parte, gran porcentaje de las emisiones de $PM_{2,5}$ y una proporción significativa de PM_{10} son por la combustión de gasolina, aceite, combustible Diesel o madera. El PM_{10} tiene como fuentes de emisión a los vertederos, agricultura, incendios forestales, quema de maleza, fuentes industriales, polvo

de sitios de construcción, polvo arrastrado por el viento de terrenos abiertos, polen y fragmentos de bacterias[49].

b. Toxicocinética

La principal vía de exposición de las partículas es la respiratoria y su absorción depende de la solubilidad, las partículas atmosféricas poco solubles en agua, después de la inhalación y la deposición, permanecen en el tracto respiratorio como PM generando efectos tóxicos[50].

Las partículas gruesas de 2,5 µm y 10 µm de diámetro penetran en la nasofaringe y se asientan en las vías respiratorias mayores, principalmente en la región traqueobronquial. Las partículas finas menores a 2,5 µm de diámetro y ultrafinas menos de 0,1 µm de diámetro se depositan principalmente en las vías respiratorias periféricas pequeñas y los alvéolos.

Las partículas después de la absorción se distribuyen por las diferentes regiones del sistema respiratorio para luego depositarse mediante la impactación, sedimentación y difusión[50] en la orofaringe y en la región alveolar para pasar a la circulación sanguínea, al sistema linfático[51] o pasar al tracto gastrointestinal y eliminarse.

Si se depositan en la región traqueobronquial, quedan atrapadas en el moco y los cilios las baten hasta llegar a la faringe para luego ser deglutidas o expulsadas por la tos (depuración o aclaramiento mucociliar). En cambio, si las partículas son depositadas en la región alveolar son eliminadas por los macrófagos alveolares y se mueven al área de los bronquiolos terminales para luego eliminarse por depuración mucociliar[50,51].

c. Toxicodinamia

Voluntarios humanos expuestos a PM por el periodo de 2 horas, mostraron un aumento del número de neutrófilos pulmonares, proteína C reactiva, fibrinógeno, interleucina IL-1β, interleucina IL, factor estimulante de colonias de granulocitos y macrófagos GM-CSF y factor de necrosis tumoral TNF-α[52].

Estudios con líneas celulares y voluntarios humanos muestran que el PM es citotóxico y aumenta los marcadores inflamatorios en las vías respiratorias[53]. La lesión pulmonar producida por el PM produce la aparición de especies reactivas de oxígeno (ROS) que conlleva al estrés oxidativo, daño celular y del tejido; el mecanismo no está muy bien descrito, pero los radicales libres posiblemente provengan de la superficie de las partículas[54].

II.2.4. Normativa

a. Estándares de calidad ambiental del aire (ECA) del Perú

De acuerdo con el decreto Supremo N°074-2001-PCM, el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, y los ECA definen los límites máximos de contaminantes en el aire, porque, en su condición de cuerpo receptor, no excede el límite a fin de evitar algún riesgo para la salud humana.

El ECA de aire para el parámetro PM_{10} es 100 µg/m^3 y 50 µg/m^3 valor promedio de 24 horas y el valor promedio anual, respectivamente; el ECA para $PM_{2,5}$ es 50 y 25 µg/m^3 valor promedio de 24 horas y valor promedio anual, respectivamente[55], valores que corresponden a la normativa del año 2017. La normativa de ECA para la calidad del aire de los años 2014, 2015 y 2016 fueron concentraciones de 150 µg/m^3 valor promedio de 24 horas para PM_{10} y 25 µg/m^3 para $PM_{2,5}$[96].

b. Índice de calidad del aire

El INCA define la calidad del aire mediante 4 clasificaciones que son; buena (verde), moderada (amarillo), mala (anaranjado) y umbral de cuidado (rojo)[56]. La normativa define que las medidas a tomar por la población para cada categoría son las siguientes: para la calidad del aire de categoría buena pueden realizar actividades al aire libre; para la categoría de moderada las personas con una buen estado de salud pueden salir a realizar actividades al aire libre, sin embargo, las personas sensibles deben tener en cuenta reducir las actividades; para la categoría de insalubre para grupos sensibles la recomendación es que las personas con asma o alguna enfermedades respiratoria deben tomar las medidas preventivas ante cualquier suceso; para el grupo de categoría de

insalubre, evitar actividades que requieran esfuerzo; para el grupo de categoría de muy insalubre, evitar cualquier tipo de actividad.

c. Límite Máximo Permisible

Los Límites Máximos Permisibles son niveles establecidos para la concentración de elementos, sustancias y parámetros físicos, químicos y biológicos en una emisión. Superar estos límites puede ocasionar daños a la salud, al bienestar humano y al entorno. Su cumplimiento es una obligación legal supervisada por el MINAM y otros organismos en el Sistema de Gestión Ambiental[100].

d. Estándares de calidad del aire de la OMS

Definen los estándares de calidad del aire a nivel mundial, el ECA para el PM_{10} es de 45 y 15 $\mu g/m^3$ por un periodo de media diaria y media anual, respectivamente; para el $PM_{2,5}$ de 15 y 5 $\mu g/m^3$ por un periodo de media diaria y media anual, respectivamente[57].

II.2.5. Efectos de los contaminantes

a. Efectos del material particulado en el ambiente.

El viento puede trasladar partículas a largas distancias para luego depositarlas en el suelo o en el agua, a algunos de los efectos que puede traer consigo son lagos ácidos, alteración del balance nutricional de las aguas costeras, reducción de los nutrientes del suelo, daño en los bosques y cultivos agrícolas, en general puede dañar la diversidad de ecosistemas[18].

Por otra parte, los contaminantes tóxicos del aire pueden afectar la vida silvestre de muchas maneras, al igual que a los humanos y animales que pueden sufrir problemas de salud al estar expuestos a concentraciones suficientes de sustancias nocivas en el aire a lo largo del tiempo[58].

b. Efecto del material particulado en la salud.

Los efectos sobre la salud por material particulado pueden incluir efectos cardiovasculares, como arritmias y ataques cardíacos, y efectos respiratorios, como ataques de asma, bronquitis, faringitis, laringitis, entre otros. La exposición

a la polución por partículas puede dar lugar a un aumento de los ingresos hospitalarios, visitas a la sala de emergencias, faltas a la escuela o al trabajo, y movilidad diaria reducida, especialmente en una población con enfermedades cardíacas o pulmonares preexistentes, ancianos y niños[59].

II.2.6. Enfermedades respiratorias

1. Enfermedades respiratorias agudas (ERA)

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define las Enfermedades Respiratorias Agudas (ERA) como afecciones infecciosas que afectan el tracto respiratorio, tanto superior como inferior. Estas pueden variar desde infecciones sin síntomas o leves hasta casos graves y potencialmente mortales, dependiendo del tipo de patógeno, así como de factores ambientales y de la salud del huésped[99].x

2. Factores relacionados a las ERA

Algunos de los factores que se relacionan con las enfermedades respiratorias agudas son las siguientes:

- **Condiciones ambientales**: Incluyen contaminantes, hacinamiento en hogares, humedad, higiene, estación del año y temperatura.
- **Acceso a atención médica y medidas de prevención**: Esto abarca la disponibilidad y eficacia de la atención médica, así como medidas de prevención como vacunación, acceso a centros de salud y capacidad de aislamiento.
- **Factores del huésped**: Estos incluyen edad, historial de tabaquismo, capacidad de transmitir la infección, nivel de inmunidad, estado nutricional, infecciones previas o concurrentes con otros patógenos y condiciones médicas preexistentes.
- **Características del patógeno**: Esto engloba los métodos de transmisión, su capacidad de propagación, factores de virulencia (como genes que producen toxinas) y la cantidad de microorganismos presentes.[99]

3. Relación del material particulado con las enfermedades respiratorias

El material particulado afecta a casi todos los órganos y sistemas del cuerpo humano, puede causar y empeorar las enfermedades cardiovasculares, cerebrovasculares, cardiopatía isquémica y otras enfermedades. Las partículas pequeñas menores de 10 µm, son aún más preocupantes ya que pueden llegar a la profundidad de los pulmones y pasar al torrente sanguíneo[18].

II.2.7. Regla de Pareto

La regla de Pareto tiene la función de identificar las partes críticas y sistemas de una máquina que requieren mayor atención y asignación de recursos. La regla es conocida como la ley 20-80. Indica que el 20% de la población provoca el 80% de los problemas es decir el 20% de los rubros que influyen más o son causa del 80% de los problemas[61].

II.3. Glosario de términos

a. ECA

El Estándar de Calidad Ambiental (ECA) es un instrumento de gestión ambiental que mide la calidad del ambiente y establece márgenes seguros de elementos o sustancias sin riesgo para la salud y el medio ambiente.

b. ICA

Es una herramienta empleada para informar a la población sobre la calidad del aire en función de diversos contaminantes atmosféricos. Este índice permite a las personas entender fácilmente la calidad del aire y tomar medidas adecuadas para proteger su salud, especialmente en días con altos niveles de contaminación.

c. PM_{10}

Material particulado de 10 micras liberado por diversas industrias y el parque automotor, debido a su tamaño este ingresa a los pulmones y causa diversas enfermedades respiratorias.

d. $PM_{2,5}$.

Material particulado de 2,5 micras, liberado por diversas industrias y el parque automotor y debido a su tamaño ingresa hasta los alveolos, pudiendo causar inflamación y fibrosis pulmonar, entre otros.

e. ERA

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define las Enfermedades Respiratorias Agudas (ERA) como afecciones infecciosas que afectan el tracto respiratorio, tanto superior como inferior. Estas pueden variar desde infecciones sin síntomas o leves hasta casos graves y potencialmente mortales, dependiendo del tipo de patógeno, así como de factores ambientales y de la salud del huésped[99].

f. MINSA

El Ministerio de Salud es una institución que tiene la misión de proteger la vida, promoviendo el cuidado de la salud, previniendo las enfermedades y garantizando la atención oportuna de salud de todos los habitantes del país.

g. OMS

Es la autoridad directiva y coordinadora de la acción sanitaria en el sistema de las Naciones Unidas

h. CIE-10

Es la Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades y Problemas Relacionados con la Salud, décima revisión, el cual contiene una lista básica de categorías de 3 caracteres, cada una de las cuales puede ser subdividida en 10 categorías, de 4 caracteres.

i. IQAIR

Es una compañía suiza de tecnología enfocada en la calidad del aire, se especializa en la prevención de la contaminación atmosférica y crea productos para supervisar y mejorar la pureza del aire.

j. DIRIS

Las "DIRIS" son unidades administrativas en el sistema de salud de Perú que tienen la tarea de gestionar y coordinar los servicios de salud a nivel regional. Cada región en Perú cuenta con su propia Dirección Regional de Salud (DIRIS), la cual se encarga de supervisar y coordinar la prestación de servicios de salud. Estas entidades tienen la responsabilidad de garantizar la provisión de servicios de atención médica de alta calidad a la población y también de planificar estrategias para mejorar la salud pública en su región.

k. Correlación de Spearman

La correlación de Spearman es una herramienta estadística que ayuda a comprender la relación entre dos conjuntos de datos, incluso si no presentan una conexión lineal. En vez de considerar los valores exactos, se basa en los rangos de los datos. Si ambos conjuntos de datos aumentan simultáneamente, se habla de una correlación positiva; si mientras uno sube la otra baja, se establece una correlación negativa. Si la relación no es clara, la correlación se acerca a cero.

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

III.1. Hipótesis

Existe relación entre el material particulado PM_{10} y las enfermedades respiratorias agudas en el distrito de Puente Piedra, Lima Perú 2014-2017.

III.2. Variables

Variable independiente: Material particulado medidas en el distrito de Puente Piedra, Lima Perú, en los años 2014 al 2017.

Variable dependiente: enfermedades respiratorias agudas reportadas en el distrito de Puente Piedra, Lima Perú entre los años 2014 al 2017.

III.3. Operacionalización de Variables (Ver anexo 01)

IV. MATERIALES Y METODOS

IV.1. Área de estudio

El estudio se realizó recopilando los datos (número de casos de ERA y mediciones de las concentraciones de PM_{10} y $PM_{2,5}$) del distrito de Puente Piedra entre los años 2014 al 2017. El distrito de Puente Piedra se encuentra ubicado en la zona baja de la Cuenca del Río Chillón, en la zona norte de Lima Metropolitana del Departamento Lima, Perú. Posee una extensión territorial de 309 km^2 y 353 mil habitantes[62]. Asimismo, el clima es templado con baja humedad relativa y nubosidad en invierno con garúa o llovizna. La temperatura media anual es de 18.5°C, con máximas promedio de 30°C en verano y mínimas de 12°C en invierno.

Alguna de las causas de material particulado en Puente Piedra es que, es una zona poblada con gran carga industrial y actividad vehicular importante, además de no contar con calles asfaltadas o pavimentadas, produciéndose polvo y por ende mayor concentración de partículas[47].



***Figura 1**. Ubicación Geográfica del distrito de Puente Piera*
Fuente: Municipalidad de Lima. Medidas de mitigación y adaptación al cambio climático. 2020.

IV.2. Diseño de investigación

Estudio de tipo observacional, descriptivo, ecológico, retrospectivo. En el presente estudio no se manipulan las variables; es de tipo observacional descriptivo porque permiten observar, registrar, describir la frecuencia, historia natural y los posibles determinantes de la condición a investigar; ecológico porque la unidad de análisis son poblaciones o grupos de personas geográficamente bien delimitados (municipio, ciudad, región, país, etc.) y retrospectivo porque se analizó la tendencia de cualquier fenómeno que haya acontecido en una población con anterioridad, respectivamente[63].

IV.3. Procesamiento, técnicas e instrumentos de recolección de información

La data de las ERA de los años 2014 a 2017, del distrito de Puente Piedra, fueron solicitados al Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades del Ministerio de Salud, Lima Perú. El MINSA brindó las data de las enfermedades respiratorias por meses del distrito de Puente Piedra, pero se prescinde de datos como historias clínicas individuales, enfermedades previas de los pacientes u otros. La información brindada se remite a casos de enfermedades respiratorias del distrito de Puente Piedra en los periodos del 2014 al 2017 por meses y por edades.

Por otra parte, las concentraciones diarias del material particulado PM_{10} y $PM_{2,5}$, de los años 2014 al 2017 se recolectaron del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), para ambos ser organizados en la base de datos de Microsoft Excel y luego ser analizados y procesados, sin embargo, se prescinde de información en los meses de enero a marzo del año 2014 y del mes de junio del año 2016.

IV.4. Análisis estadístico

Para procesar los datos se usó el programa IBM SPSS Statistics Versión 23 (Statistical Product and Service Solutions) – 2015. Los datos fueron organizados en tablas y gráficos, tablas de frecuencias y porcentajes para presentar los datos como; media, máximo y mínimo, tablas cruzadas para mostrar concentraciones de material particulado por edad y años y establecer la correlación de Spearman para evidenciar la relación existente entre las concentraciones de material particulado y las ERA.

La calidad del aire se estableció de acuerdo a los rangos establecidos en la tabla 2.

***Tabla 2**. Estados de la calidad del Aire*

Material particulado (PM_{10}) promedio 24 horas		
Concentración PM_{10} ($\mu g/m^3$) 24-horas	Índice de Calidad del Aire (EPA)	Estado
0 - 54	0 - 50	Buena
55 - 154	51 - 100	Moderada
155 - 254	101 - 150	Insalubre para grupos sensibles.
255 - 354	151 - 200	Insalubre

Fuente: Ministerio del Ambiente, Informe Nacional de la calidad del aire 2013-2014[46].

V. RESULTADOS

V.1. Comportamiento de los contaminantes del aire.

En la **tabla 3** se muestran los valores máximos, mínimos y medias del material particulado PM_{10} y $PM_{2,5}$ emitidos en el distrito de Puente Piedra. SENAMHI no realizó mediciones en los meses de enero, febrero y marzo, por ello, se presentan los datos desde los meses de abril a diciembre del año 2014.

Se puede observar que, durante el año 2014, los valores de $PM_{10,}$ superan todos los meses el ECA periodo de 24 horas para aire de 150 µg/m^3, siendo el valor máximo reportado en el mes de septiembre con 198, 60 µg/m^3 de $PM_{10,}$ concentración promedio mensual de 24 horas.

En el caso del material particulado $PM_{2,5,}$ se reportó emisiones desde abril hasta diciembre, siendo el máximo valor reportado en el mes de julio con 67, 99 µg/m^3, el cual excede el ECA periodo de 24 horas para aire de 25 µg/m^3, indicado en el Informe Nacional de la Calidad del Aire[96].

Tabla 3. *Tabla de frecuencias del material particulado PM_{10} y $PM_{2,5,}$ Puente Piedra, Lima 2014 -2017. Data del año 2014.*

Año	Meses	Niveles de medición	Contaminantes	
			PM_{10}	**$PM_{2,5}$**
2014	Abril	**Máximo**	**180.72**	**50.01**
		Mínimo	100.87	24.95
		Media	138.46	37.91
	Mayo	**Máximo**	**146.95**	39.78
		Mínimo	67.80	19.36
		Media	98.76	28.97
	Junio	**Máximo**	**153.58**	**50.32**
		Mínimo	66.70	25.41
		Media	94.98	32.46
	Julio	**Máximo**	**142.84**	**62.77**
		Mínimo	42.27	22.13

		Media	89.18	38.55
	Agosto	**Máximo**	**174.08**	**67.99**
		Mínimo	46.86	19.06
		Media	104.46	41.20
	Septiembre	**Máximo**	**198.60**	**52.22**
		Mínimo	54.61	19.84
		Media	102.42	34.43
	Octubre	**Máximo**	**168.42**	**52.41**
		Mínimo	70.37	22.15
		Media	116.67	37.71
	Noviembre	**Máximo**	**153.87**	49.15
		Mínimo	69.82	21.14
		Media	108.26	31.08
	Diciembre	**Máximo**	**195.67**	38.35
		Mínimo	84.44	21.44
		Media	123.50	30.23
		Promedio	**108.02**	**34.72**

El estándar de calidad ambiental del aire del PM_{10} es; 150 µg/m^3 y 100 µg/m^3 (normativa vigente hasta el 2017, normativa vigente desde el 2017 hasta la actualidad respectivamente).

El estándar de calidad ambiental del aire del $PM_{2,5}$ es; 25 µg/m^3 y 50 µg/m^3 (normativa vigente hasta el 2017, normativa vigente desde el 2017 hasta la actualidad, respectivamente).

Fuente: elaboración propia.

En la **tabla 4**. Se presentan los valores máximos, mínimos y medias del PM_{10} y $PM_{2,5}$ emitidos en el distrito de Puente Piedra, desde enero hasta diciembre, del año 2015.

Durante el año 2015, los valores de PM_{10} sobrepasan todos los meses el ECA periodo de 24 horas para aire de 150 µg/m^3, siendo el valor máximo reportado en el mes de junio de 286.13 µg/m^3 de concentración de PM_{10}.

Por otro lado, el $PM_{2,5}$ reportó emisiones desde enero hasta diciembre, siendo el máximo valor observado en enero con; 49, 93 µg/m^3. El cual excede el estándar dispuesto de 25 µg/m^3, indicado en el Informe Nacional de la Calidad del Aire[96].

Tabla 4. *Tabla de frecuencias del material particulado PM_{10} y $PM_{2,5,}$ Puente Piedra, Lima 2014 -2017. Data del año 2015*

Año	Meses	Niveles de Medición	**Contaminantes**	
			PM10	**PM2.5**
2015	Enero	**Máximo**	**160.61**	**49.93**
		Mínimo	90.45	19.34
		Media	120.07	27.08
	Febrero	**Máximo**	**210.38**	41.35
		Mínimo	78.62	15.72
		Media	137.84	26.91
	Marzo	**Máximo**	**158.54**	48.20
		Mínimo	78.36	24.06
		Media	122.16	30.30
	Abril	**Máximo**	**181.13**	49.90
		Mínimo	102.65	28.44
		Media	133.54	39.19
	Mayo	**Máximo**	**181.48**	34.99
		Mínimo	62.09	17.10
		Media	127.77	27.96
	Junio	**Máximo**	**286.13**	42.33
		Mínimo	71.38	20.32
		Media	130.22	29.53
	Julio	**Máximo**	**163.36**	37.14
		Mínimo	50.04	18.64
		Media	103.61	27.57
	Agosto	**Máximo**	**133.97**	38.79
		Mínimo	47.87	15.45
		Media	84.86	27.99
	Septiembre	**Máximo**	**125.30**	35.28
		Mínimo	49.24	17.77
		Media	80.16	26.02

	Octubre	**Máximo**	**171.94**	37.64
		Mínimo	66.51	19.04
		Media	110.66	28.32
	Noviembre	**Máximo**	**170.48**	41.78
		Mínimo	62.59	21.29
		Media	111.93	28.78
	Diciembre	**Máximo**	**221.20**	44.85
		Mínimo	83.90	18.65
		Media	131.22	32.33
		Promedio	**109.43**	**29.33**

El estándar de calidad ambiental del aire del PM_{10} es; 150 µg/m^3 y 100 µg/m^3 (normativa vigente hasta el 2017, normativa vigente desde el 2017 hasta la actualidad respectivamente).

El estándar de calidad ambiental del aire del $PM_{2,5}$ es; 25 µg/m^3 y 50 µg/m^3 (normativa vigente hasta el 2017, normativa vigente desde el 2017 hasta la actualidad, respectivamente).

Fuente: elaboración propia.

En la **tabla 5**. Se presentan los valores máximos, mínimos y medias del PM_{10} y $PM_{2,5}$ emitidos en el distrito de Puente Piedra, desde enero hasta diciembre en el año 2016, excepto en el mes de junio ya que no se realizaron las mediciones por SENAMHI.

Durante el año 2016, los valores de PM_{10} exceden todos los meses el ECA periodo de 24 horas para aire de 150 µg/m^3 desde enero a diciembre y en el mes de abril se observa la mayor concentración de 242,75 µg/m^3. Asimismo, el $PM_{2,5}$ reporta valores máximos en abril y mayo con; 55,13 µg/m^3 y 72, 08 µg/m^3 respectivamente. Los cuales exceden el estándar dispuesto de 25 µg/m^3, indicado en el Informe Nacional de la Calidad del Aire[96].

Tabla 5. *Tabla de Frecuencias del material particulado PM_{10} y $PM_{2,5,}$ Puente Piedra, Lima 2014 - 2017. Data del año 2016.*

Año	**Meses**	**Niveles de Medición**	**Contaminantes**	
			PM10	**PM2.5**
2016	Enero	**Máximo**	**141.64**	38.80
		Mínimo	74.82	19.49
		Media	111.03	26.91
	Febrero	**Máximo**	**160.78**	35.11
		Mínimo	73.34	21.37
		Media	125.13	28.30
	Marzo	**Máximo**	**191.60**	40.72
		Mínimo	94.18	24.25
		Media	144.75	32.05
	Abril	**Máximo**	**242.75**	**55.13**
		Mínimo	101.93	28.57
		Media	152.17	40.07
	Mayo	**Máximo**	**204.02**	**72.08**
		Mínimo	82.64	29.88
		Media	134.09	45.38
	Julio	**Máximo**	**145.11**	**53.84**
		Mínimo	63.02	15.45
		Media	102.07	38.30
	Agosto	**Máximo**	**128.48**	47.91
		Mínimo	63.27	19.58
		Media	96.55	34.06
	Septiembre	**Máximo**	**103.70**	49.26
		Mínimo	59.92	27.06
		Media	85.96	37.21
	Octubre	**Máximo**	**161.97**	38.40
		Mínimo	73.11	16.76
		Media	121.94	29.70

	Noviembre	**Máximo**	**197.46**	44.24
		Mínimo	86.53	21.89
		Media	137.10	31.26
	Diciembre	**Máximo**	**171.78**	43.65
		Mínimo	76.58	21.34
		Media	131.50	32.51
		Promedio	**122.02**	**34.15**

El estándar de calidad ambiental del aire del PM_{10} es; 150 µg/m^3 y 100 µg/m^3 (normativa vigente hasta el 2017, normativa vigente desde el 2017 hasta la actualidad respectivamente).

El estándar de calidad ambiental del aire del $PM_{2,5}$ es; 25 µg/m^3 y 50 µg/m^3 (normativa vigente hasta el 2017, normativa vigente desde el 2017 hasta la actualidad, respectivamente).

Fuente: elaboración propia.

En la **tabla 6**. Se presentan los valores máximos, mínimos y medias del PM_{10} y $PM_{2,5}$ emitidos en el distrito de Puente Piedra, desde enero hasta diciembre del año 2017.

Durante el año 2017, los valores reportados de PM_{10} sobrepasan el ECA periodo de 24 horas para aire de 150 µg/m^3 y 100 µg/m^3 (normativa aprobada en julio del 2017) todos los meses, desde enero a diciembre y en el mes de enero se reporta una concentración máxima de 192,99 µg/m^3.

El material particulado $PM_{2,5}$ también reporta un máximo valor en el mes de enero de 86, 03 µg/m^3. El cual excede el estándar dispuesto de 25 µg/m^3, indicado en el Informe Nacional de la Calidad del Aire[96]

Tabla 6. *Tabla de Frecuencias del material particulado PM_{10} y $PM_{2,5,}$ Puente Piedra, Lima 2014 - 2017. Data del año 2017.*

Año	**Meses**	**Niveles de medición**	**Contaminantes**	
			PM10	**PM2.5**
2017	Enero	**Máximo**	**192.99**	**86.03**
		Mínimo	94.06	19.63
		Media	130.68	31.20
	Febrero	**Máximo**	**168.79**	39.23
		Mínimo	84.56	23.98
		Media	130.62	27.68
	Marzo	**Máximo**	**191.48**	36.34
		Mínimo	77.59	20.58
		Media	116.17	32.59
	Abril	**Máximo**	**168.917**	45.12
		Mínimo	54.476	20.32
		Media	120.16	32.59
	Mayo	**Máximo**	**170.50**	43.05
		Mínimo	49.30	20.94
		Media	107.92	30.55
	Junio	**Máximo**	**165.42**	47.93
		Mínimo	58.74	19.38
		Media	100.08	30.70
	Julio	**Máximo**	**128.23**	46.69
		Mínimo	48.01	19.92
		Media	90.56	30.61
	Agosto	**Máximo**	**135.93**	49.93
		Mínimo	47.37	17.75
		Media	84.72	31.32
	Septiembre	**Máximo**	**169.36**	46.35
		Mínimo	51.17	17.74
		Media	105.88	29.25

	Octubre	**Máximo**	**178.25**	45.60
		Mínimo	62.51	18.88
		Media	116.60	32.36
	Noviembre	**Máximo**	**156.57**	47.69
		Mínimo	52.45	16.81
		Media	93.19	28.52
	Diciembre	**Máximo**	**169.57**	48.74
		Mínimo	80.71	19.71
		Media	124.35	30.86
		Promedio	**110.07**	**30.68**

El estándar de calidad ambiental del aire del PM_{10} es; 150 µg/m^3 y 100 µg/m^3 (normativa vigente hasta el 2017, normativa vigente desde el 2017 hasta la actualidad respectivamente).

El estándar de calidad ambiental del aire del $PM_{2,5}$ es; 25 µg/m^3 y 50 µg/m^3 (normativa vigente hasta el 2017, normativa vigente desde el 2017 hasta la actualidad, respectivamente).

Fuente: elaboración propia.

Según los resultados encontrados de las concentraciones reportadas de PM_{10} y $PM_{2,5}$, se observa que el PM_{10} excede los ECA para aire todos los meses de cada año (2014 al 2017), además se observó que los promedios anuales de PM_{10} de cada año se incrementan; 108, 02 (2014); 109, 43 (2015); 122,02 (2016); 110, 07 (2017). Razón por la cual es considerado como uno de los principales contaminantes para evaluar y establecer si existe una relación con las ERA.

V.2.Calidad de del aire para PM_{10}

El presente estudio evaluó la calidad del aire por las emisiones de PM_{10} en el distrito de Puente Piedra y los resultados que se observan en las figuras 2 al 5, muestran que la calidad del aire en todos los meses del 2014 al 2017 se ubica en la categoría moderada. Según el cuadro que describe el estado de la Calidad del Aire y sus implicancias[10] de la EPA, las personas excepcionalmente sensibles deben reducir sus actividades que requieran esfuerzo prolongado al aire libre.

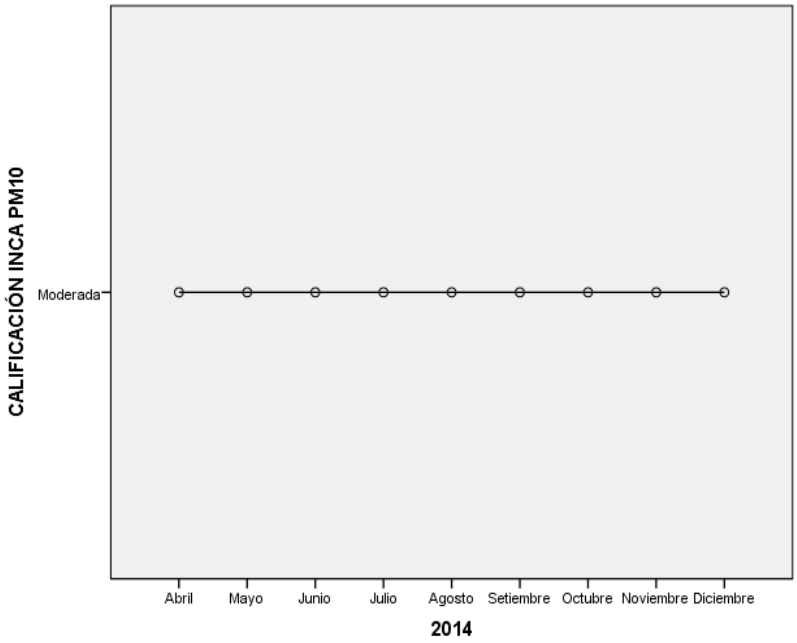


Figura 2. Categoría moderada de la Calidad del Aire por emisiones de $PM_{10,}$ Puente Piedra - 2014.
Fuente: elaboración propia

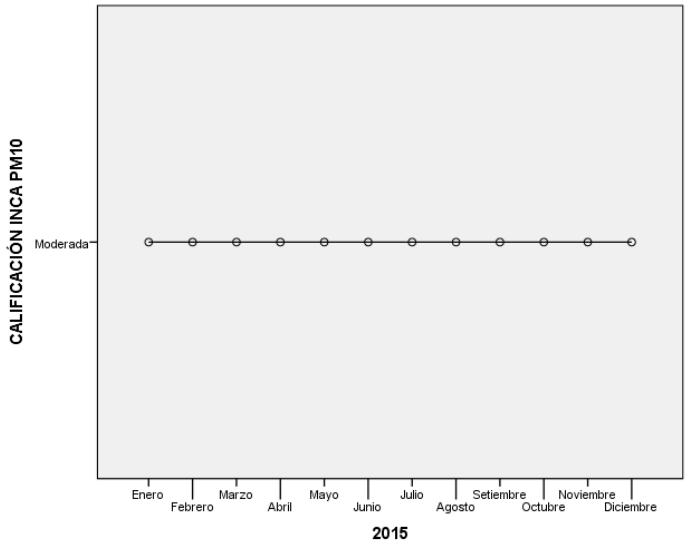


Figura 3. Categoría moderada de la Calidad del Aire por emisiones de $PM_{10,}$ Puente Piedra - 2015.
Fuente: elaboración propia

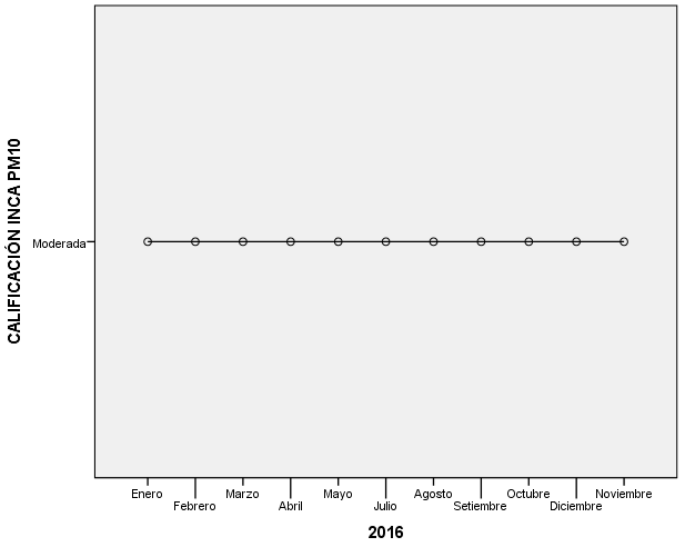


Figura 4. Categoría moderada de la Calidad del Aire por emisiones de $PM_{10,}$ Puente Piedra - 2016.
Fuente: elaboración propia

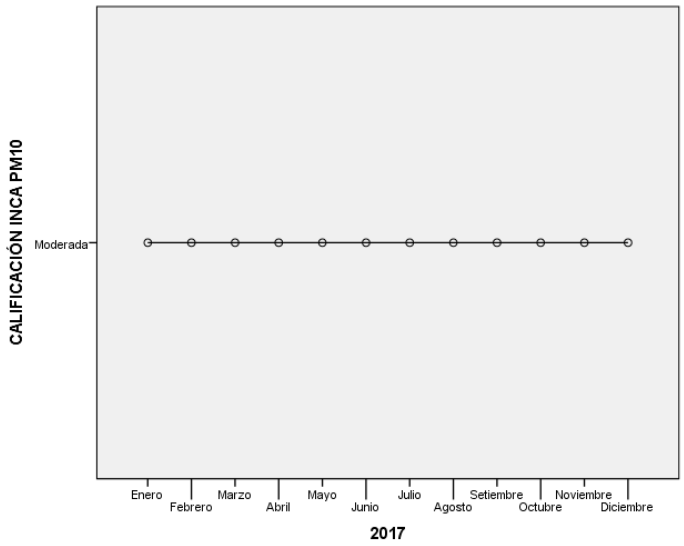


Figura 5. Categoría moderada de la Calidad del Aire por emisiones de $PM_{10,}$ Puente Piedra - 2017.
Fuente: elaboración propia

V.3. Enfermedades respiratorias agudas

En la **tabla 7**. Se presenta la leyenda de la clasificación de enfermedades respiratorias agudas según CIE-10[64], con la asignación de su respectiva letra para que la identificación de la enfermedad sea más accesible.

Tabla 7. *Clasificación de las enfermedades respiratorias agudas (ERA)*

Clasificación de enfermedades respiratorias agudas.	**Letra**
Faringitis aguda.	**J02**
Rinofaringitis aguda [resfriado común]	**J00**
Infecciones agudas de las vías respiratorias superiores.	**J06**
Bronquitis aguda.	**J20**
Amigdalitis aguda.	**J03**
Rinitis alérgica y vasomotora.	**J30**
Laringitis y traqueítis aguda.	**J04**
Otras enfermedades de las vías respiratorias superiores.	**J39**
Sinusitis aguda.	**J01**
Neumonía, organismo no especificado.	**J18**
Bronquiolitis aguda.	**J21**
Infección aguda no específica de las vías respiratorias inferiores	**J22**
Neumonía en enfermedades clasificadas en otra parte	**J17**

Fuente: elaboración propia.

En la **tabla 8,** se muestra el número de casos y porcentajes de enfermedades respiratorias agudas clasificado con la letra J (J00, J01, J02, J03, J04, J06, J17, J18, J20, J21, J22, J30 y J39) en el capítulo X; Enfermedades del sistema respiratorio según la Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades y Problemas Relacionados con la Salud (CIE-10),[64] en los años 2014 al 2017.

Según la tabla 8 se puede observar que la enfermedad del sistema respiratorio con mayor número de casos reportados durante los 4 años evaluados fue: J02: Faringitis aguda con 8963 (37,8%) casos y el menor número de casos reportados fue J17: Neumonía en enfermedades clasificadas en otra parte con 3 casos (0%).

Tabla 8. *Enfermedades respiratorias según la clasificación CIE-10, distrito de Puente Piedra, Lima 2014 al 2017.*

Tabla cruzada Tipo de enfermedad respiratoria *Año

Clasificación de enfermedades respiratorias		Año				Total
		2014	2015	2016	2017	
J00: Rinofaringitis aguda [resfriado común]	Recuento	1530	1864	2161	1895	7450
	% del total	6,5%	7,9%	9,1%	8,0%	31,4%
J03: Amigdalitis aguda	Recuento	357	343	524	496	1720
	% del total	1,5%	1,4%	2,2%	2,1%	7,3%
J21: Bronquiolitis aguda	Recuento	10	8	16	34	68
	% del total	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,3%
J20: Bronquitis aguda	Recuento	478	370	403	431	1682
	% del total	2,0%	1,6%	1,7%	1,8%	7,1%
J02: Faringitis aguda	Recuento	2006	2023	2572	2362	8963
	% del total	8,5%	8,5%	10,8%	10,0%	37,8%
J22: Infección aguda no especifica de las vías respiratorias inferiores	Recuento	7	0	47	1	55
	% del total	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%	0,2%
J06: Infecciones agudas de las vías respiratorias superiores	Recuento	494	422	354	389	1659
	% del total	2,1%	1,8%	1,5%	1,6%	7,0%
J04: Laringitis y traqueítis agudas	Recuento	119	76	39	31	265
	% del total	0,5%	0,3%	0,2%	0,1%	1,1%
J17: Neumonía en enfermedades clasificadas en otra parte	Recuento	1	1	1	0	3
	% del total	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
J18: Neumonía, organismo no especificado	Recuento	21	34	58	56	169
	% del total	0,1%	0,1%	0,2%	0,2%	0,7%
J39: Otras enfermedades de las vías respiratorias superiores	Recuento	73	64	108	40	285
	% del total	0,3%	0,3%	0,5%	0,2%	1,2%
J30: Rinitis alérgica y vasomotora	Recuento	353	244	247	437	1281
	% del total	1,5%	1,0%	1,0%	1,8%	5,4%
J01: Sinusitis Aguda	Recuento	29	26	27	31	113
	% del total	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,5%
Total	Recuento	5478	5475	6557	6203	**23713**
	% del total	23,1%	23,1%	27,7%	26,2%	**100,0%**

Fuente: elaboración propia

En la **tabla 9**, se muestra el número de casos y porcentajes de enfermedades respiratorias agudas según edad en el año 2014.

Se puede observar que el mayor número de casos reportados fueron en las edades comprendidas entre 0 a 11 años con 3442 (62,8%) casos de ERA; asimismo, en el mes de enero se observó el máximo número de casos de ERA con 1661 (30,3%) reportes.

Tabla 9*. Enfermedades respiratorias agudas por edades, Puente Piedra, Lima 2014-2017. Data del año 2014.*

Mes por edad 2014

		Edad					
		0 a 11 años	12 a 17 años	18 a 29 años	30 a 59 años	60 a más años	Total
Enero	Recuento	1029	105	141	259	127	1661
	% del total	18,8%	1,9%	2,6%	4,7%	2,3%	30,3%
Febrero	Recuento	326	29	46	92	31	524
	% del total	6,0%	0,5%	0,8%	1,7%	0,6%	9,6%
Marzo	Recuento	480	63	63	97	41	744
	% del total	8,8%	1,2%	1,2%	1,8%	0,7%	13,6%
Abril	Recuento	447	36	44	58	27	612
	% del total	8,2%	0,7%	0,8%	1,1%	0,5%	11,2%
Mayo	Recuento	183	15	16	32	10	256
	% del total	3,3%	0,3%	0,3%	0,6%	0,2%	4,7%
Junio	Recuento	101	4	11	28	6	150
	% del total	1,8%	0,1%	0,2%	0,5%	0,1%	2,7%
Julio	Recuento	211	29	27	59	17	343
	% del total	3,9%	0,5%	0,5%	1,1%	0,3%	6,3%
Agosto	Recuento	183	22	36	71	18	330
	% del total	3,3%	0,4%	0,7%	1,3%	0,3%	6,0%
Septiembre	Recuento	142	26	35	35	21	259
	% del total	2,6%	0,5%	0,6%	0,6%	0,4%	4,7%
Octubre	Recuento	150	14	30	66	29	289
	% del total	2,7%	0,3%	0,5%	1,2%	0,5%	5,3%
Noviembre	Recuento	162	7	32	35	18	254
	% del total	3,0%	0,1%	0,6%	0,6%	0,3%	4,6%
Diciembre	Recuento	28	3	5	16	4	56
	% del total	0,5%	0,1%	0,1%	0,3%	0,1%	1,0%
Total	Recuento	3442	353	486	848	349	5478
	% del total	62,8%	6,4%	8,9%	15,5%	6,4%	100,0%

Fuente: elaboración propia

En la **tabla 10**, se muestra el número de casos y porcentajes de enfermedades respiratorias agudas según edad en el año 2015.

Esta tabla muestra que el máximo número de reportes de ERA fueron 3173 (58%) casos y a la edad de 0 a 11 años. Por otra parte, el mes donde se evidenció mayores casos de ERA fue en el mes de enero.

Tabla 10. *Enfermedades respiratorias agudas por edades, Puente Piedra, Lima 2014 - 2017. Data del año 2015.*

Mes por edad - 2015

		Edad					
		0 a 11 años	12 a 17 años	18 a 29 años	30 a 59 años	60 a más años	Total
Enero	Recuento	582	64	88	171	80	985
	% del total	10,6%	1,2%	1,6%	3,1%	1,5%	18,0%
Febrero	Recuento	329	42	68	92	42	573
	% del total	6,0%	0,8%	1,2%	1,7%	0,8%	10,5%
Marzo	Recuento	349	48	80	95	29	601
	% del total	6,4%	0,9%	1,5%	1,7%	0,5%	11,0%
Abril	Recuento	316	43	45	82	21	507
	% del total	5,8%	0,8%	0,8%	1,5%	0,4%	9,3%
Mayo	Recuento	319	36	56	75	32	518
	% del total	5,8%	0,7%	1,0%	1,4%	0,6%	9,5%
Junio	Recuento	277	40	45	79	25	466
	% del total	5,1%	0,7%	0,8%	1,4%	0,5%	8,5%
Julio	Recuento	237	30	45	61	18	391
	% del total	4,3%	0,5%	0,8%	1,1%	0,3%	7,1%
Agosto	Recuento	177	30	50	54	23	334
	% del total	3,2%	0,5%	0,9%	1,0%	0,4%	6,1%
Septiembre	Recuento	177	33	51	76	29	366
	% del total	3,2%	0,6%	0,9%	1,4%	0,5%	6,7%
Octubre	Recuento	185	23	25	37	26	296
	% del total	3,4%	0,4%	0,5%	0,7%	0,5%	5,4%
Noviembre	Recuento	118	22	30	37	26	233
	% del total	2,2%	0,4%	0,5%	0,7%	0,5%	4,3%
Diciembre	Recuento	107	10	26	46	16	205
	% del total	2,0%	0,2%	0,5%	0,8%	0,3%	3,7%
Total	Recuento	3173	421	609	905	367	5475
	% del total	58,0%	7,7%	11,1%	16,5%	6,7%	100,0%

Fuente: elaboración propia

En la **tabla 11**, se muestra el número de casos y porcentajes de enfermedades respiratorias agudas según edad en el año 2016.

La tabla muestra el máximo número de reporte de enfermedades con 3948 (60,2%) casos de ERA entre las edades de 0 a 11 años y en el mes de enero se observó el máximo número de reportes con 1597 (24,4%) casos.

***Tabla 11**. Enfermedades respiratorias agudas por edades, Puente Piedra, Lima 2014 - 2017. Data del año 2016.*

Mes por edad - 2016

		Edad					
		0 a 11 años	12 a 17 años	18 a 29 años	30 a 59 años	60 a más años	Total
Enero	Recuento	883	114	161	299	140	1597
	% del total	13,5%	1,7%	2,5%	4,6%	2,1%	24,4%
Febrero	Recuento	410	54	89	140	63	756
	% del total	6,3%	0,8%	1,4%	2,1%	1,0%	11,5%
Marzo	Recuento	359	48	69	101	35	612
	% del total	5,5%	0,7%	1,1%	1,5%	0,5%	9,3%
Abril	Recuento	299	35	40	83	28	485
	% del total	4,6%	0,5%	0,6%	1,3%	0,4%	7,4%
Mayo	Recuento	324	30	41	71	23	489
	% del total	4,9%	0,5%	0,6%	1,1%	0,4%	7,5%
Junio	Recuento	349	29	41	70	23	512
	% del total	5,3%	0,4%	0,6%	1,1%	0,4%	7,8%
Julio	Recuento	233	30	41	57	11	372
	% del total	3,6%	0,5%	0,6%	0,9%	0,2%	5,7%
Agosto	Recuento	300	47	38	82	30	497
	% del total	4,6%	0,7%	0,6%	1,3%	0,5%	7,6%
Septiembre	Recuento	192	27	31	42	24	316
	% del total	2,9%	0,4%	0,5%	0,6%	0,4%	4,8%
Octubre	Recuento	225	34	41	45	11	356
	% del total	3,4%	0,5%	0,6%	0,7%	0,2%	5,4%
Noviembre	Recuento	161	21	17	45	7	251
	% del total	2,5%	0,3%	0,3%	0,7%	0,1%	3,8%
Diciembre	Recuento	213	23	26	30	22	314
	% del total	3,2%	0,4%	0,4%	0,5%	0,3%	4,8%
Total	Recuento	3948	492	635	1065	417	6557
	% del total	60,2%	7,5%	9,7%	16,2%	6,4%	100,0%

Fuente: elaboración propia

En la **tabla 12**, se muestra el número de casos y porcentajes de enfermedades respiratorias agudas según edad en el año 2017.

El máximo número de casos reportados es de 3705 (59,7%) casos de ERA en las edades de 0 a 11 años y en el mes de enero hubo el máximo número de reportes con 1833 (29,6%) casos.

***Tabla 12**. Enfermedades respiratorias agudas por edades, Puente Piedra, Lima 2014 - 2017. Data del año 2017.*

Mes por edad - 2017

		Edad					
		0 a 11 años	12 a 17 años	18 a 29 años	30 a 59 años	60 a más años	Total
Enero	Recuento	1033	121	217	314	148	1833
	% del total	16,7%	2,0%	3,5%	5,1%	2,4%	29,6%
Febrero	Recuento	312	65	39	77	39	532
	% del total	5,0%	1,0%	0,6%	1,2%	0,6%	8,6%
Marzo	Recuento	471	41	52	102	32	698
	% del total	7,6%	0,7%	0,8%	1,6%	0,5%	11,3%
Abril	Recuento	331	30	42	102	44	549
	% del total	5,3%	0,5%	0,7%	1,6%	0,7%	8,9%
Mayo	Recuento	277	32	38	56	25	428
	% del total	4,5%	0,5%	0,6%	0,9%	0,4%	6,9%
Junio	Recuento	218	28	28	43	17	334
	% del total	3,5%	0,5%	0,5%	0,7%	0,3%	5,4%
Julio	Recuento	169	18	18	32	26	263
	% del total	2,7%	0,3%	0,3%	0,5%	0,4%	4,2%
Agosto	Recuento	188	22	38	57	18	323
	% del total	3,0%	0,4%	0,6%	0,9%	0,3%	5,2%
Septiembre	Recuento	161	22	19	34	19	255
	% del total	2,6%	0,4%	0,3%	0,5%	0,3%	4,1%
Octubre	Recuento	220	36	37	79	38	410
	% del total	3,5%	0,6%	0,6%	1,3%	0,6%	6,6%
Noviembre	Recuento	199	28	29	67	29	352
	% del total	3,2%	0,5%	0,5%	1,1%	0,5%	5,7%
Diciembre	Recuento	126	26	15	31	28	226
	% del total	2,0%	0,4%	0,2%	0,5%	0,5%	3,6%
Total	Recuento	3705	469	572	994	463	6203
	% del total	59,7%	7,6%	9,2%	16,0%	7,5%	100,0%

Fuente: elaboración propia

En la **figura 6** y figura 7, se presentan el número de casos por enfermedad respiratoria aguda. Se aplica la regla de Pareto para la identificación de las principales enfermedades respiratorias agudas entre los años 2014 y 2015 y se observan que las principales enfermedades respiratorias agudas son; J02: faringitis aguda, J00: rinofaringitis aguda o resfriado común, J06: infecciones agudas de las vías respiratorias superiores, para ambos años.

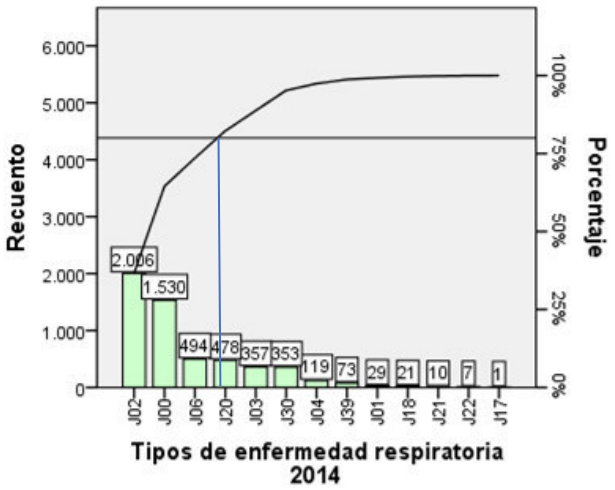


Figura 6. Principales enfermedades según la regla de Pareto, Puente Piedra - 2014.
Fuente: elaboración propia

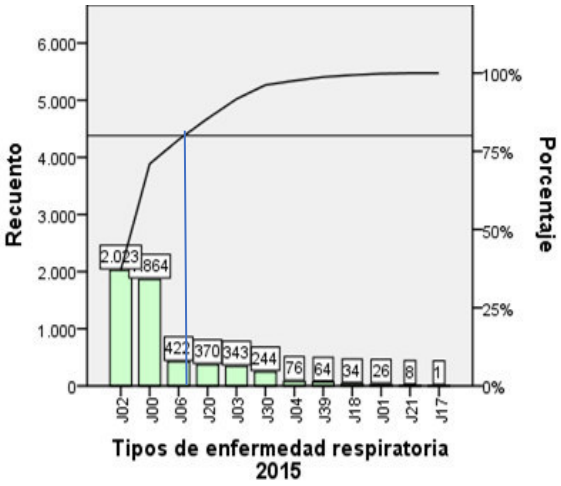


Figura 7. Principales enfermedades según la regla de Pareto, Puente Piedra - 2015.
Fuente: elaboración propia

En la **figura 8 y 9** se presenta el número de casos por ERA. Se aplica la regla de Pareto para identificar las principales enfermedades respiratorias del año 2016 y 2017 y se observan que las principales enfermedades respiratorias agudas fueron las mismas; J02: faringitis aguda, J00: rinofaringitis aguda o resfriado común y J03: amigdalitis aguda, para ambos años.

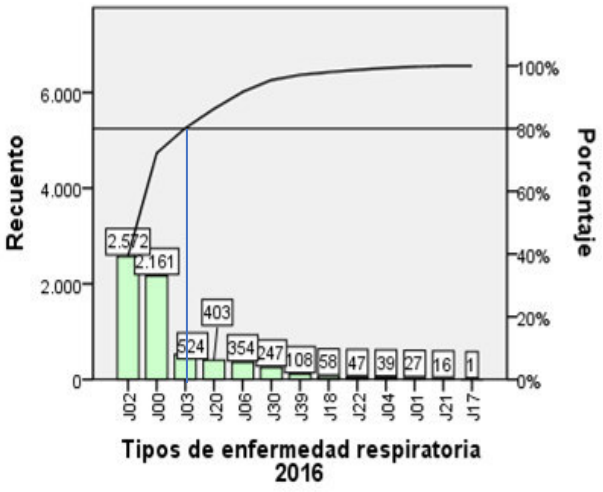


Figura 8. Identificación de las principales enfermedades según la regla de Pareto, Puente Piedra - 2016.
Fuente: elaboración propia

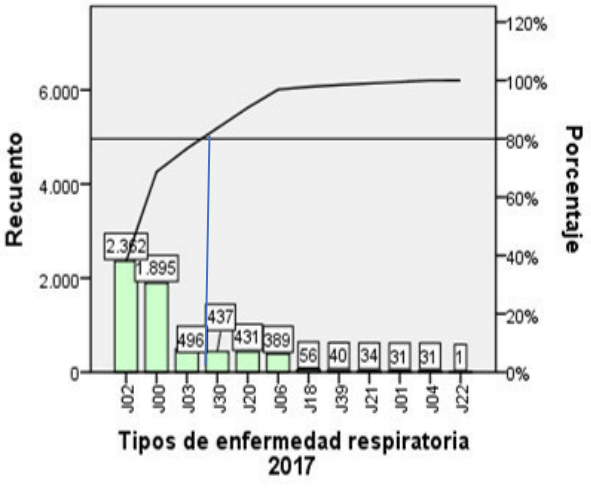


Figura 9. Identificación de las principales enfermedades según la regla de Pareto, Puente Piedra - 2017.
Fuente: elaboración propia

Según los resultados obtenidos durante los 4 años, se considera como principales enfermedades respiratorias agudas: J02: faringitis aguda, J00: rinofaringitis aguda, J06: infecciones de las vías respiratorias superiores, J03: amigdalitis y J21: bronquitis agudas, con las cuales posteriormente se realizará la relación con el PM_{10}.

V.4. Relación del PM_{10} con las principales enfermedades respiratorias agudas.

La **tabla 13**, muestra el grado de correlación y significancia del PM_{10} con las ERA como; faringitis, rinofaringitis, infecciones de las vías respiratorias superiores, amigdalitis y bronquitis agudas, desde 2014 al 2017.

Se observa que la relación del PM_{10} con la enfermedad de J03: amigdalitis aguda es estadísticamente significativo durante todos los años, y presenta una correlación moderada en el año 2017 (p = 0,04; r = 0,57).

Existe una correlación alta, estadísticamente significativa (p=0.01, r = 0,68) entre el PM_{10} y la enfermedad J20: bronquitis aguda, en el año 2017.

Tabla 13. *Correlación entre el PM_{10} y las principales ERA. Puente Piedra, Lima 2014 al 2017.*

Años		J02:Faringitis aguda		J00:Rinofaringitis aguda [resfriado común]		J06:Infecciones agudas de las vías respiratorias superiores		J03:Amigdalitis aguda		J20:Bronquitis aguda	
	PM_{10}	p	r	p	r	p	r	p	r	p	r
2014		0.73	0.13	0.86	0,06	0.86	-0.06	0.55	0.22	0.58	0.21
2015		0.30	0.32	0.24	0.36	0.24	0.36	0.40	0.26	0.27	0.34
2016		0.75	0.10	0.67	0.14	0.77	-0.10	0.50	0.22	0.91	-0.03
2017		0.10	0.49	0.10	0.49	0.09	0.50	**0.04***	**0.57**	**0.01***	**0.68**

**La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral). Donde el valor de p significa la probabilidad de que la hipótesis sea cierta y r es la correlación de Spearman el cual refleja la asociación entre dos variables*[67,68].

Fuente: elaboración propia

La **tabla 14**, muestra el grado de correlación y significancia del PM_{10} con el total de enfermedades respiratorias agudas en las edades de 0 a 11, 12 a 17, 18 a 29, 30 a 59 y 60 años a más, del 2014 al 2017.

Se observa que la relación del PM_{10} con el total de ERA es estadísticamente significativo y presenta una correlación alta (p = 0,00; r = 0,75) a la edad de 12 a 17 años y una correlación alta (p = 0,00; r = 0,78) en la edad de 60 a más años.

***Tabla 14**. Correlación entre el PM_{10} y el total de ERA según edad. Puente Piedra, Lima 2014 al 2017.*

Años		Edad (años)							
		0 a 11		12 a 17		30 a 59		60 a más	
		p	r	p	r	p	r	p	r
2014	PM_{10}	0.89	-0.05	0.89	-0.05	0.43	0.30	0.39	0.32
2015		0.24	0.36	0.26	0.35	0.22	0.38	0.71	0.11
2016		0.71	0.12	0.91	-0.03	0.53	0.20	0.77	0.09
2017		0.06	0.55	**0.00****	**0.75**	0.09	0.51	**0.00****	**0.78**

**La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral). *Donde el valor de p significa la probabilidad de que la hipótesis sea cierta y r es la correlación de Spearman el cual la asociación entre dos variables*[67,68]
Fuente: elaboración propia

VI. DISCUSIÓN

Son ya conocidas las graves consecuencias que deja la exposición a material particulado en el ser humano, el crecimiento poblacional, el incremento de plantas industriales construidas sin planificación, son las causantes de una mala calidad del aire[69]. Todos los días, más del 90% de niños respiran aire contaminado, causando muertes de más de 600 000 niños según la OMS[70], ante ello las nuevas directrices de la OMS[71] sobre la calidad del aire marcan como objetivo que todos los países alcancen los niveles de aire recomendados cumpliendo las metas propuestas por la OMS, de esa manera mejorar la salud pública.

La normativa peruana[76] sobre los ECA para aire dispone que la concentración máxima de PM_{10} es de 150 µg/m^3 y para $PM_{2,5}$ es de 25 µg/m^3, normativa vigente hasta el 2017, sin embargo, los resultados de la presente investigación muestran que las emisiones de PM_{10} sobrepasaron los ECA para aire todos los meses de los años 2014 al 2017. Resultados similares se hallaron en los estudios de Ilizarbe *et al*[41], ellos midieron directamente el PM_{10} en el distrito de Puente Piedra en el 2017 y hallaron que la concentración máxima de PM_{10} fue de 160 µg/m^3, similar a lo registrado en el presente estudio (170, 50 µg/m^3) en el mismo año.

Sin embargo, la concentración máxima reportada de PM_{10} en todo el periodo del presente estudio fue de 286,13 µg/m^3, resultado similar a los países de Latinoamérica como, por ejemplo; México[22] (Ciudad de México) y Bolivia[26] (Oruro), con 363 µg/m^3 y 326,21 µg/m^3 de PM_{10} respectivamente. Si analizamos más lejos encontramos a la ciudad de Nueva Dehli[27], donde se reportaron concentraciones de PM_{10} de 249,5 µg/m^3 que sobrepasaron los niveles permitidos en la India.

A diferencia del PM_{10}, en la presente investigación el $PM_{2,5}$ sobrepasó los ECA con menor frecuencia, el máximo valor reportado fue de 86, 03 µg/m^3, un valor menor a lo encontrado por Ilizarbe *et al*[41], quien midió directamente el $PM_{2,5}$ en Puente Piedra y reporto 121,56 µg/m^3 de concentración en el 2017. Otros estudios en las provincias de Perú como, por ejemplo; Alvarez *et al*[73], encontraron en Jauja, Concepción y Huancayo las concentraciones de 34 µg/m^3, 22 µg/m^3 y 16 µg/m^3 de $PM_{2,5}$, respectivamente, asimismo Davila *et al*[42] registró un valor de 20, 5 µg/m^3 de $PM_{2,5}$ en el distrito de San Juan de Miraflores. En países como Chile[32], Colombia[72] y Bolivia[26] las concentraciones de $PM_{2,5}$ fueron mucho más altas como, por ejemplo; en las comunas de Chile,

encontraron valores de 223 µg/m^3, en Colombia al recopilar la data de los municipios encontraron el valor de 99,5 µg/m^3 y en Bolivia (ciudad Tarija) el valor más alto fue de 4656 µg/m^3.

En consecuencia, se puede mencionar que los resultados reportados de las concentraciones de PM_{10} y $PM_{2,5}$, sobrepasaron los ECA para aire, normativa vigente en el 2014, 2015 y 2016 (150 µg/m^3 para PM_{10} y 25 µg/m^3 para $PM_{2,5}$)[96], pero también los valores de la nueva normativa aprobada con Decreto Supremo Nº003-2017-MINAM[66] (100 µg/m^3 para PM10 y 50 µg/m^3 para PM2,5), sin embargo, el PM_{10} es el contaminante con más valores que exceden los ECA.

Las posibles causas por la cual se puede explicar que las concentraciones de PM_{10} excedan los ECA para aire con mayor frecuencia que el $PM_{2,5}$, son que la población del distrito de Puente Piedra no cuenta con calles asfaltadas o pavimentadas, produciéndose polvo y por ende mayor concentración de partículas de 10 micras en el aire[74]. Así lo refiere el diagnóstico de la calidad del aire del 2019[98], donde las concentraciones más altas de PM_{10} se registraron en la estación de Puente Piedra a diferencia de las concentraciones de $PM_{2,5}$ las cuales fueron menores que el PM_{10}, esto puede deberse a que la principal fuente de material particulado proviene de la suspensión, resuspensión de las vías no asfaltadas y no tanto a las emisiones vehiculares (tubo de escape), el cual guardaría mayor relación con el $PM_{2,5}$.

Por otro lado, en el estudio realizado por Ilizarbe *et al*[41], en Puente Piedra encontraron que las fuentes relacionadas a las emisiones de PM_{10} fueron; la resuspensión del polvo del suelo, la fuente vehicular, la actividad industrial y el aerosol marino. Asimismo, otros estudios como el de Alvarez *et al*[73] realizado en el Valle del Mantaro, observaron que las principales fuentes de emisión de material particulado para los sitios urbanos fueron el polvo del suelo, quema de biomasa, vehículos, combustible y fundición, siendo la principal fuente de emisión de PM_{10} y $PM_{2,5,}$ el polvo del suelo. En Carabayllo, las fuentes que contribuyen al alto porcentaje de partículas en el aire según Bedregal *et al*[75], en la zona urbana fue el escape de vehículos con un 32%, frente a otras causas como; la industria, actividad metalúrgica, entre otros.

Así también, en el presente estudio se observó que el promedio anual de las concentraciones emitidas de PM_{10} se incrementaron en el tiempo con los siguientes

valores; 108, 02 µg/m^3 (2014); 109, 43 µg/m^3 (2015); 122, 02 µg/m^3 (2016); 110, 07 µg/m^3 (2017), sin embargo, como se puede ver en el 2017 hay una ligera disminución de la concentración, la cual puede deberse a que la normativa de los ECA para PM_{10} se modificaron cambiando las concentración de 150 µg/m^3 (vigente durante los años 2014, 2015, 2016) a un valor menor de 100 µg/m^3, valor promedio de 24 horas aprobado en julio del 2017[66]. Sumado a ello, el MINAM emitió el DS: N° 010 en el año 2017[97], el cual aprueba los límites máximos permisibles (LMP) de emisiones atmosféricas para vehículos automotores, esto pudo conllevar a la reducción de los contaminantes del aire y por tanto reportarse menores concentraciones para ese año. Sin embargo, según el informe diagnóstico del 2019[98], las concentraciones diarias de PM_{10} y $PM_{2,5,}$ sobrepasan los ECA para aire en Puente Piedra para el año 2018.

Ante lo expuesto se necesita mayor regulación y monitoreo constante por parte de las instituciones afines como; el Ministerio del Ambiente, el Ministerio de Salud de los organismos públicos ejecutores como el SENAMHI o los organismos públicos especializados técnicos como el Organismo de Evaluación y Fiscalización ambiental (OEFA) o Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles (SENACE).

Según los Boletines Mensuales de La Vigilancia de la Calidad del Aire a nivel de Lima Metropolitana del SENAMHI[77,78], la calidad del aire del distrito de Puente Piedra fue de categoría moderada en agosto del 2016, y de categoría mala en mayo del 2017. Lo que concuerda con lo encontrado en el presente estudio ya que la calidad del aire se ubicó en la categoría de moderada desde 2014 al 2017.

No existen muchos estudios de la calidad del aire en Puente Piedra, sin embargo, lo encontrado en el estudio de Ccami *et al*[79], quienes utilizaron la data del informe nacional de la calidad del aire del 2013 al 2014, muestra que 3 de cada 4 regiones del Perú como, por ejemplo; Cuzco, Ayacucho, Pasco, Arequipa, Amazonas, Lambayeque, Madre de Dios, Moquegua y Callao, incluyendo Lima metropolitana, presentó una calidad del aire moderada. Si bien la calidad del aire reportada en el presente estudio está dentro de la categoría moderada y no insalubre, se debe tener en cuenta que los grupos sensibles que presenten enfermedades previas deben limitar sus actividades diarias al aire libre. A diferencia de Perú, la categoría de calidad del aire se define de manera diferente en el Informe de Calidad del Aire del 2019[80] donde la ciudad de Cali

tiene una calidad del aire aceptable, pero a pesar de ello, dicha categoría puede conducir a la aparición de síntomas respiratorios en poblaciones sensibles.

Las principales enfermedades respiratorias agudas con el mayor reporte de casos en los años 2014 al 2017 identificadas en el presente estudio fueron; faringitis aguda (37,8%), rinofaringitis aguda o resfriado común (31,4%), amigdalitis aguda (7,3%), bronquitis aguda (7,1%) e infecciones agudas de las vías respiratorias superiores (7%). Onatra et al[81], analizaron las ERA y reportaron que las principales enfermedades con mayor frecuencia en la ciudad de Bogotá en mujeres embarazadas fueron; asma no específica, amigdalitis, gripa y faringitis, siendo la faringitis y la amigdalitis, hallazgos similares a nuestro estudio. Por otro lado, para Cifuentes *et al*[82] en Chile, los diagnósticos más frecuentes fueron; IRA alta y bronquitis aguda con 47,28 y 11,71 casos, respectivamente.

Pero, a diferencia de Onatra *et al*[81] y Cifuentes *et al*[82], el Análisis Situacional de Salud realizado por el MINSA[14] en el distrito de Puente Piedra, Lima norte Perú, mostró una evaluación de todas las enfermedades, como por ejemplo; caries dental, obesidad, infecciones de trasmisión sexual, entre otros y dentro de todas las enfermedades las IRA ocupó el primer lugar de las causas de morbilidad en el periodo del 2014 (33,04%) y 2016 (35,11%) con mayores atenciones reportadas, con ello se observa un incremento de atenciones en 2,7 puntos porcentuales entre el 2014 y 2016. Asimismo, Robles *et al*[40], analizó la relación del PM_{10} con los casos de las infecciones respiratorias agudas (debido a que estas afectaron en mayor medida) en niños y adultos mayores en Cerro de Pasco en los años 2010 y 2016, en el estudio hallaron 230, 39 casos (2010) y 194,97 casos (2016), de niños de edad menor o igual de 5 años y 36,83 casos (2010) y 42, 06 casos (2016) en adultos mayores de 50 años.

Los estudios descritos en Perú[14,40] se enfocan en analizar solo las IRA o analizar todas las enfermedades existentes (como la caries dental, enfermedades de transmisión sexual, etc.), sin embargo, es importante considerar evaluar solo las ERA ya que los resultados pueden variar y hallar otras ERA como principales efectos de la exposición a material particulado. Es así como en el presente estudio se analiza todas las enfermedades respiratorias agudas y los resultados muestran que para el distrito de Puente Piedra la IRA (7%) son parte de las principales ERA, pero la faringitis aguda (37,8%) es la que se presenta con mayor frecuencia. Estudios similares se observaron

en Colombia[81] donde estudiaron todas las ERA, de las cuales 5 fueron las principales; asma no específica (26,1%), amigdalitis (24,4%) gripa (21,8%), faringitis (16%) y asma (11,5%). Un estudio en las comunas Chillan y Chillan viejo en Chile[32], también analizaron todas las ERA, de las cuales las más frecuentes fueron; IRA alta y bronquitis aguda con 47,281 y 11,715 casos respectivamente.

Coronel *et al*[82] en Cuba*,* observaron que las IRA representan el 50% y 70% de todas las consultas en pediatría y del 30% al 60% de todas las hospitalizaciones en los servicios de salud de América Latina, demostrando que las enfermedades respiratorias causan un gran impacto en los niños. Otro estudio que abarcó la evolución espacial de las IRA en el Perú[83], mostraron que las regiones de Arequipa y Piura presentaron casos de IRA pero sobre toda la región de Lima presentó una alta prevalencia de IRA en niños menores de cinco años, las IRA fueron superiores al 25,0% en los 4 primeros años; sin embargo, durante 2015 y 2016 la prevalencia disminuyó a 19,8% y 23,0%, respectivamente, las tasas de prevalencia son más altas en la región de Lima que en otras 24 regiones administrativas del Perú, esto es esperable debido a que casi un tercio de la población total del país vive en la provincia de Lima, según el INEI.

Puente Piedra distrito de Lima, lugar donde se llevó a cabo el presente estudio reportó que el mayor porcentaje de casos de todas las ERA se observó entre las edades de 0 a 11 años, y el máximo valor observado fue de 3442 (62,8%) casos en el año 2014. En el Análisis Situacional de Salud del Distrito de Puente Piedra, se encontró que las infecciones de las vías respiratorias frente a otras enfermedades como; caries dental, obesidad, anemia, entre otros, ocupo el primer lugar de las diez primeras causas de morbilidad en niños, con 44,39% de atenciones. Asimismo, en un Centro Materno Infantil de Lima[38] se encontró que la mayor prevalencia de infecciones respiratorias agudas en niños menores de 5 años fue de 30,47% en el año 2018, observándose que los niños son lo más afectados por las ERA. Los niños son los más susceptibles de experimentar enfermedades de tipo respiratorio debido a que están en pleno crecimiento y realizan actividades muy dinámicas que hacen que estén más expuestos al cambio climático, a la contaminación ambiental y por lo tanto tener más riesgo de contraer enfermedades[38]

Al analizar la correlación entre el PM_{10} y las principales ERA del presente estudio, estas mostraron que existe una correlación alta y significativa entre el PM_{10} y la enfermedad

de bronquitis aguda (p = 0,01; r = 0,68) y una correlación moderada y significativa con la enfermedad amigdalitis aguda (p = 0,04; r = 0,57). Estos estudios son similares a los encontrados por Gaviria et al[84], en Colombia, quienes establecieron la relación entre el PM_{10} y las consultas externas por enfermedades respiratorias y observaron los siguientes coeficientes de relación para las enfermedades; rinitis (0,97), bronquitis (0,45), infecciones (0,29) y asma (0,21).

Asimismo, el estudio en las comunas del país de Chile[32], se realizó un análisis inferencial utilizando correlación cruzada para examinar el impacto de los días de emergencia ambiental en las consultas por enfermedades respiratorias. Se encontró que el número más alto de consultas ocurrió durante las emergencias y alertas. En promedio, las consultas por infecciones respiratorias agudas (IRA) fueron de 103,4 ± 80,5 casos, bronquitis 33 ± 29,4 casos, influenza 4,1 ± 5,3 casos y neumonía 3,3 ± 4,5 casos, respectivamente.

A nivel de Perú podemos encontrar a Robles *et al*[40], el cual se centró en realizar un estudio en Cerro de Pasco, por la existencia de minas, encontró una relación entre el PM_{10} provenientes de fuentes de contaminación y las infecciones respiratorias agudas en el año 2010 y 2016, el coeficiente de correlación fue de 0,36, con p=0,042 en el 2010; y de 0,60 con p=0,00 en el 2016, de confianza del 95%, los resultados demostraron una relación significativa entre ambas variables. Así, también Paredes Y[85], evaluó la relación de las enfermedades respiratorias y PM_{10} en Arequipa, y observó una correlación positiva de 0.86 entre la bronquitis y el PM_{10}.

En lima, se han realizado algunos estudios a nivel de provincia, sin embargo, faltan estudios que deberían realizarse por la alta concentración de contaminantes en el aire causadas por las emisiones de diversas industrias, callas sin pavimentar y parque automotor, entre otros, además porque las tasas de prevalencia de IRA son más altas en la región de Lima que en otras 24 regiones administrativas del Perú[83]. Es importante mencionar que las partículas de PM_{10} que guardan relación con las enfermedades respiratorias deben ser estudiadas y buscar soluciones óptimas ya que los únicos efectos no son solo las enfermedades respiratorias sino lo que se origina posteriormente como; el estrés oxidativo, daño celular y lesiones pulmonares que posteriormente puedan conducir a la muerte[54].

Con respecto al factor edad, la presente investigación encontró una relación significativa y una correlación alta entre el PM_{10} y las enfermedades respiratorias reportadas con las edades de 12 a 17 años. Algunos de los pocos estudios similares son el de Álvarez et al.[86] quienes demostraron que escolares de edades de 6 a 14 años expuestos a concentraciones de PM_{10} superiores a 70 $\mu g/m^3$, aumentaban el riesgo de presentar síntomas de tracto respiratorio superior con alteración de la función pulmonar.

Asimismo, en la India un país con graves problemas de salud pública, Kholi et al.[27] reportó que las enfermedades respiratorias infantiles presentaron una correlación significativa ($p<0,05$) con el PM_{10}. Zioua *et al*[87], realizó una revisión sistemática en donde encontró algunas evidencias de asociaciones entre PM_{10} y $PM_{2,5}$ e infecciones del tracto superior en niños y adolescentes y la relación fue más fuerte con el PM_{10}, los estudios son limitados, sin embargo, los que se encontraron coinciden con los hallazgos de nuestros estudios y demuestra que el grupo etario de adolescentes también se ven afectados como los niños y adulto mayor.

Este hallazgo es muy importante ya que la mayoría de los estudios siguientes muestran mayor relación del material particulado de 10 micras con una población infantil o adulto mayor, la relación significativa entre el PM_{10} y la población adolescente pudo deberse también a otros factores no evaluados en el presente estudio como enfermedades previas o población adolescente con alguna mutación genética que los hace susceptibles a las ERA.

Por otro lado, en el presente estudio se encontró también una relación significativa y correlación alta entre el PM_{10} y las enfermedades respiratorias reportadas en adultos mayores de 60 años a más. Xingqin et al[88], evaluaron la relación de exposición-respuesta entre las partículas PM_{10} y la salud humana desde 2001 al 2005, en base a los datos recogidos de las enfermedades del sistema respiratorio de cuatro hospitales de China, en estos estudios se encontró que los riesgos relativos de PM_{10} en mujeres o ancianos (≥ 65 años) fueron más altos. Al igual que Jung *et al*[89] quienes encontraron que niveles de PM_{10} y los factores meteorológicos impactaron en la hospitalización por enfermedades respiratorias, especialmente en niños y ancianos de Corea. Por otro lado, diversos estudios a nivel internacional[90–92] investigaron asociaciones entre el PM_{10} y enfermedades respiratorias, EPOC, enfermedades cardiovasculares, entre otros, los cuales mostraron que los adultos mayores son los más afectados ya que se observó un

aumento de los casos de ERA, mayor prevalencia de EPOC y mayor frecuencia de enfermedades cardiovasculares. En Perú, estudio como el de Robles *et al*[40], en Cerro de Pasco concluyeron que existe una relación significativa entre las infecciones respiratorias agudas en personas mayores de 50 años con el PM_{10}, este último producido por las fuentes de contaminación[93].

Los estudios descritos validan lo encontrado en nuestro estudio, lo que indica que la edad es un factor que puede predisponer a las personas a tener enfermedades respiratorias por la exposición a $PM_{10.}$

Las fortalezas del estudio fue contar con data del PM_{10} y $PM_{2,5}$, ya que dicho estudio se realizó en la pandemia del COVID-19 y las actividades de diferentes instituciones estaban en proceso de activarse. Asimismo, contar con un sistema como el SPSS Statistics Versión 23 permitió procesar los datos de manera más eficaz y trabajar con una gran cantidad de casos de las ERA y concentraciones de material particulado. Sobre las limitaciones se puede observar que el estudio es de tipo ecológico, el cual no permite establecer causalidad y no se consideran otros factores, como otras enfermedades, antecedentes personales, antecedentes genéticos, entre otros.

VII. CONCLUSIONES

1. La calidad del aire por emisiones de PM_{10} es moderada y presenta relación con las enfermedades respiratorias agudas; bronquitis y amigdalitis aguda en el distrito de Puente Piedra, Lima Perú 2014 – 2017.
2. El material particulado que superó los ECA para aire en el distrito de Puente Piedra, Lima Perú en los años 2014 a 2017 es PM_{10}.
3. La categoría de calidad del aire ante la emisión del principal material particulado, según normativa vigente en el Perú, en el distrito de Puente Piedra, Lima Perú en los años 2014 a 2017 es moderada.
4. Las principales enfermedades respiratorias agudas presentadas en el distrito de Puente Piedra, Lima-Perú, en los años 2014 a 2017 son; faringitis aguda, rinofaringitis aguda o resfriado común, amigdalitis aguda, bronquitis e infecciones agudas de las vías respiratorias superiores.
5. Existe correlación significativa y alta entre el PM_{10} y la bronquitis aguda ($p = 0,01$; $r = 0,68$) y correlación moderada con la amigdalitis aguda ($p = 0,04$; $r = 0,57$). Además, de una correlación alta entre el PM_{10} y los casos de ERA para las edades de 12 a 17 y 60 años a más, en el distrito de Puente Piedra, Lima Perú en los años 2014 a 2017.

VIII. RECOMENDACIONES

1. El material particulado y sus efectos tóxicos en la salud de las personas está demostrado, por ello se recomienda realizar monitoreos de las concentraciones de material particulado en el aire y las posibles consecuencias de las personas expuestas a estos, con ello tomar decisiones adecuadas para la mejora de la salud pública.
2. Se recomienda realizar estudios de medición de PM_{10}, y evaluar la relación de estos con las enfermedades respiratorias agudas (ERA) producidas en la población expuesta de cada distrito de Lima y departamentos del Perú considerando mejorar los factores que no fueron considerados en dicho estudio.
3. Se recomienda realizar estudios de evaluación de riesgos, en las poblaciones afectadas y establecer políticas que permitan mejorar la salud pública, para prevenir enfermedades respiratorias graves, por ende, prevenir la morbilidad y mortalidad de la población afectada.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. World Health Organization. Más del 90% de los niños del mundo respiran aire tóxico a diario [Internet]. Ginebra. 2018 [citado 3 de marzo de 2022]. Disponible en: https://www.who.int/es/news/item/29-10-2018-more-than-90-of-the-world's-children-breathe-toxic-air-every-day

2. Rodríguez A, Martínez M, Martínez I, Fundora H, Guzmán T. Desarrollo tecnológico, impacto sobre el medio ambiente y la salud. Rev Cubana Hig Epidemiol [Internet]. 2011 [citado 3 de marzo de 2022];49(2):308-19. Disponible de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1561-30032011000200016&lng=es&nrm=iso&tlng=es

3. Carhuavilca D, Sánchez A, Gutiérrez C, Arias A. Perú: Estado de la Población en el año del Bicentenario. [Internet] Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática; 2021 [citado 17 de marzo de 2022]. Disponible de: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1803/libro.pdf

4. Agencia de Protección Ambiental. Emisiones de tóxicos en el aire: Estrategia de la EPA para Reducir riesgos de salud en las áreas urbanas [Internet]. EE. UU; 1999 [citado 3 de marzo de 2022]. Disponible de: http://files/222/Emisiones de tóxicos en el Aire Estrategia de la .pdf

5. Environmental Protection Agency. Criteria Air Pollutants [Internet]. EE. UU: 2014 [citado 3 de marzo de 2022]. Disponible de: https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants

6. Organización Mundial de la Salud. Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. [Internet]. Ginebra: OMS [citado 3 de marzo de 2022]. Disponible de: http://files/445/WHO 2005.pdf

7. Organización Panamericana de Salud. Contaminación del aire ambiental exterior y en la vivienda [Internet]. Washington, DC: OPS; 2021 [citado 3 de marzo de 2022]. Disponible de: https://www.paho.org/es/temas/calidad-aire-salud/contaminacion-aire-ambiental-exterior-vivienda-preguntas-frecuentes

8. IQAir. World Air Quality Report [Internet]. Suiza: IQAir; 2019 [citado 3 de marzo de 2022]. Disponible de: http://files/511/2019-World-Air-Report-V8-20200318 (1).pdf

9. IQAIR. World Air Quality Report [Internet]. Suiza: IQAir; 2020 [citado 3 de marzo de 2022]. Disponible de: file:///C:/Users/RIPLEY/Downloads/world-air-quality-report-2020-en.pdf?forcedefault=true

10. SENAMHI. Informe Vigilancia de la calidad del aire [Internet]. Lima: SENAMHI; 2021 [citado 3 de enero de 2023]. Disponible de: https://www.senamhi.gob.pe/load/file/03201SENA-92.pdf

11. Ministerio del Ambiente. Estudio de desempeño ambiental [Internet]. Lima: MINAM; 2015 [citado 17 de marzo de 2022]. Disponible de:

https://www.minam.gob.pe/esda/wp-content/uploads/2016/09/estudio_de-desempeno_ambiental_esda_2016.pdf

12. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Flujo Vehicular por Unidades de Viaje. [Internet]. Lima: INEI; 2020 [citado 3 de marzo de 2022]. Disponible de: http://files/262/boletin_flujo_enero2020.pdf

13. Dirección de Redes Integradas de Salud (DIRIS)-MINSA. Análisis de Situación de Salud [Internet]. Lima: DIRIS; 2018 [citado 3 de marzo de 2022] Disponible de: http://files/263/asis-2018.pdf

14. Dirección de Redes Integradas de Salud (DIRIS). Análisis de Situación de Salud, Distrito de Puente Piedra [Internet]. Lima: DIRIS; 2019 [citado 3 de marzo de 2022]. Disponible en: http://files/466/10º_Morbi_DIRIS_LN_2019.pdf

15. SENAMHI. Monitoreo de la Calidad del Aire de Lima Metropolitana [Internet]. Lima: SENAMHI; 2021 [citado 3 de marzo de 2022]. Disponible de: https://www.senamhi.gob.pe/?p=calidad-del-aire

16. National Institutes of Health. La Contaminación del Aire y Su Salud [Internet]. [citado 16 de marzo de 2023]. Lima: INS Disponible de: https://www.niehs.nih.gov/health/topics/enfermedades/contaminacion/index.cfm

17. Organización Mundial de la Salud (OMS). Nueve de cada diez personas de todo el mundo respiran aire contaminado [Internet]. Ginebra: OMS; 2018 [citado 3 de marzo de 2022]. Disponible de: https://www.who.int/es/news/item/02-05-2018-9-out-of-10-people-worldwide-breathe-polluted-air-but-more-countries-are-taking-action

18. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. Efectos del material particulado (PM) sobre la salud y el medioambiente [Internet]. EE. UU: EPA; 2018 [citado 3 de marzo de 2022]. Disponible de: https://espanol.epa.gov/espanol/efectos-del-material-particulado-pm-sobre-la-salud-y-el-medioambiente

19. Ministerio del Ambiente. Estudios de morbilidad por efectos de la contaminación del aire en la salud de las personas [Internet]. Lima: MINAM; 2014 [citado 29 de abril de 2022]. Disponible de: https://repositoriodigital.minam.gob.pe/handle/123456789/76?show=full

20. World Health Organization. Air Pollution and Cancer [Internet]. Lima: IARC; 2013 [citado 3 de marzo de 2022] Disponible de: https://www.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/07/AirPollutionandCancer161.pdf

21. Quiñones M. Estudio de morbilidad por efectos de la contaminación del aire en la salud de las personas [Internet]. Lima: MINAM; 2014 [citado 3 de marzo de 2022]. Disponible de: https://repositoriodigital.minam.gob.pe/handle/123456789/76

22. Romieu I, Meneses F, Ruiz S, Sienra J, Huerta J, White M, et al. Effects of air pollution on the respiratory health of asthmatic children living in Mexico City. Am J Respir Crit Care Med [Internet]. 1996 [citado 3 de marzo de 2022];154(2 Pt 1):300-7. Disponible de: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8756798/

23. Esposito S, Galeone C, Lelii M, Longhi B, Ascolese B, Senatore L, et al. Impact

of air pollution on respiratory diseases in children with recurrent wheezing or asthma. BMC Pulmonary Medicine. [Internet]. 2014 [citado 3 de marzo de 2022]. Vol. 14, p. 130. Disponible de: doi: 10.1186/1471-2466-14-130

24. Atkinson R, Kang S, Anderson H, Mills I, Walton H. Epidemiological time series studies of $PM_{2.5}$ and daily mortality and hospital admissions: a systematic review and meta-analysis. Thorax [Internet]. 2014 [citado 17 de marzo de 2022]; 69(7):660-5. Disponible de: doi: 10.1136/thoraxjnl-2013-204492

25. Shaughnessy W, Venigalla M, Trump D. Health effects of ambient levels of respirable particulate matter (PM) on healthy, young-adult population. Atmos Environ [Internet]. 2015 [citado 3 de marzo de 2022]; 123:102-11. Disponible de: https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.10.039

26. Cordero J, Cornejo A, Cruz D, Mamani J. Efectos de la contaminación atmosférica en la salud de la población del distrito N°3 Vinto - Oruro. Acta Nov [Internet]. 2018 [citado 3 de marzo de 2022]; 8(3):277-89. Disponible de: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1683-07892018000100002&lng=es&nrm=iso&tlng=es

27. Kohli C, Banerjee B, Garg S. Severity of air pollution in New Delhi and burden of paediatric respiratory illnesses - An Ecological Study. Eur Respir J [Internet]. 2018 [citado 3 de marzo de 2022]; 52(62). Disponible de: doi: 10.1183/13993003.congress-2018.PA1352

28. García V, Acosta L, Fernández J. Relación del contaminante PM10 con enfermedades respiratorias en el municipio de Rionegro, año 2016. Molecules [Internet]. 2020 [citado 20 de junio de 2022]; 2(1):1-12. Disponible de: http://clik.dva.gov.au/rehabilitation-library/1-introduction-rehabilitation%0Ahttp://www.scirp.org/journal/doi.aspx?DOI=10.4236/as.2017.81005%0Ahttp://www.scirp.org/journal/PaperDownload.aspx?DOI=10.4236/as.2012.34066%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.pbi.201

29. Wang Y, Wild O, Chen H, Gao M, Wu Q, Qi Y, et al. Acute and chronic health impacts of PM2.5 in China and the influence of interannual meteorological variability. Atmos Environ [Internet]. 2020 [citado 3 de marzo de 2022]; 229:117397. Disponible de: https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117397

30. Organización Panamericana de la Salud. Contaminación del aire ambiental exterior y en la vivienda [Internet]. Washington, DC: OPS; 2018 [citado 3 de marzo de 2022]. Disponible de: https://www.paho.org/es/temas/calidad-aire-salud/contaminacion-aire-ambiental-exterior-vivienda-preguntas-frecuentes

31. Li J, Chen H, Li X, Wang M, Zhang X, Cao J, et al. Differing toxicity of ambient particulate matter (PM) in global cities. Atmos Environ [Internet]. 2019 [citado 3 de marzo de 2022]; 212:305-15. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2019.05.048.

32. Cifuentes P, Rodríguez A, Luengo C, Tapia L, Rodríguez A, Luengo C. Relación entre contaminación atmosférica y consultas por enfermedades respiratorias en atención primaria de urgencia. Rev Chil enfermedades Respir [Internet]. 2020 [citado 3 de marzo de 2022]; 36(4):260-7. Disponible en: http://dx.doi.org/10.4067/S0717-73482020000400260 =es

33. Sapunar J, Ferrer P, Caglevic C. Incidence of lung cancer and air pollution in boroughs of Chile: an ecological study. [Internet] 2021 [citado 17 de junio de 2022]. Disponible de: https://doi.org/10.3332/ecancer.2021.1247

34. Tornevi A, Olstrup H, Forsberg B. Associations between PM10 and Respiratory Health Effects in Visby, Sweden. Toxics [Internet]. 2022 [citado 12 de diciembre de 2022]; 10(6). Disponible en: doi: 10.3390/toxics10060333

35. Ministerio de Salud. Prevalencia de enfermedades respiratorias en escolares de 13 a 14 años [Internet]. Lima: MINSA; 2005 [citado 17 de junio de 2022]. Disponible de: https://www.gob.pe/institucion/minsa/informes-publicaciones/352840-prevalencia-de-enfermedades-respiratorias-en-ninos-escolares-de-3-a-14-anos-y-factores-asociados-a-la-calidad-del-aire-en-el-peru-2002-2003-protocolo-de-investigacion

36. SENAMHI. Encuesta Demográfica de Salud Familiar [Internet]. Lima: SENAMHI; 2001 [citado 3 de marzo de 2022]. Disponible de: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib0413/Libro.pdf

37. Ministerio de Salud. Análisis de Situación de Salud del Perú [Internet]. Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades (CDC): MINSA; 2019 [citado 3 de marzo de 2022]. Disponible de: http://files/409/Asis_peru19.pdf

38. Angel D, Sotomayor C, Guadalupe C, Bacilio C. Prevalence of acute respiratory infections in children under 5 years of age at a maternal child health center in Lima [Internet]. 2020 [citado 12 de febrero de 2023]. Vol. p. 54-60. Disponible de: http://dx.doi.org/10.24265/horizmed.2020.v20n1.08

39. Ministerio del Ambiente. Estudio de Morbilidad por efectos de la contaminación del aire en la salud de las personas [Internet]. Lima: MINAM; 2014 [citado 17 de marzo de 2022]. Disponible de: https://repositoriodigital.minam.gob.pe/handle/123456789/76

40. Robles E, Medina A, Medina C. La contaminación del aire por el material particulado y su relación con las enfermedades de tipo respiratorio en la población de Cerro de Pasco (2010 y 2016). Ind Data [Internet]. 2019 [citado 3 de marzo de 2022]; 22(1):173-86. Disponible en: https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/idata/article/view/16533

41. Ilizarbe G, Rojas J, Cabello R, Ugarte C, Reynoso P, Valdiviezo L. Chemical characteristics and identification of PM10 sources in two districts of Lima, Peru. DYNA [Internet]. 2020 [citado 17 de marzo de 2022]; 87(215):57-65. Disponible de: https://doi.org/10.15446/dyna.v87n215.83688

42. Davila J, Tapia V, Vasquez V, Ordoñez L, Vu B, Steenland K, et al. Association of PM2.5 concentration with health center outpatient visits for respiratory diseases of children under 5 years old in Lima, Peru. Environ Heal [Internet]. 2020 [citado 3 de marzo de 2022];19(1):7. Disponible de: https://d-nb.info/1209393557/34

43. World Health Organization. Air pollution [Internet]. Ginebra: OMS; 2022 [citado 6 de marzo de 2022]. Disponible de: https://www.who.int/health-topics/air-

pollution#tab=tab_1

44. Agencia de Protección Ambiental. Aire [Internet]. EE. UU: EPA; 2022 [citado 6 de marzo de 2022]. Disponible de: https://espanol.epa.gov/espanol/aire#contaminacion

45. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Calidad del Aire [Internet]. Lima: INS; 2016 [citado 6 de marzo de 2022]. Disponible de: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1442/cap08.pdf

46. Ministerio del Ambiente. Informe Nacional de la Calidad de Aire [Internet]. Lima; MINAM; 2014 [citado 3 de marzo de 2022]. Disponible en: https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/Informe-Nacional-de-Calidad-del-Aire-2013-2014.pdf

47. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. Conceptos básicos sobre el material particulado. [Internet]. EE. UU: EPA; 2018. Disponible de: https://espanol.epa.gov/espanol/conceptos-basicos-sobre-el-material-particulado-pm-por-sus-siglas-en-ingles

48. Suárez L, Álvarez D, Bendezú Y, Pomalaya J. Caracterización Química Del Material Particulado Atmosférico Del Centro Urbano De Huancayo, Perú. Rev la Soc Química del Perú [Internet]. 2017 [citado 18 de abril de 2022]; 83(2):187-99. Disponible de: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2017000200005&script=sci_abstract

49. The California Air Resources Board. Inhalable Particulate Matter and Health (PM2.5 and PM10) [Internet]. 2022 [citado 18 de abril de 2022]. Disponible en: https://ww2.arb.ca.gov/es/resources/inhalable-particulate-matter-and-health

50. International Agency for Research on Cancer. Toxicokinetic data [Internet]. Nactional Center of Botechnology information. 2016 [citado 19 de abril de 2022]. Disponible de: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK368036/

51. Olaguibel J. Características físicas y depósito pulmonar de las partículas inhaladas [Internet]. Monografías en Neumología. [citado 20 de abril de 2022]. Disponible de: http://www.neumologiaysalud.es/descargas/M9/M9-2.pdf

52. Hamanaka R, Mutlu G. Particulate Matter Air Pollution: Effects on the Cardiovascular System. Front Endocrinol (Lausanne) [Internet]. 2018 [citado 21 de abril de 2022]; 9:680. Disponible de: doi: 10.3389/fendo.2018.00680

53. Osornio Á, Bonner J, Alfaro E, Martínez L, García C, Ponce S, et al. Proinflammatory and cytotoxic effects of Mexico City air pollution particulate matter in vitro are dependent on particle size and composition. Environ Health Perspect [Internet]. 2003 [citado 17 de marzo de 2023];111(10):1289-93. Disponible de: doi: 10.1289/ehp.5913

54. Vargas L, Comellas A. Mechanism of ambient particulate matter and respiratory infections. J Thorac Dis [Internet]. 2020 [citado 21 de abril de 2022];12(3):134. Disponible de: /pmc/articles/PMC7139067/

55. Presidencia de Consejo de Ministros. Reglamento de Estandares Nacionales de

Calidad Ambiental del Aire [Internet]. Lima: PCM; 2001 [citado 22 de abril de 2022]. Disponible de: https://sinia.minam.gob.pe/normas/reglamento-estandares-nacionales-calidad-ambiental-aire

56. Ministerio del Ambiente. Índice de Calidad del Aire [Internet]. Lima: MINAM; 2016 [citado 22 de abril de 2022]. Disponible de: https://www.minam.gob.pe/disposiciones/resolucion-ministerial-n-181-2016-minam/

57. Organización Mundial de la Salud. Calidad del aire ambiente (exterior) y salud [Internet]. Ginebra: OMS; 2022 [citado 22 de abril de 2022]. Disponible de: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health

58. Agencia de Protección Ambiental (EPA). Health & Environmental Effects of Air Pollution [Internet]. EE. UU: EPA; 2022 [citado 25 de abril de 2022]. Disponible en: http://www.epa.gov/globalwarming/.

59. Environmental Protection Agency. How Does PM Affect Human Health? [Internet]. EE. UU: EPA; 2023 [citado 25 de abril de 2022]. Disponible de: https://www3.epa.gov/region1/airquality/pm-human-health.html

60. Organización Mundial de la Salud. Prevención y control de infección en enfermedades respiratorias agudas con tendencia epidémica y pandémica durante la atención sanitaria Pautas provisionales de la OMS [Internet]. Ginebra: OMS; 2007 [citado 25 de abril de 2022]. Disponible de: https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2014/2014-cha-prevencion-control-atencion-sanitaria.pdf

61. Borjas C. Ley de Pareto aplicada a la fiabilidad [Internet].Ingeniería Mecánica. 2005 [citado 20 de noviembre de 2022] Vol. 8 Num. 3. Disponible en: http://www.ingenieriamecanica.cujae.edu.cu/index.php/revistaim/article/view/221/561

62. Municipalidad de Puente Piedra. Distrito de Puente Piedra [Internet]. Lima: Municipalidad; 2016 [citado 5 de diciembre de 2022]. Disponible en: http://observatoriochirilu.ana.gob.pe/sites/default/files/Fichas técnicas Municipalidades/Ficha Técnica N°16 Puente Piedra.pdf

63. Veiga de Cabo J, Fuente E, Zimmermann M. Modelos de estudios en investigación aplicada: conceptos y criterios para el diseño. Med Segur Trab (Madr) [Internet]. 2008 [citado 3 de marzo de 2022]; 54(210). Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0465-546X2008000100011&lng=en&nrm=iso&tlng=en

64. Organización Panamericana de la Salud. Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades y problemas relacionados con la salud. [Internet]. Ginebra: OMS; 1995 [citado 12 de diciembre de 2022]. Disponible de: https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/6282/Volume1.pdf

65. Mamkhezri J, Bohara A, Islas A. Air pollution and daily mortality in the Mexico City Metropolitan Area. Atmósfera [Internet]. 2020 [citado 3 de marzo de 2022]; Disponible de:

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-62362020000300249

66. Ministerio del Ambiente. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire [Internet]. Lima: MINAM; 2017 [citado 30 de abril de 2022]. Disponible de: https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-aire-establecen-disposiciones

67. Arias M, Molina M. ¿Qué significa realmente el valor de p? Pediatría Atención Primaria [Internet]. 2017 [citado 18 de marzo de 2023]; 19(76):377-81. Disponible de: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1139-76322017000500014&lng=es&nrm=iso&tlng=es

68. International Business Machines Corporation. Análisis de potencia de prueba de correlación de Spearman para una muestra - Documentación de IBM [Internet]. 2023 [citado 18 de marzo de 2023]. Disponible de: https://www.ibm.com/docs/es/spss-statistics/27.0.0?topic=correlations-power-analysis-one-sample-spearman-correlation-test

69. Hassan A, Ilyas S, Agathopoulos S, Hussain S, Jalil A, Ahmed S, et al. Evaluation of adverse effects of particulate matter on human life. Heliyon [Internet]. 2021 [citado 3 de marzo de 2023]; 7(2): e05968. Disponible de: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e05968

70. Matus P, Oyarzún M, Matus P, Oyarzún M. Impacto del Material Particulado aéreo (MP 2,5) sobre las hospitalizaciones por enfermedades respiratorias en niños: estudio caso-control alterno. Rev Chil pediatría [Internet]. 2019 [citado 3 de marzo de 2022]; 90(2):166-74. Disponible en: http://dx.doi.org/10.32641/rchped.v90i2.750

71. Organización Mundial de la Salud. Las nuevas Directrices mundiales de la OMS sobre la calidad del aire tienen como objetivo evitar millones de muertes debidas a la contaminación del aire [Internet]. Ginebra: OMS; 2023 [citado 19 de marzo de 2023]. Disponible en: https://www.who.int/es/news/item/22-09-2021-new-who-global-air-quality-guidelines-aim-to-save-millions-of-lives-from-air-pollution

72. Grisales H, Montealegre N, Piñeros J, Ospina D, Nieto E. Vista de Relación de PM2,5 y Enfermedad Respiratoria Aguda en un territorio de Colombia: Modelos Aditivos Generalizados. Univ. Salud [Internet]. 2021 [citado 1 de mayo de 2023]. Epub Dec 20, 2021 Disponible de: https://doi.org/10.22267/rus.222401.256

73. Álvarez D, Suárez L. Apportionment of emission sources of PM_{10} and $PM_{2.5}$ at urban sites of Mantaro Valley, Peru. Rev Int Contam Ambient [Internet]. 2020 [citado 19 de marzo de 2023]; 36(4):875-92. Disponible en: https://doi.org/10.20937/rica.53473

74. Jurado Nacional de Elecciones. Denominación y ubicación política de Puente Piedra [Internet]. Lima: JNE; 2020 [citado 12 de diciembre de 2022]. Disponible de: https://declara.jne.gob.pe/ASSETS/PLANGOBIERNO/FILEPLANGOBIERNO/1795.pdf

75. Bedregal P, Ubillus M, Cáceres C, Olivera P, Garay R, Rojas J, et al.

Determination of atmospheric aerosol components in an urban area to evaluate the air quality and identify the sources of contamination. J Radioanal Nucl Chem [Internet]. 2023 [citado 19 de marzo de 2023];1. Disponible de: doi: 10.1007/s10967-023-08805-8

76. Presidencia del Consejo de Ministro. Reglamento de Estandares Nacionales de Calidad Ambiental del aire. [Internet]. Lima: PCM; 2001 [citado 6 de marzo de 2022]. Disponible de: https://sinia.minam.gob.pe/normas/reglamento-estandares-nacionales-calidad-ambiental-aire

77. SENAMHI. Boletín mensual vigilancia de la calidad del aire Lima Metropolitana 2016 [Internet]. Lima: SENAMHI; 2019 [citado 18 de febrero de 2023]. Disponible en: http://www.saludarequipa.gob.pe/unidades-organicas-3/dir-ejec-de-salud-ambiental/ecologia-proteccion-del-ambiente-y-salud-ocupacional/vigilancia-de-la-calidad-del-aire/

78. SENAMHI. Boletín mensual vigilancia de la calidad del aire Lima Metropolitana 2017 [Internet]. Lima: SENAMHI; 2019 [citado 18 de febrero de 2023]. Disponible de: http://www.saludarequipa.gob.pe/unidades-organicas-3/dir-ejec-de-salud-ambiental/ecologia-proteccion-del-ambiente-y-salud-ocupacional/vigilancia-de-la-calidad-del-aire/

79. Ccami F, Barriga F, Fernandez D, Rosa E, Galvez J. Salud ambiental: una necesidad educativa para los médicos del Perú. Rev Fac Cienc Med [Internet]. 2022 [citado 20 de marzo de 2023]; 79(4):400. Disponible de: doi: 10.31053/1853.0605.v79.n4.35406

80. IDEAM. Informe Calidad del Aire en Colombia 2019 [Internet]. Colombia: IDEAM; 2019 [citado 21 de marzo de 2023] Disponible de: http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023898/023898.pdf

81. Onatra W, Vargas S, Páez E, Rojas D, López A. Correlación entre la enfermedad respiratoria aguda (ERA) en mujeres embarazadas y la calidad del aire. Rev UDCA Actual Divulg Científica [Internet]. 2009 [citado 18 de febrero de 2023]; 12(2). Disponible de: http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v12n2/v12n2a04.pdf

82. Coronel C, Huerta Y, Ramos O. Factores de riesgo de la infección respiratoria aguda en menores de cinco años. Rev Arch Médico Camagüey [Internet]. 2018 [citado 21 de marzo de 2023]; 22(2):194-203. Disponible de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-02552018000200009&lng=es&nrm=iso&tlng=es

83. Andrade L, Sotomayor C. Evolution of Acute Respiratory Infections in Peru: A Spatial Study between 2011 and 2016. En: Sustainable Cities Latin America Conference (SCLA) [Internet]. 2019 [citado 21 de marzo de 2023]. Disponible de: https://ieeexplore.ieee.org/document/8905563/

84. Gaviria C, Benavides P, Tangarife C. Contaminación por material particulado (PM2, 5 y PM10) y consultas por enfermedades respiratorias en Medellín (2008-2009). Rev Fac Nac Salud Pública [Internet]. 2011 [citado 18 de febrero de 2023]; 2008-9. Disponible de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-386X2011000300004

85. Paredes Y, Surco A. Relación entre las enfermedades respiratorias y la concentración de material particulado PM_{10} en Arequipa 2019 [Internet]. 2020 [citado 20 de febrero de 2023]. Disponible de: https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/4118

86. Álvarez L, Salazar A. Symptoms and Lung Function in Children Aged 6-14 Years and Their Relationship with Particulate Matter PM10 in Santa Marta, Colombia. Rev Esp Salud Pública [Internet]. 2013 [citado 18 de febrero de 2023]; 239-46. Disponible de: https://dx.doi.org/10.4321/S1135-57272013000300003

87. Ziou M, Tham R, Wheeler A, Zosky G, Stephens N, Johnston F. Outdoor particulate matter exposure and upper respiratory tract infections in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. Environ Res [Internet]. 2022 [citado 25 de marzo de 2023]; 210:112969. Disponible de: doi: 10.1016/j.envres.2022.112969

88. Xingqin A, Yan T, Shengquan M, Zhaobin S. Association Between PM10 and Respiratory Hospital Admissions in Different Seasons in Heavily Polluted Lanzhou City on JSTOR. Natl Environ Heal Assoc [Internet]. 2015 [citado 26 de marzo de 2023]; Vol. 77, No. 6. pp. 64-71. Disponible de: https://www.jstor.org/stable/26330186

89. Jo E, Lee W, Jo H, Kim C, Eom J, Mok J, et al. Effects of particulate matter on respiratory disease and the impact of meteorological factors in Busan, Korea. Respir Med [Internet]. 2017 [citado 25 de marzo de 2023]; 124:79-87. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.rmed.2017.02.010

90. Elbarbary M, Oganesyan A, Honda T, Kelly P, Zhang Y, Guo Y, et al. Ambient air pollution, lung function and COPD. BMJ Open Respir Res [Internet]. 2020 [citado 2 de abril de 2023]; 7(1): e000684. Disponible en: https://bmjopenrespres.bmj.com/content/7/1/e000684

91. Peng W, Li H, Peng L, Wang Y, Wang W. Effects of particulate matter on hospital admissions for respiratory diseases: an ecological study based on 12.5 years of time series data in Shanghai. Environ Heal A Glob Access Sci Source [Internet]. 2022 [citado 2 de abril de 2023]; 21(1):1-12. Disponible de: https://ehjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12940-021-00828-6

92. Andrade A, Oliveira A, De Souza L, Bastos A, Dominski F, Stabile L, et al. Effects of Air Pollution on the Health of Older Adults during Physical Activities: Mapping Review. Int J Environ Res Public Health [Internet]. 2023 [citado 2 de abril de 2023]; 20(4):3506. Disponible de: https://doi.org/10.3390/ijerph20043506

93. Ricardo S. Las enfermedades respiratorias del adulto mayor en Chile: un desafío a corto plazo. Rev Chil enfermedades Respir [Internet]. 2017 [citado 7 de mayo de 2023]; 33(4):303-7. Disponible de: http://dx.doi.org/10.4067/S0717-73482017000400303

94. Gonzalvez G, Barbarén C. Infecciones respiratorias agudas en el Perú [Internet]. Organización Panamericana de Salud (OPS) de Perú; 2014 [citado 3 de marzo de 2022]. Disponible de: http://files/508/iras2014-spa.pdf

95. Buffone I, Romano H. Consultas por enfermedades respiratorias agudas en la

población pediátrica y su relación con el material particulado atmosférico en Bahía Blanca: un estudio ecológico. Arch Argent Pediatr [Internet] 2023 [citado el 20 de agosto de 2023]; 121(1): e202202588. Disponible en: https://www.sap.org.ar/docs/publicaciones/archivosarg/2023/v121na08.pdf

96. Ministerio del Ambiente. Informe Nacional de la Calidad del Aire. [Internet] Lima: MINAM; 2013-2014 [citado el 20 de agosto de 2023] Disponible en: https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/Informe-Nacional-de-Calidad-del-Aire-2013-2014.pdf

97. Ministerio del Ambiente. Ministerio del Ambiente aprobó Límites Máximos Permisibles para emisiones de vehículos automotores a fin de mejorar calidad del aire. [Internet] Lima: MINAM; 2017 [citado el 20 de agosto de 2023] Disponible en: https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/2017/11/30/ministerio-del-ambiente-aprobo-limites-maximos-permisibles-para-emisiones-de-vehiculos-automotores-a-fin-de-mejorar-calidad-del-aire/

98. Ministerio del Ambiente. Diagnóstico de la gestión de la calidad ambiental del aire de lima y callao. [Internet] 2019 [citado el 20 de agosto de 2023] Disponible en: file:///C:/Users/RIPLEY/Downloads/diagnostico_calidad_aire.pdf

99. WHO. Prevención y control de infección en enfermedades respiratorias agudas con tendencia epidémica y pandémica durante la atención sanitaria. [Internet] 2007 [citado el 09 de septiembre del 2023] Disponible en: file:///C:/Users/RIPLEY/Downloads/WHO_CDS_EPR_2007.6_spa%20(1).pdf

100. Instituto de la Calidad Ambiental. Límite Máximo Permisible. [Internet] Lima; MINAM; 2023. Disponible en: https://bit.ly/485KNVp

101. Matus P, Oyarzún M. Impact of Particulate Matter (PM2,5) and children's hospitalizations for respiratory diseases. A case cross-over study. Rev Chil [Internet] 2023. [citado el 09 de septiembre del 2023] Pediatr. 2019;90(2):166-174. Disponible de: DOI: 10.32641/rchped. V 90i2.750

102. Flores Chávez M. La contaminación ambiental: Su impacto en la salud de la población de Arequipa metropolitana 2016-2017 [Tesis para Maestría en Economía] Perú: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa; 2018 [citado el 09 de septiembre del 2023]. Disponible en: https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3160280

103. Hermitaño Martinez A. Evaluación del material particulado y su relación con las enfermedades respiratorias en el proceso de chancado y molienda en la compañía minera Casapalca S.A, provincia de Huarochiri, lima 2017. [Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental] Perú: Universidad de Huánuco; 2018 [citado el 09 de septiembre del 2023] Disponible en: http://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/1473;jsessionid=F5D7973119C339D435B04A5B259D3318

X. ANEXOS

Anexo 01. Operacionalización de variables

VARIABLE(S)	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA
Variable independiente: Emisiones de material particulado.	Son una mezcla de partículas sólidas y gotas líquidas que se encuentran en el aire, como el polvo, la suciedad, el hollín o el humo, metales y compuestos orgánicos[47].	Para evaluar el material particulado, se comparará las concentraciones del material particulado reportadas en el distrito de Puente Piedra con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), propuestos por el Ministerio del Ambiente.	a) Material particulado de 10 micras de diámetro.	Data de concentraciones de PM_{10}. ECA para PM_{10}	Valores de PM_{10} que sobrepasan los ECA para aire.
			b) Material particulado de 2,5 micras de diámetro.	Data de concentraciones de $PM_{2,5}$. ECA para $PM_{2,5}$	Valores de $PM_{2,5}$ que sobrepasan los ECA para aire.
Variable dependiente: Enfermedades respiratorias agudas.	Las enfermedades Respiratorias Agudas (ERA) son afecciones infecciosas que afectan el tracto respiratorio, tanto superior como inferior. Estas pueden variar desde infecciones sin síntomas o leves hasta casos graves y potencialmente mortales, dependiendo del tipo de patógeno, así como de factores ambientales y de la salud del huésped[99].	Serán medidas mediante las enfermedades respiratorias agudas superiores e inferiores obtenidas del centro de salud del MINSA, del distrito Puente Piedra.	a) Enfermedades respiratorias agudas de las vías respiratorias superiores.	Número de casos de las enfermedades respiratorias agudas de las vías respiratorias superiores de la población del distrito Puente Piedra.	Paciente diagnosticado.

Anexo 02: Matriz de consistencia

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	HIPOTESIS	VARIABLES	OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	MÉTODOS	INSTRUMENTO (S)
Problema General ¿Existe relación entre el material particulado y las enfermedades respiratorias agudas en el distrito de Puente Piedra, Lima Perú 2014-2017?	**Hipótesis General** Existe relación entre el material particulado y las enfermedades respiratorias agudas en el distrito de Puente Piedra, Lima Perú 2014-2017.	**Variables independientes:** contaminantes del aire (PM_{10} y $PM_{2,5}$) **Variables dependientes:** enfermedades respiratorias agudas.	Evaluar la calidad del aire por emisiones del material particulado y su relación con las enfermedades respiratorias agudas en el distrito de Puente Piedra, Lima Perú 2014-2017	**Objetivo específico 1** Seleccionar el material particulado que supere los ECA para aire del distrito de Puente Piedra, Lima Perú en los años 2014 a 2017. **Objetivo específico 2** Determinar la categoría de calidad del aire ante la emisión del principal material particulado, según normativa vigente en el Perú, en el distrito de Puente Piedra, Lima Perú en los años 2014 a 2017. **Objetivo específico 3** Identificar las principales enfermedades respiratorias agudas presentadas en el distrito de Puente Piedra, Lima-Perú, en los años 2014 a 2017. **Objetivo específico 4** Analizar la relación entre el PM10 con las principales enfermedades respiratorias agudas en el distrito de Puente Piedra, Lima Perú en los años 2014 a 2017	Estudio de tipo observacional, descriptivo, ecológico, retrospectivo. Los datos del número de casos de enfermedades respiratorias agudas (desde el 2014 al 2017), del distrito de Puente Piedra, se obtendrán a través del Ministerio de Salud. Las concentraciones diarias de los contaminantes PM_{10} y $PM_{2,5}$ (del 2014 al 2017) se obtendrán del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHY)	Los datos serán organizados en Excel para luego ser procesados en el IBM SPSS Statistics Versión 23- 2015 y luego se aplicará la correlación de Spearman.

Anexo 03: Solicitud de datos de concentraciones de los contaminantes del aire del distrito de Puente Piedra del 2014 al 2017.

GERENCIA GENERAL DEL SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERU – SENAMHI
Presente. -

.....Jackeline Nicolh Cueva Alvarez.....
(Nombres y Apellidos)

.....Av. Grau 1190 La Victoria.....
(Dirección)

con N.º DNI: .....75158026..... Telf.: 937720877. E-mail jackeline.cueva@unmsm.edu.pe
Universidad/ Instituto: .....Universidad Nacional Mayor de San Marcos.....

Carrera/ Profesión: Toxicología .....

Ante usted me presento y expongo:

Que, (detallar el estudio, nombre del proyecto que están realizando y el motivo de solicitud de los datos)

En la investigación se evaluará la calidad del aire y la relación de los principales contaminantes con las enfermedades respiratorias agudas del distrito de Puente Piedra, los cuales serán organizados en Excel para luego ser procesados en el programa estadístico SPSS. El nombre del proyecto es: "Evaluación de la calidad del aire y la relación de los principales contaminantes con las enfermedades respiratorias agudas del distrito de Puente Piedra en los años 2014 al 2017".
Para ejecutar dicho proyecto es necesario tener los datos de las concentraciones de los contaminantes del aire del distrito de Puente Piedra desde los años 2014 al 2017.

Solicito la siguiente información:

ESTACIÓN	PARÁMETROS	ESCALA	PERÍODOS
Puente Piedra	PM_{10}	Horaria/mensual/anual	2014-2017
	PM_{25}	Horaria/mensual/anual	
	NO_2	Horaria/mensual/anual	
	SO_2	Horaria/mensual/anual	
	O_3	Horaria/mensual/anual	
	Temperatura	Diaria/mensual	
	Velocidad del viento	Diaria/mensual	
	Dirección del viento	Diaria/mensual	
	Humedad relativa	Diaria/mensual	
	Presión atmosférica	Diaria/mensual	
	Radiación solar	Diaria/mensual	

Anexo 04: Solicitud de información de las enfermedades respiratorias del distrito de Puente Piedra.



Ayuda

(*) Datos Obligatorios

PERÚ Ministerio de Salud

FORMULARIO

SOLICITUD DE ACCESO A LA INFORMACIÓN PÚBLICA

(Texto Único Ordenado de la Ley Nº 27806, Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, aprobado por Decreto Supremo Nº 043-2003-PCM)

Nº DE SOLICITUD
21-009069
01/09/2021

I. FUNCIONARIO RESPONSABLE DE ENTREGAR LA INFORMACIÓN

RUIZ OLANO JULIO MANUEL

II. DATOS DEL SOLICITANTE

APELLIDOS Y NOMBRES / RAZÓN SOCIAL	CUEVA ALVAREZ JACKELINE NICOLH
TIPO DE DOCUMENTO DE IDENTIDAD	(●) D.N.I. ( ) L.M. ( ) R.U.C. ( ) C.E. ( ) OTRO
DOCUMENTO DE IDENTIDAD	75158026
DOMICILIO Av / Calle / Jr / Psj	AV GRAU - LA VICTORIA
N° / DPTO. / INT. URBANIZACIÓN	1190
DEPARTAMENTO	LIMA
PROVINCIA	LIMA
DISTRITO	LA VICTORIA
CORREO ELECTRÓNICO	jacki79677@gmail.com
TELÉFONO	937720877

III. INFORMACIÓN SOLICITADA

INFORMACIÓN DE LAS ENFERMEDADES RESPIRATORIAS Y CARDIOVASCULARES DEL DISTRITO DE PUENTE PIEDRA POR CENTRO MÉDICO, POR MES, POR AÑO, DESDE EL 2014 HASTA EL 2019, ASIMISMO ESTADÍSTICAS DE MORTALIDAD RELACIONADAS A ENFERMEDADES RESPIRATORIAS Y

400

IV. DEPENDENCIA DE LA CUAL SE REQUIERE LA INFORMACIÓN (●) MINSA ( ) OTROS

CENTRO NACIONAL DE EPIDEMIOLOGIA, PREVENCION Y CONTROL DE ENFERMEDAD

V. FORMA DE ENTREGA DE LA INFORMACIÓN

( ) COPIA SIMPLE ( ) DISKETTE ( ) CD (●) CORREO ELECTRÓNICO ( ) OTRO

VI. OBSERVACIONES