

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA AMBIENTAL**

“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE POR  
PM<sub>10</sub> Y SU RELACIÓN CON LOS FACTORES  
METEREOLÓGICOS DE HUMEDAD Y  
TEMPERATURA EN EL DISTRITO DE SANTA  
ANITA - PROVINCIA DE LIMA DURANTE LOS  
AÑOS 2018 AL 2022”

Tesis para optar al título profesional de:

**Ingeniero Ambiental**

**Autor:**

Mao Vladimir Chavez Limay

**Asesor:**

M.Cs. Juan Carlos Flores Cerna  
<https://orcid.org/0000-0001-7638-3456>  
Cajamarca - Perú

**JURADO EVALUADOR**

|                           |   |                 |
|---------------------------|---|-----------------|
| Jurado 1<br>Presidente(a) | <b>Marieta Eliana Cervantes Peralta</b> | <b>29425048</b> |
|                           | Nombre y Apellidos                      | Nº DNI          |

|          |                                 |                 |
|----------|---------------------------------|-----------------|
| Jurado 2 | <b>Julián Ricardo Diaz Ruiz</b> | <b>09294063</b> |
|          | Nombre y Apellidos              | Nº DNI          |

|          |                                     |                 |
|----------|-------------------------------------|-----------------|
| Jurado 3 | <b>Irma Geralda Horna Hernández</b> | <b>40317442</b> |
|          | Nombre y Apellidos                  | Nº DNI          |

## INFORME SIMILITUD

### Tesis Mao Vladimir Chávez

#### ORIGINALITY REPORT



#### PRIMARY SOURCES

|          |  |                |
|----------|--|----------------|
| <b>1</b> | <p>Anna Trochimczyk, Monika Chorąży, Katarzyna Krystyna Snarska. "An Analysis of Patient Quality of Life after Ischemic Stroke of the Brain", The Journal of Neurological and Neurosurgical Nursing, 2017</p> <p><small>Publication</small></p>            | <b>&lt;1</b> % |
| <b>2</b> | <p>Daniele Pala, Vittorio Casella, Cristiana Larizza, Alberto Malovini, Riccardo Bellazzi. "Impact of COVID-19 lockdown on PM concentrations in an Italian Northern City: A year-by-year assessment", PLOS ONE, 2022</p> <p><small>Publication</small></p> | <b>&lt;1</b> % |
| <b>3</b> | <p><a href="https://sites.sandiego.edu">sites.sandiego.edu</a></p> <p><small>Internet Source</small></p>   | <b>&lt;1</b> % |
| <b>4</b> | <p>Dallas Cliff. "Negotiating A Flexible Retirement: Further Paid Work and the Quality of Life in Early Retirement", Ageing and Society, 2008</p> <p><small>Publication</small></p>  | <b>&lt;1</b> % |

## DEDICATORIA

A mis padres Juan y Nancy, que con su esfuerzo, dedicación y amor me han guiado por el camino del bien, enseñándome buenos valores y principios que permitieron hoy cumplir un sueño más en mi vida, a mi hermano Neymar, que es mi motivación para no rendirme y seguir cumpliendo mis sueños y a mis abuelos que siempre me demuestran su afecto y cariño.

## AGRADECIMIENTO

A Dios, por haberme dado la vida, brindarme salud y llenarme de fortaleza en cada momento para superar mis retos y dificultades.

A mi asesor el ingeniero Juan Carlos Flores Cerna, por aceptar guiarme en el desarrollo de esta investigación, quien me apoyó con sus observaciones para poder terminar esta tesis.

A todos los docentes de la Universidad Privada del Norte de Cajamarca, por sus enseñanzas en mi formación profesional.

A mi novia Mónica, por su apoyo y motivación de no rendirme para poder cumplir uno de mis objetivos planteados.

## Tabla de contenido

|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| JURADO EVALUADOR                      | 2         |
| INFORME SIMILITUD                     | 3         |
| DEDICATORIA                           | 4         |
| AGRADECIMIENTO                        | 5         |
| TABLA DE CONTENIDO                    | 6         |
| ÍNDICE DE TABLAS                      | 7         |
| ÍNDICE DE FIGURAS                     | 9         |
| RESUMEN                               | 10        |
| CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN              | 11        |
| <b>1.1. Realidad problemática</b>     | <b>11</b> |
| <b>1.2. Formulación del problema</b>  | <b>25</b> |
| <b>1.3. Objetivos</b>                 | <b>26</b> |
| <b>1.4. Hipótesis</b>                 | <b>26</b> |
| CAPÍTULO II: METODOLOGÍA              | 27        |
| CAPÍTULO III: RESULTADOS              | 33        |
| CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES | 53        |
| REFERENCIAS                           | 58        |
| ANEXOS                                | 66        |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1 Índice de Calidad del Aire para partículas $PM_{10}$ .....                       | 23 |
| Tabla 2 Concentración de $PM_{10}$ por año .....   | 33 |
| Tabla 3 Temperatura por año .....  | 34 |
| Tabla 4 Humedad por año .....  | 36 |
| Tabla 5 Calculo del índice de la calidad del aire anual .....                            | 39 |
| Tabla 6 Prueba de normalidad de calidad del viento, temperatura y humedad en 2018 .....  | 44 |
| Tabla 7 Relación entre la calidad del viento y la temperatura en el año 2018.....        | 45 |
| Tabla 8 Relación entre la calidad del viento y la humedad en el año 2018 .....           | 45 |
| Tabla 9 Prueba de normalidad de calidad del viento, temperatura y humedad en 2019 .....  | 46 |
| Tabla 10 Relación entre la calidad del viento y la temperatura en el año 2019.....       | 47 |
| Tabla 11 Relación entre la calidad del viento y la humedad en el año 2019 .....          | 47 |
| Tabla 12 Prueba de normalidad de calidad del viento, temperatura y humedad en 2020 ..... | 48 |
| Tabla 13 Relación entre la calidad del viento y la temperatura en el año 2020.....       | 48 |
| Tabla 14 Relación entre la calidad del viento y la humedad en el año 2020 .....          | 49 |
| Tabla 15 Prueba de normalidad de calidad del viento, temperatura y humedad en 2021 ..... | 49 |
| Tabla 16 Relación entre la calidad del viento y la temperatura en el año 2021 .....      | 50 |
| Tabla 17 Relación entre la calidad del viento y la humedad en el año 2021 .....          | 50 |

|  |    |
|--|----|
| Tabla 18 Prueba de normalidad de calidad del viento, temperatura y humedad en 2022 ..... | 51 |
| Tabla 19 Relación entre la calidad del viento y la temperatura en el año 2022 .....      | 51 |
| Tabla 20 Relación entre la calidad del viento y la humedad en el año 2022 .....          | 52 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 Diseño de investigación .....  | 28 |
| Figura 2 Ubicación de la Estación de monitoreo Santa Anita.....                   | 29 |
| Figura 3 Evolución de las concentraciones de $PM_{10}$ .....                      | 34 |
| Figura 4 Evolución de la temperatura .....  | 36 |
| Figura 5 Evolución de la humedad.....   | 37 |
| Figura 6 Variación anual de la temperatura y la concentración del $PM_{10}$ ..... | 38 |
| Figura 7 Variación anual de la humedad y la concentración del $PM_{10}$ .....     | 39 |
| Figura 8 Comparación de ECA anual.....  | 40 |
| Figura 9 Concentración diaria de $PM_{10}$ en setiembre del 2018.....             | 41 |
| Figura 10 Concentración diaria de $PM_{10}$ en setiembre del 2019.....            | 42 |
| Figura 11 Concentración diaria de $PM_{10}$ en setiembre del 2020.....            | 42 |
| Figura 12 Concentración diaria de $PM_{10}$ en setiembre del 2021.....            | 43 |
| Figura 13 Concentración diaria de $PM_{10}$ en setiembre del 2022.....            | 44 |

## RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo determinar la calidad del aire por PM<sub>10</sub> y su relación con los factores meteorológicos de humedad y temperatura en el distrito de Santa Anita en Lima durante los años 2018 al 2022 mediante métodos cuantitativos, descriptivos y diseño no experimental. Los resultados revelaron que en el 2021 presentaron concentraciones superiores de 85,10 µg/m<sup>3</sup>. Respecto a los factores meteorológicos, se encontró que temperatura superior fue 19,54 °C y mayor humedad fue 84,18% , las cuales sucedieron en el año 2020 y 2018 respectivamente. Por otro lado, el INCA determinó un estado bueno para todos los períodos, a excepción de 2019 y 2021, sin embargo, según el ECA se registró que todos los periodos anuales superaron el estándar de 50 µg/m<sup>3</sup>, a excepción de 2020. Por otro lado, las condiciones elevadas de humedad presentaron concentraciones inferiores de PM<sub>10</sub> en 2018 y 2020, mientras que una humedad inferior condicionó mayores concentraciones de PM<sub>10</sub> durante los periodos 2019, 2021 y 2022. Se concluye que, a menor temperatura hubo mayor cantidad de PM<sub>10</sub> durante el 2018, y en 2019 y 2022 se encontró que a mayor temperatura, mayor cantidad de PM<sub>10</sub>, lo cual puede relacionarse al contexto de pandemia.

**PALABRAS CLAVES:** Calidad, aire, meteorológicos, humedad, temperatura, contaminación, PM<sub>10</sub>

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Desde años anteriores y a la actualidad el planeta viene atravesando una crisis ambiental alarmante, pues la polución del aire incorpora un peligro ambiental para la salud de acuerdo con la Organización Panamericana de la Salud y la Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS, 2020) contaminación del aire exterior ocasiona alrededor de 249 mil defunciones prematuras; además el 88% de estas defunciones provienen de países de bajos ingresos. Es así como la contaminación atmosférica asume reconocimiento en las agendas mundiales.

La declaración global sobre la calidad atmosférica por IQAir (2020) reveló cambios sustanciales debido al efecto del COVID-19, el 84% de las naciones han evidenciado progresos en la calidad atmosférica, es así como en el 2020 las ciudades de la India experimentaron el 63% de mejoras en comparación del 2019; además el 83% de las ciudad de China percibieron mejoras en la calidad del aire; mientras que Estados Unidos percibió márgenes medios de polución por partículas que incrementaron un 6,7% durante el período 2020 a pesar de la implementación de las medidas por la pandemia del nuevo coronavirus.

La contaminación atmosférica es responsable del cambio climático, sin embargo, las condiciones climáticas como temperatura y humedad también son un factor incontrolable que influye en las cantidades de contaminantes del aire. Por lo tanto, en el contexto del cambio climático, la correlación entre los factores meteorológicos y los contaminantes del aire ha suscitado una preocupación crucial (Dung et al., 2019), debido a los efectos del  $PM_{10}$  en la salud son más fuertes en los días de alta temperatura para la mortalidad (Chen et al., 2017).

En cuanto a la mortalidad, los estudios epidemiológicos han vinculado incluso pequeños aumentos en las temperaturas máximas o medias diarias con aumentos en la muerte prematura. A nivel mundial, se estimó que durante el año 2012, ocurrieron tres millones de decesos prematuras, donde el 72% fallecieron por cardiopatías isquémicas y accidentes cardiovasculares, y un 14% falleció por neumonías obstructivas crónicas o infecciones agudas de las vías respiratorias, y otro 14% falleció por cáncer en los pulmones, causado por la exposición a material particulado PM<sub>10</sub> (Rojas et al., 2022).

Mientras tanto, en España se ha estimado que durante el periodo comprendido entre 1983 y 2006, hubo un aumento del 19,0% en la mortalidad diaria total durante tres días consecutivos de calor extremo (Pinheiro et al., 2014). Además, en Sudáfrica se observó una asociación entre la temperatura ambiente diaria aparente y la mortalidad diaria por cualquier causa entre 2006 y 2010 con casi medio millón de muertes de una población de aproximadamente 12 millones (Olutola y Wichmann, 2021).

Respecto a la problemática relacionada con los factores meteorológicos de humedad y temperatura se conciben como variables que tienen impacto en la presencia de PM<sub>10</sub> en el ambiente. Por ejemplo, los cambios son impulsados por variaciones en la precipitación, ya que la deposición húmeda representa el principal sumidero de PM. De esta manera, Kraus y Šenitková (2017) observaron niveles más altos de partículas para valores bajos de humedad relativa, pues la disminución de la humedad relativa del aire en un 10% provocó un aumento de la concentración de PM<sub>10</sub> de 10 µg/m<sup>3</sup>.

Por otro lado, algunas fuentes naturales de  $PM_{10}$  incluyen las tormentas de polvo y el polen liberado por las plantas, mientras que una fuente antropogénica común es el cultivo de la tierra. A diferencia del  $PM_{10}$ , el  $PM_{2.5}$  es un contaminante secundario, lo que significa que fórmula por reacciones químicas entre otros gases, por lo tanto, se considera la fracción más dañina en comparación que  $PM_{10}$  (Zhao et al., 2018). Sin embargo, este último presenta mayores concentraciones en el ambiente, por lo que se asume como el principal contaminante indicador de las condiciones generales de calidad del aire.

En ese sentido, los reglamentos de la AEMA (Agencia Europea de Medio Ambiente) y de la OMS (Organización Mundial de la Salud) establecieron un valor de Sudáfrica  $PM_{10}$  de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  como límite medios diarios (Barlik, 2020). Sin embargo, se estimaron valores de  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para 24 h en Tailandia (Kliengchuay et al., 2021).

De acuerdo con Cantú (2020), algunas eventualidades ambientales progresan rápidamente así como las enfermedades nuevas, sin embargo los hechos ambientales exteriorizan las conductas irracionales de las personas, en el que predominan las determinaciones para llevar a cabo alteraciones en el contexto natural, consiguiendo sólo alteraciones en el equilibrio del ambiente; es decir, las actividades que las personas han desarrollado para sobrevivir, han modificado el orden natural de los ecosistemas.

De igual manera Cárdenas et al. (2020), expone que la problemática ambiental es un reto que viene acaeciendo a las ciudades cuyos procesos de urbanización y crecimiento poblacional ocurren aceleradamente sin planificación. A modo de ejemplo, Bogotá y Medellín son dos ciudades que han demostrado la prevalencia de problemas respiratorios en niños

expuestos a la contaminación atmosférica, así como los peligros de sobrepasar los límites máximos aceptables de la OMS (Moreno et al., 2021).

En el caso de Perú, a pesar de que no es un emisor significativo de gases comparado con otras naciones, es vulnerable a las variaciones climáticas drásticas que provocan una frecuencia de precipitación ordinaria, y a su vez, produce avenidas tardías con oleadas de corta duración pero intensas y alternándose con días secos. Por otro lado, las heladas y el exceso de irradiaciones solares altera el funcionamiento de los ecosistemas (Canales, 2018).

En este contexto, en el año 2009, Lima se consideró la ciudad con mayor contaminación, con un más de  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $PM_{10}$ , según el Banco Mundial. Asimismo, la Dirección de Salud aseveró que la morbilidad en Lima Metropolitana en el año 2006 y 2007 se debió en 25% a padecimientos respiratorios (Rojas et al., 2022).

Asimismo, la IQAir (2021) precisó que en el 2021 el Perú alcanzó el puesto número 33 del ranking mundial de los países con mayor contaminación, donde Lima, ocupó el puesto 15 a nivel de Sudamérica, obteniendo una concentración promedio anual de  $PM_{10}$  ascendente a  $19,7 \mu/\text{m}^3$ , lo cual expone a su población al desarrollo de diferentes enfermedades cerebro-cardiovasculares, respiratorias y oncológicas.

En este sentido, los estudios precedentes en el ámbito internacional son los siguientes: Castro (2021) en su investigación analizó la concentración de material particulado  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$  como función del lugar y el tiempo en la ciudad de Esmeralda. El estudio es aplicado con un enfoque cuantitativo. Los análisis de los resultados, indican que el 95% de las mediciones de  $PM_{2.5}$  se hallan por debajo de  $12 \text{ mg}/\text{m}^3$ , por lo que un 5% de las medidas pasaron el nivel de contaminación, y el 100% de las mediciones de  $PM_{10}$  se hallaron dentro del rango permitido

de  $0 - 54 \text{ mg/m}^3$  con un valor de  $34 \text{ mg/m}^3$ . Se concluyó que el análisis los cálculos de  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$  se califican de buena según el ICA.

Orlandoni et al. (2021), en su trabajo publicado, comparó el nivel de material de tipo  $PM_{10}$  con el nivel de ozono troposférico, y evaluó como afecta la calidad atmosférica mediante métodos aplicados. Los resultados de las mediciones hechas para el esquema de circulación del tipo PP2 del material particulado  $PM_{10}$  dieron un valor de  $47,67 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  veinte puntos debajo del valor mínimo permitido. Se concluyó que el esquema de circulación vial PP1 permite un 48% de ganancia ambiental, en comparación con el PP1 cuya ganancia es inferior al 3%.

Dung et al. (2019), en su artículo examinó como influyen los factores meteorológicos como, la humedad, la temperatura y velocidad el viento en la concentración de  $PM_{10}$  en el entorno urbano de Hanoi. El estudio es correlacional, con un enfoque cuantitativo. Los resultados indican que la concentración de  $PM_{10}$  tiene a variar estacionalmente, con una mayor concentración en el invierno, asimismo se observó una correlación entre la contaminación del aire y factores meteorológicos con una significancia de  $<0,5$ . Por tanto, los resultados concluyen que los factores meteorológicos afectan directamente en la cantidad de  $PM_{10}$  presente en el ambiente.

Barlik (2020), en su estudio, determinó el impacto de los parámetros meteorológicos como la temperatura del ambiente, presión del aire, humedad y velocidad de las corrientes de aire en las concentraciones de  $PM_{10}$ , la cual se desarrolló con métodos correlacionales. Los resultados del estudio, señalan que los parámetros seleccionados influyen de manera diferentes en la concentración de  $PM_{10}$ , siendo la presión del aire y la humedad las que generan mayor

concentración de  $PM_{10}$ , con un valor de correlación alto para la temperatura con 0,18470 y más bajo para a la presión del aire, con 0,00018 de correlación. Se concluye que las concentraciones de material particulado son más altas en invierno y otoño, debido al alto uso de calefacción a gas natural de las viviendas.

Di y Li (2019) en su artículo de investigación, realizaron el análisis del índice de calidad del aire en China durante la temporada de calefacción en Xián en un trienio. Se aplicaron métodos correlacionales para establecer la dependencia entre los factores de estudio. Los resultados de la investigación indican que enero presenta el grado de contaminación más alta con material particulado  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ , asimismo se evidenció un incremento de  $NO_2$  y  $O_3$ . Se concluyó que las precipitaciones tienen cierto impacto en la calidad atmosférica en la ciudad de Xian, además de otros parámetros meteorológicos.

En el ámbito nacional, Picoy (2022) en su trabajo de grado, tuvieron como propósito principal, valorar la difusión de partículas tipo  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  y su correlación con condiciones meteorológicas en Champamarca. La investigación es de tipo correlacional. Los resultados del estudio determinaron que existe una correlación del material particulado  $PM_{10}$  con componentes como temperatura, viento y humedad con coeficientes de relación de 0,07, 0,0 y 0,41 individualmente. Se concluye que la temperatura influye enfáticamente en la concentración de material particulado dentro del ambiente.

Durand y Burga (2021) en su investigación desarrollada en Cajamarca, evaluaron la cantidad existente de  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  y su comparación con medidas de calidad natural desde 2012 hasta 2018, los métodos empleados correspondió formas descriptivo-explicativos con niveles aplicativos y diseños no experimentales. Los hallazgos más resaltantes concerniente que

la conglomeración promedio de  $PM_{10}$  más altas fueron 75,58 y 64,63  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para el periodo 2014-2015; además la densidad de  $PM_{2.5}$  se registraron cantidades elevadas en los años 2012 y 2016 con 65,91 y 57,10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , sin embargo, los resultados más bajos fueron 49,13  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en el año 2018. Es así como concluyeron que las concentraciones de  $PM_{10}$  no sobrepasan el ECA, sin embargo, las aglomeraciones de  $PM_{2.5}$  superan el ECA, excepto el año 2018.

Cuadros (2021) en su trabajo de investigación de grado, determinó la relación existente de las condiciones meteorológicas y la calidad del aire producido por partículas 10 debido a la fabricación de ladrillos. La investigación es de tipo exploratoria. Los hallazgos indicaron que la concentración de  $PM_{10}$  exceden al mínimo permitido con un valor de 199,4425  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , asimismo el análisis estadístico señala que existe relación entre los parámetros meteorológico como la temperatura y la calidad atmosférica según el estadístico de RHO de Spearman con una significancia de 0,6, de igual manera la relación de otros parámetros, siendo la humedad, el parámetro con mayor relación, con una correlación de 0,806. Se concluyó que la baja calidad atmosférica se debe a la fabricación de ladrillos artesanales en la comunidad de Cullpa Baja.

Sánchez y Bautista (2019), en su tesis de grado, evaluaron calidad del aire de material  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  y su interdependencia con la temperatura, humedad y velocidad de las corrientes de aire. La investigación es de tipo descriptiva. Los hallazgos demuestran que guardan una relación con las variables meteorológicas como el viento, humedad y temperatura, no obstante, no es significativa, asimismo los  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  guardan una correlación inversa con la velocidad del viento, es decir a velocidades superiores del viento existe menor cantidad de estas partículas. Se concluye que, debido a la falta de investigaciones en la materia en la ciudad de Tarapoto, la investigación servirá como un referente para futuros estudios.

Oscategui (2020), en trabajo de grado, tuvo por objetivo, analizar las concentraciones de material particulado  $PM_{10}$  y su relación con agentes meteorológicos en el distrito de Ate en el periodo 2014-2018. La investigación es de tipo aplicada y descriptiva. Los resultados indicaron que la variación de las cantidades de  $PM_{10}$  desde el 2014 hasta 2018 han incrementado, representando el 2018 el 82% de los días de alta concentración. Se concluyó que los parámetros como la velocidad del viento, humedad relativa tienen correlación negativa, no obstante, la temperatura tiene una correlación positiva con la concentración de  $PM_{10}$  con un coeficiente centesimal de 22.

La contaminación del aire ambiental, la contaminación es uno de los tres principales factores de riesgo naturales desde la década de 1990 y se ha mantenido crítico para hombres y mujeres, especialmente enfermedades cardiovasculares y respiratorias y mortalidad, mientras que en 2010, la contaminación ambiental por PM representó 3,1 millones de defunciones mundiales, además en 2016, esta cifra aumentó a aproximadamente 4 millones de muertes (Petrowski et al., 2021).

Asociado con las diferentes condiciones meteorológicas, el tamaño y la composición de PM en la atmósfera varían ampliamente y podrían causar diversos peligros para la salud y efectos meteorológicos y climáticos en diferentes lugares (Fan et al., 2021). El cambio climático también tiene influencia en la producción de ozono y partículas finas ( $PM_{2.5}$ ) al aumentar las tasas de reacción química en la atmósfera (Keswani et al., 2022).

En este sentido, en Beijing de 2006 a 2009 las estimaciones del efecto de  $PM_{10}$  fueron más fuertes en el nivel de temperatura alta para la mortalidad no accidental, cardiovascular y respiratoria que en el nivel de temperatura baja (Tian et al., 2018). Mientras que en Argentina,

el rango de temperatura es un fuerte factor de riesgo para ingresos por infecciones de las vías respiratorias superiores e inferiores, particularmente en personas de edad avanzada relacionada con la contaminación atmosférica por  $PM_{10}$  (Carreras et al., 2015).

En el caso del Perú, el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) indica que las condiciones meteorológicas favorecer en la acumulación de contaminantes particulados y gaseosos en el aire afectando la calidad del aire, particularmente en el área metropolitana de Lima y Callao (SENAMHI, 2018).

El PM se clasifica principalmente de acuerdo con la distancia aerodinámica, por ejemplo,  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$  son partículas con anchos aerodinámicos menores o mayores a 2,5 y 10  $\mu m$ , individualmente. Las partículas de entre 10  $\mu m$  proceden básicamente de fuentes naturales, aunque también pueden ser provocadas por actividades humanas como la combustión de rellenos fósiles, la combustión mecánica de carbón, el debilitamiento del motor del vehículo, entre otros (Fan et al., 2021).

Con respecto a la deposición de estos contaminantes en el cuerpo, el  $PM_{10}$  generalmente se acumula en las vías respiratorias superiores, lo que puede provocar alteraciones en las membranas mucosas oculares y nasales. Mientras que,  $PM_{2.5}$  puede viajar a las vías respiratorias pequeñas y ejercer su influencia en el espacio alveolar, así como a través de la membrana alvéolo-capilar, causando translocación sistémica a órganos extrapulmonares (Keswani et al., 2022).

Las mediciones en zonas urbanas indican que, más del 80% de los residentes están expuestos a niveles de calidad del aire que superan los límites de las pautas de la OMS, y los países de ingresos bajos y medianos sufren los niveles de exposición más altos, tanto en

interiores como en exteriores. Las fuentes de estos contaminantes del aire suelen estar más concentradas en las áreas urbanas, aunque los contaminantes pueden ser arrastrados por el viento de las fuentes urbanas y contribuir a los niveles de contaminación en las áreas circundantes (Sirithian y Thanatrakolsri, 2022).

Es así como la polución del aire ha tomado relevancia y realce dentro de las políticas ambientales en el mundo, por ello, en setiembre del año 2015, la Asamblea General de las Naciones Unidas, adoptó nuevas políticas para el desarrollo sostenible con proyección al 2030, teniendo como finalidad reducir el número de muertes y enfermedades respiratorias, así como la disminución del impacto ambiental negativo en las ciudades.

Sin embargo, se observó una reducción repentina de la concentración de contaminantes atmosféricos en muchos países entre fines del año 2020 y 2021. Durante este período, la mayoría de las actividades productivas en todo el mundo tuvieron que detenerse inesperadamente debido a la epidemia provocada por la reciente toxina SARS-CoV-2, y la enfermedad relacionada de COVID-19 (Pala et al., 2022).

Asimismo, las condiciones meteorológicas peculiares como la alta concentración de sal marina y arena traída por los vientos del este en el comienzo del confinamiento y un aumento coincidente de la velocidad del viento durante varios días podrían haber contribuido a este fenómeno. Se sabe que los factores meteorológicos desempeñan un papel importante en la modulación de la concentración de partículas y otros contaminantes debido a que el viento tiende a dispersarlos, mientras que temperaturas más bajas o más altas pueden crear condiciones favorables para concentraciones más altas (Pala et al., 2022).

Si bien es cierto, las medidas aplicadas de confinamiento por el coronavirus evidenciaron hasta un 17% de reducciones de emisiones de carbón (Organización de las Naciones Unidas, 2020), sin embargo, la reactivación de las economías y la nueva normalidad aportó consigo mayor acentuación de la contaminación atmosférica, por lo tanto, el presente estudio sobre el cambio climático frente a la COVID-19 en el sector del parque automotor y en la industria en Perú, permitirá comprender profundamente estos fenómenos para proyectar nuevas transformaciones sociales enfocadas en la responsabilidad ambiental y nuevas políticas ambientales más consistentes que garanticen el desarrollo sostenible para construir una sociedad fuerte que pueda adaptarse a las pandemias modernas (Begoña, 2020).

De acuerdo con el Centro Tyndall de Gran Bretaña, Perú es la tercera nación más vulnerable al cambio climático, debido a la geología y biodiversidad climática, pues posee 27 de los 32 climas en todo el mundo (Obando, 2021). Además, el INDC señala que se presentan siete de las nueve características necesarias para mencionada clasificación, por lo que, para el año 2050, se espera un aumento de la variabilidad de precipitación en 20% y una temperatura elevada en 2 °C (Avilez et al., 2017).

Al respecto, el reciente crecimiento económico en el Perú ha hecho necesario consumir más energía, además de recursos y servicios por personas y empresas, que producen la salida de toxinas y gases que modifican la calidad ambiental y afectan la salud de las personas, y perjudican el medio ambiente. En ese sentido, el Ministerio del ambiente (MINAM) se encarga de gestionar la calidad el aire teniendo en cuenta los contaminantes atmosféricos, químicos y físicos.

El Gobierno Peruano junto con el MINAM y el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI, 2022a) señalan que los índices de calidad del aire (INCA) estimados a Ministerio partir de las mediciones de las cantidades horarias de seis toxinas, de acuerdo con las estaciones de control de calidad discutidas, se incluyen parámetros como  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ , CO,  $SO_2$ ,  $NO_2$  y  $O_3$ .

Es así como Carrión (2021) señala que el MINAM autorizó el plan de acción para la mejora de la calidad del aire en Lima y Callao (2021-2025) mismo que tiene como metas la disminución de los contaminantes atmosféricos para lograr un avance de los sistemas de monitoreo meteorológico y la calidad del aire en las áreas metropolitanas de los distritos; además de promover herramientas económicas para el fomento de tecnologías limpias y mejorar la competencia técnica de los funcionarios encargados de discutir la gestión de calidad en los gobiernos a nivel nacional. Debido al aumento de la polución de la atmósfera en Lima Metropolitana, los adultos mayores, adolescentes y niños con afecciones cardiacas y problemas respiratorios son los más afectados, por ello es importante calcular la calidad del aire, ya que es la solución para que los especialistas actualicen planes para anticipar daños al bienestar de miles de personas.

Desde la perspectiva del Ministerio del Ambiente (2022), las personas respiramos aire que tiene una estructura compleja, compuesto alrededor de mil sustancias distintas, donde destacan el oxígeno, nitrógeno e hidrógeno, pues sin estos tres compuestos no sería posible la vida en la tierra. Así, la calidad del aire está relacionada directamente con su composición, donde la presencia y concentración de diversas sustancias determinan la calidad del aire, la cual

está indicada por la intensidad o concentración de contaminantes, la presencia o apariencia física de microorganismos.

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI] (2018), la calidad del aire se refiere a la ausencia de contaminantes atmosféricos en el aire, lo cual es un indicador apto para respirar; porque un ambiente sin aire de calidad puede poner en peligro o dañar la salud humana. Además, el índice de calidad del aire (INCA) se calcula de las concentraciones por hora de seis parámetros y toma en consideración las estimaciones de las estaciones de control de calidad. Por tanto, se basa en un punto de adecuación según los umbrales de alerta, peligro y urgencia establecidos por los países (Medina, 2022).

**Tabla 1**

*Índice de Calidad del Aire para partículas PM<sub>10</sub>*

| Material Particulado (PM <sub>10</sub> ) Promedio 24 Horas |                            |   |
|--|----------------------------|---|
| Intervalo del INCA   | Intervalo de concentración | Ecuación                                |
| 0 – 50   | 0 – 75                     |   |
| 51 – 100   | 76 - 150                   | $I (PM_{10}) = [ PM_{10} ] * 100 / 150$ |
| 101 – 167  | 151 - 250                  |   |
| >167   | >250                       |   |

| CLASIFICACIÓN | VALORES DEL INCA | COLORES    |
|---------------|------------------|------------|
| Buena         | 0 - 50           | Verde      |
| Moderada      | 51 - 100         | Amarillo   |
| Mala          | 101 - 167        | Anaranjado |
| VUEC*         | >VUEC*           | Rojo       |

*Nota.* Adaptado de Peralta (2017)

Por otro lado, el **estándar de calidad ambiental** (ECA) de aire es la medición que determina la cantidad de elementos, compuestos o factores físicos, biológicos y químicos que están presentes en el aire y que no representan una amenaza seria para el medio ambiente o la salud; a continuación, se enlistan las mediciones de contaminantes gaseosos del SENAMHI:

- **Material particulado con diámetro inferior a 10 micras ( $PM_{10}$ ):** son diminutas partículas fuertes o fluidas transportadas de restos ordenados y ardientes, sedimentos, metales, cemento o polvo con una distancia aerodinámica más baja a través a  $10\ \mu m$ . Están compuestas principalmente por sustancias inorgánicas como silicatos y aluminatos, así como por metales pesados o materiales orgánicos unidos a partículas de carbono.
- **Material particulado con un diámetro inferior a 2.5 micras ( $PM_{2.5}$ ):** se trata de partículas con un diámetro inferior a 2.5 micras; estas son tan diminutas que un microscopio electrónico es el único instrumento que puede detectarlas; todas las formas de combustión, incluidas las de los automóviles, las centrales eléctricas, los hogares donde se quema madera, los incendios forestales y otras actividades industriales, son fuentes de partículas finas.
- **Monóxido de carbono (CO):** es un gas incoloro y extremadamente tóxico, llegando a tener una frecuencia de monitoreo de una hora diaria.
- **Dióxido de azufre ( $SO_2$ ):** conocido como óxido de azufre, es un gas inodoro de olor penetrante; también, es un material reductor que acaba convirtiéndose en trióxido de azufre durante la unión con la humedad, el cual, en circunstancias típicas, no produce reacciones inmediatas.

- **Dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ):** conocido como óxido de nitrógeno, esta es una molécula química creada por los elementos de nitrógeno y oxígeno, cuyo color es marrón amarillento, en los procesos de combustión a alta temperatura, como los de los autos y centrales eléctricas, se produce como un subproducto, por ello su contaminación es frecuente en zonas urbanas.
- **Ozono ( $O_3$ ):** puede ser un oxidante efectivo que produce impactos desfavorables en el bienestar de las personas, por lo que es fundamental observarlo ocho horas al día.

## 1.2. Formulación del problema

### **Problema general:**

¿Cuál es la relación de la calidad del aire por  $PM_{10}$  con los factores meteorológicos de humedad y temperatura en el distrito de Santa Anita - provincia de Lima durante los años 2018 al 2022?

### **Problemas específicos**

¿Cuál es la información de SENAMHI sobre los factores meteorológicos de humedad y temperatura durante los años 2018 - 2022 en el distrito de Santa Anita - provincia de Lima?

¿Cuál es el índice de la calidad del aire (INCA) en el distrito de Santa Anita de los parámetros  $PM_{10}$  durante los años 2018 al 2022?

¿Cuál es la comparación de los resultados obtenidos con los estándares de calidad ambiental del aire (ECA) en el distrito de Santa Anita durante los años 2018 al 2022?

### **1.3. Objetivos**

#### **Objetivo general**

Determinar la calidad del aire por  $PM_{10}$  y su relación con los factores meteorológicos de humedad y temperatura en el distrito de Santa Anita - provincia de Lima durante los años 2018 al 2022.

#### **Objetivos específicos**

Recopilar información de SENAMHI sobre los factores meteorológicos de humedad y temperatura durante los años 2018 - 2022 en el distrito de Santa Anita - provincia de Lima.

Determinar el índice de la calidad del aire (INCA) en el distrito de Santa Anita de los parámetros  $PM_{10}$  durante los años 2018 al 2022.

Comparar los resultados obtenidos con los estándares de calidad ambiental del aire (ECA) en el distrito de Santa Anita durante los años 2018 al 2022.

### **1.4. Hipótesis**

Existe relación de la calidad del aire por  $PM_{10}$  con los factores meteorológicos de humedad y temperatura en el distrito de Santa Anita - provincia de Lima durante los años 2018 al 2022.

## **CAPÍTULO II: METODOLOGÍA**

### **Tipo de investigación**

El estudio presentó un enfoque cuantitativo, según Ñaupas et al. (2018), empleando métodos y técnicas que permitieron medir las variables en estudio; es decir, este enfoque utilizó la recolección y análisis de datos hasta la comprobación de las hipótesis; al respecto, para la obtención de la información se utilizó un instrumento que permitió recabar datos que fueron cuantificados para comprobar la posible relación entre la temperatura y humedad relativa con la contaminación por partículas  $PM_{10}$  en el distrito de Santa Anita.

### **Nivel de investigación**

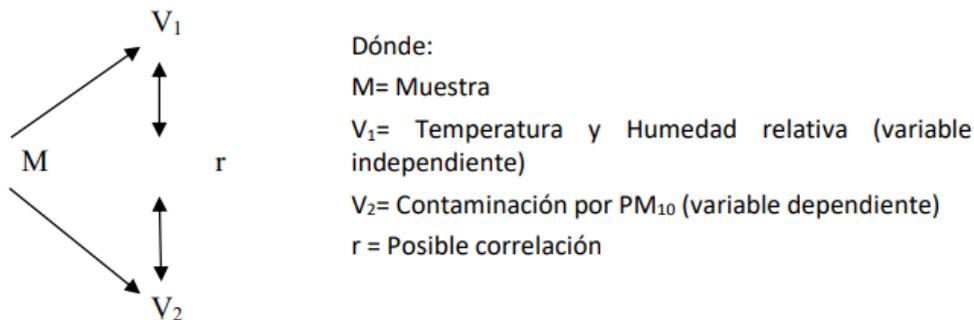
Además, el nivel descriptivo de acuerdo con Gallardo y Calderon (2017) comprendió el registro, análisis, descripción e interpretación de la naturaleza actual; también busca describir los datos y caracterizar el fenómeno de estudio; en ese sentido, el investigador midió la presencia de los fenómenos dentro de la población, a su vez, la investigación fue transversal, ya que, a que implicó la recopilación de información durante un período de tiempo comprendido durante los años 2018 al 2022.

### **Diseño experimental de investigación**

El diseño no experimental según Arias y Covinos (2021), no admite que las variables sean manipulados, por el contrario, se consideraron la evaluación de las variables en su contexto natural; al respecto, el investigador se limitó a evaluar el comportamiento de los fenómenos (variables) en su contexto natural, sin ejercer manipulación alguna, evitando la alteración de las situaciones. Por otro lado, se aplicaron métodos correccionales entre los factores meteorológicos y la calidad del aire en el distrito de Santa Anita.

**Figura 1**

*Diseño de investigación*



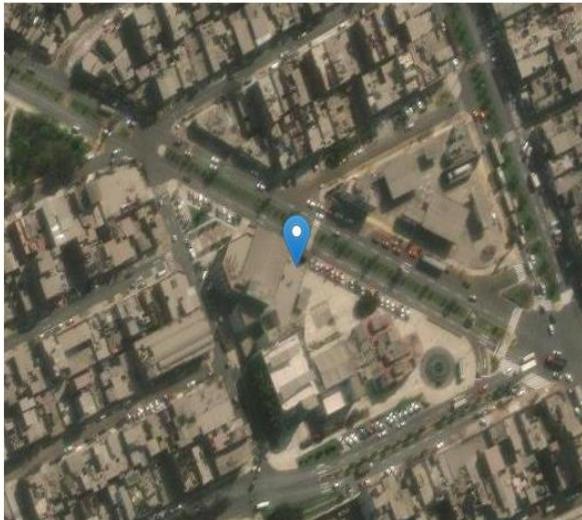
*Nota.* (Galloza & Ponce, 2022)

**Población y muestra**

La población definida por Ñaupas et al. (2018) como el número total de elementos que disponen de características necesarias para ser consideradas parte de una investigación; en ese sentido la población estuvo compuesta por la información que maneja el SENAMHI sobre los factores meteorológicos de humedad y temperatura, así como el contaminante de  $PM_{10}$  en el distrito de Santa Anita durante todo el período de operación desde el 2011 hasta la actualidad. Mientras que la muestra, es una parte significativa de la población, estos elementos deben poseer características similares y necesarias; en ese sentido, la muestra estuvo conformada por los datos sobre los factores meteorológicos de humedad y temperatura, así como el contaminante de  $PM_{10}$  en el distrito de Santa Anita comprendido entre los años 2018 al 2022.

## Figura 2

### *Ubicación de la Estación de monitoreo Santa Anita*



#### Inforación general

|                     |   |
|---------------------|---|
| PROPIETARIO         | SENAMHI                                   |
| OPERADOR            | Dirección de Redes de Observación y Datos |
| PROVINCIA           | LIMA                                      |
| DISTRITO            | SANTA ANITA                               |
| COORDENADAS         | -12.04302 -76.97144                       |
| RECEPCIÓN DE DATOS  | En Línea                                  |
| INICIO DE OPERACIÓN | 14/06/2011                                |

*Nota.* Adaptado de SENAMHI (2022b).

#### **Técnica e instrumento de recolección de datos**

La técnica a emplear fue el análisis documental como expresa Arias y Covinos (2021), este se guía en un proceso de revisión que se emplea para obtener datos del contenido; en ese sentido, los registros de monitoreo en la base de datos del SENAMHI fueron las fuentes principales que permitieron al investigador adquirir datos necesarios para el desarrollo de sus resultados. Siendo la ficha de análisis documental, el cual permitió recopilar información y datos de las fuentes que se consultaron, se ordenaron y planificaron las fichas tomando en consideración los datos que se buscaban para la presente investigación.

Sin embargo, es importante destacar que la estación de monitoreo Santa Anita se sitúa en la azotea del Palacio Municipal a una altura de la toma de muestra 13 metros, donde los instrumentos utilizados por el organismo técnico especializado para el monitoreo de las

variables corresponden a una microbalanza oscilatoria Monitor TEOM 1405 de marca THERMO SCIENTIFIC para medir el material particulado menor a 10 micras ( $PM_{10}$ ), un sensor de transductor de temperatura del aire de marca SIAP+MICROS para medir la humedad y temperatura, ambos equipos operan con una técnica de medición automática.

La calibración de los equipos de medición se llevaba a cabo en la instalaciones de Laboratorio de Instrumental Hidrometeorológico, el cual cambio de denominación a Centro de diagnóstico, mantenimiento, y calibración de instrumentos y equipos de estaciones meteorológicas, hidrológicas y de vigilancia atmosférica (CEDIMAC) en el 2022, en donde se gestiona el diagnóstico, mantenimiento, comprobación y calibración de instrumentos, equipos y estaciones meteorológicas, hidrológicas y de vigilancia atmosférica según sea necesario para asegurar la provisión datos de manera oportuna y confiable (SENAMHI, 2022c).

Además, la validación de los datos, la validación de los datos horarios y la identificación de la confiabilidad es registrado por el organismo técnico especializado con una frecuencia anual, considerando datos inválidos cuando superan los límites superiores e inferiores fijados en el equipo de medición. De esta manera, en la Estación Santa Anita, el desempeño de los equipos automáticos de  $PM_{10}$  fue regular porque sus porcentajes de captura de datos válidos horarios durante el año estuvieron entre el 50 % y 75 % (Sánchez et al., 2015).

Esta situación condicionó la ausencia de datos en algunos monitoreos diarios, lo cual puede ser ocasionado por diversas razones que incluyen días de mantenimiento o averías del equipo o sistema eléctrico, inasistencia del personal, entre otros. Además, se pueden presentar datos no consistentes por motivo de la mala calibración del equipo, ausencia de mantenimiento del equipo, cambio inoportuno de filtros para la toma de muestras (Oscategui, 2020).

## **Procedimientos**

Los procedimientos de la investigación incluyeron la recopilación de los datos brindados por el SENAMHI, donde se tomó en cuenta los contaminantes gaseosos obtenidos de las estaciones de monitoreo del distrito de Santa Anita durante los años 2018 al 2022, también se obtuvieron datos secundarios de los parámetros meteorológicos incluida la temperatura atmosférica (T) y la humedad relativa (RH). Esta base contiene valores por hora y diaria, por ello se realizaron algunos ajustes, logrando obtener información en base al promedio mensual y anual.

Además, los datos obtenidos se compararon con los valores determinados en los Estándares de Calidad del Aire (ECA) y el Índice de Calidad del Aire (INCA) para determinar la calidad del aire en el distrito de Santa Anita. Al final, se presentó la información en forma de tablas y figuras, las cuales fueron interpretados, tratando de concretar cada objetivo, a partir de las cuales, además de contrastar hipótesis, se podrán realizar discusiones de investigación y conclusiones.

## **Procesamiento de datos**

Se utilizó la herramienta estadística SPSS para evaluar la relación entre la concentración de  $PM_{10}$  y los factores meteorológicos mediante el coeficiente de correlación de Spearman ( $r$ ). Además, los aspectos éticos, de la investigación fueron el uso de información y datos proporcionada por fuentes confiables como el SENAMHI la cual concentra información diaria y mensual de los contaminantes gaseosos de la provincia de Lima; así mismo, la investigación consideró fundamental respetar el derecho de autor, en donde se consignaron los lineamientos establecidos por las normas APA séptima edición.

### **Aspectos éticos**

El estudio se desarrolló en base a la metodología y reglas propuestas por la Institución educativa superior, además se garantiza los principios de honestidad, originalidad y autenticidad de los datos. Por otro lado, se considera el respeto en la autoría y los derechos de los autores que contribuyeron a este trabajo con su investigación mediante el citado correcto a fin de evitar plagio.

### CAPÍTULO III: RESULTADOS

La obtención de los resultados en la presente investigación conforme al primer objetivo planteado se muestra sobre la recopilación de información de SENAMHI en relación con las concentraciones de  $PM_{10}$  durante los años 2018 - 2022 en el distrito de Santa Anita - provincia de Lima.

**Tabla 2**

*Concentración de  $PM_{10}$  por año*

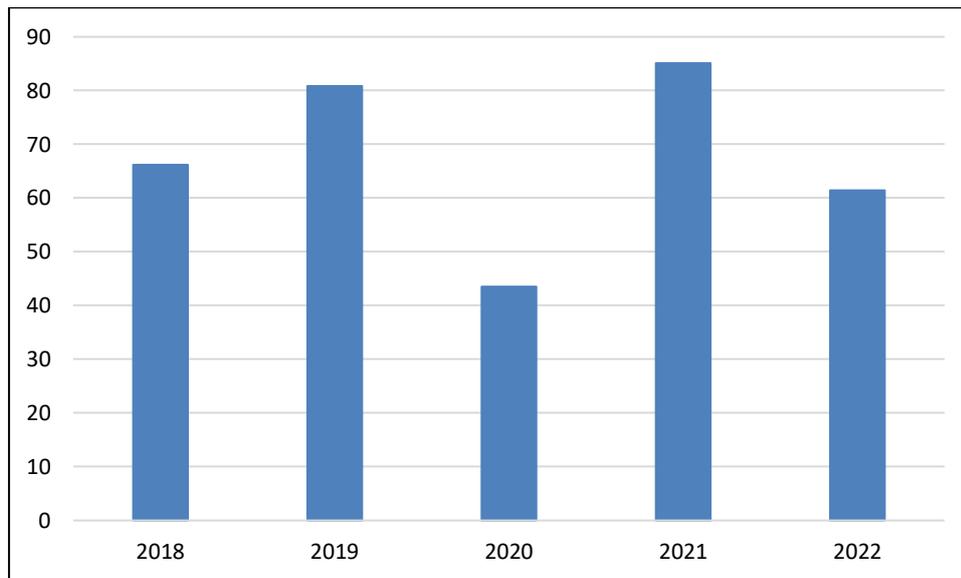
| MESES          | $PM_{10}$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ por año |        |       |        |       | Promedio mensual |
|----------------|--|--------|-------|--------|-------|------------------|
|                | 2018                                       | 2019   | 2020  | 2021   | 2022  |                  |
| Enero          | 64,69                                      | 52,31  | 52,89 | 73,17  | 40,36 | 56,69            |
| Febrero        | S/D  | 55,10  | 34,51 | 92,46  | 43,34 | 56,35            |
| Marzo          | S/D  | 73,47  | 24,66 | 72,34  | 38,40 | 52,22            |
| Abril          | 64,40                                      | 81,33  | 22,20 | 99,47  | 49,49 | 63,38            |
| Mayo           | 73,60                                      | 85,98  | 25,25 | 110,01 | 81,08 | 75,18            |
| Junio          | 53,18                                      | 58,63  | 26,55 | 56,73  | 77,84 | 54,59            |
| Julio          | 61,26                                      | S/D    | 31,30 | 50,46  | 66,71 | 52,43            |
| Agosto         | 62,30                                      | S/D    | 32,52 | 103,08 | 77,88 | 68,95            |
| Setiembre      | 84,64                                      | 105,22 | 66,61 | 122,76 | 70,31 | 89,91            |
| Octubre        | 67,51                                      | 106,54 | 68,70 | 96,15  | 68,06 | 81,39            |
| Noviembre      | 66,24                                      | 76,01  | 38,63 | S/D    | 55,36 | 59,06            |
| Diciembre      | 64,05                                      | 113,63 | 98,73 | 59,50  | 68,64 | 80,91            |
| Promedio anual | 66,19                                      | 80,82  | 43,55 | 85,10  | 61,46 |                  |

En la Tabla 2 y Figura 3 se puede observar que el período anual de 2021 presentó mayor significancia con concentraciones de  $PM_{10}$  en  $85,10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mientras en relación con el periodo

mensual se obtuvo que el mes de setiembre presentó mayor significancia con concentraciones de  $PM_{10}$  en  $89,91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### Figura 3

*Evolución de las concentraciones de  $PM_{10}$*



Por otro lado, la recopilación de información de SENAMHI en relación con los factores meteorológicos durante los años 2018 - 2022 en el distrito de Santa Anita - provincia de Lima, se muestran en la siguiente tabla:

### Tabla 3

*Temperatura por año*

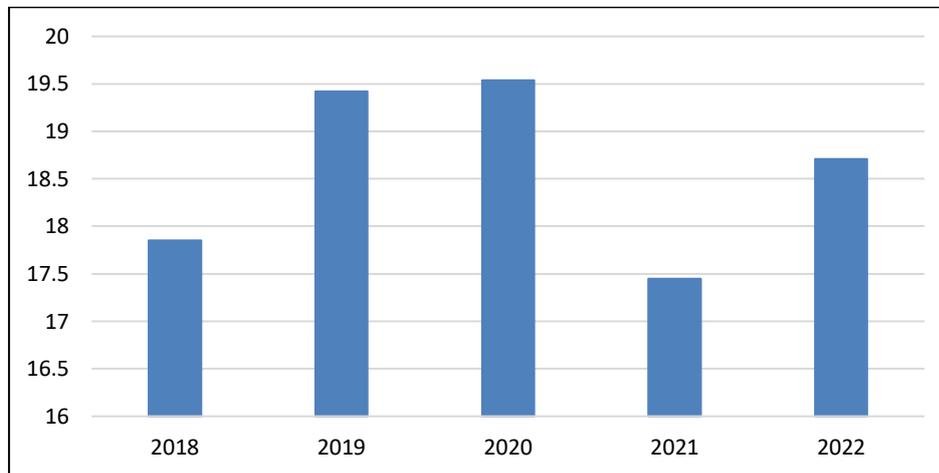
| MESES   | Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) por año |       |       |      |       | Promedio mensual |
|---------|--|-------|-------|------|-------|------------------|
|         | 2018                                       | 2019  | 2020  | 2021 | 2022  |                  |
| Enero   | 22,15                                      | 23,34 | 23,05 | S/D  | 22,76 | 22,83            |
| Febrero | S/D  | 25,49 | 24,51 | S/D  | 23,73 | 24,58            |

|                |       |       |       |       |       |       |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Marzo          | S/D   | 24,48 | 25,04 | S/D   | 24,09 | 24,54 |
| Abril          | S/D   | 22,58 | 23,06 | 21,17 | 20,79 | 21,90 |
| Mayo           | 18,56 | S/D   | 19,70 | 18,34 | 17,88 | 18,62 |
| Junio          | 15,89 | 15,86 | 16,89 | 16,73 | 15,99 | 16,27 |
| Julio          | 15,62 | 15,01 | 15,47 | 15,87 | 14,95 | 15,38 |
| Agosto         | 15,12 | 14,75 | 15,44 | 15,49 | 14,68 | 15,10 |
| Setiembre      | 15,99 | 15,67 | 16,06 | 15,76 | 15,04 | 15,70 |
| Octubre        | 17,33 | 16,66 | 17,65 | 16,04 | 15,71 | 16,68 |
| Noviembre      | 18,86 | 18,89 | 18,06 | 17,90 | 18,18 | 18,38 |
| Diciembre      | 21,17 | 20,93 | S/D   | 19,79 | 20,67 | 20,64 |
| Promedio anual | 17,85 | 19,42 | 19,54 | 17,45 | 18,71 |       |

En la Tabla 3 y Figura 4 se puede observar que el período anual de 2020 presentó mayor significancia con valores de temperatura en 19,54 °C, mientras en relación con el periodo mensual se obtuvo que el mes de febrero presentó mayor significancia con valores de temperatura en 24,58 °C.

**Figura 4**

*Evolución de la temperatura*



En la Tabla 4 y Figura 5 se puede observar que el período anual de 2018 presentó mayor significancia con valores de humedad en 84,18%, mientras en relación con el periodo mensual se obtuvo que el mes de julio presentó mayor significancia con valores de humedad en 86,93%.

**Tabla 4**

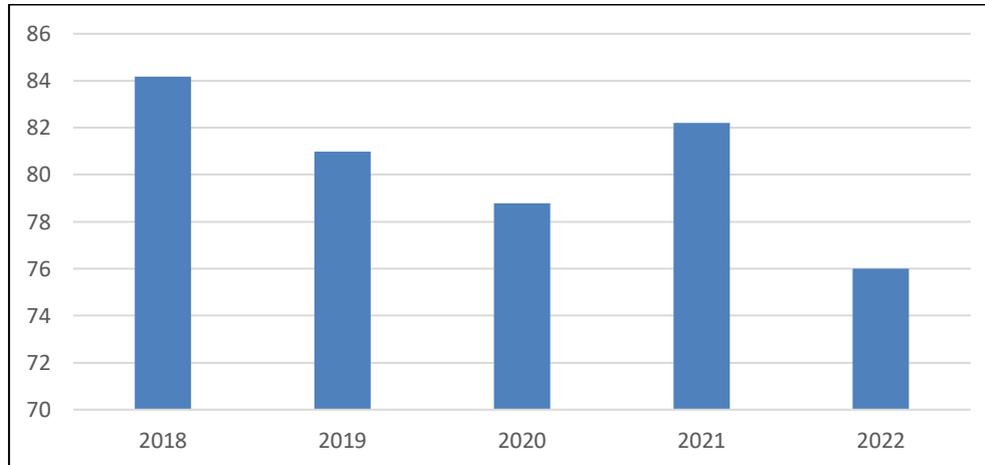
*Humedad por año*

| MESES   | Humedad (%) por año |       |       |       |       | Promedio mensual |
|---------|---------------------|-------|-------|-------|-------|------------------|
|         | 2018                | 2019  | 2020  | 2021  | 2022  |                  |
| Enero   | 80,86               | 75,39 | 77,97 | S/D   | 71,45 | 76,42            |
| Febrero | S/D                 | 70,90 | 74,80 | S/D   | 65,05 | 70,25            |
| Marzo   | S/D                 | 68,64 | 69,40 | S/D   | 63,07 | 67,04            |
| Abril   | S/D                 | 76,40 | 71,68 | 71,50 | 71,70 | 72,82            |
| Mayo    | 86,29               | S/D   | 78,47 | 82,45 | 77,25 | 81,12            |

|                |       |       |       |       |       |       |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Junio          | 87,04 | 88,43 | 84,07 | 87,31 | 80,71 | 85,51 |
| Julio          | 89,14 | 90,89 | 84,33 | 86,08 | 84,22 | 86,93 |
| Agosto         | 88,27 | 88,55 | 84,09 | 86,47 | 85,22 | 86,52 |
| Setiembre      | 85,68 | 87,30 | 82,82 | 83,37 | 82,66 | 84,37 |
| Octubre        | 83,03 | 83,28 | 80,42 | 83,81 | 80,12 | 82,13 |
| Noviembre      | 80,01 | 81,25 | 78,66 | 80,58 | 77,03 | 79,51 |
| Diciembre      | 77,27 | 79,91 | S/D   | 78,25 | 73,41 | 77,21 |
| Promedio anual | 84,18 | 80,99 | 78,79 | 82,20 | 75,99 |       |

## Figura 5

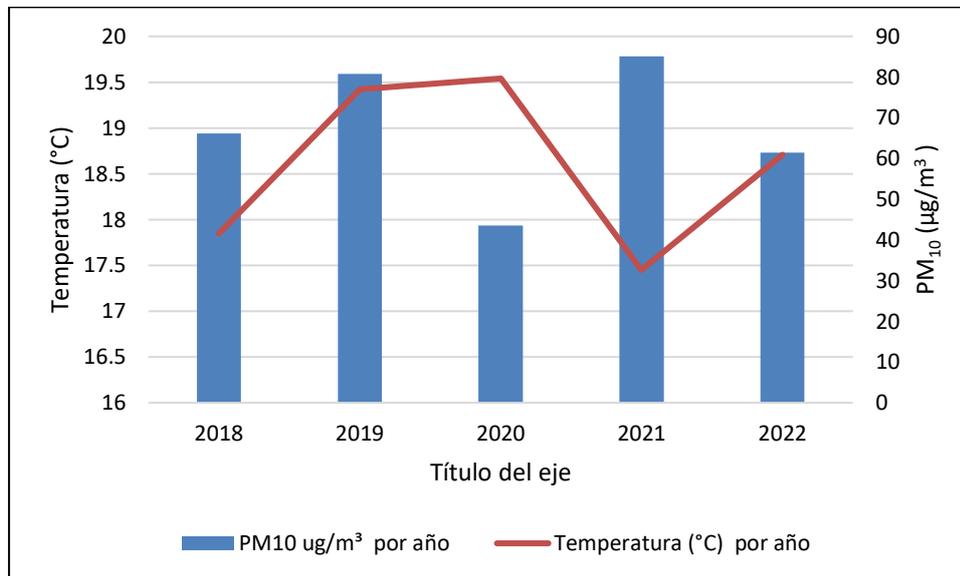
### *Evolución de la humedad*



En el caso de la relación de la temperatura y la concentración del  $PM_{10}$ , según la figura 6, se evidencia que cuando la temperatura fue menor hubo mayor cantidad de material particulado durante el 2018, por el contrario, en los períodos de 2019 y 2022 se encontró que, a mayor temperatura, mayor cantidad de material particulado.

**Figura 6**

*Variación anual de la temperatura y la concentración del  $PM_{10}$*

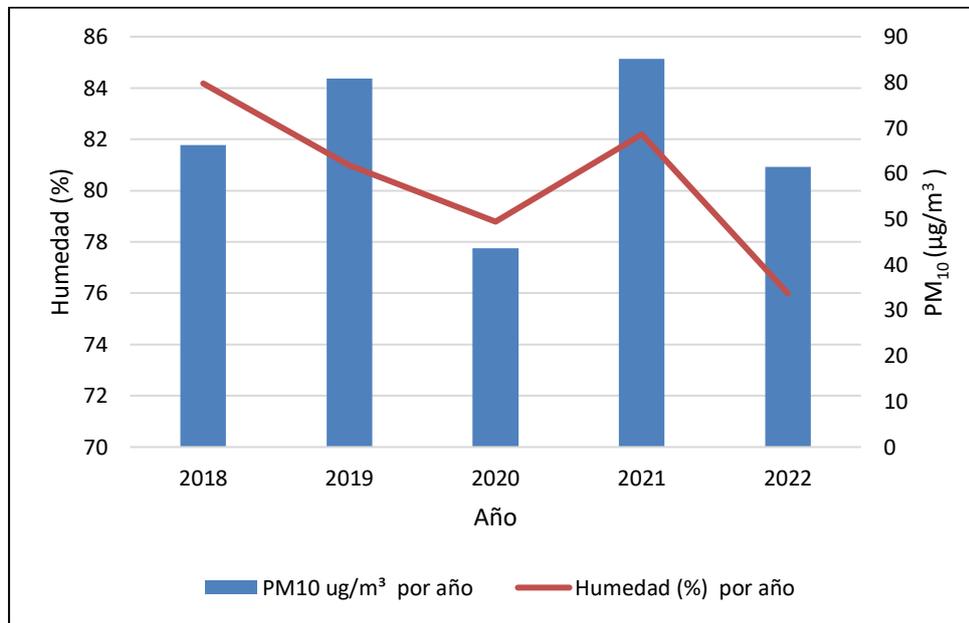


Sin embargo, sucedió una variación anómala en el año 2020 que presentó una elevada temperatura, pero bajas concentraciones de  $PM_{10}$ , mientras que el año 2021 se observó una baja temperatura, pero altas concentraciones de  $PM_{10}$ , lo cual puede deberse al contexto de la pandemia.

Por otro lado, la relación de la humedad y la concentración del  $PM_{10}$ , según la figura 7, se evidencia que las condiciones elevadas de humedad presentaron concentraciones inferiores de materiales particulados en los años de 2018 y 2020, mientras que una humedad inferior condicionó mayores concentraciones de materiales particulados durante los periodos de 2019, 2021 y 2022.

**Figura 7**

*Variación anual de la humedad y la concentración del  $PM_{10}$*



Referente al índice de la calidad del aire (INCA) en el distrito de Santa Anita de los parámetros  $PM_{10}$  durante los años 2018 al 2022, en donde se obtuvo los valores de  $44,13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $53,88 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $29,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $56,73 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $40,97 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para todos 2018, 2019, 2020, 2021 y 2022 respectivamente, lo cual significa que el nivel de contaminación de aire se encuentra en estado bueno para todos los períodos, debido la concentración de  $PM_{10}$  se incluye en el intervalo de relación 0 a 50, a excepción de 2019 y 2021 que presentaron valores entre 51 – 100, como se detalla en la tabla 5.

**Tabla 5**

*Calculo del índice de la calidad del aire anual*

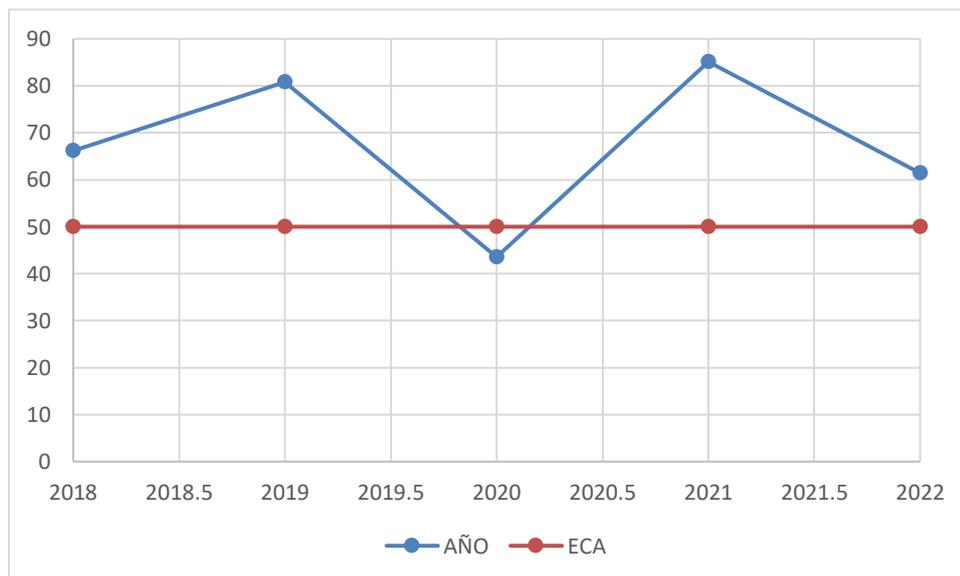
| Período | Concentración de $PM_{10}$ | INCA | Intervalo de concentración $PM_{10}$ | Intervalo de INCA | Nivel de contaminación de aire |
|---------|----------------------------|------|--------------------------------------|-------------------|--------------------------------|
|---------|----------------------------|------|--------------------------------------|-------------------|--------------------------------|

|      |       |       |        |          |          |
|------|-------|-------|--------|----------|----------|
| 2018 | 66,19 | 44,13 | 0 - 75 | 0 - 50   | Buena    |
| 2019 | 80,82 | 53,88 | 0 - 75 | 51 - 100 | Moderada |
| 2020 | 43,55 | 29,03 | 0 - 75 | 0 - 50   | Buena    |
| 2021 | 85,10 | 56,73 | 0 - 75 | 51 - 100 | Moderada |
| 2022 | 61,46 | 40,97 | 0 - 75 | 0 - 50   | Buena    |

Los resultados obtenidos se comparan en relación con los estándares de calidad ambiental del aire (ECA) en el distrito de Santa Anita tanto a escala anual como escala diaria. En primer lugar, los estándares anuales demostraron que el año 2020 tuvo una concentración menor que el ECA, sin embargo, los demás períodos superaron el ECA.

### Figura 8

*Comparación de ECA anual*

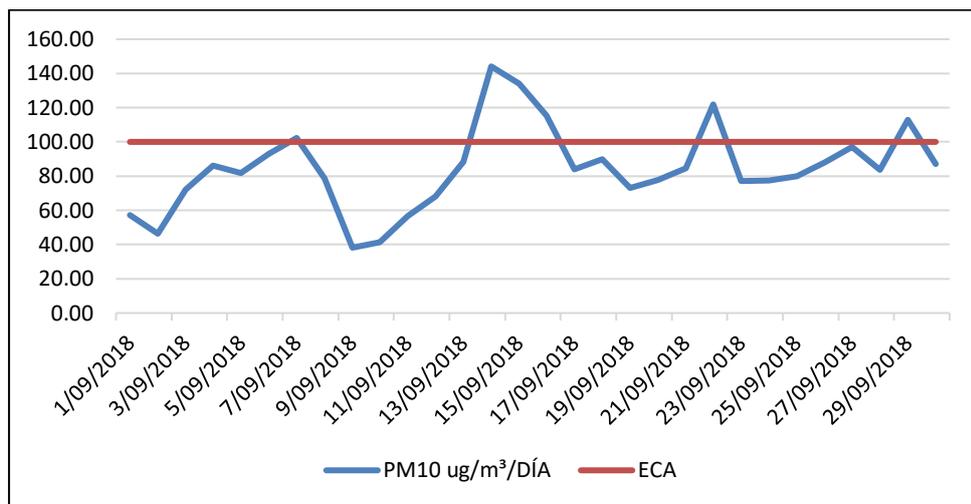


Por otro lado, en relación con los estándares de calidad diaria en base al valor de  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  se realizó la comparación con el mes que resultó en mayor contaminación del aire por

materiales particulados PM<sub>10</sub>, de esta manera se analizó el mes de setiembre durante los años 2018 al 2022.

**Figura 9**

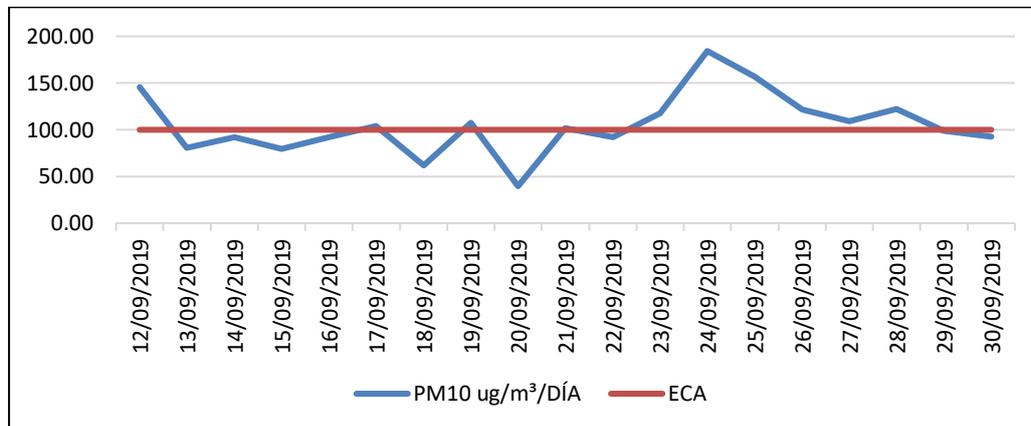
*Concentración diaria de PM<sub>10</sub> en setiembre del 2018*



La figura 9 presenta las estimaciones del material particulado PM<sub>10</sub> con mayor significancia obtenida el 14/09/2018 que presentó valores de 144,10 µg/m<sup>3</sup>, que exceden el ECA-aire cuyo límite de cuantificación establece una concentración de 100 µg/m<sup>3</sup>.

**Figura 10**

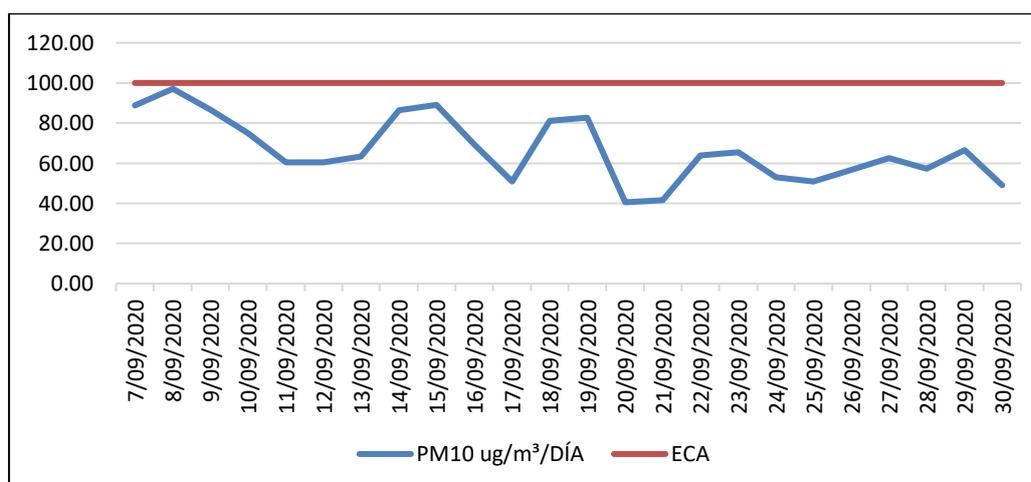
*Concentración diaria de  $PM_{10}$  en setiembre del 2019*



La figura 10 presenta las estimaciones del material particulado  $PM_{10}$  con mayor significancia obtenida el 24/09/2019 que presentó valores de  $184,30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , que exceden el ECA-aire cuyo límite de cuantificación establece una concentración de  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**Figura 11**

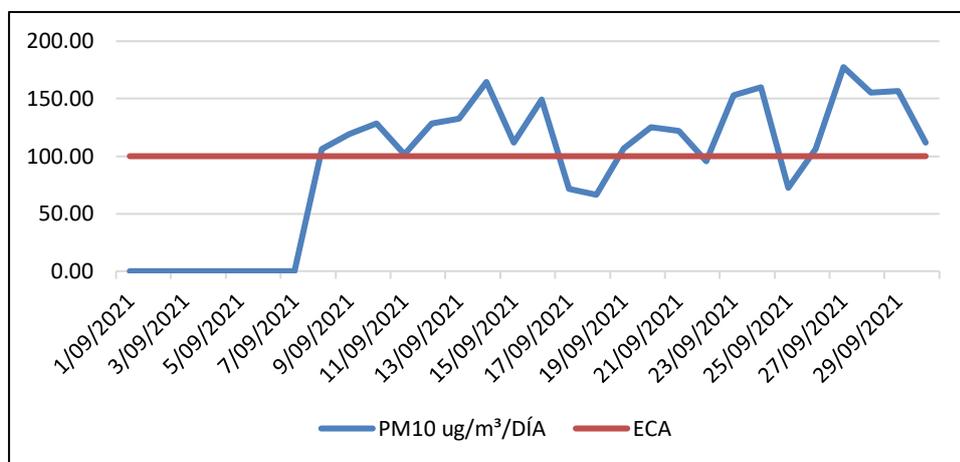
*Concentración diaria de  $PM_{10}$  en setiembre del 2020*



La figura 11 presenta las estimaciones del material particulado  $PM_{10}$  con mayor significancia obtenida el 08/09/2020 que presentó valores de  $97,10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , que es inferior al ECA-aire cuyo límite de cuantificación establece una concentración de  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### Figura 12

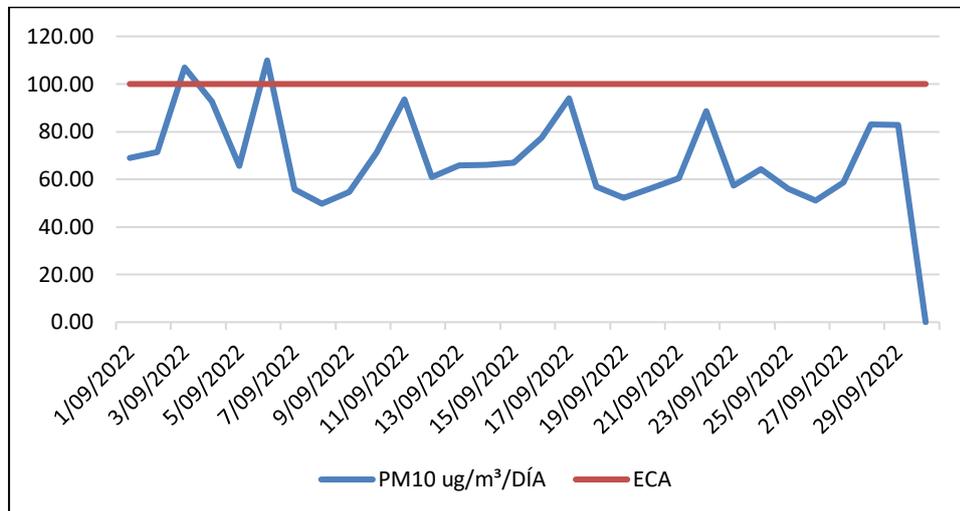
*Concentración diaria de  $PM_{10}$  en setiembre del 2021*



La figura 12 presenta las estimaciones del material particulado  $PM_{10}$  con mayor significancia obtenida el 27/09/2021 que presentó valores de  $177,50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , que exceden el ECA-aire cuyo límite de cuantificación establece una concentración de  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**Figura 13**

*Concentración diaria de PM<sub>10</sub> en setiembre del 2022*



La figura 13 presenta las estimaciones del material particulado PM<sub>10</sub> con mayor significancia obtenida el 06/09/2022 que presentó valores de 109,90  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , que exceden el ECA-aire cuyo límite de cuantificación establece una concentración de 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### Análisis estadístico

**Tabla 6**

*Prueba de normalidad de calidad del viento, temperatura y humedad en 2018*

|  | Shapiro-Wilk |    |      |
|--|--------------|----|------|
|  | Estadístico  | gl | Sig. |
| PM <sub>10</sub> $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 2018 | .714         | 12 | .001 |
| TEMPERATURA (°C) 2018                          | .768         | 12 | .004 |
| HUMEDAD (%) 2018                               | .629         | 12 | .000 |

Nota: IBM SPSS 27

En la tabla 6 se observa que al aplicar la prueba de Shapiro – Wilk, se obtiene una significancia menor a 0.05 para la calidad de viento, temperatura y humedad durante el año 2018, es decir, no siguen una distribución normal, por lo tanto, se utilizara la prueba no paramétrica Rho de Spearman.

**Tabla 7**

*Relación entre la calidad del viento y la temperatura en el año 2018*

|                 |   |                             | PM <sub>10</sub> µg/m <sup>3</sup> 2018 | TEMPERATURA (°C) 2018 |
|-----------------|---|-----------------------------|---|-----------------------|
| Rho de Spearman | PM <sub>10</sub> µg/m <sup>3</sup> 2018 | Coefficiente de correlación | 1.000                                   | .607                  |
|                 |   | Sig. (bilateral)            | .                                       | .036                  |
|                 |   | N                           | 12                                      | 12                    |
|                 | TEMPERATURA (°C) 2018                   | Coefficiente de correlación | .607                                    | 1.000                 |
|                 |   | Sig. (bilateral)            | .036                                    | .                     |
|                 |   | N                           | 12                                      | 12                    |

Nota: IBM SPSS 27

En la tabla 7, luego de aplicar la prueba no paramétrica Rho de Spearman, se obtuvo una significancia menor a 0.05 (sig. = 0.036), por lo que existe relación entre la calidad del aire y la temperatura, asimismo se puede observar un coeficiente de correlación igual a 0.607, lo que determina que la relación existente es positiva y moderada.

**Tabla 8**

*Relación entre la calidad del viento y la humedad en el año 2018*

|                 |   |                             | PM <sub>10</sub> µg/m <sup>3</sup> 2018 | HUMEDAD (%) 2018 |
|-----------------|---|-----------------------------|---|------------------|
| Rho de Spearman | PM <sub>10</sub> µg/m <sup>3</sup> 2018 | Coefficiente de correlación | 1.000                                   | .198             |

|                  |                             |      |       |
|------------------|-----------------------------|------|-------|
|                  | Sig. (bilateral)            | .    | .538  |
|                  | N                           | 12   | 12    |
| HUMEDAD (%) 2018 | Coefficiente de correlación | .198 | 1.000 |
|                  | Sig. (bilateral)            | .538 | .     |
|                  | N                           | 12   | 12    |

Nota: IBM SPSS 27

En la tabla 8, luego de aplicar la prueba no paramétrica Rho de Spearman, se obtuvo una significancia mayor a 0.05 (sig. = 0.538), por lo que no existe relación entre la calidad del aire y la humedad.

### Tabla 9

#### *Prueba de normalidad de calidad del viento, temperatura y humedad en 2019*

|   | Shapiro-Wilk |    |      |
|---|--------------|----|------|
|   | Estadístico  | gl | Sig. |
| PM <sub>10</sub> µg/m <sup>3</sup> 2019 | .897         | 12 | .146 |
| TEMPERATURA (°C) 2019                   | .843         | 12 | .031 |
| HUMEDAD (%) 2019                        | .605         | 12 | .000 |

Nota: IBM SPSS 27

En la tabla 9 se observa que al aplicar la prueba de Shapiro – Wilk, se obtiene una significancia mayor a 0.05 para la calidad de viento, pero menor a 0.05 para la temperatura y humedad, por ello, al no existir un comportamiento no paramétrico, se utilizará la prueba no paramétrica Rho de Spearman.

**Tabla 10**

*Relación entre la calidad del viento y la temperatura en el año 2019*

|                 |   | PM <sub>10</sub> µg/m <sup>3</sup> 2019 |       | TEMPERATURA (°C) 2019       |
|-----------------|---|---|-------|-----------------------------|
| Rho de Spearman | PM <sub>10</sub> µg/m <sup>3</sup> 2019 | Coefficiente de correlación             | 1.000 | .011                        |
|                 |   | Sig. (bilateral)                        | .     | .974                        |
|                 |   | N                                       | 12    | 12                          |
|                 |   | TEMPERATURA (°C) 2019                   |       | Coefficiente de correlación |
|                 |   | Sig. (bilateral)                        | .974  | .                           |
|                 |   | N                                       | 12    | 12                          |

Nota: IBM SPSS 27

En la tabla 10, luego de aplicar la prueba no paramétrica Rho de Spearman, se obtuvo una significancia mayor a 0.05 (sig. = 0.974), por lo que no existe relación entre la calidad del aire y la temperatura.

**Tabla 11**

*Relación entre la calidad del viento y la humedad en el año 2019*

|                 |   | PM <sub>10</sub> µg/m <sup>3</sup> 2019 |       | HUMEDAD (%) 2019            |
|-----------------|---|---|-------|-----------------------------|
| Rho de Spearman | PM <sub>10</sub> µg/m <sup>3</sup> 2019 | Coefficiente de correlación             | 1.000 | -.270                       |
|                 |   | Sig. (bilateral)                        | .     | .397                        |
|                 |   | N                                       | 12    | 12                          |
|                 |   | HUMEDAD (%) 2019                        |       | Coefficiente de correlación |
|                 |   | Sig. (bilateral)                        | .397  | .                           |
|                 |   | N                                       | 12    | 12                          |

Nota: IBM SPSS 27

En la tabla 11, luego de aplicar la prueba no paramétrica Rho de Spearman, se obtuvo una significancia mayor a 0.05 (sig. = 0.397), por lo que no existe relación entre la calidad del aire y la humedad.

**Tabla 12**

*Prueba de normalidad de calidad del viento, temperatura y humedad en 2020*

|   | Shapiro-Wilk |    |      |
|---|--------------|----|------|
|   | Estadístico  | gl | Sig. |
| PM <sub>10</sub> µg/m <sup>3</sup> 2020 | .829         | 12 | .020 |
| TEMPERATURA (°C) 2020                   | .811         | 12 | .012 |
| HUMEDAD (%) 2020                        | .517         | 12 | .000 |

Nota: IBM SPSS 27

En la tabla 12 se observa que al aplicar la prueba de Shapiro – Wilk, se obtiene una significancia menor a 0,05 para la calidad de viento, temperatura y humedad durante el año 2020, es decir, no siguen una distribución normal, por lo tanto, se utilizara la prueba no paramétrica Rho de Spearman.

**Tabla 13**

*Relación entre la calidad del viento y la temperatura en el año 2020*

|                 |  | PM10 µg/m <sup>3</sup> 2020 |          | TEMPERATURA (°C) 2020 |
|-----------------|--|-----------------------------|----------|-----------------------|
| Rho de Spearman | de PM <sub>10</sub> µg/m <sup>3</sup> 2020 | Coefficiente de correlación | de 1.000 | -.490                 |
|                 |  | Sig. (bilateral)            | .        | .106                  |
|                 |  | N                           | 12       | 12                    |
|                 | TEMPERATURA (°C) 2020                      | Coefficiente de correlación | de -.490 | 1.000                 |
|                 |  | Sig. (bilateral)            | .106     | .                     |

---

|   |    |    |
|---|----|----|
| N | 12 | 12 |
|---|----|----|

---

Nota: IBM SPSS 27

En la tabla 13, luego de aplicar la prueba no paramétrica Rho de Spearman, se obtuvo una significancia mayor a 0,05 (sig. = 0,106), por lo que no existe relación entre la calidad del aire y la temperatura.

### Tabla 14

*Relación entre la calidad del viento y la humedad en el año 2020*

|                      |                            | $PM_{10} \mu g/m^3$<br>2020 | HUMEDAD (%)<br>2020 |
|----------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------|
| Rho de Spearman      | $PM_{10} \mu g/m^3$ 2020   | 1.000                       | .021                |
|                      | Sig. (bilateral)           | .                           | .948                |
|                      | N                          | 12                          | 12                  |
| HUMEDA<br>D (%) 2020 | Coeficiente de correlación | .021                        | 1.000               |
|                      | Sig. (bilateral)           | .948                        | .                   |
|                      | N                          | 12                          | 12                  |

Nota: IBM SPSS 27

En la tabla 14, luego de aplicar la prueba no paramétrica Rho de Spearman, se obtuvo una significancia mayor a 0,05 (sig. = 0,948), por lo que no existe relación entre la calidad del aire y la humedad.

### Tabla 15

*Prueba de normalidad de calidad del viento, temperatura y humedad en 2021*

|                          | Shapiro-Wilk |    |      |
|--------------------------|--------------|----|------|
|                          | Estadístico  | gl | Sig. |
| $PM_{10} \mu g/m^3$ 2021 | .927         | 12 | .353 |
| TEMPERATURA (°C) 2021    | .734         | 12 | .002 |
| HUMEDAD (%) 2021         | .639         | 12 | .000 |

Nota: IBM SPSS 27

En la tabla 15 se observa que al aplicar la prueba de Shapiro – Wilk, se obtiene una significancia mayor a 0,05 para la calidad de viento, pero menor a 0,05 para la temperatura y humedad para el año 2021, por ello, al no existir un comportamiento no paramétrico, se utilizara la prueba no paramétrica Rho de Spearman.

**Tabla 16**

*Relación entre la calidad del viento y la temperatura en el año 2021*

|              |  | PM <sub>10</sub> µg/m <sup>3</sup> 2021 | TEMPERATURA (°C) 2021 |
|--------------|--|---|-----------------------|
| Rho Spearman | de PM <sub>10</sub> µg/m <sup>3</sup> 2021 | Coefficiente de correlación             | 1.000                 |
|              |  | Sig. (bilateral)                        | .862                  |
|              |  | N                                       | 12                    |
|              | TEMPERATURA (°C) 2021                      | Coefficiente de correlación             | -.056                 |
|              |  | Sig. (bilateral)                        | .862                  |
|              |  | N                                       | 12                    |

Nota: IBM SPSS 27

En la tabla 16, luego de aplicar la prueba no paramétrica Rho de Spearman, se obtuvo una significancia mayor a 0.05 (sig. = 0.862), por lo que no existe relación entre la calidad del aire y la temperatura.

**Tabla 17**

*Relación entre la calidad del viento y la humedad en el año 2021*

|                 |   |                             | PM <sub>10</sub> µg/m <sup>3</sup> 2021 | HUMEDAD (%) 2021 |
|-----------------|---|-----------------------------|---|------------------|
| Rho de Spearman | PM <sub>10</sub> µg/m <sup>3</sup> 2021 | Coefficiente de correlación | 1.000                                   | .014             |
|                 |   | Sig. (bilateral)            | .                                       | .965             |
|                 |   | N                           | 12                                      | 12               |
|                 | HUMEDAD (%) 2021                        | Coefficiente de correlación | .014                                    | 1.000            |
|                 |   | Sig. (bilateral)            | .965                                    | .                |

|  |   |    |    |
|--|---|----|----|
|  | N | 12 | 12 |
|--|---|----|----|

Nota: IBM SPSS 27

En la tabla 17, luego de aplicar la prueba no paramétrica Rho de Spearman, se obtuvo una significancia mayor a 0.05 (sig. = 0.965), por lo que no existe relación entre la calidad del aire y la humedad.

### Tabla 18

*Prueba de normalidad de calidad del viento, temperatura y humedad en 2022*

|   | Shapiro-Wilk |    |      |
|---|--------------|----|------|
|   | Estadístico  | gl | Sig. |
| PM <sub>10</sub> µg/m <sup>3</sup> 2022 | .902         | 12 | .167 |
| TEMPERATURA (°C) 2022                   | .885         | 12 | .103 |
| HUMEDAD (%) 2022                        | .941         | 12 | .505 |

Nota: IBM SPSS 27

En la tabla 18 se observa que al aplicar la prueba de Shapiro – Wilk, se obtiene una significancia mayor a 0.05 para la calidad de viento, temperatura y humedad durante el año 2022, es decir, siguen una distribución normal, por lo tanto, se utilizara la prueba paramétrica de Pearson.

### Tabla 19

*Relación entre la calidad del viento y la temperatura en el año 2022*

|                       |                        | PM <sub>10</sub> µg/m <sup>3</sup> 2022 | TEMPERATURA (°C) 2022  |
|-----------------------|------------------------|---|------------------------|
|                       |                        | PM <sub>10</sub> µg/m <sup>3</sup> 2022 | Correlación de Pearson |
|                       | Sig. (bilateral)       |   | .001                   |
|                       | N                      | 12                                      | 12                     |
| TEMPERATURA (°C) 2022 | Correlación de Pearson | -.839                                   | 1                      |
|                       | Sig. (bilateral)       | .001                                    |                        |
|                       | N                      | 12                                      | 12                     |

Nota: IBM SPSS 27

En la tabla 19, luego de aplicar la prueba de Pearson, se obtuvo una significancia menor a 0.05 (sig. = 0.001), por lo que existe relación entre la calidad del aire y la temperatura, asimismo se obtuvo un coeficiente de correlación igual a -0.839, por lo tanto, la relación es negativa y considerable.

### Tabla 20

*Relación entre la calidad del viento y la humedad en el año 2022*

|                            |                        | $PM_{10}$ $\mu g/m^3$ 2022 | HUMEDAD (%) 2022 |
|----------------------------|------------------------|----------------------------|------------------|
| $PM_{10}$ $\mu g/m^3$ 2022 | Correlación de Pearson | 1                          | .820             |
|                            | Sig. (bilateral)       |                            | .001             |
|                            | N                      | 12                         | 12               |
| HUMEDAD (%) 2022           | Correlación de Pearson | .820                       | 1                |
|                            | Sig. (bilateral)       | .001                       |                  |
|                            | N                      | 12                         | 12               |

Nota: IBM SPSS 27

En la tabla 20, luego de aplicar la prueba de Pearson, se obtuvo una significancia menor a 0.05 (sig. = 0.001), por lo que existe relación entre la calidad del aire y la humedad, asimismo se obtuvo un coeficiente de correlación igual a 0.820, por lo tanto, la relación es positiva y considerable.

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### Discusión

La calidad del aire por  $PM_{10}$  y su relación con los factores meteorológicos de humedad y temperatura en el distrito de Santa Anita, se encontró que la mayor temperatura en  $19,54\text{ }^{\circ}\text{C}$  y la mayor humedad en  $84.18\%$ , resultando que a mayor temperatura, mayor cantidad de  $PM_{10}$ , mientras que la menor humedad condicionó mayores concentraciones de  $PM_{10}$ . De esta manera, el coeficiente de correlación de la calidad de aire con la temperatura es  $-0.839$ , y con la humedad se obtuvo un coeficiente de correlación igual a  $0.820$ .

En cambio, Dung et al (2019) indica que la concentración de  $PM_{10}$  tiene a variar estacionalmente, con una mayor concentración en el invierno, asimismo se observó una correlación entre la contaminación del aire y factores meteorológicos con una significancia de  $<0.5$ . Además, Barlik (2021) determina que la presión del aire y la humedad que generan mayor concentración de  $PM_{10}$ , con un valor de correlación alto para la temperatura con  $0.18470$  y más bajo para a la presión del aire, con  $0.00018$  de correlación.

Por otro lado, Picoy y Cuyubamba (2022) detalló una correlación de  $PM_{10}$  con los factores meteorológicos como la temperatura, la humedad relativa y el viento con coeficientes de correlación de  $0.07$ ,  $0.0$  y  $0.41$  respectivamente. Mientras que, Oscarategui (2020) demuestra que la variación de las concentraciones de  $PM_{10}$  desde el 2014 hasta 2018 han incrementado, representando el 2018 el  $82\%$  de los días de alta concentración. Asimismo, los parámetros como la velocidad del viento, humedad relativa tienen correlación negativa, no obstante, la

temperatura si tuvo una correlación positiva con la concentración de  $PM_{10}$  con un coeficiente centesimal de 22.

La recopilación de información de SENAMHI durante los años 2018 - 2022 en el distrito de Santa Anita, revelaron que el período anual de 2021 presentó mayor significancia con concentraciones de  $PM_{10}$  en  $85,10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mientras en relación con el periodo mensual se obtuvo que el mes de setiembre presentó mayor significancia con concentraciones de  $PM_{10}$  en  $89,91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Por su parte, Di y Li (2019) indican que enero presentó el grado de contaminación más alta con material particulado  $PM_{10}$ . Mientras que, Durand y Burga (2021) obtuvieron una concentración promedio de  $PM_{10}$  más altas de  $75,58$  y  $64,63 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para el periodo 2014-2015.

El índice de la calidad del aire (INCA) en el distrito de Santa Anita de los parámetros  $PM_{10}$  durante los años 2018 al 2022 determinó que el nivel de contaminación de aire se encuentra en estado bueno para todos los períodos, a excepción de 2019 y 2021. Mientras que los estándares de calidad ambiental del aire (ECA) en el distrito de Santa Anita, demostró que todos los periodos superaron el estándar de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , a excepción de 2020, mientras el análisis en base a 24 horas, el mes de setiembre presentó valores de  $PM_{10}$  que superaron diariamente los ECA.

Por su parte, Castro (2021) señala que el 95% de las medidas de  $PM_{2,5}$  se hallan por debajo de  $12 \text{mg}/\text{m}^3$ , por lo que un 5% de los las medidas pasaron el nivel de contaminación, y el 100% de las mediciones de  $PM_{10}$  se hallaron dentro del rango permitido de  $0 - 54 \text{mg}/\text{m}^3$  con un valor de  $34 \text{mg}/\text{m}^3$ . Asimismo, Orlandoni et al (2021) obtuvo material particulado  $PM_{10}$  en un valor de  $47,67 \mu\text{g}/\text{m}^3$  veinte puntos debajo del valor mínimo permitido.

Similarmente, Cuadros (2021) indican que la concentración de PM<sub>10</sub> exceden al mínimo permitido con un valor de 199,44 µg/m<sup>3</sup>.

### **Limitaciones**

El desarrollo de la presente investigación ha encontrado limitaciones en torno a la dificultad de la recopilación de los datos del área de estudio debido a que la data en la plataforma web se encuentra incompleta en ciertos períodos de tiempo donde se realizaron el registro de las condiciones meteorológicas en la estación de monitoreo. Además, es preciso recalcar que en ese caso, los promedios se estimaron de manera generalizada, sin embargo, la información faltante puede representar un sesgo de error en los resultados finales.

### **Implicancias**

Por otro lado, las implicancias están orientados a los efectos o alcances evidentes del desarrollo de la investigación, donde se manifiesta la compresión de los conocimientos relacionados con la contaminación del aire por partículas de PM<sub>10</sub>, resaltando que son causantes de diversos problemas de salud en la población, por lo tanto, los resultados de las investigación sirven como referencia para aportar conocimientos en la toma de decisiones para el establecimiento de medidas de mitigación y adaptación al cambio climático en la distrito de Santa Anita.

### **Conclusiones**

En conclusión, referente a la recopilación de la información de los PM<sub>10</sub> del año 2018 al 2022 del SENAMHI - Perú se logró calcular promedios mensuales y anuales de PM<sub>10</sub>, donde

se obtuvo que el período anual de 2021 presentó mayor significancia con concentraciones de  $PM_{10}$  en  $85,10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mientras en relación con el periodo mensual se obtuvo que el mes de setiembre presentó mayor significancia con concentraciones de  $PM_{10}$  en  $89,91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Mientras que respecto a los factores meteorológicos, se encontró que la mayor temperatura en  $19,54 \text{ }^\circ\text{C}$  y la mayor humedad en 84.18% sucedieron en el período de 2020 y 2018 respectivamente.

Además, la relación entre las concentraciones de  $PM_{10}$  y los factores meteorológicos, se observó que cuando la temperatura fue menor hubo mayor cantidad de  $PM_{10}$  durante el 2018, por el contrario, en 2019 y 2022 se encontró que, a mayor temperatura, mayor cantidad de  $PM_{10}$ . Sin embargo, sucedió una variación anómala en el año 2020 que presentó una elevada temperatura, pero bajas concentraciones de  $PM_{10}$ , mientras que el año 2021 se observó una baja temperatura, pero altas concentraciones de  $PM_{10}$ , lo cual puede deberse al contexto de la pandemia. Por otro lado, las condiciones elevadas de humedad presentaron concentraciones inferiores de  $PM_{10}$  en 2018 y 2020, mientras que una humedad inferior condicionó mayores concentraciones de  $PM_{10}$  durante los periodos de 2019, 2021 y 2022.

Referente al índice de la calidad del aire (INCA) se obtuvo los valores de  $44,13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $53,88 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $29,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $56,73 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $40,97 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para todos 2018, 2019, 2020, 2021 y 2022 respectivamente, lo cual significa que el nivel de contaminación de aire se encuentra en estado bueno para todos los períodos, debido la concentración de  $PM_{10}$  se incluye en el intervalo de relación 0 a 50, a excepción de 2019 y 2021 que presentaron valores entre 51 – 100, nivel de contaminación de aire en estado moderada.

En relación con los estándares de calidad ambiental del aire (ECA) del monitoreo anual resultó que todos los periodos superaron el estándar de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , a excepción de 2020, mientras el análisis en base a 24 horas, según el análisis del mes con mayor contaminación que fue setiembre, se determinó que el valor límite establecido en el ECA con  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en su mayoría fue superado diariamente en todos los años, sin embargo, en el año 2020, se observó que todas las concentraciones fueron inferiores que el ECA, incluso el día de 08/09/2020 con más cantidad de  $PM_{10}$  resultó en  $97,10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## REFERENCIAS

- Arias, J. L., & Covinos, M. (2021). *Diseño y metodología de la investigación*. Enfoques Consulting EIRL. <http://repositorio.concytec.gob.pe/handle/20.500.12390/2260>
- Avilez, J. L., Bazalar, J., Azañedo, D., & Miranda, J. J. (2016). Perú, cambio climático y enfermedades no transmisibles: ¿Dónde estamos y a dónde vamos? *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 33(1), 143-148. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2016.331.2016>
- Barlik, N. (2020). Effect of Meteorological Parameters on PM10 Concentrations in Ardahan by Wavelet Coherence Analysis. *Celal Bayar University Journal of Science*, 17(1), Art. 1. <https://doi.org/10.18466/cbayarfbe.738596>
- Begoña. (2020). COVID-19 y cambio climático: Cinco lecciones. *Ayuda en Acción*. <https://ayudaenaccion.org/blog/sostenibilidad/covid-19-cambio-climatico/>
- Canales, Á. (2018). Planificación local frente al cambio climático en Arequipa. *Economía y sociedad*, 22-29.
- Cantú-Martínez, P. C. (2020). Preocupación y deterioro de la calidad ambiental. Apreciación de los estudiantes universitarios. *Ambiente y Desarrollo*, 24(46), Art. 46. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.ayd24-46.pdca>

- Cárdenas, M. F., Escobar, J. F., & Gutiérrez, K. (2020). Equidad territorial en Medellín: Espacio público, amenazas naturales y calidad del aire: Array. *Estudios Socioterritoriales. Revista de Geografía*, 27, Art. 27. <https://doi.org/10.37838/unicen/est.27-046>
- Carreras, H. A., Zanobetti, A., & Koutrakis, P. (2015). *Effect of daily temperature range on respiratory health in Argentina and its modification by impaired socio-economic conditions and PM10 exposures*. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.06.037>
- Carrión, S. (2021). Lima Metropolitana: Ciudad de Latinoamérica con peor calidad de aire, según estudio. *Clima de cambios*. <https://www.pucp.edu.pe/climadecambios/noticias/lima-metropolitana-ciudad-de-latinoamerica-con-peor-calidad-de-aire-segun-estudio/>
- Castro, A. (2021). *Análisis De La Calidad Del Aire Determinado Por Material Particulado Pm10 Y Pm2,5 En El Cantón De Esmeraldas* [Thesis, Ecuador - PUCESE - Escuela de Gestión Ambiental]. <http://localhost/xmlui/handle/123456789/2835>
- Chen, F., Fan, Z., Qiao, Z., Cui, Y., Zhang, M., Zhao, X., & Li, X. (2017). Does temperature modify the effect of PM10 on mortality? A systematic review and meta-analysis. *Environmental Pollution*, 224, 326-335. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.02.012>
- Cuadros, E. H. (2021). Factores meteorológicos y su relación con la calidad del aire producido por PM 10 generado en la fabricación de ladrillo artesanal en Cullpa Baja, 2017. *Universidad Continental*. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/9782>

- Di, Y., & Li, R. (2019). Correlation analysis of AQI characteristics and meteorological conditions in heating season. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 242(2), 022067. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/242/2/022067>
- Dung, N. A., Son, D. H., Hanh, N. T. D., & Tri, D. Q. (2019). Effect of Meteorological Factors on PM10 Concentration in Hanoi, Vietnam. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 7(11), Art. 11. <https://doi.org/10.4236/gep.2019.711010>
- Durand, J. A., & Burga, V. B. (2021). Evaluación del comportamiento de la concentración de PM10 y PM2.5 y su comparación con los estándares de calidad ambiental en la ciudad de Cajamarca en el período 2012 – 2018. *Universidad Privada del Norte*. <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4724573>
- Fan, H., Zhao, C., Yang, Y., & Yang, X. (2021). Spatio-Temporal Variations of the PM2.5/PM10 Ratios and Its Application to Air Pollution Type Classification in China. *Frontiers in Environmental Science*, 9. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2021.692440>
- Gallardo, E., & Calderon, C. (2017). Metodología de Investigación: Manuales autoformativos interactivo. *Universidad Continental*. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/4278>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2018). *Estadísticas Ambientales [INFORME TÉCNICO]*. [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/informe-tecnico-n05\\_estadisticas-ambientalesabril2018.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/informe-tecnico-n05_estadisticas-ambientalesabril2018.pdf)

- IQAir. (2020). *El Informe Mundial sobre la Calidad del Aire 2020 revela cambios sustanciales en la calidad del aire*. <https://www.iqair.com/es/newsroom/covid-19-reduces-air-pollution-in-most-countries>
- IQAir. (2021). *Índice de calidad del aire (ICA) e Información sobre la contaminación del aire en Perú*. <https://www.iqair.com/es/peru>
- Keswani, A., Akselrod, H., & Anenberg, S. C. (2022). Health and Clinical Impacts of Air Pollution and Linkages with Climate Change. *NEJM Evidence*, 1(7), EVIDra2200068. <https://doi.org/10.1056/EVIDra2200068>
- Kliengchuay, W., Worakhunpiset, S., Limpanont, Y., Meeyai, A. C., & Tantrakarnapa, K. (2021). Influence of the meteorological conditions and some pollutants on PM10 concentrations in Lamphun, Thailand. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 19(1), 237-249. <https://doi.org/10.1007/s40201-020-00598-2>
- Kraus, M., & Šenitková, I. J. (2017). Particulate Matter Mass Concentration in Residential Prefabricated Buildings Related to Temperature and Moisture. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 245(4), 042068. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/245/4/042068>
- Medina, E. G. (2022). *Manual de salud ocupacional*. Editorial El Manual Moderno.
- Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y Disposiciones Complementarias, Decreto Supremo, 003-2017-MINAM (2017). <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-aire-establecen-disposiciones>

- Ministerio del Ambiente. (2022). *Calidad de aire*. <https://infoaireperu.minam.gob.pe/calidad-de-aire/>
- Moreno, D. B., Rios, L. F. R., Galvez, L. F. P., Sanabria, C. H. O., & Ovalles, M. V. N. (2021). Relación entre la Calidad del Aire y la Incidencia de Enfermedades Respiratorias en el Municipio de San José de Cúcuta, Norte de Santander. *INGENIERÍA Y COMPETITIVIDAD*, 23(2), Art. 2. <https://doi.org/10.25100/iyc.v23i2.9698>
- Ñaupas, H., Valdivia Dueñas, M. R., Palacios Vilela, J. J., & Romero Delgado, H. E. (2018). *Metodología de la investigación: Cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis*.
- Obando Flores, D. J. (2021). Análisis de riesgo de desastres y vulnerabilidad por cambio climático en el distrito Alto de la Alianza, Tacna. *Universidad Privada de Tacna*. <http://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/1827>
- Olutola, B. G., & Wichmann, J. (2021). Does apparent temperature modify the effects of air pollution on respiratory disease hospital admissions in an industrial area of South Africa? *Clean Air Journal*, 31(2), 1-11. <https://doi.org/10.17159/caj/2021/31/2.11366>
- OPS/OMS. (2020). *Calidad del aire*. Organización Panamericana de la Salud. <https://www.paho.org/es/temas/calidad-aire>
- Organización de las Naciones Unidas. (2020). *El cambio climático avanza implacablemente a pesar de la pandemia COVID-19, advierten los científicos*. Noticias ONU. <https://news.un.org/es/story/2020/09/1480142>
- Orlandoni, G., Ramoni, J., & Pérez, M. O. (2021). Calidad del Aire y Enfermedades Respiratorias bajo Diversos Esquemas de Circulación Vial en Bucaramanga (Santander,

- Colombia). *Revista Lasallista de Investigación*, 18(1), 100-113.  
<https://doi.org/10.22507/rli.v18n1a7>
- Oscategui Barzola, A. H. (2020). Análisis de las concentraciones del PM10 en su interacción con los factores meteorológicos en el distrito de Ate – provincia de Lima, durante los años 2014 al 2018. *Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión*.  
<http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2115>
- Pala, D., Casella, V., Larizza, C., Malovini, A., & Bellazzi, R. (2022). Impact of COVID-19 lockdown on PM concentrations in an Italian Northern City: A year-by-year assessment. *PLOS ONE*, 17(3), e0263265. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0263265>
- Peralta, J. L. (2017). Determinación del nivel de riesgo de la calidad de aire por material particulado PM10 en los 5 sectores del distrito de Morales—San Martín 2017. *Universidad Peruana Unión*.  
<https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/1188>
- Petrowski, K., Bühner, S., Strauß, B., Decker, O., & Brähler, E. (2021). Examining air pollution (PM10), mental health and well-being in a representative German sample. *Scientific Reports*, 11(1), Art. 1. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-93773-w>
- Picoy, J. A. (2022). Dispersión del material particulado (PM10 Y PM2,5), con interrelación a los factores meteorológicos en el centro poblado de Champamarca, distrito de Simón Bolívar, Provincia de Pasco – 2018. *Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión*.  
<http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2513>

- Pinheiro, S. de L. L. de A., Saldiva, P. H. N., Schwartz, J., & Zanobetti, A. (2014). Isolated and synergistic effects of PM<sub>10</sub> and average temperature on cardiovascular and respiratory mortality. *Revista de Saúde Pública*, 48(6), 881-888. <https://doi.org/10.1590/S0034-8910.2014048005218>
- Rojas, F. J., Pacsi-Valdivia, S., Sánchez-Ccoyllo, O. R., Rojas, F. J., Pacsi-Valdivia, S., & Sánchez-Ccoyllo, O. R. (2022). Simulación computacional e influencia de las variables meteorológicas en las concentraciones de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> en Lima Metropolitana. *Información tecnológica*, 33(3), 223-238. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642022000300223>
- Sánchez, C. L., & Bautista, M. Y. (2019). Evaluación de la calidad del aire (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>) en relación a los parámetros meteorológicos (temperatura, humedad relativa y velocidad de viento) en el sector Cercado- Tarapoto, 2018. *Universidad Peruana Unión*. <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/2012>
- SENAMHI. (2018). *Condiciones meteorológicas desfavorables contribuirán al incremento de concentraciones de contaminantes del aire en Lima y Callao*. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=prensa&n=891>
- SENAMHI. (2022a). *Conocer la calidad del aire en Lima Metropolitana*. Indicadores meteorológicos e hidrológicos. <https://www.gob.pe/fi/9433-conocer-la-calidad-del-aire-en-lima-metropolitana>
- SENAMHI. (2022b). *ESTACION SANTA ANITA*. Monitoreo de la Calidad de Aire, para Lima Metropolitana. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=calidad-del-aire-estacion&e=112208>

SENAMHI. (2022c). *RESOLUCIÓN DE PRESIDENCIA EJECUTIVA N° 103-2022-SENAMHI/PREJ*. <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/00701SENA-1522.pdf>

Sirithian, D., & Thanatrakolsri, P. (2022). Relationships between Meteorological and Particulate Matter Concentrations (PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>) during the Haze Period in Urban and Rural Areas, Northern Thailand. *Air, Soil and Water Research*, 15, 11786221221117264. <https://doi.org/10.1177/11786221221117264>

Tian, L., Liang, F., Guo, Q., Chen, S., Xiao, S., Wu, Z., Jin, X., & Pan, X. (2018). The effects of interaction between particulate matter and temperature on mortality in Beijing, China. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 20(2), 395-405. <https://doi.org/10.1039/C7EM00414A>

Zhao, Y., Chen, C., & Zhao, B. (2018). Is oil temperature a key factor influencing air pollutant emissions from Chinese cooking? *Atmospheric Environment*, 193, 190-197. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2018.09.012>

## ANEXOS

### ANEXO N°1. Matriz de operacionalización

| Variable de estudio     | Definición conceptual  | Definición operacional  | Dimensiones                     | Unidad de medida  | Escala de medición |
|-------------------------|--|---|---------------------------------|-------------------|--------------------|
| Calidad del aire        | la calidad del aire es una indicación de que el aire no contiene contaminantes atmosféricos es decir que está apto para ser respirado; pues el no disponer de un ambiente con aire de calidad es un problema que pone en riesgo o daña la salud de las personas (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2018) | Se obtendrás datos del SENAMHI para conocer la calidad el aire, y se categorizará según el índice de la calidad del aire y los estándares de calidad ambiental. | Índices de calidad del aire     | μg/m <sup>3</sup> | Escala razón       |
|                         |  |   | Estándares de calidad ambiental | 0 – 50            | Escala intervalo   |
|                         |  |   |                                 | 51- 100           |                    |
|                         |  |   |                                 | 101 - 167         |                    |
| > 167                   |  |   |                                 |                   |                    |
| Factores meteorológicos | Son condiciones atmosféricas que caracterizan el estado físico del clima de un lugar y periodo de tiempo determinado (Cuadros, 2021)   | Se obtendrás datos del SENAMHI sobre temperatura y humedad para correlacionar con la presencia de PM10 en el aire.  | Temperatura                     | °C                | Escala razón       |
|                         |  |   | Humedad                         | %                 | Escala razón       |

**Título: Determinación de la calidad del aire en los distritos de la provincia de Lima durante los años 2015-2022.**

| <b>Problema General</b>   | <b>Objetivo General</b>  | <b>Hipótesis general</b>   | <b>Dimensiones</b>          | <b>Metodología</b>   | <b>Estadísticas</b>       |
|---|--|--|-----------------------------|--|---------------------------|
| ¿Cuál es la relación de la calidad del aire por PM10 con los factores meteorológicos en el distrito de Santa Anita - provincia de Lima durante los años 2018 al 2022? | Determinar la calidad del aire por PM10 y su relación con los factores meteorológicos en el distrito de Santa Anita - provincia de Lima durante los años 2018 al 2022. | Existe relación de la calidad del aire por pm10 con los factores meteorológicos en el distrito de Santa Anita - provincia de Lima durante los años 2018 al 2022. | Índices de calidad del aire | Enfoque: Cuantitativo<br>Nivel: Descriptivo<br>Diseño: No experimental<br>Población y muestra: Distrito de Santa Anita durante los años 2018 -2022 | Descriptiva e inferencial |
| <b>Problemas específicos</b>  | <b>Objetivos específicos</b>   |  |                             |  |                           |

¿Cuál es la información de SENAMHI durante los años 2018 - 2022 en el distrito de Santa Anita - provincia de Lima?

¿Cuál es el índice de la calidad del aire (INCA) en el distrito de Santa Anita de los parámetros  $PM_{10}$  durante los años 2018 al 2022?

¿Cuál es la comparación de los resultados obtenidos con los estándares de calidad ambiental del aire (ECA) en el distrito de Santa Anita durante los años 2018 al 2022?

Recopilar información de SENAMHI durante los años 2018 - 2022 en el distrito de Santa Anita - provincia de Lima.

Determinar el índice de la calidad del aire (INCA) en el distrito de Santa Anita de los parámetros  $PM_{10}$  durante los años 2018 al 2022.

Comparar los resultados obtenidos con los estándares de calidad ambiental del aire (ECA) en el distrito de Santa Anita durante los años 2018 al 2022.

Estándares de calidad ambiental

Calidad del aire según contaminantes

| Contaminante | 2018 |     | 2019 |     | 2020 |     | 2021 |     | 2022 |     |
|--------------|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|
|              | INCA | ECA |
| $PM_{10}$    |      |     |      |     |      |     |      |     |      |     |

ANEXO N°4. ECA para aire

| Parámetros  | Periodo  | Valor [µg/m <sup>3</sup> ] | Criterios de evaluación                          | Método de análisis [1]  |
|---|----------|----------------------------|--|---|
| Benceno (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )                                  | Anual    | 2                          | Media aritmética anual                           | Cromatografía de gases  |
| Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> )                                      | 24 horas | 250                        | NE más de 7 veces al año                         | Fluorescencia ultravioleta (Método automático)  |
| Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> )                                   | 1 hora   | 200                        | NE más de 24 veces al año                        | Quimioluminiscencia (Método automático)   |
|   | Anual    | 100                        | Media aritmética anual                           |   |
| Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM <sub>2,5</sub> ) | 24 horas | 50                         | NE más de 7 veces al año                         | Separación inercial/filtración (Gravimetría)  |
|   | Anual    | 25                         | Media aritmética anual                           |   |
| Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM <sub>10</sub> )   | 24 horas | 100                        | NE más de 7 veces al año                         | Separación inercial/filtración (Gravimetría)  |
|   | Anual    | 50                         | Media aritmética anual                           |   |
| Mercurio Gaseoso Total (Hg) [2]   | 24 horas | 2                          | No exceder                                       | Espectrometría de absorción atómica de vapor frío (CVAAS)<br>o<br>Espectrometría de fluorescencia atómica de vapor frío (CVAFS)<br>o<br>Espectrometría de absorción atómica Zeeman. (Métodos automáticos) |
| Monóxido de Carbono (CO)  | 1 hora   | 30000                      | NE más de 1 vez al año                           | Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)   |
|   | 8 horas  | 10000                      | Media aritmética móvil                           |   |
| Ozono (O <sub>3</sub> )   | 8 horas  | 100                        | Máxima media diaria<br>NE más de 24 veces al año | Fotometría de absorción ultravioleta (Método automático)  |
| Plomo (Pb) en PM <sub>10</sub>  | Mensual  | 1,5                        | NE más de 4 veces al año                         | Método para PM <sub>10</sub> (Espectrofotometría de absorción atómica)  |
|   | Anual    | 0,5                        | Media aritmética de los valores mensuales        |   |
| Sulfuro de Hidrógeno (H <sub>2</sub> S)                                   | 24 horas | 150                        | Media aritmética                                 | Fluorescencia ultravioleta (Método automático)  |

Nota. Recuperado de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire (2017)

ANEXO N°5. Estación de monitoreo de Santa Anita



*Nota.* Cortesía de (Sánchez et al., 2015).

## ANEXO N°6. Método y técnica utilizados en la estación de monitoreo de Santa Anita

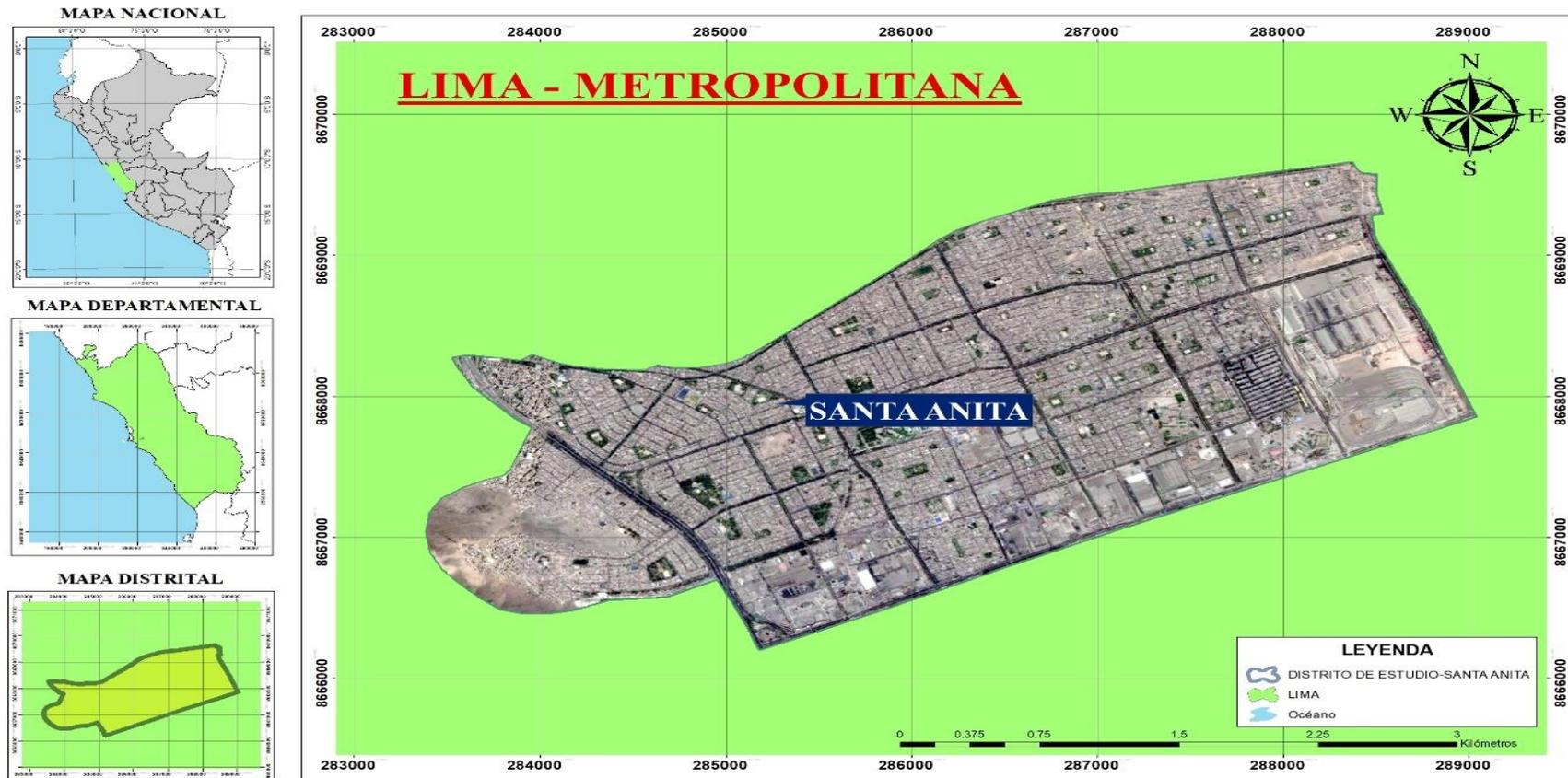
### Parámetros contaminantes

| Parámetro  | Fecha primer registro | Fecha último registro | Método     | Técnica                                    | Marca             |
|--|-----------------------|-----------------------|------------|--|-------------------|
| Material Particulado menor a 10 micras (PM <sub>10</sub> )   | 14/06/2011            | 04/03/2023            | Automatico | Microbalanza oscilatoria Monitor TEOM 1405 | THERMO SCIENTIFIC |
| Material Particulado menor a 2.5 micras (PM <sub>2.5</sub> ) | 14/06/2011            | 04/03/2023            | Automatico | Atenuacion de Rayos Beta Monitor 5014i     | THERMO SCIENTIFIC |
| Dioxido de Azufre SO <sub>2</sub>                            | 14/06/2011            | 04/03/2023            | Automatico | Fluorescencia UV Analizador 100E           | TELEDYNE          |
| Oxidos de Nitrogeno NO <sub>2</sub>                          | 14/06/2011            | 04/03/2023            | Automatico | Quimioluminiscencia Analizador 200E        | TELEDYNE          |
| Monoxido de Carbono CO                                       | 14/06/2011            | 04/03/2023            | Automatico | Infrarrojo No Dispersivo Analizador T300   | TELEDYNE          |
| Ozono Troposferico O <sub>3</sub>                            | 14/06/2011            |                       | Automatico | Fotometria UVAnalizador 400E               | TELEDYNE          |

### Parámetros meteorológicos

| Parámetro  | Frecuencia | Altura de medición | Fecha primer registro | Fecha último registro | Técnica de medición | Marca       |
|--|------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|-------------|
| Temperatura ambiente (Temperatura - °C)          | Horario    | 1 m.               |                       | 04/03/2023            | Automatico          | SIAP+MICROS |
| Velocidad del viento (Vel. viento - m/s)         | Horario    | 1 m.               |                       | 04/03/2023            | Automatico          | SIAP+MICROS |
| Dirección del viento (Dir. viento - °)           | Horario    | 1 m.               |                       | 04/03/2023            | Automatico          | SIAP+MICROS |
| Humedad relativa del aire (Humedad relativa - %) | Horario    | 1 m.               |                       | 04/03/2023            | Automatico          | SIAP+MICROS |
| Precipitación                                    | Horario    | 1 m.               |                       | 04/03/2023            | Automatico          | SIAP+MICROS |

*Nota.* Cortesía de SENAMHI (2022b)

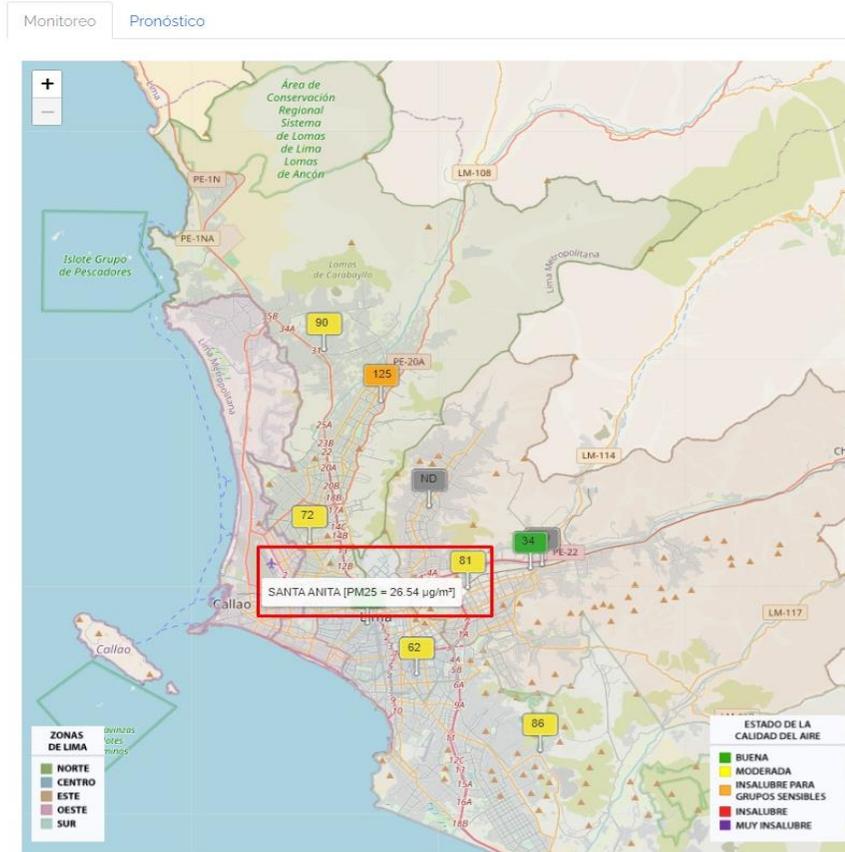


|  |   |  |  |  |   |
|--|---|--|--|--|---|
| <b>NOMBRE DEL PROYECTO:</b><br><b>ZONA DE ESTUDIO</b><br><b>DISTRITO DE SANTA ANITA - LIMA METROPOLITANA</b> | <b>UBICACIÓN</b><br><b>DISTRITO: CAJAMARCA</b><br><b>PROVINCIA: CAJAMARCA</b><br><b>REGIÓN: CAJAMARCA</b> | <b>AUTOR:</b><br><b>CHÁVEZ LIMAY, MAO VLADIMIR</b> | <b>PLANO:</b><br><b>PLANO DE UBICACIÓN</b> | <b>SISTEMA DE COORDENADAS</b><br><b>PROYECCIÓN: UTM</b><br><b>ZONA: 18 Sur</b><br><b>COORDENADAS: UTM-84</b> | <b>ESCALA</b><br><b>1/1,000,000</b><br><b>FECHA:</b><br><b>ENERO-2023</b> |
|--|---|--|--|--|---|

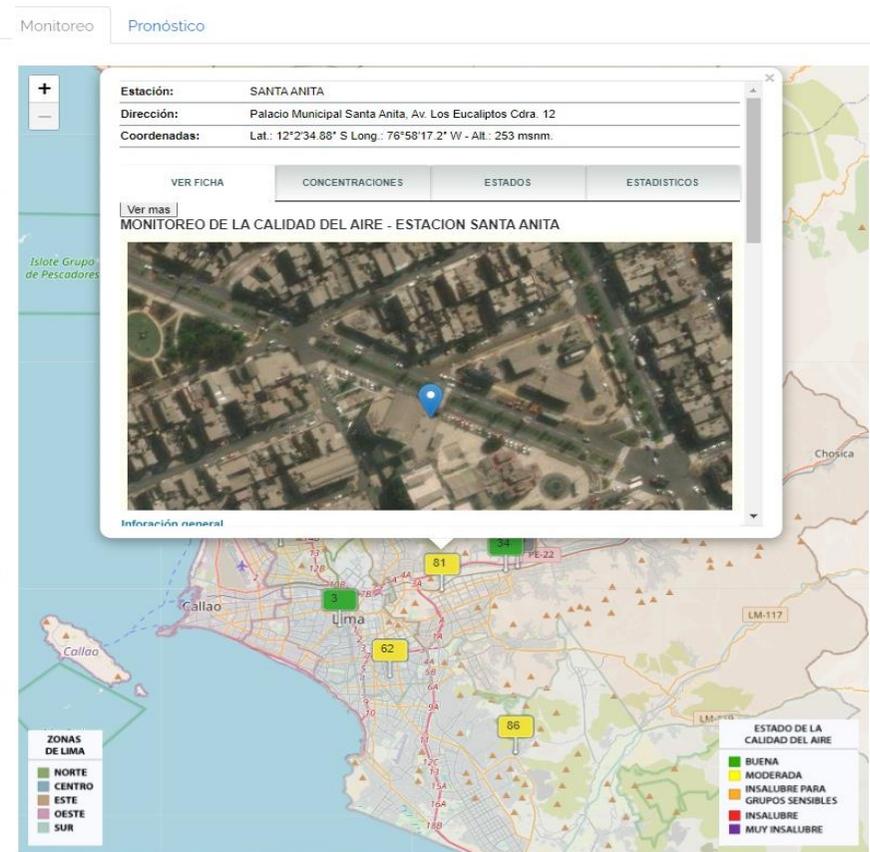
Nota. Elaboración propia.

ANEXO N° 8. Método recopilación de información en la base de datos de SENAMHI

**Monitoreo de la Calidad de Aire, para Lima Metropolitana**

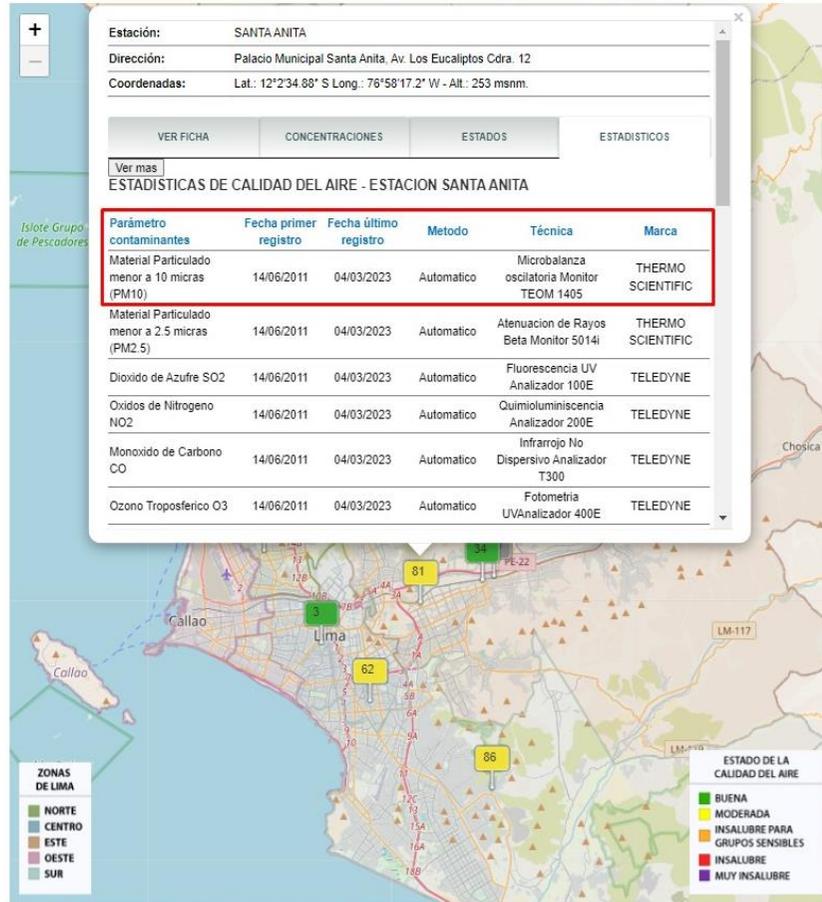


**Monitoreo de la Calidad de Aire, para Lima Metropolitana**



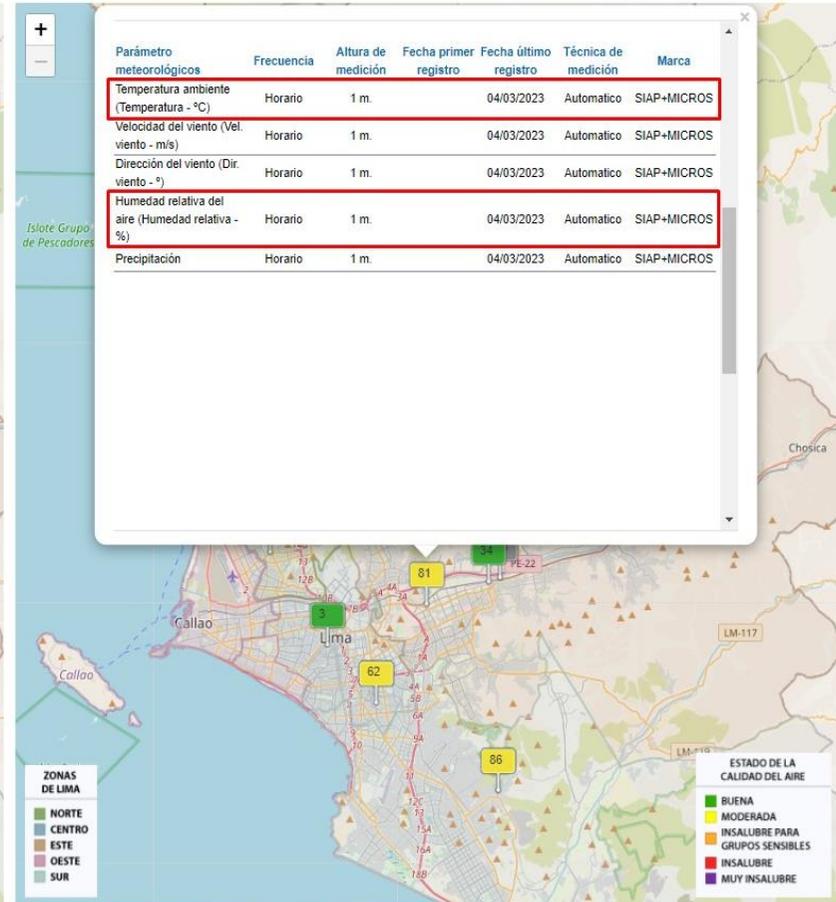
## Monitoreo de la Calidad de Aire, para Lima Metropolitana

Monitoreo Pronóstico



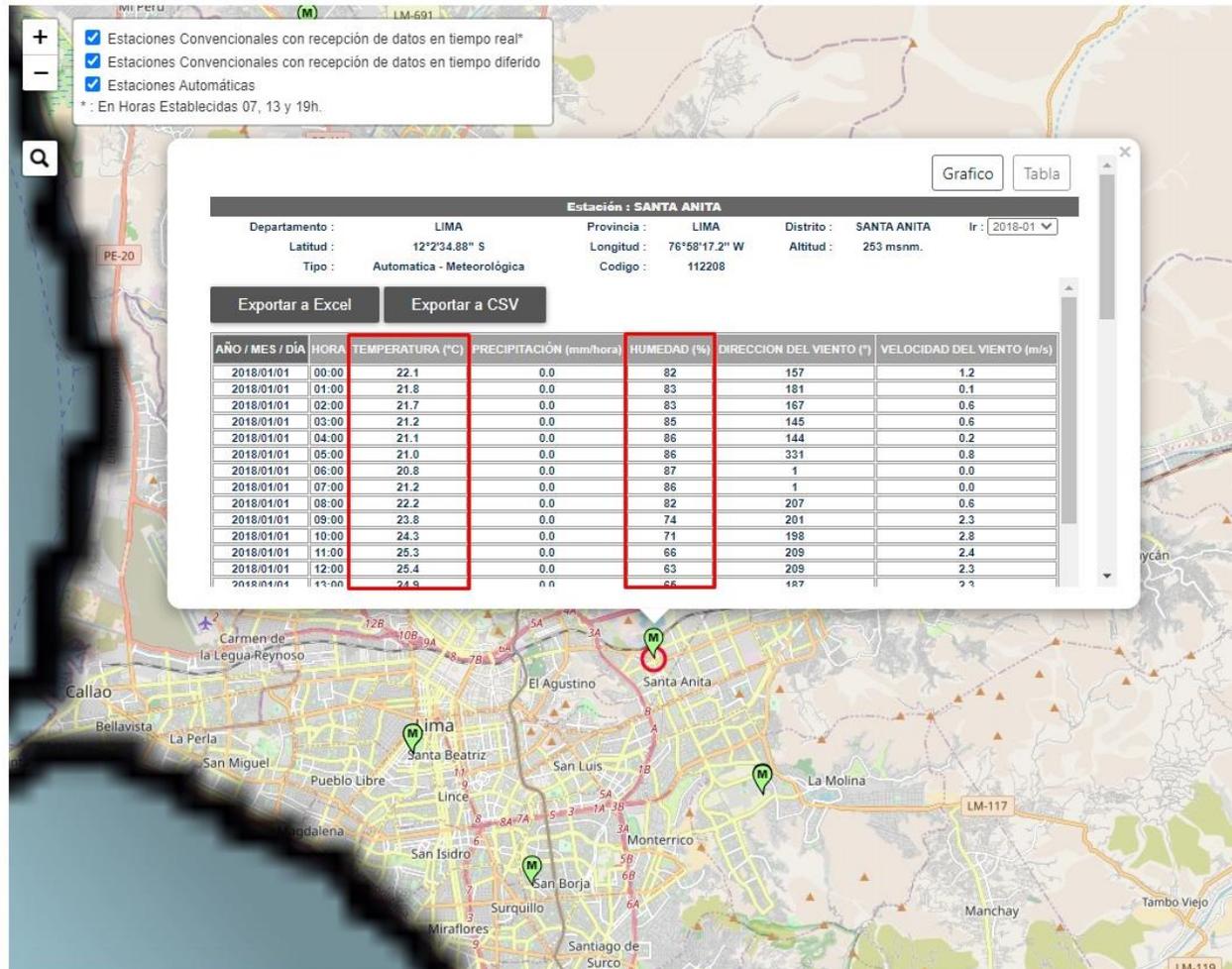
## Monitoreo de la Calidad de Aire, para Lima Metropolitana

Monitoreo Pronóstico



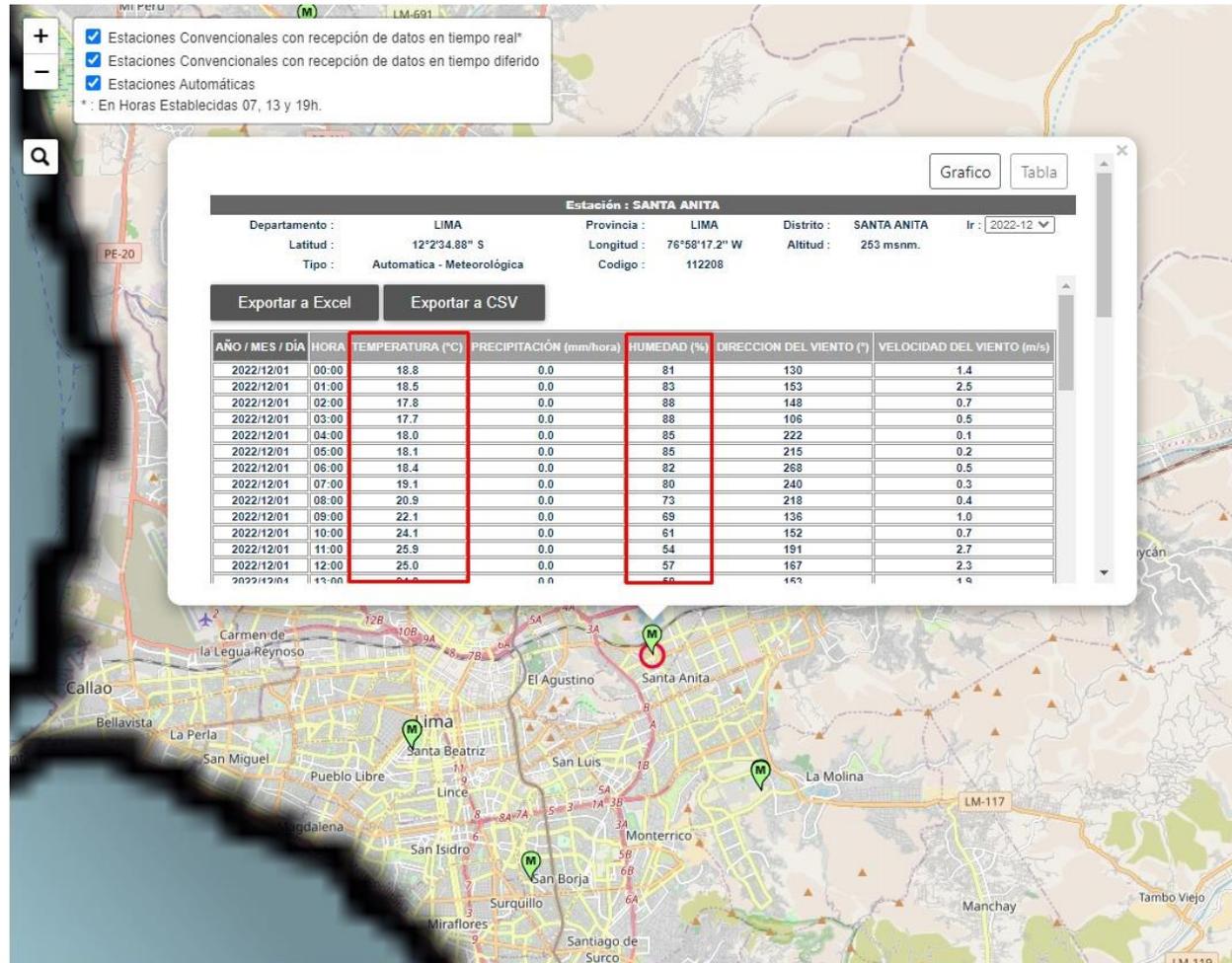
Determinación de la calidad del aire por  $PM_{10}$  y su relación con los factores meteorológicos de humedad y temperatura en el distrito de Santa Anita - provincia de Lima durante los años 2018 al 2022.

## Datos Hidrometeorológicos a nivel nacional



Determinación de la calidad del aire por  $PM_{10}$  y su relación con los factores meteorológicos de humedad y temperatura en el distrito de Santa Anita - provincia de Lima durante los años 2018 al 2022.

## Datos Hidrometeorológicos a nivel nacional

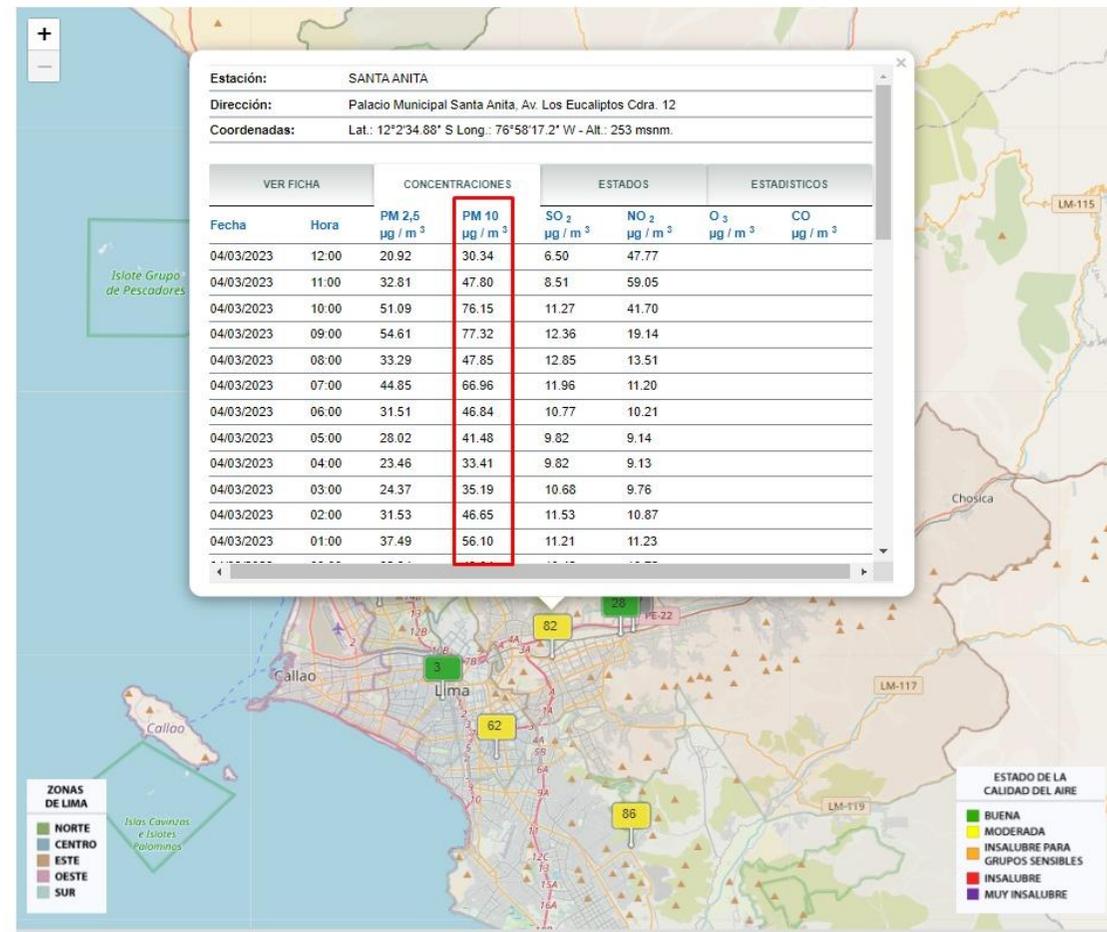


Determinación de la calidad del aire por  $PM_{10}$  y su relación con los factores meteorológicos de humedad y temperatura en el distrito de Santa Anita - provincia de Lima durante los años 2018 al 2022.

## Monitoreo de la Calidad de Aire, para Lima Metropolitana

Monitoreo

Pronóstico



Determinación de la calidad del aire por  $PM_{10}$  y su relación con los factores meteorológicos de humedad y temperatura en el distrito de Santa Anita - provincia de Lima durante los años 2018 al 2022.

Estación:  
SANTA ANITA

Parametro Contaminante  
N\_PM10

Tipo de Evolución:  
Evolucion Diaria

Desde:  
01/01/2018

Hasta:  
31/12/2022

Consultar



Datos crudos sin control de calidad.