

Air Quality due to PM2.5 and PM10 Emissions in the Santa Luisa Housing Development, San Martín de Porres District, 2023

Diana Franczheska Mata Huaman¹, Roberto Daniel Gonzales Lavado¹ and Magda Velásquez Marín Mtr¹

¹Universidad Privada del Norte (UPN), Av. Tingo María 1122, Cercado de Lima, Perú
dianafmata365@gmail.com, robertodanielgl0@gmail.com, magda.velasquez@upn.edu.pe

Abstract– The UN indicates that by 2022, 99% of the world's population will be breathing air that exceeds the air quality limits established by the WHO, endangering our health; therefore, the objective of this research was to evaluate the air quality due to PM2.5 and PM10 emissions in the Santa Luisa housing development in the district of San Martín de Porres in 2023. A quantitative methodology was used - non-experimental with longitudinal design, the techniques were non-experimental field observation and documentary analysis; and air quality monitoring was carried out for 5 continuous days with 2 monitoring points. As results, concentrations for PM10 fluctuated between 15 and 16.8 ug/m³ for point CA-01, and for point CA-02, concentrations ranged between 17 and 22 ug/m³; and for PM2.5 between 57 to 62.1 ug/m³ and 65 to 76 ug/m³ for CA-01 and CA-02 respectively. Finally, it was concluded that the present urbanization has an acceptable atmospheric quality in relation to PM and is within the ECAs for air; in addition, the health of the general population is not affected.

Keywords-- Particulate matter, air quality, PM10, PM2.5.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).

ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

DO NOT REMOVE

Calidad del Aire por Emisión de PM2.5 y PM10 en la Urbanización Santa Luisa, Distrito de San Martín de Porres, 2023

Diana Franczheska Mata Huaman¹, Roberto Daniel Gonzales Lavado¹ and Magda Velásquez Marín Mtr¹

¹Universidad Privada del Norte (UPN), Av. Tingo María 1122, Cercado de Lima, Perú
dianafmata365@gmail.com, robertodanielgl0@gmail.com, magda.velasquez@upn.edu.pe

Resumen– La ONU señala que, en el 2022, el 99% de la población mundial respira un aire que supera los límites de calidad del aire establecidos por la OMS, poniendo en peligro nuestra salud; por ende, esta investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad del aire por emisión de PM2.5 y PM10 en la urbanización Santa Luisa en el distrito de San Martín de Porres en el 2023. Se empleó una metodología cuantitativa – no experimental con diseño longitudinal, las técnicas fueron observación de campo no experimental y análisis documental; y se realizó un monitoreo de calidad del aire por 5 días continuos con 2 puntos de monitoreo. Como resultados, las concentraciones para PM10 fluctúan entre 15 y 16.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para el punto CA-01, y para el punto CA-02, las concentraciones oscilan entre 17 y 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; y para el PM2.5 entre 57 a 62.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 65 a 76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para CA-01 y CA-02 respectivamente. Por último, se concluyó que la presente urbanización cuenta con una aceptable calidad atmosférica en relación con el PM y se encuentra dentro de los ECA para aire; además, la salud de la población en general no se ve afectada.

Palabras Clave-- Material particulado, calidad del aire, PM10, PM2.5.

I. INTRODUCCIÓN

Según la Organización Panamericana de la Salud [1], alrededor de 249 mil muertes prematuras fueron atribuibles a la contaminación del aire exterior y también un aproximado de 83 mil muertes prematuras fueron atribuibles a la contaminación del aire debido al uso de combustibles sólidos en las viviendas en las Américas durante el año 2016.

Pirlea y Ven-Dee [2] mencionan que en base al informe del estado global del aire en 2019 la contaminación del aire fue el quinto factor de riesgo de mortalidad más alto en 2017 a nivel mundial y, además, según la guía de calidad del aire de la Organización Mundial de la Salud (OMS), la exposición a largo plazo para aquellos que viven por encima de una concentración promedio anual de PM2.5 tienen un mayor riesgo de mortalidad por cáncer cardiopulmonar y de pulmón.

Según el origen del material particulado, Suárez y otros [3] lo clasifican en partículas primarias, las cuales provienen de fuentes directas como la quema de biomasa, la combustión incompleta de los combustibles fósiles, el desgaste de las carreteras y los materiales biológicos como fragmentos de plantas, microorganismo, polen, entre otros; y en partículas secundarias que provienen principalmente de la conversión de gases a partículas en la atmósfera. Estas últimas se pueden encontrar en las zonas urbanas y son las que más afectan a la salud poblacional.

La ONU-HABITAT [4] menciona que, en ciertas zonas metropolitanas de México, como es el caso del Valle de México, las emisiones producidas por el parque automotor representan hasta un 60% de la contaminación por PM10.

La Asociación Automotriz del Perú [5] indicó que según con el estudio World Air Quality Report 2021 realizado por la firma privada IQAir, el Perú tiene la más baja calidad de aire de América Latina, y también menciona que el país se ubica en el lugar 26 (con 29.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de material particulado) de 117 a nivel mundial respecto a la calidad del aire.

Según el estudio del MINAM [6], la concentración de material particulado (PM10 y PM2.5), en el aire de Lima y Callao están excediendo los valores establecidos en la normativa vigente, tanto para el promedio de 24 horas como el anual. Además, se menciona que, en relación con el PM10, los más altos niveles de concentración de este se presentan en la zona sur, seguido de la zona este y la zona norte. Por el contrario, para el caso de PM2.5, sus mayores niveles de concentración se presentan en la zona este, seguido de la zona sur y zona norte. Correa y Mora [7], realizaron una tesis en 2020 en donde analizaron el nivel de concentración de PM 2.5 en las ciudades de Lima, Juliaca y Tarapoto, cuyos resultados indican que Tarapoto cuenta con el valor límite de 30.91 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM2.5, luego en Juliaca, se presentó un valor máximo de 19.80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, y por último en Lima se obtuvo la concentración más baja del material particulado, con un valor límite de 14.58 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

El Comercio [8] indicó que en los distritos de la zona norte de Lima han aumentado la contaminación del aire, según el análisis estadístico de los datos recolectados por la Red de Monitoreo Automático de la Calidad del Aire (Remca), que indican que hubo un incremento anual en la concentración entre los valores 2.5 y 4.19 microgramos; y también menciona que según la Organización Mundial de la Salud (OMS) se recomienda un índice de 10 para PM2.5 para las ciudades, pero en la zona de San Martín de Porres esta cifra oscila entre 10 y 30, siendo así la peor calidad de aire en la zona norte.

Bajo los argumentos señalados previamente, se generó la necesidad de investigar sobre la calidad del aire medida, según el material particulado PM2.5 y PM10 en la Urbanización Santa Luisa, la cual se encuentra cerca de fábricas y al parque automotor que transita en la Av. Panamericana Norte y entre sus calles; de aquí es donde se busca identificar qué tanto es el índice de material particulado que los residentes de esta urbanización respiran en su día a día y su posible impacto.

II. METODOLOGÍA

A. Tipo de Investigación

Esta investigación presenta el enfoque cuantitativo debido a que utiliza la recolección de datos con medición numérica para poder analizar los datos obtenidos y así responder a las preguntas de la investigación.

En cuanto al diseño de investigación, emplea la no experimental puesto que, no se puede manipular la cantidad de material particulado que los equipos captarán dentro de las 24 horas de monitoreo. Además, esta investigación presenta un corte longitudinal debido a que se reunieron datos en dos puntos distanciados a lo largo de 5 días; puesto que se busca ver cómo es la contaminación por material particulado durante este periodo. Finalmente, el nivel de esta investigación es descriptivo puesto que buscará evaluar el material particulado emitido del parque automotor y de las industrias, y cómo es que la recolección de estos datos ha sido importante para determinar si la calidad del aire es aceptable o no.

B. Población y Muestra

La población de la presente investigación son los residentes que viven en la urbanización Santa Luisa, ubicada en el distrito de San Martín de Porres en la ciudad de Lima; y por otra parte se ha considerado como el área de estudio para la muestra a la Urbanización Santa Luisa, la cual es catalogada como zona industrial y en sus alrededores hay emisiones de material particulado del parque automotor y de las industrias pertenecientes al área, en el distrito de San Martín de Porres, donde el tipo de muestra es por conveniencia.

C. Técnicas e Instrumentos de Recolección

Las técnicas que se emplearon en esta investigación para la recolección de datos son la observación de campo no experimental y el análisis documental; éstas a su vez van de la mano con los instrumentos que son el cuaderno y reporte de campo, los cuales son formatos ya existentes de GreenLab Perú SAC, y a su vez, son aprobados por INACAL.

D. Procedimiento

En primer lugar, se tuvo en consideración el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire [9] que se encuentra aprobado en el Decreto Supremo N°010-2019-MINAM, en dicho documento se menciona la cantidad de puntos de monitoreo y los equipos que se deben emplear para medir el material particulado emitido por las industrias cercanas a la zona de estudio. Según la tabla I se ha delimitado el área de estudio con dimensiones de 360 metros por 360 metros aproximadamente, y considerando que la población de dicha área no supera la cantidad de 749 personas, se ha establecido que la cantidad de puntos de monitoreo serán dos: Un Sotavento y un Barlovento.

TABLA I

NÚMERO MÍNIMO DE ESTACIONES DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, SEGÚN EL CRITERIO POBLACIONAL

Población (miles de habitantes)	Número mínimo de estaciones de monitoreo
0 - 249	1
250 - 749	2
790 - 999	3
1000 - 1499	4
1500 - 1999	5
2000 - 2749	6
2750 - 3749	7
3750 - 4749	8
4750 - 5999	9
≥ 6000	10

Para poder determinar la ubicación del barlovento y sotavento, se estableció la estación meteorológica en la zona de estudio tomando en cuenta la normativa internacional ASTM D5741-96, donde después se descargó la data de la consola del equipo, se elaboró la rosa de vientos presentado en la figura 1 y se establecieron los puntos de monitoreo detallados en la figura 2 tomando en cuenta la fuente emisora.

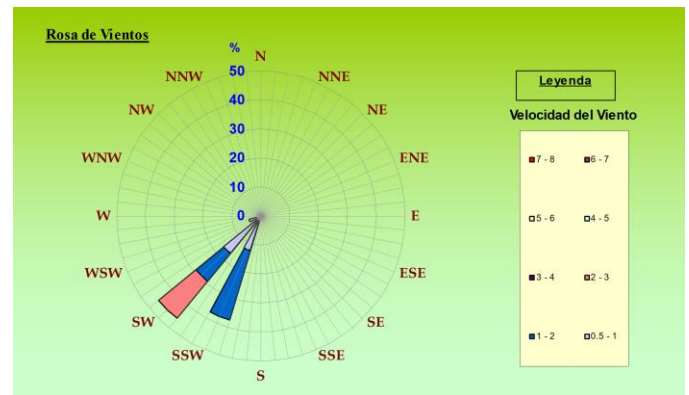


Fig. 1 Rosa de vientos de la urbanización Santa Luisa.



Fig. 2 Área delimitada de la zona de estudio

TABLA II
UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO

Puntos de Muestreo	Código	Coordenada Este	Coordenada Norte
Barlovento	CA-01	0274744 m E	8678344 m S
Sotavento	CA-02	0274637 m E	8678078 m S

A partir de ello, se realizó el monitoreo de calidad de aire durante 5 días consecutivos de acuerdo al Protocolo como se presenta en la tabla III, teniendo en cuenta que la zonificación del área es industrial. Se procedió a ubicar los equipos en las coordenadas establecidas, armar el Hi-Vol al unir sus 3 componentes (cuerpo, cabezal y motor) así como el Low-Vol se debe ensamblar sus partes (cuerpo y cabezal) y también armar la estación meteorológica, seguidamente colocar sus filtros respectivos y programarlos indicando su fecha y hora de inicio, así como su fecha y hora final para que se monitoreen durante 24 horas; este proceso se hizo tanto para Hi-Vol como para Low-Vol.

TABLA III
REQUISITOS DE FRECUENCIA Y PERIODOS PARA EL MONITOREO DE ÁREAS ASOCIADAS A ACTIVIDADES EXTRACTIVAS, PRODUCTIVAS Y DE SERVICIOS

Tipo de tecnología	Tipo de monitoreo	Periodo de medición (en base al ECA)	Mínima suficiencia de información válida requerida	Frecuencia mínima por muestra o registro
Manual	Discontinuo	1 hora	>90 % (54 minutos)	<ul style="list-style-type: none"> Una muestra horaria al día por 5 días consecutivos, o Una muestra horaria cada 6 días dentro del periodo de un mes
		8 horas	>90 % (7 horas)	<ul style="list-style-type: none"> Una muestra octohoraria al día por 5 días consecutivos, o Una muestra octohoraria cada 6 días dentro del periodo de un mes

	24 horas	>99 % (22 horas)	<ul style="list-style-type: none"> 5 muestras diarias contiguas, o Una muestra diaria cada 6 días dentro del periodo de un mes
	Mensual	>14 % (5 días)	Continua por 5 días
	Anual	1 mes	Continua por un mes

Con las muestras obtenidas, fueron enviadas a un laboratorio donde se analizaron mediante el pesado en la balanza analítica y el flujo medido del HI-VOL; luego se tomó nota de los resultados y se hizo la comparación con los estándares de calidad ambientales del país para así determinar el nivel de calidad de aire que posee el área de estudio.

La normativa de comparación empleada fue de los Estándares de Calidad de Aire establecidos en el D.S. N° 003-2017-MINAM [10] como se presenta en la tabla IV, las cuales son $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el periodo de 24 horas para el PM2.5 y PM10 respectivamente.

TABLA IV
ESTÁNDARES DE CALIDAD DE AIRE

Parámetros	Período	Valor [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Criterios de evaluación	Método de análisis
Material particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM2.5)	24 horas	50	No exceder más de 7 veces al año	Separación inercial/ filtración (Gravimetría)
	Anual	25	Media aritmética anual	
Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM10)	24 horas	100	No exceder más de 7 veces al año	
	Anual	50	Media aritmética anual	

Por último, para realizar la comparación con los valores del INCA se realizaron las ecuaciones correspondientes para cada tipo de material particulado, tal y como indica la Resolución Ministerial 112-2015-MINAM mencionadas en la tabla V y VI; y según los resultados obtenidos se puede clasificar su categoría entre buena, moderada, mala y umbral de cuidado, siendo este último el estado más crítico de la calidad del aire, y mencionar los posibles riesgos que se puedan presentar a futuro como se observa en la tabla VII.

TABLA V
CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AIRE – PM2.5

Material particulado (PM2.5) promedio 24 horas		
Intervalo del INCA	Intervalo de concentraciones ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ecuación
0-50	0 - 12.5	I (PM2.5) = [PM2.5] *100/25
51-100	12.6 - 25	
101-500	25.1 - 125	
>500	>125	

TABLA VI
CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AIRE – PM10

Material particulado (PM10) promedio 24 horas		
Intervalo del INCA	Intervalo de concentraciones ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ecuación
0-50	0 - 75	I (PM10) = [PM10] *100/150
51-100	76 - 150	
101-167	151 - 250	
>167	>250	

TABLA VII
RIEGOS Y RECOMENDACIONES DEL INCA

CALIFICACIÓN	RIESGOS	RECOMENDACIONES
Buena	La calidad del aire es satisfactoria y no representa un riesgo para la salud.	La calidad del aire es aceptable y cumple con el ECA de aire. Puede realizar actividades al aire libre.
Moderada	Las personas de grupos sensibles (niños, tercera edad, embarazadas, personas con enfermedades respiratorias y cardiovasculares crónicas) podrían experimentar algunos problemas respiratorios.	La calidad del aire es aceptable y cumple con el ECA de Aire. Puede realizar actividades al aire libre con ciertas restricciones para los grupos vulnerables.
Mala	Las personas de grupos sensibles podrían presentar daños a la salud; así como la población en general.	Mantenerse atenta a los informes de calidad del aire. Evitar realizar ejercicio y actividades al aire libre.
Umbral de cuidado	Toda la población puede verse afectada de forma grave en la salud.	Implementar estados de alerta

En el análisis de la información, se emplearon el software Excel para la generación de tablas de los resultados del PM2.5 y PM10 obtenidos, el cálculo del Índice de Calidad Ambiental y el análisis descriptivo de los resultados obtenidos para realizar la comparación debida con los Estándares de Calidad del Aire

III. RESULTADOS

De acuerdo con los resultados, las concentraciones de PM2.5 muestreadas del 26/04/2023 al 01/05/2023 se encuentran entre 15 y 16.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para el punto CA-01; y para el punto CA-02, las concentraciones fluctúan entre 17 y 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como se presenta en la tabla VIII. Por otro lado, las concentraciones de PM10 muestreadas del 26/04/2023 al 01/05/2023 se encuentran entre 57 y 62.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para el punto CA-01; y para el punto CA-02, las concentraciones fluctúan entre 65 y 76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como figura en la tabla IX.

TABLA VIII
CONCENTRACIÓN DE PM2.5 EN PUNTOS DE MONITOREO

Fecha de Muestreo	Unidad	CA-01	CA-02
26/04/2023 al 27/04/2023	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	15	17
27/04/2023 al 28/04/2023		17	20
28/04/2023 al 29/04/2023		15	22
29/04/2023 al 30/04/2023		15	18
30/04/2023 al 01/05/2023		13	19

TABLA IX
CONCENTRACIÓN DE PM10 EN PUNTOS DE MONITOREO

Fecha de Muestreo	Unidad	CA-01	CA-02
26/04/2023 al 27/04/2023	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	62.1	74
27/04/2023 al 28/04/2023		59.4	65
28/04/2023 al 29/04/2023		58.4	76
29/04/2023 al 30/04/2023		61.8	72
30/04/2023 al 01/05/2023		57.0	68

En base a las ecuaciones utilizadas del INCA, se pudo determinar que las concentraciones de PM2.5 para los puntos CA-01 y CA-02 se encuentran en la clasificación moderada presentados en las tablas X y XI; sin embargo, las concentraciones de PM10 en ambos puntos figuran en la clasificación buena como se muestra en la tabla XII y XIII.

TABLA X
ÍNDICE DE CALIDAD DE AIRE PARA PM2.5 EN PUNTO CA-01

Fecha de Muestreo	Clasificación	Intervalo del INCA	INCA del CA-01
26/04/2023 al 27/04/2023	Moderada	51-100	60
27/04/2023 al 28/04/2023			68
28/04/2023 al 29/04/2023			60
29/04/2023 al 30/04/2023			60
30/04/2023 al 01/05/2023			52

TABLA XI
ÍNDICE DE CALIDAD DE AIRE PARA PM2.5 EN PUNTO CA-02

Fecha de Muestreo	Clasificación	Intervalo del INCA	INCA del CA-02
26/04/2023 al 27/04/2023	Moderada	51-100	68
27/04/2023 al 28/04/2023			80
28/04/2023 al 29/04/2023			88
29/04/2023 al 30/04/2023			72
30/04/2023 al 01/05/2023			76

TABLA XII
ÍNDICE DE CALIDAD DE AIRE PARA PM10 EN PUNTO CA-01

Fecha de muestreo	Clasificación	Intervalo del INCA	CA-01
26/04/2023 al 27/04/2023	Buena	0 - 50	41,4
27/04/2023 al 28/04/2023	Buena	0 - 50	39,6
28/04/2023 al 29/04/2023	Buena	0 - 50	38,9
29/04/2023 al 30/04/2023	Buena	0 - 50	41,2
30/04/2023 al 01/05/2023	Buena	0 - 50	38,0

TABLA XIII
ÍNDICE DE CALIDAD DE AIRE PARA PM10 EN PUNTO CA-02

Fecha de muestreo	Clasificación	Intervalo del INCA	CA-02
26/04/2023 al 27/04/2023	Buena	0 - 50	49,3
27/04/2023 al 28/04/2023	Buena	51 - 100	43,3
28/04/2023 al 29/04/2023	Moderada	51 - 100	50,7
29/04/2023 al 30/04/2023	Buena	51 - 100	48,0
30/04/2023 al 01/05/2023	Buena	51 - 100	45,3

En cuanto a la comparación con la normativa vigente, las concentraciones obtenidas en el PM 2.5, oscilan entre 13 y 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, por lo cual estos datos indican que no se exceden los

estándares de la calidad del aire que son $<50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tal como se presenta en la tabla XIV. Además, las concentraciones obtenidas en el PM10 oscilan entre 57.0 y 74.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, por lo cual estos datos indican que no se exceden los estándares de la calidad del aire que son $<100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como se presenta en la tabla XV.

TABLA XIV
COMPARACIÓN DE CONCENTRACIONES DE PM2.5 CON LOS ECA

Fecha de Muestreo	Parámetro	Unidad	CA-01	CA-02	ECA del Aire
26/04/2023 al 27/04/2023	PM2.5	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	15	17	<50
27/04/2023 al 28/04/2023			17	20	
28/04/2023 al 29/04/2023			15	22	
29/04/2023 al 30/04/2023			15	18	
30/04/2023 al 01/05/2023			13	19	

TABLA XV
COMPARACIÓN DE CONCENTRACIONES DE PM10 CON LOS ECA

Fecha de Muestreo	Parámetro	Unidad	CA-01	CA-02	ECA del Aire
26/04/2023 al 27/04/2023	PM10	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	62.1	74.0	<100
27/04/2023 al 28/04/2023			59.4	65.0	
28/04/2023 al 29/04/2023			58.4	76.0	
29/04/2023 al 30/04/2023			61.8	72.0	
30/04/2023 al 01/05/2023			57.0	68.0	

IV. DISCUSIONES

La calidad del aire por emisión del PM2.5 y PM10 en la urbanización Santa Luisa en el distrito de San Martín de Porres en el 2023 se encuentra dentro de los estándares de calidad del aire. Estos valores son distintos si se compara con lo que presentó Paccosonco [11] en su trabajo “Determinación de la concentración del material particulado menor a 10 micras en el entorno de los centros de educación del distrito de Ilo 2017-2018”, puesto que sus valores superaron los estándares de calidad del aire, así también como la normativa nacional y los estándares de la OMS. Estos resultados obtenidos dan a conocer que el estado de la calidad del aire de la urbanización Santa Luisa no presenta ningún riesgo para la salud de los residentes, a pesar de ser considerada una zona industrial, los valores del

material particulado que circula por los aires están por debajo de los límites.

Estos resultados presentan diferencias al ser comparados con lo que obtuvieron Rúa y Ramos [12] en su tesis titulada “Calidad del aire por la emisión de material particulado en la comunidad de Callqui Chico, Huancavelica – 2021”, la mayor desigualdad es que al comparar el área de estudio se presenta que dicha comunidad posee mayores cantidades de material particulado suspendido que la urbanización Santa Luisa que es catalogada como zona industrial. Lo obtenido indica que, durante el periodo de 5 días, el material particulado suspendido en la zona industrial es menor a los límites establecidos por los estándares de calidad del aire, y por ello no presentan riesgo para la salud poblacional.

También, el índice de concentración con relación al INCA del PM2.5 y PM10 en la urbanización Santa Luisa en el distrito de San Martín de Porres en el 2023 se determinó en base a las ecuaciones utilizadas del INCA; en el caso del PM2.5 para los puntos CA-01 y CA-02 se encuentran en la clasificación moderada y de la misma manera para el PM10 se encuentra en la clasificación moderada para ambos puntos. Estos resultados son similares a los obtenidos por Canturin [13] en su trabajo titulado “Concentración de Material Particulado Respirable (PM10) en Av. Nauta – Callao”; en dicho estudio el autor logró determinar el índice de concentración de los materiales particulados suspendidos en su área de estudio; dando así a conocer que sus índices para el PM10 eran catalogados como “Buena” su calidad del aire. Según lo expuesto anteriormente, el índice de la calidad del aire de la urbanización Santa Luisa está dentro de los parámetros “moderada” para el PM2.5 y “buena” para el PM10, a excepción del día 28 al 29 de abril donde fue “moderada”, según sus puntos de monitoreo; esto da a conocer que la cantidad de material particulado en el aire aún no es dañina, pero podría llegar a cambiar en unos años.

Finalmente, al comparar la concentración del PM2.5 y PM10 en la urbanización Santa Luisa en el distrito de San Martín de Porres en el 2023 con los estándares de calidad ambiental del aire y gracias a los resultados brindados por el laboratorio de monitoreo; se puede determinar que las concentraciones obtenidas en el PM2.5 oscilan entre 13 y 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, es por ello que estos datos indican que no se exceden los estándares de la calidad del aire que son $<50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, por otra parte, las concentraciones obtenidas en el PM10 oscilan entre 57.0 y 76.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, esto indica que no se exceden los estándares de la calidad del aire puesto que son $<100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Lo analizado presenta similitud con Alvarado [14] en su artículo titulado “Análisis de inmisión de material particulado PM10 y PM2.5 en dos puntos estratégicos de la ciudad de Bogotá”, puesto que dicho autor en su artículo también determinó la concentración de los materiales particulado suspendidos en su zona de estudio y estas tienen una escala semejante a la determinada en el presente estudio; siendo sus valores para PM10 de 50 a 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y de 20 a 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM2.5 en la zona industrial donde realizó su investigación. Estos resultados obtenidos indican que la calidad en la urbanización Santa Luisa están por debajo de

los estándares de calidad ambiental del aire, en el caso del PM2.5 se encuentra por debajo de la mitad y para el PM10 si presenta valores de hasta los tres cuartos del valor límite; esto puede interpretarse como que el PM10 es más abundante en la zona de estudio a comparación del PM2.5.

La implicancia metodológica que corresponde a un estudio con diseño descriptivo no experimental sería el uso de los instrumentos brindados por el laboratorio para llevar el correcto manejo de información sobre el monitoreo, posteriormente se emplearía un Excel donde se realizarían las comparaciones necesarias entre los resultados obtenidos y los índices o valores de los ECA o INCA.

En la implicancia práctica, los resultados obtenidos pueden ser empleados para otros trabajos o investigaciones que busquen mejorar la calidad del aire en zonas con similitudes al área de estudio; así como también podrían emplear servicios de laboratorios de monitoreo ambiental acreditados por INACAL debido a su confiabilidad en el servicio y su manejo de información.

Con respecto a las limitaciones, se encontraron ligeros inconvenientes al realizar la comparación con otros estudios, esto se debe a que no presentaban la misma área de estudio o cercanía a este; así como también se evidenció que no existen muchas investigaciones respecto a la contaminación por material particulado en la Zona Norte de Lima, es por ello que no se hay antecedentes de los cuales guiarse para realizar un análisis de la zona de estudio con mayor profundidad.

V. CONCLUSIONES

Se determinó la concentración de PM2.5 y PM10 en la urbanización Santa Luisa en el distrito de San Martín de Porres en el 2023. Mediante los resultados se pudo identificar que, por un lado, los valores para PM2.5 muestreadas desde el 26/04/2023 al 01/05/2023 se encuentran entre 13, 17 y 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, y por otro lado para el PM10, se encuentran entre 57.0 y 76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Se calculó el índice de concentración con relación al INCA del PM2.5 y PM10 en la urbanización Santa Luisa en el distrito de San Martín de Porres en el 2023. Con relación a los resultados brindados y posterior a su comparación con los INCA para ambos materiales particulados, se obtuvo que la calidad del aire existente en la zona de estudio se cataloga como moderada para PM2.5, y para PM10 como buena, exceptuando el tercer día de monitoreo que resultó ser moderada; por ende, la salud de los pobladores de la urbanización presente podría verse afectada siempre y cuando padezcan alguna complicación respiratoria.

Se comparó la concentración del PM2.5 y PM10 en la urbanización Santa Luisa en el distrito de San Martín de Porres en el 2023 con los estándares de calidad ambiental del aire. La contrastación de las concentraciones de material particulado con los ECA para aire evidencia que el PM2.5 y PM10 no sobrepasan los 50 y 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente.

Por último, se puede afirmar que la presente urbanización cuenta con una aceptable calidad atmosférica en relación con el

PM y se encuentra dentro de los estándares de calidad del aire, por lo que la salud de la población en general no se ve afectada.

AGRADECIMIENTOS

Estamos agradecidos con nuestra asesora Magda Rosa Velásquez Marín por el constante apoyo y orientación durante trabajo de investigación, así como también a nuestra alma mater la Universidad Privada del Norte por acogernos y enseñarnos lo más importante para ser profesionales.

REFERENCIAS

- [1] Organización Panamericana de la Salud. (2016). Calidad del aire. [Online]. Available: <https://www.paho.org/es/temas/calidad-aire>
- [2] The World Bank. (2019, 12 de septiembre). The global distribution of air pollution. [Online]. Available: <https://datatopics.worldbank.org/world-development-indicators/stories/the-global-distribution-of-air-pollution.html>
- [3] Suárez Salas, L., Álvarez Tolentino, D., Bendejú, Y. y Pomalaya, J. (2017), “Caracterización química del material particulado atmosférico del centro urbano de Huancayo, Perú”, Revista de la Sociedad Química del Perú, vol 83, n° 2, pp 187-199, junio de 2017.
- [4] ONU - HABITAT. (2022). Contaminación, automóviles y calidad del aire. [Online]. Available: <https://onuhabitat.org.mx/index.php/contaminacion-automoviles-y-calidad-del-aire#:~:text=Los%20autom%C3%B3viles%20particulares%20generan%20el,las%20medidas%20de%20prevenci%C3%B3n%20adecuadas>
- [5] Asociación Automotriz del Perú. (2022, 28 de marzo). PERÚ CON LA PEOR CALIDAD DE AIRE ENTRE LOS PAÍSES DE LA REGIÓN. [Online]. Available: <https://aap.org.pe/iquair-calidad-de-aire-peru-mala-aap/>
- [6] Ministerio del Ambiente (2019, 13 de diciembre). Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao. [Online]. Available: <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/diagnostico-gestion-calidad-ambiental-aire-lima-callao>
- [7] Correa Haro, F., & Mora Ihuaquai, S. C., “Revisión y análisis del nivel de concentración de Material particulado en tres ciudades representativas del Perú”, Tesis de Pregrado, Universidad Peruana Unión, Perú, 2020.
- [8] El Comercio. (2019, 15 de marzo). Aumenta la contaminación del aire en distritos del norte y este de Lima. [Online]. Available: <https://elcomercio.pe/lima/sucesos/aumenta-contaminacion-aire-distritos-norte-lima-noticia-617160-noticia/?ref=ecr>
- [9] Ministerio del Ambiente. (2019, 02 de diciembre). DECRETO SUPREMO QUE APRUEBA EL PROTOCOLO NACIONAL DE MONITOREO DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE. [Online]. Available: https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/DS_N_10-2019-MINAM.PDF
- [10] Ministerio del Ambiente (2017, 07 de junio). Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM. - Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias. . [Online]. Available: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-aire-establecen-disposiciones>
- [11] Paccosonco Sucapuca, L. A., “Determinación de la concentración del material particulado menor a 10 micras en el entorno de los centros de educación del distrito de Ilo 2017-2018”, Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Moquegua, 2019.
- [12] Rua Espinoza, K. M., & Ramos Ccencho, N. L., “Calidad del aire por la emisión de material particulado en la comunidad de Callqui Chico, Huancavelica–2021”, Tesis de Pregrado, Universidad Cesar Vallejo, 2021.
- [13] Canturín Quintana, E. A., “Concentración de Material Particulado Respirable (PM10) en Av. Nauta–Callao”, Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, 2019.
- [14] Alvarado García, C. F., “Análisis de inmisión de material particulado PM10 y PM2. 5 en dos puntos estratégicos de la ciudad de Bogotá”, Tesis de Pregrado, Universidad La Salle, 2018. https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=2091&context=ing_ambiental_sanitaria