

Artículo Original

Niveles de dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y ozono en el aire del distrito de Villa María del Triunfo

Levels of nitrogen dioxide, sulfur dioxide and ozone in the air of the Villa María del Triunfo district

Alejandro Chavez^{1,a}, Mesías García^{1,b}, Gloria Marin^{1,c}, Jose Llahuilla^{1,d}

Recibido: 24/02/2024 Aceptado: 31/07/2024 Publicado: 30/12/2024

Resumen

En el presente trabajo se determinó los niveles de dióxido de nitrógeno (NO₂), dióxido de azufre (SO₂) y ozono (O₃) en el aire del distrito de Villa María del Triunfo. La recolección de las muestras fue realizada en 5 estaciones utilizando un equipo de bomba de vacío, durante el periodo de 6 de junio a 2 de julio de 2023. La concentración de NO₂, SO₂ y O₃ en aire fue determinada mediante Espectrofotometría Ultravioleta – Visible. Se obtuvo una concentración promedio de NO₂, SO₂ y O₃ de 10.1762 µg/m³, 29.3515 µg/m³ y 2.7974 µg/m³, respectivamente. La concentración promedio de NO₂, SO₂ y O₃ en el aire no superó el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) establecido por el Ministerio del Ambiente - MINAM (NO₂: 200 µg/m³, SO₂: 250 µg/m³, O₃: 100 µg/m³), esto guardaría relación con la situación de confinamiento afrontada durante la pandemia, que trajo consigo una disminución de la circulación de vehículos en el distrito, una de las principales fuentes de dichos contaminantes atmosféricos.

Palabras clave: dióxido de nitrógeno (NO₂); dióxido de azufre (SO₂); ozono (O₃); Villa María del Triunfo; contaminación del aire.

Abstract

In the present work were determined the levels of nitrogen dioxide (NO₂), sulfur dioxide (SO₂) and ozone (O₃) in the air of the Villa María del Triunfo district. The collection of air samples was carried out at 5 stations with a vacuum pump equipment, during the period from June 6 to July 2, 2023. The concentration of NO₂, SO₂ and O₃ in air were determined by ultraviolet – visible spectrophotometry. An average concentration of NO₂, SO₂ and O₃ of 10.1762 µg/m³, 29.3515 µg/m³ and 2.7974 µg/m³ were obtained, respectively. The average concentration of NO₂, SO₂ and O₃ in the air did not exceed the Environmental Quality Standard (ECA) established by the Ministry of the Environment - MINAM (NO₂: 200 µg/m³, SO₂: 250 µg/m³, O₃: 100 µg/m³), this would be related to the pandemic situation experienced in 2020 that led to confinement, and with it, a decrease in vehicle circulation in the district, one of the main sources of said atmospheric pollutants.

Keywords: nitrogen dioxide (NO₂); sulfur dioxide (SO₂); ozone (O₃); Villa María del Triunfo; air pollution.

¹ Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica. Lima, Perú.

a Autor para correspondencia: alejandro.chavez6@unmsm.edu.pe - ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6148-4390>

b E-mail: mgarciao@unmsm.edu.pe - ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7340-4757>

c E-mail: gmarinv@unmsm.edu.pe - ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2087-0145>

d E-mail: jllahuillaq@unmsm.edu.pe - ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3926-8069>

Citar como:

Chavez, A., García, M., Marin, G. y Llahuilla, J. (2024). Niveles de dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y ozono en el aire del distrito de Villa María del Triunfo. *Ciencia e Investigación*, 26(2):25-32. doi: <https://doi.org/10.15381/ci.v26i2.27424>

INTRODUCCIÓN

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), uno de los principales problemas de salud pública es la contaminación del aire debido a la mortalidad y morbilidad vinculada, además, se estima que genera millones de muertes anualmente. Dicha situación se acentúa en países en vías de desarrollo, donde la calidad del aire no cumple los estándares mínimos permisibles, producto del desarrollo industrial y crecimiento urbano desordenado. Con relación a ello, en América el año 2019, datos del Observatorio Mundial de la Salud de la OMS indican que más de 380,000 muertes prematuras se relacionan con la contaminación del aire.

Dentro de los efectos en la salud, la OMS sostiene que la exposición al aire contaminado incrementa la morbilidad por enfermedades respiratorias y cardiovasculares, e inclusive cáncer de pulmón. Asimismo, dadas sus características irritantes provoca alteraciones a nivel de las vías respiratorias, exacerbando cuadros respiratorios previos en la población como dificultad respiratoria, asma, bronquitis, enfisema, entre otros. El impacto sobre el medio ambiente involucra la decoloración de vegetación, alteración de la fotosíntesis, formación de lluvia ácida, smog fotoquímico, acidificación de suelos y cuerpos de agua, corrosión de superficies, entre otros¹⁻⁶.

En Lima metropolitana, el elevado crecimiento poblacional conlleva a que las personas establezcan sus viviendas en lugares próximos a empresas o sin acceso a servicios básicos, exponiéndose a contaminantes derivados principalmente de la actividad humana, tales como material particulado, metales pesados, gases, entre otros. Entre estos, revisten un gran interés los gases como dióxido de nitrógeno (NO₂), dióxido de azufre (SO₂) y ozono (O₃), ya que afectan a la salud y medio ambiente, asimismo, son catalogados como contaminantes criterio, pues, se emplean como criterio para establecer si el aire en una zona está contaminado.

Este escenario se presenta en el distrito de Villa María del Triunfo donde la presencia fundamentalmente de empresas cementeras, parque automotriz viejo y mala gestión de residuos sólidos, además, de provocar una degradación del paisaje, constituyen fuentes de contaminantes como materiales particulados, gases, malos olores, proliferación de insectos o roedores que generan enfermedades y contaminación ambiental^{3,7-10}. Respecto a la situación de las

enfermedades respiratorias de acuerdo con la sala virtual situacional del Ministerio de Salud (MINSA), se puede encontrar datos relacionados a neumonía e infecciones respiratorias agudas. Con relación a ello, hasta la semana epidemiológica 18 de 2024 se presentaron 44 casos de infecciones respiratorias agudas en adultos de 60 años a más y 4127 casos en niños menores de 5 años. Por su parte, 44 casos de neumonía en adultos de 60 años a más y 40 casos en niños menores de 5 años han sido reportados¹¹.

Por lo tanto, el trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar los niveles de los gases de dióxido de nitrógeno (NO₂), dióxido de azufre (SO₂) y ozono en el aire del distrito de Villa María del Triunfo frente a los estándares de calidad ambiental (ECA) del aire establecidos por el Ministerio del Ambiente (MINAM) en la normativa D.S. N° 003 – 2017 – MINAM¹².

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación es observacional, de tipo descriptivo y transversal.

– Lugar de muestreo:

La investigación se realizó desde el 6 de junio al 2 de julio de 2023. En la Tabla 1 y figura 1, se presentan las 5 estaciones de muestreo.

– Recolección de muestra:

Se recolectó 3 muestras de aire por estación y día, durante un periodo de 4 semanas; las cuales fueron tomadas con un equipo compuesto por una bomba de vacío (presión de vacío: 300 mmHg, marca: CA – MI), medidor de caudal (caudal: 3 L/min, marca: Millipore) y tubo burbujeador que contuvo la solución fijadora o captadora. En la Tabla 2, se presentan las composiciones de las soluciones fijadoras.

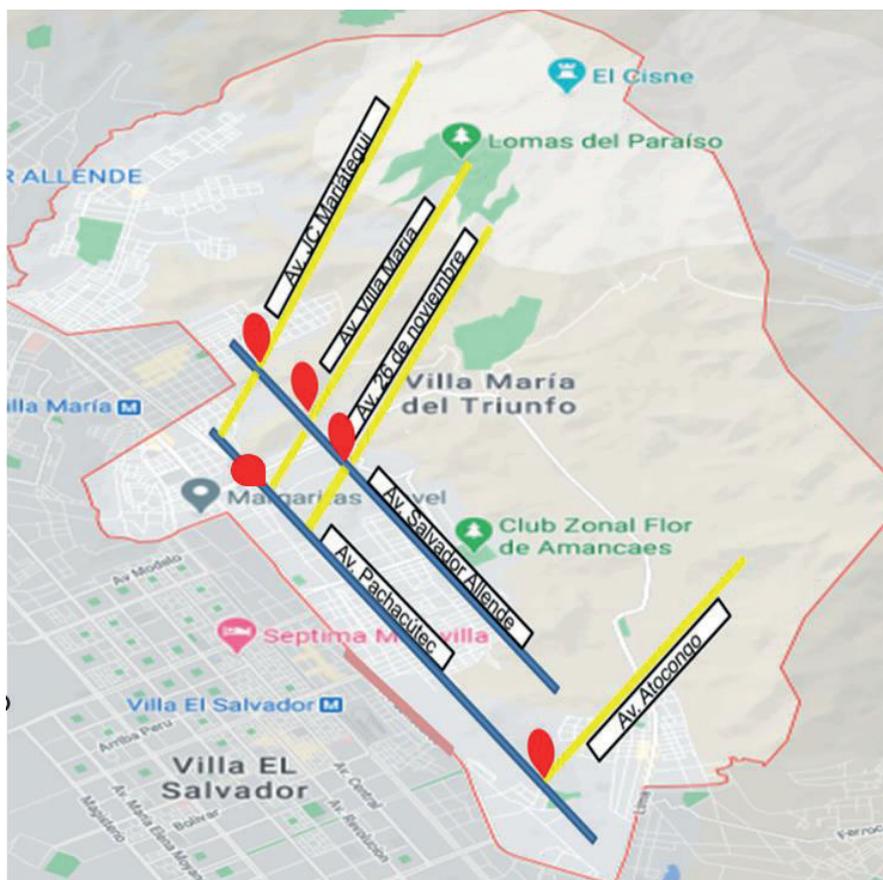
Para su transporte se empleó una caja tecnopor con geles refrigerantes, y así mantener las muestras en cadena de frío.

– Método de análisis:

La cuantificación del NO₂, SO₂ y O₃ en las muestras de aire se realizó en las instalaciones del Centro de Información, Control Toxicológico y apoyo a la gestión ambiental (Facultad de Farmacia y Bioquímica – UNMSM) mediante los métodos espectrofotométricos

Tabla 1. Estaciones de muestreo en el distrito de Villa María del Triunfo

Estación	Ubicación	Localización	Hora	Fecha
1	cruce av. Pachacútec con av. Atocongo	12°13'46.829"S, 76°54'34.621"O	13:00 p.m. – 13:45 p.m.	6,12,19 y 26 de junio de 2023
2	cruce av. Pachacútec con av. 26 de noviembre	12°10'48.386"S, 76°56'40.843"O	13:00 p.m. – 13:45 p.m.	6,13,20 y 27 de junio de 2023
3	cruce av. Pachacútec con av. Villa María	12°9'58.955"S, 76°57'6.105"O	13:00 p.m. – 13:45 p.m.	8,15,22 y 29 de junio de 2023
4	cruce av. Salvador Allende con av. Villa María	12°9'58.472"S, 76°57'2.737"O	13:00 p.m. – 13:45 p.m.	9,16,23 y 30 de junio de 2023
5	cruce av. Salvador Allende con av. José Carlos Mariátegui	12°9'36.283"S, 76°57'21.11"O	13:00 p.m. – 13:45 p.m.	11,18,25 de junio y 2 de julio de 2023



Leyenda:

- : Vías principales interdistritales
- : Vías intradistritales
- : Estaciones de muestreo

Figura 1. Estaciones de muestreo en el distrito de Villa María del Triunfo

Tabla 2. Soluciones fijadoras de NO₂, SO₂ y O₃

Solución fijadora	Composición
NO ₂	*Solución stock de N-(1-Naftil)-etilendiamina dihidrocloruro 0.1%: Disolver 0.1g en 100 mL de agua destilada. *Reactivo absorbente: Disolver 5g de ácido sulfanílico anhidro en 140 mL de ácido acético glacial, calentar ligeramente para disolver, dejar enfriar. Añadir 20 mL de la solución stock, diluir a 1 litro con agua destilada.
SO ₂	*Tetracloromercurato potásico 0,04 M: Disolver 10.8g de cloruro mercúrico, 5.96g de cloruro potásico y 0.066g de sal sódica de EDTA en 1L de agua destilada.
O ₃	*Mezcla tampón fosfato: Disolver 13.6g de fosfato potásico dihidrógeno y 14.2g de fosfato disódico monohidrógeno en 500 mL de agua destilada. *Yoduro potásico 1% en tampón fosfato mezclado 0.1 M: Disolver 10g de yoduro de potasio en 20 mL de agua destilada. Esta solución se añade a la mezcla tampón, agitar. Diluir con agua destilada a 1 L, dejar reposar por lo menos un día. Luego, ajustar el pH a 6.8 ± 0.2 con hidróxido de sodio o fosfato potásico dihidrógeno.

de Griess – Saltzman, West Gaeke y Saltzman, respectivamente. Se utilizó el equipo Espectrofotómetro UV – VIS, marca Thermo Scientific, modelo Genesys 10S, serie 2L5S189207.

La cuantificación del NO₂ por el método de Griess – Saltzman se fundamenta en una reacción de diazotación entre los iones nitrito con la sulfanilamida para formar una sal de diazonio. Luego, esta sal de diazonio reacciona

con el N – 1- naftil - etilendiamina diclorhidrato formando un compuesto azoico de color rosa. La absorbancia se mide a una longitud de onda de 550 nm.

La cuantificación del SO₂ por el método de West Gaeke se basa en la reacción del SO₂ y el tetracloromercurato potásico formando el diclorosulfitomercuriato. Luego, el ion sulfito reacciona con el formaldehído y pararosanilina en medio ácido formando el ácido pararosanilina

sulfónico, complejo de color púrpura. La absorbancia se mide a una longitud de onda de 548 nm.

La cuantificación del O₃ por el método de Saltzman se centra en la reacción del O₃ y la solución acuosa neutra tamponada de yoduro, lo cual libera yodo (bajo la forma de I₃⁻). La absorbancia se mide a una longitud de onda de 352 nm¹³.

Los datos se analizaron mediante las pruebas estadísticas de normalidad Anderson – Darling y T – student del programa estadístico Minitab 19.

RESULTADOS

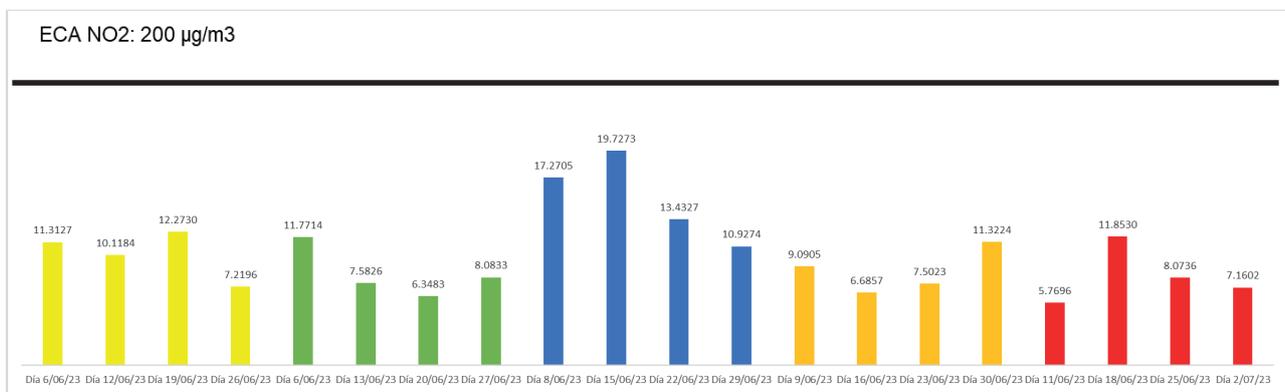
En la figura 2, se presenta la concentración de NO₂ por estaciones y por día expresada en µg/m³. Se aprecia que

la concentración más baja fue 5.7696 µg/m³ (estación 5) y la más alta fue 19.7273 µg/m³ (estación 3).

En la figura 3, se presenta la concentración de SO₂ por estaciones y por día expresada en µg/m³. Se aprecia que la concentración más baja fue 18.7336 µg/m³ (estación 5) y la más alta fue 46.6143 µg/m³ (estación 2).

En la figura 4, se presenta la concentración de O₃ por estaciones y por día expresada en µg/m³. Se aprecia que la concentración más baja fue 1.1482 µg/m³ (estación 1) y la más alta fue 4.6730 µg/m³ (estación 5).

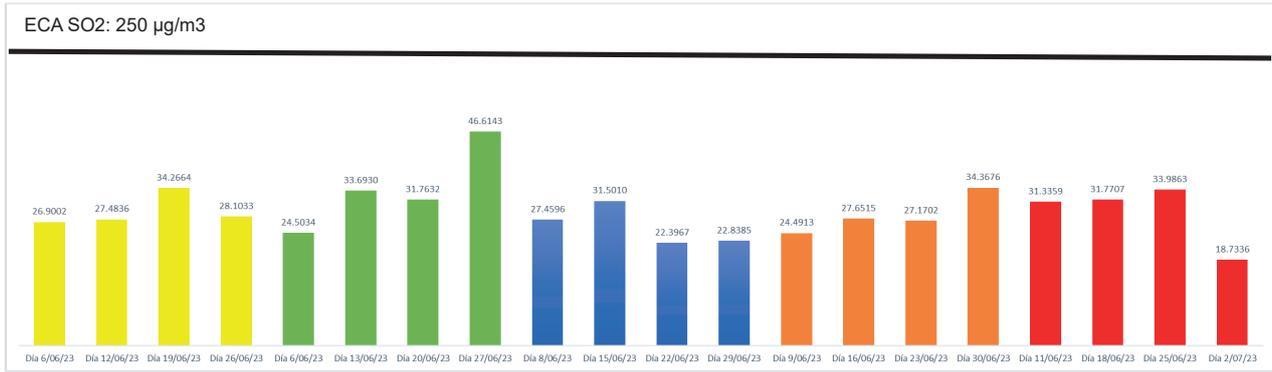
En la tabla 3, se aprecian las concentraciones de NO₂, SO₂ y O₃ en aire en las 5 estaciones de muestreo del distrito de Villa María del Triunfo.



p - valor < 0.05

Estación	Día	Concentración NO ₂ (µg/m ³)	Dirección del viento
ESTACION 1	Día 6/06/23	11.3127	Sur Sudoeste
	Día 12/06/23	10.1184	Sur
	Día 19/06/23	12.2730	Sur
	Día 26/06/23	7.2196	Sur
ESTACION 2	Día 6/06/23	11.7714	Sudoeste
	Día 13/06/23	7.5826	Sur Sudoeste
	Día 20/06/23	6.3483	Sur Sudoeste
	Día 27/06/23	8.0833	Sur Sudoeste
ESTACION 3	Día 8/06/23	17.2705	Sur
	Día 15/06/23	19.7273	Sur Sudoeste
	Día 22/06/23	13.4327	Sur Sudoeste
	Día 29/06/23	10.9274	Sur Sudoeste
ESTACION 4	Día 9/06/23	9.0905	Sur Sudoeste
	Día 16/06/23	6.6857	Sur
	Día 23/06/23	7.5023	Sudoeste
	Día 30/06/23	11.3224	Sur Sudoeste
ESTACION 5	Día 11/06/23	5.7696	Sur Sudoeste
	Día 18/06/23	11.8530	Sur
	Día 25/06/23	8.0736	Sur
	Día 2/07/23	7.1602	Sur Sudoeste

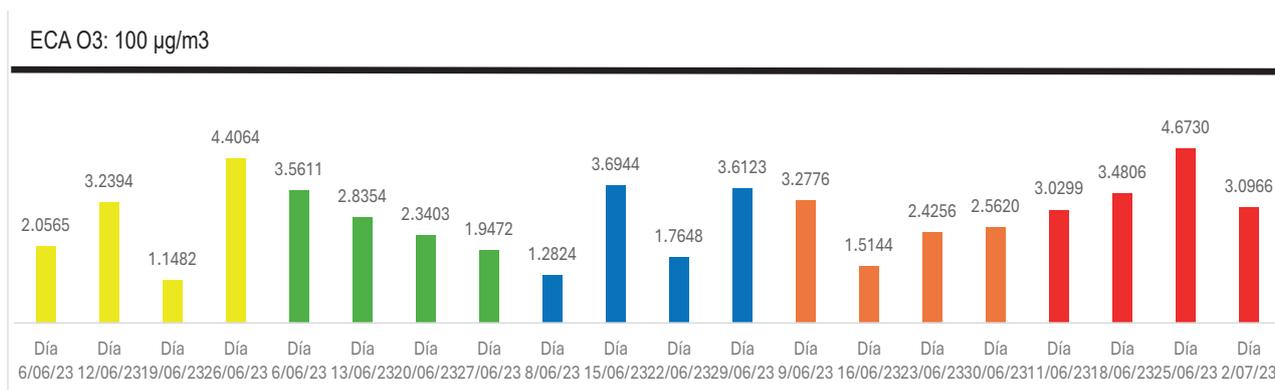
Figura 2. Concentraciones de NO₂ en el aire según estación y día



p - valor < 0.05

Estación	Día	Concentración SO ₂ (µg/m ³)	Dirección del viento
ESTACION 1	Día 6/06/23	26.9002	Sur Sudoeste
	Día 12/06/23	27.4836	Sur
	Día 19/06/23	34.2664	Sur
	Día 26/06/23	28.1033	Sur
ESTACION 2	Día 6/06/23	24.5034	Sudoeste
	Día 13/06/23	33.6930	Sur Sudoeste
	Día 20/06/23	31.7632	Sur Sudoeste
	Día 27/06/23	46.6143	Sur Sudoeste
ESTACION 3	Día 8/06/23	27.4596	Sur
	Día 15/06/23	31.5010	Sur Sudoeste
	Día 22/06/23	22.3967	Sur Sudoeste
	Día 29/06/23	22.8385	Sur Sudoeste
ESTACION 4	Día 9/06/23	24.4913	Sur Sudoeste
	Día 16/06/23	27.6515	Sur
	Día 23/06/23	27.1702	Sudoeste
	Día 30/06/23	34.3676	Sur Sudoeste
ESTACION 5	Día 11/06/23	31.3359	Sur Sudoeste
	Día 18/06/23	31.7707	Sur
	Día 25/06/23	33.9863	Sur
	Día 2/07/23	18.7336	Sur Sudoeste

Figura 3. Concentraciones de SO₂ en el aire según estación y día



p - valor < 0.05

Estación	Día	Concentración O ₃ (µg/m ³)	Dirección del viento
ESTACION 1	Día 6/06/23	2.0565	Sur Sudoeste
	Día 12/06/23	3.2394	Sur
	Día 19/06/23	1.1482	Sur
	Día 26/06/23	4.4064	Sur
ESTACION 2	Día 6/06/23	3.5611	Sudoeste
	Día 13/06/23	2.8354	Sur Sudoeste
	Día 20/06/23	2.3403	Sur Sudoeste
	Día 27/06/23	1.9472	Sur Sudoeste
ESTACION 3	Día 8/06/23	1.2824	Sur
	Día 15/06/23	3.6944	Sur Sudoeste
	Día 22/06/23	1.7648	Sur Sudoeste
	Día 29/06/23	3.6123	Sur Sudoeste
ESTACION 4	Día 9/06/23	3.2776	Sur Sudoeste
	Día 16/06/23	1.5144	Sur
	Día 23/06/23	2.4256	Sudoeste
	Día 30/06/23	2.5620	Sur Sudoeste
ESTACION 5	Día 11/06/23	3.0299	Sur Sudoeste
	Día 18/06/23	3.4806	Sur
	Día 25/06/23	4.6730	Sur
	Día 2/07/23	3.0966	Sur Sudoeste

Figura 4. Concentraciones de O₃ en el aire según estación y día

Tabla 3. Concentraciones de NO₂, SO₂ y O₃ por estaciones

Estación	Concentración de NO ₂ (µg/m ³)	Concentración de SO ₂ (µg/m ³)	Concentración de O ₃ (µg/m ³)
1	10.2309	29.1884	2.7126
2	8.4464	34.1435	2.6710
3	15.3395	26.0490	2.5885
4	8.6502	28.4201	2.4449
5	8.2141	28.9566	3.5700
Promedio	10.1762	29.3515	2.7974

DISCUSIÓN

Como se visualiza en la figura 2, en ningún día de muestreo la concentración de NO₂ en aire fue superior al ECA establecido de 200 µg/m³. Un estudio realizado el año 2020 por Rios reportó un nivel promedio de NO₂ de 36.064 µg/m³, que tampoco excede el ECA¹⁴. Si bien, el valor promedio informado en el presente estudio de NO₂ (10.1762 µg/m³) es menor en comparación al trabajo de tesis mencionado, esto podría deberse a la situación de pandemia que atravesamos durante el año 2020 que nos

llevó al confinamiento, lo que provocó una gran disminución del tránsito vehicular que es una de las principales fuentes antropogénicas de este gas contaminante¹⁵.

Respecto al SO₂ se aprecia en la figura 3, que en ningún día de muestreo la concentración en aire fue mayor al ECA establecido de 250 µg/m³. Un trabajo de tesis realizado el año 2019 por Marín reportó un nivel promedio de SO₂ de 3.6907 µg/m³, que tampoco supera el ECA¹⁶. El valor promedio de SO₂ (29.3515 µg/m³) en esta investigación es mayor al obtenido en el trabajo

de tesis mencionado, lo que podría deberse a factores climatológicos que influyen en la cinética ambiental del contaminante, tal como la temperatura que al ser baja lleva a una mayor concentración del gas en el entorno; otro factor, es el fenómeno de inversión térmica que se presenta por las tardes favoreciéndose la concentración del gas en el ambiente¹⁷.

Con relación al O₃ se aprecia en la figura 4, que en ningún día de muestreo la concentración en aire fue mayor al ECA establecido de 100 µg/m³. Una investigación realizada el año 2023 por Benites -Morales y Pacsi – Valdivia encontró un nivel promedio de O₃ de 14.49 µg/m³ que tampoco supera el ECA¹⁸. El valor promedio de O₃ (2.7974 µg/m³) hallado en el presente estudio es menor al obtenido en la investigación mencionada, esta situación se debería a que los niveles del gas precursor NO₂ en el aire se redujeron durante la pandemia, al haber una reducción en la circulación de automóviles, ya que, el NO₂ al interactuar con los rayos solares forma el O₃ troposférico¹⁹.

CONCLUSIONES

La concentración de los contaminantes criterio NO₂, SO₂ y O₃ en el aire, no fueron mayores al parámetro establecido por el Ministerio del Ambiente D.S. N° 003 – 2017 – MINAM.

La concentración promedio de NO₂, SO₂ y O₃ en el aire de las 5 estaciones de muestreo del distrito de Villa María del Triunfo fueron 10.1762 µg/m³, 29.3515 µg/m³ y 2.7974 µg/m³, respectivamente.

REFERENCIAS

- Organización Panamericana de la Salud (OPS). Calidad del aire [Internet]. [Citado el 21 de mayo del 2024]. Recuperado a partir de: <https://www.paho.org/es/temas/calidad-aire>
- Organización Mundial de la Salud (OMS). Resumen Ejecutivo Directrices mundiales de la OMS sobre la calidad del aire: partículas en suspensión (PM_{2,5} y PM₁₀), ozono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y monóxido de carbono [Internet]. OMS; 2021. [Citado el 21 de mayo del 2024]. Recuperado a partir de: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/346062/9/789240035461-spa.pdf?sequence=1>
- Ministerio del Ambiente. Inventario nacional de contaminantes criterio del aire y contaminantes climáticos de vida corta (CCVC) – 2010 [Internet]. MINAM; 2021. [Citado el 21 de mayo del 2024]. Recuperado a partir de: https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sinia/archivos/public/docs/inventario_ccvc_0.pdf
- Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico. Calidad del aire. Efectos en salud y ecosistemas. Óxidos de nitrógeno [Internet]. [Citado el 18 de febrero del 2024]. Recuperado a partir de: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/salud/oxidos-nitrogeno.html>
- Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico. Calidad del aire. Efectos en salud y ecosistemas. Dióxido de azufre [Internet]. [Citado el 18 de febrero del 2024]. Recuperado a partir de: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/salud/dioxido-azufre.html>
- Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico. Calidad del aire. Efectos en salud y ecosistemas. Ozono [Internet]. [Citado el 18 de febrero del 2024]. Recuperado a partir de: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/salud/ozono.html>
- Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades. Boletín epidemiológico del Perú. Volumen 32 – SE 48 Semana epidemiológica del 26 de noviembre al 2 de diciembre de 2023 [Internet]. CDC; 2023. [Citado el 21 de mayo del 2024]. Recuperado a partir de: https://www.dge.gob.pe/epublic/uploads/boletin/boletin_202348_08_160102.pdf
- Ministerio del Ambiente. Sistema Nacional de Información Ambiental – SINIA. Diagnóstico de la gestión de la calidad ambiental del aire de Lima y Callao [Internet]. MINAM; 2019. [Citado el 21 de mayo del 2024]. Recuperado a partir de: https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sinia/archivos/public/docs/diagnostico_calidad_aire_0.pdf
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, Ministerio del Ambiente. Boletín Vigilancia de calidad del aire en el área metropolitana de Lima y Callao – enero 2022 [Internet]. SENAMHI; 2022. [Citado el 21 de mayo del 2024]. Recuperado a partir de: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/03201SE-NA-104.pdf>
- Tapia V, Carbajal L, Vásquez V, Espinoza R, Vásquez-Velásquez C, Steenland K, et al. Reordenamiento vehicular y contaminación ambiental por material particulado (2,5 y 10), dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno en Lima Metropolitana, Perú. Rev Peru Med Exp Salud Publica [Internet]. 2018 Jul [Citado el 22 de febrero del 2024]; 35(2):190-7. DOI: <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3250>
- Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades (CDC), Viceministerio de Salud Pública, Ministerio de Salud. Información Pública, Salas de situación: Sala virtual de situación de salud, CDC Perú [Internet]. [Citado el 21 de mayo del 2024]. Recuperado a partir de: <https://www.dge.gob.pe/salasituacional/sala/index/SalaRegional/145>
- Ministerio del Ambiente. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias. Decreto Supremo N° 003 – 2017 – MINAM [Internet]. MINAM; 2017. [Citado el 23 de febrero del 2024]. Recuperado a partir de: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-aire-establecen-disposiciones>
- Warner PO. Análisis de los contaminantes del aire. Madrid: Paraninfo; 1981.
- Rios LG. Correlación entre las variables meteorológicas y concentración de los contaminantes atmosféricos, en el distrito de Villa María del Triunfo, en mayo de 2018 [Tesis]. Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur. Facultad de Ingeniería y Gestión; 2020.
- Chávez E. Incidencia de la cuarentena por covid-19, en la calidad del aire (NO₂) de la ciudad de Lima. Revista Del Instituto De investigación De La Facultad De Minas, Metalurgia Y Ciencias geográficas [Internet]. 2020 Nov [Citado el 26 de febrero del 2024]; 23(46): 65-71. DOI: <http://dx.doi.org/10.15381/iigeo.v23i46.18183>
- Marín MV. Relación entre la contaminación del aire y la salud de los pobladores del sector Nueva Esperanza, en el distrito de Villa María del Triunfo, mes de agosto 2018 [Tesis]. Universidad Nacional Federico Villareal. Facultad de Ingeniería Geográfica, ambiental y ecoturismo; 2019

17. Sotomayor AE, Marín GM. Evaluación e interpretación de las concentraciones de dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre en el aire de Lima Metropolitana [Tesis]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Farmacia y Bioquímica; 2010.
18. Benites – Morales OF, Pacsi – Valdivia SA. Análisis temporal de los contaminantes atmosféricos (NO₂, O₃ troposférico y CO) y su relación con la temperatura del aire y la radiación solar en Lima Metropolitana. *Ecol. apl.* [Internet]. 2023 Jul [Citado el 26 de febrero del 2024]; 22(1): 17-25. DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v22i1.850>
19. Dávila KJ, Ruedas SE. Evaluación espacio temporal de las concentraciones de ozono en Barranquilla y Área Metropolitana [Tesis]. Universidad de la Costa. 2019.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés en la publicación de este artículo.

Fuente de financiamiento

El presente trabajo fue financiado a través de recursos propios de los investigadores.