

BOLETÍN **VIGILANCIA DE** **CALIDAD DEL AIRE**

Área metropolitana de Lima y Callao

Mayo 2026



VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL ÁREA METROPOLITANA DE LIMA Y CALLAO (AMLC) – MAYO 2026

PRESENTACIÓN

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) presenta el boletín mensual sobre la vigilancia de la calidad del aire en el Área Metropolitana de Lima y Callao (AMLC), donde los tomadores de decisión y público en general podrán encontrar información sobre los principales contaminantes atmosféricos a los que se encuentran expuestos.

Para un mejor entendimiento de las variaciones espaciales y temporales de los contaminantes atmosféricos, se ha utilizado información meteorológica de superficie (datos de las estaciones meteorológicas automáticas del SENAMHI). Asimismo, se realizó un análisis sinóptico y oceánico a partir de la documentación técnica del SENAMHI para el mes de mayo^{1,2} y las salidas resultantes de la aplicación del modelo Weather Research and Forecasting (WRF)³ para el ámbito del AMLC, el cual tiene una resolución espacial de 1 km y temporal de 1 hora. Por otro lado, se realizó un análisis del comportamiento del tránsito vehicular en el AMLC a partir de la información de tráfico extraída de Google Maps⁴. Con respecto a la información de contaminantes atmosféricos, se usaron los datos de la Red de Monitoreo Automático de la Calidad del Aire (REMCA) de SENAMHI e información del satélite Sentinel 5P⁵.

*Toda persona tiene derecho de gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida.
Constitución Política del Perú. Artículo 2, inciso 22.*

¹ Informe de Vigilancia Sinóptica de Sudamérica – mayo 2026. Obtenido de: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02214SENA-135.pdf>

² Boletín climatológico de Lima – mayo 2026. Obtenido de: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02232SENA-143.pdf>

³ Sistema de predicción meteorológica a mesoescala de última generación diseñado tanto para la investigación atmosférica como para aplicaciones de predicción operativa (Mesoscale & Microscale Meteorology Laboratory - NCAR, s.f.).

⁴ Visor web de la empresa Google que muestran en tiempo real y a nivel histórico el estado del tránsito vehicular en las calles del AMLC.

⁵ Satélite de la misión Copernicus de la Agencia Espacial Europea que realiza mediciones atmosféricas con alta resolución espacio-temporal (The European Space Agency, s.f.).

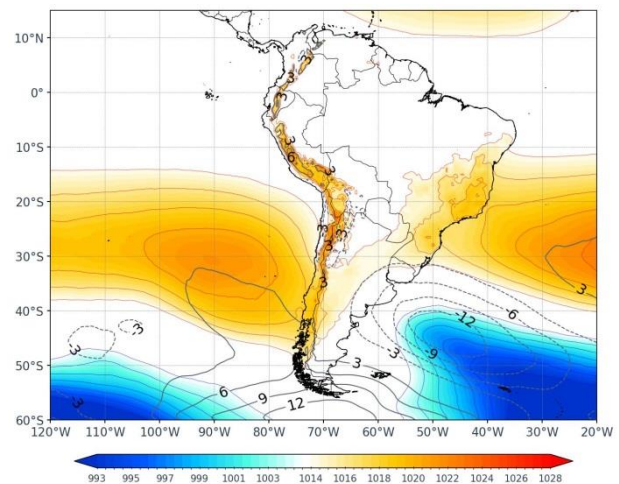
1. ANÁLISIS SINÓPTICO Y OCEÁNICO

Para un mejor entendimiento de las condiciones sinópticas a niveles bajos y oceánicos en el AMLC, se realizó un análisis por decadiarias (cada diez días), obteniéndose tres periodos de análisis. Es así como, para el mes de mayo se conformó la decadiaria 1 (del 1 al 10), decadiaria 2 (del 11 al 20) y decadiaria 3 (del 21 al 31).

1.1. PRIMERA DECADIARIA (1 al 10 de mayo)

En superficie, el APS presentó una configuración zonal con núcleo ubicado alrededor de los 30°S y 90°W, con valores cercanos a 1022 hPa, mostrando una ligera intensificación respecto a su posición climatológica.^{6,1} (Figura N°01a). A nivel de superficie, los vientos incidentes sobre la costa del AMLC presentaron una dirección predominante del sur con velocidades entre 1 y 4 m/s. Por otro lado, las Anomalías de la Temperatura Superficial del Mar⁷ (ATSM) frente a las costas del AMLC estuvieron a 2.5°C, lo cual repercutió en las anomalías de temperaturas máximas y mínimas del aire, encontrándose la máxima y la mínima en 1.7°C y 1.2°C, respectivamente por encima de lo normal².

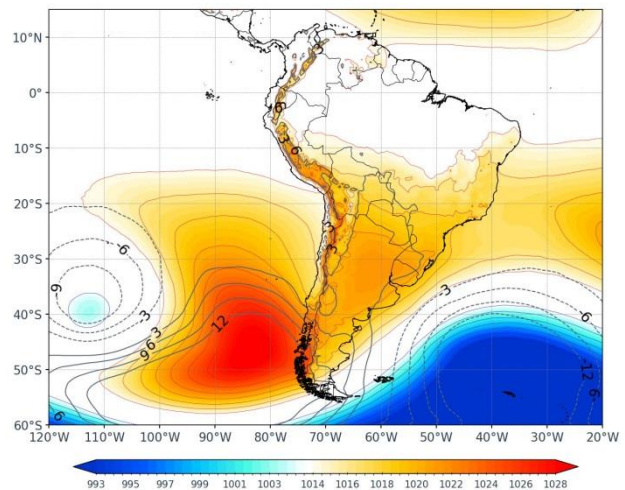
Figura N°01a. Variación del APS en la decadiaria 1.



1.2. SEGUNDA DECADIARIA (11 al 20 de mayo)

En superficie, el APS presentó una configuración zonal con núcleo alrededor de los 45 ° S y 86 °W, con valores de presión cercanos a 1024 hPa, más intenso respecto a lo climatológico y desplazado hacia el sureste^{6,1} (Figura N° 01b). A nivel de superficie, los vientos incidentes sobre la costa del AMLC presentaron una dirección predominante del sur y velocidades entre 1 y 6 m/s. Por otro lado, las ATSM frente a las costas del AMLC se encontraron alrededor de los 3.3°C, con una tendencia a aumentar, lo cual repercutió en las anomalías de temperaturas máximas y mínimas del aire, encontrándose la máxima y la mínima en 3.3°C y 3.0°C, respectivamente por encima de lo normal².

Figura N°01b. Variación del APS en la decadiaria 2.



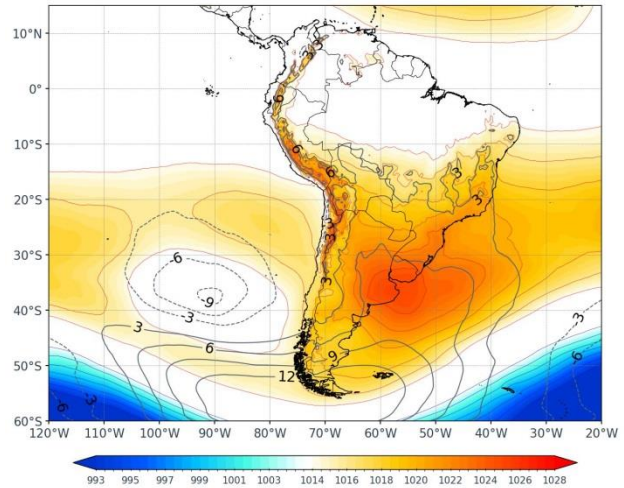
⁶ ¿Cómo responderán los anticiclones subtropicales del hemisferio sur al calentamiento global? Mecanismos y estacionalidad en las proyecciones de los modelos CMIP5 y CMIP6 (Pág. 704). Obtenido de: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00382-020-05290-7>

⁷ Temperatura superficial del mar y anomalías térmicas en el litoral peruano. Obtenido de: <https://siofen.imarpe.gob.pe/nivel3/temperatura-superficial-del-mar>

1.3. TERCERA DECADIARIA (21 al 31 de mayo)

En superficie, el APS presentó una configuración zonal con núcleo aproximadamente entre los 35°S y 75°W, con valores de presión cercanos a 1022 hPa, mostrando una intensificación respecto a la climatología de mayo y desplazándose hacia el este respecto a su posición^{6,1} (Figura N° 01c). Asimismo, se presentaron vientos con una dirección predominante del sur, con velocidades entre 1 y 5 m/s. Por otro lado, las ATSM frente a las costas de AMLC estuvieron cerca de 3.8°C, lo que repercutió en las anomalías de temperaturas máximas y mínimas del aire, encontrándose la máxima y la mínima en 4.0°C y 3.3°C, respectivamente por encima de lo normal².

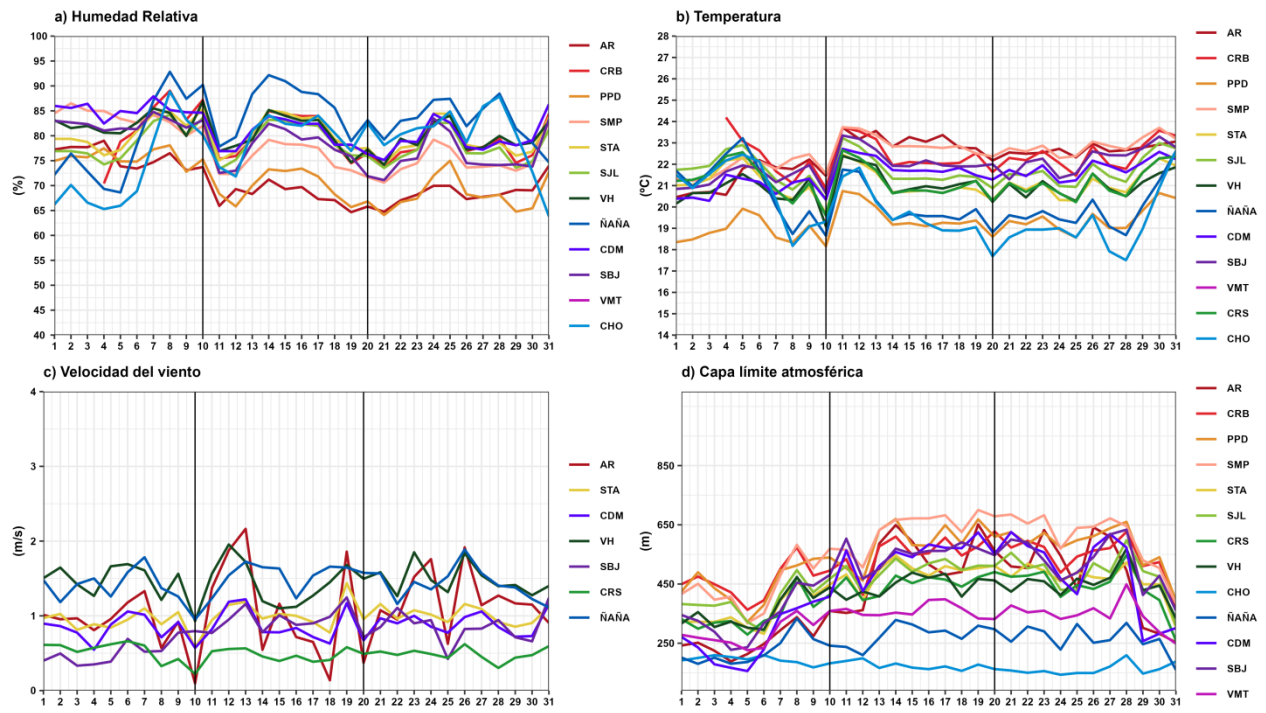
Figura N°01c. Variación del APS en la decadiaria 3.



2. CONDICIONES METEOROLÓGICAS LOCALES EN EL AMLC

Con los datos de las Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMA) ubicadas en el AMLC, se realizó un análisis de la variabilidad diaria de la humedad relativa, la temperatura a 2 metros de la superficie y la velocidad del viento a 10 metros de la superficie. Los datos provinieron de las estaciones: Antonio Raimondi (AR), Carabayllo (CRB), Puente Piedra (PPD), San Martín de Porres (SMP), Santa Anita (STA), San Juan de Lurigancho (SJL), Ceres (CRS), Alexander Von Humboldt (VH), Ñaña (ÑAÑA), Chosica (CHO), Villa María del Triunfo (VMT) y Campo de Marte (CDM). Adicionalmente, se representó la variabilidad diaria de la Capa Límite Atmosférica (CLA)⁸ para lo cual se usó las salidas del modelo operativo WRF con resolución espacial de 1 km y temporal de 1 h.

Figura N°02. Variación diaria de las variables meteorológicas en el AMLC dividido en 3 decadiarias



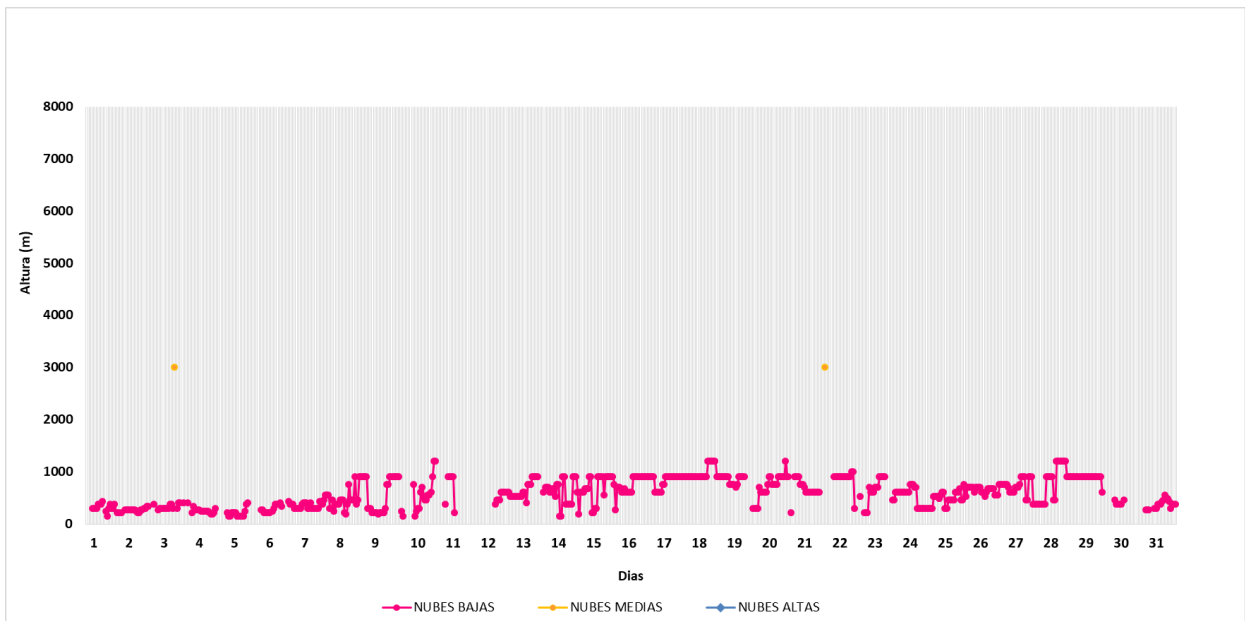
⁸ CLA: parte de la tropósfera influenciada directamente por la superficie terrestre, donde se concentra la mayor cantidad de sustancias contaminantes.

Con respecto a la humedad relativa (Figura N° 02a), durante la primera decadiaria se presentaron valores entre 65% y 93%, para la segunda decadiaria entre 65% y 92% y para la tercera decadiaria entre 64% y 88%, siendo las estaciones ÑAÑA y CDM aquellas que mantuvieron los promedios de humedad más altos de 82.6% y 81.6%, respectivamente. En relación con la temperatura (Figura N° 02b) durante la primera decadiaria se presentó valores entre 18.2°C a 24.2°C, para la segunda decadiaria entre 17.7°C a 23.7°C, y en la tercera decadiaria entre 17.5°C a 23.7°C, siendo la estación SMP la que alcanzó el valor promedio más alto de temperatura de 22.6°C. En cuanto a la velocidad del viento (Figura N° 02c), los valores oscilaron entre 0.1 a 2.2 m/s durante todo el mes, siendo la estación VH la que alcanzó el valor promedio más alto, con una media mensual de 1.5 m/s. En el caso de la altura de la CLA (Figura N° 02d), las estaciones SMP, PPD y CRB alcanzaron los valores promedio más altos, con una altura promedio de 564, 543.1 y 520.6 m, respectivamente, mientras que en las estaciones ÑAÑA y CHO se presentaron los valores promedio más bajos, con 256.5 y 176 m, respectivamente.

2.1. ALTURA DE LA BASE DE LA NUBE

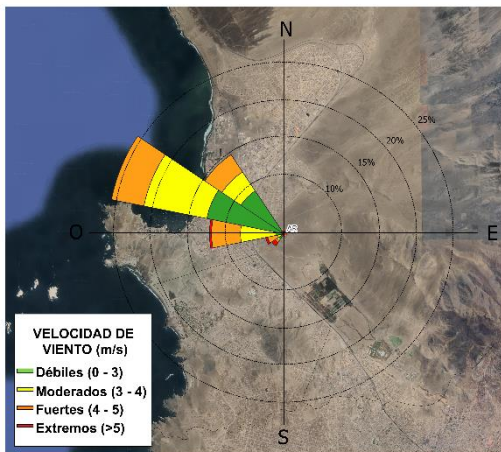
De acuerdo con el registro horario de la Altura de la Base de la Nube (ABN) obtenido por el ceilómetro de la EMA Aeropuerto Internacional Jorge Chávez ubicada en el Callao (Figura N° 03), durante el mes de mayo, se observó que las nubes bajas (ABN menor a 2000 m) se presentaron en el 82% de las horas. Las nubes medias (ABN entre 2000 m y 6000 m) se presentaron en un 0.3% de los casos. En cuanto al cielo despejado, este se presentó en el 18% de las mediciones realizadas. En general, durante el mes de mayo disminuyeron las condiciones de cielo despejado.

Figura N°03. Altura de la base de la nube registrada en la estación Aeropuerto Internacional Jorge Chávez (JCH).



2.2. ANALISIS DEL VIENTO EN SUPERFICIE POR HORARIOS

Figura N°04. Rosa de vientos.



La rosa de vientos está definida como un gráfico circular que tiene marcado alrededor los rumbos de los vientos con las direcciones cardinales. Respecto a los vientos, se grafican las direcciones de donde provienen, así como también la frecuencia y magnitud de la velocidad⁹.

A manera de ejemplo se muestra en la Figura N° 04 una rosa de vientos para la estación Antonio Raimondi, la cual presenta una dirección predominante (con una frecuencia de vientos del 25%) del noroeste (NO) y una intensidad de extrema (>5m/s).

En la Figura N° 05 se muestra el comportamiento de la dirección y velocidad del viento en cada una de las EMA para los horarios diurnos (07:00 - 12:59 horas), vespertinos

(13:00 -18:59 horas) y nocturnos (19:00 - 06:59 horas) con sus respectivas categorías de la intensidad del viento; débiles (0 – 3 m/s), moderados (3 – 4 m/s), fuertes (4 – 5 m/s) y extremos (>5m/s).

Cabe resaltar que las rosas de viento de las estaciones CHO, CRB, PPD, SMP, SJL y VMT, fueron construidas a partir de datos del modelo WRF, el cual tiene una resolución espacial de 1 km y temporal de 1 hora.

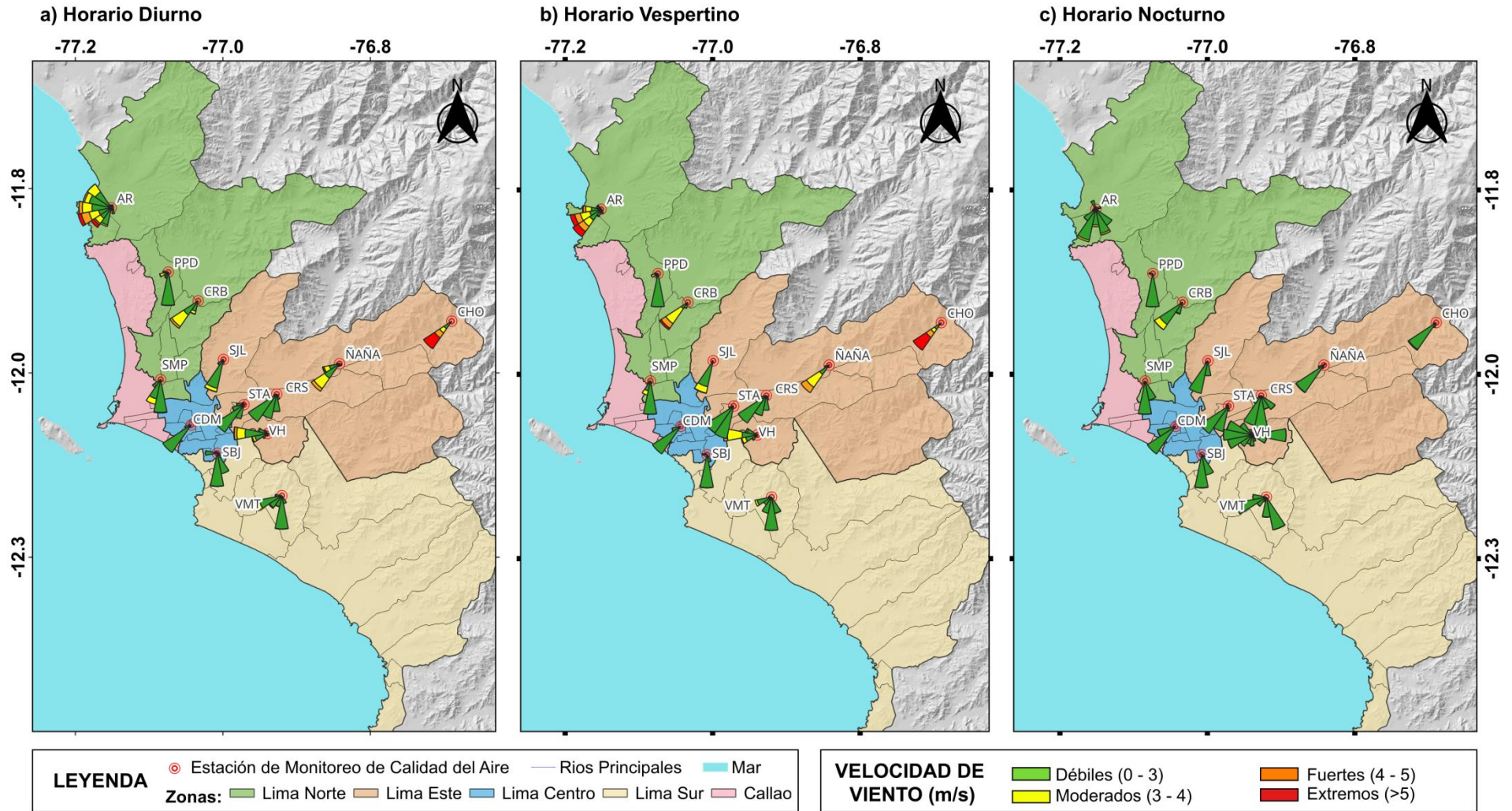
Durante el horario diurno (Figura N° 05a), las estaciones CRB y ÑAÑA registraron vientos de intensidad fuerte, la estación CHO, vientos de intensidad extrema, mientras que las estaciones STA, CDM y CRS, vientos débiles, siendo en todos los casos la dirección predominante del suroeste (SO). En las estaciones PPD, SMP, SBJ y VMT se alcanzaron vientos débiles, con dirección predominante del sur (S) para todos los casos. En la estación SJL se registró vientos de intensidad fuerte, con dirección predominante del sur suroeste (SSO). Las estaciones AR y VH registraron vientos de intensidad extrema, con dirección predominante del oeste suroeste (OSO) y oeste (O).

Durante el horario vespertino (Figura N° 05b), las estaciones CRB, AR y CHO registraron vientos de intensidad extrema, la estación ÑAÑA, vientos de intensidad fuerte, mientras que las estaciones CDM, CRS y STA, vientos débiles, siendo en todos los casos la dirección predominante del suroeste (SO). Las estaciones PPD, SBJ, VMT y SMP registraron vientos débiles, siendo la dirección predominante del sur (S) para todas las estaciones. En la estación SJL se registró vientos de intensidad fuerte, con dirección predominante del sur suroeste (SSO). En la estación VH se registraron vientos fuertes con dirección del oeste (O).

Durante el horario nocturno (Figura N°05c), en las estaciones CRB, ÑAÑA y CHO se observaron vientos de intensidad moderada, mientras que en las estaciones CDM y STA, vientos débiles, siendo la dirección predominante del suroeste (SO) para todos los casos. En las estaciones PPD, SMP, CRS y SBJ se registraron vientos débiles, siendo la dirección predominante del sur (S). En las estaciones VMT y VH se registraron vientos débiles con dirección predominante del sur sureste (SSE) y este (E), respectivamente. En las estaciones AR y SJL se alcanzó vientos moderados y débiles, respectivamente, con dirección predominante del sur suroeste (SSO).

⁹ Como leer una rosa de vientos. Obtenido de: https://www.epa.gov/sites/default/files/2019-01/documents/how_to_read_a_wind_rose.pdf

Figura N°05. Rosas de viento para diferentes horarios en el AMLC.



La Figura N° 05 muestra el comportamiento de la dirección y velocidad del viento en cada una de las EMA para los horarios diurnos (07:00 - 12:59 horas), vespertinos (13:00 - 18:59 horas) y nocturnos (19:00 - 06:59 horas).

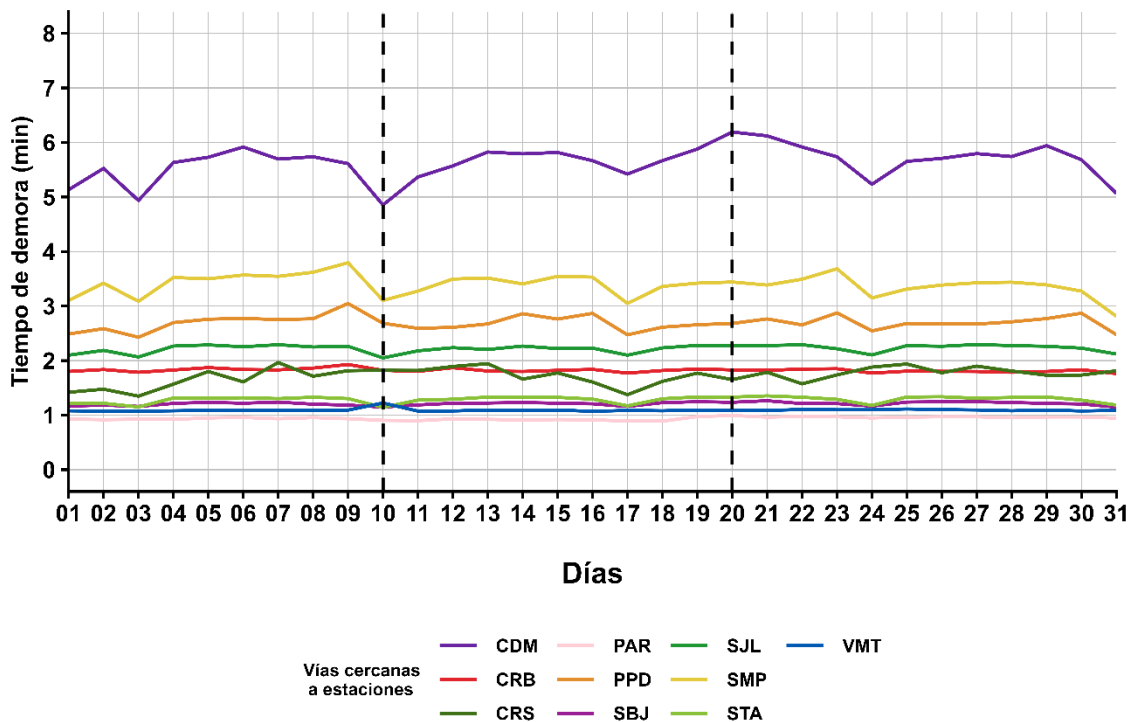
3. ACTIVIDAD VEHICULAR EN EL AMLC

La actividad vehicular tiene una contribución de más del 50% sobre la contaminación del aire en el AMLC¹⁰, asimismo, según el ranking del año 2025 de la compañía TOMTOM, en el AMLC el tiempo empleado para recorrer un tramo de 10 km es de 29.4 minutos¹¹. Se ha demostrado a través de investigaciones que, al aumentar el tiempo empleado para recorrer un tramo (mayor congestión vehicular), se espera un incremento en las concentraciones de los contaminantes atmosféricos^{12,13}. En relación con lo indicado, se ha desarrollado un algoritmo en Python que utiliza la técnica de web scraping¹⁴ para extraer datos sobre el tiempo de recorrido en tramos de 10 km de las principales avenidas¹⁵ del AMLC.

En la Figura N°06 se muestran los tiempos de demora por cada 1 km recorrido en las vías cercanas a las estaciones de monitoreo de la REMCA. Se aprecia que los mayores tiempos de demora, se presentaron en los alrededores de la estación CDM, ubicada en la zona centro, alcanzando un promedio máximo diario de 6.2 minutos durante la segunda decadiaria (miércoles 20 de mayo).

En la Figura N° 07 se puede apreciar, en la mayoría de los casos, una reducción en los tiempos de demora durante los días domingo, lo que refleja un cambio en la carga vehicular durante los días laborables y los días de descanso, sin embargo, en estaciones como PPD, SMP y CRS, se observa un ligero incremento los días sábado, lo que reflejaría el incremento de actividades propias de estas zonas. Por otro lado, se presentaron incrementos en los tiempos de demora a partir de las 06:00 horas, y una reducción a partir de las 20:00 horas, lo cual estuvo asociado al traslado de las personas debido al inicio y fin de su jornada laboral.

Figura N°06. Variación diaria del tiempo de demora por cada 1 km recorrido en el ámbito del AMLC



¹⁰ Estudio: Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao (Pág. 56). Obtenido de:

<https://sinia.minam.gob.pe/documentos/diagnostico-gestion-calidad-ambiental-aire-lima-callao>

¹¹ Ranking 2025 "TOMTOM TRAFFIC INDEX". Obtenido de: <https://www.tomtom.com/traffic-index/ranking/>

¹² La congestión aumenta significativamente las emisiones en muchas áreas localizadas dentro del dominio de estudio, lo que revela un claro potencial para reducciones significativas de emisiones al dirigir los esfuerzos de mitigación en puntos críticos clave. Obtenido de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749117304001?via%3Dihub>

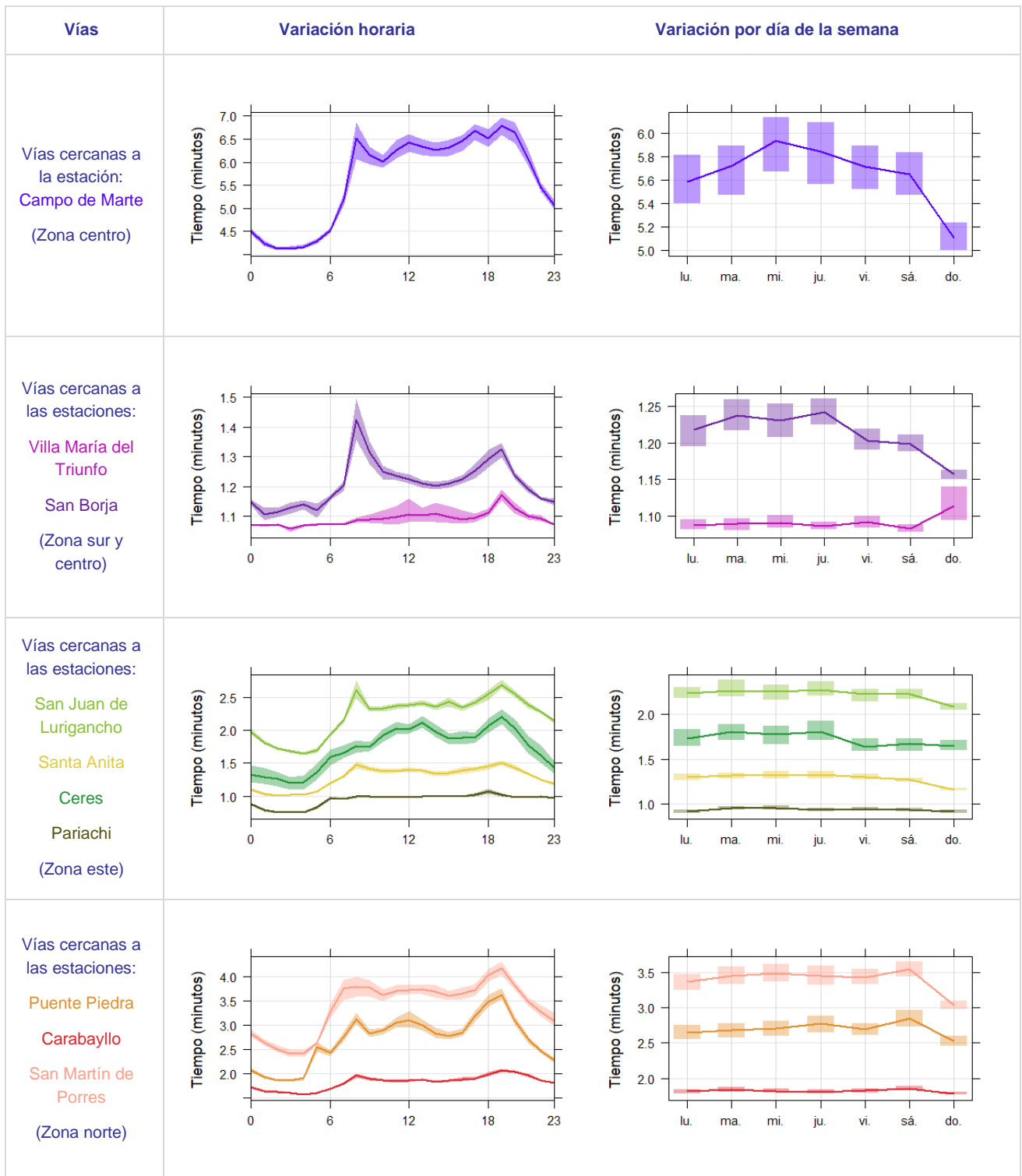
¹³ Sjodin et al. (1998) mostraron aumentos de hasta 4, 3 y 2 veces en las emisiones de CO, HC y NOx, respectivamente, en condiciones de congestión (velocidad promedio de 13 millas por hora, mph; 1 mph = 1,61 km por hora) en comparación con condiciones no congestionadas. Obtenido de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4243514/>

¹⁴ El web scraping es la práctica de recopilar datos de Internet de forma automatizada, mediante la escritura de programas que consultan servidores web y extraen información. Mitchell (2015). *Web Scraping with Python: Collecting More Data from the Modern Web*. O'Reilly.

¹⁵ Estudio: Extracción y Minería de Datos de Tráfico en Google Maps. Obtenido de:

https://www.irimets.com/uploadedfiles/paper/volume3/issue_4_april_2021/8350/1628083343.pdf

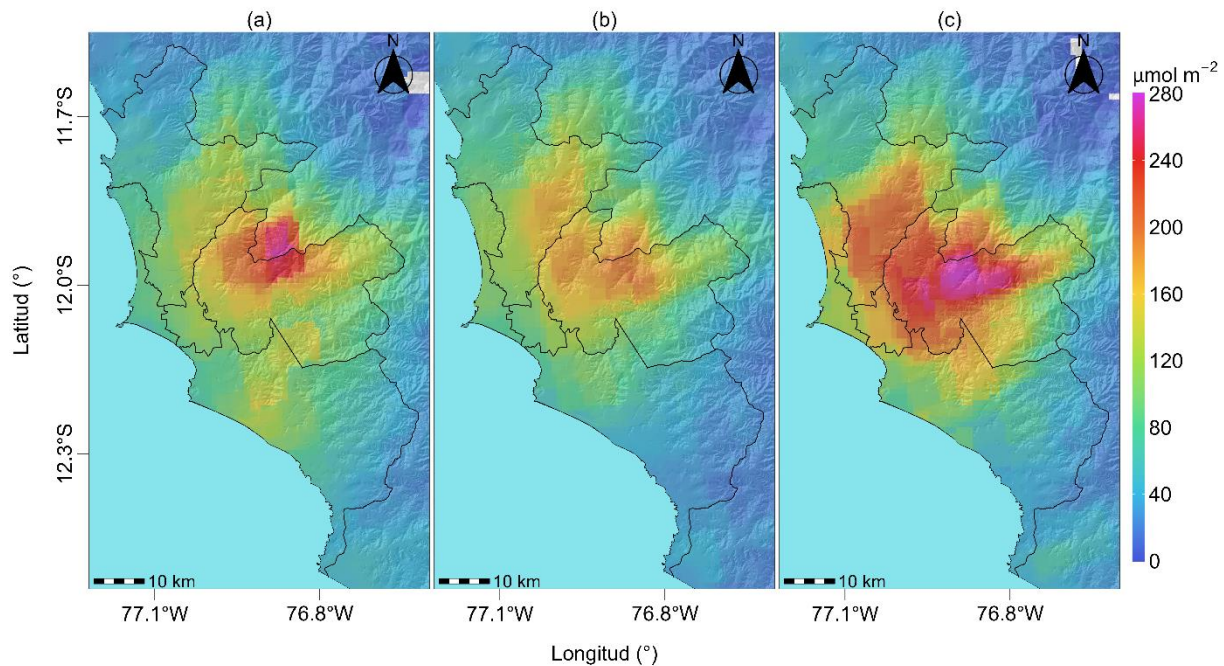
Figura N°07a. Variación del tiempo de demora por cada 1 km recorrido en vías cercanas a estaciones de monitoreo de la REMCA según horario y día de semana



4. VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE A TRAVÉS DE IMÁGENES SATELITALES

La Figura N° 08, muestra la distribución espacial de la densidad de la columna vertical troposférica del NO₂ (μmol/m²), obtenidas del satélite Sentinel 5P (instrumento Tropomi) a una resolución aproximada de 5 km x 3.5 km durante el mes de mayo. Es así como, la Figura N° 08a, muestra la distribución espacial promedio de NO₂ en la primera decadiaria (1 a 10 de mayo), la Figura N° 08b, en la segunda decadiaria (11 al 20 de mayo) y la Figura N° 08c en la tercera decadiaria (21 al 31 de mayo).

Figura N° 08. Distribución espacial de la columna del NO₂ (μmol/m²) en la tropósfera del AMLC.



En la Figura N° 08 se puede observar que, durante el mes de mayo, la densidad máxima de NO₂ en la columna vertical troposférica presenta una marcada variabilidad espacial entre las distintas zonas del AMLC. En la primera decadiaria, se presentaron los valores más altos en la zona este, alcanzando un máximo de 261.2 μmol/m². Durante la segunda decadiaria se presentó una reducción de la densidad en el AMLC en la zona centro, este y sur; mientras que en la zona norte y oeste se presentó un incremento de la densidad máxima de NO₂ en la columna vertical troposférica, sin embargo, el valor máximo de 202.1 μmol/m² se siguió presentando en la zona este. Finalmente, en la tercera decadiaria, se presentó un incremento en las densidades; el valor máximo de 276.2 μmol/m² continuó presentándose en la zona este. De acuerdo con lo observado, se destacan los incrementos en 59.6% y 55.1% ocurridos en la zona centro y este hacia la tercera decadiaria.

Cabe precisar que el NO₂ se origina principalmente por la oxidación del nitrógeno atmosférico durante procesos de combustión, especialmente relacionados a la actividad vehicular^{16,17}. Debido a la dirección de viento, el NO₂ tiende a dispersarse hacia la zona este y norte del AMLC (Figura N° 05). Esta situación, combinada con la mayor circulación de vehículos de carga pesada o transporte de mercancía en dichas áreas, contribuye a que se registren los mayores valores de densidad de NO₂ en estas zonas.

¹⁶ Monitoreando el Dióxido de Nitrógeno desde el Espacio. Obtenido de: https://appliedsciences.nasa.gov/sites/default/files/2020-11/Inside_Look_AQ_Spanish.pdf

¹⁷ United States Environmental Protection Agency. (10 de julio del 2025). Basic Information about NO₂. Obtenido de: <https://www.epa.gov/no2-pollution/basic-information-about-no2#What%20is%20NO2>

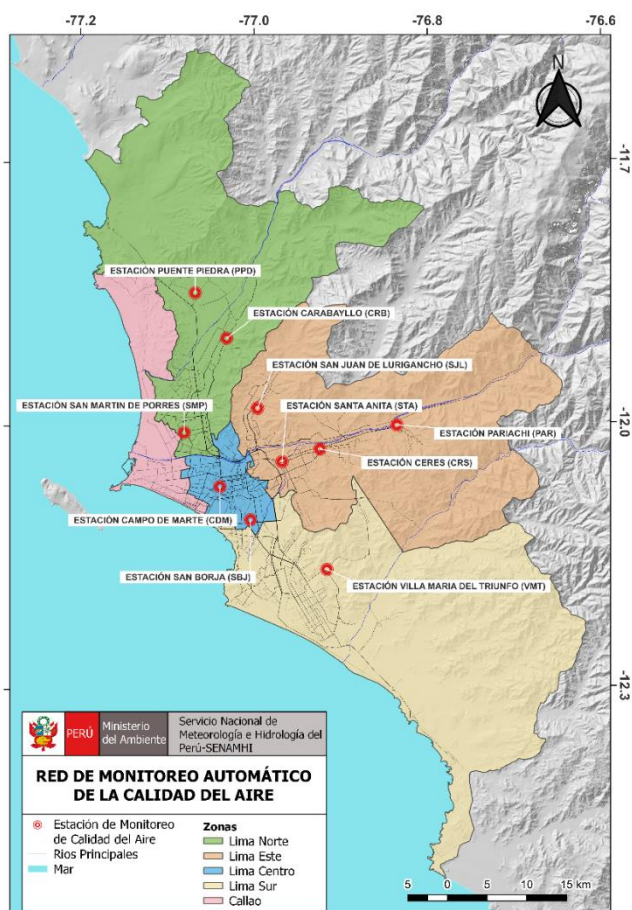
5. RED DE MONITOREO AUTOMÁTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL AMLC

El SENAMHI realiza la vigilancia de la calidad del aire a través de 10 estaciones de monitoreo automático, las cuales miden las concentraciones horarias de los contaminantes PM₁₀ (Material Particulado con diámetro menor a 10 micras), PM_{2.5} (Material Particulado con diámetro menor a 2.5 micras), NO₂ (Dióxido de Nitrógeno), O₃ (Ozono) y CO (Monóxido de Carbono). El conjunto de estas estaciones conforma la Red de Monitoreo Automático de la Calidad del Aire (REMCA) y se encuentran en 9 distritos del AMLC tal como se indica en el Cuadro N° 01 y se observa en la Figura N° 09.

Cuadro N° 01. Zonas, nombres y ubicación de las estaciones de monitoreo de la calidad del aire.

ZONA	NOMBRE/UBICACIÓN
Norte	Estación Puente Piedra (PPD) Complejo Municipal "El gallo de oro" del distrito de Puente Piedra
	Estación Carabayllo (CRB) Piscina Municipal del distrito de Carabayllo
	Estación San Martín de Porres (SMP) Parque Ecológico del distrito de San Martín de Porres
Este	Estación San Juan Lurigancho (S JL) Universidad César Vallejo en el distrito de San Juan de Lurigancho
	Estación Ceres (CRS) Plaza Cívica de Ceres distrito de Ate
	Estación Pariachi (PAR) Parque Barrantes Lingan - Pariachi 2a etapa distrito de Ate
	Estación Santa Anita (STA) Palacio Municipal del distrito de Santa Anita
Sur	Estación Villa María del Triunfo (VMT) Parque Virgen de Lourdes Zona Nueva Esperanza en el distrito de Villa María del Triunfo
Centro	Estación San Borja (SBJ) Polideportivo Limatambo del distrito de San Borja
	Estación Campo de Marte (CDM) Parque Campo de Marte en el distrito de Jesús María.

Figura N°09. Ubicación de las estaciones de monitoreo de la calidad del aire en el AMLC.



Estándar de Calidad Ambiental (ECA)

La Ley N° 28611 - Ley General del Ambiente define al estándar de calidad ambiental (ECA) como **“la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el aire, agua y suelo en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente”**. Por lo tanto, para los contaminantes atmosféricos, las concentraciones de cada uno de estos no deben superar su respectivo Estándar de Calidad Ambiental para Aire (ECA-aire) a fin de evitar problemas en la salud de las personas y el ambiente. Asimismo, los valores de los ECA-aire son establecidos por el Ministerio del Ambiente (MINAM) y estipulados en el D.S. N° 003-2017-MINAM.

5.1. VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE A TRAVÉS DE ESTACIONES DE MONITOREO EN EL AMLC

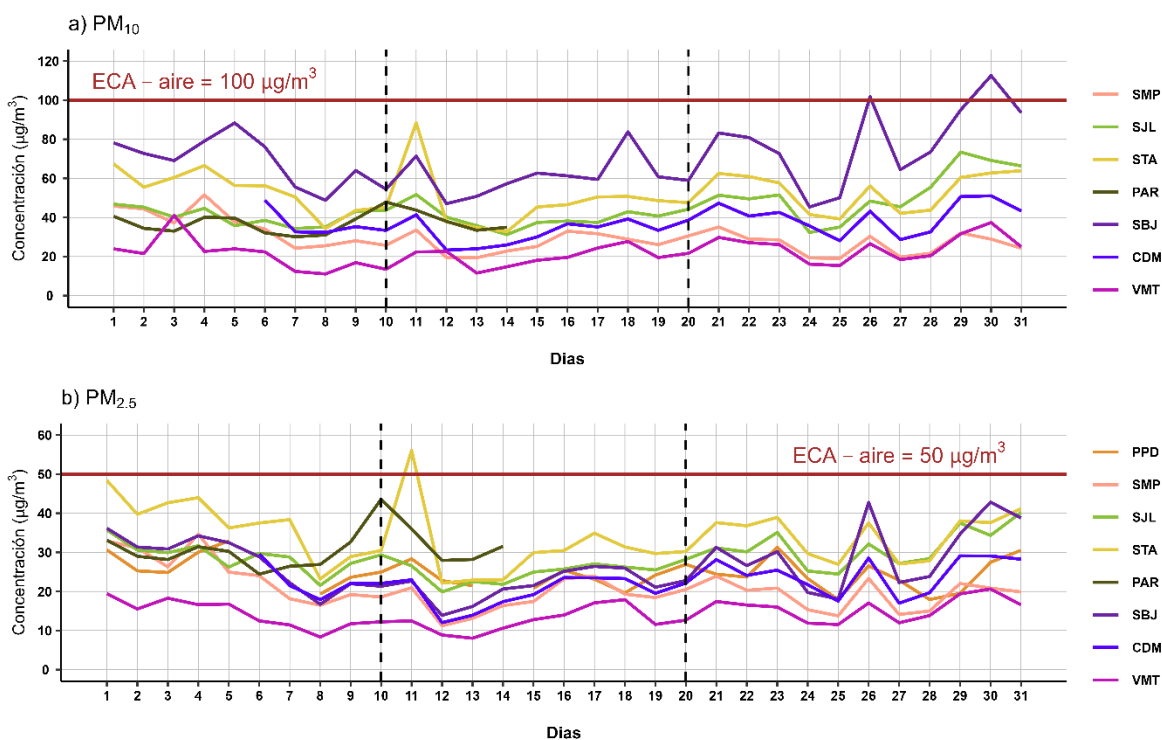
Con los datos de las estaciones de monitoreo de la calidad del aire ubicadas en el AMLC, se analizó la variabilidad diaria de las concentraciones del material particulado y gases. Los datos provinieron de las estaciones: Puente Piedra (PPD), Carabaylo (CRB), San Martín de Porres (SMP), San Juan de Lurigancho (S JL), Ceres (CRS), Pariachi (PAR), Santa Anita (STA), San Borja (SBJ), Campo de Marte (CDM) y Villa María del Triunfo (VMT).

5.1.1. MATERIAL PARTICULADO (PM_{2.5} y PM₁₀)

El material particulado hace referencia a partículas sólidas o líquidas, cuyo tamaño es más grande que una molécula, pero suficientemente pequeño para mantenerse suspendido en el aire. Pueden contener en su estructura iones inorgánicos, compuestos metálicos, carbono elemental, compuestos orgánicos y compuestos provenientes de la corteza terrestre. Usualmente se evalúan dos tipos de material particulado, las denominadas partículas finas, que incluyen a las partículas con diámetro menor a 2.5 µm y las denominadas partículas gruesas que incluyen a las partículas con diámetro menor a 10 µm¹⁸.

En el AMLC, la principal fuente de emisión de material particulado proviene del parque automotor; sin embargo, existen otras fuentes de emisión, como las puntuales (industria del cemento, harina de pescado o la refinación de cobre y zinc) o las de área (entre las que se encuentran las pollerías)¹⁹. Asimismo, las concentraciones de material particulado pueden variar en función de las condiciones meteorológicas, es así como, en estudios realizados en el AMLC, se ha visto que un incremento en la humedad relativa está relacionado con un incremento de las concentraciones de PM_{2.5}, mientras que un incremento en la temperatura está relacionado con un incremento en las concentraciones de PM₁₀²⁰.

Figura N°10. Variación diaria del PM₁₀ y PM_{2.5} (µg/m³) en el AMLC.



¹⁸ Determinación de componentes de aerosoles atmosféricos en una zona urbana para evaluar la calidad del aire e identificar las fuentes de contaminación. Obtenido de: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10967-023-08805-8>

¹⁹ Estudio: Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao (Pág. 56). Obtenido de: <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/diagnostico-gestion-calidad-ambiental-aire-lima-callao>

²⁰ Niveles de material particulado en una megaciudad sudamericana: el área metropolitana de Lima-Callao, Perú. Obtenido de: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29134287/>

Tal como se muestra en la Figura N° 10a, durante el periodo de monitoreo, se registraron concentraciones de PM₁₀ superiores al ECA-aire de 100 µg/m³ (como promedio diario) en dos oportunidades en la estación SBJ de la zona centro, siendo que la concentración más alta se presentó el sábado 30 de mayo, alcanzándose 112.5 µg/m³ (las concentraciones más altas se presentaron entre las 07:00 y las 11:00 horas), y estaría asociada a la actividad vehicular en la zona centro, así como también a una ligera reducción en la altura de la CLA en las horas donde la concentración se encontró más alta. Por otro lado, en la zona este el valor máximo se registró en la estación STA el 11 de mayo, alcanzando los 88.4 µg/m³; en la zona norte, estación SMP, la concentración más alta se registró el 04 de mayo, alcanzando los 51.6 µg/m³; y finalmente, en la zona sur, estación VMT, se alcanzó el valor máximo de 41 g/m³ el 03 de mayo. A nivel decadiario, se observa que, en la mayoría de las estaciones se incrementaron las concentraciones entre la segunda y tercera decadiaria, destacándose el incremento de 34.5% en la estación SBJ, especialmente en los últimos días de la tercera decadiaria, asociado a un incremento en la temperatura.^{21, 22, 23}

En la Figura N° 10b, se observa que, durante el periodo de monitoreo, se registraron concentraciones de PM_{2.5} superiores al ECA-aire de 50 µg/m³ (como promedio diario) en la estación STA, siendo que el valor máximo de 56.1 µg/m³ se alcanzó el lunes 11 de mayo en la estación STA, ubicada en la zona este (presentándose las concentraciones más altas entre las 06:00 y 07:00 horas), y estaría asociada a la actividad vehicular en la zona este, así como valores más altos de humedad relativa, y valores más bajos de velocidad de viento en las horas de mayor concentración del contaminante. En la zona centro, estación SBJ, se registró el valor más alto el 30 de mayo, alcanzando los 42.8 µg/m³. En la zona norte, estación SMP, se registró el valor más alto el 04 de mayo, alcanzando los 34.6 µg/m³. Finalmente, en la zona sur, estación VMT, la mayor concentración fue el 30 de mayo, alcanzando los 20.6 µg/m³. A nivel decadiario, se destaca el incremento del 36.6% en las concentraciones de la estación SBJ hacia la tercera decadiaria (especialmente en los últimos días de esta decadiaria), lo cual estaría asociado a una reducción en la altura de la CLA, que habría favorecido la acumulación de PM_{2.5} (ver Figura N° 02d)^{20,21,22}

5.1.2. GASES (CO, O₃ y NO₂)

El CO es un gas incoloro, insípido e inodoro, inflamable y peligroso para la salud humana. Las principales fuentes antropogénicas de CO son los procesos de combustión relacionados con la energía, la calefacción, el transporte de vehículos, la quema de biomasa, la oxidación del metano y los compuestos orgánicos volátiles (COV), mientras que las fuentes naturales son la actividad volcánica, las descargas eléctricas y las emisiones de gases naturales. Las condiciones de alta velocidad de viento favorecen la turbulencia e incrementan la dispersión y el transporte de CO, con lo cual se reducen las concentraciones de este contaminante; por otro lado, las bajas temperaturas no favorecen los movimientos verticales térmicamente inducidos, manteniendo los contaminantes atmosféricos en los niveles más bajos, sumado a ello, los motores funcionan con menor eficiencia cuando el aire está frío, lo cual da lugar a la formación de productos de combustión incompleta entre los que se encuentra el CO²⁴.

El O₃ desempeña un papel crucial en la química atmosférica y a nivel superficial, se considera uno de los principales contaminantes antropogénicos. Este gas secundario se forma a través de la oxidación fotoquímica de COV en presencia de óxidos de nitrógeno (NO + NO₂), conocidos como precursores. Por lo tanto, suele existir una relación inversa entre las concentraciones de NO₂ y O₃²⁵, siendo que, el pico del ciclo del O₃ aparece aproximadamente 6 horas después del pico del NO y 5 horas después del NO₂²⁶. Por

²¹ Análisis de la relación entre el comportamiento estacional de los contaminantes sólidos sedimentables con las condiciones meteorológicas predominantes en la zona metropolitana de Lima-Callao durante el año 2004. Obtenido de: <https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/995>

²² Factores meteorológicos que influyen en la dispersión de la contaminación del aire en la ciudad de Lima. Obtenido de: Boletín de la sociedad Geográfica de Lima, Vol. N° 113:2000

²³ Temporal variation of the PM_{2.5}/PM₁₀ ratio and its association with meteorological factors in a South American megacity: Metropolitan Area of Lima-Callao, Peru. Obtenido de: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38613696/>

²⁴ Variaciones de las concentraciones de monóxido de carbono en la megaciudad de São Paulo de 2000 a 2015 en diferentes escalas de tiempo. Obtenido de: <https://www.mdpi.com/2073-4433/8/5/81>

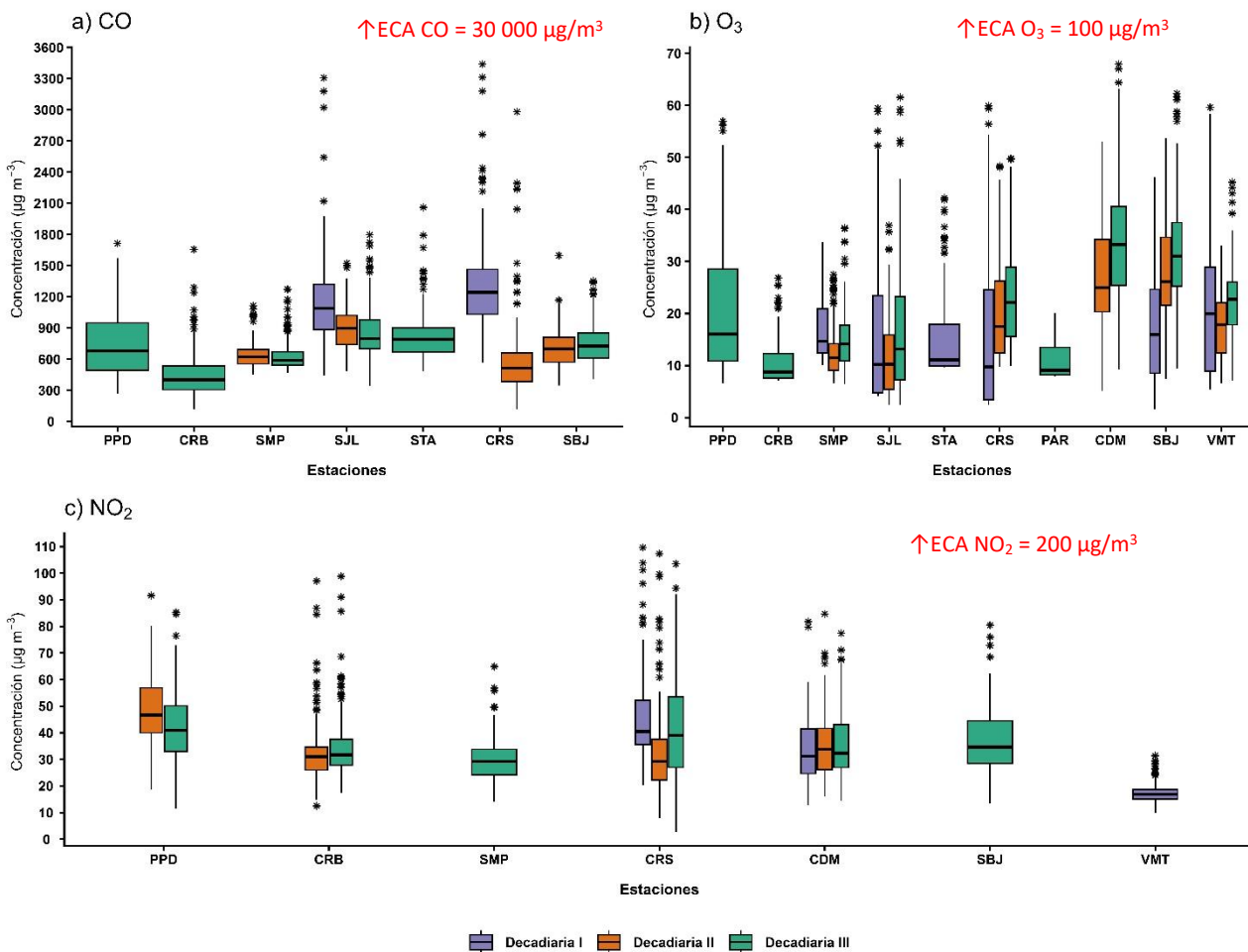
²⁵ Ozono y compuestos orgánicos volátiles en el área metropolitana de Lima-Callao, Perú. Obtenido de: <https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/237>

²⁶ Análisis de la Relación entre O₃, NO y NO₂ en Tianjin, China. Obtenido de: <https://aaqr.org/articles/aaqr-10-07-0a-0055>

otro lado, se observa una estrecha relación entre los niveles elevados de O_3 y la temperatura. Esto se debe a que uno de los factores más significativos que favorecen la formación de ozono fotoquímico es la intensidad de la luz solar, la cual está asociada con valores relativamente altos de temperatura²⁷.

El NO_2 está considerado dentro del grupo de gases altamente reactivos conocidos como óxidos de nitrógeno (NO_x), siendo usado como un indicador de la presencia de este grupo más amplio¹⁷. El NO_2 se origina durante los procesos de combustión en los vehículos, por lo cual los valores máximos se pueden relacionar con las horas de máxima congestión vehicular. Asimismo, la temperatura y la radiación solar suelen mantener una relación inversa con las concentraciones de NO_2 , debido a que fomentan las reacciones que dan origen al O_3 , favoreciendo con ello el consumo de NO_2 como su precursor²⁷.

Figura N°12. Variación de las concentraciones del CO , O_3 y NO_2 ($\mu g/m^3$) por decadiaria en el AMLC.



²⁷ Análisis temporal de los contaminantes atmosféricos (NO_2 , O_3 troposférico y CO) y su relación con la temperatura del aire y la radiación solar en Lima Metropolitana. Obtenido de: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162023000100017

En la Figura N° 12a, se observa que las concentraciones horarias de CO registradas en las estaciones se mantuvieron por debajo del ECA-aire de 30 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (como promedio horario) durante todo el periodo de monitoreo. Asimismo, el valor más alto se registró durante la primera decadiaria en la zona este, estación CRS, con una máxima de 3438.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ alcanzada el martes 5 de mayo a las 01:00 horas, lo cual estaría asociado a horas donde se presenta una reducción en la altura de la CLA. Por otro lado, la concentración más alta en la zona norte, estación PPD, fue de 1713.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ el 24 de mayo a las 19:00 horas; y en la zona centro, estación SBJ, la concentración más alta alcanzó los 1598.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ el día 11 de mayo a las 09:00 horas. A nivel decadiario, se puede destacar una reducción de 58.6% hacia la segunda decadiaria, en la estación CRS, asociada a un ligero incremento en la altura de la CLA, lo cual habría favorecido la dispersión del contaminante (Ver Figura N° 02d).

En relación con el O_3 , la Figura N° 12b muestra que las concentraciones promedio móvil de 8 horas no superaron el valor del ECA-aire de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (como máxima media de 8 horas) durante los días monitoreados. Asimismo, se puede apreciar que el valor más alto se registró en la zona centro, estación CDM, alcanzando los 67.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ el viernes 29 de mayo, asociado a un descenso en la altura de la CLA, favoreciendo la acumulación de contaminantes (Figura N° 02d). Por otro lado, en la zona norte, la estación PPD registró la concentración máxima de 56.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ el 29 de mayo; en la zona sur, estación VMT, la mayor concentración fue de 59.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ el 03 de mayo; mientras que, en la zona este, en la estación SJL, se alcanzó los 61.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ el 29 de mayo. En cuanto al comportamiento decadiario, se destaca el incremento en las concentraciones hacia la segunda decadiaria en la estación CRS (79.4%). Este comportamiento estaría asociado a incrementos en la temperatura durante los días en que se presentó un mayor incremento de las concentraciones, lo que habría favorecido la formación de O_3 . (Ver Figura N° 02b).

En la Figura N° 12c, se observa que las concentraciones horarias de NO_2 registradas en las estaciones no superaron el valor de su ECA-aire de 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (como promedio horario) durante todo el periodo de monitoreo. La mayor concentración se reportó en la zona este, en la estación CRS (el martes 05 de mayo a las 11:00 horas), alcanzando un valor de 109.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Lo cual estaría asociado a la actividad vehicular en la zona este (89% de las emisiones de NO_x provienen de vehículos a diésel)¹⁰, así como una reducción en la altura de la CLA, lo cual habría favorecido la acumulación de NO_2 (Ver Figura N° 06 y 02d). Por otro lado, la concentración más alta en la zona norte se presentó en la estación CRB, alcanzando los 98.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ el 30 de mayo a las 11:00 horas; mientras que, en la zona centro, la concentración más alta se presentó en CDM, alcanzando los 84.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ el 11 de mayo a las 09:00 horas; y en la zona sur, estación VMT, la concentración más alta fue de 31.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ el 05 de mayo a las 11:00 horas. En cuanto al comportamiento decadiario, se puede destacar un incremento de las concentraciones en la estación CRS de la segunda a la tercera decadiaria (33.4%), lo cual estaría asociado a condiciones favorables para la acumulación del contaminante, como una reducción en la altura de la CLA durante los últimos días de la tercera decadiaria. (Ver Figura N° 02d)

6. ÍNDICE DE LA CALIDAD DEL AIRE PARA EL AMLC

El índice de calidad del aire (ICA), está basado en valores establecidos por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US-EPA por sus siglas en inglés). Los ICAs son valores que permiten informar el estado de la calidad del aire, permitiendo a la población conocer que tan limpio o saludable está el aire y los efectos que podría causar en la salud^{28 29}.

6.1. ÍNDICE DE LA CALIDAD DEL AIRE PARA EL PM₁₀

La Figura N° 13 muestra las concentraciones promedio de 24 horas para el PM₁₀ asociadas a su respectivo estado de la calidad del aire. Se observó que, en la zona centro, la estación SBJ presentó 25 días con calidad del aire “Moderada” y 6 días con calidad del aire “Buena”; mientras que, la estación CDM presentó 26 días con calidad del aire “Buena”. En la zona este, la estación STA y SJL presentaron 14 y 4 días con calidad del aire “Moderada” y 17 y 27 días con calidad del aire “Buena”; mientras que PAR presentó 14 días con calidad del aire “Buena”. En la zona norte, la estación SMP presentó 31 días con calidad del aire “Buena”. Finalmente, en la zona sur, la estación VMT presentó 31 días con una calidad del aire “Buena”.

6.2. ÍNDICE DE LA CALIDAD DEL AIRE PARA EL PM_{2.5}

La Figura N° 14 muestra las concentraciones promedio de 24 horas para el PM_{2.5} asociadas a su respectivo estado de la calidad del aire. Se observó que, en la zona este, la estación STA presentó 1 día con calidad del aire “Insalubre”, 14 días con calidad del aire “Insalubre para grupos sensibles” y 16 días con calidad del aire “Moderada”; mientras que, las estaciones SJL y PAR presentaron 3 y 2 días con calidad del aire “Insalubre para grupos sensibles” y 28 y 12 días con calidad del aire “Moderada”. En la zona norte, la estación SMP y PPD presentaron 31 y 28 días con calidad del aire “Moderada”. Por otro lado, en la zona centro, la estación SBJ presentó 4 días con calidad del aire “Insalubre para grupos sensibles” y 27 días con calidad del aire “Moderada”; mientras que la estación CDM presentó 26 días con calidad del aire “Moderada”. Finalmente, en la zona sur, la estación VMT presentó 28 días con calidad del aire “Moderada” y 3 días con calidad del aire “Buena”.

²⁸ Air Quality Index. A guide to Air Quality and Your Health. Obtenido de: https://www.airnow.gov/sites/default/files/2018-04/aji_brochure_02_14_0.pdf

²⁹ Final Updates to the Air Quality Index (AQI) for Particulate Matter. Obtenido de: <https://www.epa.gov/system/files/documents/2024-02/pm-naaqs-air-quality-index-fact-sheet.pdf>

Figura N° 13. Índice de la Calidad del Aire para PM₁₀



Concentración PM ₁₀ (µg/m ³)		Estado	Índice de Calidad del Aire - EPA	
0	54	Buena	0	50
55	154	Moderada	51	100
155	254	Insalubre para grupos sensibles	101	150
255	354	Insalubre	151	200

Figura N° 14. Índice de la Calidad del Aire para PM_{2.5}

PPD							SMP										
						30.6 ¹									32.9 ¹	31.1 ²	
24.8 ³	30.1 ⁴	32.9 ⁵				19.3 ⁸	26.3 ³	34.6 ⁴	25 ⁵	24 ⁶	18.1 ⁷	16.5 ⁸			19.2 ⁹		
25 ¹⁰	28.3 ¹¹	22.8 ¹²	21.5 ¹³			20.8 ¹⁵	18.6 ¹⁰	20.9 ¹¹	11.2 ¹²	13.1 ¹³	16.4 ¹⁴	17.4 ¹⁵			23.2 ¹⁶		
23.1 ¹⁷	19.6 ¹⁸	24.2 ¹⁹	26.9 ²⁰	24.4 ²¹		23.7 ²²	24 ¹⁷	19.3 ¹⁸	18.4 ¹⁹	20.5 ²⁰	23.9 ²¹	20.3 ²²			20.9 ²³		
23.3 ²⁴	17.9 ²⁵	26.5 ²⁶	22.9 ²⁷	17.9 ²⁸		19.5 ²⁹	15.3 ²⁴	13.8 ²⁵	23.3 ²⁶	14.1 ²⁷	15 ²⁸	22 ²⁹			20.9 ³⁰		
30.5 ³¹						27.5 ³⁰	19.9 ³¹										
SJL							STA										
						35.7 ¹									48.4 ¹	39.7 ²	
29.9 ³	31.7 ⁴	26.2 ⁵	29.7 ⁶	28.8 ⁷		21.5 ⁸	42.7 ³	44 ⁴	36.2 ⁵	37.5 ⁶	38.4 ⁷	23.2 ⁸			28.9 ⁹		
29.4 ¹⁰	26.6 ¹¹	19.9 ¹²	22.5 ¹³	21.8 ¹⁴		25 ¹⁵	30.5 ¹⁰	56.1 ¹¹	22.1 ¹²	22.9 ¹³	23 ¹⁴	29.9 ¹⁵			30.5 ¹⁶		
27 ¹⁷	26.2 ¹⁸	25.5 ¹⁹	28.2 ²⁰	31.1 ²¹		30.1 ²²	34.9 ¹⁷	31.4 ¹⁸	29.7 ¹⁹	30.2 ²⁰	37.6 ²¹	36.8 ²²			38.9 ²³		
25.2 ²⁴	24.4 ²⁵	32.1 ²⁶	27.2 ²⁷	28.4 ²⁸		37.5 ²⁹	29.7 ²⁴	26.9 ²⁵	37.5 ²⁶	27 ²⁷	27.8 ²⁸	38.1 ²⁹			37.6 ³⁰		
40.2 ³¹						34.3 ³⁰	41.2 ³¹										
PAR							SBJ										
						33.1 ¹									36.2 ¹	31.4 ²	
28.2 ³	31.4 ⁴	30.3 ⁵	24.4 ⁶	26.4 ⁷		26.9 ⁸	30.8 ³	34.2 ⁴	32.5 ⁵	28.9 ⁶	22.2 ⁷	16.7 ⁸			22 ⁹		
43.6 ¹⁰	35.9 ¹¹	27.9 ¹²	28.2 ¹³	31.5 ¹⁴			21.3 ¹⁰	22.7 ¹¹	13.9 ¹²	16.2 ¹³	20.6 ¹⁴	21.5 ¹⁵			25.2 ¹⁶		
							26.4 ¹⁷	26 ¹⁸	21.1 ¹⁹	22.8 ²⁰	31.3 ²¹	26.6 ²²			30.2 ²³		
							19.8 ²⁴	18 ²⁵	42.8 ²⁶	22.3 ²⁷	23.8 ²⁸	34.7 ²⁹			42.8 ³⁰		
							38.8 ³¹										
CDM							VMT										
															19.4 ¹	15.5 ²	
							18.3 ³	16.6 ⁴	16.8 ⁵	12.5 ⁶	11.4 ⁷	8.3 ⁸			11.8 ⁹		
22.1 ¹⁰	23 ¹¹	12 ¹²	13.9 ¹³	17.4 ¹⁴		19.2 ¹⁵	12.2 ¹⁰	12.5 ¹¹	8.9 ¹²	8 ¹³	10.6 ¹⁴	12.8 ¹⁵			14 ¹⁶		
23.5 ¹⁷	23.3 ¹⁸	19.5 ¹⁹	22.1 ²⁰	28.1 ²¹		24.1 ²²	17.1 ¹⁷	17.9 ¹⁸	11.6 ¹⁹	12.7 ²⁰	17.4 ²¹	16.5 ²²			16 ²³		
21.7 ²⁴	17.5 ²⁵	28.5 ²⁶	17 ²⁷	19.7 ²⁸		29.1 ²⁹	11.9 ²⁴	11.5 ²⁵	17.1 ²⁶	12 ²⁷	13.8 ²⁸	19.4 ²⁹			20.6 ³⁰		
28.2 ³¹						29.1 ³⁰	16.6 ³¹										
Dom	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Sab	Dom	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Sab				

Concentración PM _{2.5} (µg/m ³)		Estado	Índice de Calidad del Aire - EPA	
0	9	Buena	0	50
9.1	35.4	Moderada	51	100
35.5	55.4	Insalubre para grupos sensibles	101	150
55.5	125.4	Insalubre	151	200

7. CONCLUSIONES

- Las condiciones meteorológicas influyeron en el comportamiento diario de los contaminantes atmosféricos en el AMLC durante el mes de mayo. Durante el mes se observaron aumentos de humedad relativa y disminución de la altura de la capa límite planetaria desde la segunda decadiaria, condiciones que pudieron favorecer el incremento de las concentraciones de $PM_{2.5}$.
- Durante el mes de mayo, los mayores tiempos de recorrido, indicativos de una mayor congestión vehicular, se registraron principalmente en las vías cercanas a la estación CDM. Por otro lado, se observó una reducción de la congestión los días domingo y un incremento principalmente los días lunes; así como un incremento en los tiempos de demora a partir de las 06:00 horas y una reducción a partir de las 20:00 horas.
- Respecto a la densidad del NO_2 en la columna vertical troposférica, se destaca que entre la primera y la segunda decadiaria, se presentó una reducción en las zonas centro, este y sur del AMLC, mientras que en las zonas norte y oeste se presentó un incremento; por otro lado, hacia la tercera decadiaria se presentó un incremento en las densidades. Asimismo, se observó que en las tres decadiarias, los mayores valores se presentaron en la zona este.
- Durante el periodo de análisis, el ECA – aire para PM_{10} fue superado en la estación SBJ alcanzándose un máximo de $112.5 \mu g/m^3$ el 30 de mayo. En el caso del $PM_{2.5}$, se superó el ECA – aire en la estación STA, alcanzándose un valor máximo de $56.1 \mu g/m^3$ el 11 de mayo. Estas concentraciones estarían asociadas a las condiciones meteorológicas presentes y la congestión vehicular.
- Durante el período de análisis, las concentraciones de CO , NO_2 y O_3 se mantuvieron dentro de los límites establecidos por sus respectivos ECA – aire en todas las estaciones. Los incrementos en las concentraciones se asociaron a días con condiciones meteorológicas favorables para la acumulación o formación de contaminantes atmosféricos.
- Con respecto al Índice de Calidad del Aire (ICA) se destaca que, para el contaminante PM_{10} la estación SBJ presentó el 81% de los días monitoreados una calidad del aire “Moderada” y el resto de los días una calidad del aire “Buena”. Por otro lado, para el contaminante $PM_{2.5}$, se identificó que la estación STA presentó una calidad del aire “Insalubre”, “Insalubre para grupos sensibles” y “Moderada” durante el 3%, 45% y 52% de los días monitoreados, respectivamente.

8. PERSPECTIVAS DE LA CALIDAD DEL AIRE PARA EL MES DE JUNIO 2026

De acuerdo con el pronóstico climático³⁰ para el mes de junio del 2026, se espera que en el AMLC las temperaturas máximas y mínimas presenten condiciones superiores a lo normal. Considerando el comportamiento de estas variables meteorológicas, se esperaría que las concentraciones de $PM_{2.5}$, sean entre similares a lo registrado en el mes de mayo.

³⁰ Documento: Boletín climático nacional – mayo 2026 SENAMHI. Obtenido de: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02215SENA-155.pdf>

Para más información sobre el presente informe, contactar con:

Ing. Elvis Anthony Medina Dionicio (eamedina@senamhi.gob.pe)
Subdirector de Evaluación del Ambiente Atmosférico

Elaboración

Ing. Lourdes María Isabel Urteaga Tirado (lurteaga@senamhi.gob.pe)
Ing. José Hitoshi Inoue Velarde
Bach. Hanns Kevin Gómez Muñoz
Bach. Steven Gilber Arce Quispe

Apoyo

Tec. Rosalinda Aguirre Almeyda

Para estar informado permanentemente sobre la **EVOLUCIÓN HORARIA DE LOS CONTAMINANTES PRIORITARIOS DEL AIRE** en Lima Metropolitana visita este enlace:
<http://www.senamhi.gob.pe/?p=calidad-de-aire>

Encuentra los últimos **6 BOLETINES MENSUALES DE LA VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE** de Lima Metropolitana en el siguiente enlace:
<http://www.senamhi.gob.pe/?p=boletines>

Suscríbete al **BOLETÍN MENSUAL DE LA VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE** de Lima Metropolitana en el siguiente enlace:
<https://forms.gle/a4hpxqSc8KLj47sQ6>

Próxima actualización: 15 de julio del 2026

