

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

Área metropolitana de Lima y Callao

**Abril 2026**



## VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL ÁREA METROPOLITANA DE LIMA Y CALLAO (AMLC) – ABRIL 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 abril<sup>1,2</sup> y las salidas resultantes de la aplicación del modelo Weather Research and Forecasting (WRF)<sup>3</sup> 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 Maps<sup>4</sup>. 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 5P<sup>5</sup>.

*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.*

<sup>1</sup> Informe de Vigilancia Sinóptica de Sudamérica – abril 2026. Obtenido de: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02214SENA-134.pdf>

<sup>2</sup> Boletín climatológico de Lima – abril 2026. Obtenido de: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02232SENA-142.pdf>

<sup>3</sup> 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.).

<sup>4</sup> 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.

<sup>5</sup> 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.).

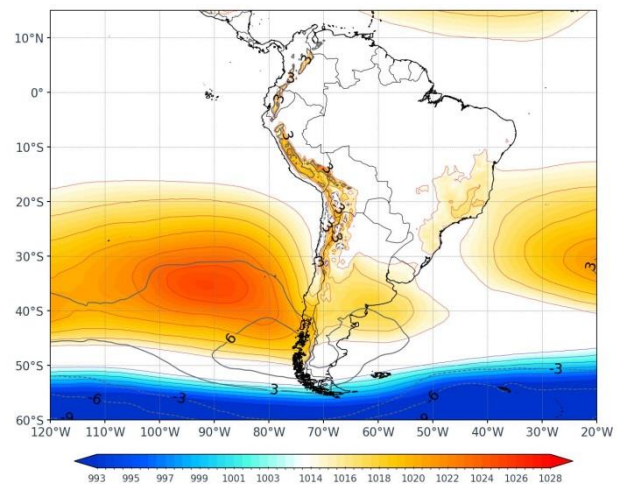
## 1. ANÁLISIS SINÓPTICO Y OCEÁNICO

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 abril se conformó la decadiaria 1 (del 1 al 10), decadiaria 2 (del 11 al 20) y decadiaria 3 (del 21 al 30).

### 1.1. PRIMERA DECADIARIA (1 al 10 de abril)

En superficie, el Anticiclón del Pacífico Sur (APS) presenta un núcleo principal más consolidado respecto a la primera decadiaria, ubicado aproximadamente entre 85°W y 95°W y alrededor de 32°S–37°S, con valores cercanos a 1024 hPa.<sup>6,1</sup> (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 5 m/s. Por otro lado, las Anomalías de la Temperatura Superficial del Mar<sup>7</sup> (ATSM) frente a las costas del AMLC estuvieron a 1.36°C, lo cual repercutió en las anomalías de temperaturas máximas y mínimas del aire, encontrándose la máxima y la mínima en 2.3°C y 1.1°C, respectivamente por encima de lo normal<sup>2</sup>.

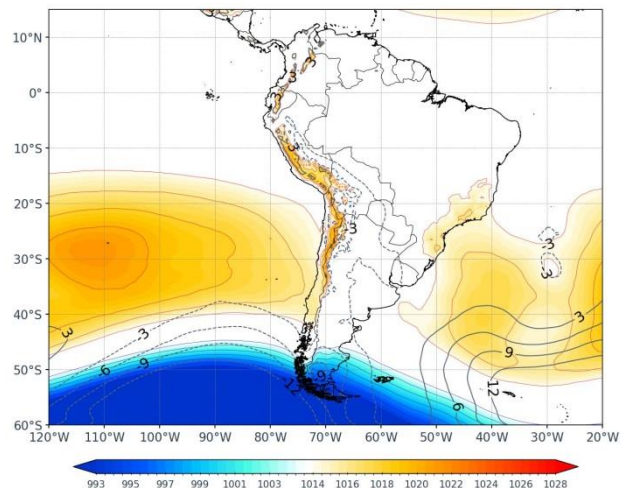
Figura N°01a. Variación del APS en la decadiaria 1.



### 1.2. SEGUNDA DECADIARIA (11 al 20 de abril)

En superficie, el APS presenta un núcleo principal ubicado aproximadamente entre 105° W y 115° W, alrededor de 28 ° S –33 ° S, con valores cercanos a 1022 –1024 hPa<sup>6,1</sup> (Figura N° 01b). A nivel de superficie, los vientos incidentes sobre la costa del AMLC presentaron una dirección predominante del sur y velocidades entre 2 y 5 m/s. Por otro lado, las ATSM frente a las costas del AMLC se encontraron alrededor de los 0.8°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 3.2°C y 1.1°C, respectivamente por encima de lo normal<sup>2</sup>.

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



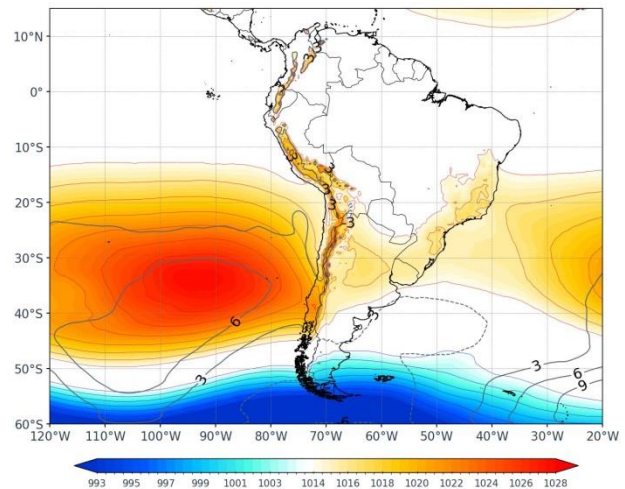
<sup>6</sup> ¿Cómo responderán los anticiclones subtropicales del hemisferio sur al calentamiento global? Mecanismos y estacionalidad en las proyecciones de los modelos CMIP5 y CMIP6 (Pág. 704). Obtenido de: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00382-020-05290-7>

<sup>7</sup> 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 30 de abril)

En superficie, el APS presenta un núcleo más fortalecido respecto a las decadiarias anteriores, con valores cercanos a 1024– 1026 hPa y ubicado aproximadamente entre 90°W y 100°W alrededor de 30°S–35°S<sup>6,1</sup> (Figura N° 01c). Asimismo, se presentaron vientos con una dirección predominante del sur, con velocidades entre 2 y 6 m/s. Por otro lado, las ATSM frente a las costas de AMLC estuvieron cerca de 1.9°C, lo que repercutió en las anomalías de temperaturas máximas y mínimas del aire, encontrándose la máxima y la mínima en 2.5°C y 0.5°C, respectivamente por encima de lo normal<sup>2</sup>.

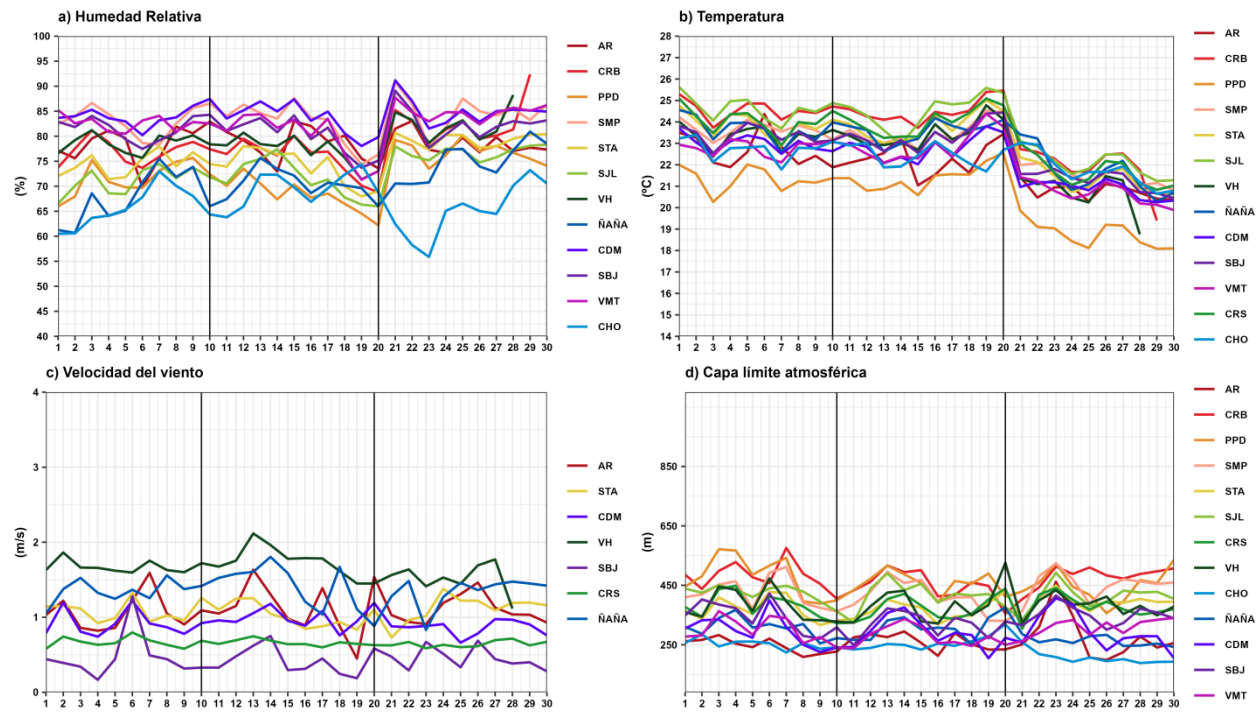
Figura N°01c. Variación del APS en la decadiaria 3.



## 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)<sup>8</sup> 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



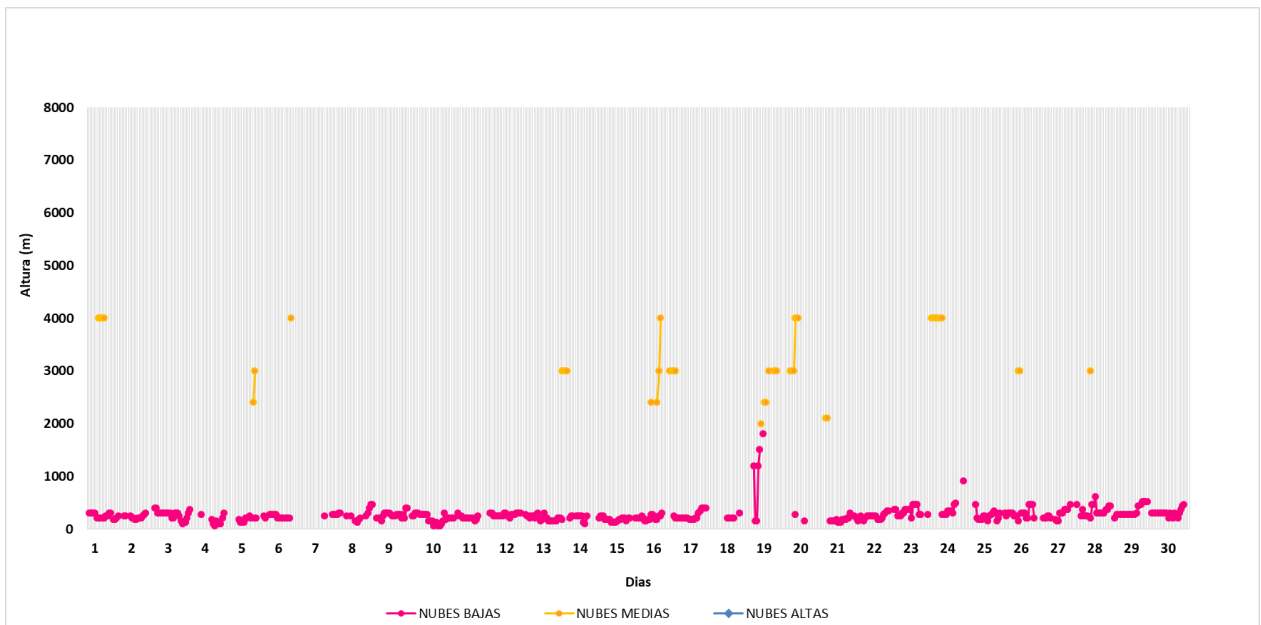
<sup>8</sup> CLA: parte de la tropósfera influenciada directamente por la superficie terrestre, donde se concentra la mayor cantidad de sustancias contaminantes.

Con respecto a la humedad relativa (Figura N° 02a), durante la primera decadiaria se presentaron valores entre 60% y 87%, para la segunda decadiaria entre 62% y 88% y para la tercera decadiaria entre 56% y 92%, siendo las estaciones CDM y SMP aquellas que mantuvieron los promedios de humedad más altos, de 84.2% y 83.4%, respectivamente. En relación con la temperatura (Figura N° 02b) durante la primera decadiaria se presentó valores entre 20.3°C a 25.6°C, para la segunda decadiaria entre 20.6°C a 25.6°C, y en la tercera decadiaria entre 18.1°C a 23.4°C, siendo la estación CRB la que alcanzó el valor promedio más alto de temperatura de 23.7°C. En cuanto a la velocidad del viento (Figura N° 02c), los valores oscilaron entre 0.2 a 2.1 m/s durante todo el mes, siendo la estación VH la que alcanzó el valor promedio más alto, con una media mensual de 1.7 m/s. En el caso de la altura de la CLA (Figura N° 02d), las estaciones CRB, PPD y SMP alcanzaron los valores promedio más altos, con una altura promedio de 470.5, 462.1 y 429.1 m, respectivamente, mientras que en las estaciones AR y CHO se presentaron los valores promedio más bajos, con 261.8 y 238.1 m, respectivamente.

## 2.1. ALTURA DE LA BASE DE LA NUBE

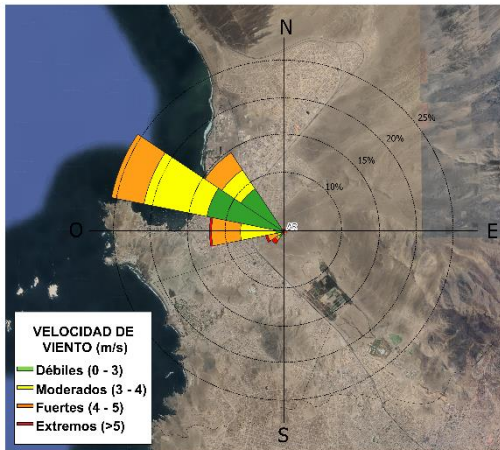
De acuerdo con el registro horario de la Altura de la Base de la Nube (ABN) obtenido por el ceilómetro de la EMA Aeropuerto Internacional Jorge Chávez ubicada en el Callao (Figura N° 03), durante el mes de abril, se observó que las nubes bajas (ABN menor a 2000 m) se presentaron en el 16% de las horas. Las nubes medias (ABN entre 2000 m y 6000 m) se presentaron en un 6% de los casos. En cuanto al cielo despejado, este se presentó en el 78% de las mediciones realizadas. En general, durante el mes de abril aumentaron 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 velocidad<sup>9</sup>.

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.

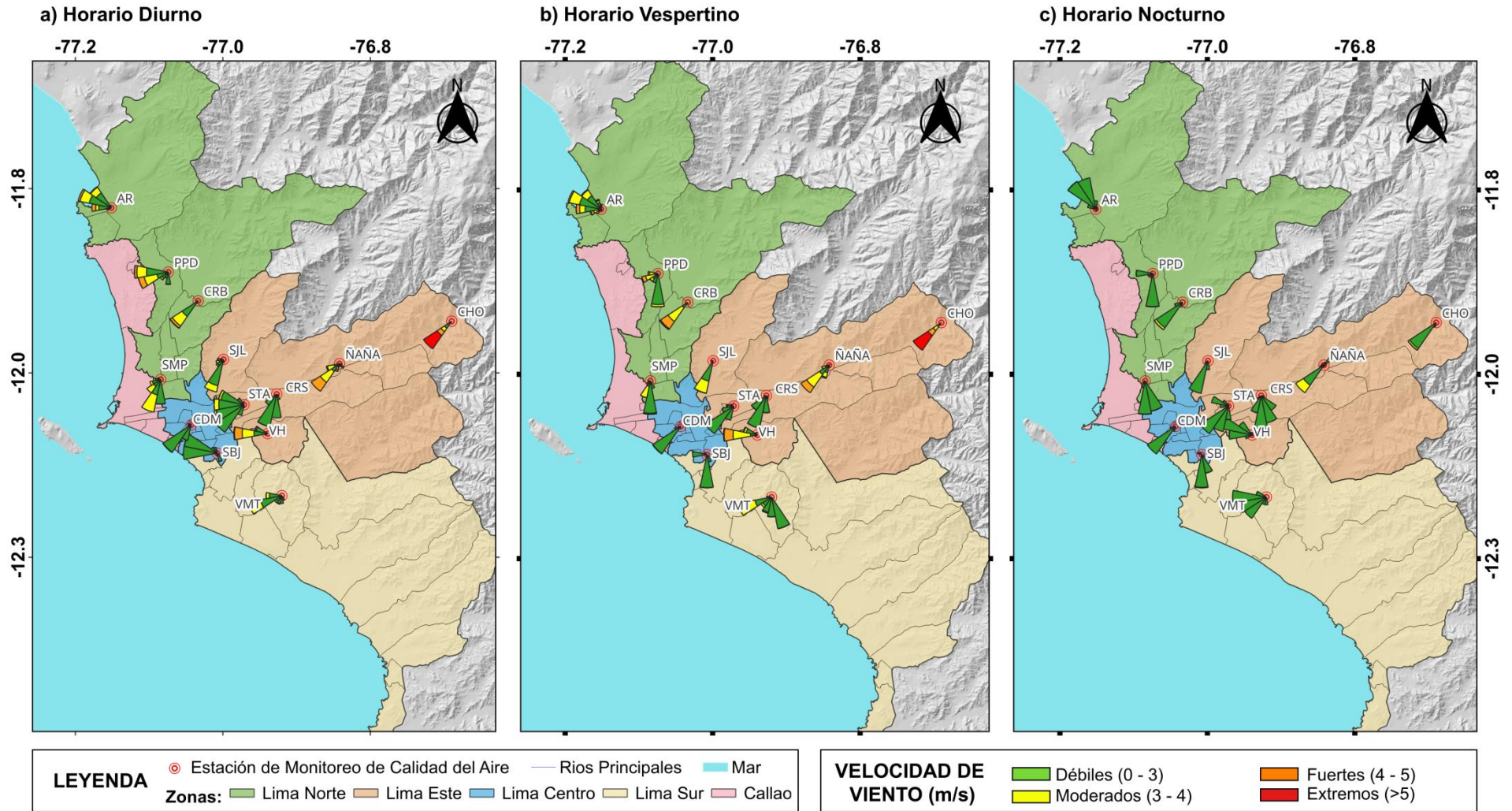
Durante el horario diurno (Figura N° 05a), las estaciones CRB y CHO registraron vientos de intensidad extrema, la estación ÑAÑA, vientos de intensidad fuerte, la estación CDM, vientos de intensidad moderada, mientras que la estación STA, vientos débiles, siendo en todos los casos la dirección predominante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

Durante el horario vespertino (Figura N° 05b), las estaciones CRB y CHO registraron vientos de intensidad extrema, la estación ÑAÑA, vientos de intensidad fuerte, la estación CDM, vientos de intensidad moderada, mientras que la estación STA, vientos débiles, siendo en todos los casos la dirección predominante del suroeste (SO). En las estaciones SJL y CRS se alcanzaron vientos fuertes y débiles, respectivamente, siendo la dirección predominante del sur suroeste (SSO). Las estaciones PPD y SMP registraron vientos moderados, mientras que la estación SBJ, vientos débiles, siendo la dirección predominante del sur (S) para todas las estaciones. En la estación AR se registró vientos fuertes con dirección noroeste (NO). En la estación VH se registraron vientos extremos con dirección oeste (O). En la estación VMT se registró vientos moderados con dirección oeste suroeste (OSO).

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 y SBJ se registraron vientos moderados, mientras que la estación SMP, vientos débiles, siendo la dirección predominante del sur (S). En las estaciones VMT, VH y AR se registraron vientos débiles con dirección predominante del oeste (O), oeste noroeste (ONO) y noroeste (NO).

<sup>9</sup> 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](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).

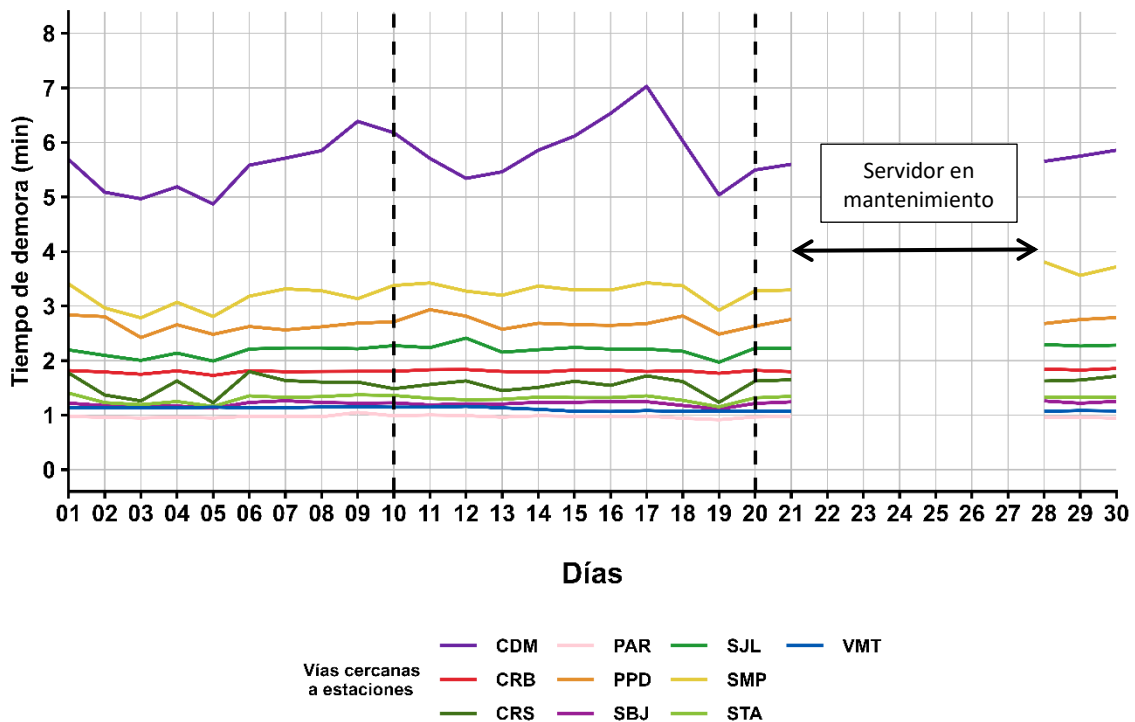
### 3. ACTIVIDAD VEHICULAR EN EL AMLC

La actividad vehicular tiene una contribución de más del 50% sobre la contaminación del aire en el AMLC<sup>10</sup>, 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 minutos<sup>11</sup>. 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<sup>12,13</sup>. En relación con lo indicado, se ha desarrollado un algoritmo en Python que utiliza la técnica de web scraping<sup>14</sup> para extraer datos sobre el tiempo de recorrido en tramos de 10 km de las principales avenidas<sup>15</sup> 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 7 minutos durante la segunda decadiaria (viernes 17 de abril).

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 alrededor de las 06:00 horas, y una reducción alrededor 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**



<sup>10</sup> 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>

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

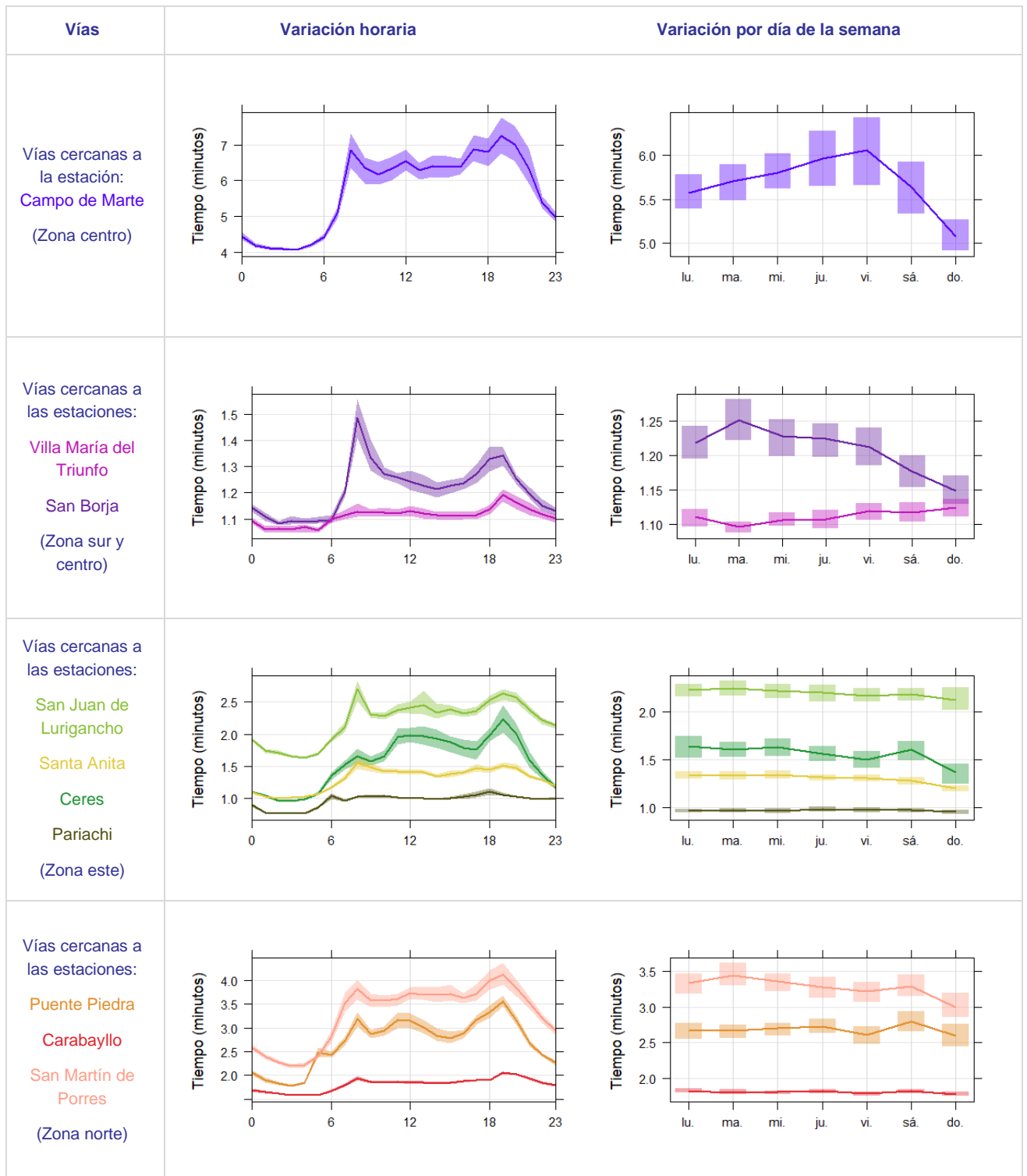
<sup>12</sup> La congestión aumenta significativamente las emisiones en muchas áreas localizadas dentro del dominio de estudio, lo que revela un claro potencial para reducciones significativas de emisiones al dirigir los esfuerzos de mitigación en puntos críticos clave. Obtenido de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749117304001?via%3Di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

<sup>13</sup> 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/>

<sup>14</sup> 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.

<sup>15</sup> 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](https://www.irimets.com/uploadedfiles/paper/volume3/issue_4_april_2021/8350/1628083343.pdf)

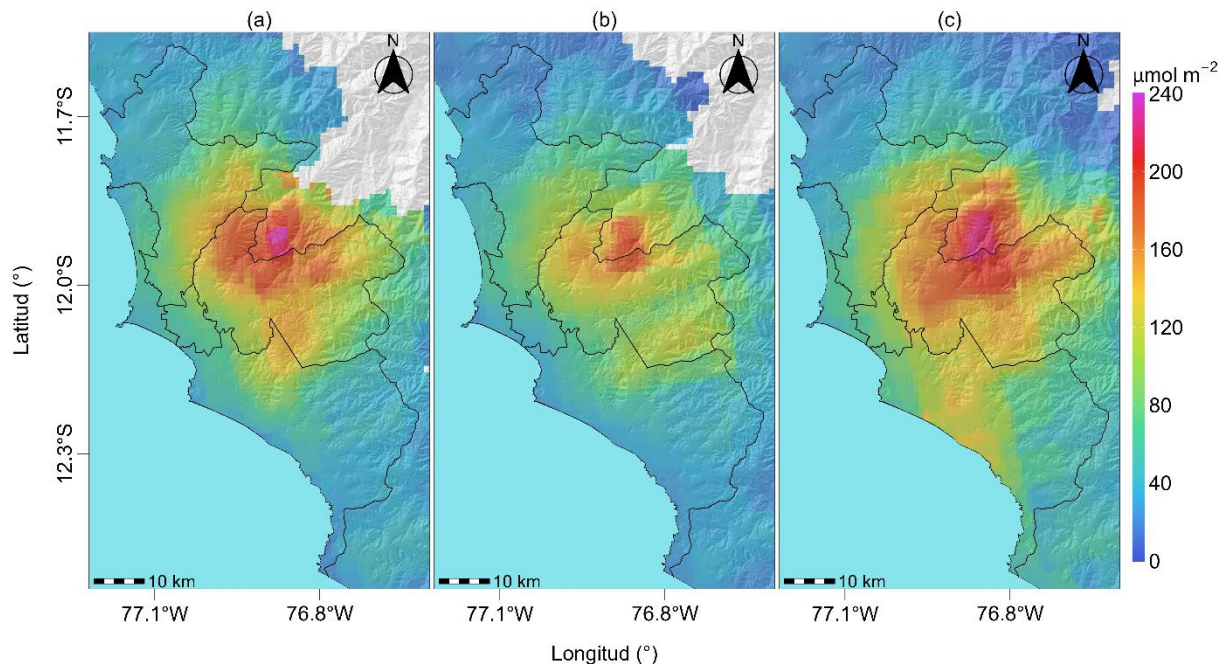
**Figura N°07a. Variación del tiempo de demora por cada 1 km recorrido en vías cercanas a estaciones de monitoreo de la REMCA según horario y día de semana**



#### 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 NO<sub>2</sub> (μmol/m<sup>2</sup>), obtenidas del satélite Sentinel 5P (instrumento Tropomi) a una resolución aproximada de 5 km x 3.5 km durante el mes de abril. Es así como, la Figura N° 08a, muestra la distribución espacial promedio de NO<sub>2</sub> en la primera decadiaria (1 a 10 de abril), la Figura N° 08b, en la segunda decadiaria (11 al 20 de abril) y la Figura N° 08c en la tercera decadiaria (21 al 30 de abril).

Figura N° 08. Distribución espacial de la columna del NO<sub>2</sub> (μmol/m<sup>2</sup>) en la tropósfera del AMLC.



En la Figura N° 08 se puede observar que, durante el mes de abril, la densidad máxima de NO<sub>2</sub> 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 210 μmol/m<sup>2</sup>. Durante la segunda decadiaria se presentó una reducción generalizada de la densidad en el AMLC, alcanzando en la zona este el valor máximo de 184.7 μmol/m<sup>2</sup>. En la tercera decadiaria, por el contrario, se presentó un incremento en las densidades; el valor máximo de 224 μmol/m<sup>2</sup> continuó presentándose en la zona este. De acuerdo con lo observado, se destacan los incrementos en 72.9% y 78.4% ocurridos en la zona centro y sur hacia la tercera decadiaria.

Cabe precisar que el NO<sub>2</sub> se origina principalmente por la oxidación del nitrógeno atmosférico durante procesos de combustión, especialmente relacionados a la actividad vehicular<sup>16,17</sup>. Debido a la dirección de viento, el NO<sub>2</sub> 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 NO<sub>2</sub> en estas zonas.

<sup>16</sup> Monitoreando el Dióxido de Nitrógeno desde el Espacio. Obtenido de: [https://appliedsciences.nasa.gov/sites/default/files/2020-11/Inside\\_Look\\_AQ\\_Spanish.pdf](https://appliedsciences.nasa.gov/sites/default/files/2020-11/Inside_Look_AQ_Spanish.pdf)

<sup>17</sup> United States Environmental Protection Agency. (10 de julio del 2025). Basic Information about NO<sub>2</sub>. Obtenido de: <https://www.epa.gov/no2-pollution/basic-information-about-no2#What%20is%20NO2>

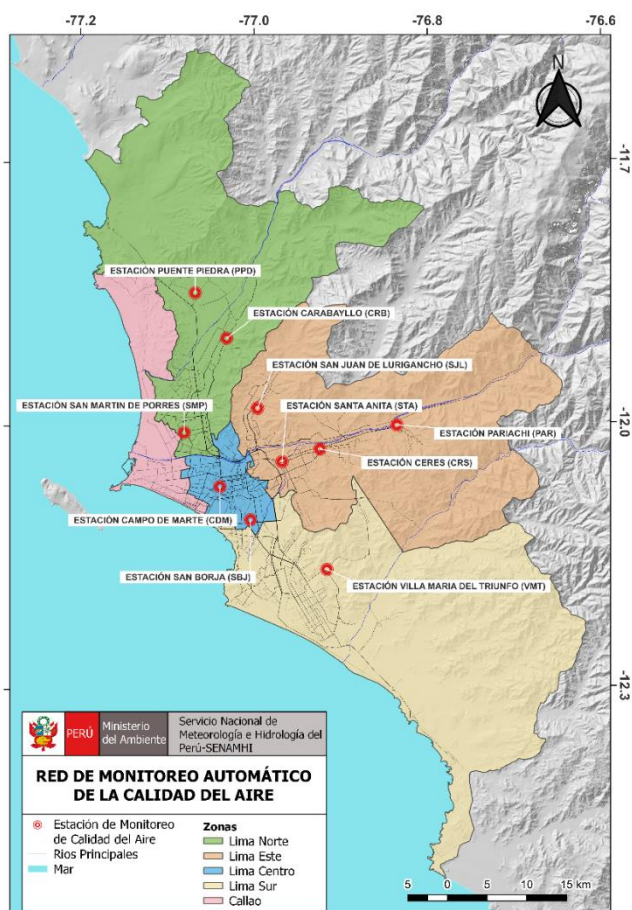
## 5. RED DE MONITOREO AUTOMÁTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL AMLC

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 PM<sub>10</sub> (Material Particulado con diámetro menor a 10 micras), PM<sub>2.5</sub> (Material Particulado con diámetro menor a 2.5 micras), NO<sub>2</sub> (Dióxido de Nitrógeno), O<sub>3</sub> (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

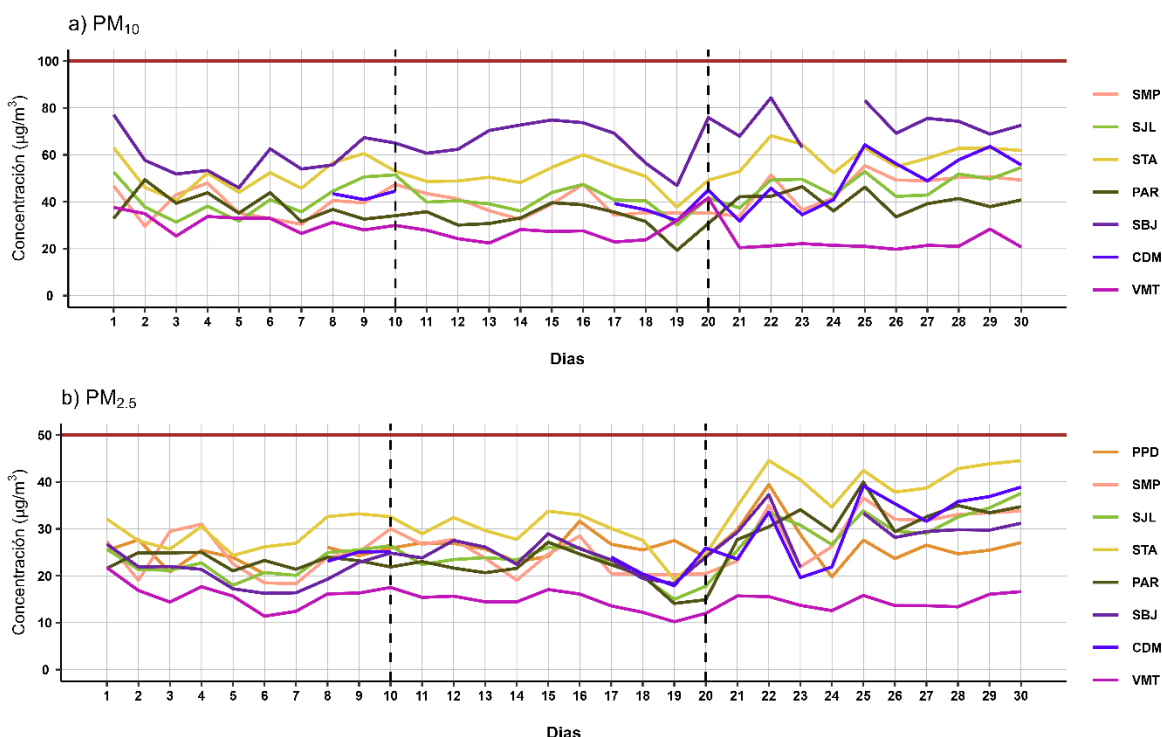
Con los datos de las estaciones de monitoreo de la calidad del aire ubicadas en el AMLC, se analizó la variabilidad diaria de las concentraciones del material particulado y gases. Los datos provinieron de las estaciones: Puente Piedra (PPD), Carabayllo (CRB), San Martín de Porres (SMP), San Juan de Lurigancho (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<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub>)

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 µm<sup>18</sup>.

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)<sup>19</sup>. 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<sub>2.5</sub>, mientras que un incremento en la temperatura está relacionado con un incremento en las concentraciones de PM<sub>10</sub><sup>20</sup>.

Figura N°10. Variación diaria del PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> (µg/m<sup>3</sup>) en el AMLC.



<sup>18</sup> 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>

<sup>19</sup> 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>

<sup>20</sup> 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, no se registraron concentraciones de PM<sub>10</sub> superiores al ECA-aire de 100 µg/m<sup>3</sup> (como promedio diario). Las concentraciones más altas se presentaron en la estación SBJ de la zona centro, donde se alcanzó una concentración de 84.3 µg/m<sup>3</sup> el miércoles 22 de abril (las concentraciones más altas se presentaron entre las 09:00 y las 11:00 horas), y estaría asociada a la actividad vehicular en la zona centro, así como también a una humedad relativa alta y baja velocidad de viento que favorecen la acumulación de contaminantes en el aire, especialmente de PM<sub>2.5</sub>, que al ser una fracción del PM<sub>10</sub>, también contribuye al incremento de este último. Por otro lado, en la zona este el valor máximo se registró en la estación STA el 22 de abril, alcanzando los 68.2 µg/m<sup>3</sup>; en la zona norte, estación SMP, la concentración más alta se registró el 25 de abril, alcanzando los 55.4 µg/m<sup>3</sup>; y finalmente, en la zona sur, estación VMT, se alcanzó el valor máximo de 41.7 µg/m<sup>3</sup> el 20 de abril. A nivel decadiario, se observa que, en la mayoría de las estaciones se incrementaron las concentraciones hacia la tercera decadiaria, destacándose el incremento entre la segunda y tercera decadiaria de 37.7% en la estación SMP, asociado a un incremento en el PM<sub>2.5</sub> que al ser una fracción del PM<sub>10</sub>, también contribuye al incremento de este.<sup>21, 22, 23</sup>

En la Figura N° 10b, se observa que, durante el periodo de monitoreo, no se registraron concentraciones de PM<sub>2.5</sub> superiores al ECA-aire de 50 µg/m<sup>3</sup> (como promedio diario). El valor máximo de 44.5 µg/m<sup>3</sup> se alcanzó el miércoles 22 de abril en la estación STA, ubicada en la zona este (presentándose las concentraciones más altas entre las 06:00 y 11:00 horas), y estaría asociada a la actividad vehicular en la zona este y un incremento en la humedad relativa (Figura N° 02a). En la zona centro, estación CDM, se registró el valor más alto el 25 de abril, alcanzando los 39.2 µg/m<sup>3</sup>. En la zona norte, estación PPD, se registró el valor más alto el 22 de abril, alcanzando los 39.5 µg/m<sup>3</sup>. Finalmente, en la zona sur, estación VMT, la mayor concentración fue el 1 de abril, alcanzando los 21.7 µg/m<sup>3</sup>. A nivel decadiario, se observa que, en la mayoría de las estaciones se incrementaron las concentraciones, destacándose el incremento entre la segunda y la tercera decadiaria de 52.7% en la estación PAR, lo cual estaría asociado a un incremento en la humedad relativa en la zona este, que habría favorecido la acumulación de PM<sub>2.5</sub> (ver Figura N° 02a)<sup>20,21,22</sup>

### 5.1.2. GASES (CO, O<sub>3</sub> y NO<sub>2</sub>)

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 CO<sup>24</sup>.

El O<sub>3</sub> 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 + NO<sub>2</sub>), conocidos como precursores. Por lo tanto, suele existir una relación inversa entre las concentraciones de NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub><sup>25</sup>, siendo que, el pico del ciclo del O<sub>3</sub> aparece aproximadamente 6 horas después del pico del NO y 5 horas después del NO<sub>2</sub><sup>26</sup>. Por otro lado, se observa una estrecha relación entre los niveles elevados de O<sub>3</sub> y la temperatura. Esto se debe a

<sup>21</sup> 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](https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20_500_12542/995)

<sup>22</sup> 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

<sup>23</sup> Temporal variation of the PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> 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/>

<sup>24</sup> 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>

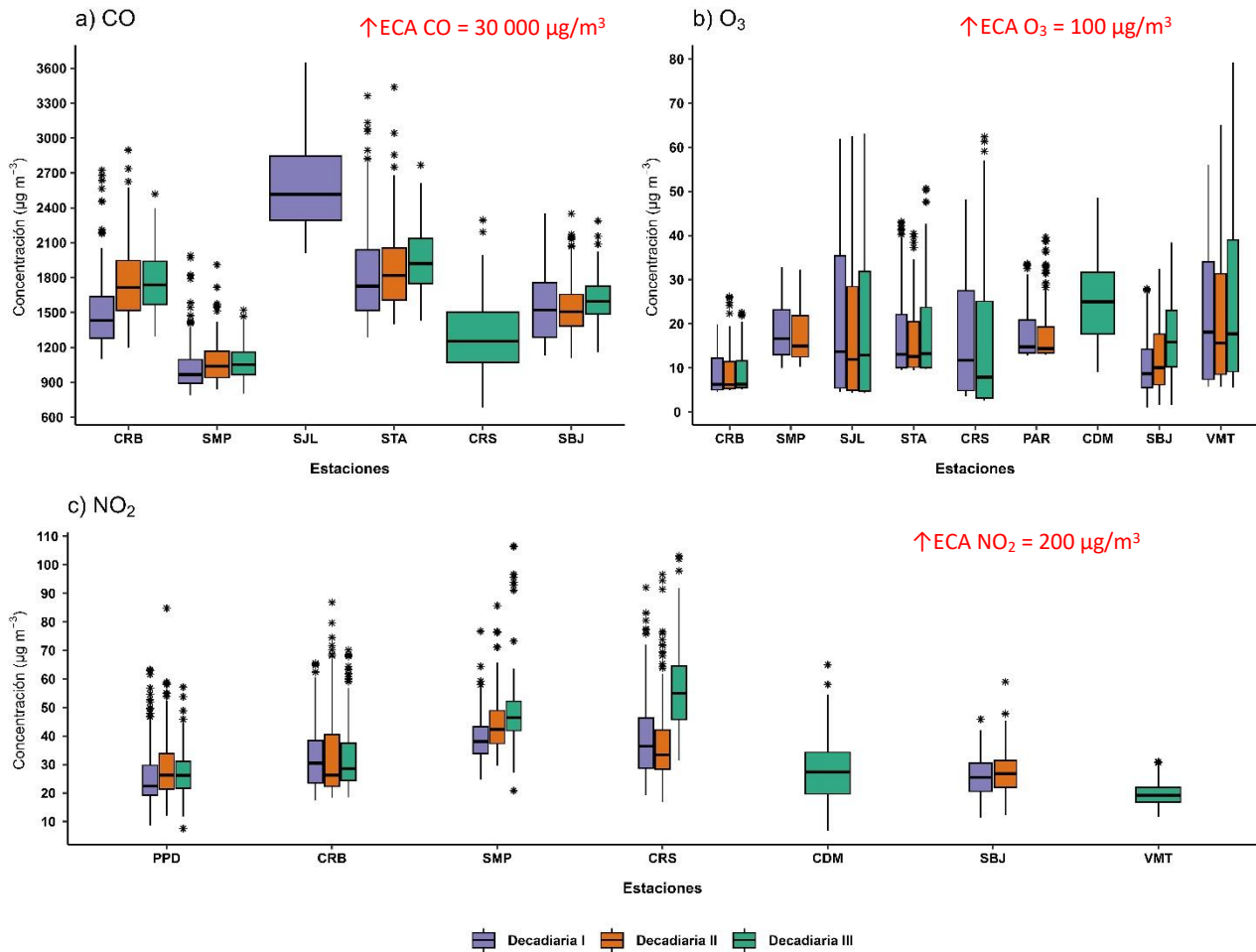
<sup>25</sup> Ozono y compuestos orgánicos volátiles en el área metropolitana de Lima-Callao, Perú. Obtenido de: [https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20\\_500\\_12542/237](https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20_500_12542/237)

<sup>26</sup> Análisis de la Relación entre O<sub>3</sub>, NO y NO<sub>2</sub> en Tianjin, China. Obtenido de: <https://aaqr.org/articles/aaqr-10-07-0a-0055>

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 temperatura<sup>27</sup>.

El NO<sub>2</sub> está considerado dentro del grupo de gases altamente reactivos conocidos como óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), siendo usado como un indicador de la presencia de este grupo más amplio<sup>17</sup>. El NO<sub>2</sub> 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<sub>2</sub>, debido a que fomentan las reacciones que dan origen al O<sub>3</sub>, favoreciendo con ello el consumo de NO<sub>2</sub> como su precursor<sup>27</sup>.

**Figura N°12. Variación de las concentraciones del CO, O<sub>3</sub> y NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) por decadiaria en el AMLC.**



<sup>27</sup> Análisis temporal de los contaminantes atmosféricos (NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> 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](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 SJL, con una máxima de 3650.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  alcanzada el jueves 9 de abril a las 21:00 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 CRB, fue de 2896.8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  el 20 de abril a las 10:00 horas; y en la zona centro, estación SBJ, la concentración más alta alcanzó los 2355.2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  el día 8 de abril a las 17:00 horas. A nivel decadiario, de manera general, no se destacaron variaciones considerables en las concentraciones, sin embargo, se puede destacar un incremento de 19.8% durante la segunda decadiaria en la estación CRB, asociada a una ligera reducción en la altura de la CLA, lo cual habría favorecido la acumulación del contaminante (Ver Figura N° 02d).

En relación con el O<sub>3</sub>, 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 sur, estación VMT, alcanzando los 79.3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  el domingo 26 de abril, asociado a un descenso en las concentraciones de NO<sub>2</sub>, el cual se comporta como un precursor del O<sub>3</sub>, así como altos valores de humedad relativa, que favorecen la acumulación de contaminantes (Figura N° 12 y 02b). Por otro lado, en la zona norte, la estación SMP registró la concentración máxima de 32.8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  el 4 de abril; en la zona centro, la mayor concentración se presentó en la estación CDM, con un valor de 48.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  el 25 de abril; mientras que, en la zona este, en la estación SJL, se alcanzó los 63.1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  el 25 de abril. En cuanto al comportamiento decadiario, no se observaron variaciones significativas, destacando el incremento en las concentraciones hacia la tercera decadiaria en la estación SBJ (57.7%). Este comportamiento estaría asociado a una reducción de la altura de la CLA durante los días en que se presentó un mayor incremento de las concentraciones, lo que habría favorecido la acumulación de O<sub>3</sub>. (Ver Figura N° 02d).

En la Figura N° 12c, se observa que las concentraciones horarias de NO<sub>2</sub> 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 período de monitoreo. La mayor concentración se reportó en la zona norte, en la estación SMP (el jueves 30 de abril a las 23:00 horas), alcanzando un valor de 106.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Lo cual estaría asociado a la actividad vehicular en la zona norte (89% de las emisiones de NO<sub>x</sub> provienen de vehículos a diésel)<sup>10</sup>, así como una reducción en la temperatura y altos valores de humedad relativa, lo cual habría favorecido la acumulación de NO<sub>2</sub> (Ver Figura N° 02a y 02b). Por otro lado, la concentración más alta en la zona este se presentó en CRS, alcanzando los 103.1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  el 29 de abril a las 11:00 horas; mientras que, en la zona centro, la concentración más alta se presentó en CDM, alcanzando los 64.9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  el 30 de abril a las 10:00 horas; y en la zona sur, estación VMT, la concentración más alta fue de 31  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  el 30 de abril a las 22:00 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 (64.5%), lo cual estaría asociado a condiciones favorables para la acumulación del contaminante, como una reducción en la temperatura hacia la tercera decadiaria. (Ver Figura N° 02a)

## 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<sup>28 29</sup>.

### 6.1. ÍNDICE DE LA CALIDAD DEL AIRE PARA EL PM<sub>10</sub>

La Figura N° 13 muestra las concentraciones promedio de 24 horas para el PM<sub>10</sub> asociadas a su respectivo estado de la calidad del aire. Se observó que, en la zona centro, la estación SBJ presentó 24 días con calidad del aire “Moderada” y 5 días con calidad del aire “Buena”; mientras que, la estación CDM presentó 5 días con calidad del aire “Moderada” y 12 días con calidad del aire “Buena”. En la zona este, la estación STA presentó 12 días con calidad del aire “Moderada” y 18 días con calidad del aire “Buena”; mientras que SJL y PAR presentaron 30 días con calidad del aire “Buena”. En la zona norte, la estación SMP presentó 1 día con calidad del aire “Moderada” y 29 días con calidad del aire “Buena”. Finalmente, en la zona sur, la estación VMT presentó 30 días con calidad del aire “Buena”.

### 6.2. ÍNDICE DE LA CALIDAD DEL AIRE PARA EL PM<sub>2.5</sub>

La Figura N° 14 muestra las concentraciones promedio de 24 horas para el PM<sub>2.5</sub> asociadas a su respectivo estado de la calidad del aire. Se observó que, en la zona este, la estación STA presentó 8 días con calidad del aire “Insalubre para grupos sensibles” y 22 días con calidad del aire “Moderada”; mientras que, las estaciones SJL y PAR presentaron 1 día con calidad del aire “Insalubre para grupos sensibles” y 29 días con calidad del aire “Moderada”. En la zona norte, la estación SMP y PPD presentaron 1 día con calidad del aire “Insalubre para grupos sensibles”, y 29 y 28 días con calidad del aire “Moderada”. Por otro lado, en la zona centro, la estación CDM y SBJ presentó 4 y 1 días con calidad del aire “Insalubre para grupos sensibles” y 13 y 28 días con calidad del aire “Moderada”, respectivamente. Finalmente, en la zona sur, la estación VMT presentó 30 días con calidad del aire “Moderada”.

<sup>28</sup> 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](https://www.airnow.gov/sites/default/files/2018-04/aji_brochure_02_14_0.pdf)

<sup>29</sup> 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 PM<sub>10</sub>**


Concentración PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )		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



## 7. CONCLUSIONES

- Las condiciones meteorológicas influyeron en el comportamiento diario de los contaminantes atmosféricos en el AMLC durante el mes de abril. En comparación con los registros del mes anterior, se observó una disminución de la velocidad del viento y altura de la capa límite planetaria, condiciones que pudieron favorecer el incremento de las concentraciones de  $PM_{2.5}$ .
- Durante el mes de abril, 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 alrededor de las 06:00 horas y una reducción alrededor 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 todas las zonas del AMLC; mientras que hacia la tercera decadiaria se presentó un incremento. 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  $PM_{10}$  no fue superando en ninguna de las estaciones. En el caso del  $PM_{2.5}$ , tampoco se superó el ECA – aire, alcanzándose en la estación STA un valor máximo de  $44.5 \mu g/m^3$  el miércoles 22 de abril. 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 83% de los días monitoreados una calidad del aire “Moderada”. Por otro lado, para el contaminante  $PM_{2.5}$ , se identificó que la estación STA presentó una calidad del aire “Insalubre para grupos sensibles” y “Moderada” durante el 27% y 73% de los días monitoreados, respectivamente.

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

De acuerdo con el pronóstico climático<sup>30</sup> para el mes de mayo del 2026, se espera que en el AMLC las temperaturas máximas y mínimas presenten condiciones entre normales a superiores a lo normal. Considerando el comportamiento estacional de estas variables meteorológicas, se esperaría que las concentraciones de  $PM_{2.5}$ , sean entre similares a superiores a lo registrado en el mes de abril.

<sup>30</sup> Documento: Boletín climático nacional – abril 2026 SENAMHI. Obtenido de: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02215SENA-154.pdf>

**Para más información sobre el presente informe, contactar con:**

Ing. Elvis Anthony Medina Dionicio ([eamedina@senamhi.gob.pe](mailto:eamedina@senamhi.gob.pe))  
**Subdirector de Evaluación del Ambiente Atmosférico**

**Elaboración**

Ing. Lourdes María Isabel Urteaga Tirado ([lurteaga@senamhi.gob.pe](mailto: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 junio del 2026

