

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

Área metropolitana de Lima y Callao

Enero 2024



VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL ÁREA METROPOLITANA DE LIMA Y CALLAO (AMLC) – ENERO 2024

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 enero^{1,2} y las salidas resultantes de la aplicación del modelo Weather Research and Forecasting (WRF)³ para el ámbito del AMLC. Por otro lado, se realizó un análisis del comportamiento del tránsito vehicular lento en el AMLC a partir de imágenes de Google Traffic⁴. Con respecto a la información de contaminantes del aire, 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 – enero 2024. Obtenido de: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02214SENA-107.pdf>

² Boletín climatológico de Lima – enero 2024. Obtenido de: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02232SENA-115.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 desde una categoría de rápido a lento.

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.).

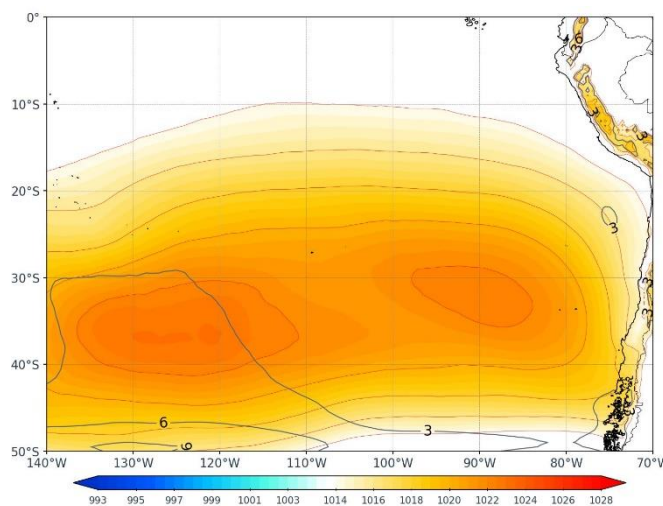
1. ANÁLISIS SINÓPTICO Y OCEÁNICO

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 que, para el mes de enero 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 enero)

Durante la primera decadiaria, el Anticiclón del Pacífico Sur (APS) predominó ligeramente desplazado hacia el este respecto a lo climatológico con núcleo en 33°S y 90°W con valores de presión superiores a los 1022 hPa, siendo muy intenso con respecto a lo climatológico¹ (Figura N°01a). Los vientos incidentes sobre la costa del AMLC a nivel de superficie presentaron una dirección predominante del sur, con velocidades entre 1 y 3 m/s. Por otro lado, las Anomalías de Temperatura Superficial del Mar (ATSM) estuvieron cercanos a los +1.54°C frente a las costas de AMLC⁶, lo cual repercutió en el incremento de temperaturas máximas y mínimas del aire por encima de su normal en +2.1°C y +1.3°C respectivamente².

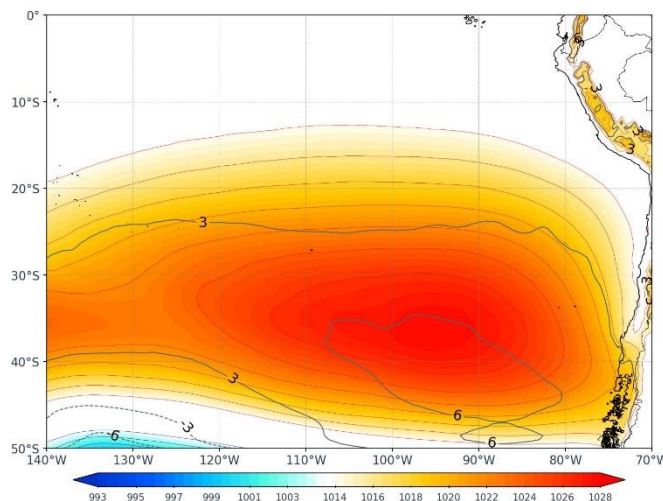
Figura N°01a. Variación del APS en la decadiaria 1.



1.2. SEGUNDA DECADIARIA (11 al 20 de enero)

Para la segunda decadiaria, el APS presentó un ligero desplazamiento hacia el sureste y una fuerte intensificación respecto a lo climático con núcleo sobre los 35 ° S y 95 ° W y valores de presión superiores a los 1028 hPa¹ (Figura N° 01b). Los vientos incidentes sobre la costa del AMLC a nivel de superficie presentaron una dirección predominante del sur suroeste y velocidades entre 4 m/s y 6 m/s. Por otro lado, respecto a las ATSM⁶ estas se encontraron alrededor de los +1.3°C frente a las costas del AMLC⁶, lo cual repercutió en el incremento de temperaturas máximas y mínimas del aire por encima de su normal en +1.7°C y +0.7°C respectivamente².

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

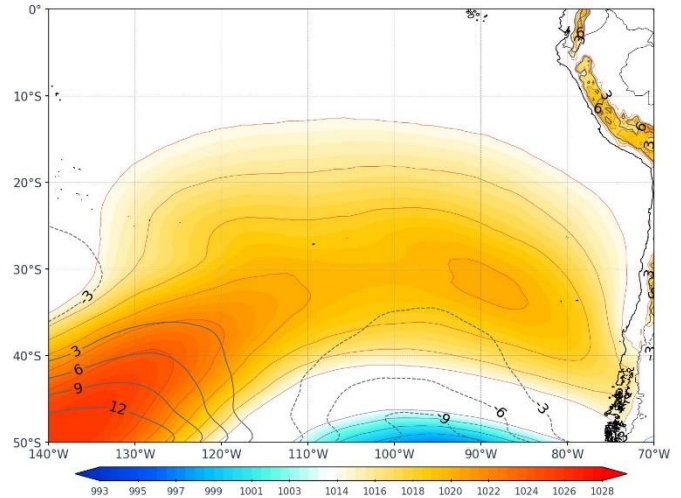


⁶ Temperatura superficial del mar y anomalías térmicas en el litoral peruano. Obtenido de: http://www.imarpe.gob.pe/imarpe/index2.php?id_seccion=1017803020000000000000

1.3. TERCERA DECADIARIA (21 al 31 de enero)

Finalmente, para la tercera decadiaria, el APS predominó con una configuración zonal y con dos núcleos uno en 30°S - 90°W y el otro en 38°S - 120°W, ambos con valores de presión superiores a los 1020 hPa, intensidad ligeramente baja respecto a lo climatológico¹ (Figura N°01c). Estos vientos presentaron una dirección predominante del sur sureste, paralelos a la costa y velocidades entre 5 y 6 m/s. Por otro lado, respecto a las ATSM estas se encuentran en +1.76°C frente a las costas de AMLC⁶, lo cual repercutió en las temperaturas máximas y mínimas del aire, ubicándose por encima de su normal en 3.2°C y 1.7°C respectivamente².

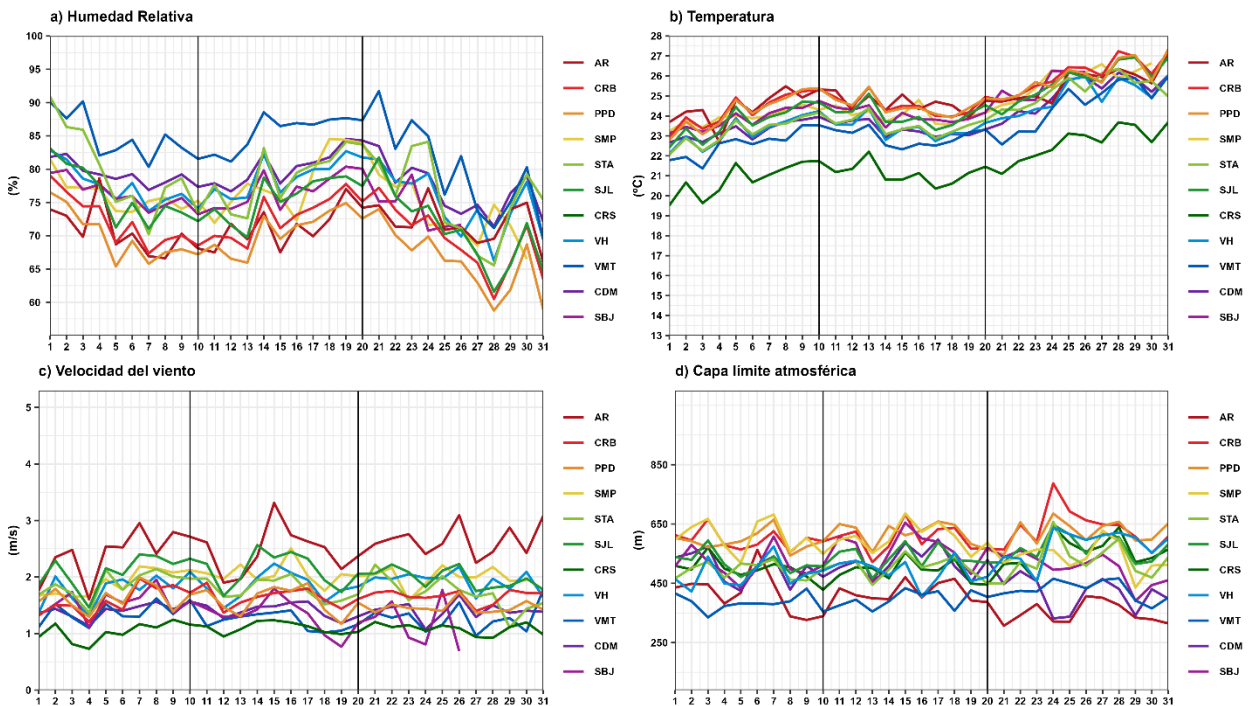
Figura N°01c. Variación del APS en la decadiaria 3.



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 y la temperatura a 2 metros de la superficie (mds), y la velocidad del viento a 10 mds. 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), Campo de Marte (CDM), San Borja (SBJ) y Villa María del Triunfo (VMT). Adicionalmente se representó la variabilidad diaria de la capa límite atmosférica (CLA)⁷ para lo cual se usó datos del modelo operativo WRF 1km.

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



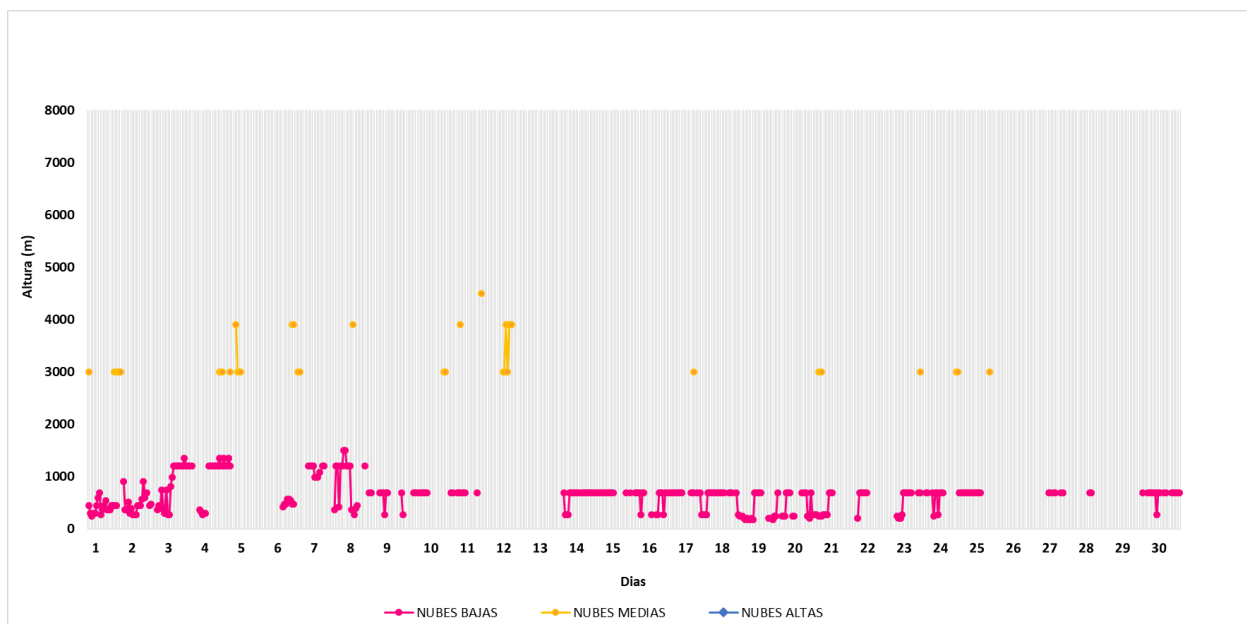
⁷ CLA: parte de la tropósfera influenciada directamente por la superficie terrestre, donde se concentra la mayor cantidad de sustancias contaminantes.

Con respecto a la Humedad Relativa (Figura N°02a), durante la primera decadiaria se presentaron valores entre 66.62% a 90.88%, para la segunda decadiaria valores entre 67.5% y 88.54%, y en la tercera decadiaria valores entre 58.7 a 91.72%, de las cuales, las estaciones STA y VMT mantuvieron los valores más altos. Por otro lado, en relación con la temperatura (Figura N°02b) durante la primera decadiaria presentó valores entre 19.5 y 25.5 °C, para la segunda decadiaria valores entre 20.3 y 25.4°C, y en la tercera decadiaria valores entre 21.1 y 27.3 °C, además, presentó una tendencia al incremento de las temperaturas hacia su tercera decadiaria. En cuanto a la velocidad del viento (Figura N° 02c), éste llegó a ser muy variable, lo cual se refleja en sus valores, los mismos que oscilaron entre 0.72 a 3.31 m/s durante todo el mes. En el caso de la CLP (Figura N°02d) se presentó una tendencia ligera al incremento hacia la tercera decadiaria; asimismo, las estaciones CRB, PPD y SMP alcanzaron los valores más altos y por su parte, las estaciones de VMT y AR los valores más bajos.

2.1. ALTURA DE LA BASE DE LA NUBE

De acuerdo al comportamiento horario de la altura de la base de la nube (abn) registrada por el ceilómetro⁸ de la EMA Aeropuerto Internacional Jorge Chávez ubicada en el Callao (figura N°03), se observó que las nubes bajas (abn menor a 2000 m) tuvieron mayor presencia (50.8%) durante el mes de enero, seguido de una mucho menor presencia (5.3 %) de nubes medias (abn mayor a 2000 m y menor a 6000 m). Esto último no significa que no haya habido presencia de nubes altas (abn mayor a 6000 m), sino más bien que solo se registra la altura de la base de la nube más cercana a la superficie, por lo que podría haber nubes medias y altas por encima de éstas. Además, se tuvo un porcentaje de 33.5% de días despejados.

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



En comparación con diciembre, se presentaron más días despejados y un aumento de los días con nubes medias; pero predominó la presencia de nubes bajas, algo característico del verano, evidenciando que la estabilidad atmosférica persistió en la primera mitad de enero.

⁸ Instrumento que mide la altura de la base de la nube más cercana a superficie tomando a ésta como referencia.

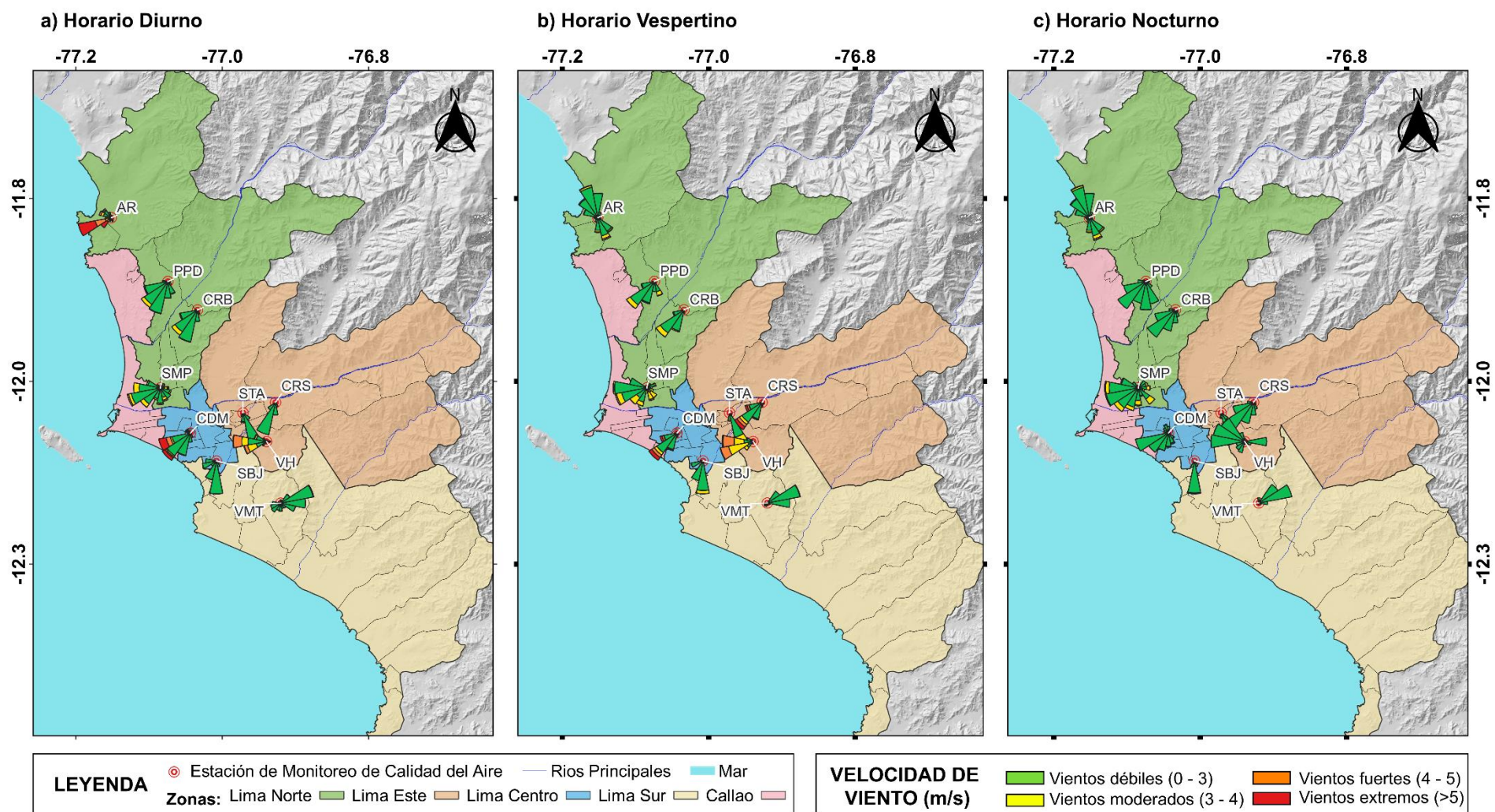
2.2. ANALISIS DEL VIENTO EN SUPERFICIE POR HORARIOS

A partir de la información de velocidad y dirección de viento de las EMA ubicadas en el AMLC, se tiene que, en el horario diurno, las estaciones PPD, CRB, CDM, y CRS presentaron vientos con una predominancia del suroeste (SO) y con categoría de moderada (3-4 m/s), a excepción de CDM y CRS que presentaron las categorías de extremo (>5m/s) y débil (0-3 m/s) respectivamente. Por otro lado, las estaciones de SMP, AR y VH, tuvo predominancia del oeste y una categoría de extrema (>5 m/s), a excepción de SMP que alcanzó una categoría de vientos fuertes (4-5 m/s). Asimismo, la estación STA, tuvo una dirección predominante del sur suroeste (SSE) y una categoría de débil. En el caso de la estación VMT presentó vientos con una dirección predominante del este, alcanzando una categoría de extrema (3-4 m/s).

Para el horario vespertino, las estaciones PPD, CRB, CRS y CDM presentaron vientos con una predominancia del suroeste (SO) y con categoría de moderada y extrema (>5m/s), para el caso de las estaciones de CRS y CDM. Por otro lado, en las estaciones SMP y VH, se tuvo una dirección predominante del sur suroeste (O) y una categoría de moderada y fuerte, respectivamente. Asimismo, la estación STA presentó vientos con una predominancia del sur sureste (SSE) alcanzando una categoría de moderada. Con respecto a la estación AR presentó vientos con una dirección predominante del nor noroeste (NNO) con categoría de moderada; la estación VMT presentó vientos con una dirección predominante del este noreste (ENE) con categoría de débil.

Para el horario nocturno, las estaciones SMP y CDM presentaron vientos con una predominancia del oeste suroeste (OSO) y con categoría de débil. Asimismo, las estaciones CRS, CRB y PPD presentaron vientos con una predominancia del suroeste (SO) y categoría de débil. Por otro lado, las estaciones AR y VMT presentan vientos con una predominancia del sureste (NNO) y este noreste (ENE) con categoría de moderada y débil respectivamente. Con respecto a la estación SBJ, tuvo una dirección predominante del sur (S); la estación VH presentó vientos con una predominancia del oeste (O) con categoría de débil y la estación SBJ presentó vientos con una predominancia del sur (S), todos estos con categoría de débil.

Figura N°04. Rosas de viento para diferentes horarios en el AMLC.



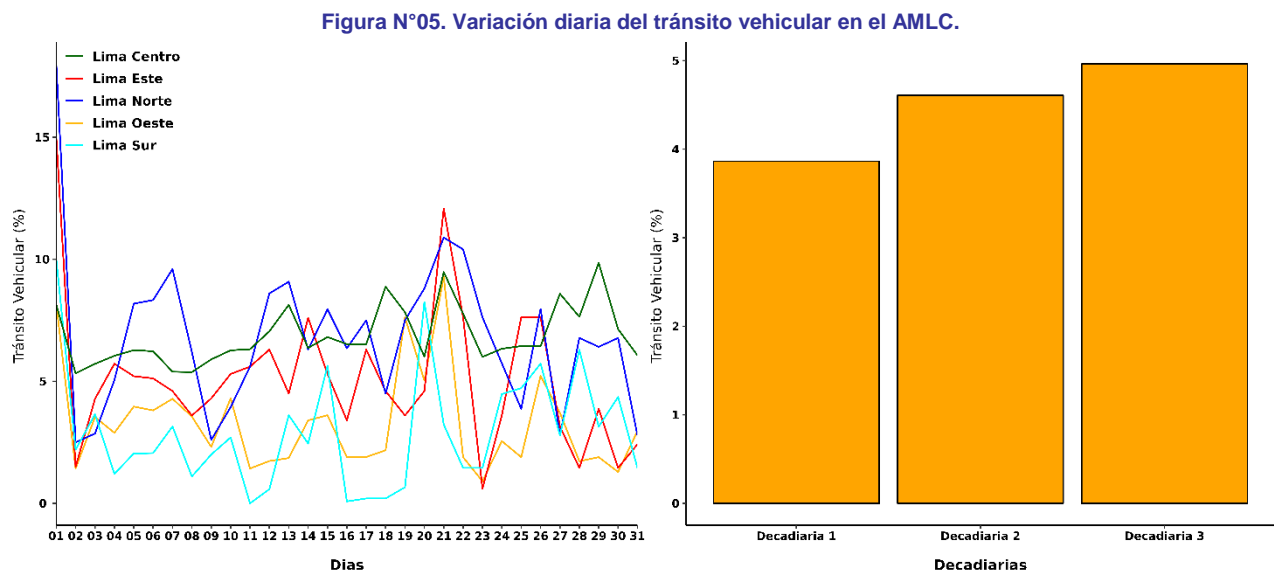
Las figura N° 04 muestra el comportamiento de la dirección y velocidad del viento en cada una de las estaciones meteorológicas automáticas para los horarios diurnos (07:00 - 12:59 horas), vespertinos (13:00 -18:59 horas) y nocturnos (19:00 - 06:59 horas).

3. ACTIVIDAD VEHICULAR EN EL AMLC

La actividad vehicular tiene una contribución de más del 50% sobre la contaminación del aire en el AMLC.⁹ De esta manera, un alto porcentaje de tránsito vehicular lento está estrechamente relacionado con el incremento de emisiones de contaminantes del aire, mientras que un bajo porcentaje de éstas, se relaciona a una disminución de emisiones.

De acuerdo a lo mencionado, se han utilizado imágenes de Google Traffic y técnicas de inteligencia artificial como la visión por computadora¹⁰ a fin de cuantificar en porcentaje los estados del tránsito vehicular para cada una de las zonas del AMLC (Lima Norte, Este, Centro, Sur y Callao).

En la Figura N°05 se puede observar que durante la primera decadiaria se presentaron los menores porcentajes de tránsito vehicular lento del mes de enero. En contraste, para la segunda y tercera decadiaria se evidenció una tendencia al incremento, siendo las zonas de Lima Norte, Centro y Este las cuales presentaron los mayores valores del porcentaje de tránsito vehicular lento.



⁹ Estudio: Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao. Obtenido de: <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/diagnostico-gestion-calidad-ambiental-aire-lima-callao>

¹⁰ La visión por computadora es una rama de la inteligencia artificial y la informática asociado al análisis de imágenes, la cual incorpora un conjunto de técnicas, algoritmos y sistemas que facultan a una computadora con la capacidad de “ver” y extraer información a partir de lo que han “visto”, la cual puede ser reconocer patrones, objetos o personas, entre otras tareas visuales. Obtenido de: <https://iaarbook.github.io/vision-por-computadora/> , <https://www.ibm.com/mx-es/topics/computer-vision>

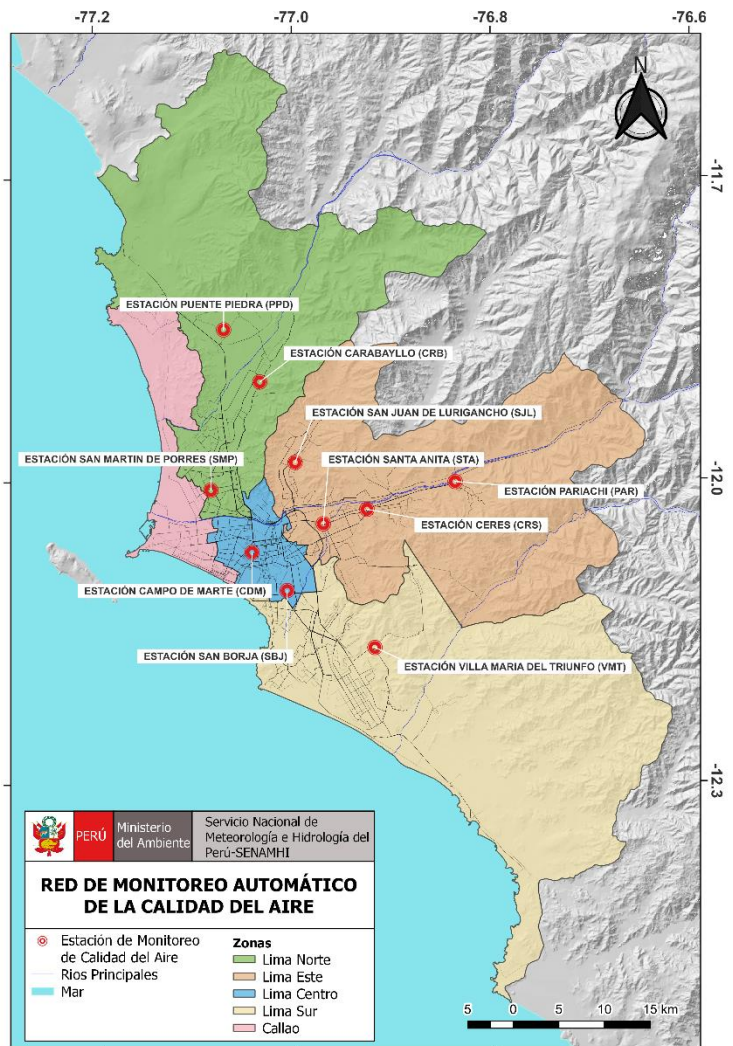
4. RED DE MONITOREO AUTOMÁTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL AMLC

El SENAMHI realiza la vigilancia a través de una Red de Monitoreo Automático de la Calidad del Aire (REMCA), la cual mide las concentraciones horarias de los contaminantes PM₁₀ (material particulado menor a 10 micras), PM_{2,5} (material particulado menor a 2,5 micras), NO₂ (dióxido de nitrógeno), O₃ (ozono troposférico) y CO (monóxido de carbono).

Cuadro Nº 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 Carabaylo (CRB) Piscina Municipal del distrito de Carabaylo
	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 Nº06. 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 el caso de los contaminantes del aire, 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.

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

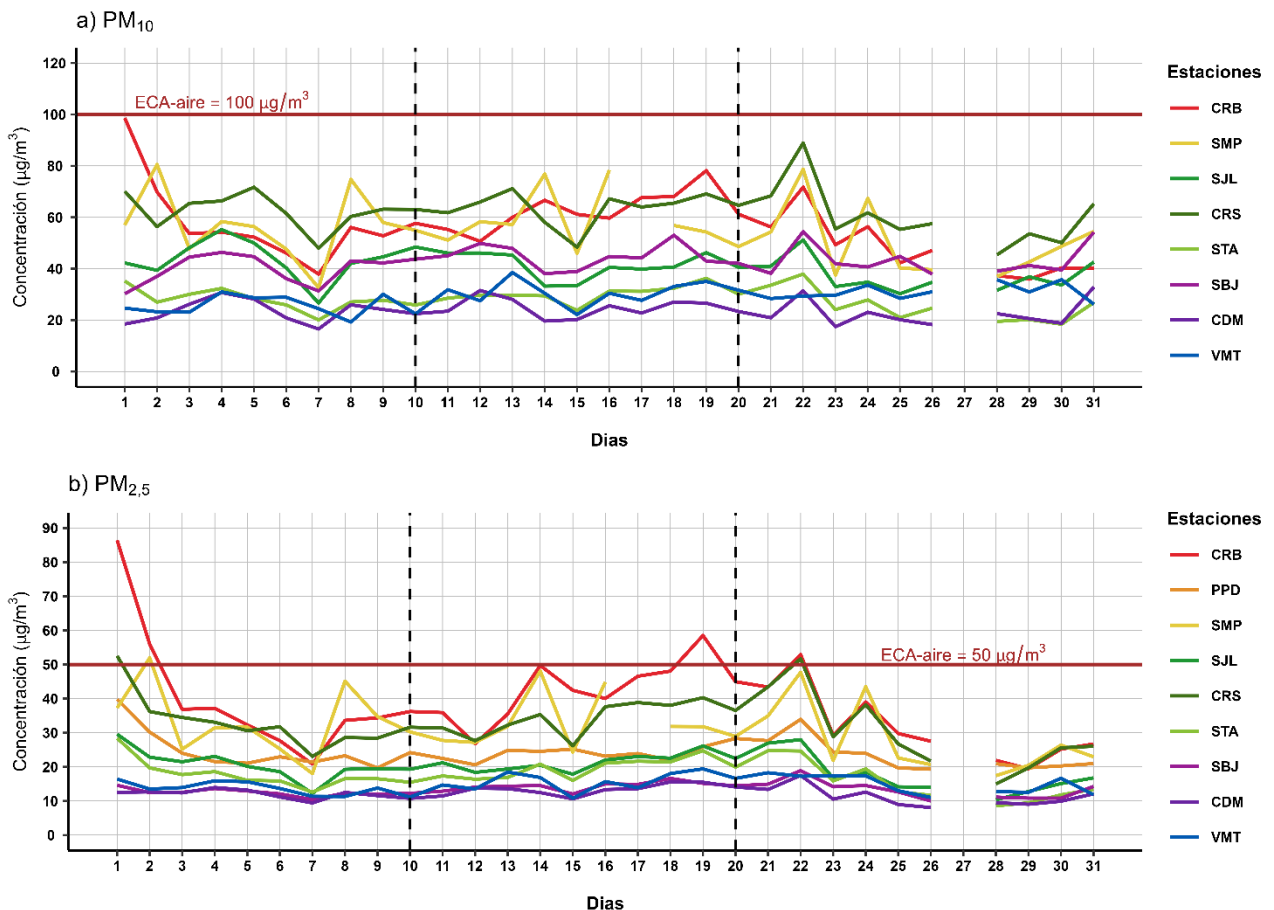
Con los datos de las estaciones de monitoreo de la calidad del aire ubicadas en el AMLC, se realizó un análisis de la variabilidad diaria de las concentraciones del PM₁₀ y PM_{2,5} durante el mes de enero. Los datos provinieron de las estaciones: Carabayllo (CRB), Puente Piedra (PPD), San Martín de Porres (SMP), San Juan de Lurigancho (S JL), Ceres (CRS), Santa Anita (STA), San Borja (SBJ), Campo de Marte (CDM) y Villa María del Triunfo (VMT).

4.1.1. MATERIAL PARTICULADO (PM)

En la figura N° 07a se observa que las concentraciones diarias de PM₁₀ registradas en las estaciones no superaron el valor de su ECA-aire (100 µg/m³ como promedio diario) durante los días monitoreados. Asimismo, se puede destacar que, en la zona norte, la estación CRB alcanzó una concentración máxima de 98.64 µg/m³ (lunes 1); en la zona este, la estación CRS una concentración máxima de 88.92 µg/m³ (lunes 22); en la zona centro, la estación SBJ una concentración máxima de 54.41 µg/m³ (lunes 22) y en la zona sur, la estación VMT una concentración máxima de 38.52 µg/m³ (sábado 13).

Por otro lado, en la figura N° 07b, se observa que las concentraciones diarias de PM_{2,5} registradas en las estaciones no superaron el ECA-aire para PM_{2,5} (50 µg/m³ como promedio diario) durante los días monitoreados, a excepción de la estación SMP en la primera decadiaria; CRS en la primera y tercera decadiaria; y la estación CRB en las tres decadiarias. Asimismo, se puede destacar que, en la zona norte, la estación CRB alcanzó una concentración máxima de 86.46 µg/m³ (lunes 1); en la zona este, la estación CRS una concentración máxima de 52.54 µg/m³ (lunes 1); en la zona centro, la estación SBJ una concentración máxima de 18.89 µg/m³ (lunes 22) y en la zona sur, la estación VMT una concentración máxima de 19.40 µg/m³ (viernes 19).

Figura N°07. Variación diaria del PM₁₀ y PM_{2,5} (µg/m³) en el AMLC.



Del comportamiento decadiario, se tiene que, en general para el PM_{10} , se observaron concentraciones más altas en la decadiaria 2 y 3, lo cual pudo estar relacionado a la disminución de la altura de la capa límite atmosférica (ver Figura N° 02d) y al incremento de la temperatura (ver Figura N° 02b). Cabe precisar que, en el caso de la estación CRB, la mayor concentración se observó el primer día de la decadiaria 1, lo cual podría estar relacionado a las fiestas de fin de año.

Con respecto al $PM_{2.5}$, en general se observaron concentraciones más altas en la decadiaria 2 y 3, las cuales pudieron estar asociados a incrementos en los valores de humedad relativa y a la disminución de la velocidad del viento (ver Figura N° 02a y 02c); así como a los incrementos en el tránsito vehicular lento (ver Figura N° 05), especialmente a finales de la decadiaria 2 e inicios de la decadiaria 3. Cabe precisar, que para la decadiaria 1, los valores altos de $PM_{2.5}$ de los primeros días pueden estar relacionados a la quema de juegos pirotécnicos por fiestas de fin de año.

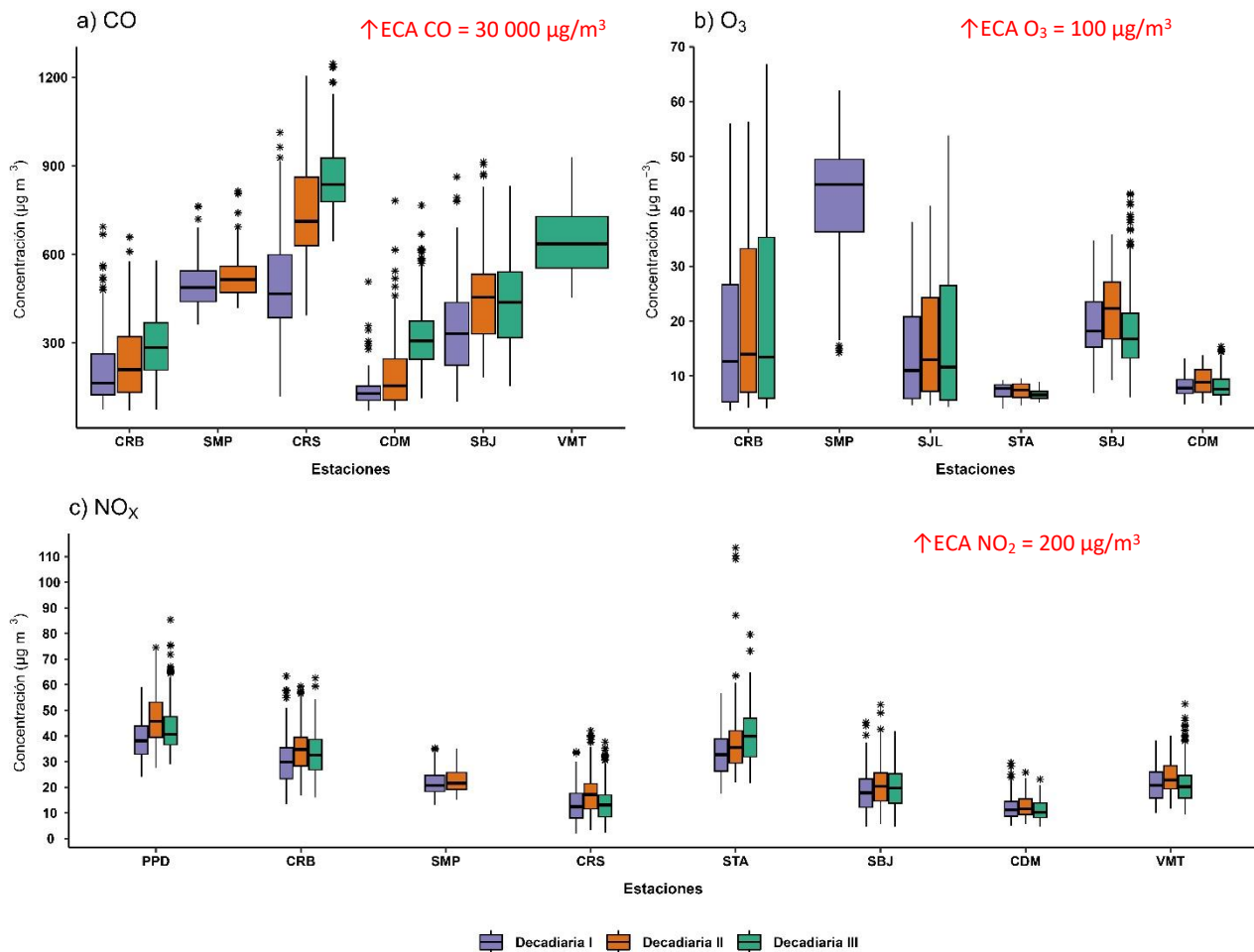
4.1.2. GASES (CO, O₃ y NO₂)

En la figura N° 08a se observa que las concentraciones horarias de CO registradas en las estaciones no superaron el valor de su ECA-aire (30 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio horario) durante los días monitoreados. Asimismo, se pudo apreciar que para la zona norte, la estación SMP presentó una concentración máxima de 814.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (12 de enero a las 09:00 horas); para la zona este, la estación CRS presentó una concentración máxima de 1245.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (30 de enero a las 01:00 horas); para la zona centro, la estación SBJ presentó una concentración máxima de 913.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (12 de enero a las 09:00 horas); y en la zona sur, la estación VMT presentó una concentración máxima de 929.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (31 de enero a las 20:00 horas).

Respecto a la figura N° 08b se observa que las concentraciones promedio móvil de cada 8 horas de O₃ registradas en las estaciones no superaron el valor de su ECA-aire (100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como máxima media diaria de 8 horas) durante los días monitoreados. Asimismo, se pudo apreciar que, para la zona norte, la estación CRB presentó una concentración máxima de 66.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 de enero); en la zona este, la estación SJL una concentración máxima de 53.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (21 de enero); y en la zona centro, la estación SBJ una concentración máxima de 43.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 de enero).

Por otro lado, en la figura N° 08c, se observa que las concentraciones horarias de NO₂ registradas en las estaciones no superaron el valor de su ECA-aire (200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio horario) durante los días monitoreados. Asimismo, se pudo destacar que, en la zona norte, la estación PPD alcanzó una concentración máxima de 85.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (22 de enero a las 14:00 horas); en la zona este, la estación STA alcanzó una concentración máxima de 113.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (13 de enero a las 14:00 horas); en la zona centro, la estación SBJ una concentración máxima de 52.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (12 de enero a las 09:00 horas); y en la zona sur, la estación VMT una concentración máxima de 52.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 enero a las 15:00 horas).

Figura N°08. Variación de las concentraciones del CO, O₃, NO₂ y SO₂ (µg/m³) por decadiaria en el AMLC.



Durante el mes de enero, las mayores concentraciones del CO se registraron principalmente en horarios de mayor tránsito vehicular del AMLC (08:00 horas hasta las 12:00 horas y de 18:00 a 23:00 horas). Asimismo, los valores más altos fueron registrados en la decadiaria 2 y 3, los cuales estarían asociadas principalmente al incremento de la actividad vehicular (87% de las emisiones de CO provienen de los vehículos a gasolina/gasohol¹¹) (ver Figura N° 05).

Respecto al O₃ en el AMLC, se registraron las mayores concentraciones en los horarios posteriores al periodo de máxima radiación solar¹² (comprendido entre las 11:00 horas y 15:00 horas). Asimismo, las concentraciones más altas de O₃ fueron registradas en la decadiaria 2 y 3, cuya formación pudo estar condicionada al incremento de la actividad vehicular durante la segunda parte de la decadiaria 2 así como durante la primera parte de la decadiaria 3 (ver Figura N° 05).

Por otro lado, las concentraciones más altas del NO₂ fueron registradas durante la decadiaria 2 y 3, las cuales pudieron estar asociadas principalmente al incremento de la actividad vehicular (89% de las emisiones de NO_x provienen de vehículos a diésel¹³) en ambas decadiarias (ver Figura N° 05).

¹¹ Estudio: Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao. Obtenido de: <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/diagnostico-gestion-calidad-ambiental-aire-lima-callao>

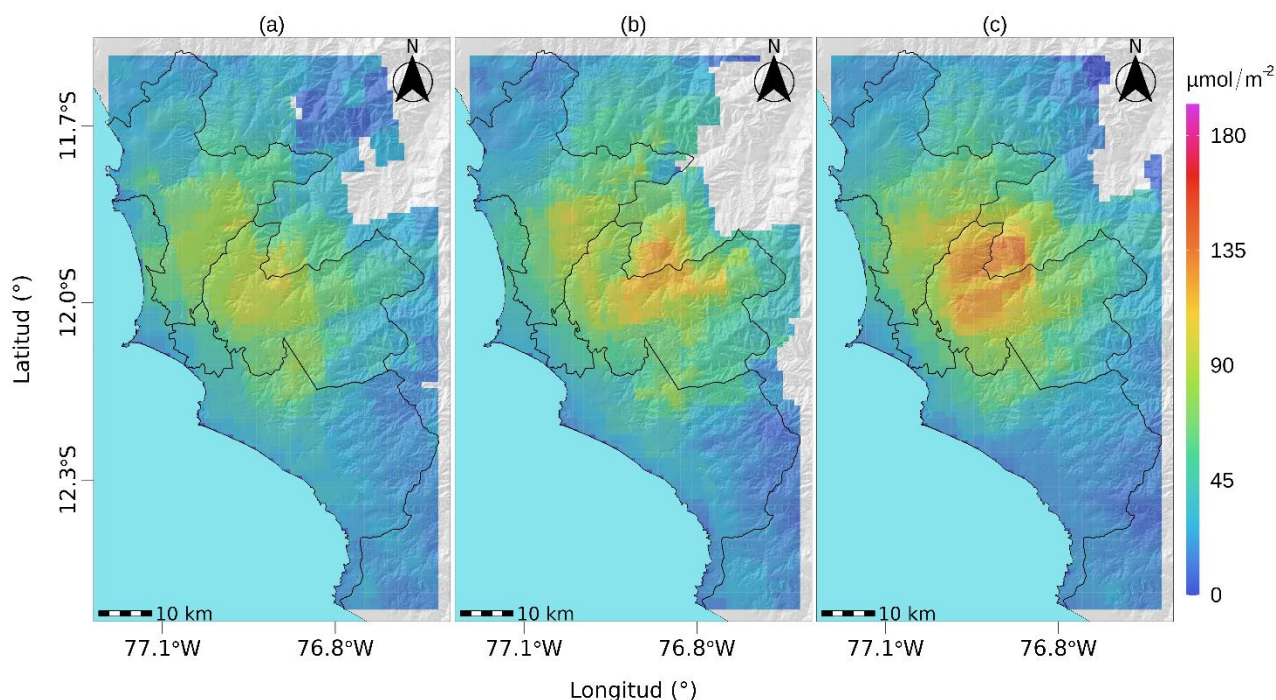
¹² Ozone and volatile organic compounds in the metropolitan área of Lima- Callao, Perú. Obtenido de: <https://rdcu.be/3z8c>

¹³ Estudio: Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao. Obtenido de: <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/diagnostico-gestion-calidad-ambiental-aire-lima-callao>

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

La figura N° 09, 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 enero. Es así que, la figura N°09a, muestra la distribución espacial promedio de NO₂ en la primera decadiaria (1 a 10 de enero), la figura N°09b, en la segunda decadiaria (11 al 20 de enero) y la figura N°09c en la tercera decadiaria (21 al 31 de enero).

Figura N°09. Distribución espacial de la columna del NO₂ (μmol/m²) en la troposfera del AMLC.



Durante la primera decadiaria, la mayor densidad del NO₂ en la columna vertical troposférica se registró principalmente en la zona de Lima Norte y Este, alcanzando valores máximos entre 93 y 100 μmol/m², lo cual pudo estar relacionado al incremento del tránsito vehicular lento durante la segunda mitad de esta decadiaria (ver Figura N° 05). Durante la segunda decadiaria se presentó un incremento de la densidad del NO₂ con respecto a la primera decadiaria de hasta 29%, alcanzando sus mayores densidades principalmente en la zona de Lima Norte y Este con valores entre 101 y 124 μmol/m², lo cual pudo estar relacionado a los altos valores del tránsito vehicular lento durante toda la decadiaria (ver Figura N° 05). Finalmente, para la tercera decadiaria hubo un nuevo incremento de los valores con respecto a la segunda decadiaria de hasta 17%, alcanzando sus mayores densidades principalmente en la zona de Lima Norte y Este con valores entre 102 y 135.7 μmol/m², lo cual pudo estar relacionado a incrementos del tránsito vehicular lento para los últimos días (ver Figura N° 05). Cabe precisar que el origen del NO₂ está vinculado a la oxidación del nitrógeno atmosférico por combustión, principalmente de la actividad vehicular.^{14,15}

¹⁴ Monitoreando el Dióxido de Nitrógeno desde el Espacio. Obtenido de: https://appliedsciences.nasa.gov/sites/default/files/2020-11/Inside_Look_AQ_Spanish.pdf

¹⁵ Óxidos de Nitrógeno. Obtenido de: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/salud/oxidos-nitrogeno.html>

6. ESTADO 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 sobre qué tan limpio o saludable está el aire y que efectos podría causar en la salud¹⁶.

6.1. ESTADOS DE LA CALIDAD DEL AIRE PARA EL PM₁₀

La figura N° 10 muestra las concentraciones promedio de 24 horas para el PM₁₀ asociados a su respectivo estado de la calidad del aire, en la cual se observa que la estación CRB presentó 16 días con estado de calidad del aire “Moderado” y 14 días con estado de calidad del aire “Bueno”. La estación SMP presentó 13 días con estado de calidad del aire “Moderado” y 16 días con estado de calidad del aire “Bueno”. La estación SJL presentó 1 día con estado de calidad del aire “Moderado” y 29 días con estado de calidad del aire “Bueno”. La estación CRS presentó 25 días con estado de calidad del aire “Moderado” y 5 días con estado de calidad del aire “Bueno”. La estación STA presentó 30 días con estado de calidad del aire “Bueno”. La estación SBJ presentó 30 días con estado de calidad del aire “Bueno”. La estación CDM presentó 30 días con estado de calidad del aire “Bueno”. La estación VMT presentó 30 días con estado de calidad del aire “Bueno”.

Figura N° 10. Estados de la Calidad del Aire para PM₁₀

CRB							SMP								
	98.6 ¹	69.8 ²	53.7 ³	54.2 ⁴	52.3 ⁵	46.1 ⁶		56.9 ¹	80.5 ²	47.7 ³	58.3 ⁴	56.4 ⁵	47.6 ⁶		
	37.9 ⁷	56 ⁸	52.8 ⁹	57.7 ¹⁰	55.2 ¹¹	50.7 ¹²	60 ¹³		32.6 ⁷	74.7 ⁸	57.9 ⁹	54.9 ¹⁰	51.1 ¹¹	58.3 ¹²	57.2 ¹³
	66.6 ¹⁴	61.2 ¹⁵	59.7 ¹⁶	67.7 ¹⁷	68.1 ¹⁸	78.1 ¹⁹	61.2 ²⁰		76.8 ¹⁴	46 ¹⁵	78.4 ¹⁶		56.8 ¹⁸	54.3 ¹⁸	48.6 ²⁰
	56.2 ²¹	71.7 ²²	49.3 ²³	56.3 ²⁴	42.3 ²⁵	47.1 ²⁶			54.3 ²¹	78.7 ²²	37.5 ²³	67.4 ²⁴	40.2 ²⁵	39.6 ²⁶	
	37.3 ²⁸	35.9 ²⁹	40.3 ³⁰	40.1 ³¹					37 ²⁸	42.6 ²⁹	48.7 ³⁰	54.5 ³¹			
SJL							CRS								
	42.2 ¹	39.4 ²	48.2 ³	55.2 ⁴	50 ⁵	40.3 ⁶		70.1 ¹	56.3 ²	65.4 ³	66.4 ⁴	71.7 ⁵	61.5 ⁶		
	26.7 ⁷	42.1 ⁸	44.6 ⁹	48.4 ¹⁰	46.1 ¹¹	46.1 ¹²	45.3 ¹³		48 ⁷	60.3 ⁸	63.2 ⁹	63.1 ¹⁰	61.8 ¹¹	65.9 ¹²	71.2 ¹³
	33.2 ¹⁴	33.4 ¹⁵	40.5 ¹⁶	39.9 ¹⁷	40.6 ¹⁸	46.2 ¹⁹	40.5 ²⁰		58.1 ¹⁴	48.4 ¹⁵	67.2 ¹⁶	64 ¹⁷	65.5 ¹⁸	69.1 ¹⁹	64.6 ²⁰
	41 ²¹	51.2 ²²	33 ²³	34.8 ²⁴	30.3 ²⁵	34.8 ²⁶			68.3 ²¹	88.9 ²²	55.5 ²³	61.8 ²⁴	55.3 ²⁵	57.5 ²⁶	
	31.6 ²⁸	36.9 ²⁹	33.6 ³⁰	42.6 ³¹					45.4 ²⁸	53.6 ²⁹	50.1 ³⁰	65.3 ³¹			
STA							SBJ								
	35.2 ¹	27 ²	30 ³	32.4 ⁴	28.3 ⁵	25.9 ⁶		30.3 ¹	37 ²	44.5 ³	46.3 ⁴	44.7 ⁵	36.1 ⁶		
	20.1 ⁷	27.1 ⁸	27.8 ⁹	25.9 ¹⁰	28.5 ¹¹	29.7 ¹²	29.7 ¹³		31.3 ⁷	43 ⁸	42.3 ⁹	43.7 ¹⁰	45 ¹¹	49.8 ¹²	47.9 ¹³
	29.5 ¹⁴	23.8 ¹⁵	31.3 ¹⁶	31.2 ¹⁷	32.4 ¹⁸	36.3 ¹⁹	30.1 ²⁰		38.1 ¹⁴	38.9 ¹⁵	44.7 ¹⁶	44.2 ¹⁷	53 ¹⁸	43 ¹⁹	42.1 ²⁰
	33.6 ²¹	37.9 ²²	24.1 ²³	27.9 ²⁴	21 ²⁵	24.7 ²⁶			38.2 ²¹	54.4 ²²	41.9 ²³	40.7 ²⁴	44.8 ²⁵	37.9 ²⁶	
	19.5 ²⁸	20.2 ²⁹	18.4 ³⁰	26.9 ³¹					39 ²⁸	41.2 ²⁹	39.5 ³⁰	54.2 ³¹			
CDM							VMT								
	18.5 ¹	20.9 ²	26.2 ³	30.7 ⁴	28.2 ⁵	20.8 ⁶		24.7 ¹	23.2 ²	23.1 ³	31 ⁴	28.7 ⁵	28.9 ⁶		
	16.5 ⁷	26 ⁸	24.1 ⁹	22.5 ¹⁰	23.5 ¹¹	31.5 ¹²	28 ¹³		24.4 ⁷	19.3 ⁸	30.1 ⁹	22.4 ¹⁰	31.8 ¹¹	27.5 ¹²	38.5 ¹³
	19.6 ¹⁴	20.2 ¹⁵	25.6 ¹⁶	22.8 ¹⁷	27.1 ¹⁸	26.6 ¹⁹	23.3 ²⁰		30.4 ¹⁴	22.1 ¹⁵	30.4 ¹⁶	27.7 ¹⁷	33.1 ¹⁸	35.1 ¹⁹	31.6 ²⁰
	20.9 ²¹	31.4 ²²	17.4 ²³	23.1 ²⁴	20.2 ²⁵	18.2 ²⁶			28.4 ²¹	29.4 ²²	29.7 ²³	33.6 ²⁴	28.4 ²⁵	31 ²⁶	
	22.5 ²⁸	20.6 ²⁹	18.8 ³⁰	32.9 ³¹					35.7 ²⁸	30.9 ²⁹	35.7 ³⁰	26.2 ³¹			
Dom	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Sab	Dom	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Sab		

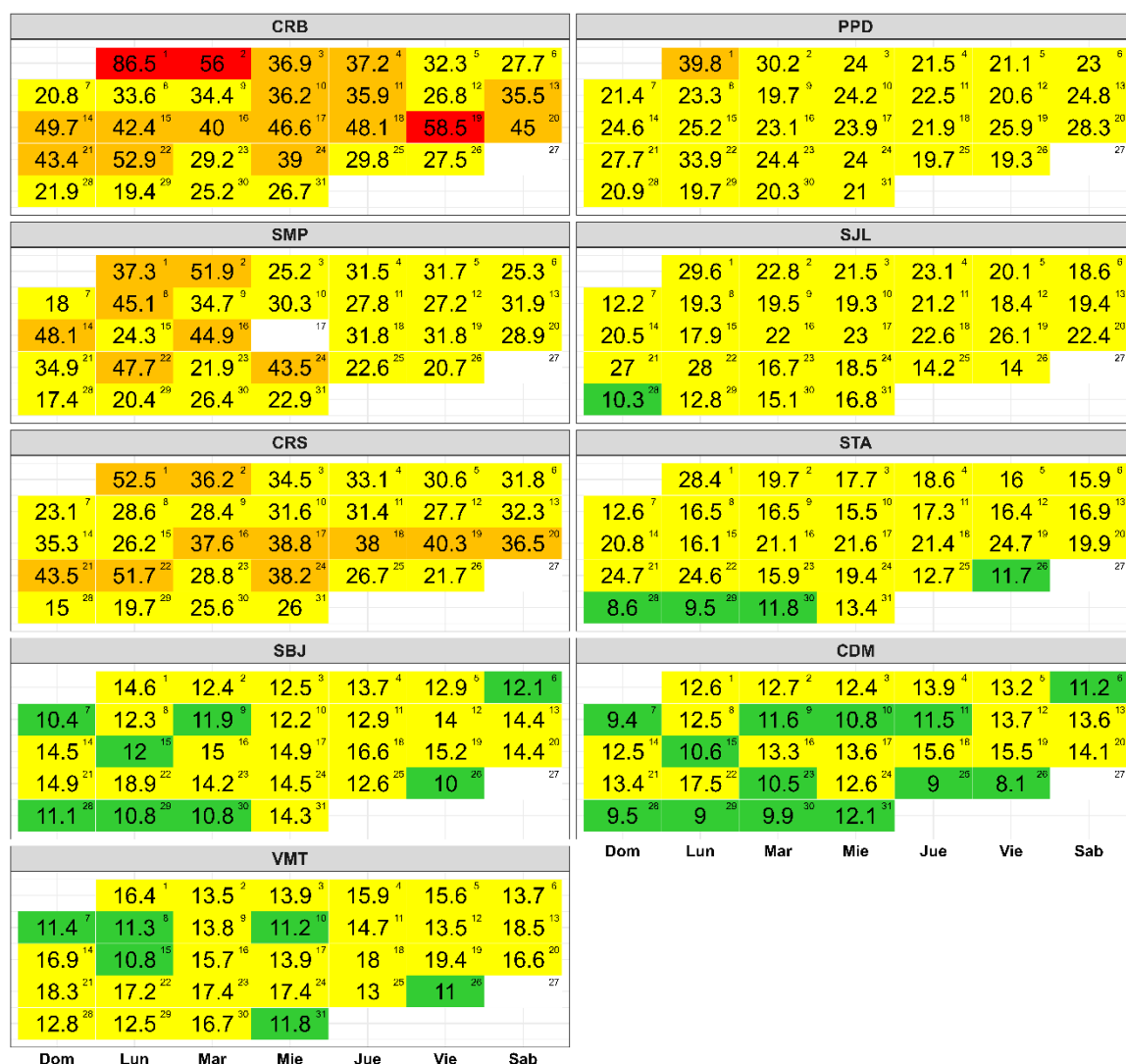
Concentración PM ₁₀ (µg/m ³)		Estado	Índice de Calidad del Aire - EPA	
0	54	Buena	0	50
55	154	Moderada	51	100
155	254	Insalubre para grupos sensibles	101	150
255	354	Insalubre	151	200

¹⁶ Air Quality Index. A guide to Air Quality and Your Health. Obtenido de: https://www.airnow.gov/sites/default/files/2018-04/air_quality_brochure_02_14_0.pdf

6.2. ESTADOS DE LA CALIDAD DEL AIRE PARA EL PM_{2,5}

La figura N° 11 muestra las concentraciones promedio de 24 horas para el PM_{2,5} asociados a su respectivo estado de la calidad del aire, en la cual se observó que la CRB presentó 3 días con estado de calidad del aire “Insalubre”, 14 días con estado de calidad del aire “Insalubre para grupos sensibles” y 13 días con estado de calidad del aire “Moderado”. La estación PPD presentó 1 día con estado de calidad del aire “Insalubre para grupos sensibles” y 29 días con estado de calidad del aire “Moderado”. La estación SMP presentó 7 días con estado de la calidad de aire “Insalubre para grupos sensibles” y 23 días con estado de la calidad de aire “Moderado”. La estación SJL presentó 29 días con estado de calidad del aire “Moderado” y 1 día con estado de calidad del aire “Bueno”. La estación CRS presentó 10 días con estado de calidad del aire “Insalubre para grupos sensibles” y 20 días con estado de calidad del aire “Moderado”. La estación STA presentó 26 días con estado de calidad del aire “Moderado” y 4 días con estado de calidad del aire “Bueno”. La estación SBJ presentó 22 días con estado de calidad del aire “Moderado” y 8 días con estado de calidad del aire “Bueno”. La estación CDM presentó 17 días con estado de calidad del aire “Moderado” y 13 días con estado de calidad del aire “Bueno”. La estación VMT presentó 24 días con estado de calidad del aire “Moderado” y 6 días con estado de calidad del aire “Bueno”.

Figura N° 11. Estados de la Calidad del Aire para PM_{2,5}



Concentración PM _{2,5} (µg/m ³)		Estado	Índice de Calidad del Aire - EPA	
0	12	Buena	0	50
12.1	35.4	Moderada	51	100
35.5	55.4	Insalubre para grupos sensibles	101	150
55.5	150.4	Insalubre	151	200

7. CONCLUSIONES

- Las condiciones meteorológicas influyeron en el comportamiento diario de los contaminantes del aire en el AMLC durante el mes de enero. La disminución de la altura de la capa límite atmosférica, favoreció al incremento del PM₁₀. Asimismo, el incremento de los valores de humedad relativa y la disminución de la velocidad de viento, generaron condiciones para un incremento del PM_{2,5}.
- Los valores altos del tránsito vehicular lento que se presentaron en la decadiaria 2 y 3 influyeron en el incremento de las concentraciones de PM_{2,5} de acuerdo a los registros de la REMCA. En el caso de los contaminantes gaseosos como el CO, O₃ y NO₂ se presentaron altos registros de concentración para los horarios y días con incrementos del tránsito vehicular lento.
- Las concentraciones diarias del PM₁₀ mostraron en promedio sus mayores valores en la decadiaria 2 y 3, sin embargo, en ninguno de los casos se superó su respectivo ECA-aire. Asimismo, las concentraciones diarias del PM_{2,5} fueron mayores en promedio para la decadiaria 2 y 3, sin embargo, debido a las fiestas de fin de año, también se observaron concentraciones altas en los primeros días de la decadiaria 1. Es así que durante el mes de enero se superó el ECA-aire para PM_{2,5} en la estación SMP (primera decadiaria), CRS (primera y tercera decadiaria); y en la estación CRB (en las tres decadiarias).
- La densidad de NO₂ en la columna vertical troposférica mostró sus mayores valores durante la decadiaria 2 y 3 principalmente en las zonas Norte y Este. Estos valores también se vieron reflejados en los valores altos de las concentraciones en superficie registradas por las estaciones de la REMCA.

Con respecto a los estados de la calidad del aire para el contaminante PM₁₀, se pudo apreciar que las estaciones CRS, CRB y SMP presentaron la mayor cantidad de días con estado de calidad del aire de “Moderado”. Por otro lado, para el contaminante PM_{2,5}, la estación CRB alcanzó 3 días con estado de calidad del aire de “Insalubre” y además presentó la mayor cantidad de días con estado de calidad del aire de “Insalubre para grupos sensibles”, seguido de la estación CRS y SMP.

8. PERSPECTIVAS DE LA CALIDAD DEL AIRE PARA EL MES DE FEBRERO 2024

De acuerdo al pronóstico climático¹⁷ para el mes de febrero del 2024, se espera que en el AMLC las temperaturas máximas y mínimas estén por encima de lo normal. Asimismo, teniendo en cuenta el comportamiento estacional de estas variables, se esperaría un ligero incremento de las concentraciones de PM₁₀ y que las concentraciones de PM_{2,5} se estarían manteniendo en un rango similar a las registradas en el mes de enero de 2024.

¹⁷ Documento: Boletín climático nacional – diciembre 2023 SENAMHI. Obtenido de: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02215SENA-126.pdf>

Para más información sobre el presente informe, contactar con:

Ing. Jhojan Pool Rojas Quincho
jprojas@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
Ing. Elvis Anthony Medina Dionicio
Bach. Hanns Kevin Gómez Muñoz

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 marzo del 2024

