

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

Área metropolitana de Lima y Callao

Agosto 2023



VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL ÁREA METROPOLITANA DE LIMA Y CALLAO (AMLC) – AGOSTO 2023

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), en el cual los tomadores de decisión y público en general podrán encontrar información sobre los principales contaminantes atmosféricos al 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 agosto^{1,2} y las salidas resultantes de la aplicación del modelo Weather Reserach 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 – agosto 2023. Obtenido de: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02214SENA-102.pdf>

² Boletín climatológico de Lima – agosto 2023. Obtenido de: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02232SENA-110.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.).

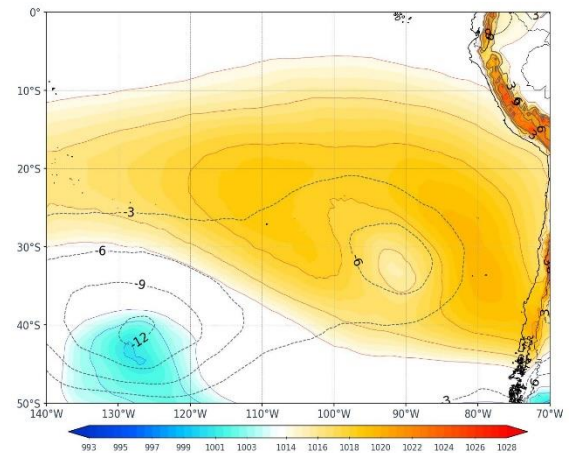
1. ANALISIS SINOPTICO Y OCEANICO

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 agosto 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 agosto)

Durante la primera decadiaria, el APS presentó una tendencia a bifurcarse sin un núcleo definido y una intensidad por debajo de su climatología, además presenta un ligero desplazamiento hacia el norte¹ (Figura N°01a), esta configuración pudo haber influenciado en la disminución de la intensidad de los vientos sobre el AMLC. Estos vientos sobre el AMLC a nivel de superficie presentaron una dirección predominante del sureste, paralelos a la costa y con velocidades entre 3 y 4 m/s. Por otro lado, las anomalías de Temperatura Superficial del Mar (ATSM) estuvieron cercanos a los +3.9°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 +4.8°C y +3.7°C respectivamente².

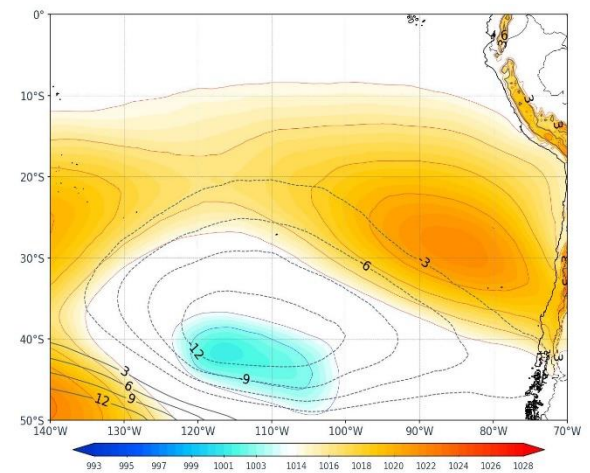
Figura N°01a. Variación del APS en la decadiaria 1.



1.2. SEGUNDA DECADIARIA (11 al 20 de agosto)

Para la segunda decadiaria, el APS prevaleció con una baja intensidad y desplazado hacia el noreste con una configuración cuasi meridional respecto a lo climatológico; asimismo, las zonas de baja presión en el océano Pacífico estuvieron desplazadas hacia zonas polares¹ (Figura N° 01b), esta condición pudo haber influenciado en un incremento de la velocidad de los vientos en costa. Estos vientos sobre el AMLC a nivel de superficie presentaron una dirección predominante del sur, perpendiculares a la costa y con velocidades entre 3.5 m/s y 5.5m/s. Por otro lado, respecto a las ATSM estas se encontraron alrededor de los +3.4°C frente a las costas del AMLC⁴, lo cual repercutió en el incremento de temperaturas máximas y mínimas del aire por encima de su normal en +5°C y +3.1°C respectivamente².

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

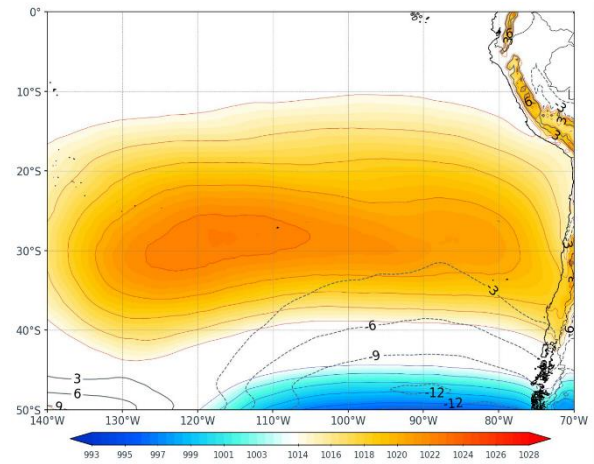


⁶ Temperatura superficial del mar y anomalías térmicas en el litoral peruano. Obtenido de: http://www.imarpe.gob.pe/imarpe/index2.php?id_seccion=1017803020000000000000

1.3. TERCERA DECADIARIA (21 al 31 de agosto)

Finalmente para la tercera decadiaria, el APS mantuvo una configuración zonal, con núcleo desplazado hacia el oeste, una intensidad baja y desplazada hacia el norte respecto a su climatología¹ (Figura N°01c), esta condición pudo haber influenciado en la ligera reducción de la velocidad de vientos en costa. Estos vientos sobre el AMLC a nivel de superficie presentaron una dirección predominante del sureste, paralelos a la costa y con velocidades entre 3.0 y 4.5 m/s. Por otro lado, respecto a las ATSM estas se encuentran en +3.2°C frente a las costas de AMLC⁴, lo cual repercutió en el incremento de temperaturas máximas y mínimas del aire por encima de su normal en 4°C y 3.1°C respectivamente².

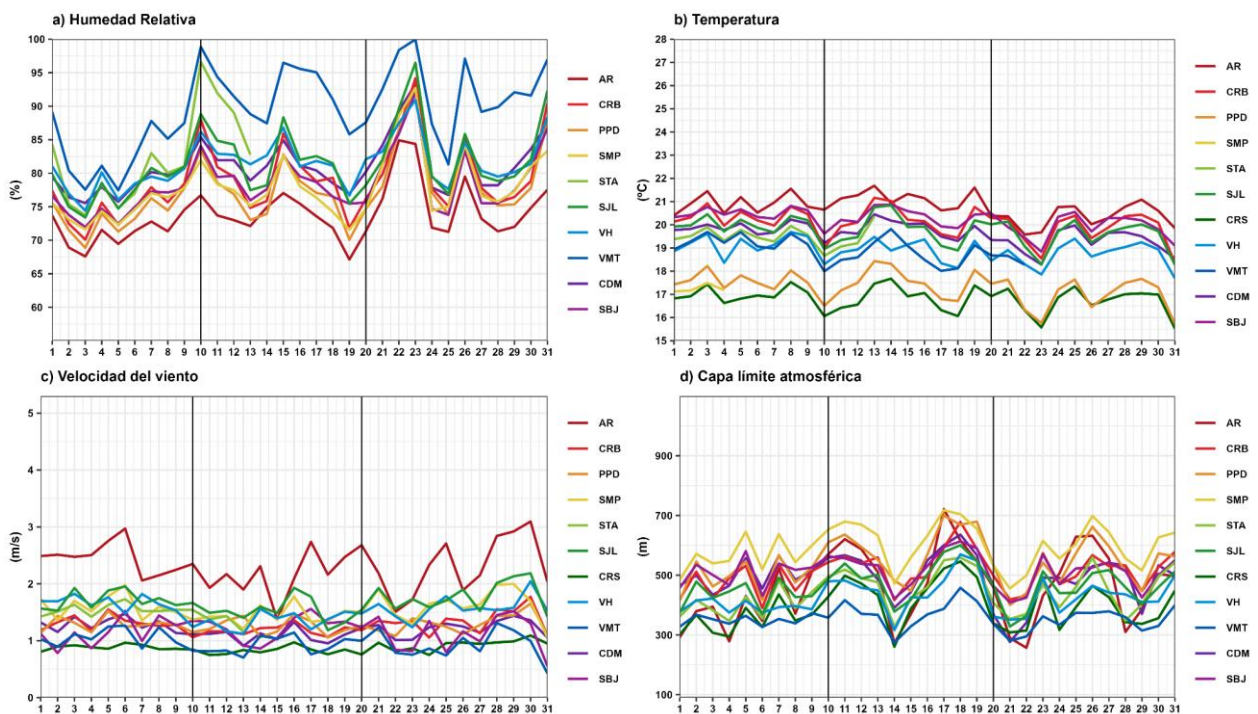
Figura N°01c. Variación del APS en la decadiaria 3.



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



Con respecto a la Humedad Relativa (Figura N°02a), durante la primera decadiaria se presentaron valores entre 67.5% a 98.8%, para la segunda decadiaria valores entre 67.1% y 96.4%, y en la tercera decadiaria valores entre 71.2 a 99.9%, de las cuales, la estación VMT mantuvo los valores más altos. Por otro lado, en relación a la temperatura (Figura N°02b) durante la primera decadiaria presentó valores entre 16.0 y 21.5 °C, para la segunda decadiaria valores entre 16.1 y 21.6 °C, y en la tercera decadiaria valores entre 15.6 y

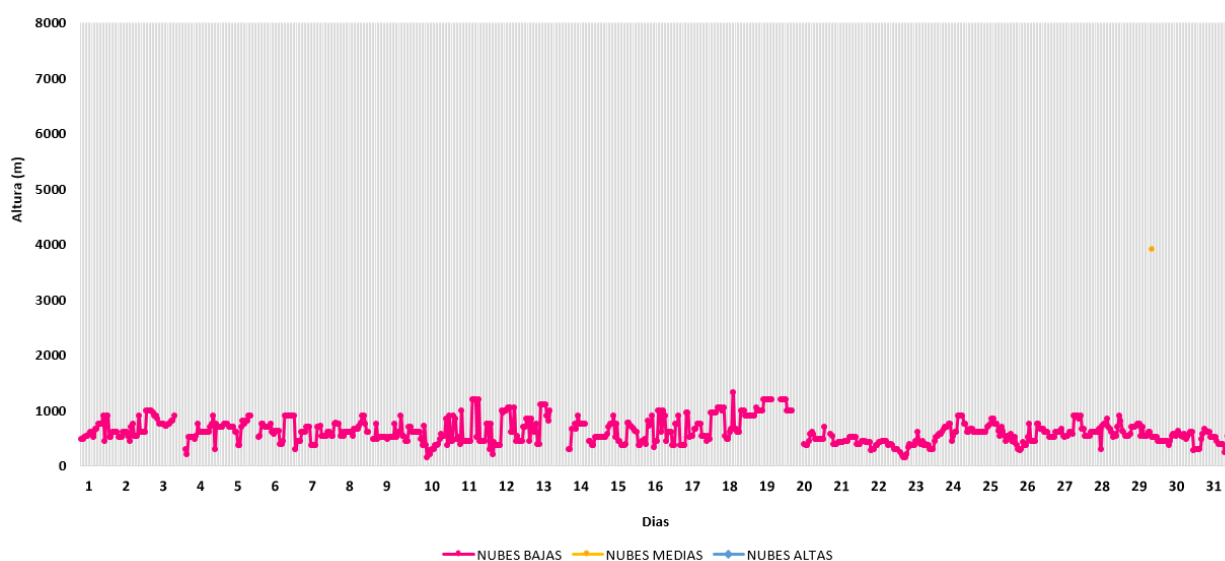
⁷ CLA: parte de la tropósfera influenciada directamente por la superficie terrestre, donde se concentra la mayor cantidad de sustancias contaminantes.

21.1 °C, además, presentó una tendencia a la reducción ligera 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 0.5 a 3.0m/s durante todo el mes. En el caso de la CLA (Figura N°02d) se presentó una tendencia al incremento en la primera y tercera decadiaria; asimismo, las estaciones de SMP, PPD y AR alcanzaron los valores más altos y por su parte, las estaciones de VMT, VH y CRS 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 (94.3%) durante el mes de agosto, seguido de una mucho menor presencia (0.1 %) 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.

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



En comparación al mes de julio, se presentó una menor cantidad de días despejados; sin embargo, predominó la presencia de nubes bajas, lo cual es característico de la temporada de invierno donde se presenta un incremento de la estabilidad atmosférica.

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 CRB y CDM presentaron vientos con una predominancia del suroeste (SO) y de categoría débil (0-3 m/s); asimismo, las estaciones PPD y SBJ presentaron vientos con una dirección predominante del sur (S) y alcanzando una categoría débil (0-3 m/s). En el caso de las estaciones AR y VH presentaron vientos con una dirección predominante del oeste suroeste (OSO) y alcanzando una categoría extrema (> 5 m/s) y débil (0-3 m/s) respectivamente. Por otro lado, en las estaciones CRS y VMT, los vientos alcanzaron una categoría débil y con dirección predominante del sur suroeste (SSO). Y finalmente, la estación STA presentó vientos con una predominancia del sur sureste (SSE) alcanzando una categoría de débil.

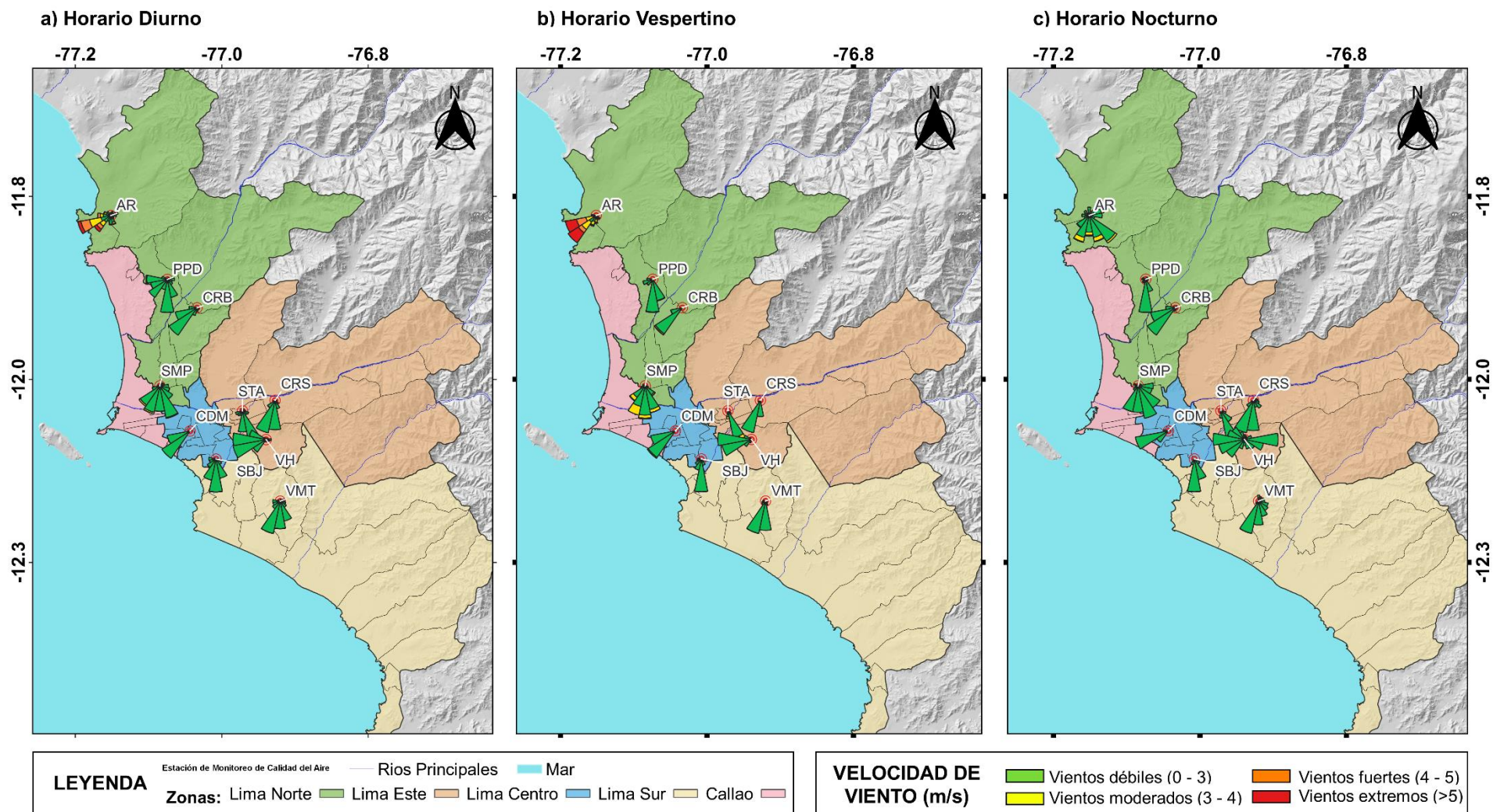
Para el horario vespertino, las estaciones AR, CRB y CDM presentaron vientos con una predominancia del suroeste (SO) y de categoría débil, a excepción de AR que alcanzó una categoría extrema. Asimismo, las estaciones PPD, SMP y SBJ presentaron vientos con una dirección predominante del sur (S)

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

alcanzando categorías de débil, a excepción de la estación SMP que alcanzó una categoría moderada; mientras que, las estaciones CRS y VMT presentaron vientos con una predominancia del sur suroeste (SSO) alcanzando la categoría de débil. Por otro lado, la estación STA presentó vientos con una predominancia del sur sureste (SSE) alcanzando la categoría de moderado. Y finalmente, la estación VMT presentó vientos con una predominancia del sur suroeste (SSO) alcanzando una categoría de débil.

Para el horario nocturno, las estaciones PPD y SBJ presentaron vientos con una predominancia del sur (S) y de categoría débil. Asimismo, las estaciones CRS y VMT presentaron vientos con una predominancia del sur suroeste (SSO) y de categoría débil; mientras que, las estaciones SMP y STA presentan vientos con una predominancia del sur sureste (SSE) y de categoría débil; por otro lado, la estación AR presentó vientos con una predominancia del sureste (SE) alcanzado la categoría moderada, la estación CDM presentó vientos con una predominancia del oeste suroeste (OSO) de categoría débil y la estación VH presentó vientos con una predominancia del este (E) de categoría 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).

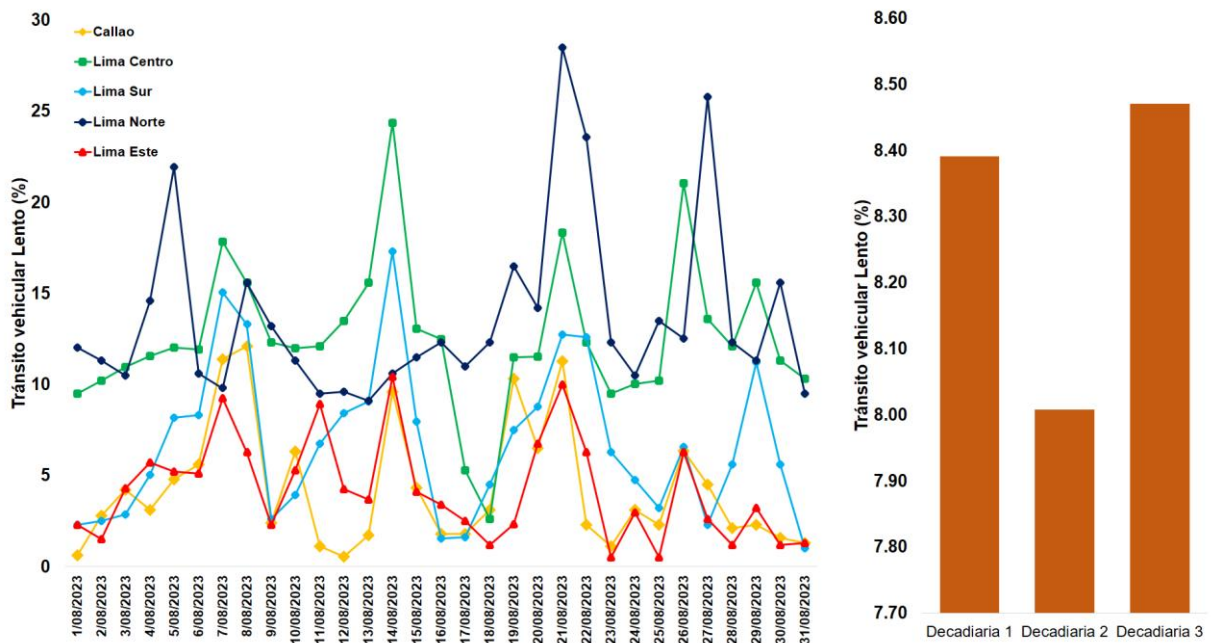
3. ACTIVIDAD VEHICULAR EN EL AMLC

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 registraron porcentajes altos de tránsito vehicular lento en las zonas de Lima Norte y Lima Centro. En contraste, en la segunda decadiaria se aprecia una tendencia a la disminución habiéndose presentado los valores máximos en Lima Centro y Lima Sur. Por otro lado, en la tercera decadiaria, se evidencia incremento de los valores en todas las zonas, registrando el valor máximo para el mes agosto en Lima Norte.

Figura N°05. Variación diaria del tránsito vehicular en el AMLC.



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>

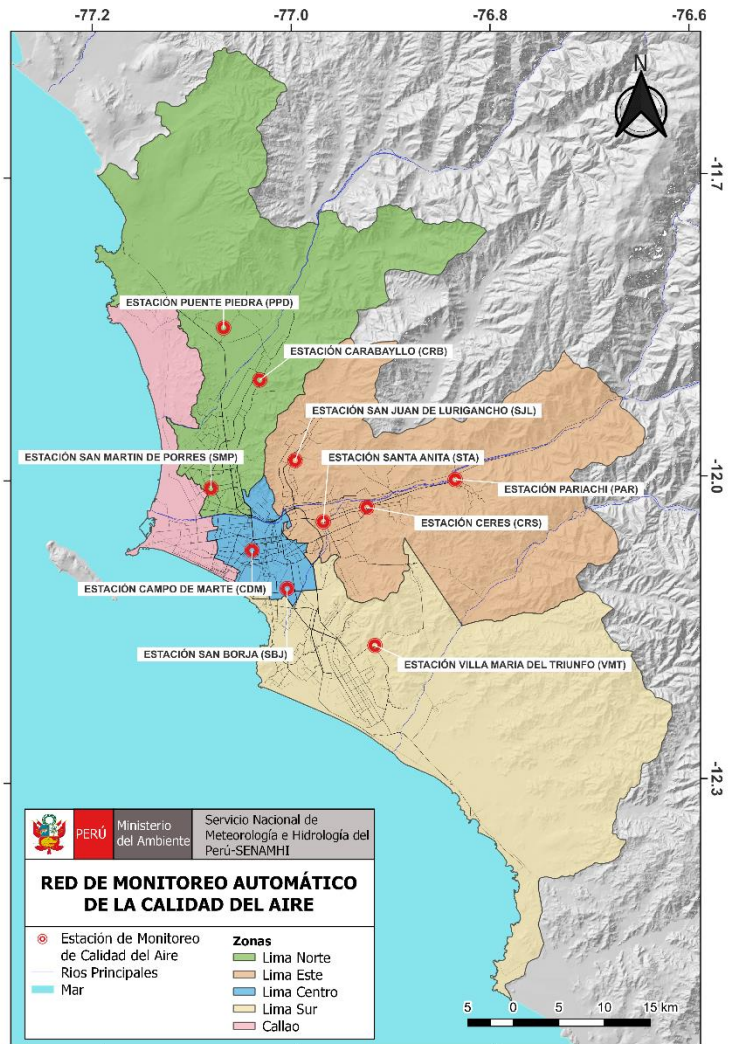
4. RED DE MONITOREO AUTOMÁTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL AMLC

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

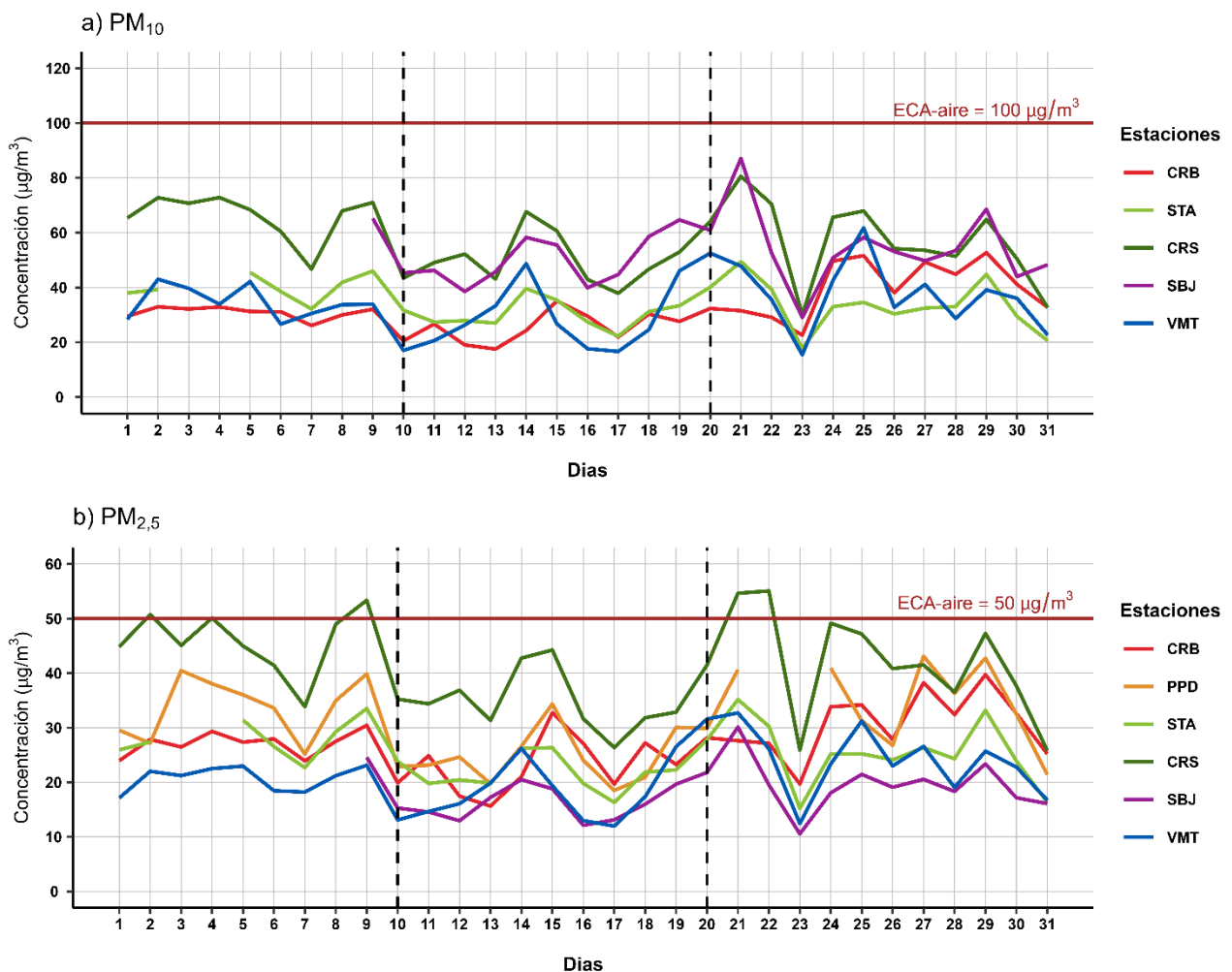
Con los datos de las estaciones de monitoreo de la calidad del aire ubicadas en el AMLC, se realizó un análisis de la variabilidad diaria de las concentraciones del PM₁₀ y PM_{2.5} durante el mes de agosto. Los datos provinieron de las estaciones: Carabayllo (CRB), Puente Piedra (PPD), Santa Anita (STA), Ceres (CRS), San Borja (SBJ) y Villa María del Triunfo (VMT).

4.1.1. CONCENTRACIONES DIARIAS DEL 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 pudo destacar que, en la zona norte, la estación CRB alcanzó una concentración máxima de 52.7 µg/m³ (martes 29); en la zona este, la estación CRS una concentración máxima de 80.6 µg/m³ (lunes 21); en la zona centro, la estación SBJ una concentración máxima de 87.1 µg/m³ (lunes 21) y en la zona sur, la estación VMT una concentración máxima de 61.8 µg/m³ (viernes 25).

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 CRS en la primera y tercera decadiaria. Asimismo, se pudo destacar que, en la zona norte, la estación PPD alcanzó una concentración máxima de 43.1 µg/m³ (domingo 27); en la zona este, la estación CRS una concentración máxima de 55.1 µg/m³ (martes 22); en la zona centro, la estación SBJ una concentración máxima de 30.1 µg/m³ (lunes 21) y en la zona sur, la estación VMT una concentración máxima de 32.7 µg/m³ (lunes 21).

Figura N°07. Variación diaria del PM₁₀ y PM_{2.5} (µg/m³) en el AMLC.



Del comportamiento decadiario, se tiene que, para el PM₁₀, se observaron los mayores valores de las concentraciones en la decadiaria 3, los cuales pudieron estar relacionados a la disminución de la altura de la capa límite atmosférica (ver Figura N° 01d).

Con respecto al PM_{2,5}, se observaron los mayores valores de las concentraciones en la decadiaria 1 y 3, los cuales pudieron estar asociados a un incremento de la humedad relativa y a la disminución de la altura de la capa límite atmosférica (ver Figura N° 01a y 01d); así como a los incrementos en el tránsito vehicular lento (ver Figura N° 05).

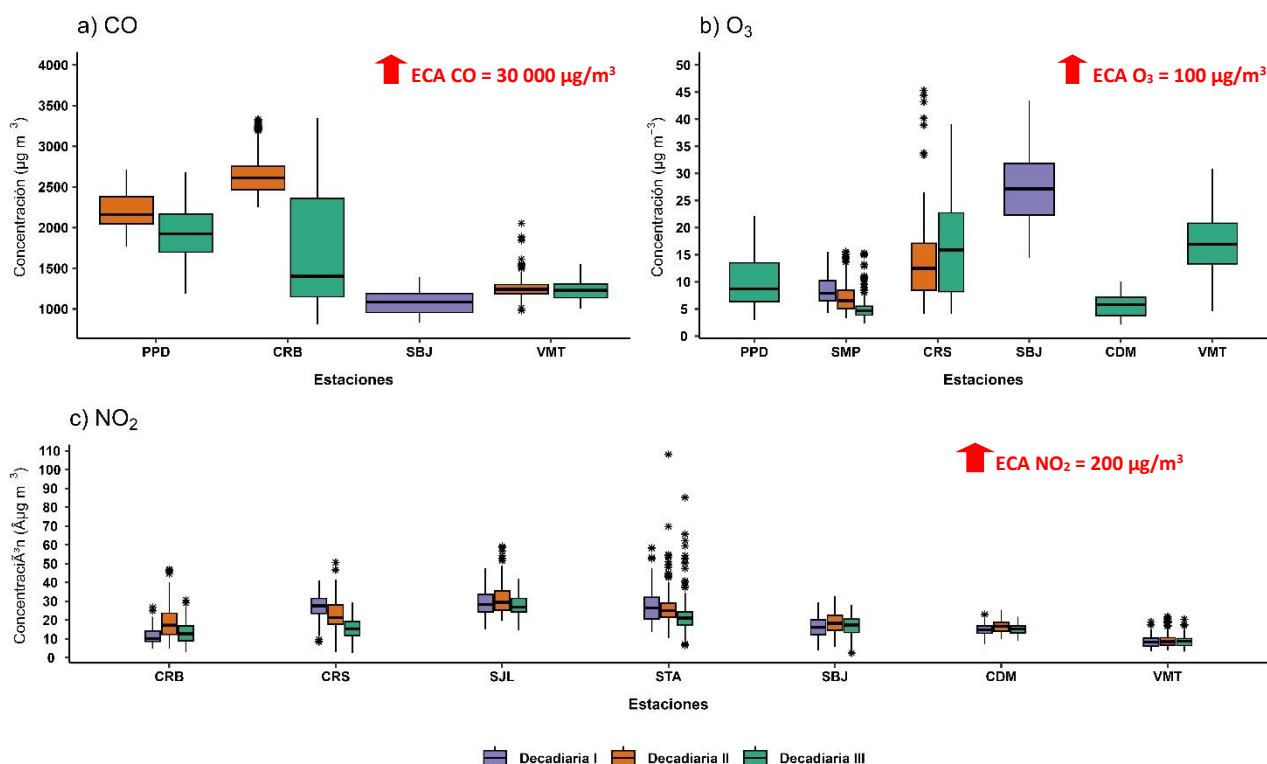
4.1.2. CONCENTRA HORARIAS DE GASES

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 µg/m³ como promedio horario) durante los días monitoreados. Asimismo, se pudo apreciar que para la zona norte, la estación CRB presentó una concentración máxima de 3345 µg/m³ (23 de agosto a las 20:00 horas) y la mínima fue 661 µg/m³ (31 de agosto a las 05:00 horas); para la zona centro, la estación SBJ presentó una concentración máxima de 1392 µg/m³ (07 de agosto a las 09:00 horas) y la mínima fue 830 µg/m³ (07 de agosto a las 04:00 horas); y en la zona sur, la estación VMT presentó una concentración máxima de 2055 µg/m³ (20 de agosto a las 01:00 horas) y la mínima fue 778 µg/m³ (16 de agosto a las 12:00 horas).

Respecto a la figura N° 08b se observa que las concentraciones promedio de cada 8 horas de O₃ registradas en las estaciones no superaron el valor de su ECA-aire (100 µg/m³ como máxima media diaria de 8 horas) durante los días monitoreados. Asimismo, se pudo apreciar que para la zona norte, la estación PPD presentó una concentración máxima de 22.2 µg/m³ (25 de agosto); en la zona este, la estación CRS una concentración máxima de 45.3 µg/m³ (19 de agosto); en la zona centro, la estación SBJ una concentración máxima de 43.5 µg/m³ (05 de agosto); y en la zona sur, la estación VMT una concentración máxima de 30.9 µg/m³ (25 de agosto).

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 µg/m³ como promedio horario) durante los días monitoreados. Asimismo, se pudo destacar que en la zona norte, la estación CRB alcanzó una concentración máxima de 47 µg/m³ (14 de agosto a las 12:00 horas); en la zona este, la estación STA alcanzó una concentración máxima de 108 µg/m³ (20 de agosto a las 10:00 horas); en la zona centro, la estación SBJ una concentración máxima de 28.4 µg/m³ (19 de agosto a las 22:00 horas); y en la zona sur, la estación VMT una concentración máxima de 21.9 µg/m³ (20 de agosto a las 13:00 horas).

Figura N°08. Variación horaria del CO, O₃ y NO₂ (µg/m³) en el AMLC.



Durante el mes de agosto, las mayores concentraciones del CO se registraron en horarios de mayor tránsito vehicular del AMLC durante el día (07:00 horas hasta las 12:00 horas) así como durante la noche (19:00 horas hasta las 01:00 horas). Asimismo, los valores más altos fueron registrados en la decadaria 2, las cuales estarían asociadas principalmente al incremento de la actividad vehicular (87% de las emisiones de CO provienen de los vehículos a gasolina/gasohol¹¹) durante los últimos días (ver Figura N° 05) y a una disminución de la altura de la capa límite atmosférica (ver Figura N° 01d).

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 decadaria 1 y 3, cuya formación pudo estar condicionada a la alta actividad vehicular que se presentó en dichos periodos (ver Figura N° 05).

Por otro lado, las concentraciones más altas del NO₂ fueron registradas durante la decadaria 1 y 2, las cuales pudieron estar asociadas principalmente al incremento de la actividad vehicular (89% de las emisiones de NOX provienen de vehículos a diésel¹³) y a una disminución de la altura de la capa límite atmosférica (ver Figura N° 01d) entre los días 19 y 21 de agosto.

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>

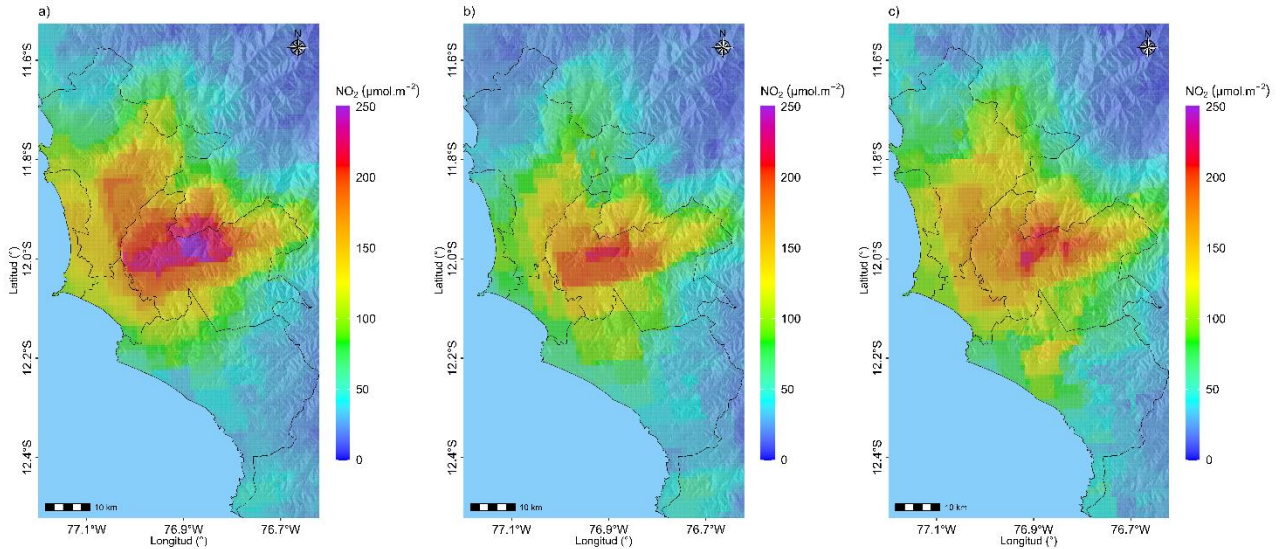
¹² Ozone and volatile organic compounds in the metropolitan área of Lima- Callao, Perú. Obtenido de: <https://rdcu.be/3z8c>

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

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 Este, Norte y Centro, alcanzando valores máximos entre 200 y 246 μmol/m², lo cual pudo estar relacionado al incremento del tránsito vehicular lento durante los días 05 y 08 del mes agosto (ver Figura N° 05). Durante la segunda decadiaria se presentó una disminución de la densidad del NO₂ con respecto a la primera decadiaria de hasta -44%, alcanzando sus mayores valores principalmente en la zona de Lima Este con 219 μmol/m², lo cual pudo estar relacionado a la disminución del tránsito vehicular lento durante los días 14 y 19 (ver Figura N° 05). Finalmente, para la tercera decadiaria hubo un incremento de los valores con respecto a la segunda decadiaria de hasta 69%, alcanzando sus mayores valores principalmente en la zona de Lima Este con 223 μmol/m², lo cual pudo estar relacionado a los incrementos del tránsito vehicular lento para los días 21, 26, 27 y 29 (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>

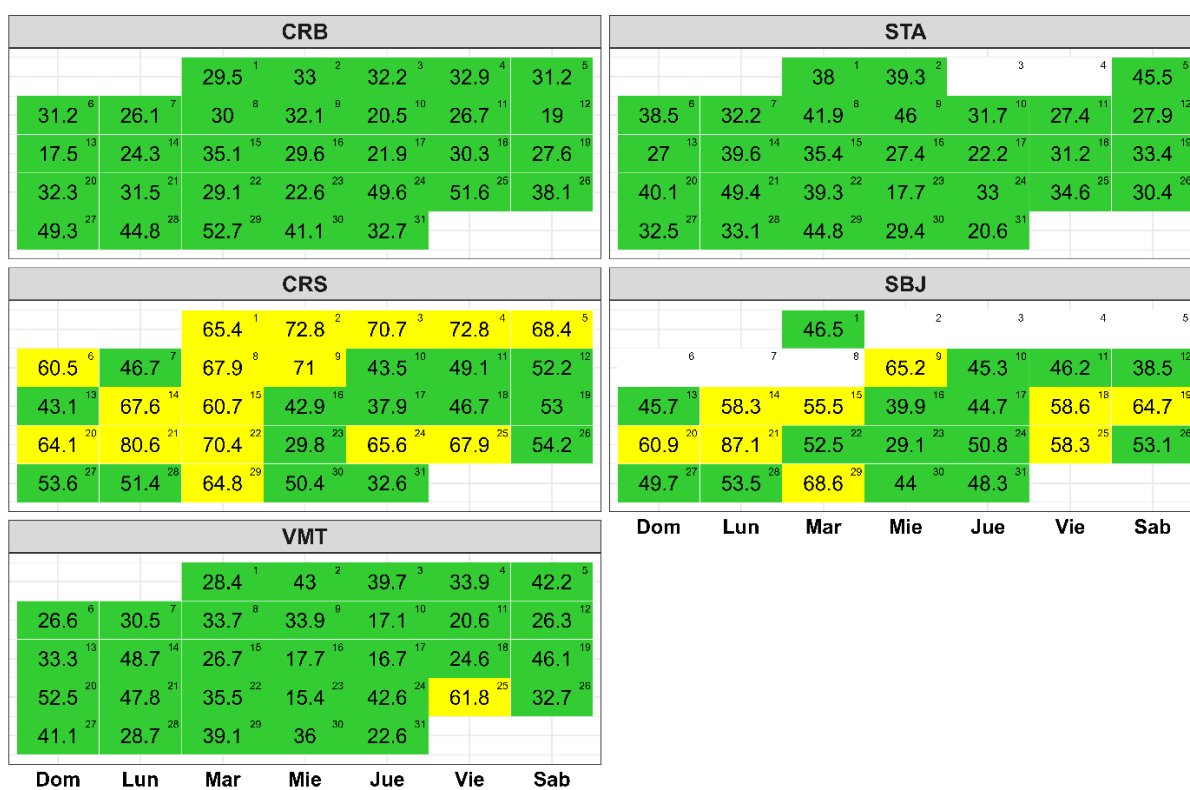
6. ESTADO DE LA CALIDAD DEL AIRE PARA EL AMLC

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 todos los días con estado de calidad del aire “Bueno”. La estación STA presentó 29 días con estado de calidad del aire “Bueno”. La estación CRS presentó 16 días con estado de calidad del aire “Moderado” y 15 días con estado de calidad del aire “Bueno”. La estación SBJ presentó 9 días con estado de calidad del aire “Moderado” y 15 días con estado de calidad del aire “Bueno”. La estación VMT presentó 1 día con estado de calidad del aire “Moderado” y 30 días con estado de calidad del aire “Bueno”.

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



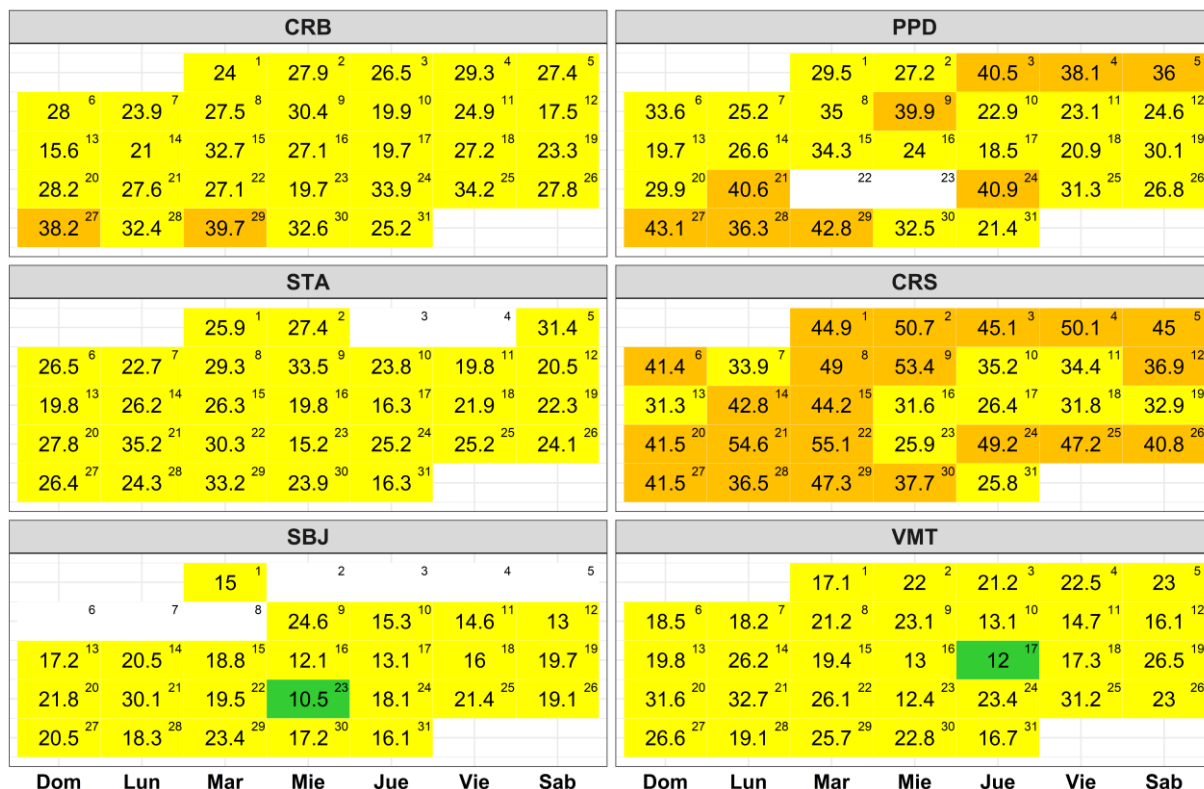
Concentración PM ₁₀ (µg/m ³)		Estado	Índice de Calidad del Aire - EPA	
0	54	Buena	0	50
55	154	Moderada	51	100
155	254	Insalubre para grupos sensibles	101	150
255	354	Insalubre	151	200

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 2 días con estado de calidad del aire “Insalubre para grupos sensibles” y 29 días con estado de calidad del aire “Moderado”. La estación PPD presentó 9 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 29 días con estado de calidad del aire “Moderado”. La estación CRS presentó 21 días con estado de calidad del aire “Insalubre para grupos sensibles” y 10 días con estado de calidad del aire “Moderado”. La estación SBJ presentó 23 días con estado de calidad del aire “Moderado” y 1 día con estado de calidad del aire “Bueno”. La estación VMT presentó 30 días con estado de calidad del aire “Moderado” y 1 día 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		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 agosto. La disminución de la altura de la capa límite atmosférica en la decadiaria 3, favoreció al incremento del PM₁₀. Asimismo, el incremento de la humedad relativa y la disminución de la altura de la capa límite atmosférica en la decadiaria 1 y 3 generaron condiciones para un incremento del PM_{2,5}.
- Los valores altos del tránsito vehicular lento que se presentaron en la decadiaria 1 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 de mayor tránsito vehicular lento.

-
- Las concentraciones diarias del PM₁₀ mostraron en promedio un incremento en la decadiaria 3; sin embargo, no se superaron su respectivo ECA-aire durante los días monitoreados. Asimismo, las concentraciones diarias del PM_{2,5} fueron mayores en la decadiaria 1 y 3; siendo la estación CRS, la cual superó su respectivo ECA-aire en ambas decadiarias.
 - La densidad de NO₂ en la columna vertical troposférica mostró sus mayores valores durante la decadiaria 1 principalmente en las zonas Este, Centro y Norte. 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 y SBJ 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 CRS fue la que alcanzó la mayor cantidad de días con estado de calidad del aire de “Insalubre para grupos sensibles”, seguido de la estación PPD y en menor medida de la estación CRB.

8. PERSPECTIVAS DE LA CALIDAD DEL AIRE PARA EL MES DE SEPTIEMBRE 2023

De acuerdo al pronóstico climático¹⁷ para el mes de septiembre del 2023, 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, en general las concentraciones de PM_{2,5} y de PM₁₀ se estaría manteniendo en un rango similar a las registradas en el mes de agosto.

¹⁷ Documento: Boletín climático nacional – agosto 2023 SENAMHI. Obtenido de: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02215SENA-122.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. José Hitoshi Inoue Velarde (jinoue@senamhi.gob.pe)
Ing. Elvis Anthony Medina Dionicio
Ing. Dayana Lucero Acuña Valverde
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 octubre del 2023

