

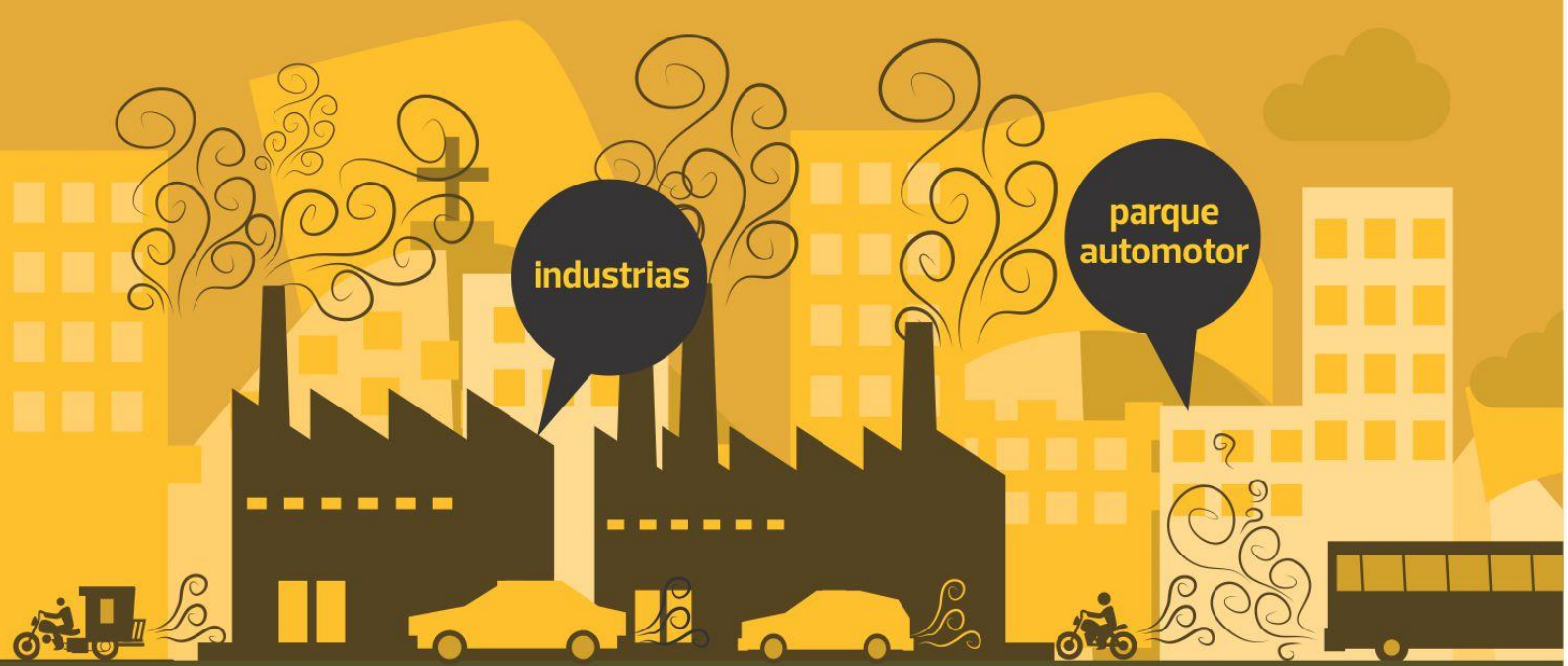
Julio 2020

INFORME
**Vigilancia de la
calidad del aire**
Área Metropolitana de
Lima y Callao



industrias

parque
automotor



VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL ÁREA METROPOLITANA DE LIMA Y CALLAO (AMLC) – JULIO 2020

PRESENTACIÓN

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) presenta el informe 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) e información de reanálisis¹ del Centro Nacional de Predicción Ambiental (NCEP por sus siglas en inglés), del Centro Nacional de Investigación Atmosférica (NCAR por sus siglas en inglés) y del producto ERA5 del Centro Europeo de Pronósticos Meteorológicos a Medio Plazo (ECMWF, por sus siglas en inglés). Asimismo, se utilizó datos de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) del Servicio Meteorológico del Reino Unido, que corresponden al sistema de Análisis Operativo de la Temperatura Superficial del Mar y del Hielo Marino (OSTIA, por sus siglas en inglés). Para determinar el porcentaje de actividad vehicular durante el mes de julio en el AMLC, se utilizó información de la aplicación Moovit². 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, imágenes satelitales del Satélite Sentinel 5P y predicciones de calidad del aire del Servicio de Monitoreo de la Atmósfera “Copérnico” (CAM5 por sus siglas en inglés).

Es importante resaltar qué, entre el 16 de marzo y el 30 de junio el gobierno peruano estableció diferentes medidas para frenar el avance y propagación del coronavirus causante del COVID-19. Entre las medidas más resaltantes aplicadas para Lima se encuentran; el aislamiento social obligatorio (cuarentena), la inmovilización social obligatoria, prohibición del uso de vehículos particulares y la reducción en el transporte público de hasta 50%.

***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. Conjunto de datos de la atmósfera actualizados “permanentemente” y generados a partir de observaciones en superficie y resultados de modelos meteorológicos.
 2. Moovit Insights (2020). Datos y estadísticas de uso del transporte público en Lima, Perú. Recuperado de: https://moovitapp.com/insights/es/Moovit_Insights_%C3%8Dndice_de_Transporte_P%C3%BAblico-countries.

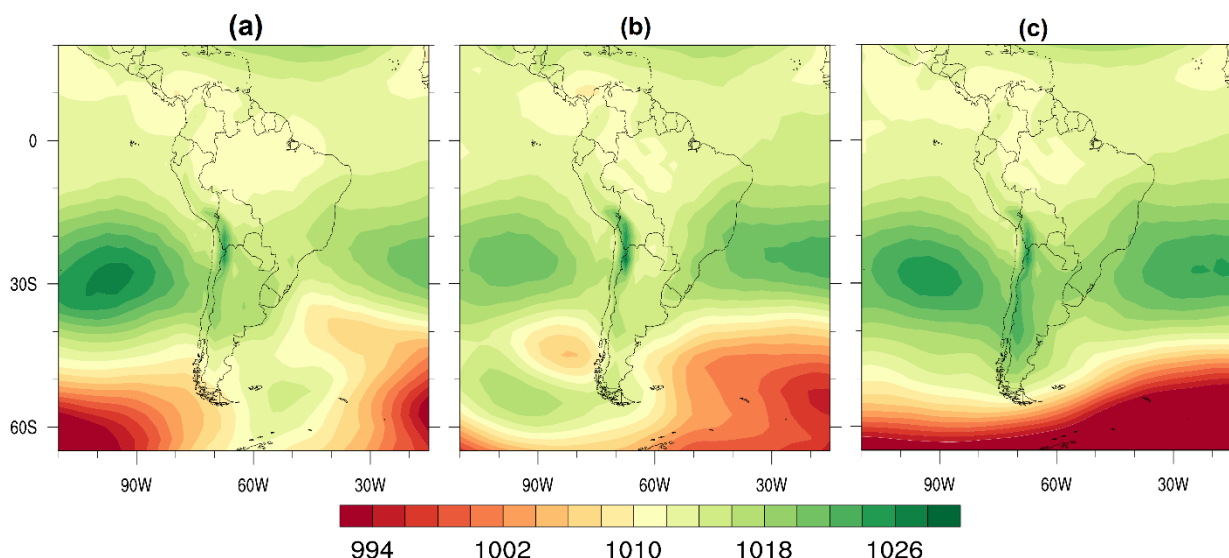
1. VIGILANCIA DE LAS CONDICIONES SINÓPTICAS Y METEOROLÓGICAS LOCALES EN EL AMLC

Para un mejor entendimiento de las condiciones sinópticas y meteorológicas locales en el AMLC, se realizó un análisis por decadiarias (cada diez días), obteniéndose tres periodos de análisis. Es así que, para el mes de julio se conformo la decadiaria 1 (del 1 al 10), decadiaria 2 (del 11 al 20) y decadiaria 3 (del 21 al 31).

1.1. COMPORTAMIENTO DEL ANTICICLÓN DEL PACÍFICO SUR (APS)

En la decadiaria 1 se observó que el Anticiclón del Pacífico Sur (APS) presentó valores de presión atmosférica por encima de su normal³ y se posicionó en los 30°S (figura N°01a). Asimismo, en la decadiaria 2 se apreció que el APS tuvo valores de presión atmosférica dentro de su normal, ubicándose más al norte con respecto a la decadiaria 1 (figura N°01b). Finalmente, en la decadiaria 3, el APS presentó valores de presión atmosférica por encima de su normal con una ubicación más cercana a continente (figura N°01c).

Figura N° 01. Promedio decadiario de la presión atmosférica (hPa) a nivel del mar.



1.2. LÍNEAS DE CORRIENTE (FLUJOS DE VIENTOS) A DIFERENTES NIVELES DE PRESIÓN

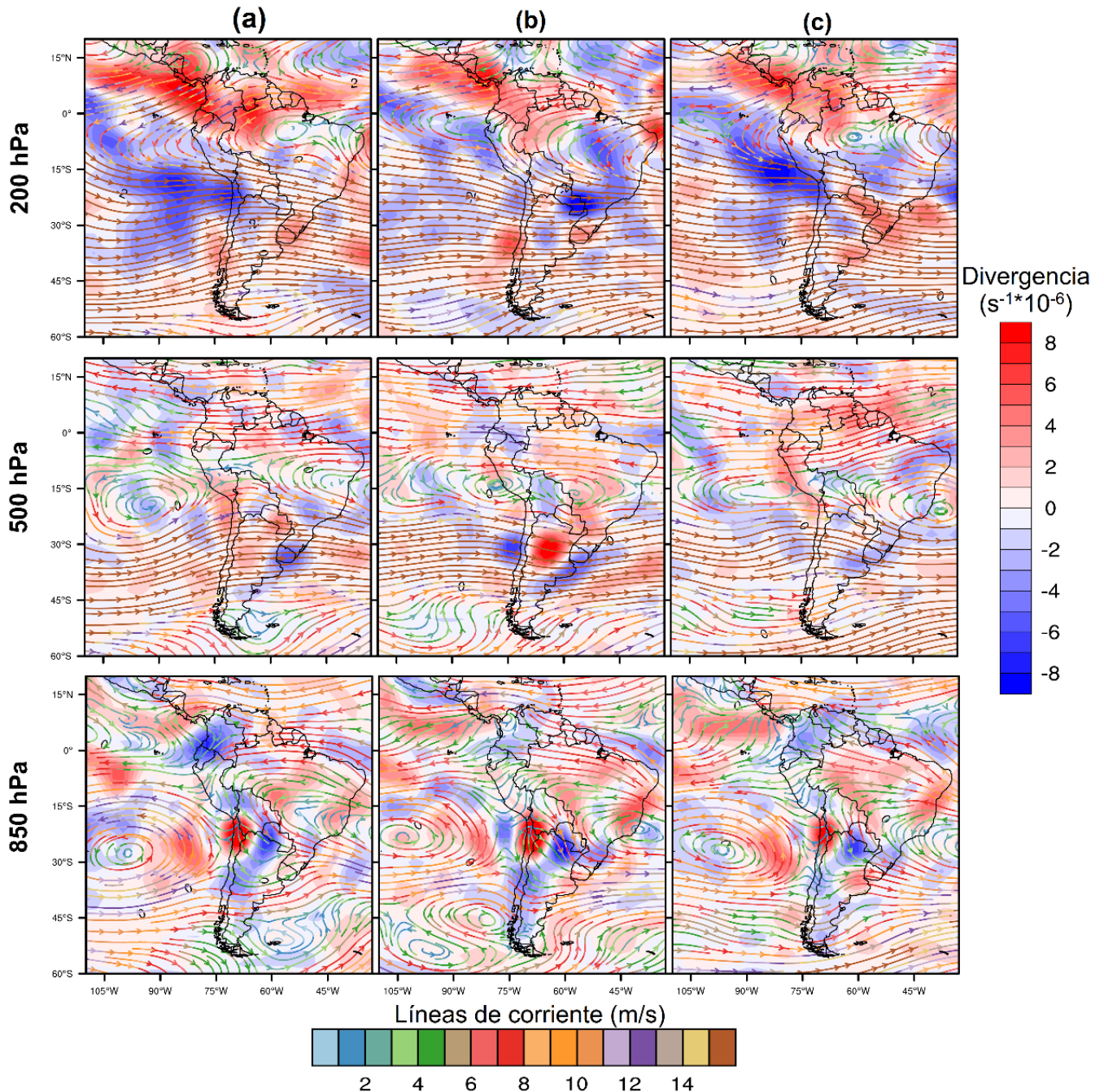
El comportamiento de las líneas de corriente (flujos de vientos) y la divergencia (cambios en los flujos de vientos por su dirección y/o velocidad) a diferentes niveles de presión (alturas sobre la superficie; niveles altos - 200 hectopascales (hPa), niveles medios - 500 hPa y niveles bajos - 850 hPa) sobre Sudamérica son mostrados en la figura N°2. Durante la decadiaria 1 se tuvo flujos de vientos descendentes desde niveles altos hacia la superficie (divergencia negativa en 200 hPa y divergencia positiva en 500 hPa y 850 hPa), favoreciendo a la estabilidad atmosférica (figura N°02a).

En la decadiaria 2 se apreció flujos de vientos descendentes desde niveles altos hacia la superficie (divergencia negativa en 200 hPa y divergencia positiva en 500 hPa y 850 hPa). Asimismo, se observó ingresos de flujos de vientos desde el oeste hacia la costa central, dichas condiciones favorecerían a una disminución de la humedad relativa y un aumento de la temperatura del aire

3. Normal, se refiere al promedio histórico de 30 años de información (1981-2010)

en dicha región (figura N°02a). Finalmente, en la decadiaria 3, se observó divergencia negativa a 200 hPa y divergencia positiva a 500 hPa, lo que pudo haber generado vientos descendentes desde niveles altos, favoreciendo la estabilidad atmosférica sobre la costa central. Mientras que, a 850 hPa las condiciones de divergencia no fueron significativas, además se observó el acercamiento del APS (mencionado en la sección 1.1) estaría asociado al incremento del viento costero sobre esta región (figura N°02c).

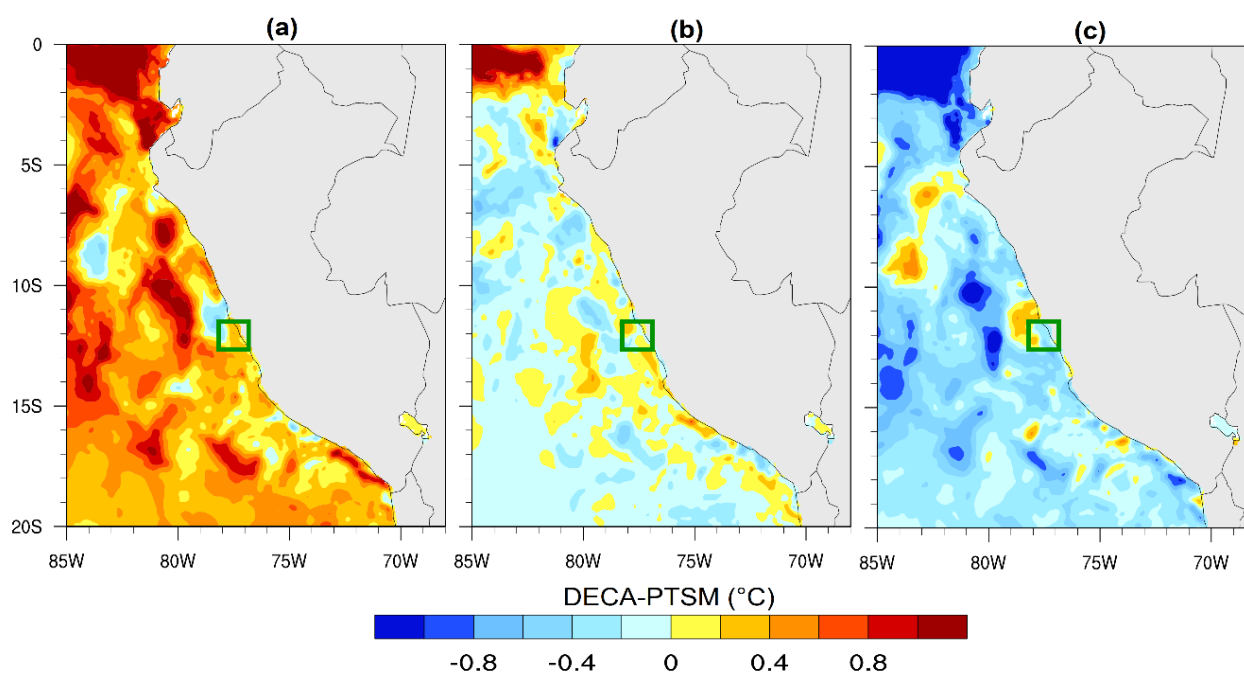
Figura N° 02. Decadiarias de las líneas de corriente (m/s) y divergencia ($s^{-1} \cdot 10^{-6}$) a diferentes niveles de presión.



1.3. COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR (TSM)

Según la información del sistema de Análisis Operativo de la Temperatura Superficial del Mar y del Hielo Marino (OSTIA, por sus siglas en inglés) con énfasis en la costa central de Perú – Área Metropolitana de Lima y Callao (cuadrado verde) de los valores obtenidos de la diferencia entre la temperatura superficial del mar (TSM) en cada decadiaria del mes de julio 2020 (DECA) con respecto a su promedio mensual para julio 2020 (PTSM) son mostrada en la figura 3. Es así que, para la decadiaria 1, se observó incrementos en la temperatura de entre 0°C y $+0.2^{\circ}\text{C}$, lo que pudo contribuir a un mayor aporte de humedad atmosférica y un incremento de las temperaturas sobre el continente (figura N°03a). En la decadiaria 2, se observó que las temperaturas disminuyeron a valores de entre -0.2°C y $+0.2^{\circ}\text{C}$, lo que pudo haber influido a un descenso de la temperatura y humedad atmosférica en el continente (figura N°03b). Finalmente, en la decadiaria 3, se observó que la temperatura disminuyó a sus valores mínimos durante el mes, registrándose valores de entre -0.2°C y 0°C , lo cual podría estar asociado a las condiciones de invierno (bajas temperaturas del aire y una mayor humedad relativa en el AMLC) (figura N°03c). Durante el mes de julio la disminución de la temperatura superficial del mar a nivel nacional estuvo asociado a un enfriamiento anómalo, por lo cual la Comisión Multisectorial del ENFEN estableció el sistema de alerta a Vigilancia de la Niña Costera⁴.

Figura N° 03. Diferencias entre las decadiarias (DECA) y el promedio de la TSM (PTSM).

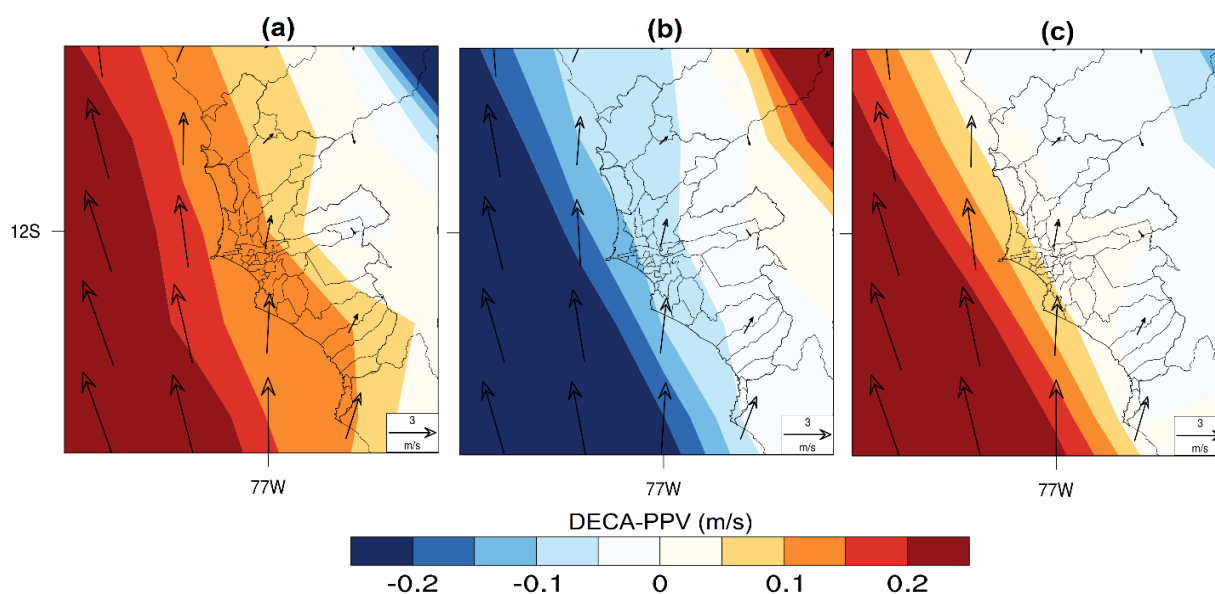


4. Documento: Comunicado Oficial del ENFEN N°09 de 2020.

1.4. CONDICIONES METEOROLÓGICAS LOCALES EN EL AMLC

Utilizando datos de reanálisis ERA5 del Centro Europeo de Pronósticos Meteorológicos a Medio Plazo (ECMWF, por sus siglas en inglés) con énfasis en el Área Metropolitana de Lima y Callao (AMLC) se evaluó la diferencia entre la velocidad del viento (a 10 metros de la superficie - mds) en cada decadiaria del mes de julio 2020 (DECA) con respecto a su promedio mensual para julio 2020 (PPV) mostrado en la figura N° 04. Es así que, en la decadiaria 1 se observó un aumento del viento costero (figura N°04a); mientras que en la decadiaria 2 se observó una disminución del viento costero (figura N°04b). Finalmente, en la decadiaria 3 se apreció que el viento costero volvió a aumentar debido al acercamiento del APS al continente (mencionado en la sección 1.1), lo cual favorecería a días con aumento de temperatura.

Figura N° 04. Decadiaria de la velocidad del viento a 10 mds (m/s) en el AMLC indicado en flechas.



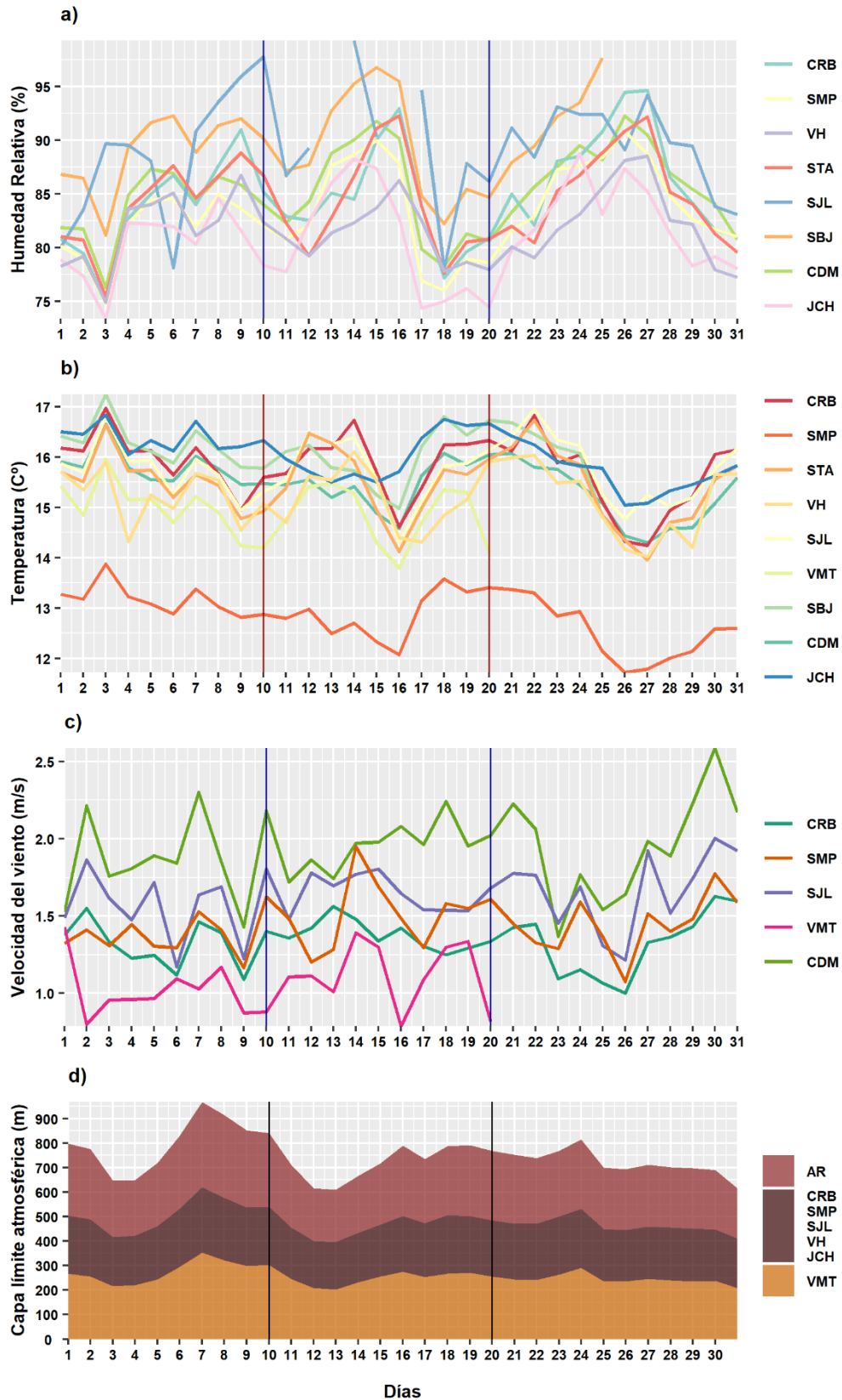
Con los datos de las estaciones meteorológicas automáticas (EMA) ubicadas en el AMLC, se realizó un análisis de la variabilidad diaria de la humedad relativa (a 2 metros de la superficie - mds), temperatura (a 2 mds) y la velocidad del viento (a 10 mds). Los datos provinieron de las estaciones: Antonio Raimondi (AR), Carabaylo (CRB), San Martín de Porres (SMP), San Juan de Lurigancho (S JL), Alexander Von Humboldt (VH), Santa Anita (STA), Villa María del Triunfo (VMT), San Borja (SBJ), Campo de Marte (CDM) y Aeropuerto Internacional Jorge Chávez (JCH). Adicionalmente se representó la variabilidad diaria de la capa límite atmosférica (ACLA)⁵ para lo cual se usó datos de reanálisis ERA5.

Con respecto a la humedad relativa (figura N°05a), se observó una disminución pronunciada los días 03, 07, 12, 14, 18, 20, 22, 28 y 31, mientras que los días 02, 04, 06, 09, 13, 16, 21, 23 y 27 mostraron un incremento. Así mismo, la temperatura mostró un comportamiento opuesto a la humedad relativa, presentando tendencias de incremento los días de menor humedad y tendencias de disminución los días de mayor humedad (figura N°05b). Por otro lado, la velocidad del viento presentó disminuciones los días 03, 06, 09, 11, 13, 17, 23, 26, 28 y 31, mientras que los días 02, 05, 07, 10, 14, 18, 21, 24, 27 y 30 mostraron un incremento (figura N°05c). Asimismo, la ACLA presentó mayores alturas en la estación AR y menores alturas en la estación VMT. De esta manera, se observó incrementos de ACLA los días 07, 10, 16, 18, 24, 27 y 30 y disminución los días 03, 09, 12, 22, 25 y 31 (figura N°05d).

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

En promedio los valores de la temperatura presentaron una tendencia a disminuir durante el mes, asociado al comportamiento de la TSM (mencionado en la sección 1.3). Dentro de la decadiaria 3, se observó una disminución progresiva de la temperatura, un aumento de la humedad relativa y velocidad del viento, asociado a la intensificación del viento costero en niveles bajos (mencionado en la sección 1.2).

Figura N° 05. Variación diaria de las variables meteorológicas en el ALMC.



Con respecto al comportamiento horario de la base de la nube (m) registrada en la EMA Aeropuerto Internacional Jorge Chávez ubicada en el Callao (figura N°06), se observó que las nubes bajas (base de la nube menor a 2000 m) predominaron durante todo el mes. Mientras que la presencia de nubes medias (base de la nube mayor a 2000 m y menor a 6000 m) fue casi nula y la presencia de nubes altas (base de la nube mayor a 6000 m) fue nula como consecuencia de una reducción de los procesos de trasvase o flujos de vientos del este.

La predominancia de nubes bajas estaría asociado a la disminución de la TSM y aumento de la humedad relativa, característica de la estación de invierno (mencionado en la sección 1.3). Asimismo, la ocurrencia de estabilidad atmosférica durante el mes (mencionado en la sección 1.2) favorecería a la permanencia de nubosidad.

Figura N° 06. Altura de la base de nube (m) registrada en la estación Aeropuerto Internacional Jorge Chávez (JCH).

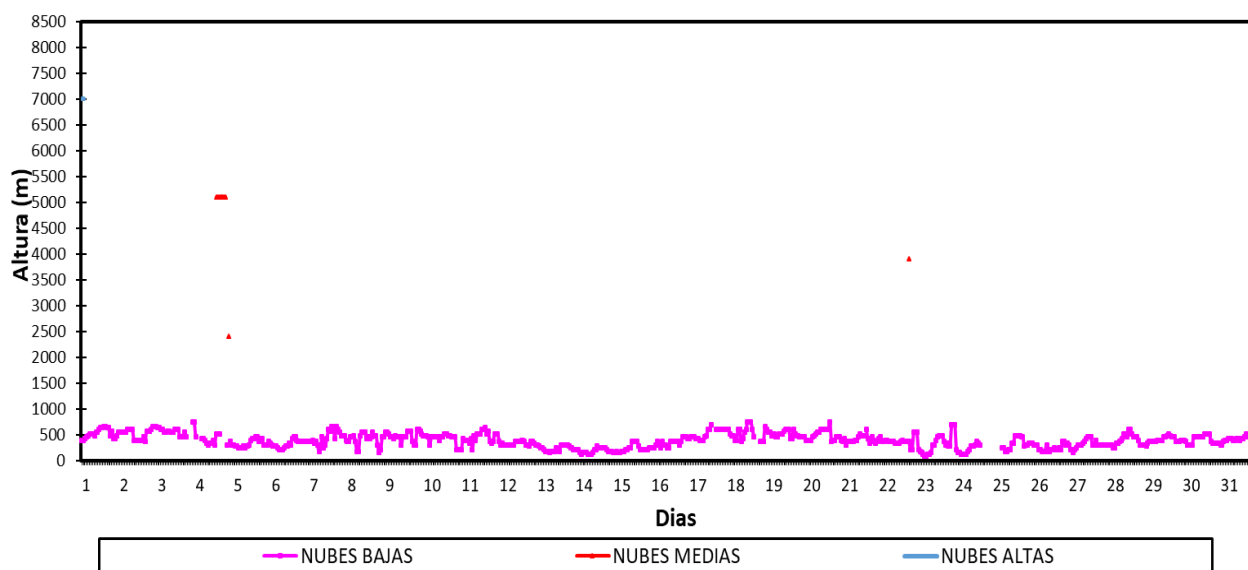


Figura N° 07. Rosas de viento para el horario diurno en el AMLC.

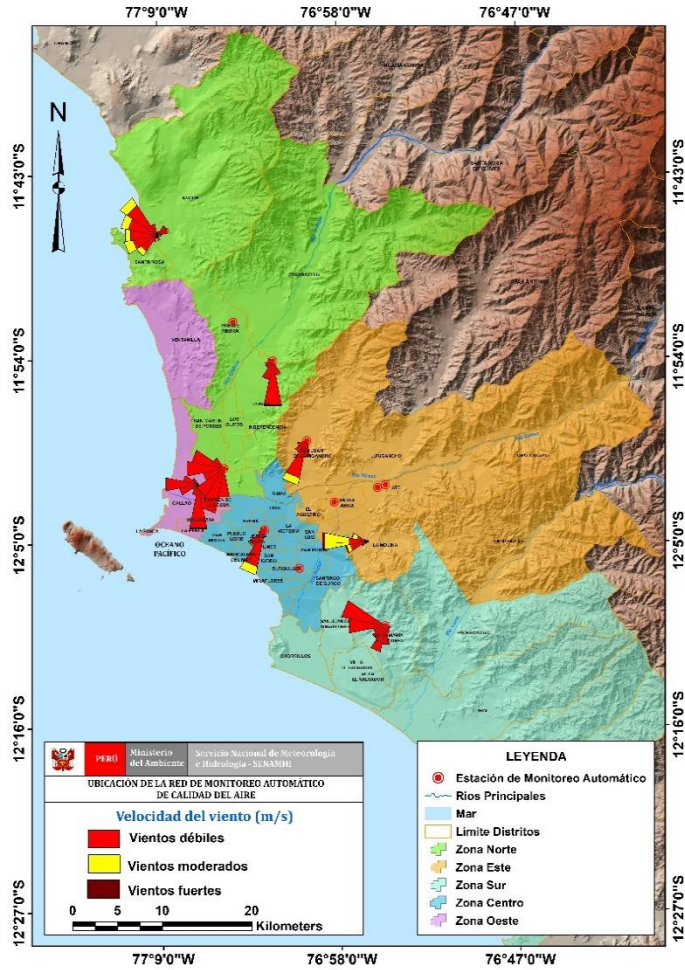


Figura N° 08. Rosas de viento para el horario vespertino en el AMLC.

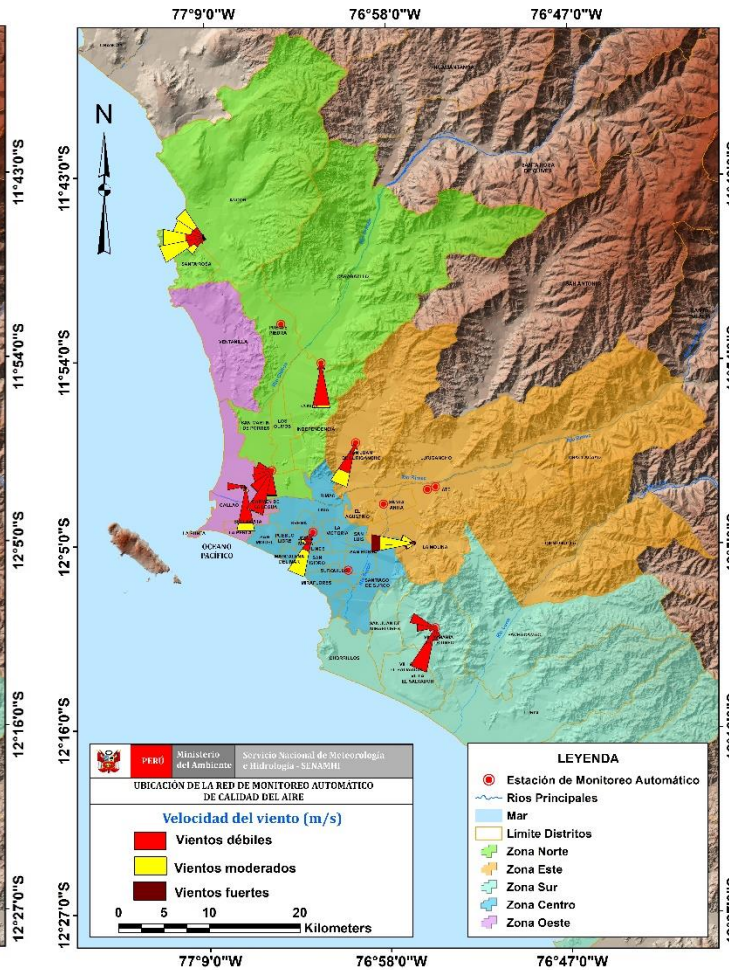
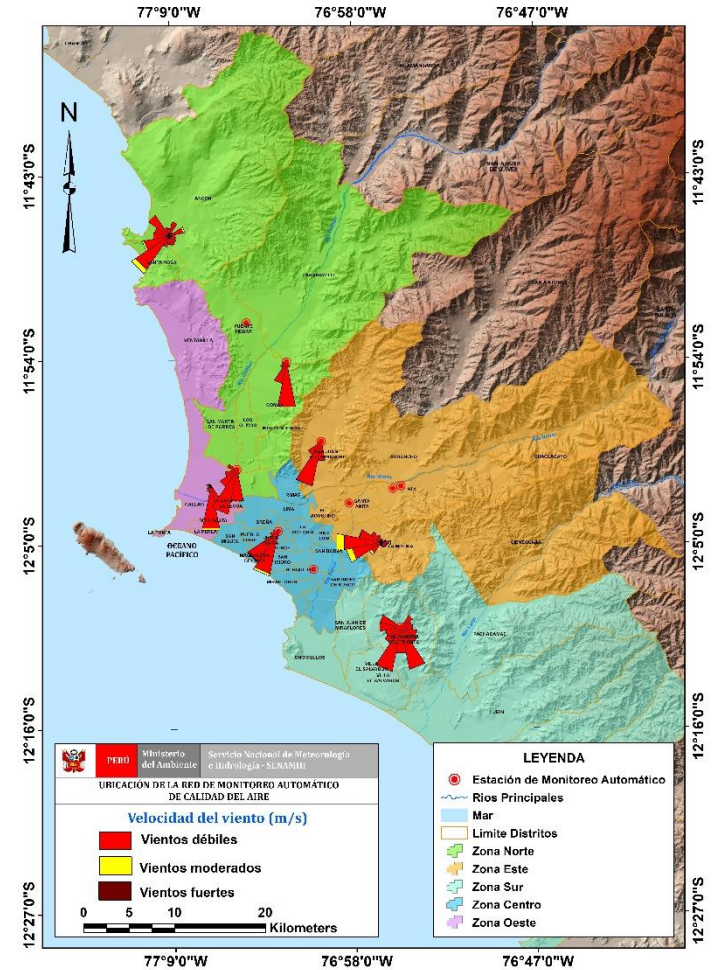


Figura N°09. Rosas de viento para el horario nocturno en el AMLC.



Las figuras N° 07, 08 y 09, muestran el comportamiento de la dirección y velocidad del viento en cada una de las estaciones meteorológicas automáticas para los horarios diurnos (07:00 - 11:59 horas), vespertinos (12:00 -18:59 horas) y nocturnos (19:00 - 06:59 horas).

2. 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 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 (SJL) Universidad César Vallejo en el distrito de San Juan de Lurigancho |
| | Estación Ate (ATE) Plaza de Amas del distrito de Ate |
| | Estación Ceres (ATE2) Plaza Cívica de Ceres del distrito de Ate |
| | Estación Santa Anita (STA) Palacio Municipal del distrito de Santa Anita |
| Sur | Estación Villa María del Triunfo (VMT) Parque 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° 10. Ubicación de las estaciones de monitoreo de la calidad del aire en el AMLC.



Estándar de Calidad Ambiental (ECA)

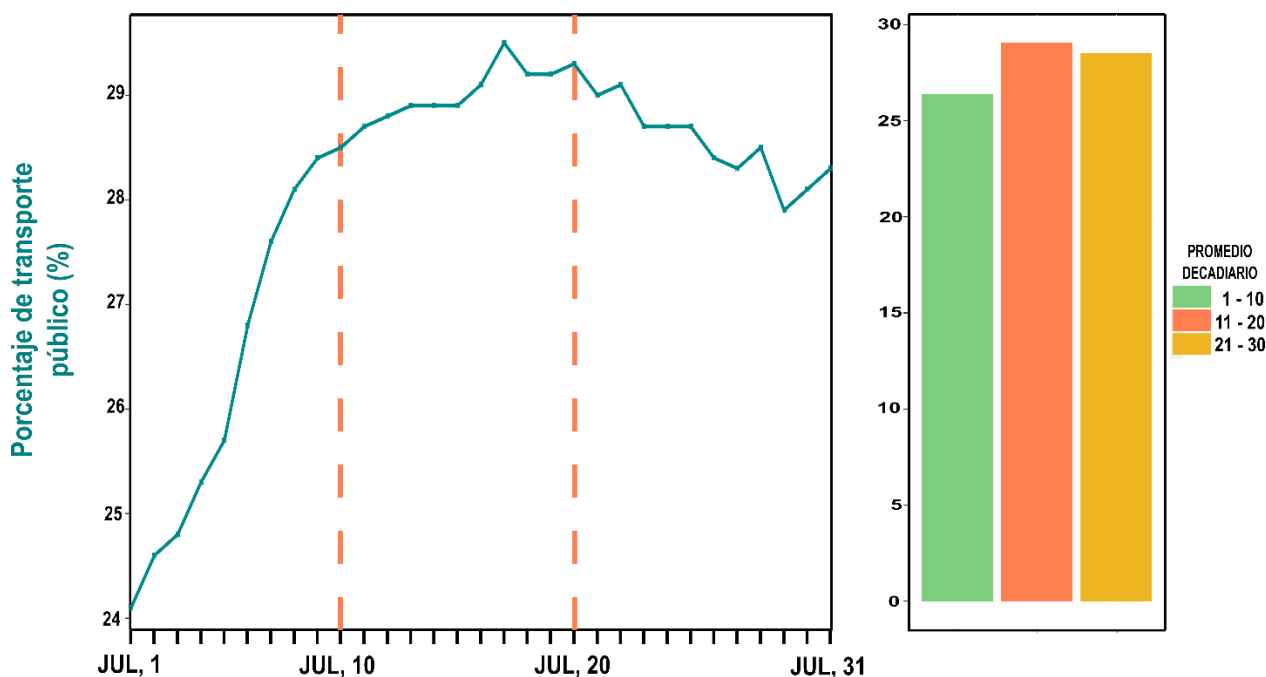
La Ley N° 28611 - Ley General del Ambiente define al estándar de calidad ambiental (ECA) como **"la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el aire, agua y suelo en su condición de cuerpo receptor, que 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.

3. ACTIVIDAD DEL TRANSPORTE PÚBLICO EN EL ÁREA METROPOLITANA DE LIMA Y CALLAO

Moovit es una aplicación que muestra cómo se desplazan las personas cada día en transporte público en Lima Metropolitana, en comparación con otras ciudades del mundo. Esta aplicación determina el promedio de tiempo de viaje y de espera de los usuarios, así como también la distancia que el usuario viaja para llegar a trabajar en transporte público. Moovit utiliza algoritmos avanzados de Big Data para realizar cálculos estadísticos con la información obtenida de OpenStreetMap (también conocido como OSM), el cual genera mapas editables y libres con información geográfica capturada con dispositivos GPS móviles y ortofotografías.

En la figura N°11 se observa una tendencia creciente en la actividad vehicular en las decadiarias 1 y 2, obteniéndose los mayores porcentajes de actividad vehicular en la decadiaria 2 durante el mes de julio. Mientras que en la decadiaria 3, se observa una tendencia de disminución de actividad vehicular. Cabe mencionar que, un alto porcentaje de actividad vehicular está estrechamente relacionado con el aumento de emisiones de contaminantes del aire, mientras que un bajo porcentaje de éstas, se relaciona a una disminución de emisiones.

Figura N° 11. Actividad transporte público en el AMLC.



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

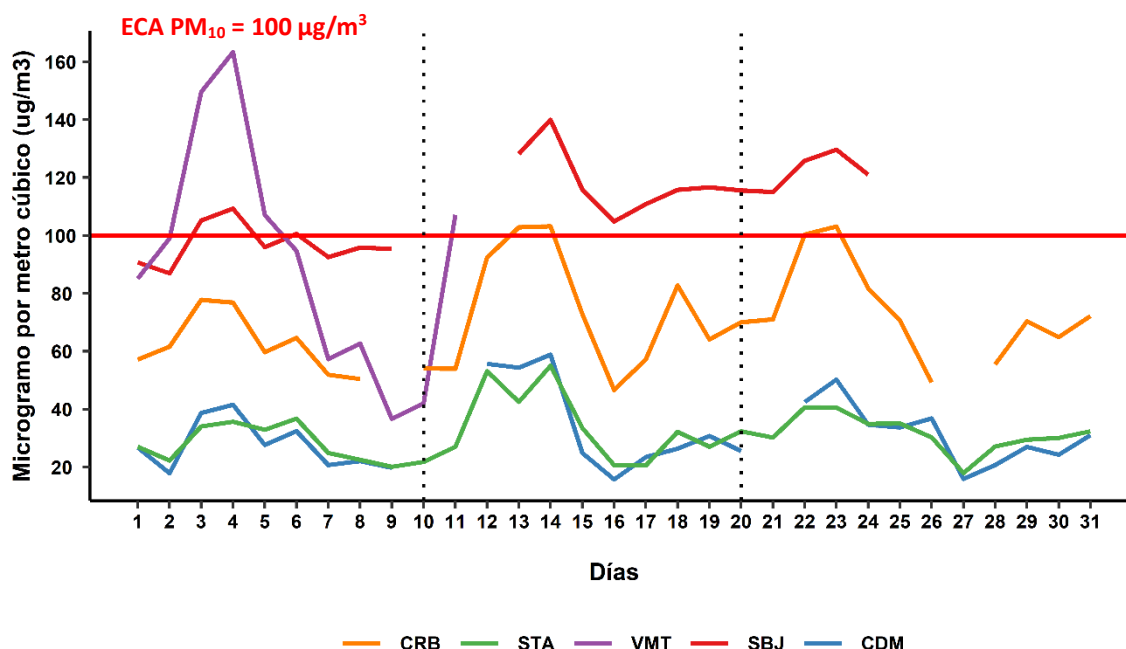
Con los datos de las estaciones de monitoreo de la calidad del aire ubicadas en el AMLC, se realizó un análisis de la variabilidad diaria y/o horaria de las concentraciones del PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂, O₃ y CO. Los datos provinieron de las estaciones: Carabayllo (CRB), San Martín de Porres (SMP), San Juan de Lurigancho (S JL), Santa Anita (STA), Villa María del Triunfo (VMT), San Borja (SBJ) y Campo de Marte (CDM).

4.1. CONCENTRACIONES DIARIAS DEL PM₁₀

En la figura N° 12 se observa que las concentraciones diarias registradas en las estaciones VMT, CRB y SBJ superaron algunos días el ECA-aire para PM₁₀ (100 µg/m³ como promedio diario) durante los días monitoreados. Asimismo, se pudo apreciar lo siguiente:

- **Zona norte:** En la estación Carabayllo (CRB) la concentración máxima fue 103.21 µg/m³ (martes 14) y la mínima fue de 46.62 µg/m³ (jueves 16).
- **Zona este:** En la estación Santa Anita (STA) la concentración máxima fue 54.99 µg/m³ (martes 14) y la mínima fue de 17.95 µg/m³ (lunes 27).
- **Zona sur:** En la estación Villa María del Triunfo (VMT) la concentración máxima fue 163.35 µg/m³ (sábado 04) y la mínima fue de 36.70 µg/m³ (jueves 09).
- **Zona centro:** En la estación Campo de Marte (CDM) la concentración máxima fue 58.84 µg/m³ (martes 14) y la mínima fue de 15.72 µg/m³ (jueves 16), mientras que en la estación San Borja (SBJ) la concentración máxima fue 139.95 µg/m³ (martes 14) y la mínima fue de 86.95 µg/m³ (jueves 02).

Figura N° 12. Variación diaria del PM₁₀ (µg/m³) en el AMLC.



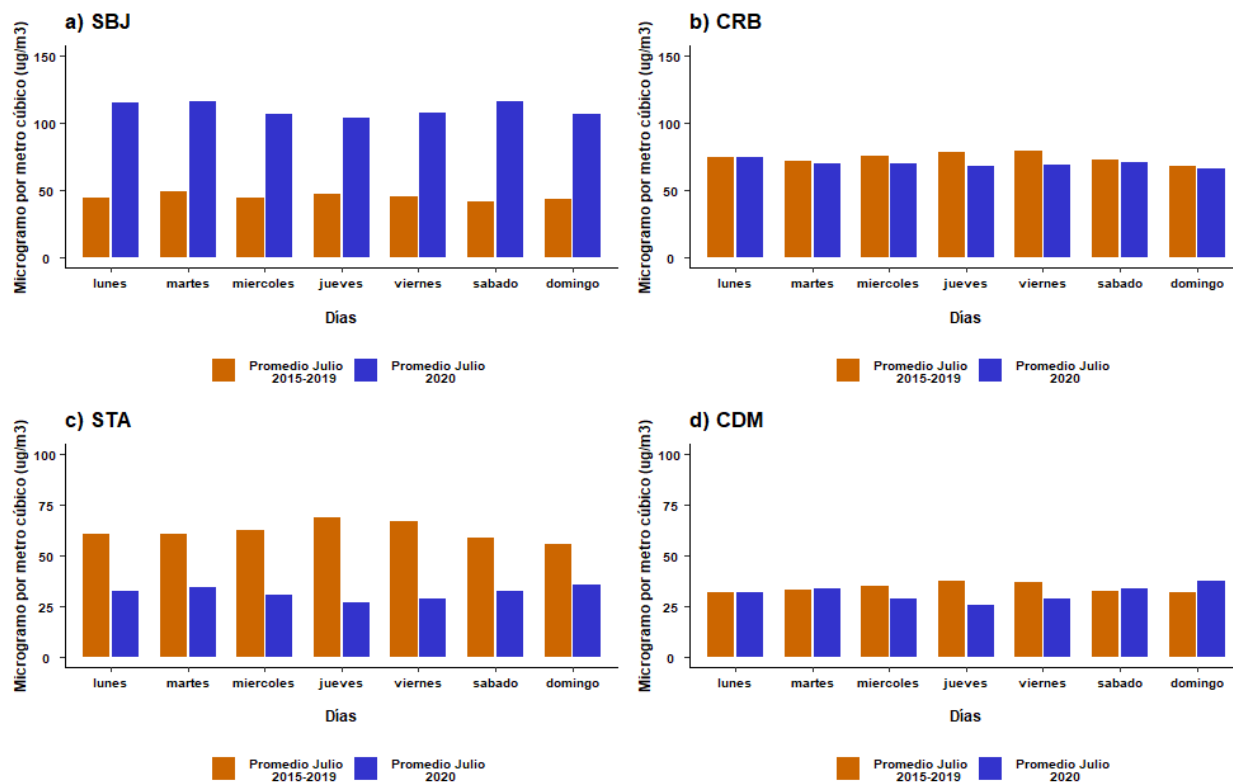
Asimismo, se observó en promedio una disminución de las concentraciones de PM₁₀ en la decadiaria 1, lo que estuvo relacionado a factores meteorológicos como el incremento de humedad relativa y presencia de vientos débiles durante los últimos días (mencionado en la sección 1.4). Sin embargo, los días 03 y 04 se observa un incremento de las concentraciones de

PM₁₀, esto estuvo relacionado a la disminución de la altura de la capa límite atmosférica (mencionado en la sección 1.4). En la decadiaria 2, se apreció un incremento de las concentraciones de PM₁₀ los días 12, 13 y 14, lo cual estaría asociada a menores porcentajes de humedad relativa y mayores temperaturas (mencionado en la sección 1.4), que permitieron la resuspensión de partículas gruesas (polvo). Además, el incremento significativo de las concentraciones de PM₁₀ para el día 14 (día que se alcanzó las concentraciones más altas durante el mes de julio) estuvo influenciado por una disminución de altura de la capa límite atmosférica (mencionado en la sección 1.4). En la decadiaria 3, se observó en promedio una ligera disminución de las concentraciones de PM₁₀, lo que estuvo relacionado al incremento de humedad relativa y disminución de las temperaturas durante los primeros días (mencionado en la sección 1.4).

Las concentraciones más bajas fueron alcanzadas los días 02 (jueves), 09 (jueves), 16 (jueves) y 27 (lunes), los cuales podría atribuirse a un descenso de la temperatura, aumento de la humedad relativa y un aumento de altura de la capa límite atmosférica (mencionado en la sección 1.4).

En la figura N° 13 se presenta la variación diaria en la semana de las concentraciones del PM₁₀ históricas (periodo 2015 - 2019) para julio y el periodo de estado de emergencia (julio 2020), donde se ha observado que la estación San Borja (SBJ) mostró un incremento de 144% (figura N° 13a), mientras que la estación Carabayllo (CRB) mostró una disminución de 6% (figura N° 13b), la estación Santa Anita (STA) una disminución de 49% (figura N° 13c) y la estación Campo de Marte (CDM) mostró una disminución de 7% (figura N° 13d).

Figura N° 13. Comparativo de las concentraciones históricas y las registradas durante el estado de emergencia para el PM₁₀.

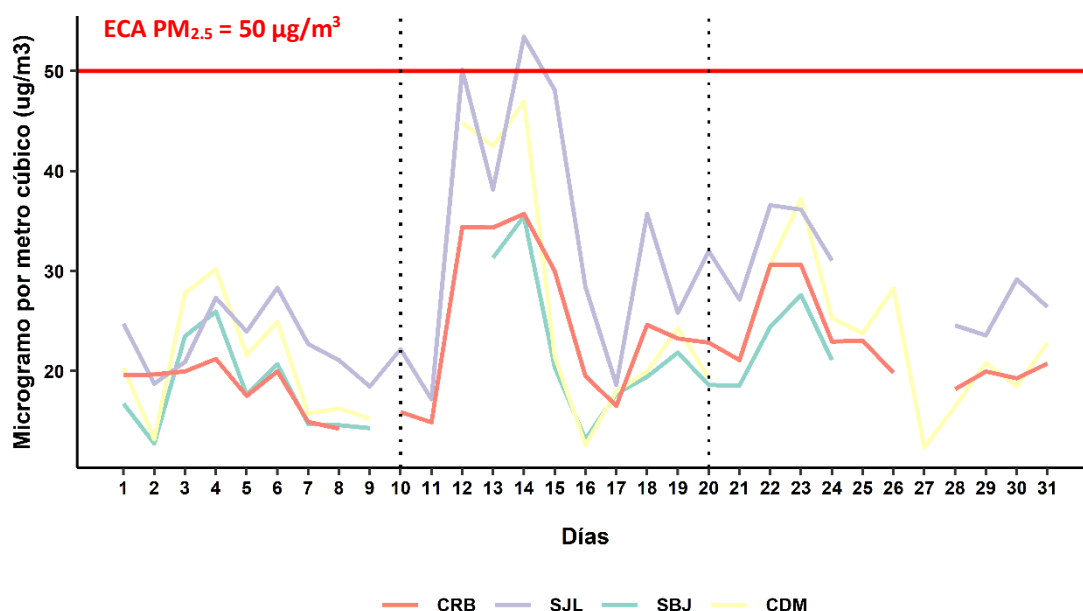


4.2. CONCENTRACIONES DIARIAS DEL PM_{2.5}

En la figura N° 14 se observa que las concentraciones diarias registradas en la estación SJL superaron algunos días el ECA-aire para PM_{2.5} (50 µg/m³ como promedio diario) durante los días monitoreados. Asimismo, se pudo apreciar lo siguiente:

- **Zona norte:** En la estación Carabayllo (CRB) la concentración máxima fue 35.72 µg/m³ (martes 14) y la mínima fue de 14.23 µg/m³ (miércoles 08).
- **Zona este:** En la estación San Juan de Lurigancho (SJL) la concentración máxima fue 53.44 µg/m³ (martes 14) y la mínima fue de 17.17 µg/m³ (sábado 11).
- **Zona centro:** En la estación Campo de Marte (CDM) la concentración máxima fue de 46.96 µg/m³ (martes 14) y la mínima fue de 12.36 µg/m³ (lunes 27), mientras que en la estación San Borja (SBJ) la concentración máxima fue 35.47 µg/m³ (martes 14) y la mínima fue de 12.75 µg/m³ (jueves 02).

Figura N° 14. Variación diaria del PM_{2.5} (µg/m³) en el AMLC.

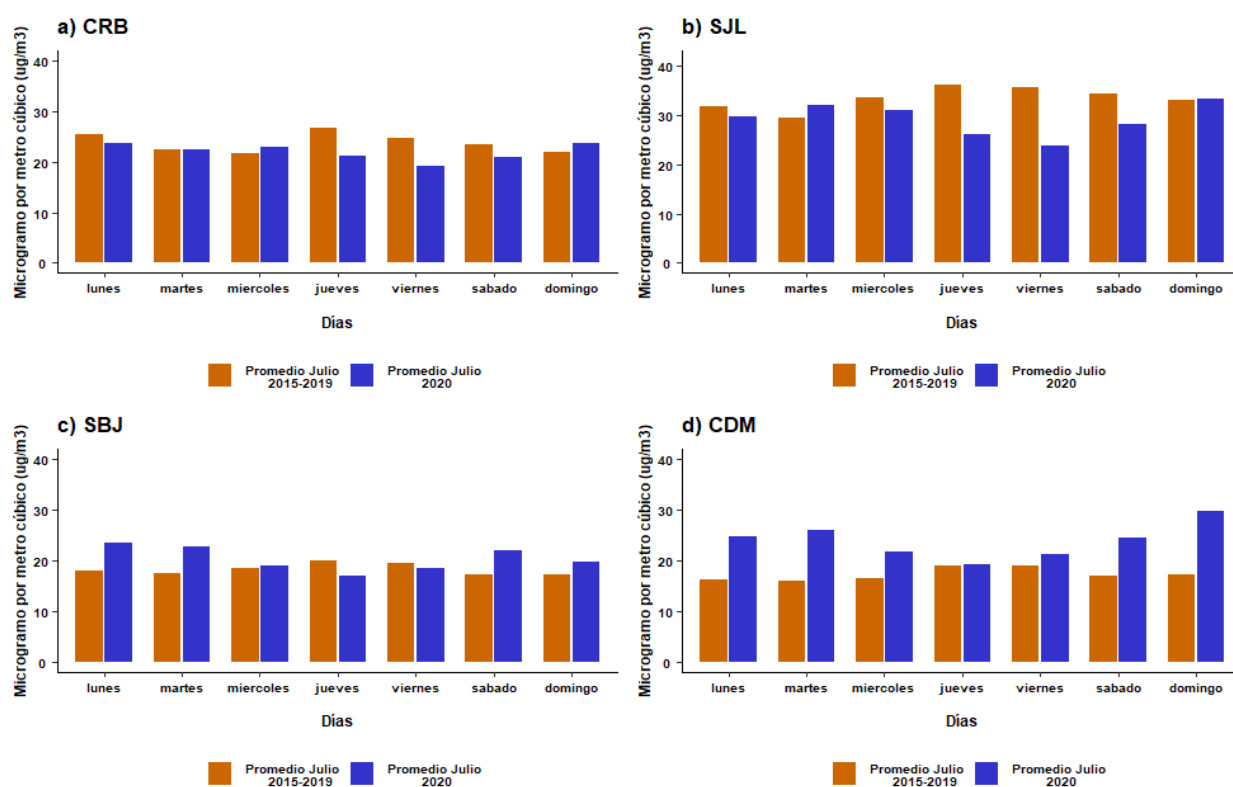


En la decadiaria 1 se observó una disminución de las concentraciones del PM_{2.5} (principalmente los últimos días), lo que estuvo relacionado al incremento de la altura de la capa límite atmosférica (mencionado en la sección 1.4). En la decadiaria 2, existió en promedio un incremento de las concentraciones de PM_{2.5}, lo que estuvo asociado a un aumento de la actividad vehicular (mencionado en la sección 3). Asimismo, el incremento significativo de las concentraciones de PM_{2.5} para los días 12, 13 y 14 (día que se alcanzó las concentraciones más altas durante el mes de julio) estuvo influenciado por la disminución de la altura de la capa límite atmosférica (mencionado en la sección 1.4). Mientras que, en la decadiaria 3 se observa una disminución de las concentraciones de PM_{2.5}, debido a la disminución de la actividad vehicular (mencionado en la sección 3) y a factores meteorológicos como incremento de temperatura y disminución de la humedad relativa a partir del día 27 (mencionado en la sección 1.4). Sin embargo, los días 22 y 23 se registró un incremento de las concentraciones del PM_{2.5}, lo que podría estar asociado a una disminución de la altura de la capa límite atmosférica (mencionado en la sección 1.4) e incremento de la actividad vehicular (mencionado en la sección 3).

Además de lo ya explicado, los días 02 (jueves), 09 (jueves), 11 (sábado), 16 (jueves) y 27 (lunes) se registró las concentraciones más bajas del PM_{2.5}, lo cual estuvo asociado al aumento de la altura de la capa límite atmosférica (mencionado en la sección 1.4).

En la figura N° 15 se presenta la variación diaria en la semana de las concentraciones del PM_{2.5} históricas (periodo 2015 - 2019) para julio y el periodo de estado de emergencia (julio 2020), donde se ha observado que la estación Carabayllo (CRB) mostró una disminución de 7% (figura N° 15a), la estación San Juan de Lurigancho (S JL) mostró una disminución de 13% (figura N° 15b), mientras que la estación San Borja (SBJ) mostró un aumento de 11% (figura N° 15c) y la estación Campo de Marte (CDM) un aumento del 38% (figura N° 15d).

Figura N° 15. Comparativo de las concentraciones históricas y las registradas durante el estado de emergencia para el PM_{2.5}.

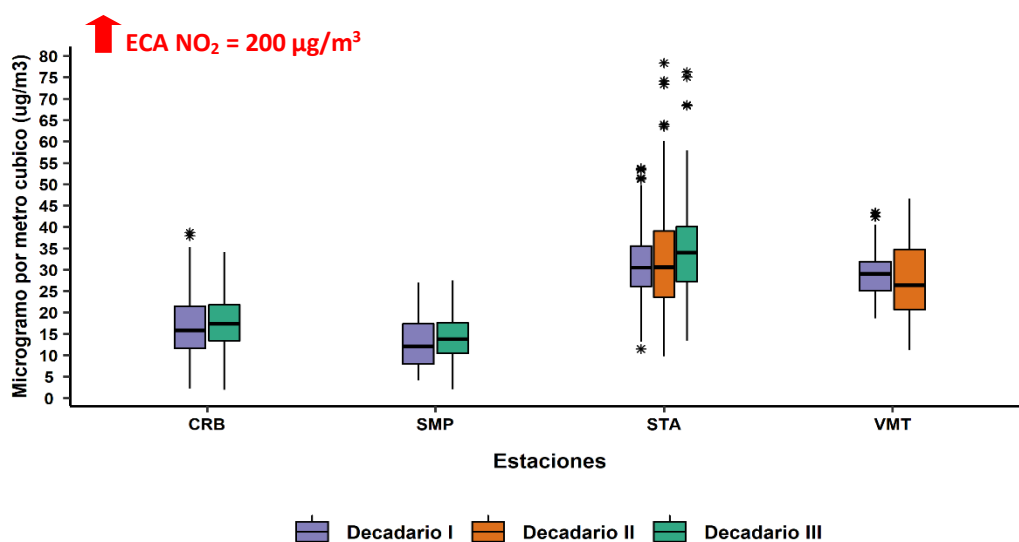


4.3. CONCENTRACIONES HORARIAS DEL NO₂

En la figura N° 16 se observa que las concentraciones horarias registradas en las estaciones no superaron el ECA-aire para NO₂ (200 µg/m³ como promedio de una (01) hora) durante los días monitoreados. Asimismo, se pudo apreciar lo siguiente:

- **Zona norte:** En la estación Carabayllo (CRB) la concentración máxima fue 38.7 µg/m³ (sábado 04 a las 13:00 horas) y la mínima fue de 1.90 µg/m³ (jueves 30 a las 03:00 horas), mientras que en la estación San Martín de Porres (SMP) la concentración máxima fue 27.5 µg/m³ (domingo 26 a las 03:00 horas) y la mínima fue de 2.1 µg/m³ (lunes 27 a las 01:00 horas).
- **Zona este:** En la estación Santa Anita (STA) la concentración máxima fue 78.4 µg/m³ (lunes 13 a las 11:00 horas), mientras que la mínima fue de 9.80 µg/m³ µg/m³ (jueves 16 a las 03:00 horas).
- **Zona sur:** En la estación Villa María del Triunfo (VMT) la concentración máxima fue 46.60 µg/m³ (domingo 12 a las 09:00 horas), mientras que la mínima fue de 11.20 µg/m³ (miércoles 15 a las 22:00 horas).

Figura N° 16. Variación horaria del NO₂ (µg/m³) en el AMLC.



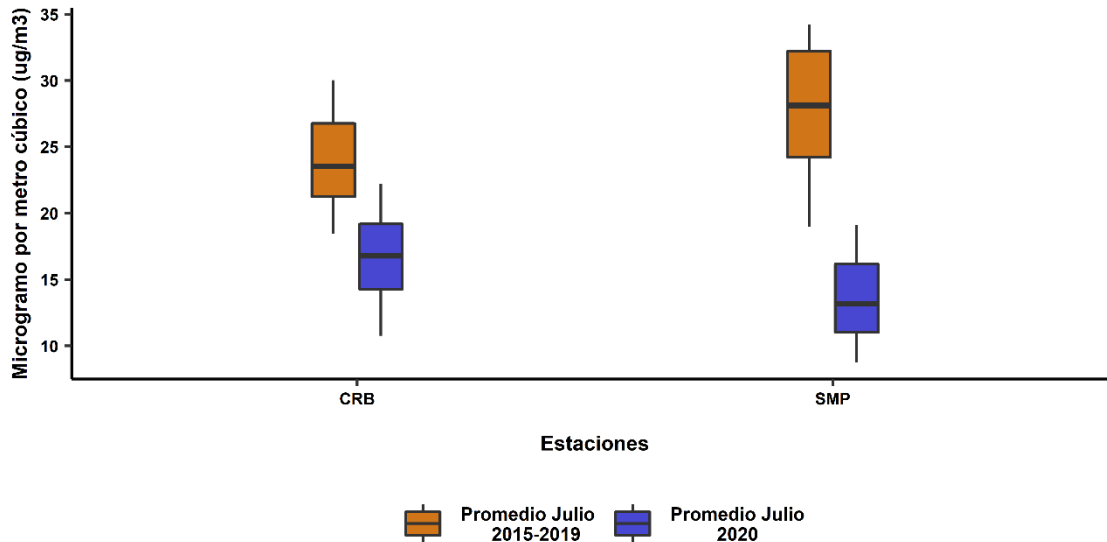
Durante el mes de julio, las mayores concentraciones del NO₂ se registraron en los horarios de mayor actividad vehicular (horas pico), las cuales están comprendidas en las primeras horas del día (7:00 horas hasta las 12:00 horas). Asimismo, las concentraciones horarias registradas en la decadiaria 1 son menores a comparación de la decadiaria 3.

El incremento de las concentraciones del NO₂ registradas durante la decadiaria 3, estarían asociadas principalmente al incremento de la actividad vehicular (89% de las emisiones de NO_x provienen de vehículos a diésel⁶; mencionado en la sección 3).

En la figura N° 17 se presentan las variaciones horarias de las concentraciones del NO₂ históricas (periodo 2015 al 2019) para julio y el periodo de estado de emergencia (julio 2020), donde se observó que la estación Carabayllo (CRB) mostró una disminución de 29% y la estación San Martín de Porres (SMP) una disminución de 51%. En promedio se registró una reducción de 40% para las 2 estaciones.

6. Documento: Informe N° 00283-2019-MINAM/VMGA/DGCA/DCAE – “Diagnóstico de la Gestión de la Calidad del Aire de Lima y Callao”.

Figura N° 17. Comparativo entre las concentraciones históricas y las registradas durante el estado de emergencia para el NO₂

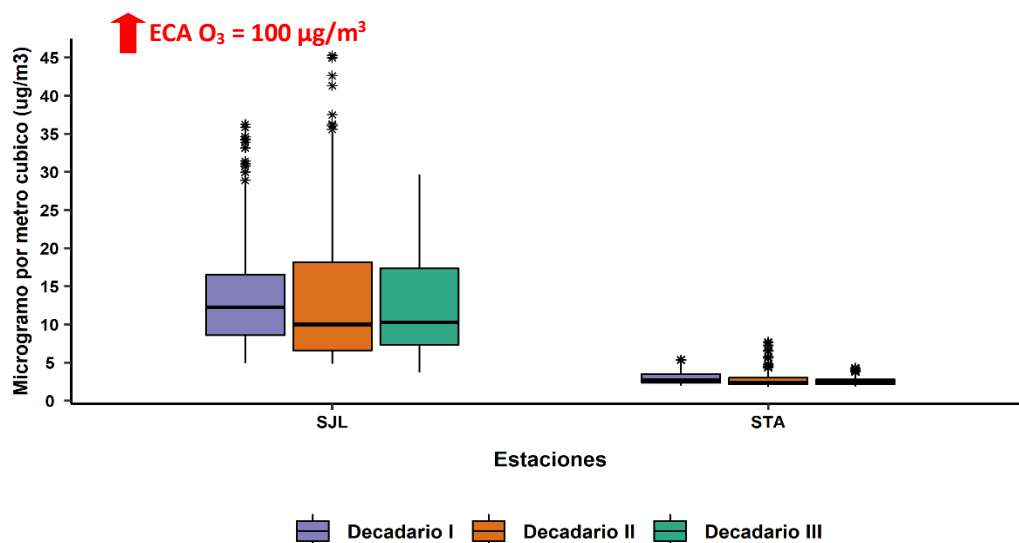


4.4. CONCENTRACIONES HORARIAS (PROMEDIO MÓVIL DE 8 HORAS) DEL O₃

En la figura N° 18 se observa que las concentraciones horarias (promedio móvil de 8 horas) registradas en las estaciones no superaron el ECA-aire para O₃ (100 µg/m³) durante los días monitoreados. Asimismo, se pudo apreciar lo siguiente:

- **Zona Este:** En la estación San Juan de Lurigancho (SJL) la concentración máxima fue 45.29 µg/m³ (domingo 12 a las 18:00 horas) y la mínima fue 3.70 µg/m³ (viernes 31 a las 01:00 horas), mientras que en la estación Santa Anita (STA) la concentración máxima fue 7.70 µg/m³ (domingo 12 a las 18:00 horas) y la mínima fue 1.75 µg/m³ (martes 14 a las 02:00 horas).

Figura N° 18. Variación horaria (promedio móvil de 8 horas) del O₃ (µg/m³) en el AMLC.



Durante el mes de julio, las mayores concentraciones del O₃ en el AMLC se registraron en los horarios posteriores al periodo de máxima radiación solar⁷ (comprendido entre las 10:00 horas y

7. Documento: Boletín Mensual de la Vigilancia de la Radiación UV en ciudades del Perú – julio 2020.

15:00 horas) y primera hora punta de la actividad vehicular (desde las 7:00 hasta las 12:00 horas). Asimismo, las concentraciones horarias registradas en la decadiaria 3 son ligeramente menores a comparación de las decadiarias 1 y 2.

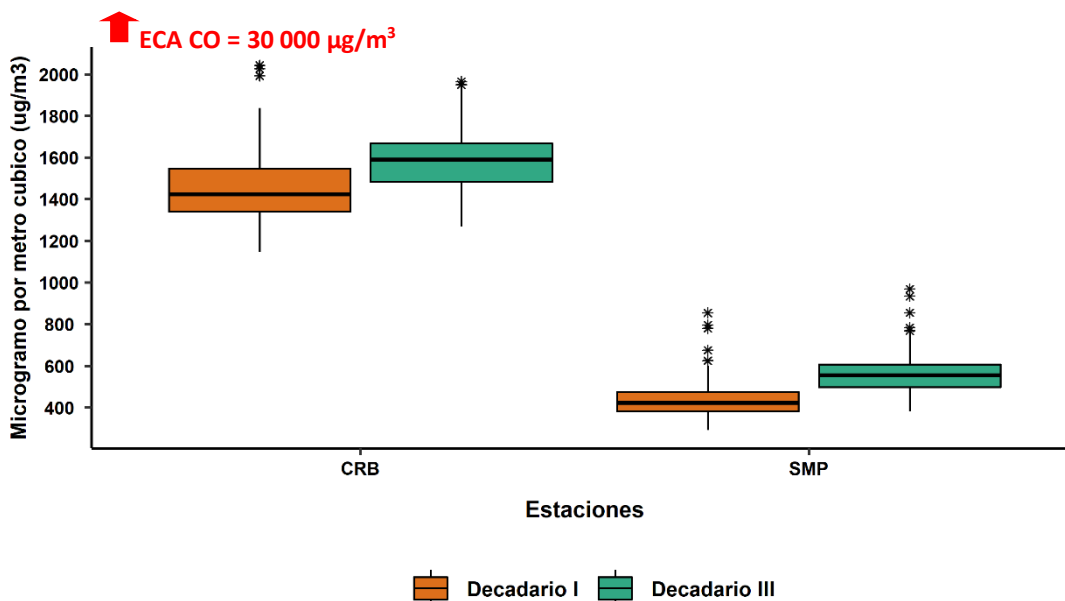
La formación de ozono en la decadiaria 1 y 2 se vio condicionada al incremento de las temperaturas (mencionado en la sección 1.4), lo que generó una disminución de las concentraciones de NO₂ (mencionado en la sección 4.3). Mientras que, en la decadiaria 3 se observa una reducción del O₃ debido al descenso de temperatura (mencionado en la sección 1.4), favoreciendo al incremento del NO₂ (mencionado en la sección 4.3).

4.5. CONCENTRACIONES HORARIAS DEL CO

En la figura N° 19 se observa que las concentraciones horarias registradas en las estaciones no superaron el ECA-aire para el CO (30 000 µg/m³) durante los días monitoreados. Asimismo, se pudo apreciar lo siguiente:

- **Zona norte:** En la estación Carabayllo (CRB) la concentración máxima fue 2042.4 µg/m³ (sábado 04 a las 07:00 horas) y la mínima fue de 1146.6 µg/m³ (miércoles 08 a las 02:00 horas), mientras que en la estación San Martín de Porres (SMP) la concentración máxima fue 968.7 µg/m³ (jueves 24 a las 09:00 horas) y la mínima fue 290.8 µg/m³ (jueves 02 a las 04:00 horas).

Figura N° 19. Variación horaria del CO (µg/m³) en el AMLC.



Durante el mes de julio, las mayores concentraciones del CO se registraron en la primera hora pico del AMLC (06:00 horas hasta las 10:00 horas). Asimismo, las concentraciones horarias registradas en la decadiaria 1 son ligeramente menores en comparación a la decadiaria 3.

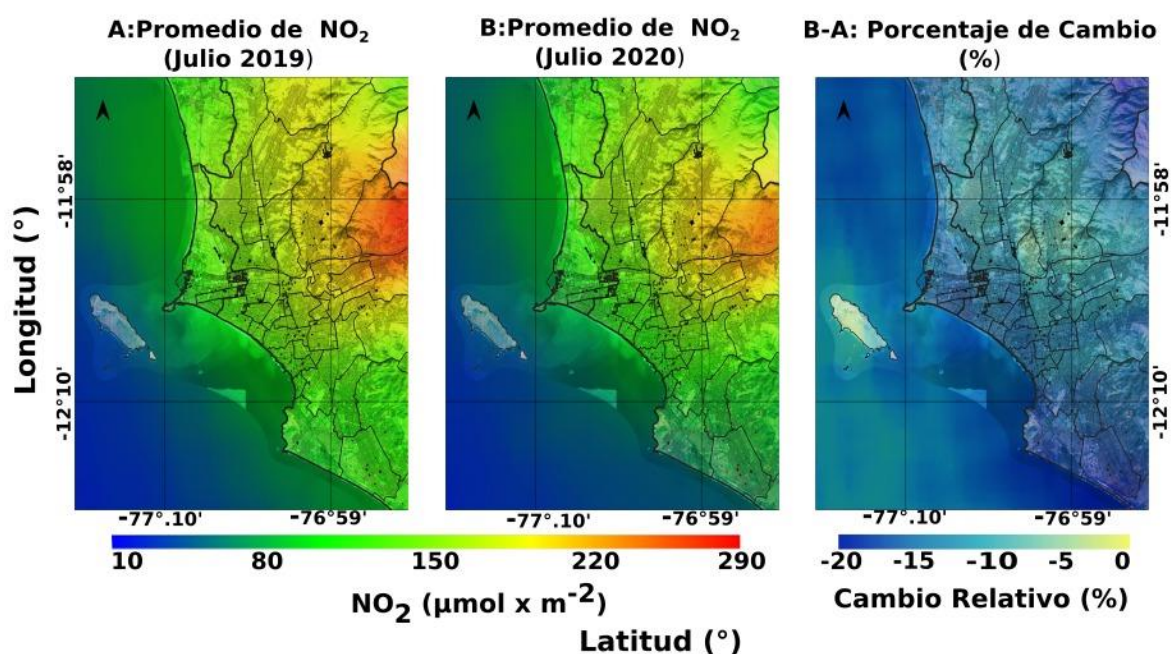
El incremento de las concentraciones del CO registradas durante la decadiaria 3, estarían asociadas principalmente al incremento de la actividad vehicular (87% de las emisiones de CO provienen de los vehículos a gasolina/gasohol⁸; mencionado en la sección 3).

8. Documento: Informe N° 00283-2019-MINAM/VMGA/DGCA/DCAE – “Diagnóstico de la Gestión de la Calidad del Aire de Lima y Callao”.

5. VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE A TRAVÉS DE IMÁGENES SATELITALES Y MODELOS NUMÉRICOS PARA EL AMLC

La figura N° 20 muestra la distribución espacial de la columna del NO₂ (μmol/cm²) en la tropósfera, obtenidas del satélite Sentinel 5P (instrumento Tropomi) a una resolución aproximada de 7 km × 3.5 km. Es así que, la figura N°20a muestra la distribución promedio de NO₂ para el mes de julio del año 2019, la figura N°20b muestra la distribución espacial del NO₂ para el mes de julio del año 2020 (durante el estado de emergencia) y la figura N°20c muestra el porcentaje de cambio del NO₂ de julio 2020 con respecto a julio del 2019.

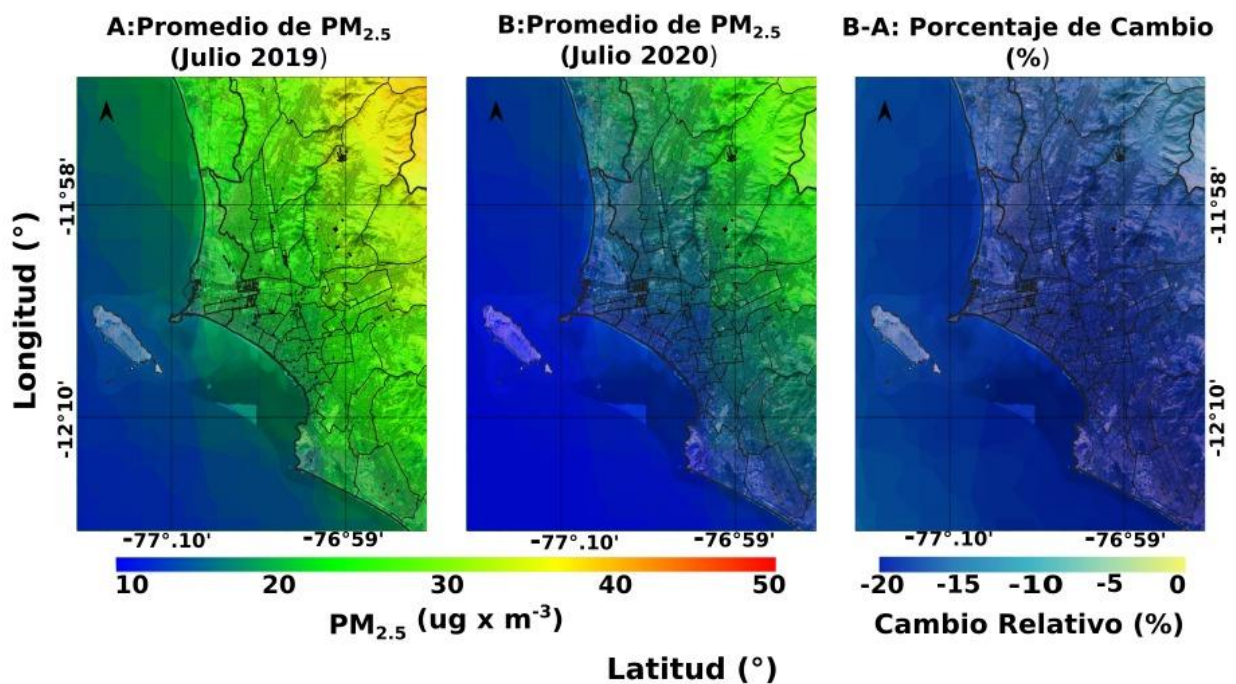
Figura N° 20. Distribución espacial de la columna del NO₂ (μmol/cm²) en la tropósfera sobre el AMLC.



La mayor cantidad de NO₂ en la columna de la tropósfera se registró durante julio del 2019 (figura N°20a), con una disminución significativa en julio del 2020 (figura N°20b), alcanzando una reducción de hasta un 20% (figura N°20c). Asimismo, si bien las mayores concentraciones se obtienen en las primeras horas punta del AMLC (desde las 7:00 horas hasta las 12:00 horas), es evidente que incluso durante estas horas hay una reducción del NO₂ durante julio 2020. Cabe precisar que las mayores cantidades de este contaminante son trasladadas por los vientos para las zonas norte y este del AMLC.

La figura N° 21 muestra la distribución espacial de las concentraciones promedio de $PM_{2.5}$ en superficie para el ALMC, elaboradas con los datos del modelo numérico de calidad del aire del Servicio del Monitoreo Atmosférico Copernicus (CAMS, por sus siglas en inglés), que fue implementado por el Centro Europeo de Pronóstico del Tiempo de Rango Medio (ECMWF por sus siglas en inglés). Es así que, la figura N°21a muestra la distribución promedio de $PM_{2.5}$ para el mes de julio del año 2019, la figura N°21b muestra la distribución espacial del $PM_{2.5}$ para el mes de julio del año 2020 (durante el estado de emergencia) y la figura N°21c muestra el porcentaje de cambio del $PM_{2.5}$ de julio 2020 con respecto a julio del 2019.

Figura N° 21. distribución espacial de las concentraciones promedio de $PM_{2.5}$ en superficie para el ALMC



La mayor cantidad de concentraciones de $PM_{2.5}$ se registró durante julio del 2019 (figura N°21a), con una disminución significativa en julio del 2020 (figura N°21b), alcanzando una reducción de hasta un 20% (figura N°21c).

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 salud (Cuadro N°2).

Cuadro N° 02: Estados de la Calidad del Aire y su Implicancia en las personas.

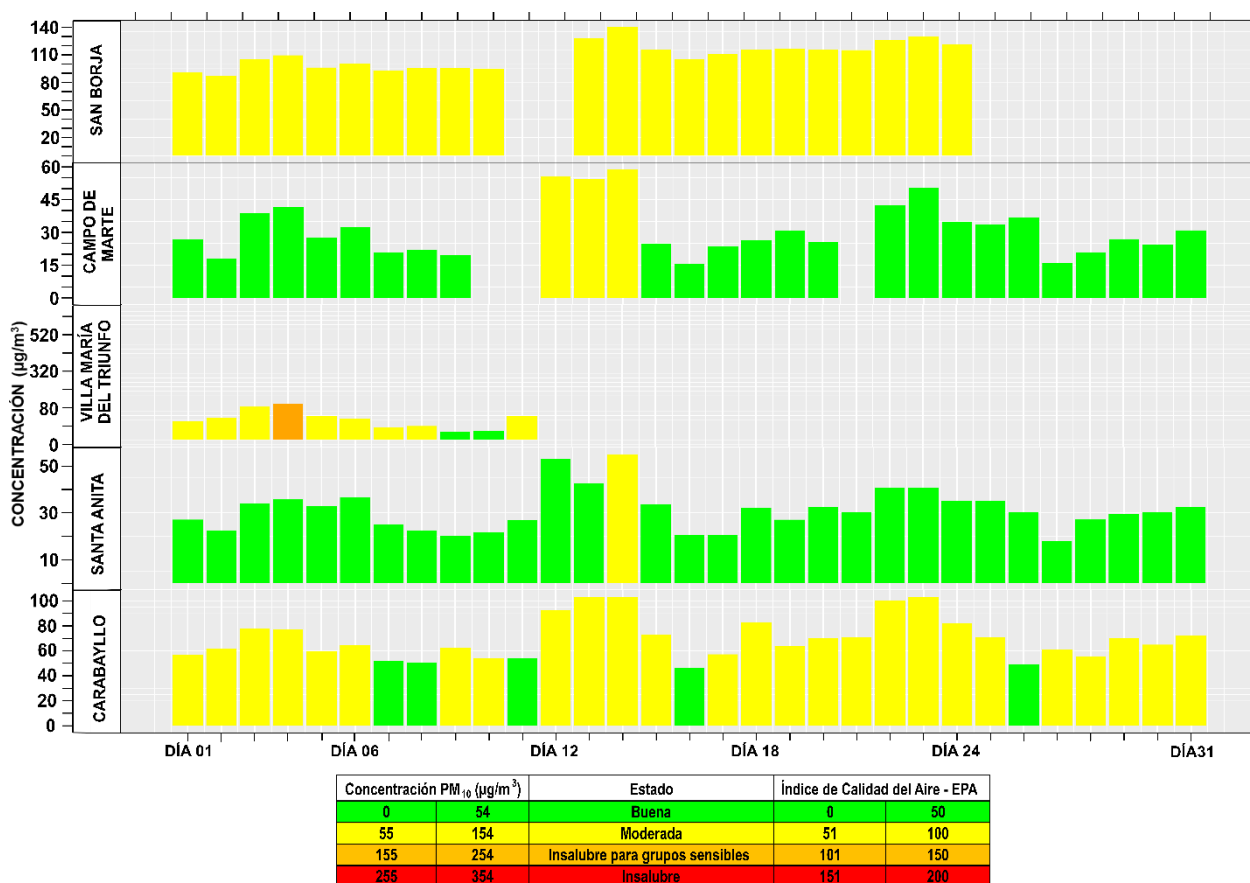
| ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE | ESTADO | PM ₁₀ (µg/m ³) 24-horas | PM _{2.5} (µg/m ³) 24-horas | ¿QUIÉN SE DEBE PREOCUPAR? | MEDIDAS A TOMAR POR LA POBLACIÓN |
|----------------------------|---------------------------------|--|---|--|---|
| 0 – 50 | BUENA | 0 - 54 | 0.0 –12.0 | Ninguno, No existe riesgo | La calidad del aire es aceptable se puede realizar actividades al aire libre |
| 51 – 100 | MODERADA | 55 - 154 | 12.1 - 35.4 | Personas que podrían ser excepcionalmente sensibles a la contaminación por partículas. | Personas excepcionalmente sensibles: Contemplar reducir las actividades que requieran esfuerzo prolongado o intenso al aire libre. Prestar atención a la aparición de síntomas como tos o dificultad para respirar. Esto indica que se debe reducir el esfuerzo. Para el resto de las personas: ¡Es un buen día para realizar actividades al aire libre! |
| 101 – 150 | INSALUBRE PARA GRUPOS SENSIBLES | 155 - 254 | 35.5 - 55.4 | Los grupos sensibles comprenden a personas con cardiopatías o enfermedades pulmonares, adultos mayores, niños y adolescentes. | Grupos sensibles: Reducir las actividades que requieran esfuerzo prolongado o intenso. Está bien realizar actividades al aire libre, pero descanse a menudo y realice actividades menos intensas. Prestar atención a la aparición de síntomas como tos o dificultad para respirar. Las personas asmáticas deben seguir sus planes de acción y tener a mano medicamentos de acción rápida. Si padece de una cardiopatía: Síntomas como palpitaciones, dificultad para respirar o fatiga inusual pueden indicar un problema grave. Si sufre cualquiera de estos síntomas, comuníquese con su proveedor médico. |
| 151 – 200 | INSALUBRE | 255 - 354 | 55.5 -150.4 | Todos | Grupos sensibles: Evitar actividades que requieran esfuerzo prolongado o intenso. Tener en cuenta la posibilidad de realizar las actividades al interior de sus casas. Para el resto de las personas: Reducir las actividades que requieran esfuerzo prolongado o intenso. Descansar a menudo durante las actividades al aire libre. |

Fuente: https://www3.epa.gov/airnow/aqi_brochure_02_14.pdf

6.1. ESTADOS DE LA CALIDAD DEL AIRE PARA EL PM₁₀

La figura N° 22 muestra las concentraciones promedio de 24 horas para el PM₁₀ asociados a su respectivo estado de la calidad del aire, donde se observó que las estaciones Campo de Marte (CDM) y Santa Anita (STA) se encontraron dentro del estado de la calidad del aire “bueno” durante casi todo el mes de julio. Asimismo, la estación Villa María del Triunfo (VMT) mostró 2 días con estado “bueno”, 8 días con estado “moderado”, 1 día con estado “Insalubre para grupos sensibles”; la estación Carabayllo (CRB) mostró 5 días con estado “bueno” y 25 días con estado “moderado”, mientras que la estación San Borja (SBJ) mostró 22 días con estado “moderado”.

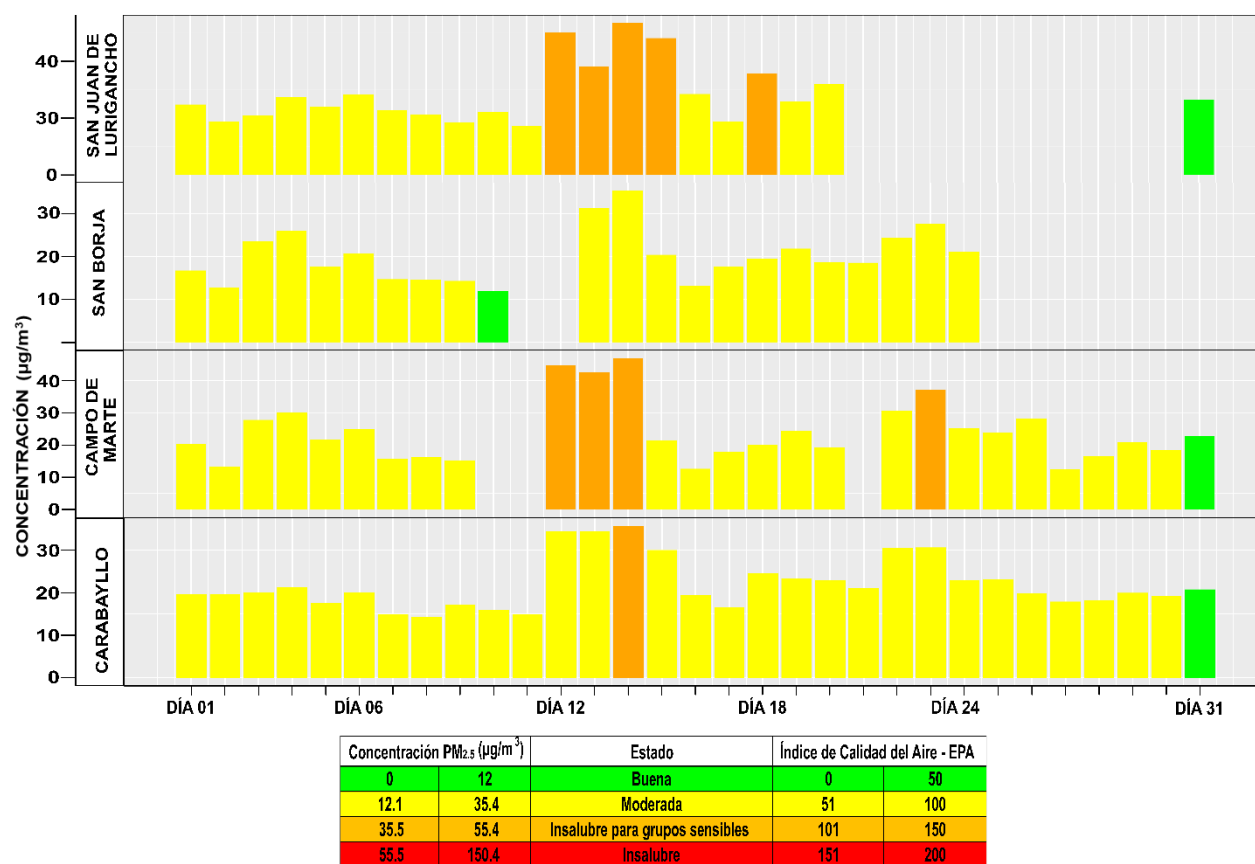
Figura N° 22. Estados de la Calidad del Aire para PM₁₀ – JULIO



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

La figura N° 23 muestra las concentraciones promedio de 24 horas para el PM_{2.5} asociados a su respectivo estado de la calidad del aire, donde se observó que la estación Carabayllo (CRB) presentó 1 día con estado de la calidad del aire “bueno”, 29 días con estado “moderado” y 1 día con estado “Insalubre para grupos sensibles”; Campo de Marte (CDM) 1 día con estado “bueno”, 23 días con estado “moderado” y 4 días con estado “Insalubre para grupos sensibles”; la estación San Borja (SBJ) mostró 1 día con estado “bueno” y 21 días con estado “moderado” y la estación San Juan de Lurigancho (SJM) presentó 1 día con estado “bueno”, 15 días con estado “moderado” y 5 días con estado “Insalubre para grupos sensibles”.

Figura N° 23. Estados de la Calidad del Aire para PM_{2.5} – JULIO



7. CONCLUSIONES

- Las condiciones meteorológicas influyeron en el comportamiento diario y horario de los contaminantes del aire en el AMLC durante el mes de julio. La alta humedad relativa en los últimos días de la decadaria 1, favorecieron a la disminución del PM_{10} . En la decadaria 2, el descenso de la temperatura y el incremento de la humedad relativa generaron las condiciones para un incremento de $PM_{2.5}$.
- Las concentraciones diarias del PM_{10} mostraron un incremento gradual desde la decadaria 1 en las estaciones de CRB, STA, SBJ y CDM, siendo las estaciones VMT y SBJ que superaron sus respectivos ECA-aire en algunos días. Las concentraciones diarias del $PM_{2.5}$ fueron mayores en la decadaria 2; sin embargo la estación SJL fue la única que superó sus respectivos ECA-aire.
- Los contaminantes gaseosos NO_2 y CO no superaron sus respectivos ECA-aire. Asimismo, realizando una comparación del NO_2 con sus datos históricos (2015-2019) se evidenció una disminución significativa de la concentraciones en el mes de julio 2020.
- El O_3 no superó su respectivo ECA-aire. Asimismo, la estaciones SJL y STA registraron las concentraciones más altas en la decadaria 1.
- Los datos mostrados por el Satélite SENTINEL-5P y el modelo (CAM5), indicaron disminuciones en la columna de dióxido de nitrógeno (NO_2) entre un 0% y 20% y del material particulado menores a 2.5 micras ($PM_{2.5}$) entre un 5% y 20% respectivamente sobre el AMLC, en comparación al mes de julio del 2019.
- Con respecto a los estados de la calidad del aire se pudo apreciar que, el contaminante PM_{10} presentó mayores días con estado “bueno” en las estaciones CDM y STA durante el mes de julio, las estaciones SBJ y CRB presentó mayores días con estados “moderado”, mientras que la estación SJL presentó un día con estado “insalubre para grupo sensibles”. Asimismo, el contaminante $PM_{2.5}$ presentó mayores días con estado de calidad del aire “moderado” en todas las estaciones. Asimismo, las estaciones de CRB, CDM y SJL presentaron algunos días estado “insalubre para grupo sensibles”.

8. PERSPECTIVAS DE LA CALIDAD DEL AIRE PARA EL MES DE AGOSTO

De acuerdo al pronóstico climático⁹, se espera que en el AMLC las temperaturas máximas y mínimas alcancen valores por debajo de sus promedio climáticos, lo que favorecería principalmente al incremento gradual de las concentraciones de $PM_{2.5}$ y disminución de las concentraciones de PM_{10} . Sin embargo, dado a que las medidas como el aislamiento social obligatorio se levantaron (trayendo como consecuencia un aumento de las emisiones vehiculares e industriales) se espera que las concentraciones de ambos contaminantes alcancen valores cercano a sus promedios históricos para el mes de agosto.

9. Documento: Boletín climático nacional - agosto 2020 SENAMHI

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. Francesco Renato Urdanivia Lermo (furdanivia@senamhi.gob.pe)

Mg.Sc. Alan Jesús García Rosales

Ing. Elvis Anthony Medina Dionicio

Ing. Roy Antonio Garay Saravia (rgaray@senamhi.gob.pe)

Bach. Carlos Enciso Ojeda

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>

Próxima actualización: 15 de septiembre de 2020