

Agosto 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) – AGOSTO 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 reanálisis<sup>1</sup> 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 agosto en el AMLC, se utilizó información de la aplicación Moovit<sup>2</sup>. 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” (CAMS 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](https://moovitapp.com/insights/es/Moovit_Insights_%C3%8Dndice_de_Transporte_P%C3%BAblico-countries).

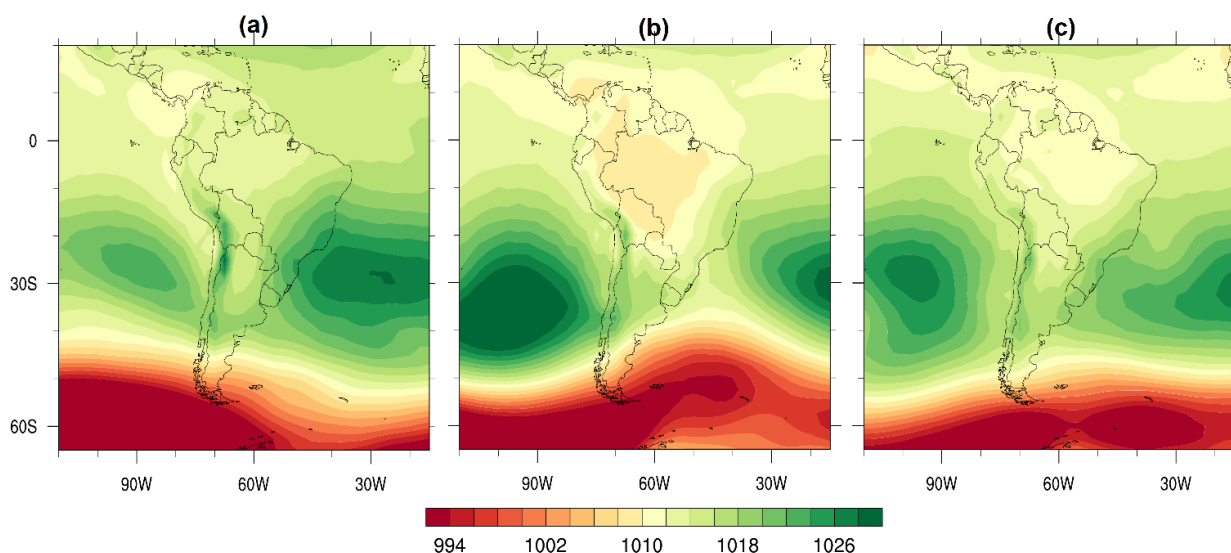
## 1. VIGILANCIA DE LAS CONDICIONES SINÓPTICAS Y METEOROLÓGICAS LOCALES EN EL AMLC

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 agosto 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 dentro de su normal<sup>3</sup> 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 por encima de su normal, ubicándose más al sur 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 regresando a los 30°S (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

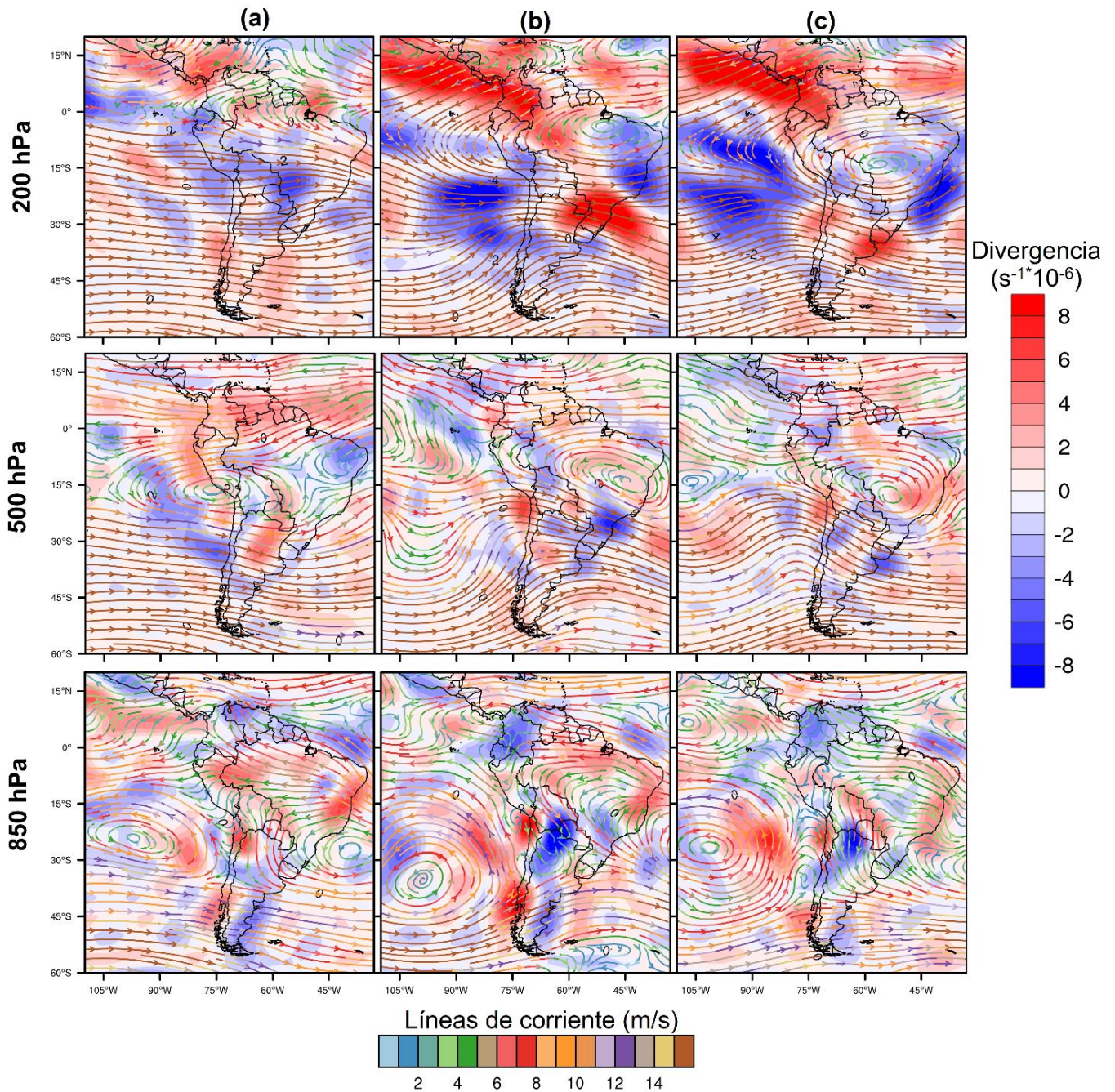
El comportamiento de las líneas de corriente (flujos de vientos) y la divergencia (cambios en los flujos de vientos por su dirección y/o velocidad) a diferentes niveles de presión (alturas sobre la superficie; niveles altos - 200 hectopascales (hPa), niveles medios - 500 hPa y niveles bajos - 850 hPa) sobre Sudamérica son mostrados en la figura N°2. Durante la decadiaria 1 se tuvo flujos de vientos descendentes desde niveles altos hacia niveles medios (divergencia negativa en 200 hPa y divergencia positiva en 500 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°02b). Finalmente, en la decadiaria 3, se observó divergencia positiva desde 200 hPa hasta 850 hPa, lo cual no favorecería a un descenso de vientos desde niveles altos hacia la superficie. Sin embargo, estas condiciones estarían asociadas a días con cielos despejados (figura N°02c).

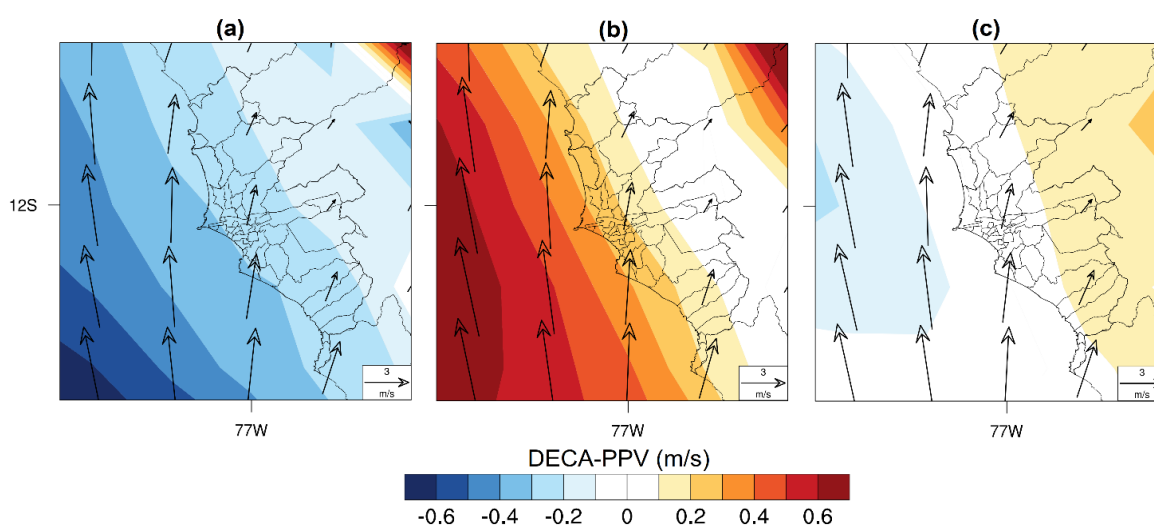
Figura N° 02. Decadiarias de las líneas de corriente (m/s) y divergencia ( $s^{-1} \cdot 10^{-6}$ ) a diferentes niveles de presión.



### 1.3. 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 agosto 2020 (DECA) con respecto a su promedio mensual para agosto 2020 (PPV) mostrado en la figura N° 03. Es así que, en la decadiaria 1 se observó una disminución del viento costero (figura N°03a); mientras que en la decadiaria 2 se observó un aumento del viento costero (figura N°03b). Finalmente, en la decadiaria 3 se apreció que el viento costero volvió a disminuir debido a una disminución de los valores de presión atmosférica del APS (figura N°03c), lo cual favorecería a días con aumento de temperatura.

Figura N° 03. 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), Carabayllo (CRB), San Martín de Porres (SMP), San Juan de Lurigancho (S JL), Alexander Von Humboldt (VH), Santa Anita (STA), Villa María del Triunfo (VMT), Campo de Marte (CDM) y Aeropuerto Internacional Jorge Chávez (JCH). Adicionalmente se representó la variabilidad diaria de la capa límite atmosférica (ACLA)<sup>4</sup> para lo cual se usó datos de reanálisis ERA5.

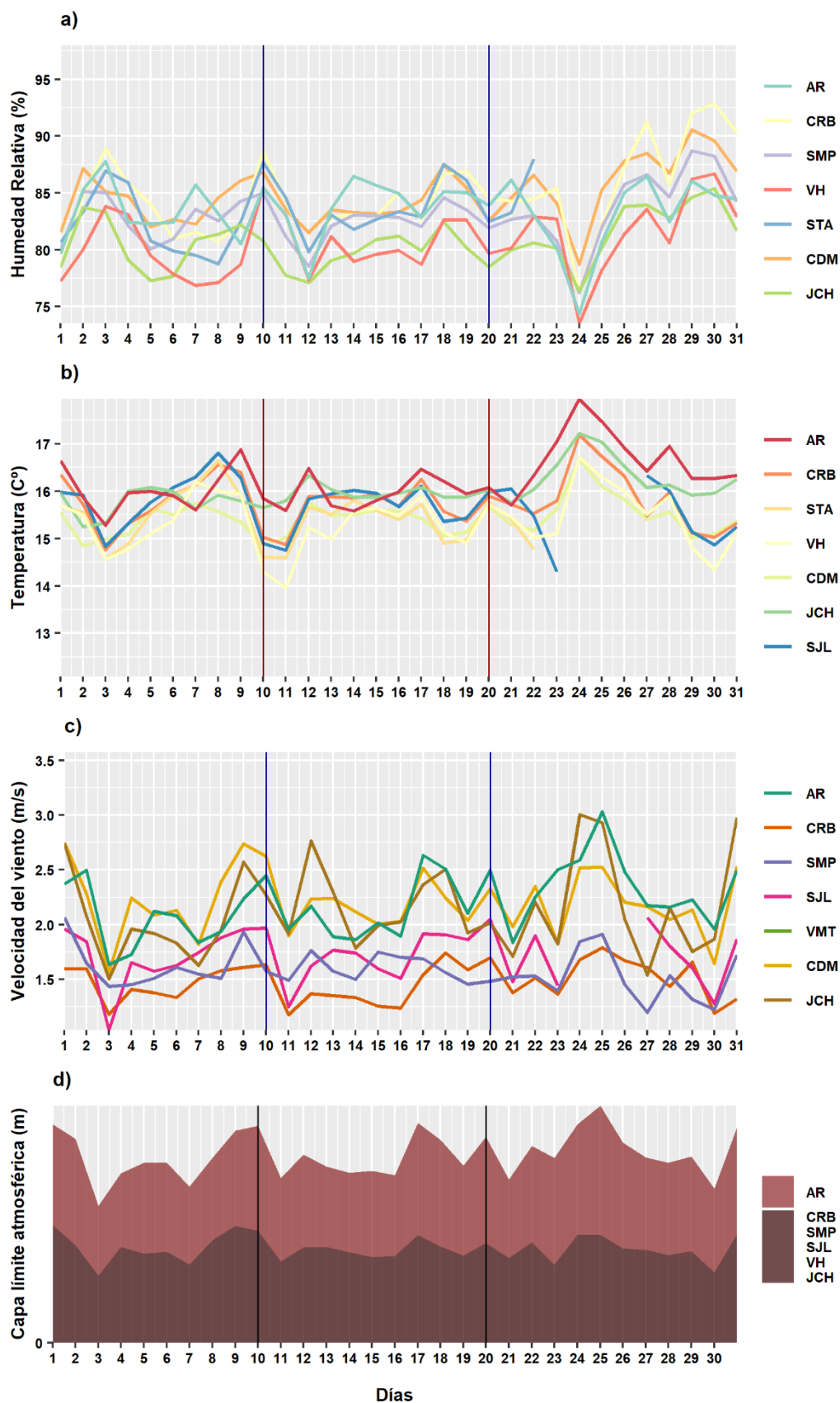
Con respecto a la humedad relativa (figura N°04a), se observó una disminución pronunciada los días 05, 08, 12, 14, 17, 20, 24, 28 y 31, mientras que los días 03, 07, 10, 13, 16, 18, 22, 27 y 29 mostraron un incremento. Así mismo, la temperatura mostró un comportamiento opuesto a la humedad relativa, presentando tendencias de incremento los días de menor humedad y tendencias de disminución los días de mayor humedad (figura N°04b). Por otro lado, la velocidad del viento presentó disminuciones los días 03, 07, 11, 14, 16, 19, 21, 23, 27 y 30, mientras que los días 02, 04, 09, 12, 15, 17, 20, 22, 25, 29 y 31 mostraron un incremento (figura N°04c). Asimismo, la ACLA presentó mayores alturas en la estación AR y menores alturas en las estaciones de CRB, SMP, S JL, VH, JCH. De esta manera, se observó incrementos de ACLA los días 04, 09, 12, 17, 20, 22, 25, 29 y 31 disminución los días 03, 07, 11, 19, 21, 23 y 30 (figura N°04d).

En promedio los valores de la temperatura presentaron una tendencia a disminuir en la decadiaria 3, asociado a la disminución de la temperatura superficial del mar<sup>5</sup>. Asimismo,

4. ACLA: parte de la tropósfera influenciada directamente por la superficie terrestre, donde se concentra la mayor cantidad de sustancias contaminantes.  
5. Documento: Comunicado Oficial del ENFEN N°10 de 2020.

dentro de esta decadiaria, también se observaron valores máximos de la humedad relativa. En el caso de la velocidad del viento, este estaría asociado a factores locales, guardando relación con el comportamiento de la temperatura.

Figura N° 04. 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°05), 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 temperatura superficial del mar y aumento de la humedad relativa, característica de la estación de invierno. Asimismo, la ocurrencia de estabilidad atmosférica durante el mes (mencionado en la sección 1.2) favorecería a la permanencia de nubosidad.

**Figura N° 05. Altura de la base de nube (m) registrada en la estación Aeropuerto Internacional Jorge Chávez (JCH).**

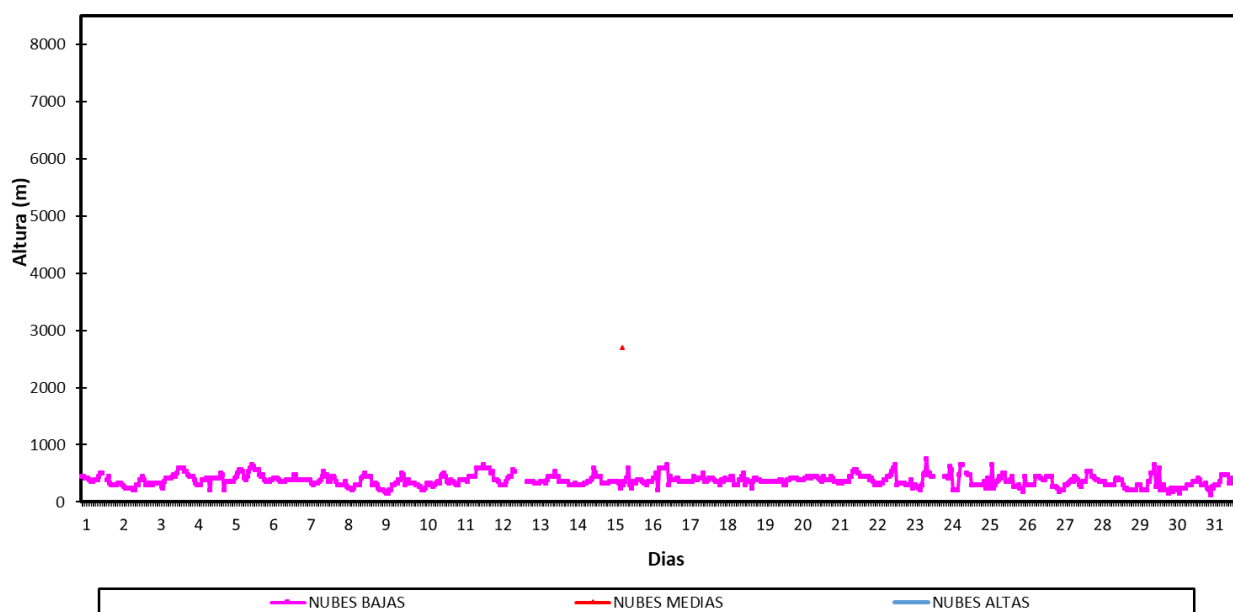


Figura N° 07. Rosas de viento para el horario diurno en el AMLC.

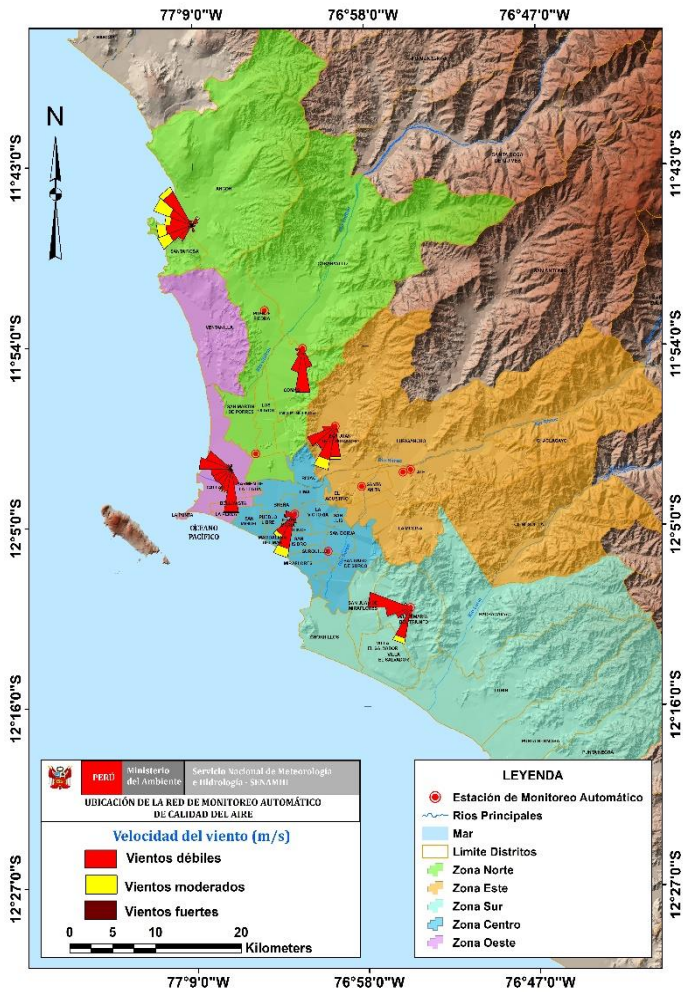


Figura N° 08. Rosas de viento para el horario vespertino en el AMLC.

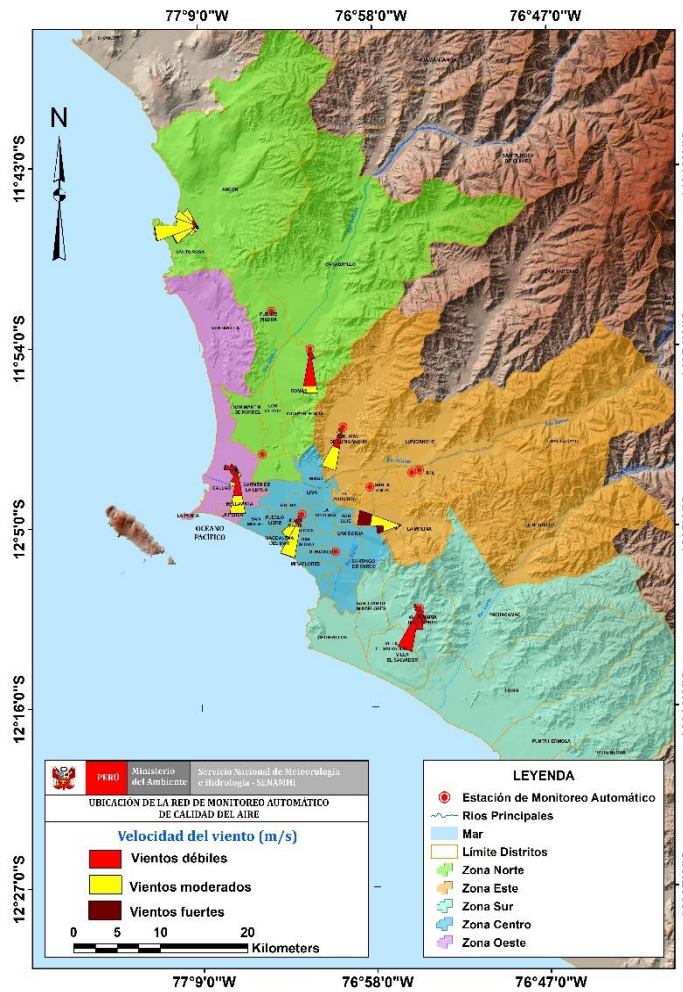
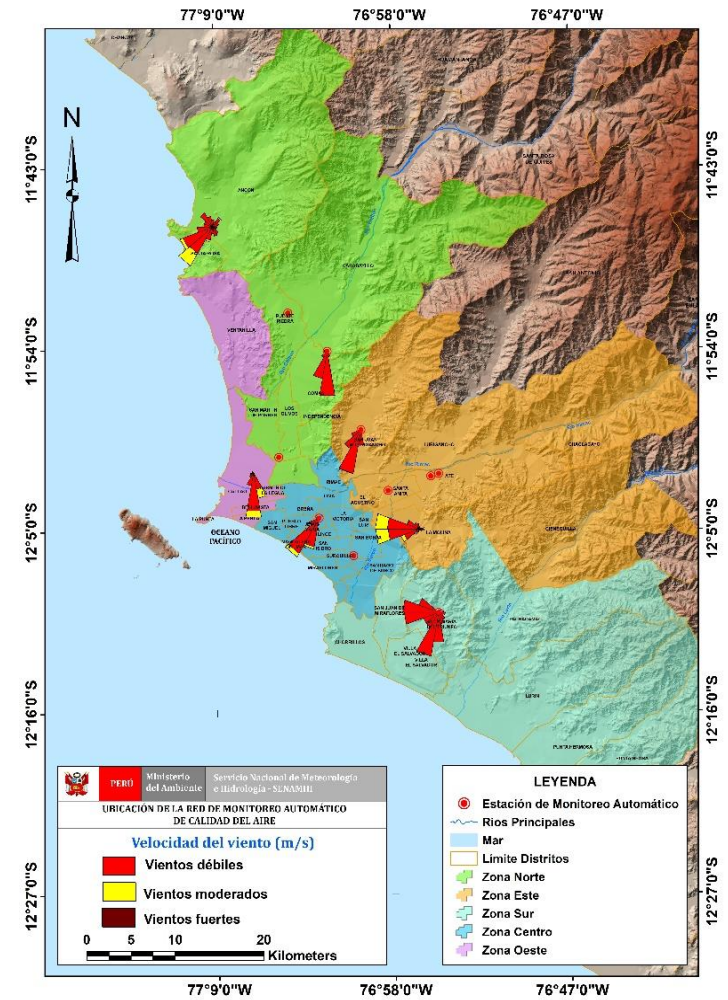


Figura N°09. Rosas de viento para el horario nocturno en el AMLC.



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 PM<sub>10</sub> (material particulado menor a 10 micras), PM<sub>2.5</sub> (material particulado menor a 2.5 micras), NO<sub>2</sub> (dióxido de nitrógeno), O<sub>3</sub> (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 (S JL) 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)

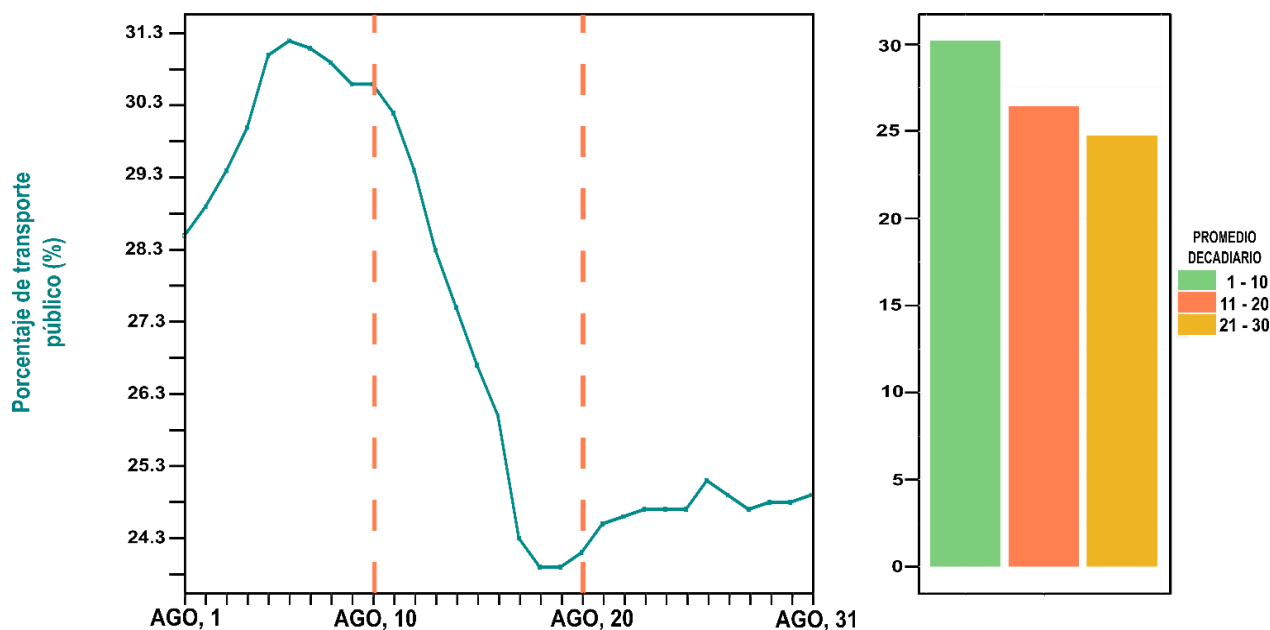
La Ley N° 28611 - Ley General del Ambiente define al estándar de calidad ambiental (ECA) como **"la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el aire, agua y suelo en su condición de cuerpo receptor, que 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 3, obteniéndose los mayores porcentajes de actividad vehicular en la decadiaria 1 durante el mes de agosto. Mientras que en la decadiaria 2, 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

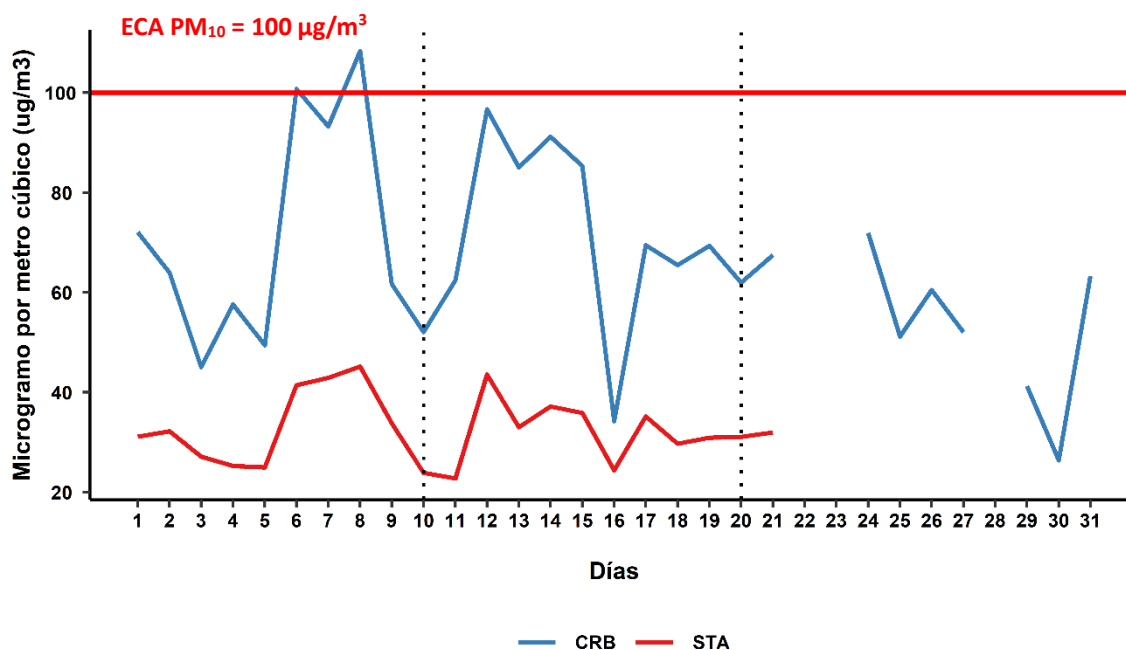
Con los datos de las estaciones de monitoreo de la calidad del aire ubicadas en el AMLC, se realizó un análisis de la variabilidad diaria y/o horaria de las concentraciones del PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> y CO. Los datos provinieron de las estaciones: Carabayllo (CRB), 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 PM<sub>10</sub>

En la figura N° 12 se observa que las concentraciones diarias registradas en la estación CRB superaron algunos días el ECA-aire para PM<sub>10</sub> (100 µg/m<sup>3</sup> como promedio diario) durante los días monitoreados. Asimismo, se pudo apreciar lo siguiente:

- **Zona norte:** En la estación Carabayllo (CRB) la concentración máxima fue 108.33 µg/m<sup>3</sup> (sábado 08) y la mínima fue de 26.36 µg/m<sup>3</sup> (domingo 30).
- **Zona este:** En la estación Santa Anita (STA) la concentración máxima fue 45.16 µg/m<sup>3</sup> (sábado 08) y la mínima fue de 22.74 µg/m<sup>3</sup> (martes 11).

Figura N° 12. Variación diaria del PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) en el AMLC.



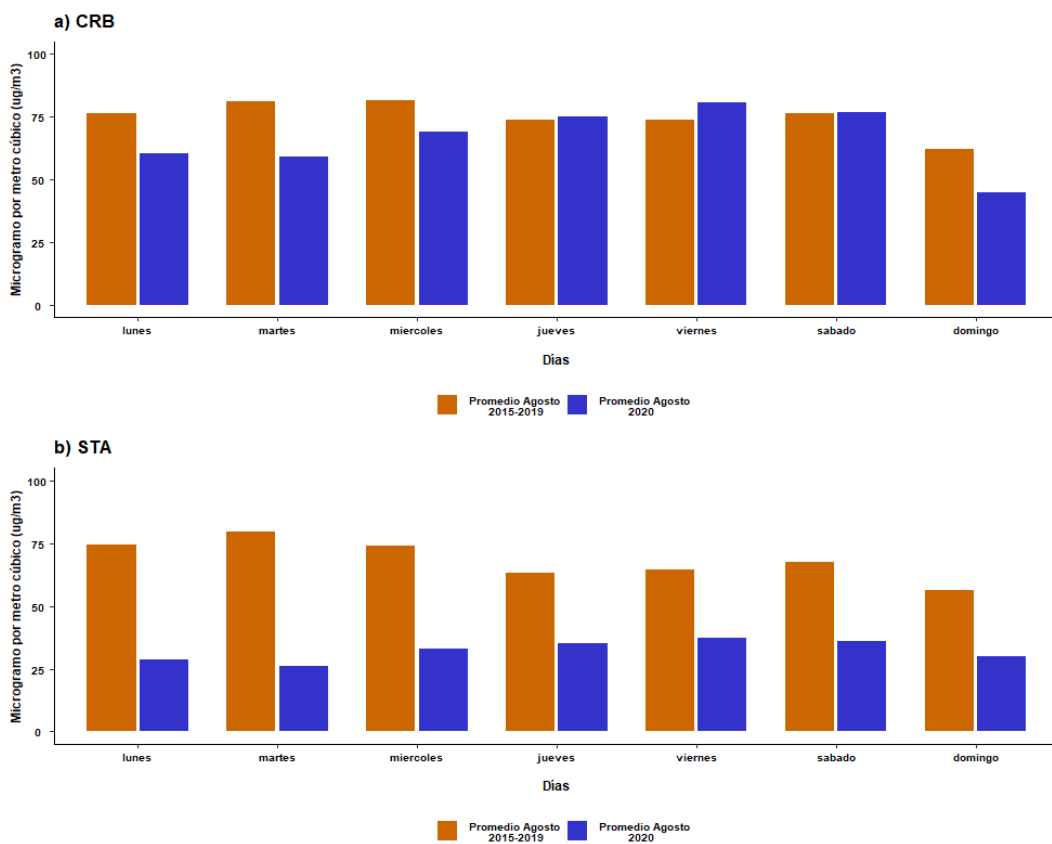
Asimismo, se observó en promedio un incremento de las concentraciones de PM<sub>10</sub> en la decadiaria 1, lo que estuvo relacionado a factores meteorológicos como el incremento de temperatura y disminución de la humedad relativa durante los últimos días (mencionado en la sección 1.3). Mientras que, el incremento de las concentraciones observados los días 06, 07 y 08 estuvo relacionado a la disminución de altura de la capa límite atmosférica (mencionado en la sección 1.3). En la decadiaria 2, se apreció un incremento de las concentraciones de PM<sub>10</sub> el día 12, lo cual estaría asociada a menores porcentajes de humedad relativa, mayores temperaturas y presencia de vientos fuertes (mencionado en la sección 1.3), que permitieron la resuspensión de partículas gruesas (polvo). En la decadiaria 3, se observó en promedio una ligera disminución

de las concentraciones de PM<sub>10</sub>, lo que estuvo relacionado al incremento de humedad relativa y disminución de las temperaturas durante los últimos días (mencionado en la sección 1.3).

Las concentraciones más bajas fueron alcanzadas los días 10 (lunes), 11 (martes), 16 (domingo) y 30 (domingo), los cuales podría atribuirse a un descenso de la temperatura, aumento de la humedad relativa y presencia de vientos débiles (mencionado en la sección 1.3).

En la figura N° 13 se presenta la variación diaria en la semana de las concentraciones del PM<sub>10</sub> históricas (periodo 2015 - 2019) para agosto y el periodo de estado de emergencia (agosto 2020), donde se ha observado que la estación Carabayllo (CRB) mostró una disminución de 11% (figura N° 13a), la estación Santa Anita (STA) una disminución de 50% (figura N° 13b). En promedio se registró una reducción de 31% para las 2 estaciones.

**Figura N° 13. Comparativo de las concentraciones históricas y las registradas durante el estado de emergencia para el PM<sub>10</sub>.**

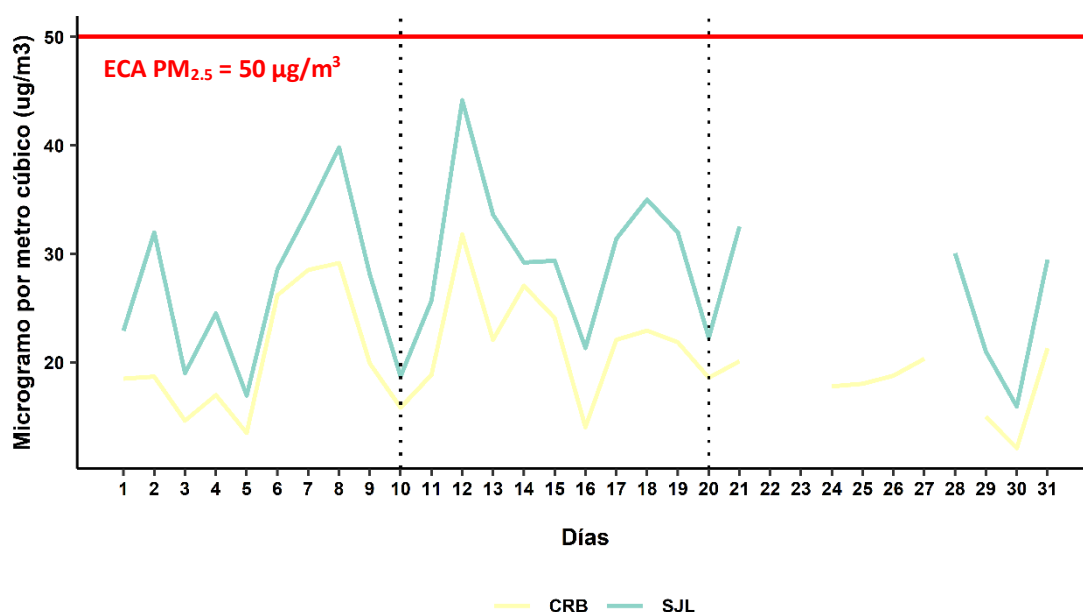


## 4.2. CONCENTRACIONES DIARIAS DEL PM<sub>2.5</sub>

En la figura N° 14 se observa que las concentraciones diarias registradas en las estaciones no superaron el ECA-aire para PM<sub>2.5</sub> (50 µg/m<sup>3</sup> como promedio diario) durante los días monitoreados. Asimismo, se pudo apreciar lo siguiente:

- **Zona norte:** En la estación Carabayllo (CRB) la concentración máxima fue 31.76 µg/m<sup>3</sup> (miércoles 12) y la mínima fue de 12.10 µg/m<sup>3</sup> (domingo 30).
- **Zona este:** En la estación San Juan de Lurigancho (SJL) la concentración máxima fue 44.18 µg/m<sup>3</sup> (miércoles 12) y la mínima fue de 15.94 µg/m<sup>3</sup> (domingo 30).

Figura N° 14. Variación diaria del PM<sub>2.5</sub> (µg/m<sup>3</sup>) en el AMLC.

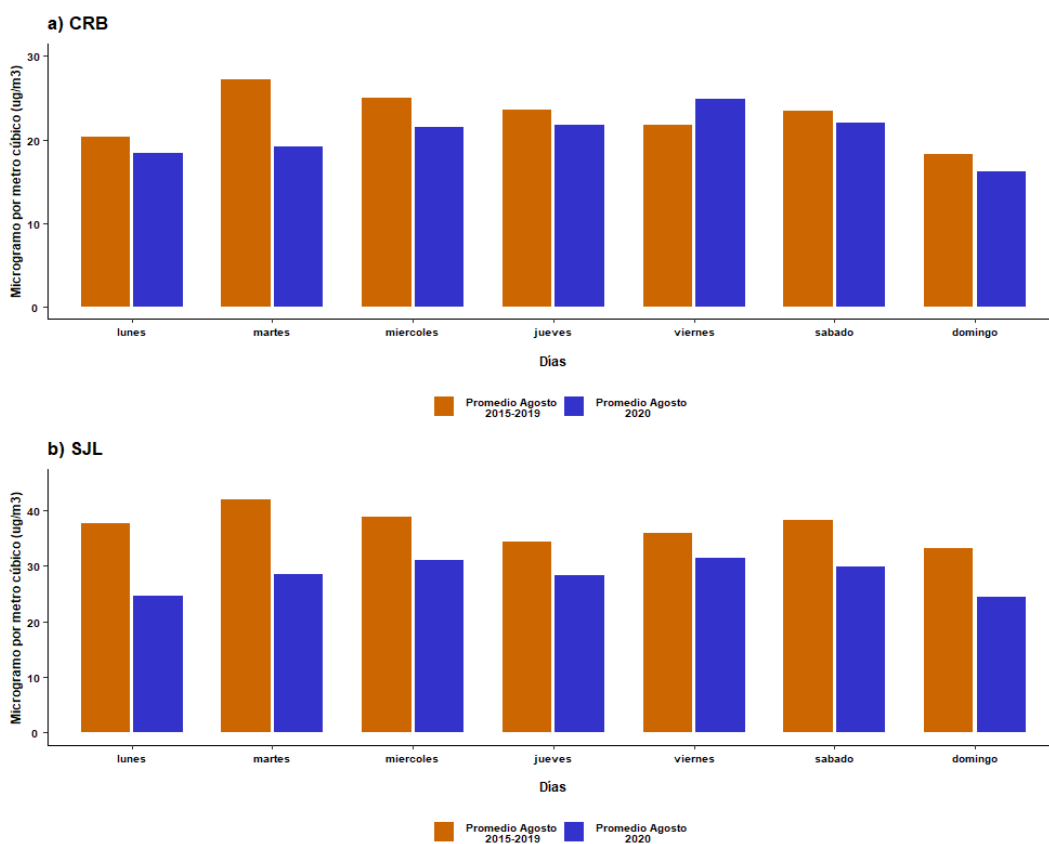


En la decadiaria 1 se observó un incremento de las concentraciones del PM<sub>2.5</sub> (principalmente los últimos días), lo que estuvo relacionado a la disminución de la altura de la capa límite atmosférica (mencionado en la sección 1.3) y al incremento de la actividad vehicular (mencionado en la sección 3). En la decadiaria 2, existió en promedio un incremento de las concentraciones de PM<sub>2.5</sub>, lo que estuvo asociado a un aumento de la humedad relativa y a la disminución de la altura de la capa límite atmosférica a partir del día 13 hasta el día 16 (mencionado en la sección 1.3). Mientras que, en la decadiaria 3 se observa una disminución de las concentraciones de PM<sub>2.5</sub>, 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 desde el día 20 al 25 (mencionado en la sección 1.3).

Además de lo ya explicado, los días 05 (miércoles), 10 (lunes), 16 (domingo), 20 (jueves) y 30 (domingo) se registró las concentraciones más bajas del PM<sub>2.5</sub>, lo cual estuvo asociado al aumento de la altura de la capa límite atmosférica (mencionado en la sección 1.3).

En la figura N° 15 se presenta la variación diaria en la semana de las concentraciones del PM<sub>2.5</sub> históricas (periodo 2015 - 2019) para agosto y el periodo de estado de emergencia (agosto 2020), donde se ha observado que la estación Carabayllo (CRB) mostró una disminución de 23% (figura N° 15a), la estación San Juan de Lurigancho (SJL) mostró una disminución de 9% (figura N° 15b). En promedio se registró una reducción de 16% para las 2 estaciones.

Figura N° 15. Comparativo de las concentraciones históricas y las registradas durante el estado de emergencia para el PM<sub>2.5</sub>.

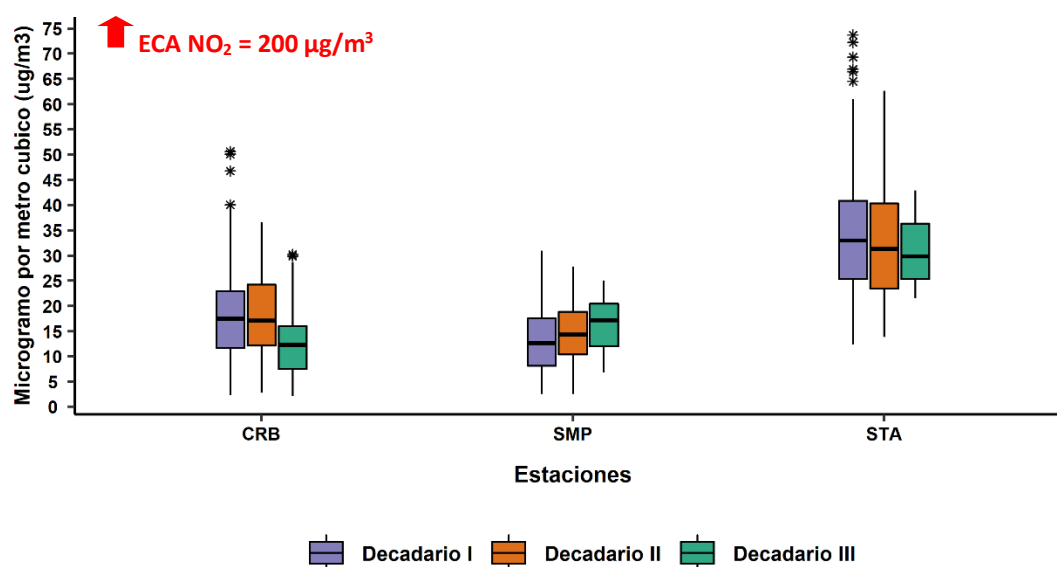


### 4.3. CONCENTRACIONES HORARIAS DEL NO<sub>2</sub>

En la figura N° 16 se observa que las concentraciones horarias registradas en las estaciones no superaron el ECA-aire para NO<sub>2</sub> (200 µg/m<sup>3</sup> 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 50.60 µg/m<sup>3</sup> (sábado 08 a las 11:00 horas) y la mínima fue de 2.10 µg/m<sup>3</sup> (miércoles 26 a las 00:00 horas), mientras que en la estación San Martín de Porres (SMP) la concentración máxima fue 30.90 µg/m<sup>3</sup> (jueves 06 a las 11:00 horas) y la mínima fue de 2.50 µg/m<sup>3</sup> (miércoles 05 a las 03:00 horas).
- **Zona este:** En la estación Santa Anita (STA) la concentración máxima fue 73.70 µg/m<sup>3</sup> (viernes 07 a las 12:00 horas), mientras que la mínima fue de 12.30 µg/m<sup>3</sup> (lunes 10 a las 03:00 horas).

Figura N° 16. Variación horaria del NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) en el AMLC.



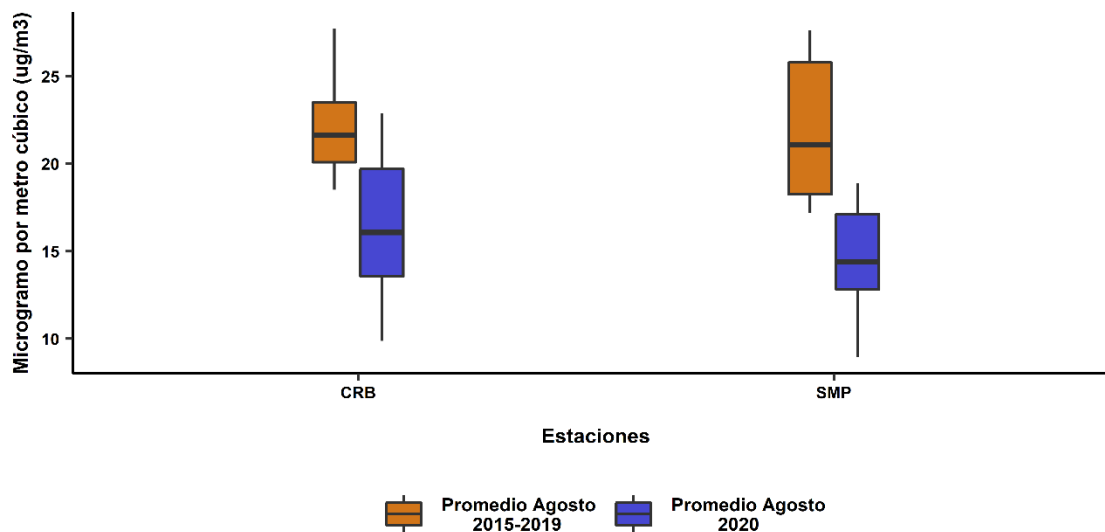
Durante el mes de agosto, las mayores concentraciones del NO<sub>2</sub> se registraron en los horarios de mayor actividad vehicular (horas pico), las cuales están comprendidas en las primeras horas del día (7:00 horas hasta las 12:00 horas). Asimismo, las concentraciones horarias registradas en las estaciones de Carabayllo y Santa Anita son mayores en la decadiaria 1 a comparación de la decadiaria 3.

El incremento de las concentraciones del NO<sub>2</sub> registradas durante la decadiaria 1, estarían asociadas principalmente al incremento de la actividad vehicular (89% de las emisiones de NO<sub>x</sub> provienen de vehículos a diésel<sup>6</sup>; mencionado en la sección 3).

En la figura N° 17 se presentan las variaciones horarias de las concentraciones del NO<sub>2</sub> históricas (periodo 2015 al 2019) para agosto y el periodo de estado de emergencia (agosto 2020), donde se observó que la estación Carabayllo (CRB) mostró una disminución de 25% y la estación San Martín de Porres (SMP) una disminución de 33%. En promedio se registró una reducción de 29% 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 NO<sub>2</sub>

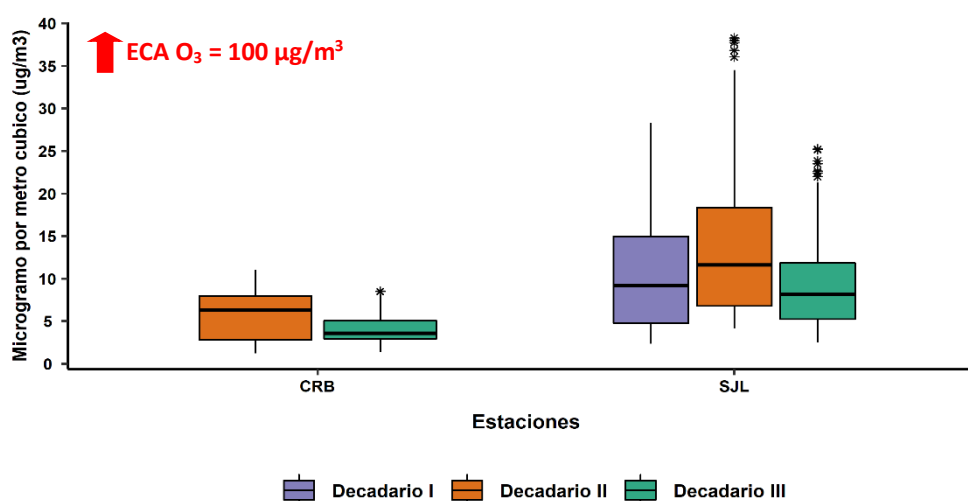


#### 4.4. CONCENTRACIONES HORARIAS (PROMEDIO MÓVIL DE 8 HORAS) DEL O<sub>3</sub>

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 O<sub>3</sub> (100 µg/m<sup>3</sup>) durante los días monitoreados. Asimismo, se pudo apreciar lo siguiente:

- **Zona norte:** En la estación Carabayllo (CRB) la concentración máxima fue 11.00 µg/m<sup>3</sup> (lunes 17 a las 11:00 horas) y la mínima fue de 1.22 µg/m<sup>3</sup> (viernes 14 a las 07:00 horas).
- **Zona Este:** En la estación San Juan de Lurigancho (S JL) la concentración máxima fue 38.29 µg/m<sup>3</sup> (domingo 16 a las 18:00 horas) y la mínima fue 2.35 µg/m<sup>3</sup> (martes 04 a las 03:00 horas).

Figura N° 18. Variación horaria (promedio móvil de 8 horas) del O<sub>3</sub> (µg/m<sup>3</sup>) en el AMLC.



Durante el mes de agosto, las mayores concentraciones del O<sub>3</sub> en el AMLC se registraron en los horarios posteriores al periodo de máxima radiación solar<sup>7</sup> (comprendido entre las 10:00 horas y

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

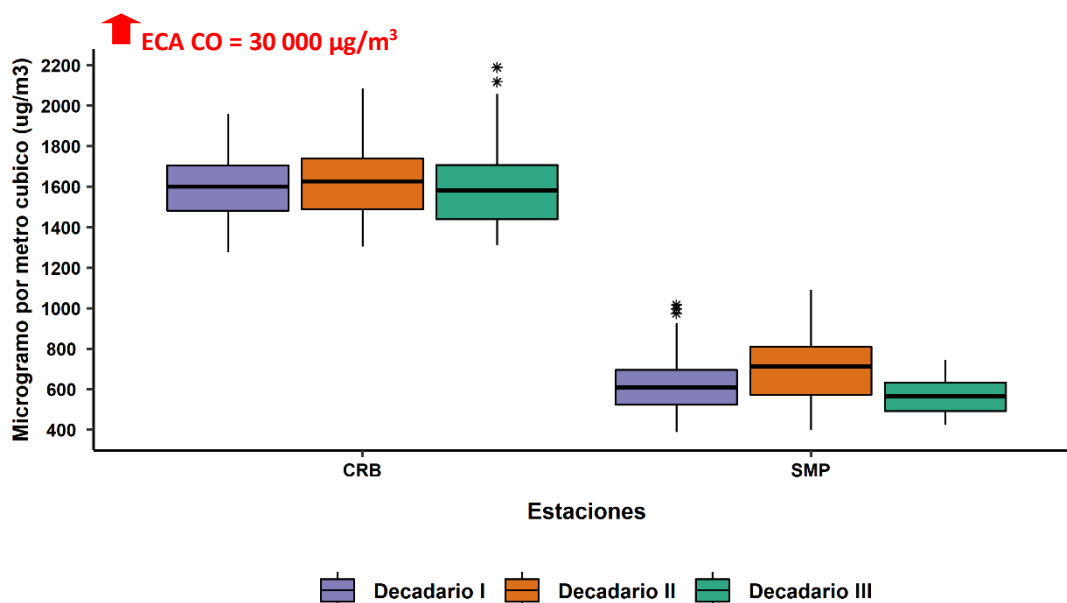
La formación de ozono en la decadiaria 2 se vio condicionada al incremento de las temperaturas (mencionado en la sección 1.3), lo que generó una disminución de las concentraciones de NO<sub>2</sub> (mencionado en la sección 4.3). Mientras que, en la decadiaria 3 se observa una reducción del O<sub>3</sub> debido a la reducción de la actividad vehicular (mencionado en la sección 4.3), lo que favoreció a la disminución del NO<sub>2</sub> (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/m<sup>3</sup>) durante los días monitoreados. Asimismo, se pudo apreciar lo siguiente:

- **Zona norte:** En la estación Carabaylo (CRB) la concentración máxima fue 2189.6 µg/m<sup>3</sup> (lunes 31 a las 10:00 horas) y la mínima fue de 1274.2 µg/m<sup>3</sup> (lunes 10 a las 04:00 horas), mientras que en la estación San Martín de Porres (SMP) la concentración máxima fue 1089.2 µg/m<sup>3</sup> (sábado 15 a las 09:00 horas) y la mínima fue 388.3 µg/m<sup>3</sup> (lunes 03 a las 04:00 horas).

Figura N° 19. Variación horaria del CO (µg/m<sup>3</sup>) en el AMLC.



Durante el mes de agosto, 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 mayores en comparación a la decadiaria 3.

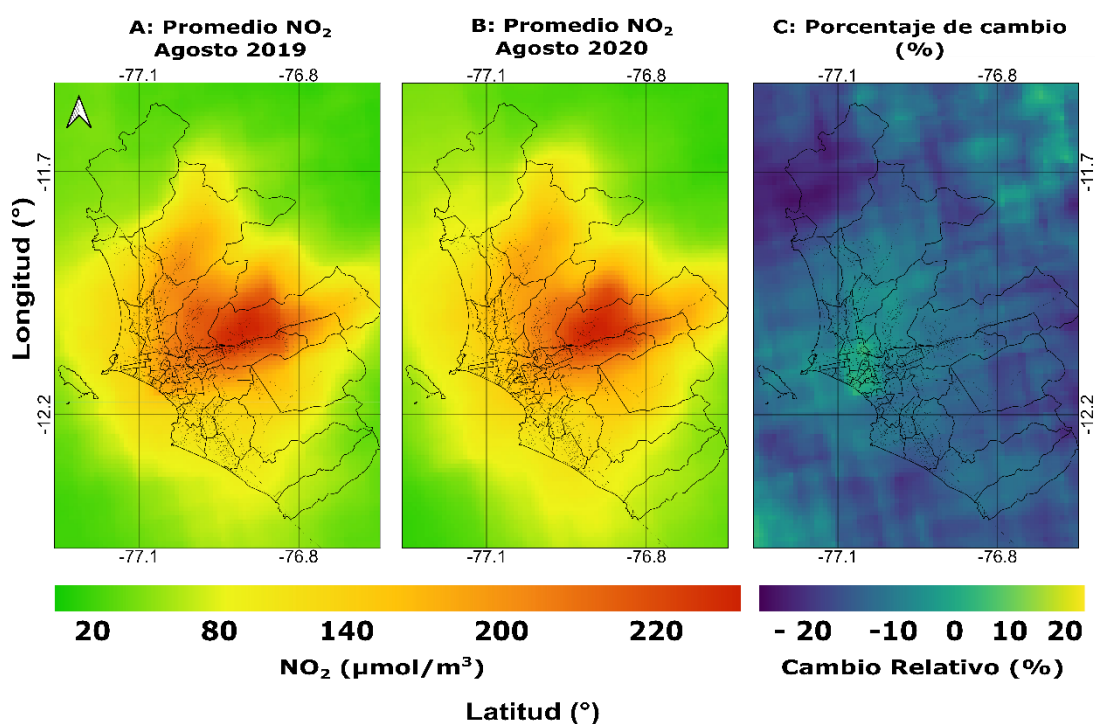
El incremento de las concentraciones del CO registradas durante la decadiaria 1, estarían asociadas principalmente al incremento de la actividad vehicular (87% de las emisiones de CO provienen de los vehículos a gasolina/gasohol<sup>8</sup>; mencionado en la sección 3).

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 NO<sub>2</sub> (μmol/cm<sup>2</sup>) 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 NO<sub>2</sub> para el mes de agosto del año 2019, la figura N°20b muestra la distribución espacial del NO<sub>2</sub> para el mes de agosto del año 2020 (durante el estado de emergencia) y la figura N°20c muestra el porcentaje de cambio del NO<sub>2</sub> de agosto 2020 con respecto a agosto del 2019.

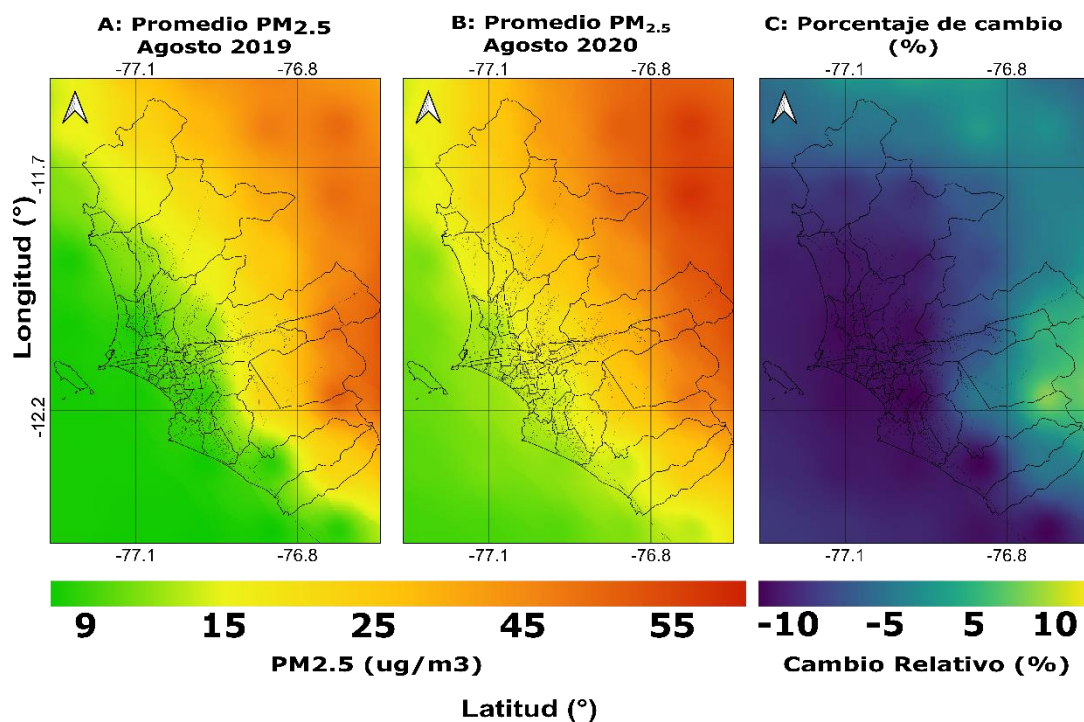
Figura N° 20. Distribución espacial de la columna del NO<sub>2</sub> (μmol/cm<sup>2</sup>) en la tropósfera sobre el AMLC.



La mayor cantidad de NO<sub>2</sub> en la columna de la tropósfera se registró durante agosto del 2019 (figura N°20a), con una disminución significativa en agosto 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 NO<sub>2</sub> durante agosto 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 agosto del año 2019, la figura N°21b muestra la distribución espacial del  $PM_{2.5}$  para el mes de agosto del año 2020 (durante el estado de emergencia) y la figura N°21c muestra el porcentaje de cambio del  $PM_{2.5}$  de agosto 2020 con respecto a agosto 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 agosto del 2019 (figura N°21a), con una ligera disminución en agosto del 2020 (figura N°21b), alcanzando una reducción de hasta un 10% (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.

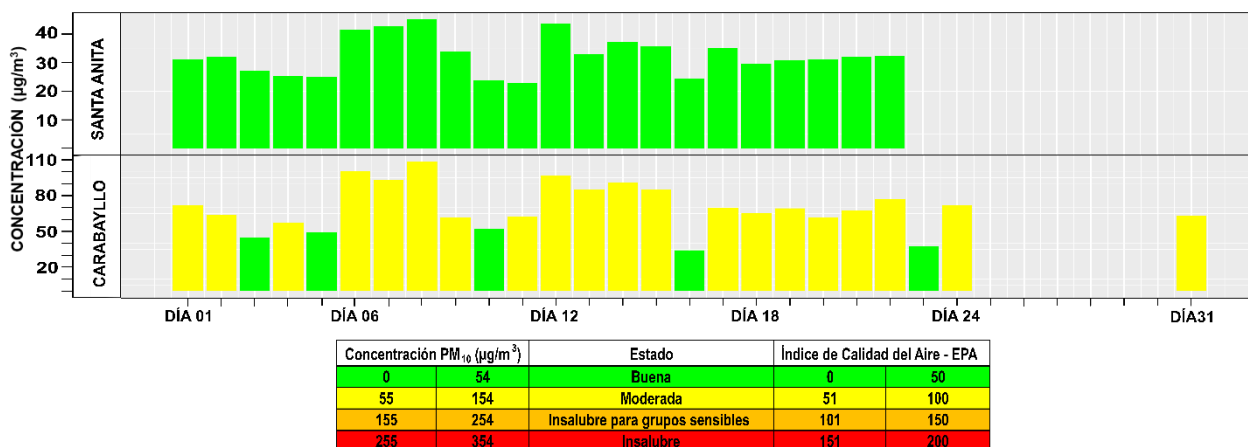
ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE	ESTADO	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 24-horas	PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 24-horas	¿QUIÉN SE DEBE PREOCUPAR?	MEDIDAS A TOMAR POR LA POBLACIÓN
0 – 50	BUENA	0 - 54	0.0 –12.0	Ninguno, No existe riesgo	La calidad del aire es aceptable se puede realizar actividades al aire libre
51 – 100	MODERADA	55 - 154	12.1 - 35.4	Personas que podrían ser excepcionalmente sensibles a la contaminación por partículas.	<b>Personas excepcionalmente sensibles:</b> 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. <b>Para el resto de las personas:</b> ¡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 <b>personas con cardiopatías o enfermedades pulmonares, adultos mayores, niños y adolescentes.</b>	<b>Grupos sensibles:</b> 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. <b>Las personas asmáticas</b> deben seguir sus planes de acción y tener a mano medicamentos de acción rápida. <b>Si padece de una cardiopatía:</b> 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	<b>Grupos sensibles:</b> Evitar actividades que requieran esfuerzo prolongado o intenso. Tener en cuenta la posibilidad de realizar las actividades al interior de sus casas. <b>Para el resto de las personas:</b> 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](https://www3.epa.gov/airnow/aqi_brochure_02_14.pdf)

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

La figura N° 22 muestra las concentraciones promedio de 24 horas para el PM<sub>10</sub> asociados a su respectivo estado de la calidad del aire, donde se observó que la estación Santa Anita (STA) se encontró dentro del estado de la calidad del aire “bueno” durante todo el mes de agosto. Asimismo, la estación Carabayllo (CRB) mostró 5 días con estado “bueno” y 26 días con estado “moderado”.

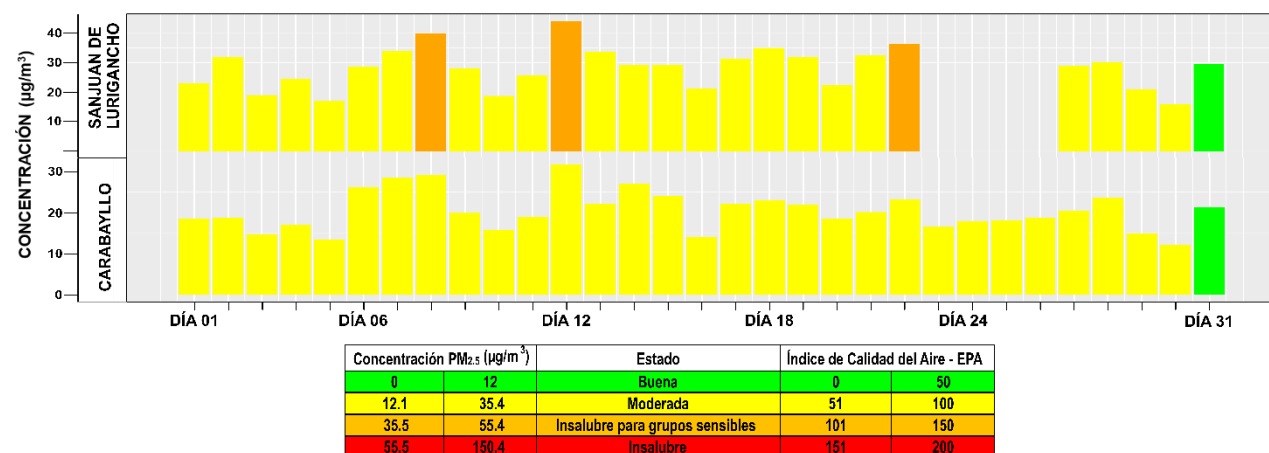
Figura N° 22. Estados de la Calidad del Aire para PM<sub>10</sub>



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

La figura N° 23 muestra las concentraciones promedio de 24 horas para el PM<sub>2.5</sub> 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”, 30 días con estado “moderado” y la estación San Juan de Lurigancho (S JL) presentó 1 día con estado “bueno”, 23 días con estado “moderado” y 3 días con estado “Insalubre para grupos sensibles”.

Figura N° 23. Estados de la Calidad del Aire para PM<sub>2.5</sub>



---

## 1. CONCLUSIONES

- Las condiciones meteorológicas influyeron en el comportamiento diario y horario de los contaminantes del aire en el AMLC durante el mes de agosto. La baja humedad relativa en la decadaria 1, favorecieron a al incremento del  $PM_{10}$ . En la decadaria 3, el incremento de la temperatura y la disminución de la humedad relativa generaron las condiciones para una disminución de  $PM_{2.5}$ .
- Las concentraciones diarias del  $PM_{10}$  mostraron un incremento en la decadaria 1 y 2, siendo la estación CRB que superará su respectivo ECA-aire en algunos días. Las concentraciones diarias del  $PM_{2.5}$  fueron mayores en la decadaria 2.
- 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 agosto 2020.
- El  $O_3$  no superó su respectivo ECA-aire. Asimismo, las estaciones registraron las concentraciones más altas en la decadaria 2.
- Los datos mostrados por el Satélite SENTINEL-5P y el modelo (CAM5), indicaron disminuciones en la columna de dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ) hasta un 20% y del material particulado menores a 2.5 micras ( $PM_{2.5}$ ) hasta un 10% respectivamente sobre el AMLC, en comparación al mes de agosto 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 “moderado” en la estación CRB durante el mes de agosto, mientras que la estación STA presentó todos los días estados “bueno”. Asimismo, el contaminante  $PM_{2.5}$  presentó mayores días con estado de calidad del aire “moderado” en la estación CRB. Asimismo, las estaciones de SJL presentaron algunos días estado “insalubre para grupo sensibles”.

---

## 2. PERSPECTIVAS DE LA CALIDAD DEL AIRE PARA EL MES DE SETIEMBRE

De acuerdo al pronóstico climático<sup>9</sup>, 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 setiembre.

---

9. Documento: Boletín climático nacional - setiembre 2020 SENAMHI

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

Ing. Jhojan Pool Rojas Quincho

[jprojas@senamhi.gob.pe](mailto:jprojas@senamhi.gob.pe)

**Subdirector de Evaluación del Ambiente Atmosférico**

#### **Elaboración**

Ing. Francesco Renato Urdanivia Lermo ([furdanivia@senamhi.gob.pe](mailto:furdanivia@senamhi.gob.pe))

Mg.Sc. Alan Jesús García Rosales

Ing. Elvis Anthony Medina Dionicio

Ing. Roy Antonio Garay Saravia ([rgaray@senamhi.gob.pe](mailto: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 octubre de 2020