

Setiembre 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) – SETIEMBRE 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 setiembre 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.

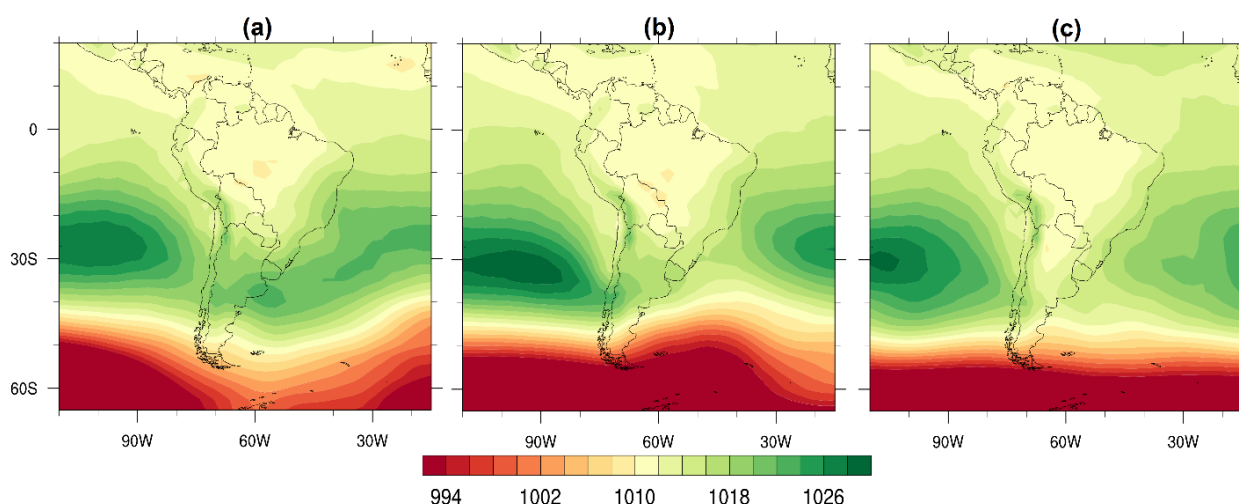
1. VIGILANCIA DE LAS CONDICIONES SINÓPTICAS Y METEOROLÓGICAS LOCALES EN EL AMLC

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

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 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 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 y se alejó del 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

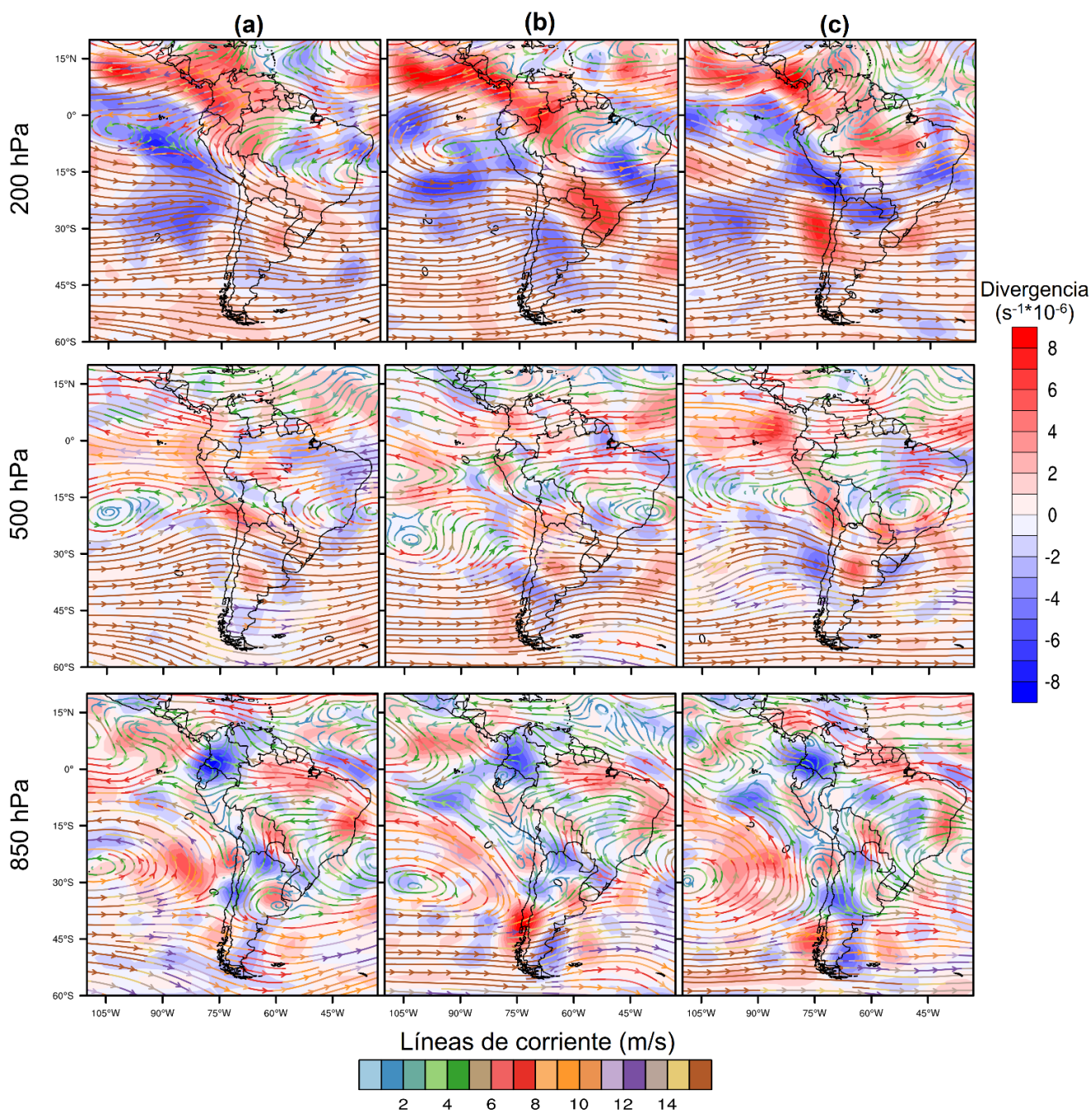
El comportamiento de las líneas de corriente (flujos de vientos) y la divergencia (cambios en los flujos de vientos por su dirección y/o velocidad) a diferentes niveles de presión (alturas sobre la superficie; niveles altos - 200 hectopascales (hPa), niveles medios - 500 hPa y niveles bajos - 850 hPa) 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 un debilitamiento de los flujos de vientos del este hacia la costa central, dichas condiciones favorecerían a una disminución de la humedad relativa y un aumento de la temperatura del aire en dicha región (figura N°02b). Finalmente, en la decadiaria 3, se observó

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

condiciones similares a la decadiaria 2, lo cual no favorecería a un descenso de vientos desde niveles altos hacia la superficie (figura N°02c).

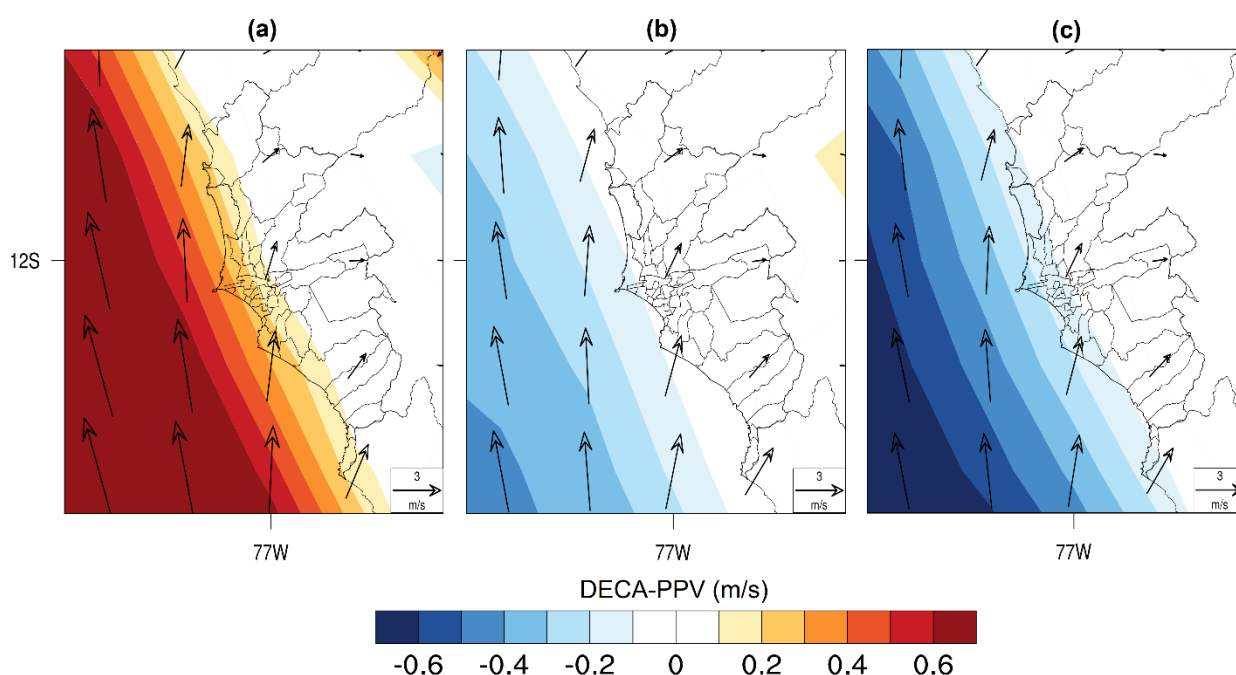
Figura N° 02. Decadiarias de las líneas de corriente (m/s) y divergencia ($s^{-1} \cdot 10^{-6}$) a diferentes niveles de presión.



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 setiembre 2020 (DECA) con respecto a su promedio mensual para setiembre 2020 (PPV) mostrado en la figura N° 03. Es así que, en la decadiaria 1 se observó un incremento del viento costero (figura N°03a); mientras que en la decadiaria 2 se observó una disminución del viento costero (figura N°03b). Finalmente, en la decadiaria 3 se apreció que el viento costero disminuyó aún más debido al alejamiento del continente del APS (mencionado en la sección 1.1) (figura N°03c), lo cual favorecería a días con incremento 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)⁴ para lo cual se usó datos de reanálisis ERA5.

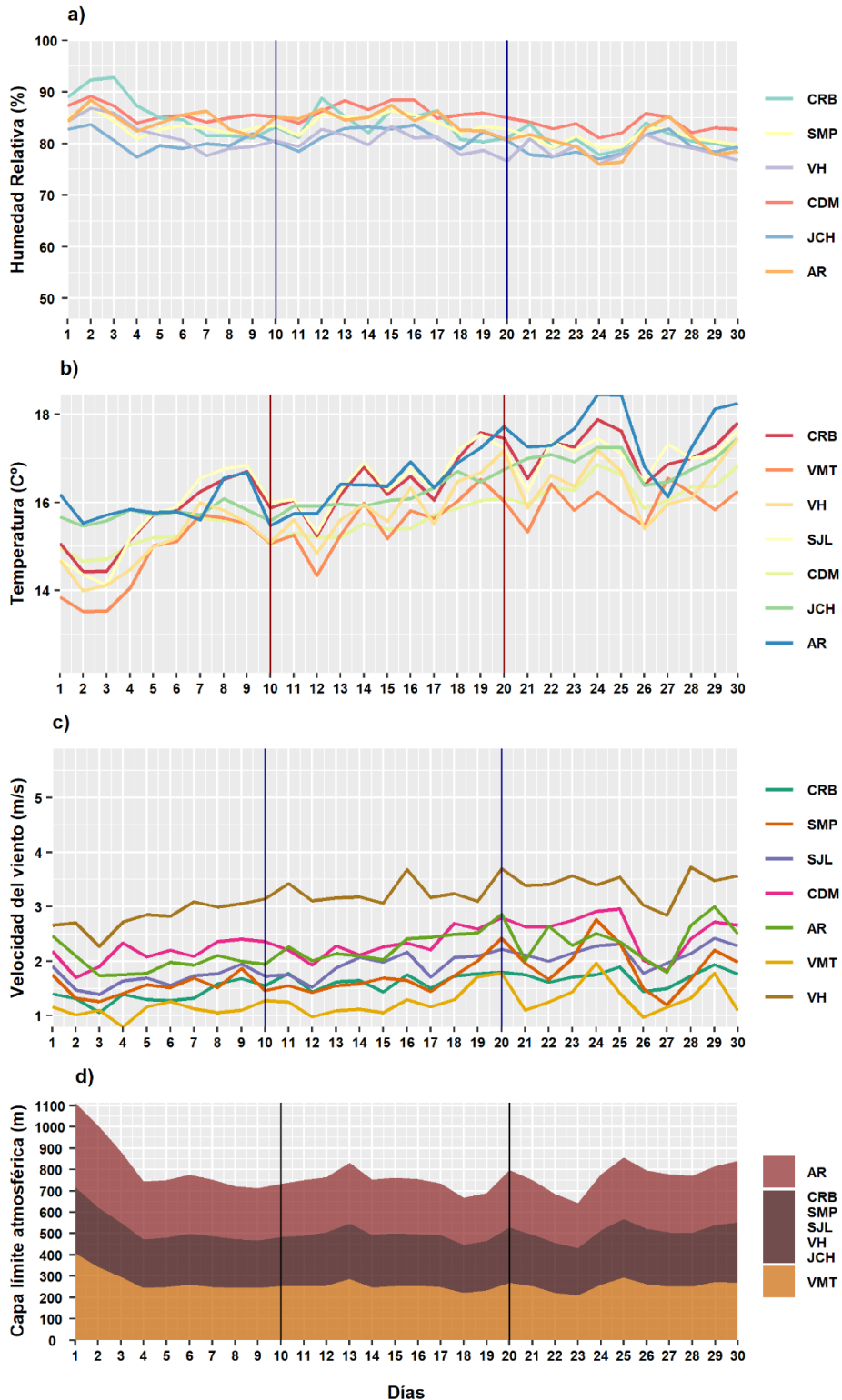
Con respecto a la humedad relativa (figura N°04a), se observó una disminución pronunciada los días 04, 07, 09, 11, 14, 16, 18, 20, 22, 24 y 30, mientras que los días 02, 10, 12, 15, 17, 21, 23 y 26 mostraron un incremento. Así mismo, la temperatura mostró un comportamiento opuesto a la humedad relativa, 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,

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

VH, JCH. De esta manera, se observó incrementos de ACLA los días 01, 06, 13, 20, 25 y 30 disminución los días 04, 09, 18, 28 y 30 (figura N°04d).

En promedio los valores de la temperatura presentaron una tendencia a aumentar en la decadiaria 3, asociado al inicio de la primavera. Asimismo, dentro de esta decadiaria, también se observaron valores mínimos 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 observada a finales del mes y la presencia de nubes altas (base de la nube mayor a 6000 m) fue nula.

La predominancia de nubes bajas estaría asociado a la disminución de la temperatura superficial del mar y aumento de la humedad relativa. Sin embargo, debido a que nos encontraríamos en el inicio de la primavera se pudo observar nubes medias al final del mes asociado a la presencia de flujos de viento del este. 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).

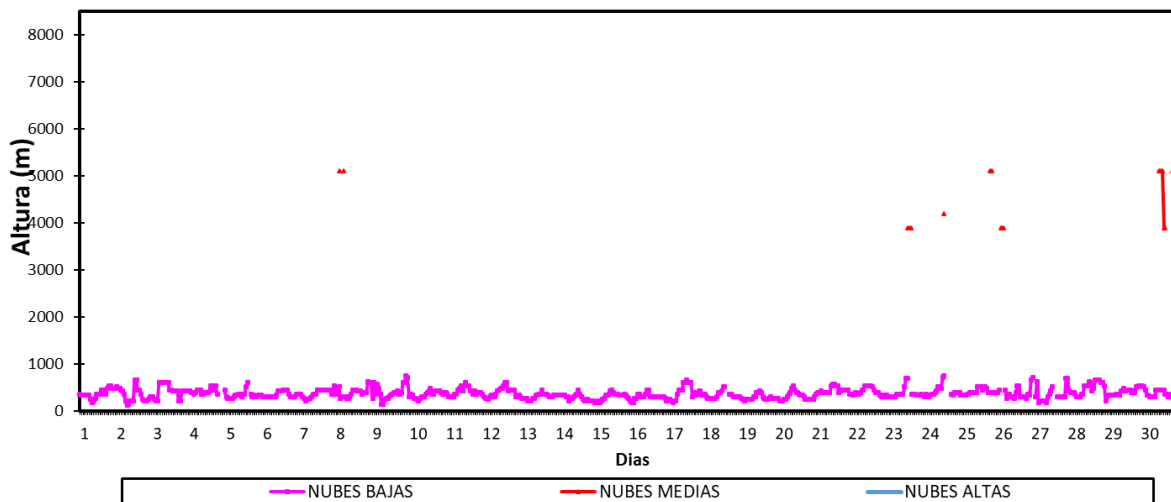


Figura N° 07. Rosas de viento para el horario diurno en el AMLC.

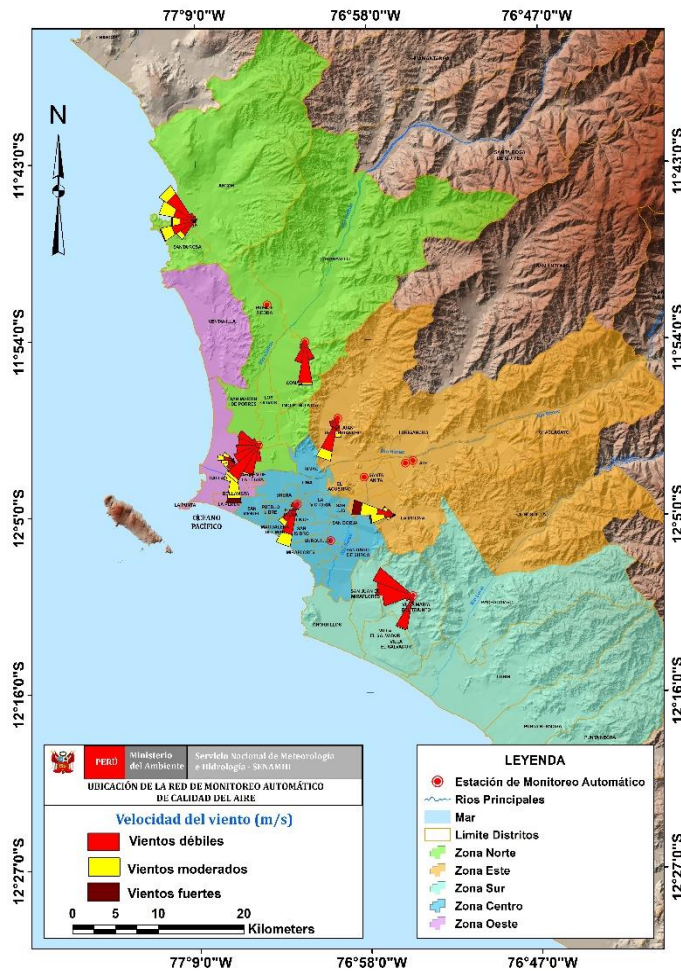


Figura N° 08. Rosas de viento para el horario vespertino en el AMLC.

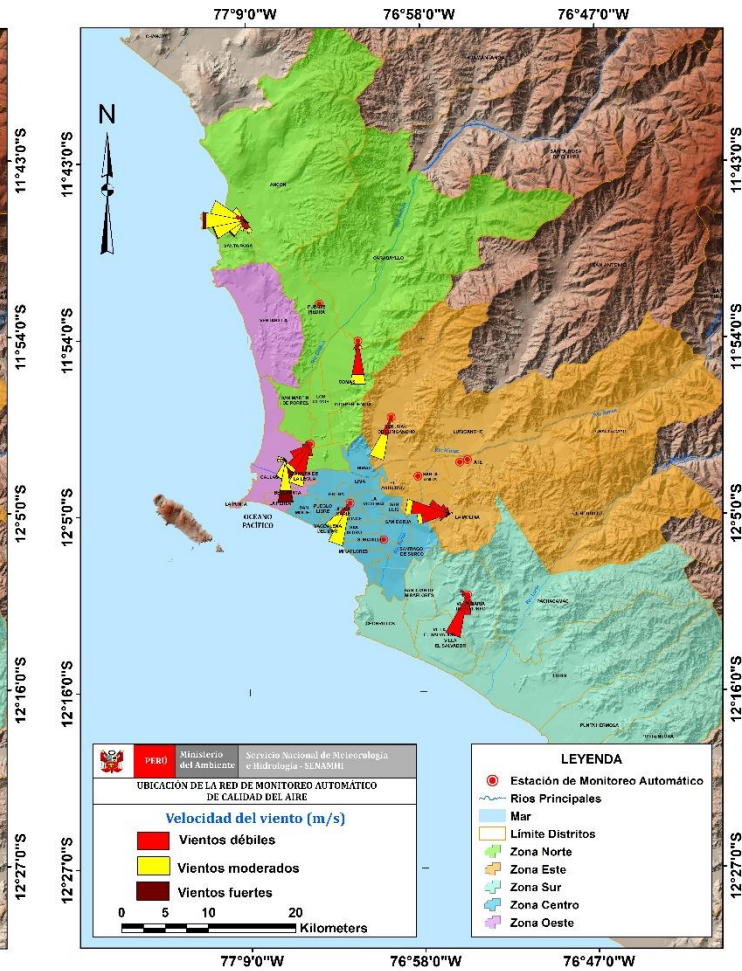
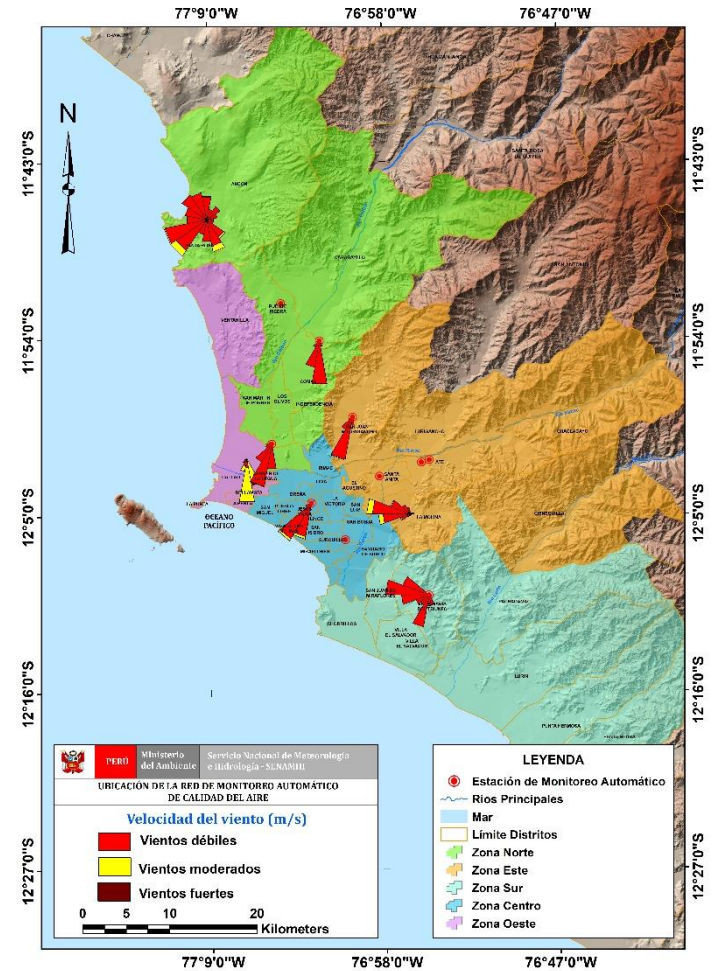


Figura N°09. Rosas de viento para el horario nocturno en el AMLC.



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).

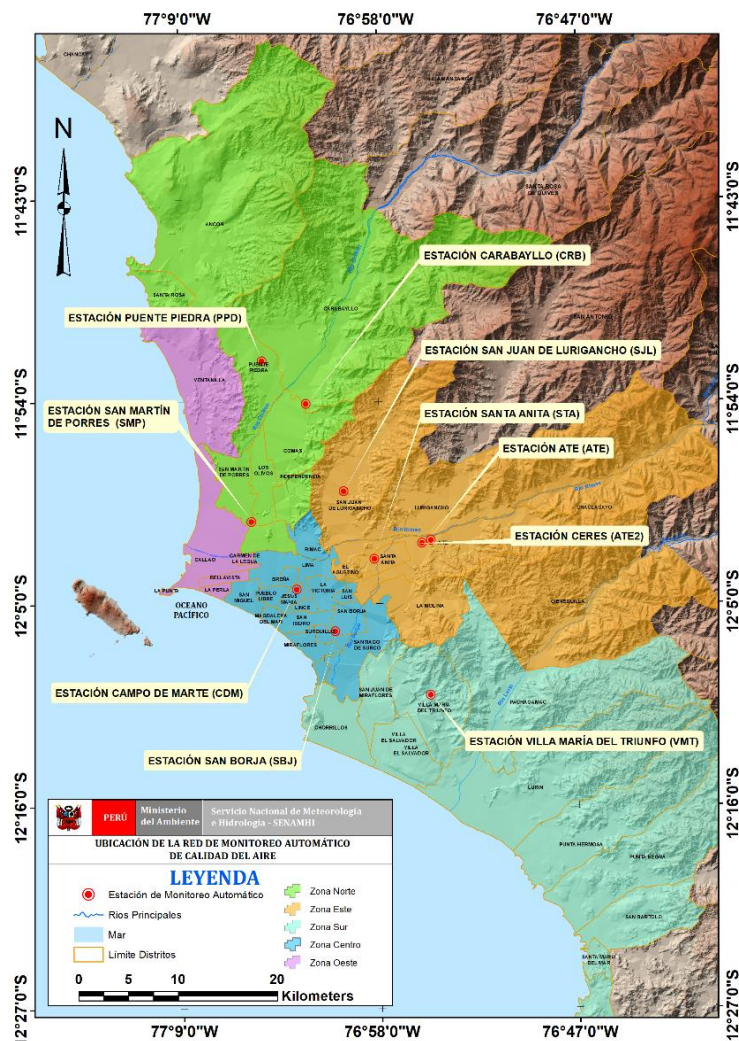
2. RED DE MONITOREO AUTOMÁTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL AMLC

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 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 Armas 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)

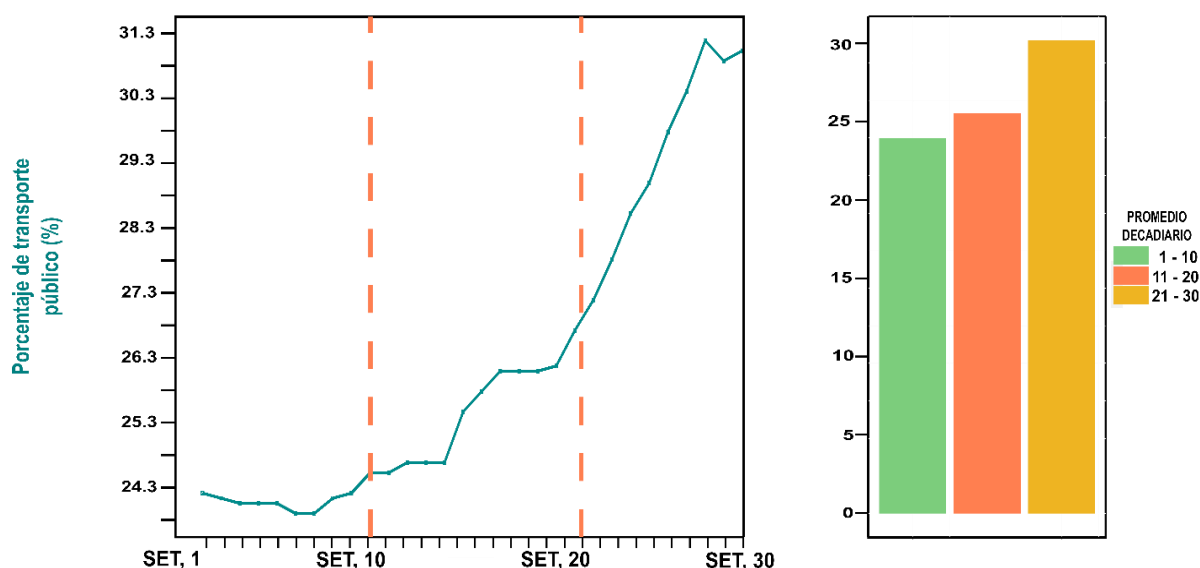
La Ley N° 28611 - Ley General del Ambiente define al estándar de calidad ambiental (ECA) como **"la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el aire, agua y suelo en su condición de cuerpo receptor, que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

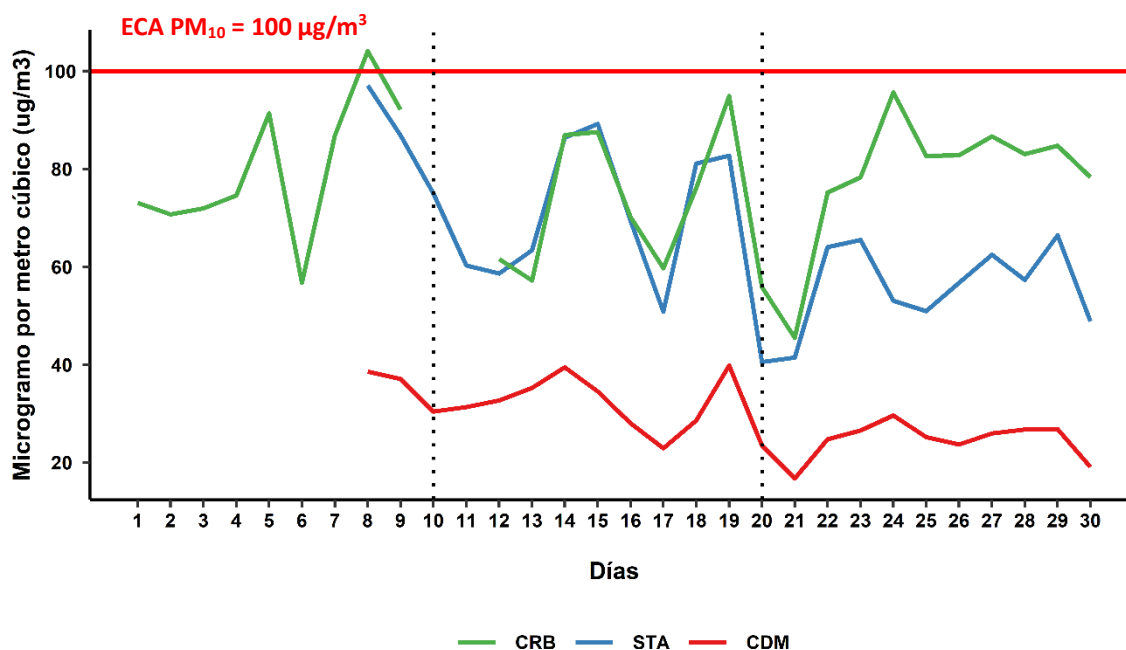
Con los datos de las estaciones de monitoreo de la calidad del aire ubicadas en el AMLC, se realizó un análisis de la variabilidad diaria y/o horaria de las concentraciones del PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂, O₃ y CO. Los datos provinieron de las estaciones: Carabayllo (CRB), San Martín de Porres (SMP), San Juan de Lurigancho (SJL), 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 la estación CRB superó un día 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 104.07 µg/m³ (martes 08) y la mínima fue de 45.47 µg/m³ (lunes 21).
- **Zona este:** En la estación Santa Anita (STA) la concentración máxima fue 97.08 µg/m³ (martes 08) y la mínima fue de 40.51 µg/m³ (domingo 20).
- **Zona centro:** En la estación Campo de Marte (CDM) la concentración máxima fue 39.79 µg/m³ (sábado 19) y la mínima fue de 16.73 µg/m³ (lunes 21).

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



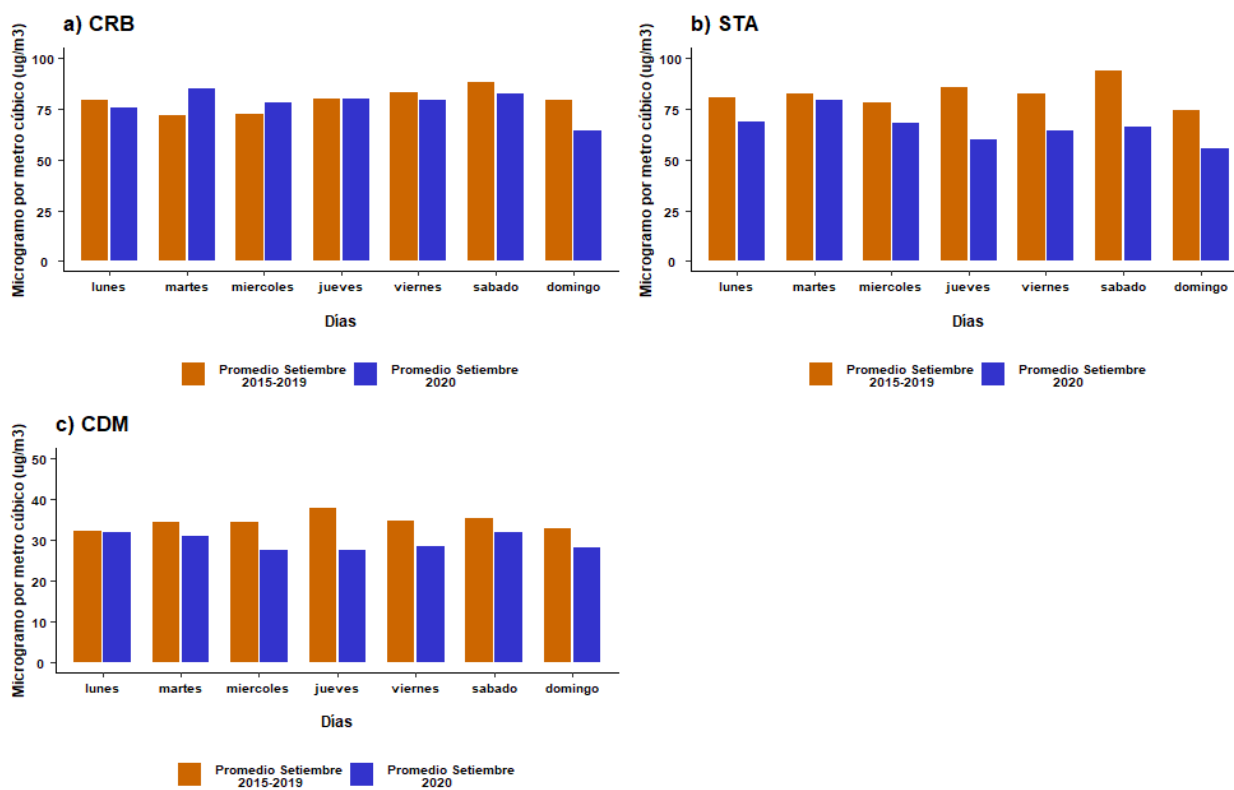
Asimismo, se observó en promedio un incremento de las concentraciones de PM₁₀ en la decadiaria 1, lo que estuvo relacionado a factores meteorológicos como el incremento de temperatura y disminución de la humedad relativa durante los últimos días (mencionado en la sección 1.3). Mientras que, el incremento de las concentraciones observados el día 08 estuvo relacionado a una disminución de la altura de la capa límite atmosférica (mencionado en la sección 1.3). En la decadiaria 2, se apreció un incremento de las concentraciones de PM₁₀ el día 14, 15 y 19, 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 PM₁₀, lo que estuvo relacionado al incremento de humedad relativa y disminución de las temperaturas los días 26, 27 y 28 (mencionado en la sección 1.3).

Las concentraciones más bajas fueron alcanzadas los días 6 (domingo), 17 (jueves), 20 (domingo) y 21 (lunes), los cuales podría atribuirse a un descenso de la temperatura, aumento de la humedad relativa e incremento de altura de la capa límite atmosférica (mencionado en la sección 1.3).

En la figura N° 13 se presenta la variación diaria en la semana de las concentraciones del PM₁₀ históricas (periodo 2015 - 2019) para setiembre y el periodo de estado de emergencia (setiembre 2020), donde se ha observado que la estación Carabayllo (CRB) mostró una disminución de 2% (figura N° 13a), la estación Santa Anita (STA) una disminución de 19% (figura N° 13b) y la estación Campo de Marte (CDM) una disminución de 14% (figura N° 13c). En promedio se registró una reducción de 11%.

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

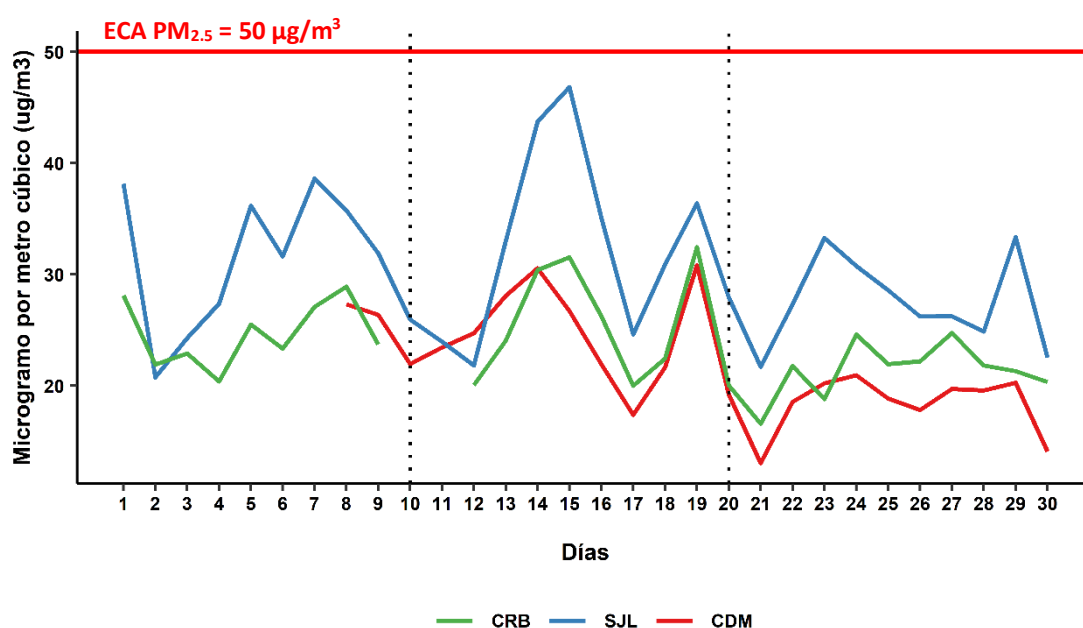


4.2. CONCENTRACIONES DIARIAS DEL PM_{2.5}

En la figura N° 14 se observa que las concentraciones diarias registradas en las estaciones no superaron 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 32.44 µg/m³ (sábado 19) y la mínima fue de 16.60 µg/m³ (lunes 21).
- **Zona este:** En la estación San Juan de Lurigancho (SJL) la concentración máxima fue 46.83 µg/m³ (martes 15) y la mínima fue de 20.76 µg/m³ (miércoles 02).
- **Zona centro:** En la estación Campo de Marte (CDM) la concentración máxima fue de 30.83 µg/m³ (sábado 19) y la mínima fue de 13.06 µg/m³ (lunes 21)

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

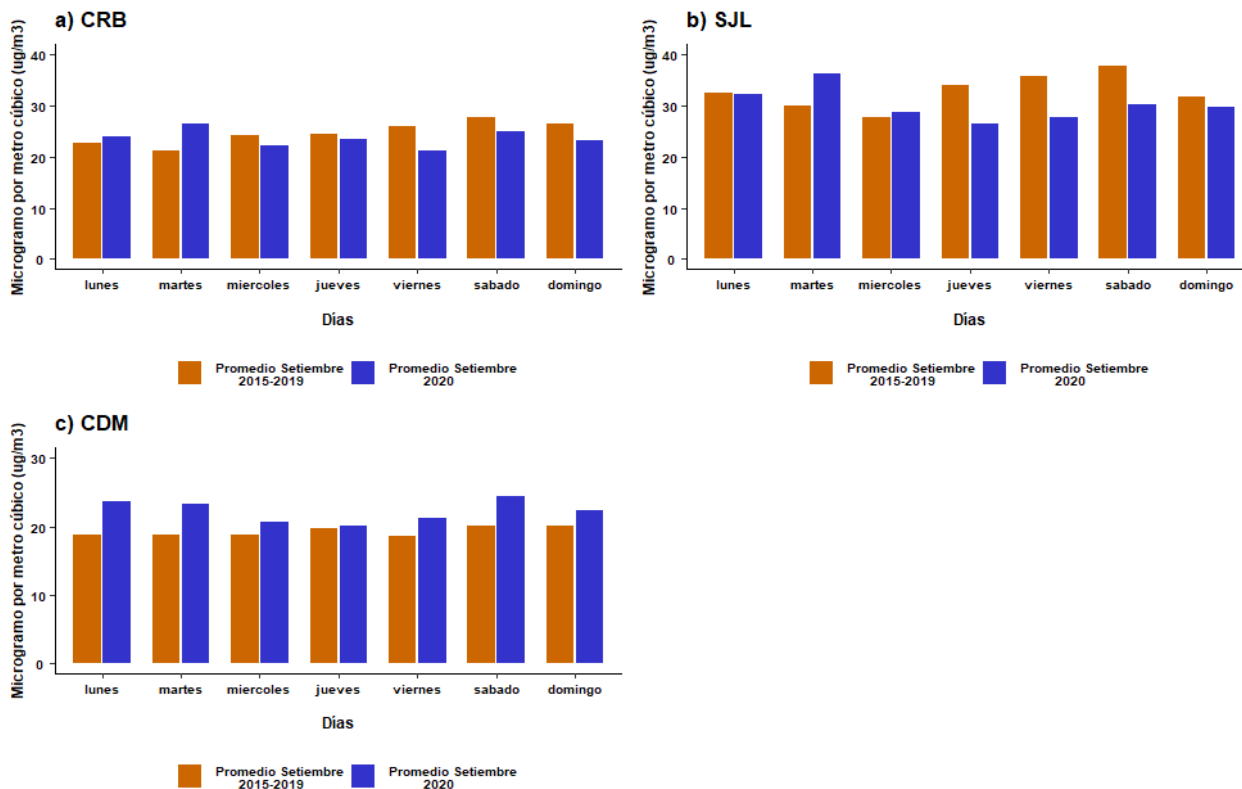


En la decadiaria 1 se observó un incremento de las concentraciones del PM_{2.5} (principalmente los últimos días), lo que estuvo relacionado a la disminución de la altura de la capa límite atmosférica (mencionado en la sección 1.3) y al incremento de la actividad vehicular en los últimos días (mencionado en la sección 3). 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). Mientras que, en la decadiaria 3 se observa una disminución de las concentraciones de PM_{2.5}, debido a factores meteorológicos como incremento de temperatura y disminución de la humedad relativa a partir del día 28 (mencionado en la sección 1.3).

Además de lo ya explicado, los días 02 (miércoles), 17 (jueves), 21 (lunes) y 30 (miércoles) 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 1.3).

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 setiembre y el periodo de estado de emergencia (setiembre 2020), donde se ha observado que la estación Carabayllo (CRB) mostró una disminución de 3% (figura N° 15a), la estación San Juan de Lurigancho (S JL) mostró una disminución de 6% (figura N° 15b), mientras que la estación Campo de Marte mostró un incremento de 15% (figura N° 15c). En promedio se registró incremento de 2%.

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

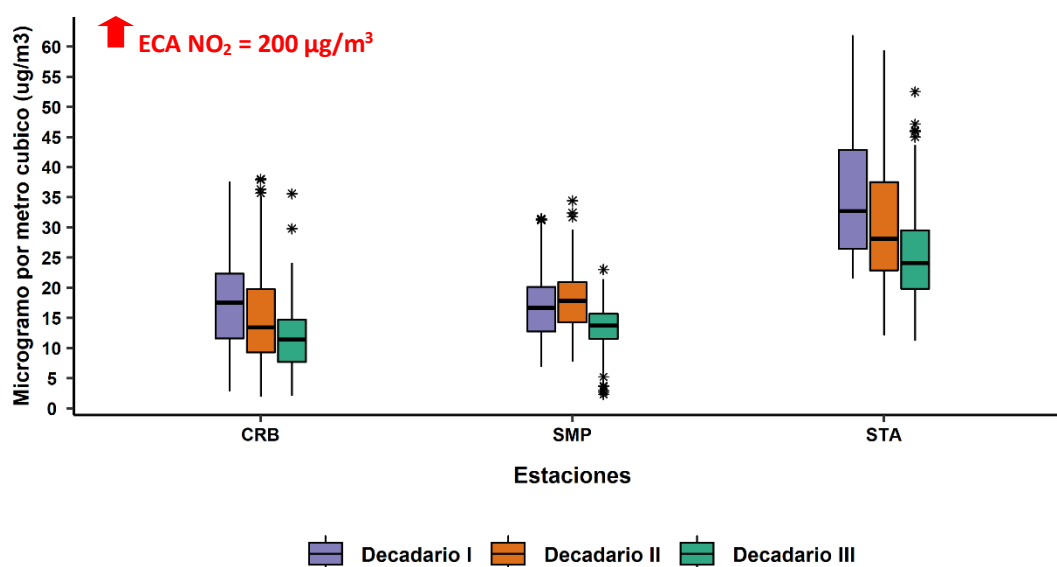


4.3. CONCENTRACIONES HORARIAS DEL NO₂

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 38.0 µg/m³ (viernes 18 a las 12:00 horas) y la mínima fue de 1.90 µg/m³ (domingo 13 a las 03:00 horas), mientras que en la estación San Martín de Porres (SMP) la concentración máxima fue 34.40 µg/m³ (viernes 11 a las 20:00 horas) y la mínima fue de 2.30 µg/m³ (miércoles 30 a las 02:00 horas).
- **Zona este:** En la estación Santa Anita (STA) la concentración máxima fue 61.90 µg/m³ (martes 08 a las 12:00 horas), mientras que la mínima fue de 11.20 µg/m³ (lunes 21 a las 04:00 horas).

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



Durante el mes de setiembre, 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) y primeras horas de la noche (desde las 18:00 y 21:00 horas). Asimismo, las mayores concentraciones registradas en las estaciones de Carabayllo y Santa Anita fue en la decadiaria 1, mientras que en la estación de San Martín de Porres fue en la decadiaria 2.

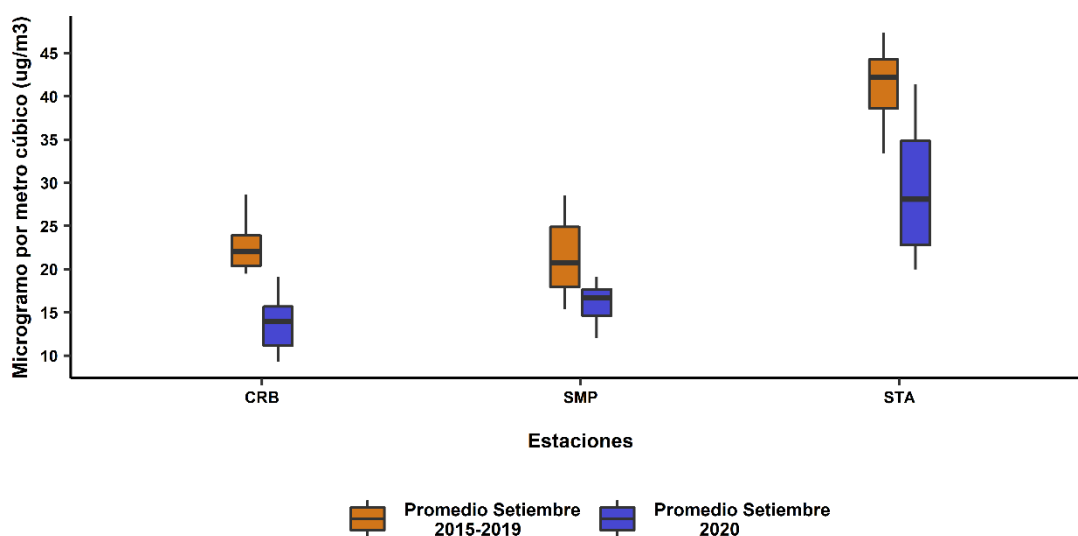
El incremento de las concentraciones del NO₂ registradas durante la decadiaria 1, estarían asociadas principalmente al incremento de la actividad vehicular los últimos días (89% de las emisiones de NO_x provienen de vehículos a diésel⁵; mencionado en la sección 3) y la presencia de temperaturas bajas (mencionado en la sección 1.3).

En la figura N° 17 se presentan las variaciones horarias de las concentraciones del NO₂ históricas (periodo 2015 al 2019) para setiembre y el periodo de estado de emergencia (setiembre 2020), donde se observó que la estación Carabayllo (CRB) mostró una disminución de 39%, la estación

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

San Martín de Porres (SMP) una disminución de 25% y la estación Santa Anita (STA) una disminución de 30%. En promedio se registró una reducción de 31% para las 3 estaciones.

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

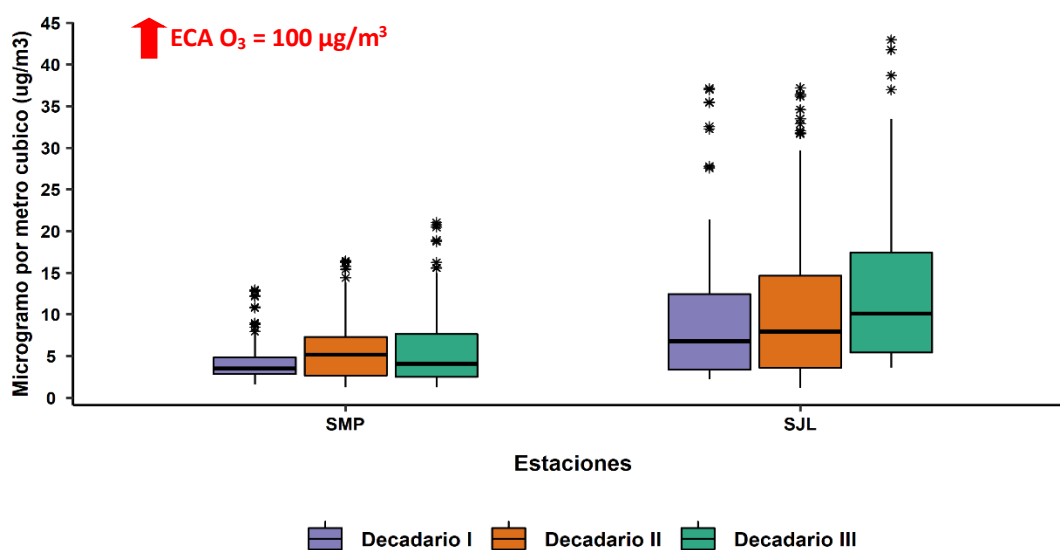


4.4. CONCENTRACIONES HORARIAS (PROMEDIO MÓVIL DE 8 HORAS) DEL O₃

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 norte:** En la estación San Martín de Porres (SMP) la concentración máxima fue 21.01 µg/m³ (martes 27 a las 17:00 horas) y la mínima fue de 1.23 µg/m³ (viernes 16 a las 02:00 horas).
- **Zona Este:** En la estación San Juan de Lurigancho (SJL) la concentración máxima fue 42.96 µg/m³ (martes 27 a las 18:00 horas) y la mínima fue 1.20 µg/m³ (sábado 04 a las 04:00 horas).

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



Durante el mes de setiembre, las mayores concentraciones del O₃ en el AMLC se registraron en los horarios posteriores al periodo de máxima radiación solar⁶ (comprendido entre las 11:00 horas y 15:00 horas) y primera hora punta de la actividad vehicular (desde las 7:00 hasta las 12:00 horas). Asimismo, las mayores concentraciones registradas en la estación de San Martín de Porres fue en la decadiaria 2, mientras que en la estación de San Juan de Lurigancho fue en la decadiaria 3.

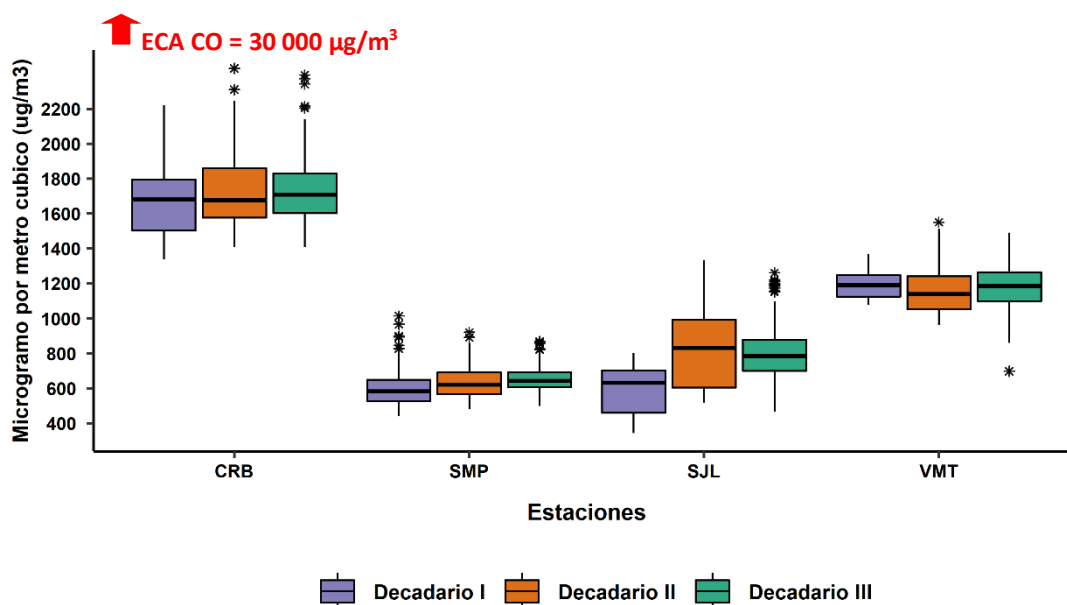
La formación de ozono en la decadiaria 2 y 3 se vio condicionada al incremento de las temperaturas (mencionado en la sección 1.3), lo que generó una disminución de las concentraciones de NO₂ (mencionado en la sección 4.3).

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 2431.1 µg/m³ (sábado 12 a las 10:00 horas) y la mínima fue de 1336.3 µg/m³ (jueves 03 a las 04:00 horas), mientras que en la estación San Martín de Porres (SMP) la concentración máxima fue 1013.0 µg/m³ (martes 08 a las 12:00 horas) y la mínima fue 440.1 µg/m³ (viernes 04 a las 04:00 horas).
- **Zona Este:** En la estación San Juan de Lurigancho (SJL) la concentración máxima fue 1331.7 µg/m³ (sábado 19 a las 09:00 horas) y la mínima fue 343.8 µg/m³ (jueves 03 a las 02:00 horas).
- **Zona Sur:** En la estación Villa María del triunfo (VMT) la concentración máxima fue 1550.2 µg/m³ (sábado 12 a las 21:00 horas) y la mínima fue 696.9 µg/m³ (miércoles 30 a las 14:00 horas).

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



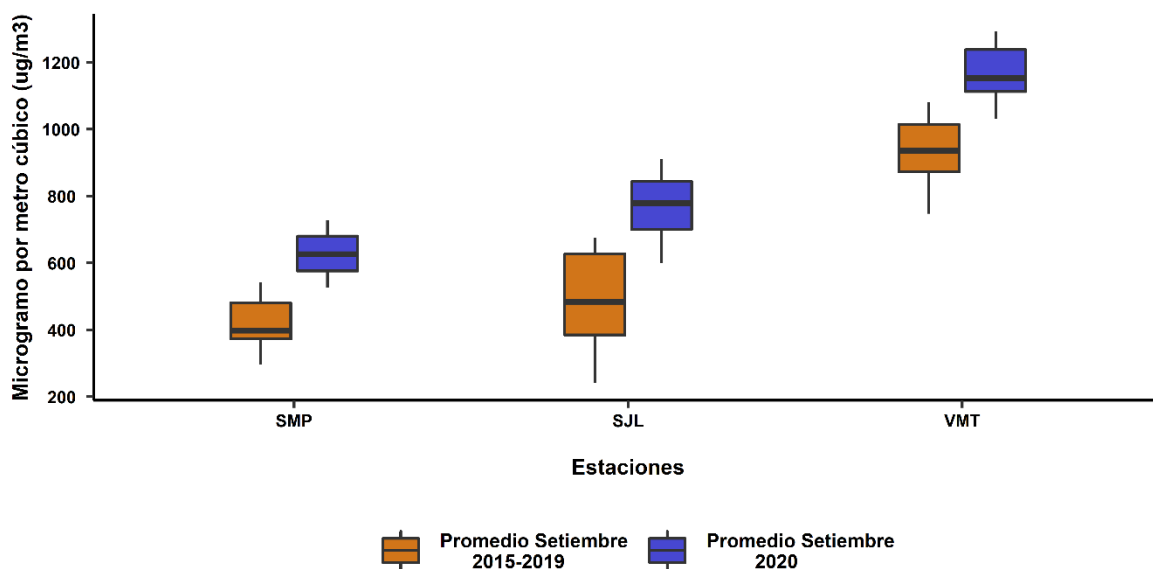
6. Documento: Boletín Mensual de la Vigilancia de la Radiación UV en ciudades del Perú – setiembre 2020.

Durante el mes de setiembre, las mayores concentraciones del CO se registraron en la primera hora pico del AMLC (06:00 horas hasta las 12:00 horas). Asimismo, las concentraciones horarias registradas en la decadiaria 3 son ligeramente mayores en comparación a las decadiarias 1 y 2.

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/gasohol⁷; mencionado en la sección 3).

En la figura N° 20 se presentan las variaciones horarias de las concentraciones del CO históricas (periodo 2015 al 2019) para setiembre y el periodo de estado de emergencia (setiembre 2020), donde se observó que la estación San Martín de Porres (SMP) mostró un incremento de 32%, la estación San Juan de Lurigancho (SJL) un incremento de 35% y la estación Villa María del Triunfo (VMT) un incremento de 20%. En promedio se registró un incremento de 29% para las 3 estaciones.

Figura N° 20. Comparativo entre las concentraciones históricas y las registradas durante el estado de emergencia para el CO

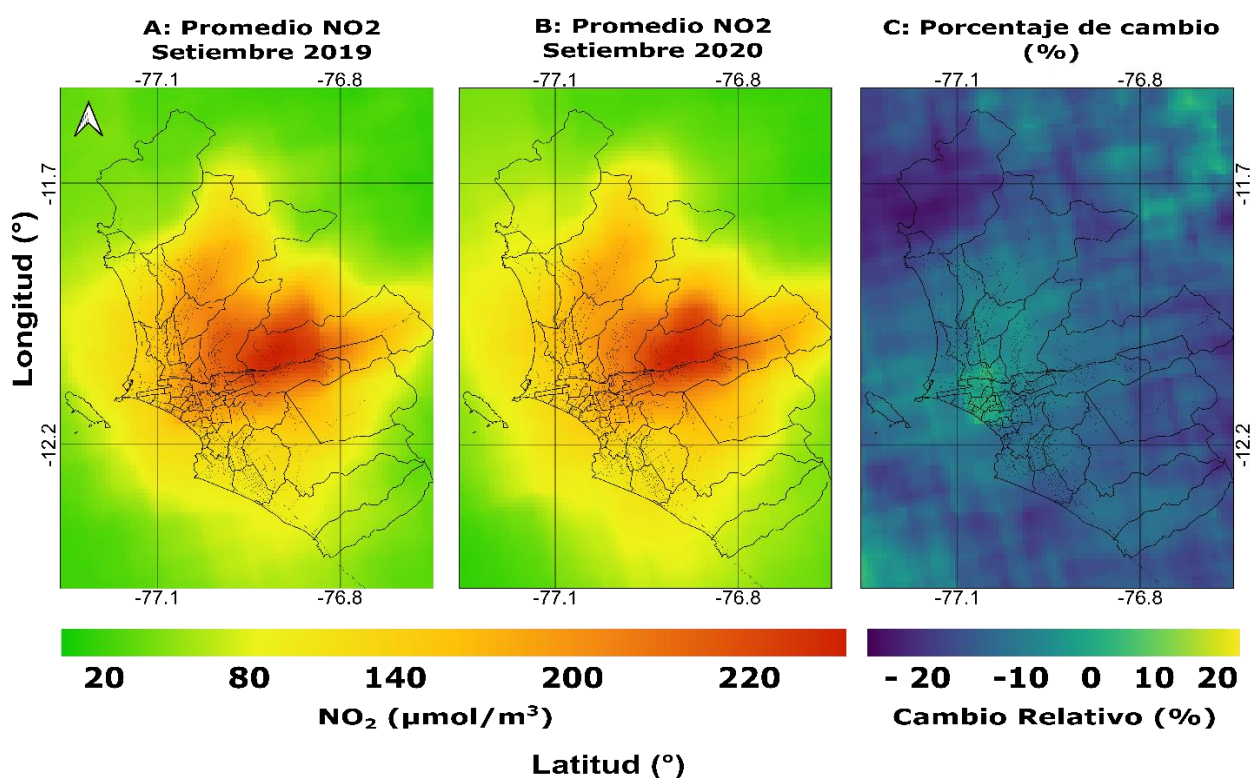


7. Documento: Informe N° 00283-2019-MINAM/VMGA/DGCA/DCAE – “Diagnóstico de la Gestión de la Calidad del Aire de Lima y Callao”.

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

La figura N° 21 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°21a muestra la distribución promedio de NO₂ para el mes de setiembre del año 2019, la figura N°21b muestra la distribución espacial del NO₂ para el mes de setiembre del año 2020 (durante el estado de emergencia) y la figura N°21c muestra el porcentaje de cambio del NO₂ de setiembre 2020 con respecto a setiembre del 2019.

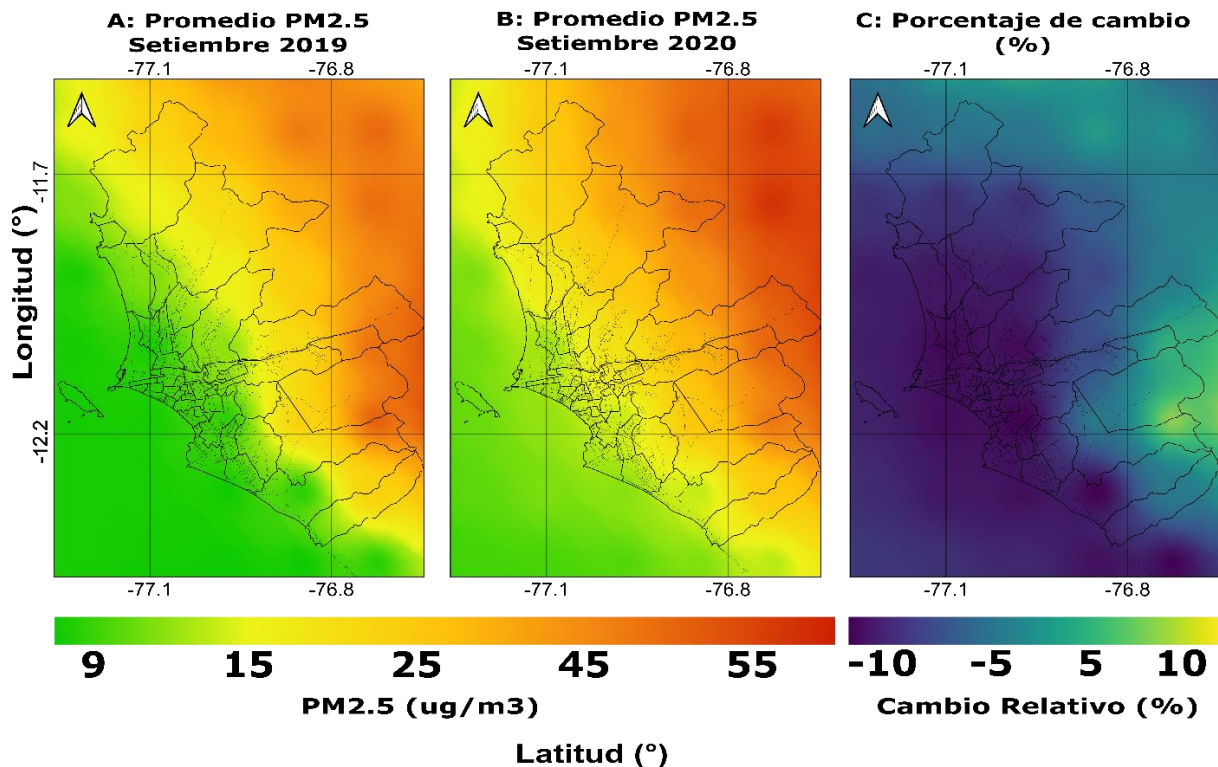
Figura N° 21. Distribución espacial de la columna del NO₂ (μmol/cm²) en la tropósfera sobre el AMLC.



La mayor cantidad de NO₂ en la columna de la tropósfera se registró durante setiembre del 2019 (figura N°21a), con una disminución significativa en setiembre del 2020 (figura N°21b), alcanzando una reducción de hasta un 20% (figura N°21c). 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 setiembre 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° 22 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°22a muestra la distribución promedio de $PM_{2.5}$ para el mes de setiembre del año 2019, la figura N°22b muestra la distribución espacial del $PM_{2.5}$ para el mes de setiembre del año 2020 (durante el estado de emergencia) y la figura N°22c muestra el porcentaje de cambio del $PM_{2.5}$ de setiembre 2020 con respecto a setiembre del 2019.

Figura N° 22. 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 setiembre del 2019 (figura N°22a), con una ligera disminución en setiembre del 2020 (figura N°22b), alcanzando una reducción de hasta un 10% (figura N°22c).

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.

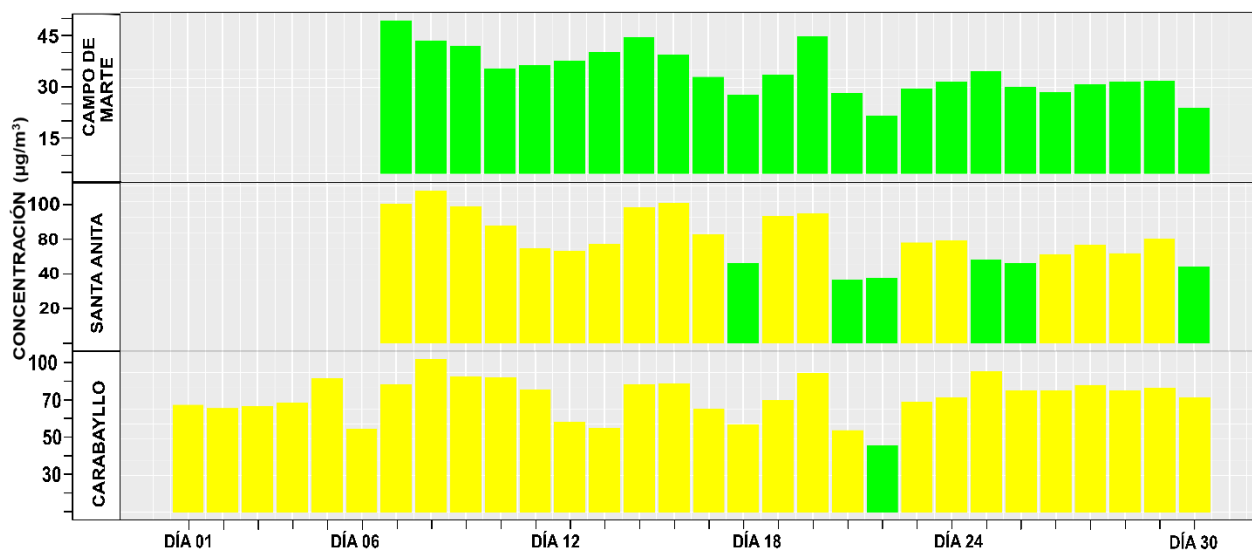
ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE	ESTADO	PM ₁₀ (µg/m ³) 24-horas	PM _{2.5} (µg/m ³) 24-horas	¿QUIÉN SE DEBE PREOCUPAR?	MEDIDAS A TOMAR POR LA POBLACIÓN
0 – 50	BUENA	0 - 54	0.0 –12.0	Ninguno, No existe riesgo	La calidad del aire es aceptable se puede realizar actividades al aire libre
51 – 100	MODERADA	55 - 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° 23 muestra las concentraciones promedio de 24 horas para el PM₁₀ asociados a su respectivo estado de la calidad del aire, donde se observó que la estación Campo de Marte (CDM) mostró un estado de la calidad del aire “bueno” durante todo el mes de setiembre. Asimismo, la estación Carabayllo (CRB) mostró 1 día con estado “bueno” y 29 días con estado “moderado” y la estación Santa Anita (STA) mostro 6 días con estado “bueno” y 18 días con estado “moderado”.

Figura N° 23. Estados de la Calidad del Aire para PM₁₀ – SETIEMBRE

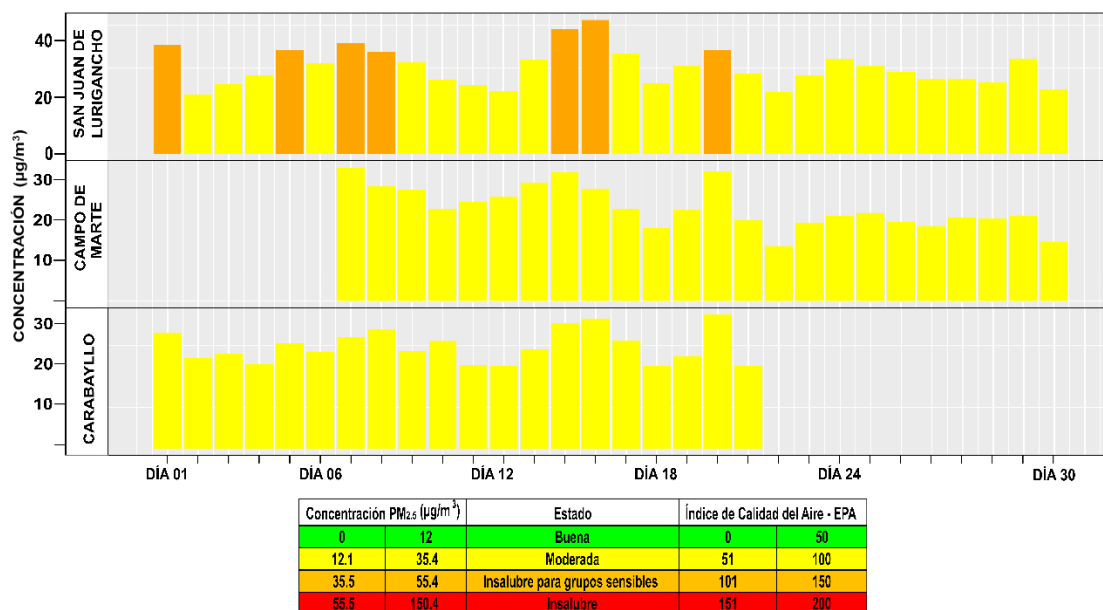


Concentración PM ₁₀ (µg/m ³)		Estado	Índice de Calidad del Aire - EPA	
0	54	Buena	0	50
55	154	Moderada	51	100
155	254	Insalubre para grupos sensibles	101	150
255	354	Insalubre	151	200

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

La figura N° 24 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 19 días con estado de la calidad del aire “moderado” y la estación Campo de Marte (CDM) presentó 24 días con estado “moderado”. Asimismo, la estación San Juan de Lurigancho (SJM) presentó 23 días con estado “moderado” y 7 días con estado “Insalubre para grupos sensibles”.

Figura N° 24. Estados de la Calidad del Aire para PM_{2.5} – SETIEMBRE



7. CONCLUSIONES

- Las condiciones meteorológicas influyeron en el comportamiento diario y horario de los contaminantes del aire en el AMLC durante el mes de setiembre. La disminución de la humedad relativa e incremento de la temperatura en la decadaria 1, favorecieron a al incremento del PM₁₀. 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 PM₁₀ mostraron un incremento en la decadaria 1 y 2, siendo la estación CRB que superará su respectivo ECA-aire un día. Las concentraciones diarias del PM_{2.5} fueron mayores en la decadaria 2.
- Los contaminantes gaseosos NO₂ y CO no superaron sus respectivos ECA-aire. Asimismo, realizando una comparación del NO₂ con sus datos históricos (2015-2019) se evidenció una disminución significativa de la concentraciones en el mes de setiembre 2020.
- El O₃ no superó su respectivo ECA-aire. Asimismo, las estaciones registraron las concentraciones más altas en la decadaria 3.
- Los datos mostrados por el Satélite SENTINEL-5P y el modelo (CAM5), indicaron disminuciones en la columna de dióxido de nitrógeno (NO₂) 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 setiembre del 2019.
- Con respecto a los estados de la calidad del aire se pudo apreciar que, el contaminante PM₁₀ presentó mayores días con estado “moderado” en las estaciones CRB y STA durante el mes de setiembre, mientras que la estación CDM presentó todos los días estados “bueno”. Asimismo, el contaminante PM_{2.5} presentó todos los días estados de calidad del aire “moderado” en la estación CRB y CDM, mientras que la estación SJL presentó algunos días estado “insalubre para grupo sensibles”.

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

De acuerdo al pronóstico climático⁸, 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 octubre.

8. Documento: Boletín climático nacional - octubre 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 octubre de 2020