

Marzo 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 – MARZO 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 (datos del Centro Nacional de Predicción Ambiental – NCEP por sus siglas en inglés - y datos del Centro Nacional de Investigación Atmosférica – NCAR por sus siglas en inglés). Asimismo, se usó las predicciones meteorológicas del modelo de Pronóstico e Investigación del Tiempo (WRF por sus siglas en inglés) y las predicciones de calidad del aire del Servicio de Monitoreo de la Atmósfera “Copérnico” (CAM5 por sus siglas en inglés). Con respecto a la información de contaminantes del aire, se usaron los datos de la Red de Monitoreo Automático de la Calidad del Aire (REMCA) de SENAMHI e imágenes satelitales del Sentinel 5P.

Es importante resaltar qué, durante el mes de marzo el gobierno peruano estableció medidas para frenar el avance y propagación del coronavirus causante del Covid-19. Las medidas tomadas fueron las siguientes: El día 16, se declaró el estado de emergencia nacional por un plazo de quince (15) días calendarios y se dispuso del aislamiento social obligatorio (cuarentena) (DS N°044-2020-PCM), el día 18 se dispuso la inmovilización social obligatoria desde las 20:00 horas hasta las 05:00 horas del día siguiente, asimismo, se estableció la prohibición del uso de vehículos particulares (DS N°046-2020-PCM) y el 31 de marzo se decretó una prórroga al estado de emergencia (hasta el 12 de abril del 2020) y se estableció un nuevo horario de inmovilización social obligatoria (desde las 18:00 horas hasta las 05:00 horas del día siguiente) (D.S. N°053-2020-PCM).

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.

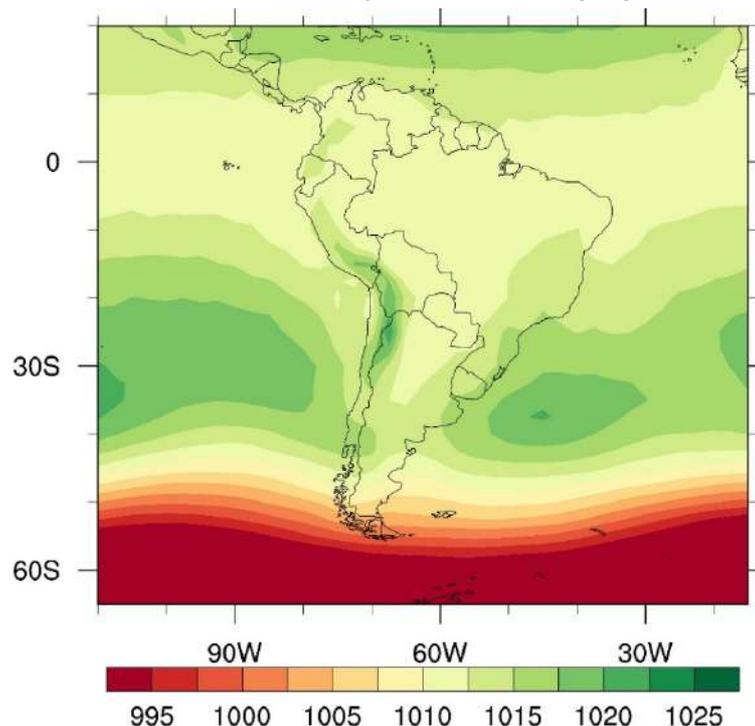
1. Conjunto de datos de la atmósfera actualizados “permanentemente” y generados a partir de observaciones en superficie y resultados de modelos meteorológicos.

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

1.1. COMPORTAMIENTO DEL ANTICICLÓN DEL PACÍFICO SUR (APS)

El Anticiclón del Pacífico Sur (APS) se posicionó aproximadamente en los 32°S, posición habitual para la estación de otoño (figura N°01), asimismo, presentó valores de presión atmosférica (hPa) menores con respecto al mes de febrero. El debilitamiento del APS concuerda con su comportamiento climatológico, pues disminuyó su influencia sobre la costa central peruana.

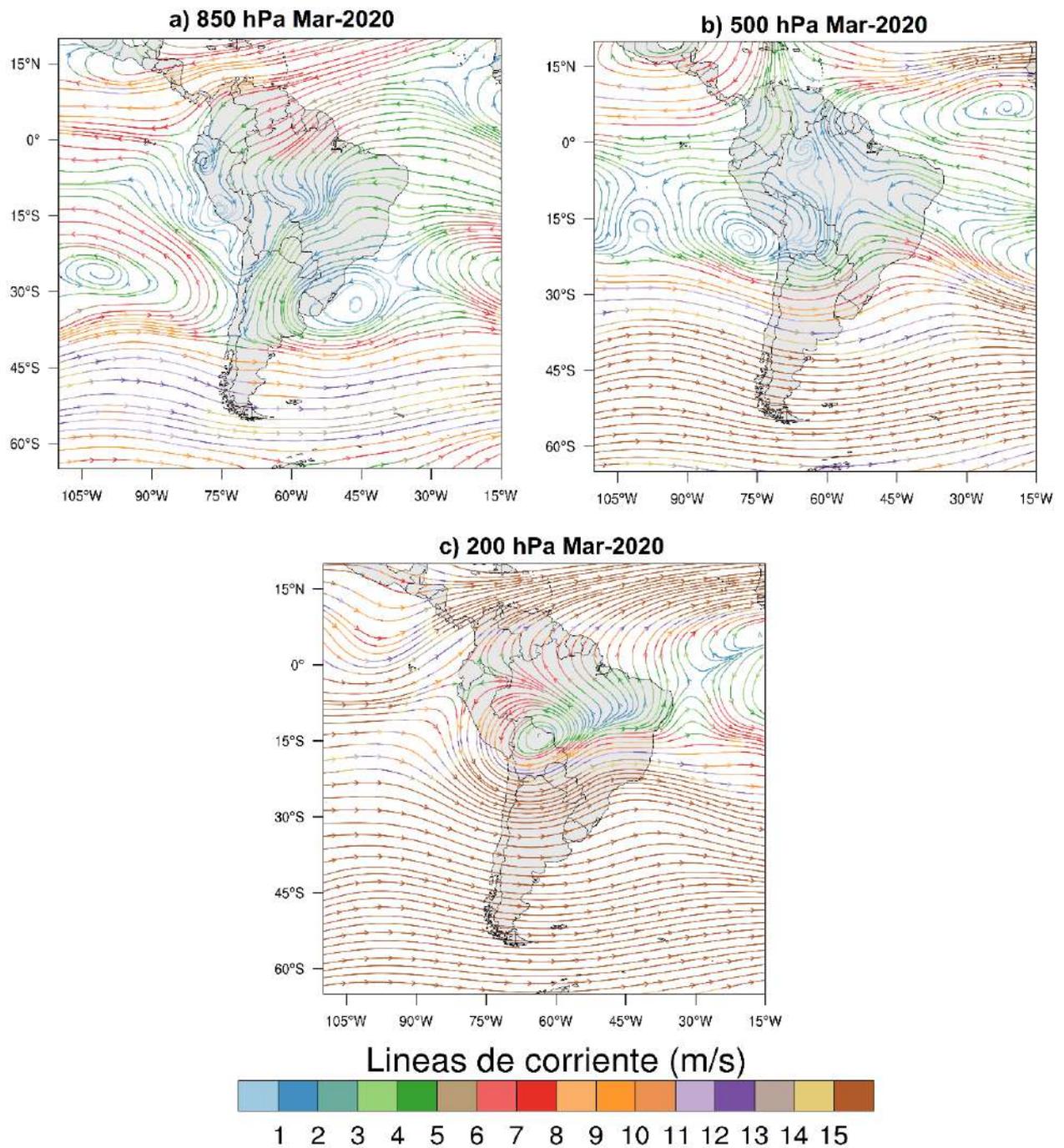
Figura N° 01. Promedio mensual de la presión atmosférica (hPa) a nivel del mar.



En niveles bajos de la atmósfera (850 hPa), se observó una circulación anticiclónica asociada al APS (figura N°02a), dado a que esta se presentó con menor intensidad no tuvo un efecto directo sobre los vientos en la costa central. Sin embargo, la presencia de un flujo ciclónico sobre la costa favoreció el ingreso de vientos a continente. En niveles medios (500 hPa), se observó un flujo anticiclónico (figura N°02b), el cual favoreció a que durante varios días se presente cielo despejado en la costa. Finalmente, en niveles altos (200 hPa), se observó una configuración definida de la Alta de Bolivia (AB) que intensificó el flujo del este (figura N°02c).

La configuración sinóptica anteriormente descrita, influyó en las condiciones meteorológicas locales para el AMLC. La circulación de los niveles bajos (850 hPa) y medios (500 hPa) favorecieron al ingreso de vientos costeros y a la presencia de cielos despejados respectivamente, siendo estas condiciones importantes para la dispersión de contaminantes atmosféricos. Asimismo, la intensificación de los flujos de aire desde el este (debido a la configuración de la AB) favoreció el ingreso de humedad hacia la costa los últimos días del mes causando precipitaciones el día 31.

Figura N° 02. Promedio mensual de las líneas de corriente (m/s) a diferentes niveles de la atmósfera para sudamérica.

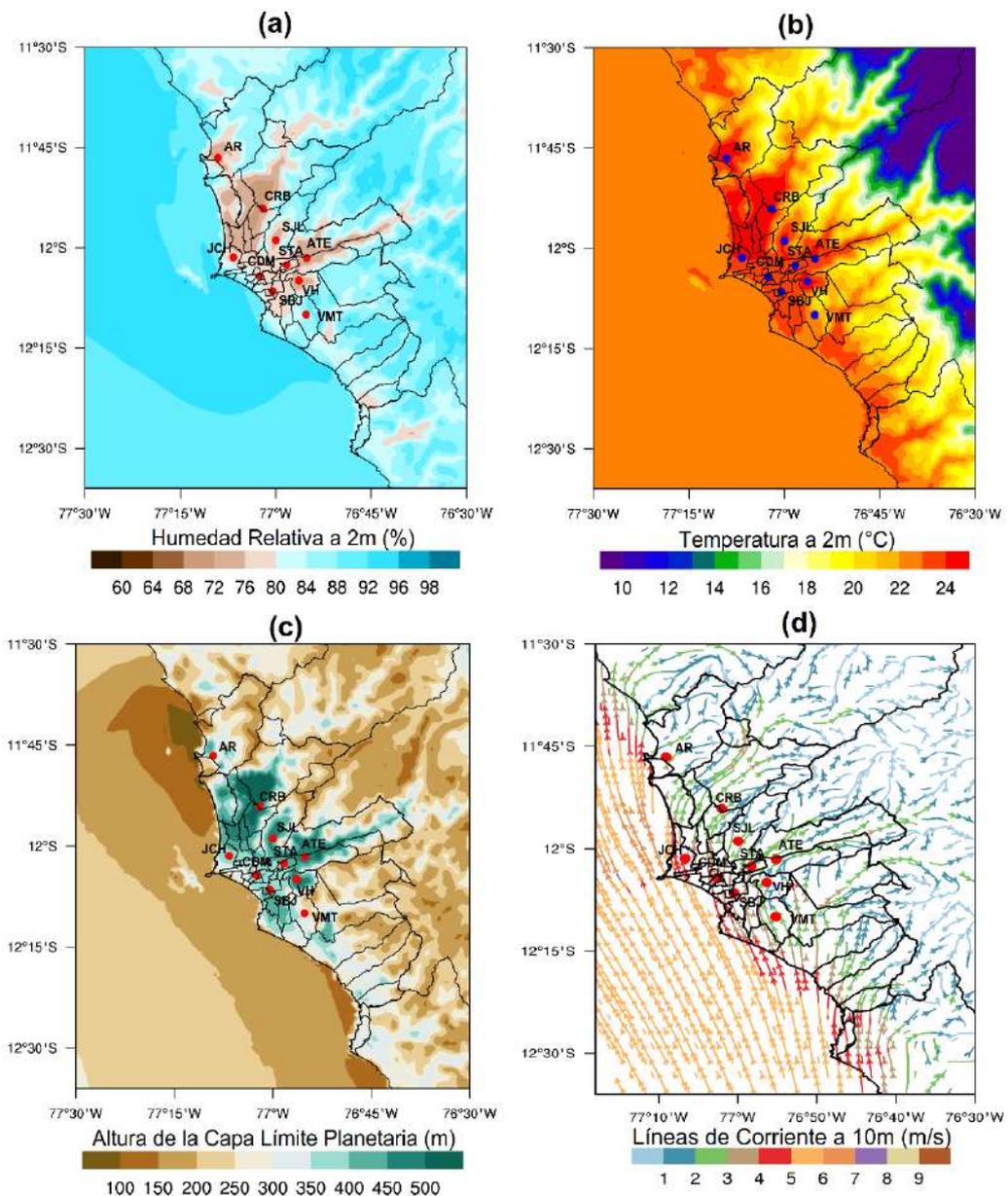


1.3. CONDICIONES METEOROLÓGICAS LOCALES EN EL AMLC

La figura N°04 muestra el comportamiento promedio del mes para la humedad relativa (a 2 metros de la superficie - mds), temperatura del aire (a 2 mds), altura de la capa límite planetaria y vientos (a 10 mds) generados con el modelo WRF a un (01) km de resolución espacial. Es así que, con respecto a la humedad relativa (figura N°04a), se pudo observar un menor porcentaje en las zonas norte, este, centro y oeste. Asimismo, se tuvo una mayor temperatura en estas mismas zonas del AMLC (figura N°04b).

La capa límite planetaria (figura N°04c) mostró una mayor altura (espacio disponible para dispersar contaminantes) en las zonas norte, este y oeste del AMLC, siendo la altura promedio para el mes de marzo mayor a las obtenidas para enero y febrero 2020. Por otro lado, los vientos fueron más intensos en las zonas centro y oeste del AMLC (figura N°04d).

Figura N° 04. Promedio mensual de la humedad relativa (%), temperatura (°C), altura de la capa límite planetaria (m) y líneas de corriente (m/s) en el AMLC.



Con los datos de las estaciones meteorológicas automáticas (EMA) ubicadas en el AMLC, se realizó un análisis de la variabilidad diaria de la humedad relativa, temperatura y la velocidad del viento. Los datos provinieron de las estaciones: Antonio Raimondi (AR), Campo de Marte (CDM), Aeropuerto Internacional Jorge Chávez (JCH), Alexander Von Humboldt (VH), Carabayllo (CRB), San Borja (SBJ), Santa Anita (STA) y Villa María del Triunfo (VMT).

Con respecto a la humedad relativa (figura N°05) se observó una disminución más pronunciada los días 02, 09, 18, 22 y 28, mientras que los días 15, 20 y 25 mostraron un incremento. Asimismo, la temperatura (figura N°06) mostró un comportamiento opuesto a la humedad relativa, presentando tendencias al aumento los días de menor humedad y tendencias de disminución los días de mayor humedad. Por otro lado, la velocidad del viento (figura N°07) presentó disminuciones los días 06, 18, 20 y 28, mientras que los días 09, 19 y 23 mostraron un incremento.

La variabilidad de la humedad relativa está estrechamente relacionada a la temperatura. Sin embargo, la variabilidad de la velocidad del viento para el mes de marzo estuvo asociado a factores sinópticos y en menor porcentaje a factores locales, dado a que, los días de mayor o menor intensidad del viento no guardaron una relación directa o indirecta con el comportamiento de la humedad relativa y la temperatura. Asimismo, las estaciones STA, VH y CRB mostraron menores porcentajes de humedad relativa (mayores temperaturas) con respecto a las otras estaciones, lo cual estaría asociado principalmente a su ubicación (más al este) (figura N°06).

Figura N° 05. Variación diaria de la humedad relativa (%) en el AMLC.

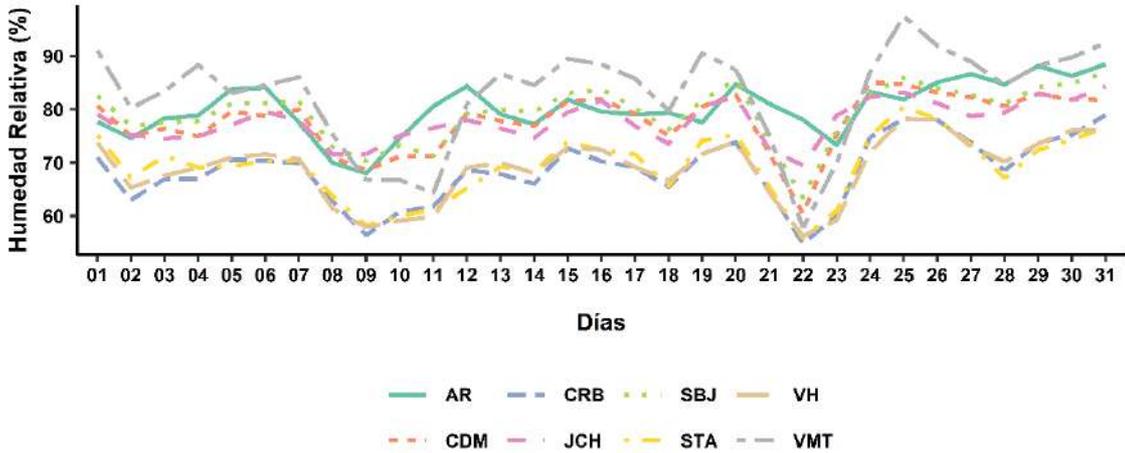


Figura N° 06. Variación diaria de la temperatura (°C) del aire en el AMLC.

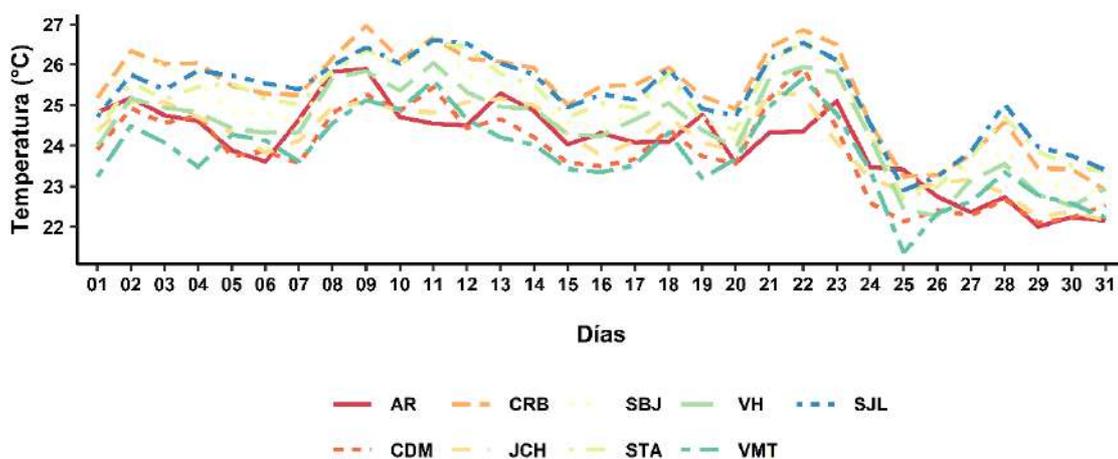
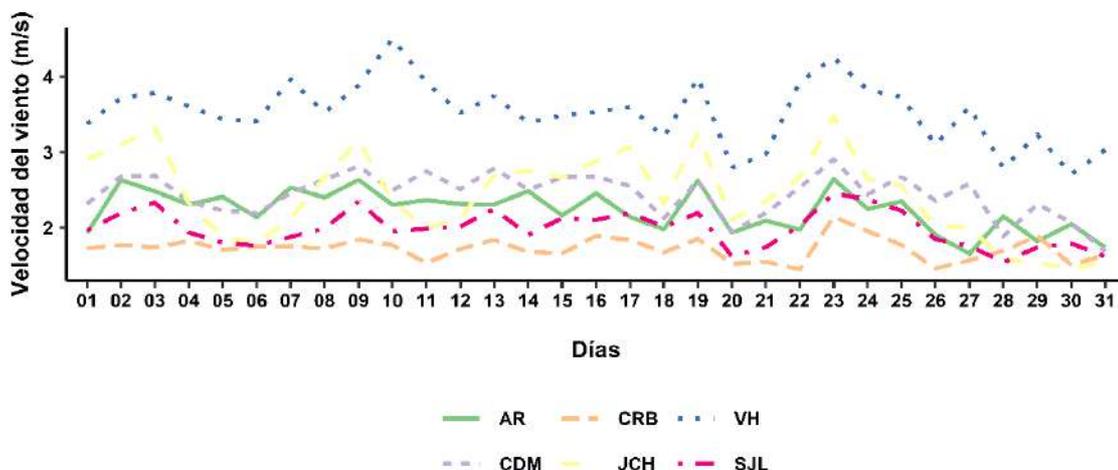


Figura N° 07. Variación diaria de la velocidad del viento (m/s) en el AMLC.



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°08) se observó que, las nubes bajas (base de la nube menor a 2000 m) tuvieron una mayor presencia los últimos días del mes, mientras que la presencia de nubes medias (base de la nube mayor a 2000 m y menor a 6000 m) fue menor los últimos días del mes, siendo estas condiciones características de la estación de otoño. Finalmente, la nubosidad alta (base de la nube mayor a 6000 m) fue presenciada de manera consecutiva los 3 últimos días del mes, lo cual podría estar relacionado al ingreso de aire húmedo desde el este del país (descrito en el capítulo 1.1).

Figura N° 08. Altura de la base de nube (m) registrada en la estación Aeropuerto Internacional Jorge Chávez (JCH).

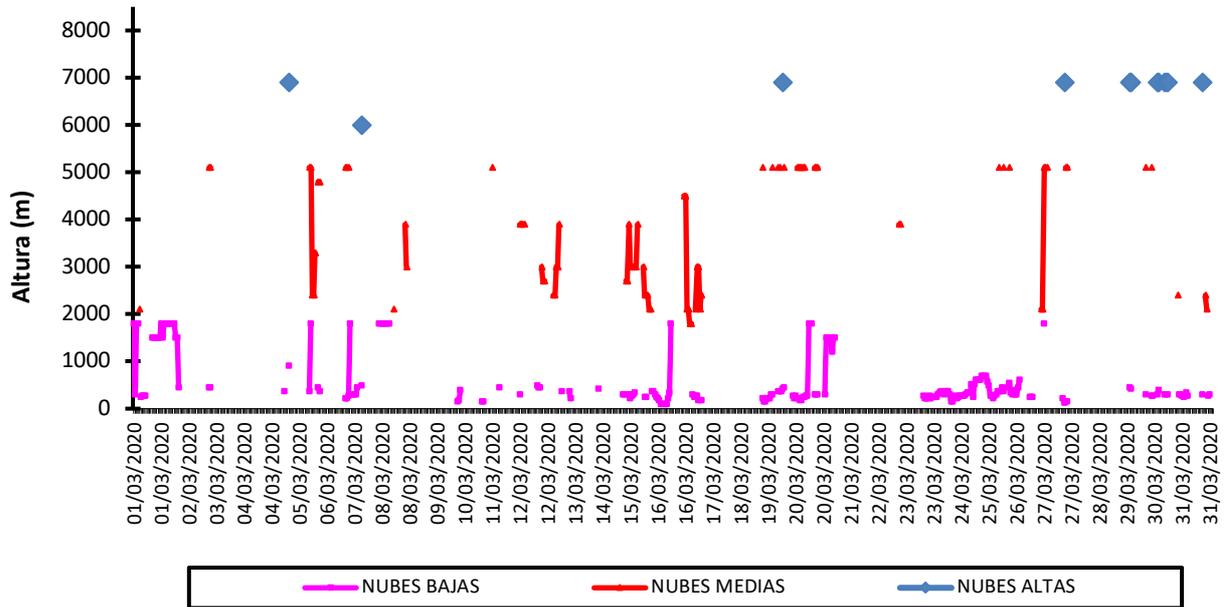


Figura N° 09. Rosas de viento para el horario diurno en el AMLC.

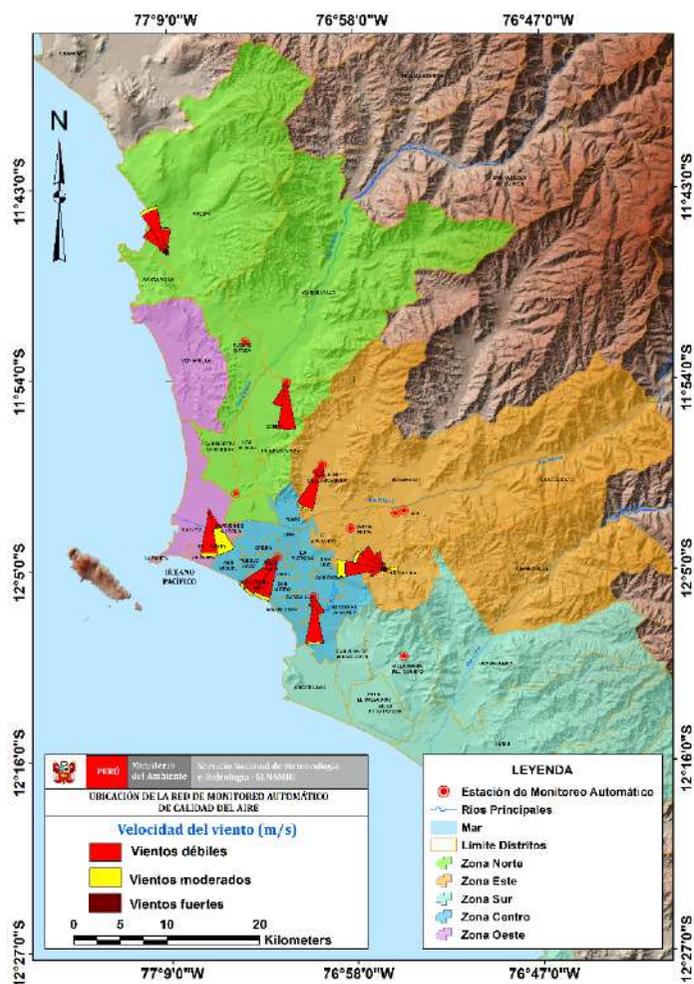


Figura N° 10. Rosas de viento para el horario vespertino en el AMLC.

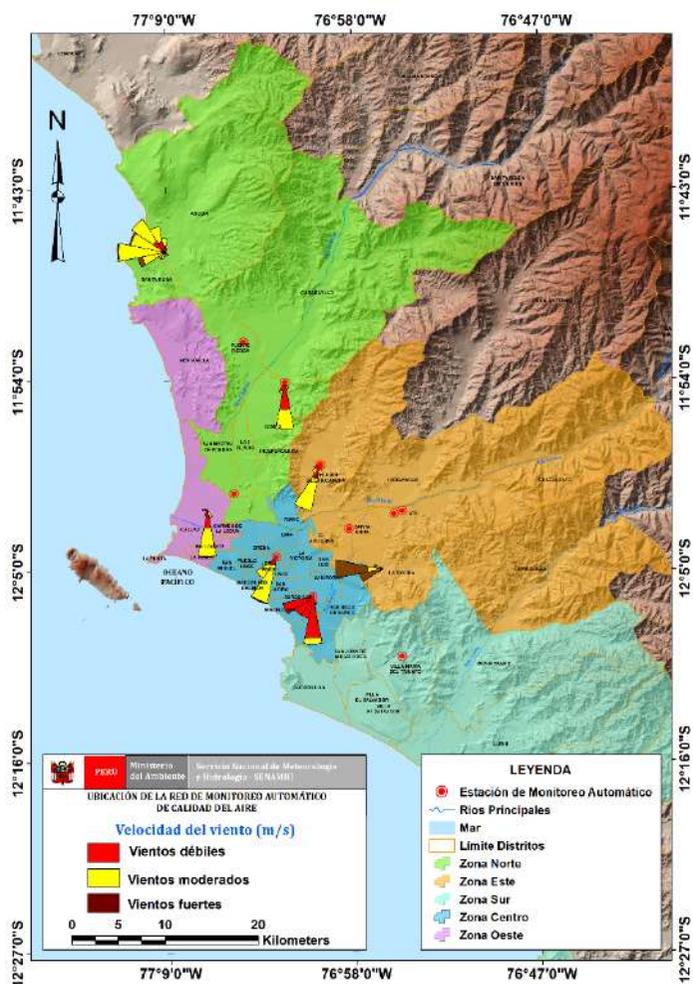
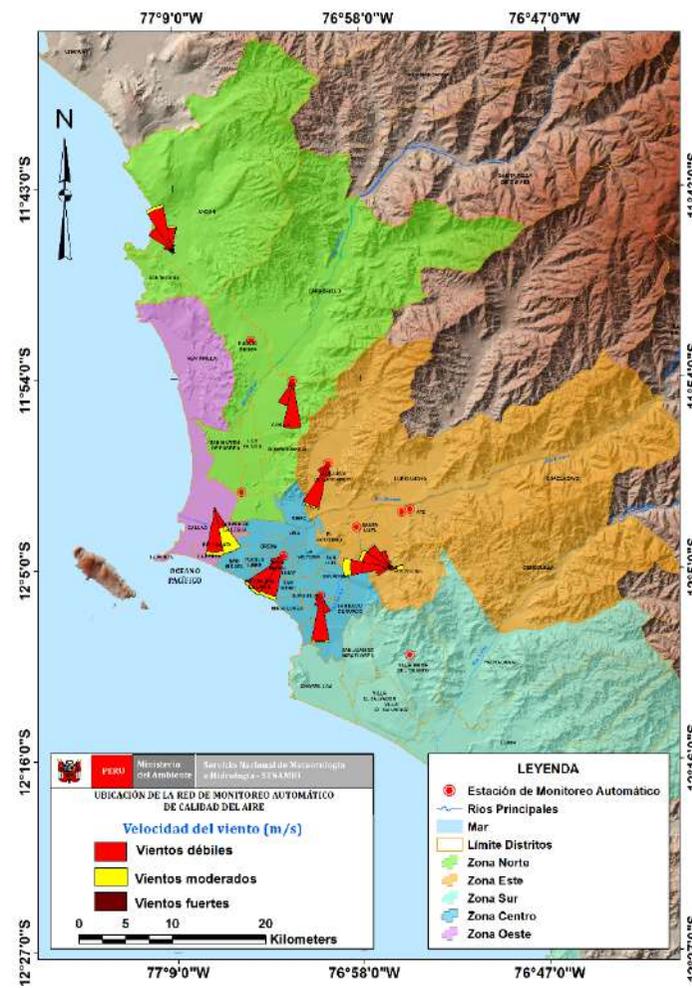


Figura N° 11. Rosas de viento para el horario nocturno en el AMLC.



Las figuras N°09, 10 y 11, 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 (S JL) 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° 12. 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. VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE A TRAVÉS DE ESTACIONES DE MONITOREO EN EL AMLC – MARZO

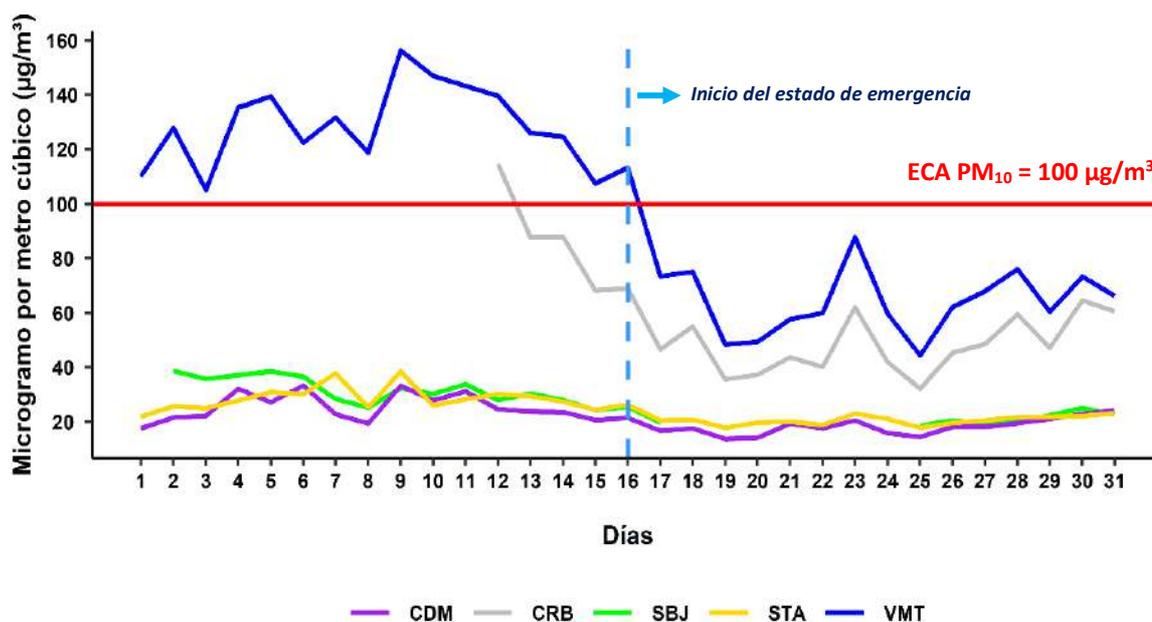
Con los datos de las estaciones de monitoreo de la calidad del aire ubicadas en el AMLC, se realizó un análisis de la variabilidad diaria y/o horaria de las concentraciones del PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂, O₃ y CO. Los datos provinieron de las estaciones: Campo de Marte (CDM), Carabayllo (CRB), San Borja (SBJ),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

3.1. CONCENTRACIONES DIARIAS DEL PM₁₀

En la figura N°13 se observa que las concentraciones diarias registradas en las estaciones VMT y CRB superaron para 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 114.64 µg/m³ (jueves 12) y la mínima fue de 32.19 µg/m³ (miércoles 25).
- **Zona este:** En la estación Santa Anita (STA) la concentración máxima fue 38.43 µg/m³ (lunes 09) y la mínima fue de 17.83 µg/m³ (jueves 19).
- **Zona sur:** En la estación Villa María del Triunfo (VMT) la concentración máxima fue 156.29 µg/m³ (lunes 09) y la mínima fue de 44.3 µg/m³ (miércoles 25).
- **Zona centro:** En la estación Campo de Marte (CDM) la concentración máxima fue 33.37 µg/m³ (viernes 06) y la mínima fue de 13.81 µg/m³ (jueves 19), mientras que en la estación San Borja (SBJ) la concentración máxima fue 38.68 µg/m³ (lunes 02) y la mínima fue de 18.56 µg/m³ (miércoles 25).

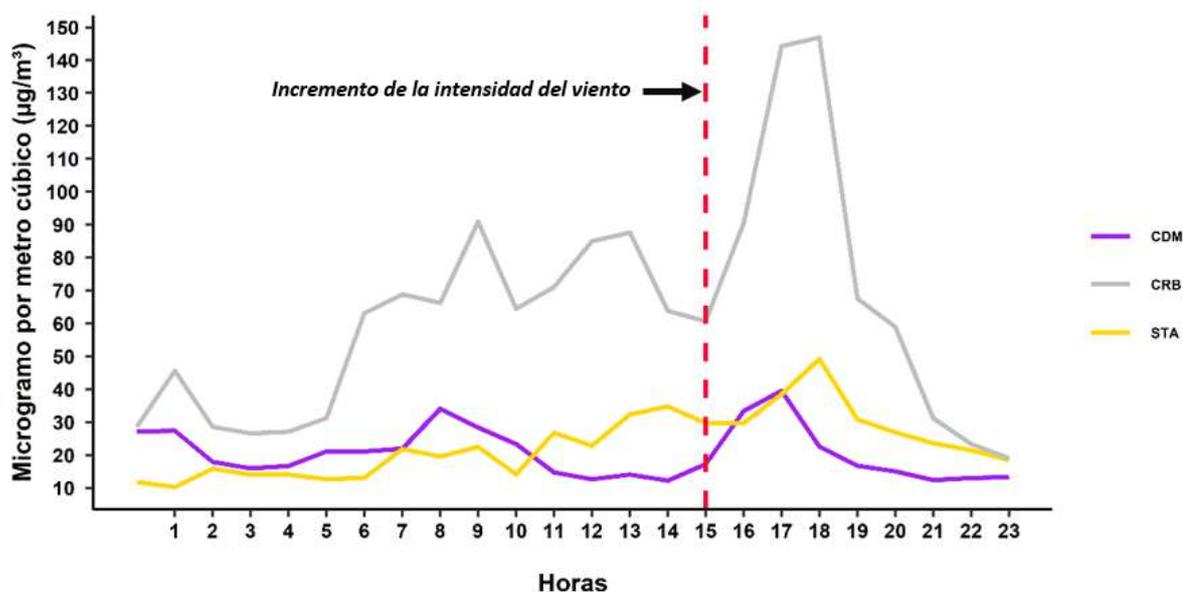
Figura N° 13. Variación diaria del PM₁₀ (µg/m³) en el AMLC.



A partir de la declaración del estado de emergencia (día 16), se observó una disminución en las concentraciones de PM_{10} , esto debido principalmente a una reducción de las emisiones generadas por la actividad vehicular y la resuspensión de polvo que genera esta misma actividad. Es por esto, que durante el mes las mayores concentraciones de PM_{10} se registraron antes del día 16. Asimismo, durante el estado de emergencia se observó un incremento de las concentraciones del PM_{10} los días 16 (lunes), 23 (lunes), 28 (sábado) y 30 (lunes), los cuales podrían atribuirse a un aumento de la actividad vehicular y movilización de personas para el abastecimiento de alimentos (principalmente los lunes). El incremento de las concentraciones registrada el día 28, estaría más asociada a un aumento de la temperatura y presencia de vientos débiles (poca posibilidad de dispersar contaminantes).

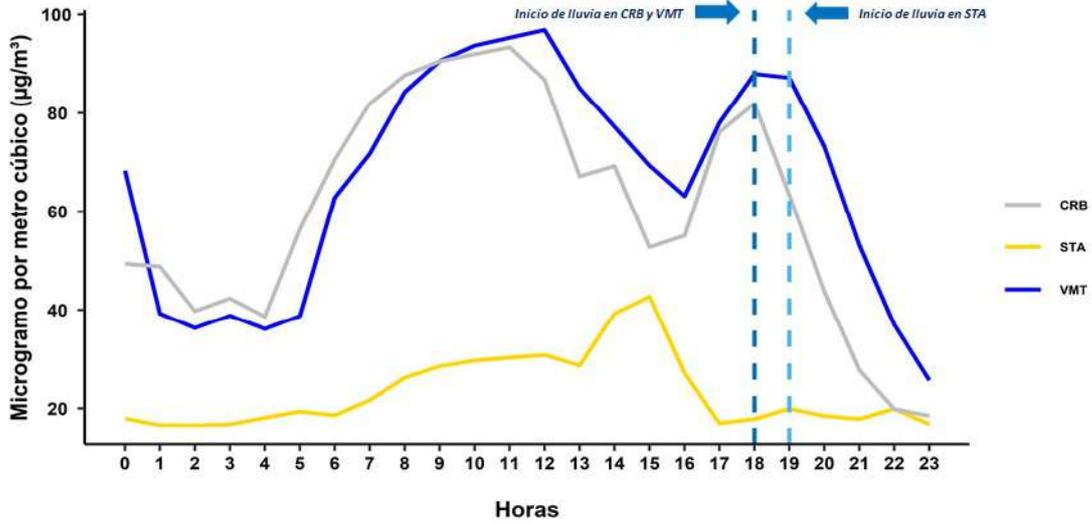
Además de lo ya explicado, el día 23 se registró un incremento en la velocidad de los vientos en el AMLC (desde 15:00 hasta las 19:00 horas), los cuales contribuyeron al aumento de las concentraciones de PM_{10} , dicho efecto pudo apreciarse mejor en las estaciones Campo de Marte (CDM), Carabayllo (CRB) y Santa Anita (STA) (figura N°14).

Figura N° 14. Variación horaria del PM_{10} para el día 23 en las estaciones CDM, STA y CRB.



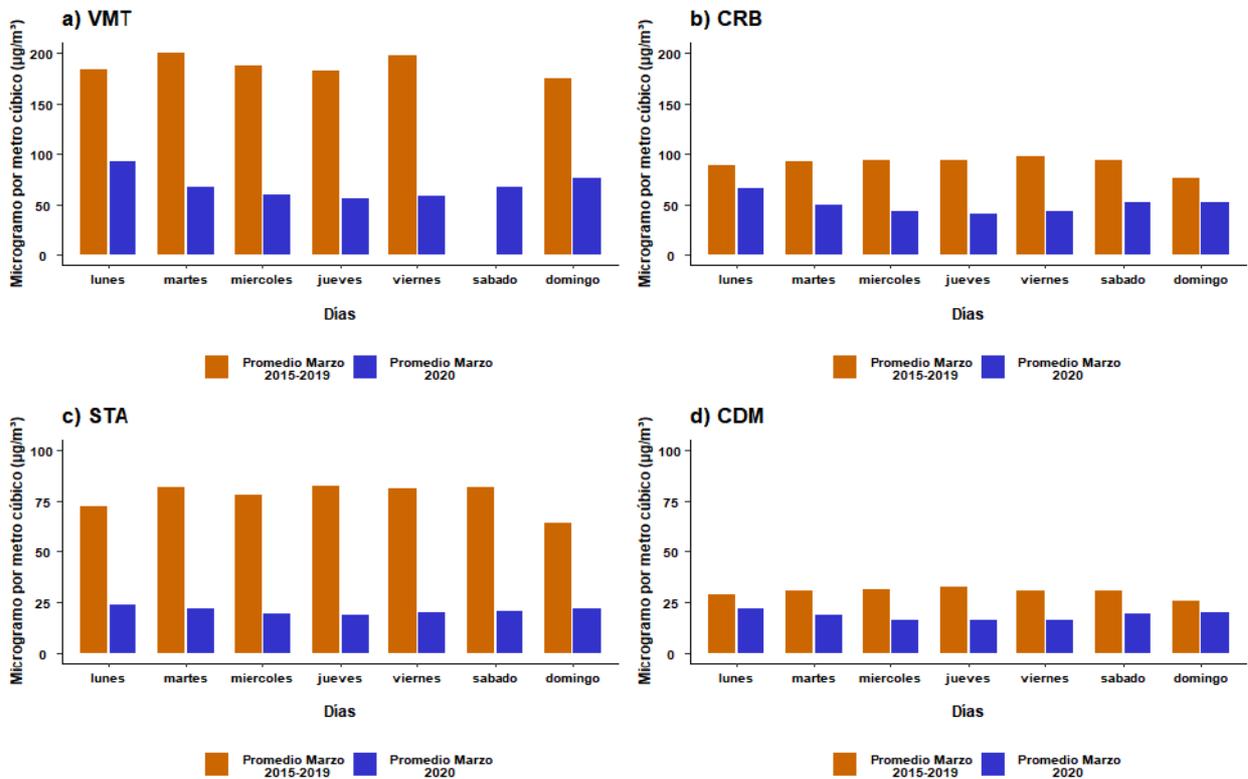
Asimismo, durante el estado de emergencia las concentraciones más bajas fueron alcanzadas los días 19 (jueves), 25 (miércoles), 29 (sábado) y 31 (martes). La disminución del día 19 podría atribuirse a una reducción importante de la actividad vehicular (por la prohibición del uso de vehículos) y vientos más intensos (mayor dispersión de contaminantes), mientras que las concentraciones bajas de los días 25 y 29 estarían más asociadas a mayores porcentajes de humedad relativa en el ambiente (menores temperaturas) y vientos débiles los cuales no permitieron la resuspensión de polvo. El día 31 se registró ligeras precipitaciones (entre las 18:00 y 19:00 horas aproximadamente) los cuales podrían haber influido en una disminución de las concentraciones de PM_{10} registradas en la noche (figura N°15), considerando que por estas mismas horas empezó la inmovilización social obligatoria.

Figura N° 15. Variación horaria del PM₁₀ para el día 31 en las estaciones CRB, STA y VMT.



En la figura N°16 se presenta la variación diaria en la semana de las concentraciones del PM₁₀ históricas (periodo 2015 - 2019) para marzo y el periodo de estado de emergencia (del 16 al 31 de marzo). La estación Villa María del Triunfo (VMT) (figura N°16a) muestra una disminución general de 64%, la estación Carabayllo (CRB) (figura N°16b) una disminución de 45%, la estación Santa Anita (STA) (figura N°16 c) una disminución de 73% y la estación Campo de Marte (CDM) (figura N°16d) una disminución de 39%. En promedio se registró una reducción de 55% para las 4 estaciones.

Figura N° 16. Comparativo de las concentraciones históricas y las registradas durante el estado de emergencia para el PM₁₀.

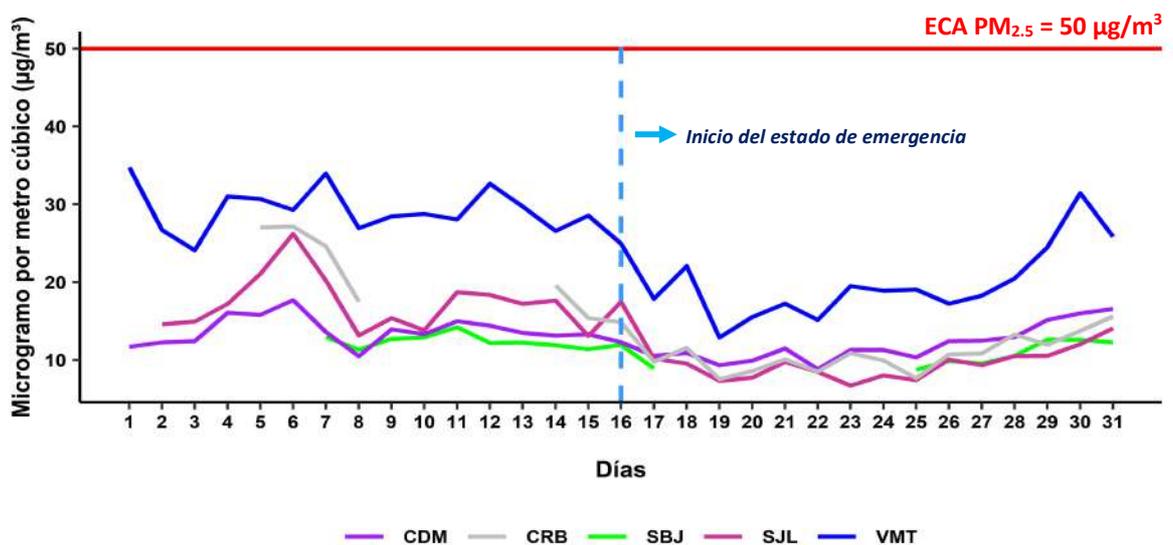


3.2. CONCENTRACIONES DIARIAS DEL PM_{2.5}

En la figura N°17 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 27.14 µg/m³ (viernes 06) y la mínima fue de 7.54 µg/m³ (jueves 19).
- **Zona este:** En la estación San Juan de Lurigancho (S JL) la concentración máxima fue 26.2 µg/m³ (viernes 06) y la mínima fue de 6.72 µg/m³ (lunes 23).
- **Zona sur:** En la estación Villa María del Triunfo (VMT) la concentración máxima fue de 34.75 µg/m³ (domingo 01) y la mínima fue de 12.90 µg/m³ (jueves 19).
- **Zona centro:** En la estación Campo de Marte (CDM) la concentración máxima fue de 17.71 µg/m³ (viernes 06) y la mínima fue de 8.84 µg/m³ (domingo 22), mientras que en la estación San Borja (SBJ) la concentración máxima fue 22.73 µg/m³ (domingo 01) y la mínima fue de 8.74 µg/m³ (miércoles 25).

Figura N° 17. Variación diaria del PM_{2.5} (µg/m³) en el AMLC.



Las concentraciones de PM_{2.5} empezaron a disminuir con mayor claridad desde el día 16. Asimismo, el día 19 se alcanzó concentraciones bajas de PM_{2.5} en las 5 estaciones, lo cual podría atribuirse a una reducción importante de las emisiones vehiculares (el 58% del PM_{2.5} proviene de esta fuente de contaminación³), así como a vientos más intensos que permitieron dispersar mejor los contaminantes.

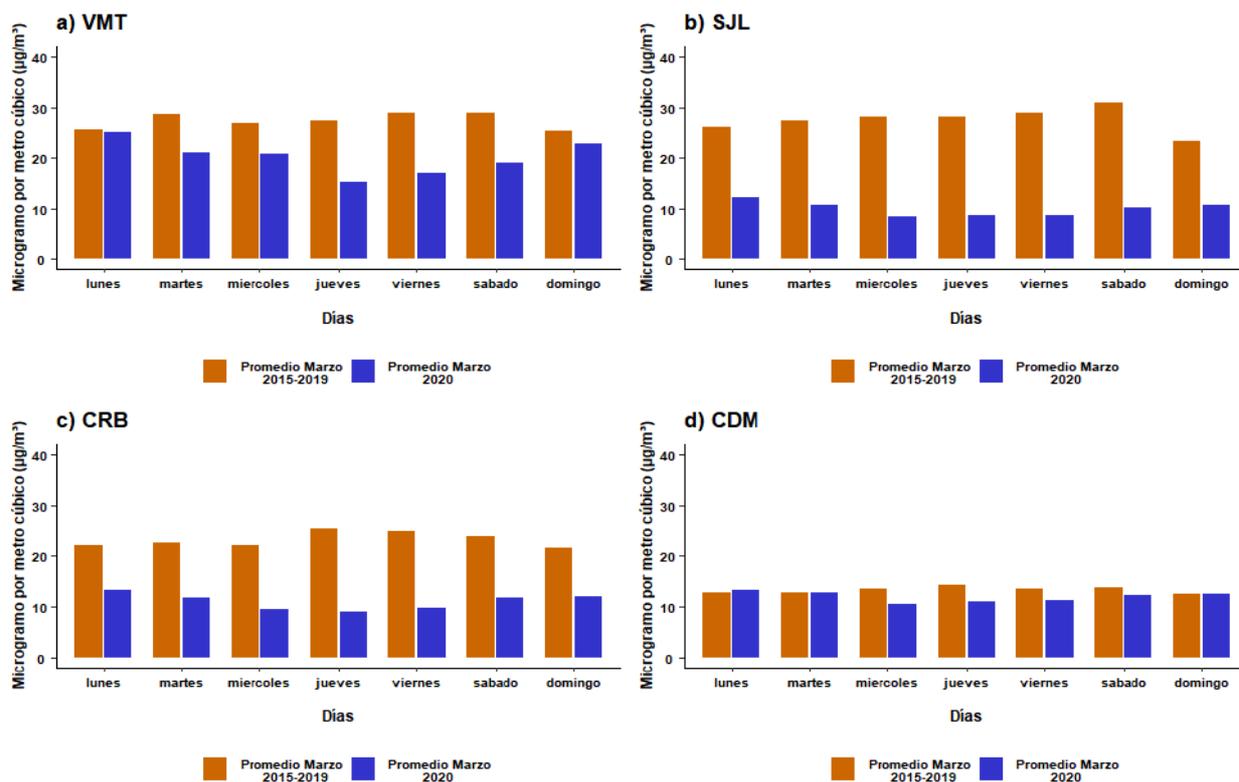
En los días 28 (sábado), 29 (domingo) y 30 (lunes) se pudo observar un incremento de las concentraciones. Dicho comportamiento podría haber sido causado por un efecto de "acumulación de PM_{2.5}" dado a que desde el día 22 las temperaturas empezaron a disminuir, la humedad relativa a aumentar y los vientos a debilitarse, configurándose condiciones para el incremento de PM_{2.5} en el AMLC⁴. Algo muy importante a resaltar es que, las concentraciones del PM_{2.5} en gran parte del mes, estuvieron por debajo de los lineamientos establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

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

4. Artículo científico: Particulate matter levels in a south American megacity: The Metropolitan area of Lima-Callao, Peru. 2017.

En la figura N°18 se presenta la variación diaria en la semana de las concentraciones del PM_{2.5} históricas (periodo 2015 - 2019) para marzo y el periodo de estado de emergencia (del 16 al 31 de marzo). La estación Villa María del Triunfo (VMT) (figura N°18a) muestra una disminución general de 26%, la estación San Juan de Lurigancho (SJL) (figura N°18b) una disminución de 71%, la estación Carabayllo (CRB) (figura N°18c) una disminución de 52% y la estación Campo de Marte (CDM) (figura N° 18d) una disminución de 10%. En promedio se registró una reducción de 38% para las 4 estaciones.

Figura N° 18. Comparativo de las concentraciones históricas y las registradas durante el estado de emergencia para el PM_{2.5}.

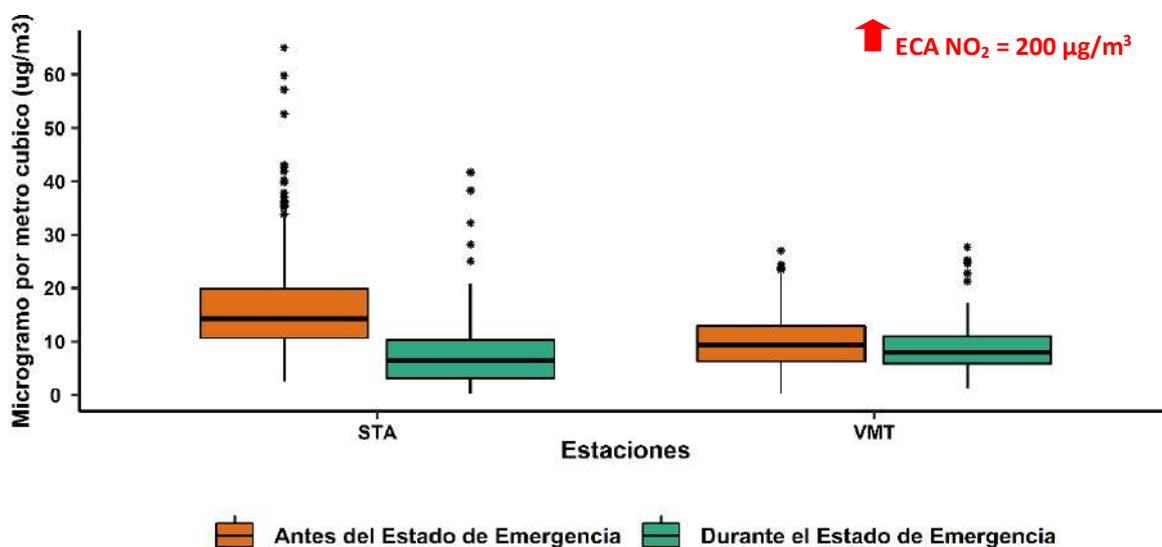


3.3. CONCENTRACIONES HORARIAS DEL NO₂

En la figura N°19 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 este:** En la estación Santa Anita (STA) la concentración máxima fue 65.00 µg/m³ (jueves 05 a las 10:00 horas) mientras que la mínima fue de 0.22 µg/m³ (martes 17 a las 16:00 horas).
- **Zona sur:** En la estación Villa María del Triunfo (VMT) la concentración máxima fue 27.70 µg/m³ (lunes 16 a las 12:00 horas), mientras que la mínima fue de 1.90 µg/m³ (viernes 06 a las 04:00 horas).

Figura N° 19. Variación horaria del NO₂ (µg/m³) en el AMLC.



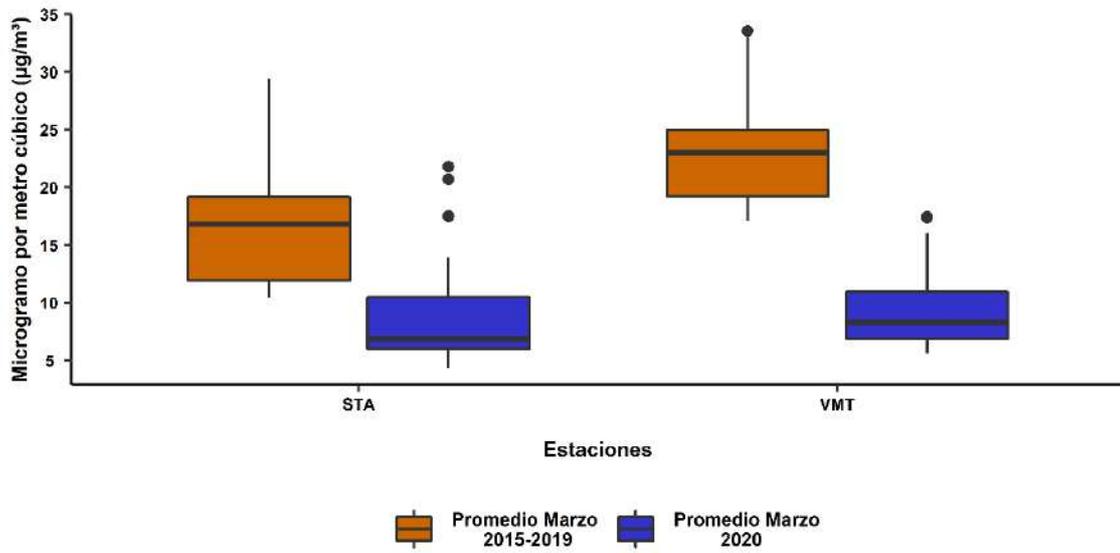
Las mayores concentraciones del NO₂ se registraron en los horarios de mayor actividad vehicular (horas pico), las cuales están comprendidas en las primeras horas del día (7:00 horas hasta las 12:00 horas) y entre las últimas horas de la tarde y primeras horas de la noche (desde las 18:00 y 21:00 horas). Asimismo, las concentraciones horarias registradas antes del 16 de marzo (inicio del estado de emergencia) son ligeramente mayores a comparación del periodo posterior al 16.

La ligera disminución de las concentraciones del NO₂ registradas durante las dos últimas semanas del mes, estarían asociadas principalmente a dos factores: 1) Reducción de las emisiones vehiculares (89% de las emisiones de NO_x provienen de los vehículos a diésel⁵) y emisiones industriales; y 2) Condiciones meteorológicas desfavorables para la dispersión registradas después del 22 de marzo.

En la figura N°20 se presenta la variación horaria de las concentraciones del NO₂ históricas (periodo 2015 al 2019) para marzo y el periodo de estado de emergencia (del 16 al 31 de marzo), donde se observa que la estación Santa Anita (STA) muestra una disminución de 45% y la estación Villa María del Triunfo (VMT) una disminución de 59%. En promedio se registró una reducción de 52% para las 2 estaciones.

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

Figura N° 20. Comparativo entre las concentraciones históricas y las registradas durante el estado de emergencia para el NO₂

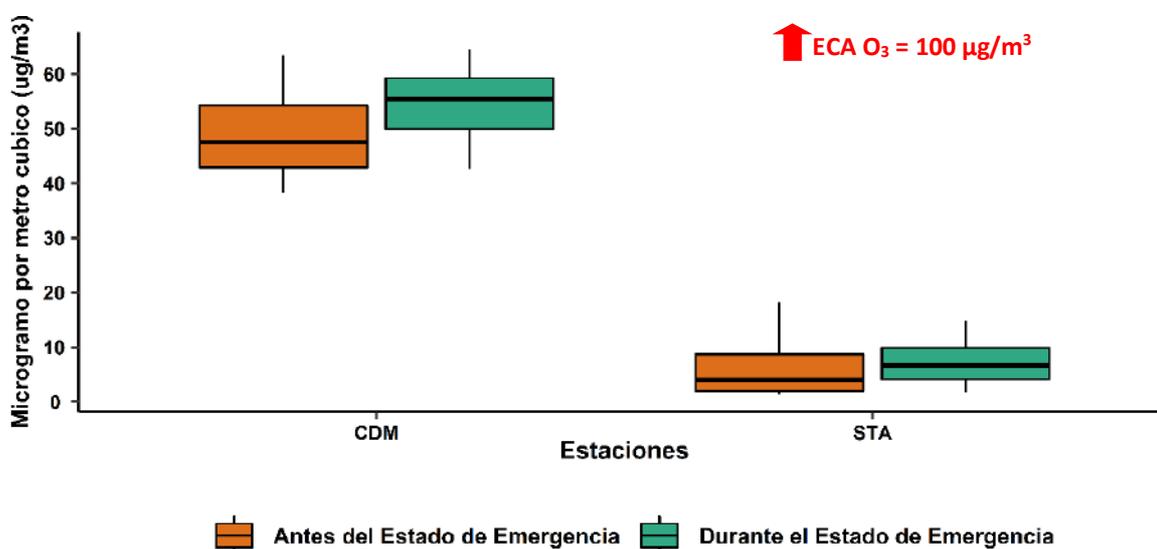


3.4. CONCENTRACIONES HORARIAS (PROMEDIO MÓVIL DE 8 HORAS) DEL O₃

En la figura N°21 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 Santa Anita (STA) la concentración máxima fue 18.28 µg/m³ (sábado 07 a las 17:00 horas) y la mínima fue 1.35 µg/m³ (jueves 05 a las 05:00 horas).
- **Zona Centro:** En la estación Campo de Marte (CDM) la concentración máxima fue 64.59 µg/m³ (lunes 16 a las 17:00 horas) y la mínima fue 38.35 µg/m³ (miércoles 11 a las 02:00 horas).

Figura N° 21. Variación horaria (promedio móvil de 8 horas) del O₃ (µg/m³) en el AMLC.



Las mayores concentraciones del O₃ en el AMLC se registraron en los horarios posteriores al periodo de máxima radiación solar ⁶ (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 concentraciones horarias registradas antes del 16 de marzo (inicio del estado de emergencia) son ligeramente menores a comparación de las concentraciones posteriores al 16.

El AMLC tiene un régimen de formación de ozono limitado por Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)⁷, lo cual explicaría que una disminución de las concentraciones de NO_x reduce el consumo de los radicales OH, permitiendo que el OH (en mayor cantidad) reaccione con los COV facilitando la formación del O₃. Cabe resaltar que, los últimos días del mes se tuvo cielos con presencia de nubes bajas los cuales contribuyeron a un menor ingreso de radiación solar hacia la superficie, dichas condiciones pudieron haber impedido una mayor formación de este contaminante.

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

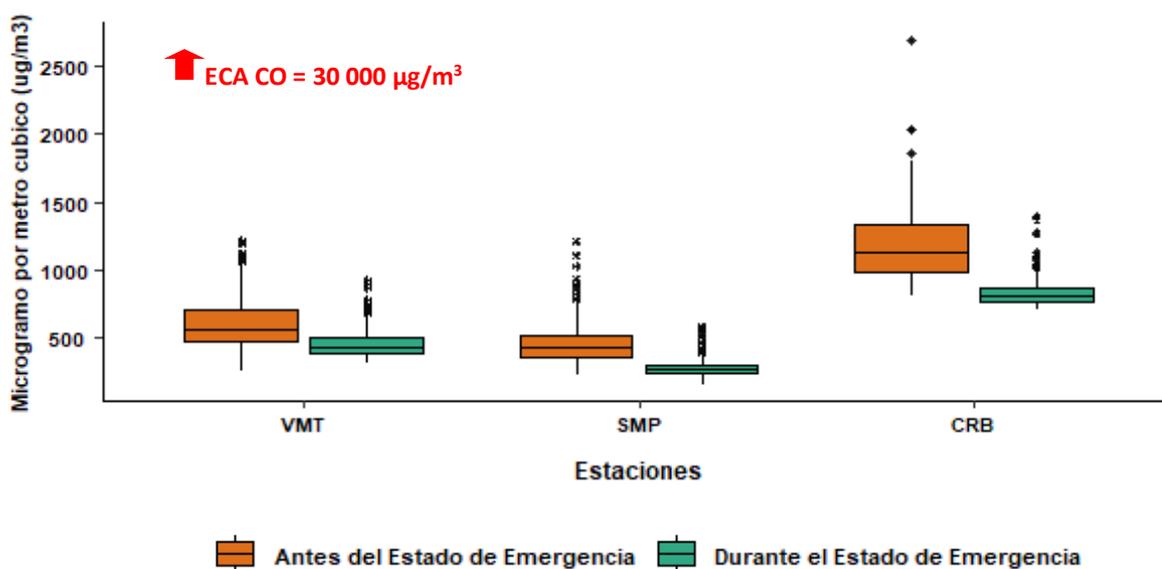
7. Artículo científico: Ozone and volatile organic compound in the Metropolitan area of Lima-Callao, Peru. 2018.

3.5. CONCENTRACIONES HORARIAS DEL CO

En la figura N°22 se observa que las concentraciones horarias registradas en las estaciones no superaron el ECA-aire para el CO ($30\ 000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$) durante los días monitoreados. Asimismo, se pudo apreciar lo siguiente:

- **Zona norte:** En la estación San Martín de Porres (SMP) la concentración máxima fue $1209.10\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ (miércoles 11 a las 07:00 horas) y la mínima fue $157.4\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ (jueves 19 a las 03:00 horas), mientras que en la estación Carabayllo (CRB) la concentración máxima fue $2692.10\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ (miércoles 04 a las 08:00 horas) y la mínima fue $711.8\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ (martes 24 a las 00:00 horas).
- **Zona sur:** En la estación Villa María del Triunfo la concentración máxima horaria fue $1221.10\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ (jueves 05 a las 09:00 horas) y la mínima fue $92.8\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ (domingo 08 a las 18:00 horas).

Figura N° 22. Variación horaria del CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en el AMLC.

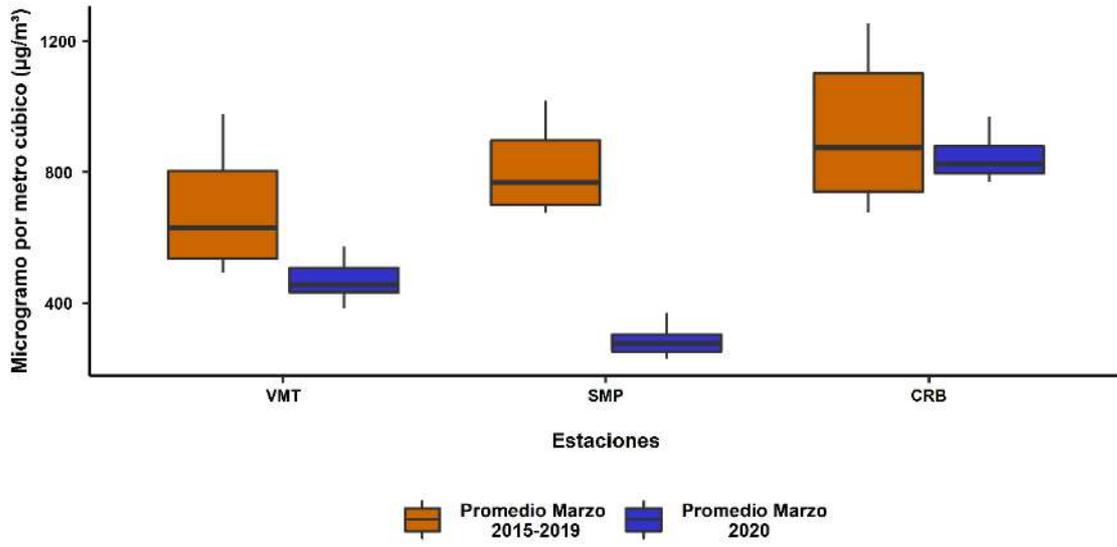


Las mayores concentraciones del CO se registraron en la primera hora pico del AMLC (7:00 horas hasta las 12:00 horas). Asimismo, las concentraciones horarias registradas antes del 16 de marzo (inicio del estado de emergencia) son ligeramente mayores a comparación del periodo posterior al 16. La ligera disminución de las concentraciones del CO registradas durante las dos últimas semanas del mes, estarían asociadas principalmente a dos factores: 1) Reducción de las emisiones vehiculares (87% de las emisiones de CO provienen de los vehículos a gasolina/gasohol⁸) y emisiones industriales; y 2) Condiciones meteorológicas desfavorables para la dispersión registradas después del 22 de marzo.

En la Figura N°23 se presenta la variación horaria de las concentraciones del CO históricas (periodo 2015 al 2019) para marzo y el periodo de estado de emergencia (del 16 al 31 de marzo), donde se observa que la estación Villa María del Triunfo (VMT) muestra una disminución de 29%, la estación San Martín de Porres (SMP) 64% y la estación Carabayllo (CRB) una disminución de 8%. En promedio se registró una reducción de 34% para las 3 estaciones.

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

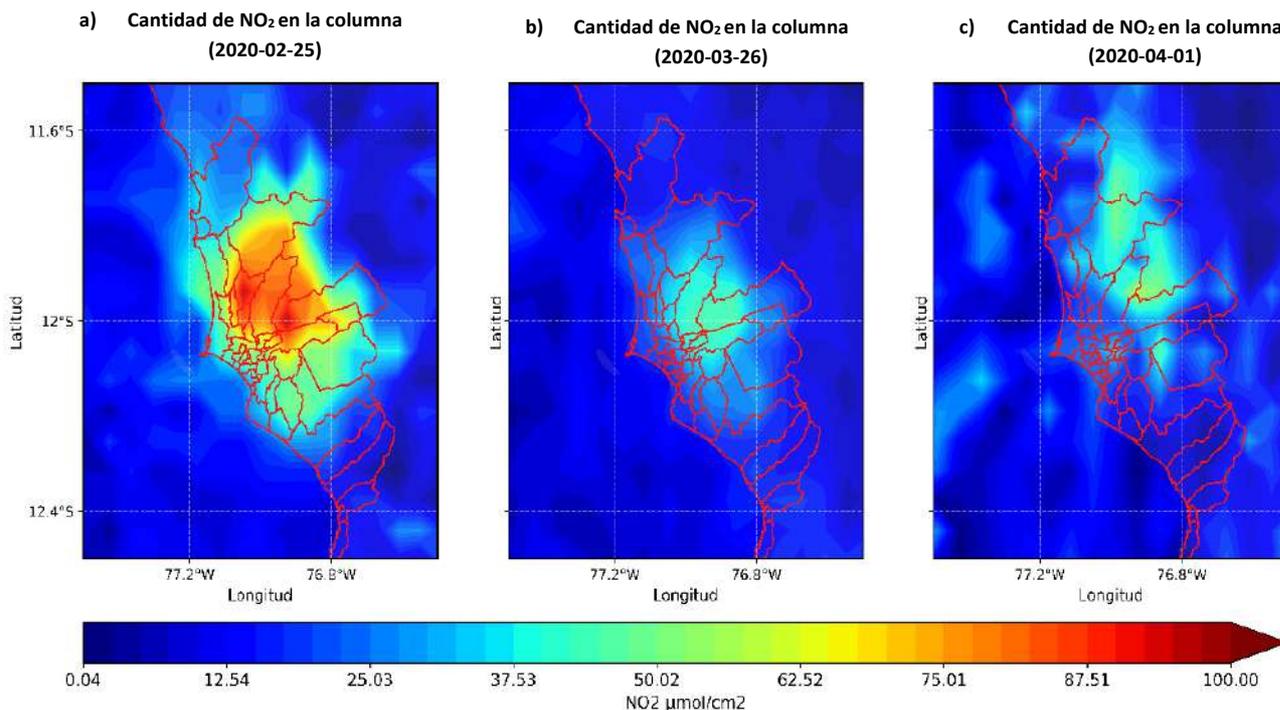
Figura N° 23. Comparativo entre las concentraciones históricas y las registradas durante el estado de emergencia para el CO



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

La figura N°24, muestra la distribución espacial de la columna del NO₂ (μmol/cm²) obtenidas del satélite Sentinel 5P (instrumento Tropomi) a una resolución aproximada de 7 km × 3.5 km. Es así que, la figura N°24a, muestra la distribución de NO₂ para el martes 25 de febrero a las 12:00 horas, la figura N°24b muestra la distribución para el jueves 26 de marzo a las 12:00 horas (posterior al estado de emergencia) y la figura N°24c, muestra la distribución para el miércoles 01 de abril a las 12:00 horas (posterior al estado de emergencia).

Figura N° 24. Distribución espacial de la columna del NO₂ (μmol/cm²) sobre el AMLC.



La mayor cantidad de NO₂ (en la columna) se registró durante los días previos al inicio del estado de emergencia. 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 en fechas posteriores al día 16. Cabe precisar que las mayores cantidades de este contaminante son trasladadas por lo vientos para las zonas norte y este del AMLC.

Las figuras N°25 y N°26, muestran la distribución espacial de las concentraciones promedio de PM_{2.5} para el AMLC 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). Asimismo, se muestra las concentraciones promedio de PM_{2.5} registradas por la Red de Monitoreo Automático de la Calidad del Aire (REMCA) del SENAMHI.

Según los periodos comprendidos entre el 1 y 15 de marzo (antes del estado de emergencia, figura N° 25) y 16 y 31 de marzo (después del estado de emergencia, figura N°26), se observa que la concentración del PM_{2.5} se redujo en el segundo periodo en 40% según los datos del modelo numérico del CAMS. Cabe precisar que de acuerdo al los datos de este contaminante registrados por la REMCA del SENAMHI se tuvo una reducción de 38%.

Figura N°25. Concentraciones de PM_{2.5} antes del estado de emergencia para el AMLC

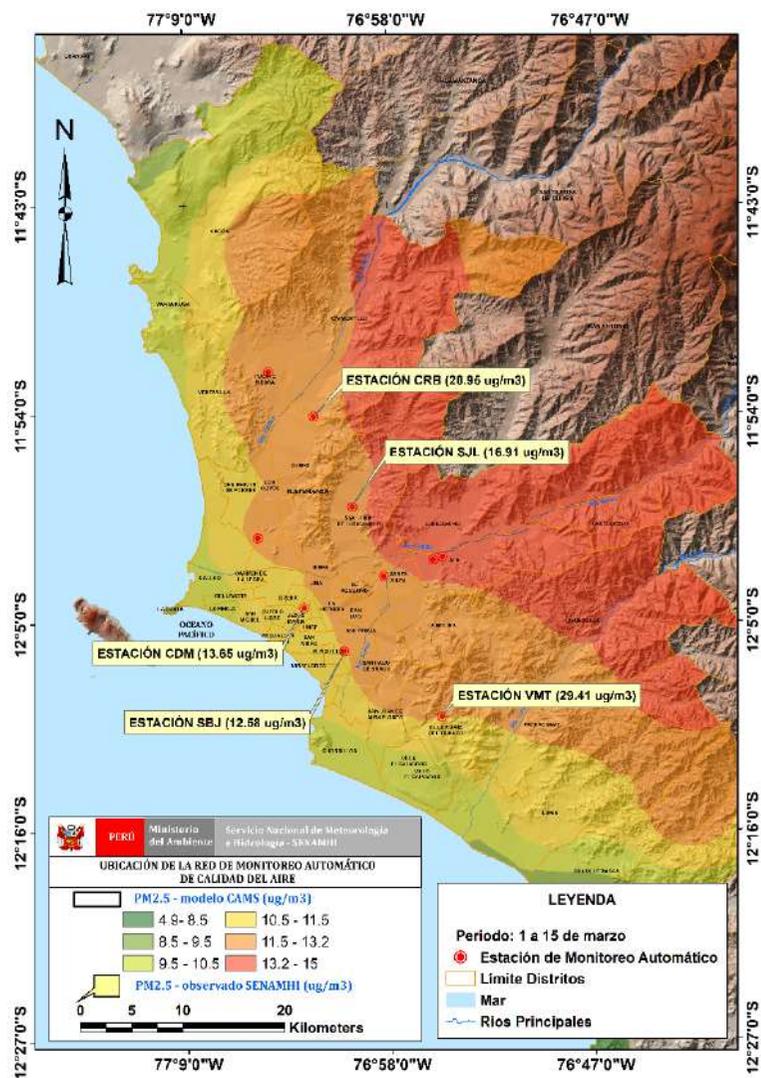
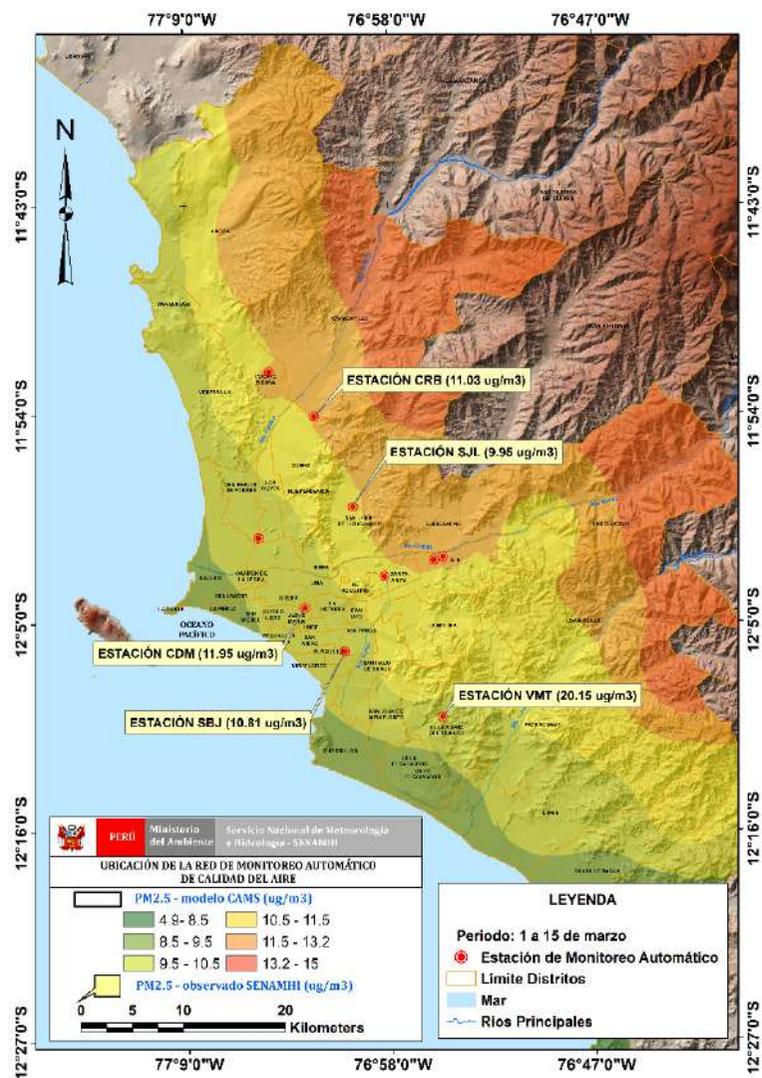


Figura N°26. Concentraciones de PM_{2.5} después del estado de emergencia para el AMLC



5. ESTADO DE LA CALIDAD DEL AIRE PARA EL AMLC – MARZO

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°02).

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.

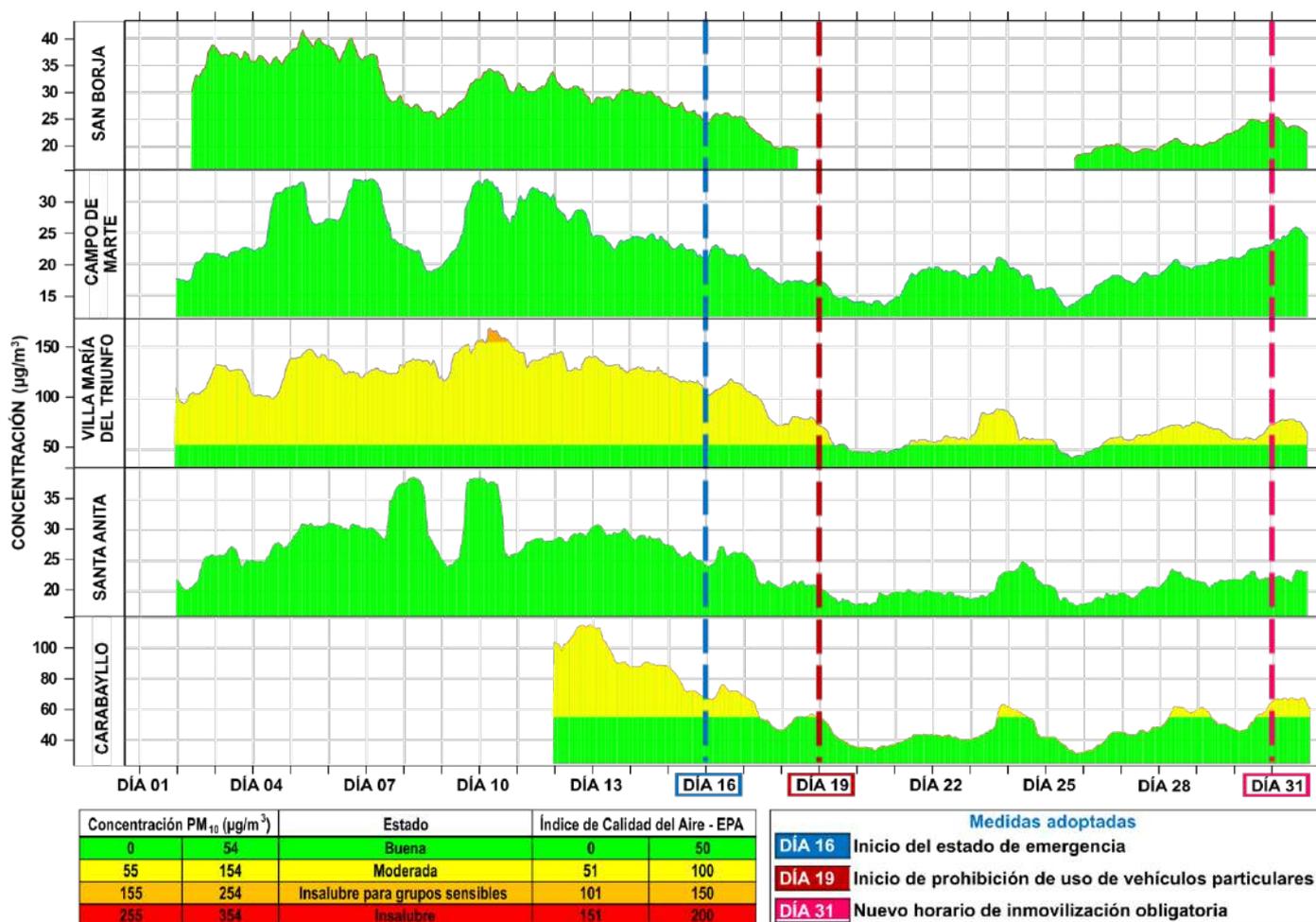
Fuente: https://www3.epa.gov/airnow/aqi_brochure_02_14.pdf

5.1. ESTADOS DE LA CALIDAD DEL AIRE PARA EL PM₁₀

La figura N°27 muestra las concentraciones promedio móviles de 24 horas para el PM₁₀ asociados a su respectivo estado de la calidad del aire, asimismo, se puede apreciar que los días previos a las medidas adoptadas por el gobierno las concentraciones en las estaciones Carabayllo (CRB) y Villa María del Triunfo (VMT) se encontraban dentro del estado de la calidad del aire “moderado”, mientras que las estaciones Santa Anita (STA), Campo de Marte (CDM) y San Borja (SBJ) mostraron concentraciones dentro del estado “bueno”.

A partir del día 16 de marzo (inicio del estado de emergencia) se observó que las concentraciones del PM₁₀ disminuyeron de manera gradual, alcanzando en la mayoría de los días y para todas las estaciones estados de la calidad del aire “bueno”.

Figura N° 27. Estados de la Calidad del Aire para PM₁₀ – MARZO

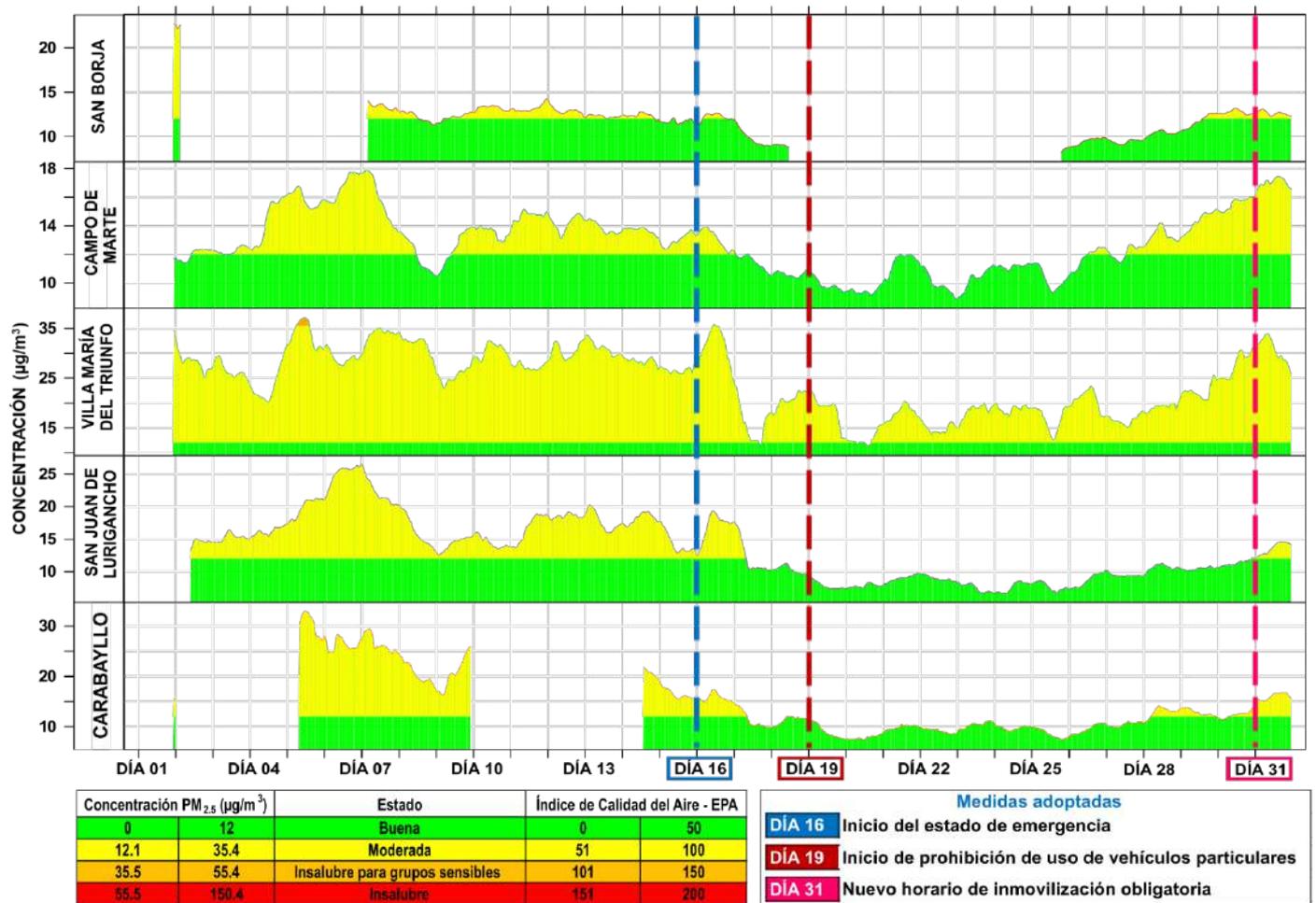


5.2. ESTADOS DE LA CALIDAD DEL AIRE PARA EL PM_{2.5}

La figura N°28 muestra las concentraciones promedio móviles de 24 horas para el PM_{2.5} asociados a su respectivo estado de la calidad del aire, asimismo, se puede apreciar que los días previos a las medidas adoptadas por el gobierno, las concentraciones en las estaciones Carabayllo (CRB), San Juan de Lurigancho (S JL), Villa María del Triunfo (VMT), Campo de Marte (CDM) y San Borja (SBJ) se encontraron dentro del estado de la calidad del aire “moderado”.

A partir del día 16 de marzo (inicio del estado de emergencia) se observó que las concentraciones del PM_{2.5} disminuyeron de manera gradual, alcanzando en varios días y principalmente en las estaciones CRB, S JL, CDM y SBJ estados de calidad del aire “bueno”.

Figura N° 28. Estados de la Calidad del Aire para PM_{2.5} – MARZO



6. CONCLUSIONES

- Las condiciones meteorológicas influyeron en el comportamiento diario y horario de los contaminantes del aire en el ALMC durante el mes de marzo. Los vientos intensos del día 23 generaron un incremento en las concentraciones del PM₁₀ por la resuspensión del polvo y las precipitaciones registradas el día 31 habrían generado una ligera disminución. Asimismo, las concentraciones del PM_{2.5} se incrementaron los días 28, 29 y 30, lo que podría estar asociado a un descenso de las temperaturas, incrementos de la humedad relativa y vientos débiles.
- Las concentraciones diarias del PM₁₀ y PM_{2.5} mostraron una disminución gradual desde el 16 de marzo (inicio del estado de emergencia) permitiendo que no se supere sus respectivos ECA-aire.
- Las concentraciones de PM_{2.5} en gran parte del periodo comprendido entre el 16 y 31 de marzo cumplieron con el valor recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) (25 µg/m³).
- Los contaminantes gaseosos NO₂ y CO no superaron sus respectivos ECA-aire. Sin embargo, luego del inicio del estado de emergencia, mostraron una ligera disminución de sus concentraciones.
- El O₃ no superó su respectivo ECA-aire. Sin embargo, luego del inicio del estado de emergencia, mostró un ligero aumento de sus concentraciones.
- Las concentraciones de PM₁₀ y PM_{2.5} registradas durante el estado de emergencia disminuyeron en un 55% y 38% respectivamente con respecto a sus concentraciones históricas (del 2015 al 2019) para el mes de marzo. Una comparación para estos mismos periodos de las concentraciones de NO₂ y CO mostraron una disminución de 52% y 34% respectivamente .
- Los datos mostrados por el Satélite SENTINEL-5P y el modelo (CAM5) indicaron disminuciones en la columna de dióxido de nitrógeno (NO₂) y concentraciones del PM_{2.5} respectivamente sobre el ALMC posterior al inicio del estado de emergencia.
- Con respecto a los estados de la calidad del aire para los contaminantes PM_{2.5} y PM₁₀ se pudo apreciar un aumento en los días con estado "bueno" posterior al inicio del estado de emergencia.

7. PERSPECTIVAS DE LA CALIDAD DEL AIRE PARA EL MES DE ABRIL

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 PM₁₀. Sin embargo, dado a que las medidas como el aislamiento social obligatorio continúan (trayendo como consecuencia una disminución de las emisiones vehiculares e industriales) se espera que las concentraciones de ambos contaminantes alcancen valores por debajo de sus concentraciones promedios históricos para el mes de abril.

9. Documento: *Boletín climático nacional - marzo 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
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: 08 de mayo de 2020

