

BOLETÍN VIGILANCIA DE CALIDAD DEL AIRE

Área metropolitana de Lima y Callao

Marzo 2022



VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL ÁREA METROPOLITANA DE LIMA Y CALLAO (AMLC) – MARZO 2022

PRESENTACIÓN

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) presenta el boletín mensual sobre la vigilancia de la calidad del aire en el Área Metropolitana de Lima y Callao (AMLC), en el cual los tomadores de decisión y público en general podrán encontrar información sobre los principales contaminantes atmosféricos al que se encuentran expuestos.

Para un mejor entendimiento de las variaciones espaciales y temporales de los contaminantes atmosféricos, se ha utilizado información meteorológica de superficie (datos de las estaciones meteorológicas automáticas del SENAMHI) 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 utilizaron datos de anomalías de temperatura superficial del mar (TSM) del conjunto de datos Optimum Interpolation Sea Surface Temperature (OISST) con respecto a su media climática (1981-2010). 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.

Es importante resaltar qué, el gobierno peruano Prorroga del Estado de Emergencia Nacional desde el 01 al 31 de marzo, con el fin frenar el avance y propagación de la tercera ola del coronavirus causante del COVID-19 (DECRETO SUPREMO N° 016-2022-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.

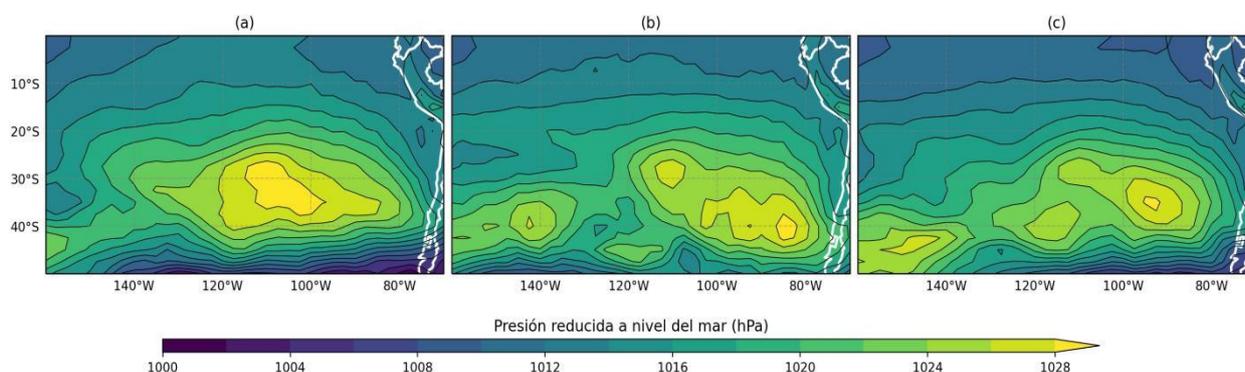
1. VIGILANCIA DE LAS CONDICIONES SINÓPTICAS Y METEOROLÓGICAS LOCALES EN EL AMLC

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 marzo se conformó 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 (figura N°01a), se observó que el Anticiclón del Pacífico Sur (APS) presentó una configuración zonal con un núcleo de 1028hPa y en la posición 33°S y 105°W. Asimismo, en la decadiaria 2 (figura N°01b), se forma una configuración binuclear poco definida, y una disminución de la intensidad del núcleo occidental del APS, pero su posición se acerca a la costa. Finalmente, en la decadiaria 3 (figura N°01c), se mantuvo la configuración binuclear del APS y la posición del núcleo occidental se posicionó en 35°S y 96°W.

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 parte de Sudamérica son mostrados en la figura N°2.

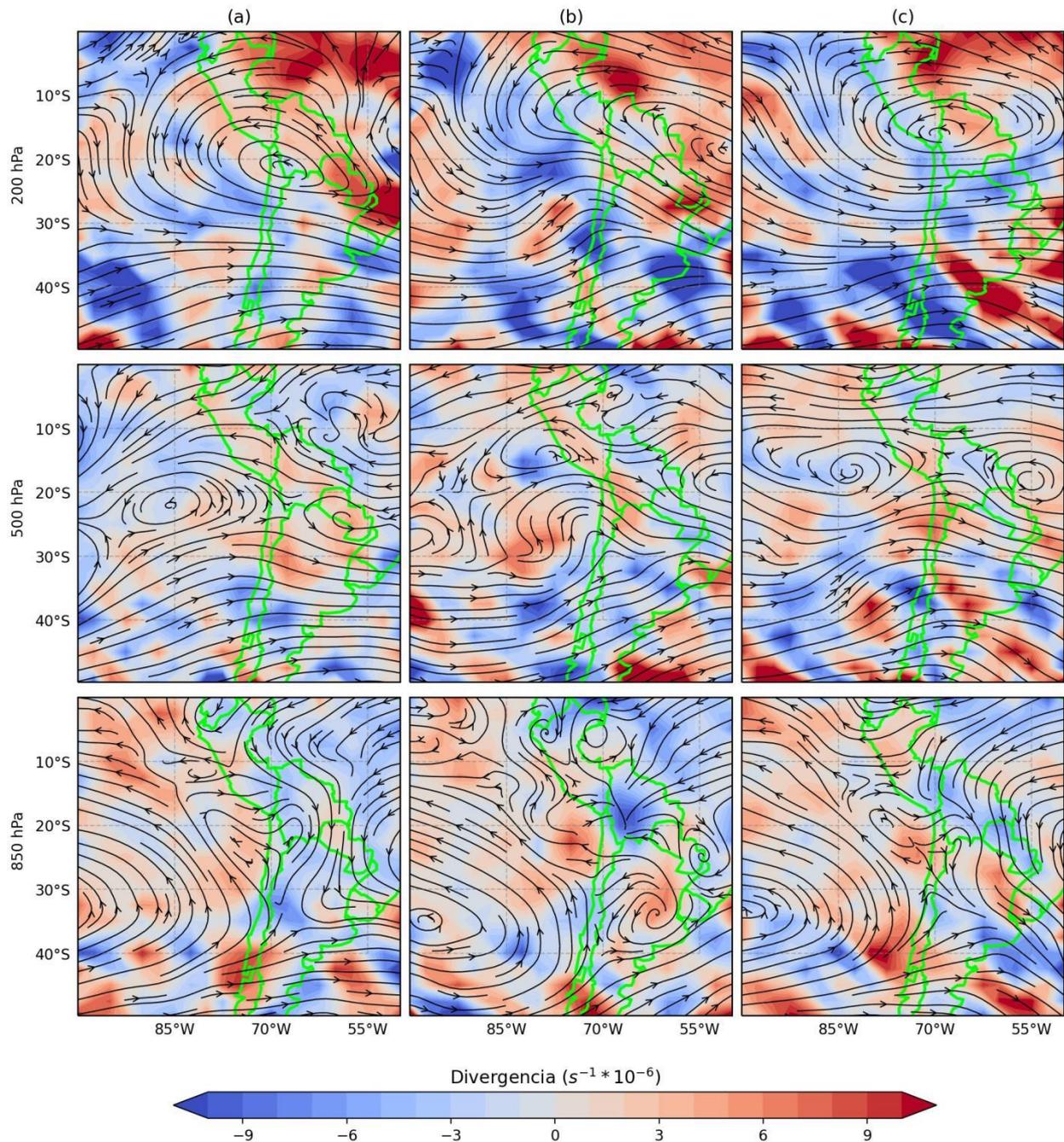
Durante la decadiaria 1 (figura N°02a), se obtuvo divergencia por velocidad cerca a la costa central y una configuración cuasi-zonal de la Alta de Bolivia, con núcleo posicionado en la frontera de Chile con Bolivia, modulada principalmente por la circulación del Jet Subtropical en el nivel de 200hPa. En 500hPa se observó ligera convergencia tanto por dirección como velocidad cerca a la costa central, y en 850hPa hubo ligera divergencia provocada por una pequeña circulación anticiclónica cerca a la costa central.

En la decadiaria 2 (figura N°02b), se obtuvo ligera convergencia por velocidad cerca a la costa central y una configuración de la Alta de Bolivia más desplazada hacia el este, con su núcleo posicionado sobre Brasil, debido a una vaguada al norte de Chile en 200hPa, lo cual originó una DANA (depresión aislada de niveles altos). En 500hPa se observó que la DANA en altura se profundizó hasta este nivel, desplazando la pequeña circulación anticiclónica cerca de la costa

central provocando convergencia. En 850hPa se observó vientos del sur, provenientes de la posición de la DANA, hacia la costa central lo que originó un incremento de vientos y cielo despejado en la costa central.

Finalmente, en la decadiaria 3 (figura N°02c), se observó que la Alta de Bolivia se desplazó casi a su posición normal cerca de la frontera entre Perú y Bolivia en 200hPa, debido a que la vaguada de la decadiaria anterior se disipó. En 500hPa se observó que la circulación anticiclónica convergente cerca a la costa tomó una configuración más zonal, lo que provocó una disminución de la convergencia, y en 850hPa se observó vientos del este cerca a la costa central.

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

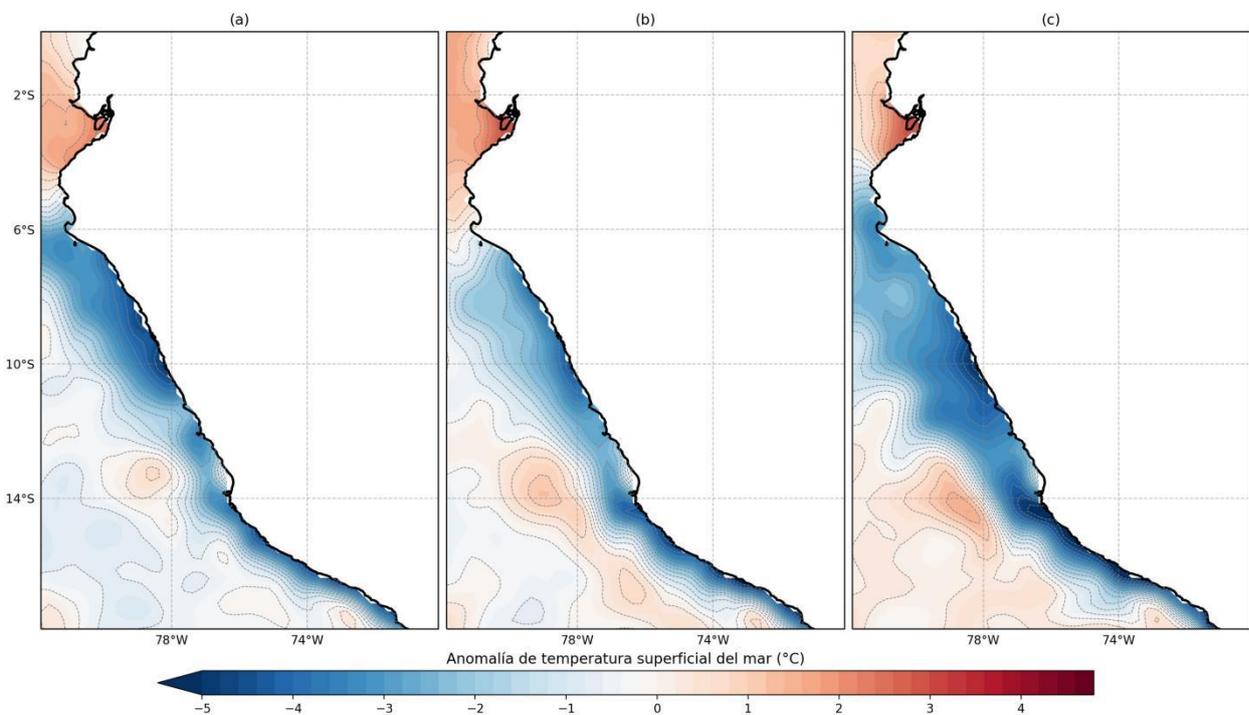


1.3. COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR (TSM)

Se utilizaron datos de anomalías de temperatura superficial del mar (TSM) del conjunto de datos Optimum Interpolation Sea Surface Temperature (OISST, por sus siglas en inglés) con respecto a su media climática (1981-2010).

Durante el mes de marzo, se observó que la temperatura superficial del mar (TSM) se encuentra por debajo de su normal climática (anomalías negativas) en casi toda la línea costera del Perú. Durante la decadiaria 1 (figura N° 03a) estas anomalías negativas de la TSM alcanzaron los -3°C en la costa central. En la decadiaria 2 (figura N° 03b) las anomalías negativas disminuyeron, lo que favoreció que las anomalías positivas de la costa norte del Perú se desplazaran más hacia el sur, en la costa central las anomalías negativas disminuyeron a -2°C . Finalmente en la decadiaria 3 (figura N° 03c) debido a la intensificación del APS incrementaron los vientos alisios, lo que favoreció la advección de aire frío y seco y el afloramiento costero (ascenso de aguas frías hacia la superficie) resultando en un aumento de las anomalías negativas de la TSM y el descenso de la temperatura del aire en la costa central.

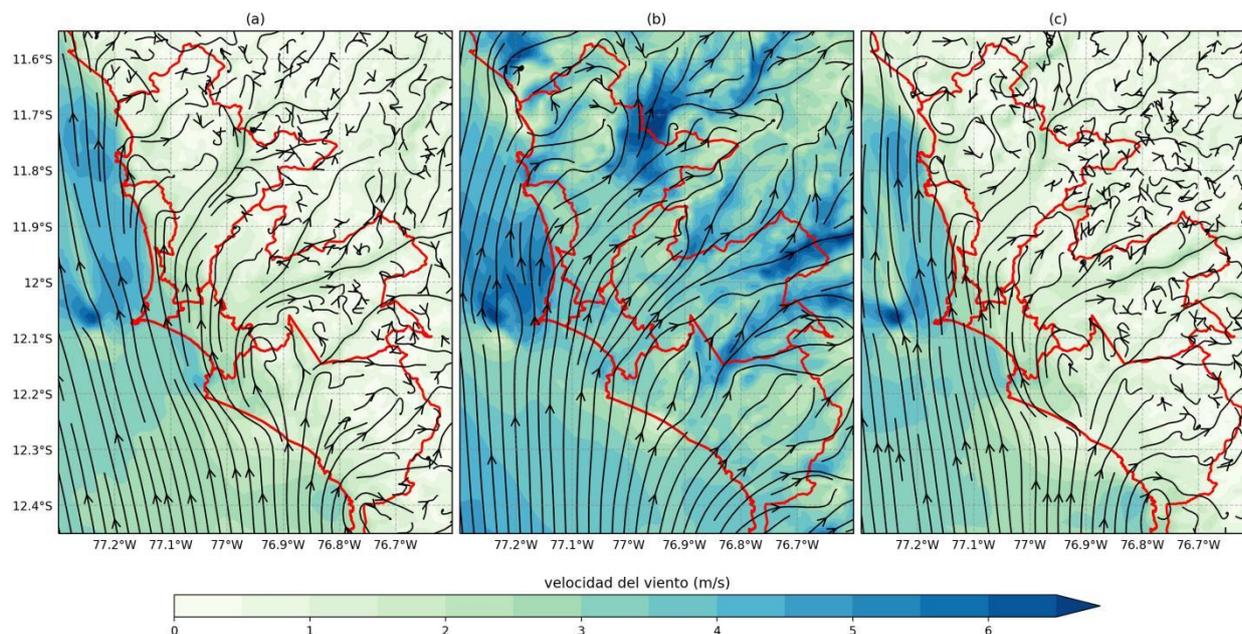
Figura N° 03. Temperatura superficial del mar (TSM) sobre el Perú



1.4. CONDICIONES METEOROLÓGICAS LOCALES EN EL AMLC

Utilizando datos del modelo regional operacional WRF (Weather Research and Forecasting) de 1km proveído por la Subdirección de Modelamiento Numérico de la Atmósfera se evaluó la velocidad del viento a 10m en el Área Metropolitana de Lima y Callao (AMLC) en tres decadiarias del mes de marzo de 2022 mostradas en la figura N° 04. En la decadiaria 1 (figura N°04a) se observaron mayores velocidades del viento del sur cerca a la costa norte del AMLC. Mientras que en la decadiaria 2 (figura N°40b) se observó principalmente un incremento significativo de la velocidad de los vientos del sureste, debido a la DANA que se formó en esos días. Finalmente, en la decadiaria 3 (figura N°04c) se observó una disminución de la velocidad del viento volviendo a sus valores normales.

Figura N° 04. Decadaria de líneas de corriente de la velocidad del viento (m/s) a 10m en el ALMC.



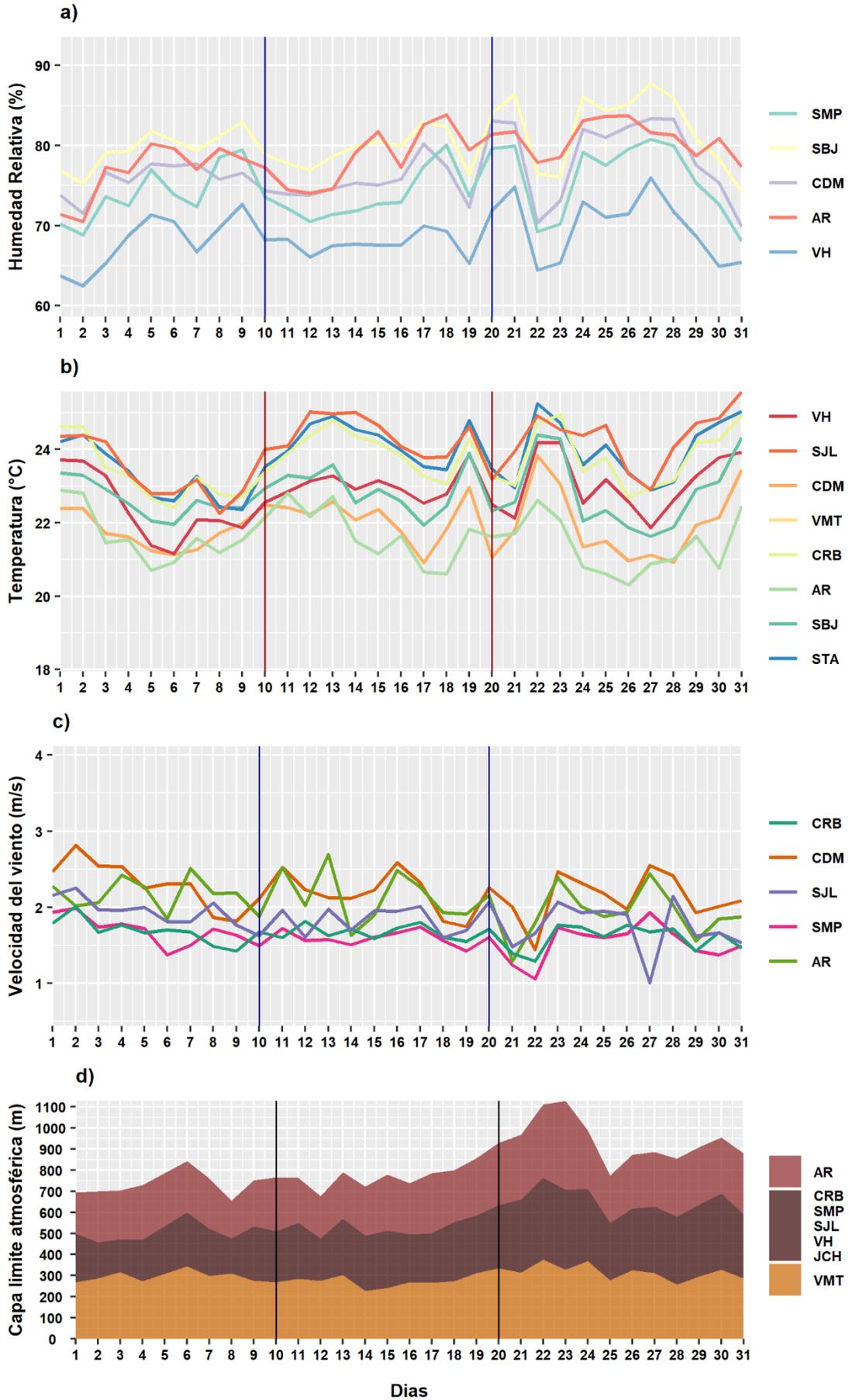
Con los datos de las estaciones meteorológicas automáticas (EMA) ubicadas en el AMLC, se realizó un análisis de la variabilidad diaria de la humedad relativa (a 2 metros de la superficie - mds), temperatura (a 2 mds) y la velocidad del viento (a 10 mds). Los datos provinieron de las estaciones: Antonio Raimondi (AR), San Martín de Porres (SMP), San Juan de Lurigancho (SJL), Alexander Von Humboldt (VH), Campo de Marte (CDM). Adicionalmente se representó la variabilidad diaria de la capa límite atmosférica (ACLA)² para lo cual se usó datos de reanálisis ERA5.

Con respecto a la humedad relativa (figura N°05a), se observó una disminución pronunciada los días 02, 07, 12, 19, 22 y 31 mientras que los días 03, 05, 09, 18, 21, 24 y 27 mostraron un incremento. Así mismo, la temperatura mostró un comportamiento opuesto a la humedad relativa, presentando tendencias de incremento los días de menor humedad y tendencias de disminución los días de mayor humedad (figura N°05b). Por otro lado, la velocidad del viento presentó disminuciones los días 06, 10, 12, 14, 18, 22 y 29, mientras que los días 02, 07, 11, 13, 16, 20, 23 y 27 mostraron un incremento (figura N°05c). Asimismo, la ACLA presentó mayores alturas en la estación AR y menores alturas en la estación VMT. De esta manera, se observó incrementos de ACLA los días 06, 013, 20, 23, 27 y 30, y disminución los días 08, 12, 14, 16, 25, 28 y 31 (figura N°05d).

En promedio los valores de humedad tendieron a aumentar mientras que los valores de temperatura presentaron una tendencia a disminuir debido al ingreso de humedad por los flujos del este (mencionado en la sección 1.2). Asimismo, algunos días de incremento en la velocidad del viento estarían asociados al incremento de la temperatura del aire.

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

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



Con respecto al comportamiento horario de la base de la nube (m) registrada en la EMA Aeropuerto Internacional Jorge Chávez ubicada en el Callao (figura N°06), se observó que las nubes bajas (base de la nube menor a 2000 m) tuvieron mayor presencia durante el mes. Mientras que la presencia de nubes medias (base de la nube mayor a 2000 m y menor a 6000 m) fue observada en algunos días del mes y la presencia de nubes altas (base de la nube mayor a 6000 m) fue casi nula.

La discontinua presencia de nubes bajas y medias establecería varios días con cielo despejado debido a la estabilidad atmosférica, lo cual es característico de la estación de verano.

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

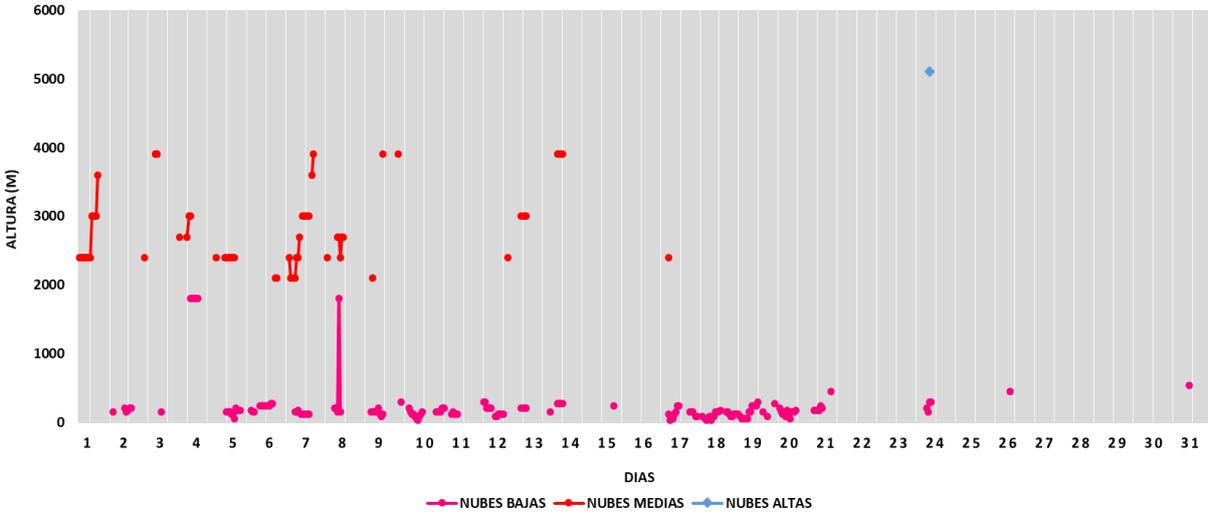


Figura N° 07. Rosas de viento para el horario diurno en el AMLC.

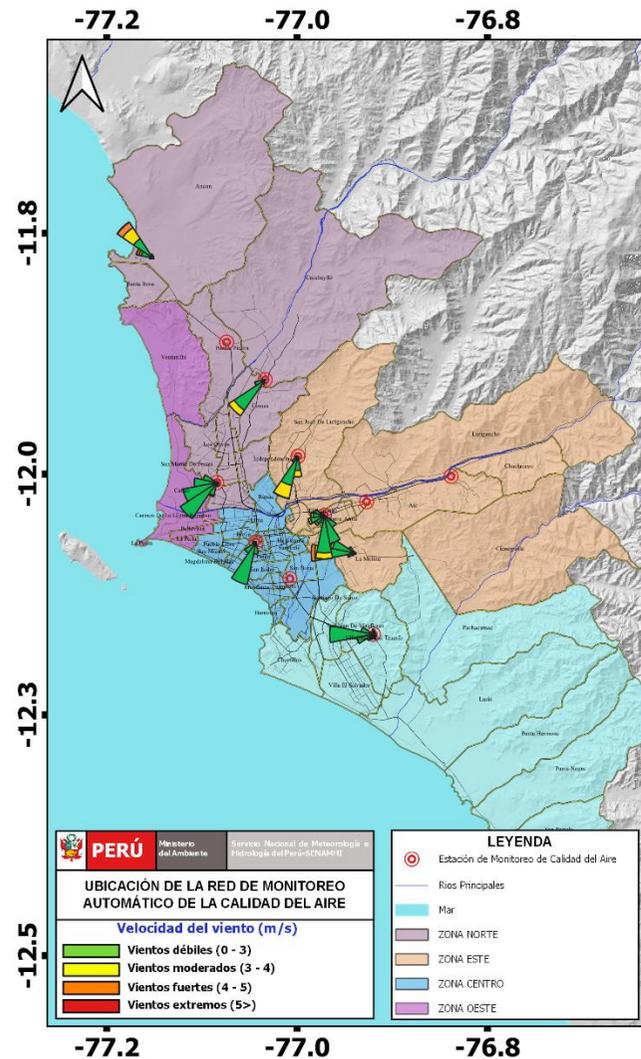


Figura N° 08. Rosas de viento para el horario vespertino en el AMLC.

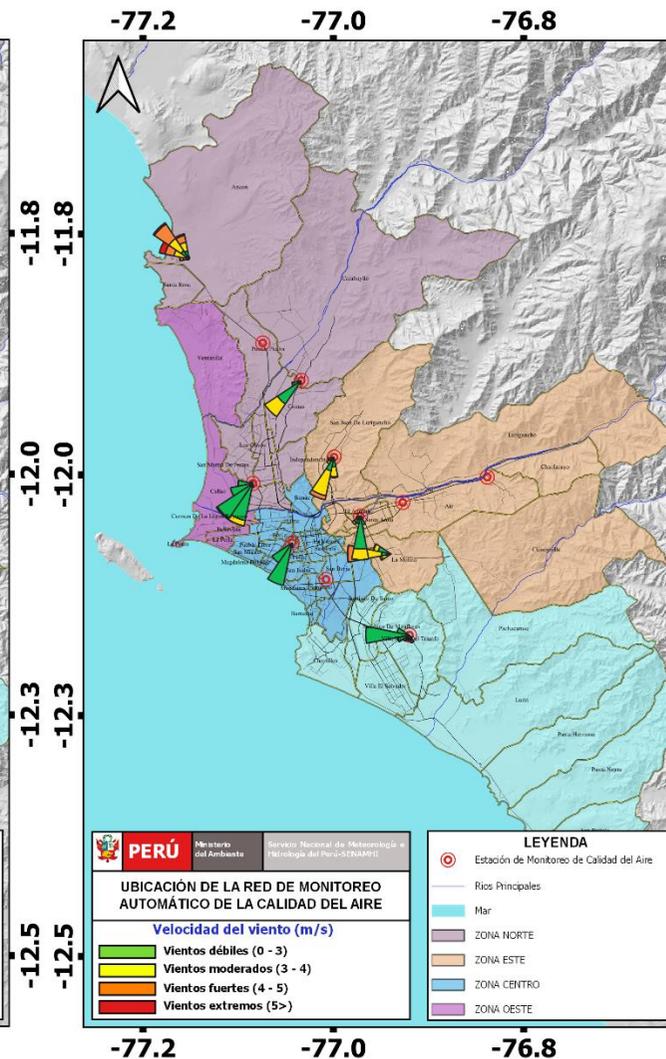
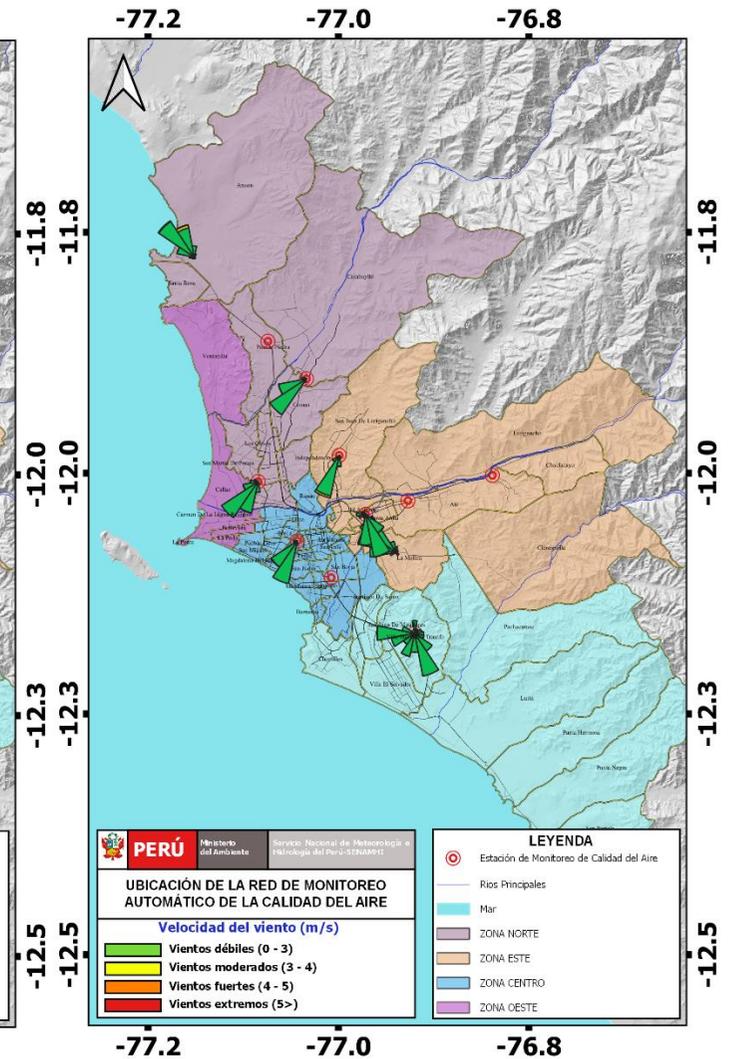


Figura N°09. Rosas de viento para el horario nocturno en el AMLC.



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

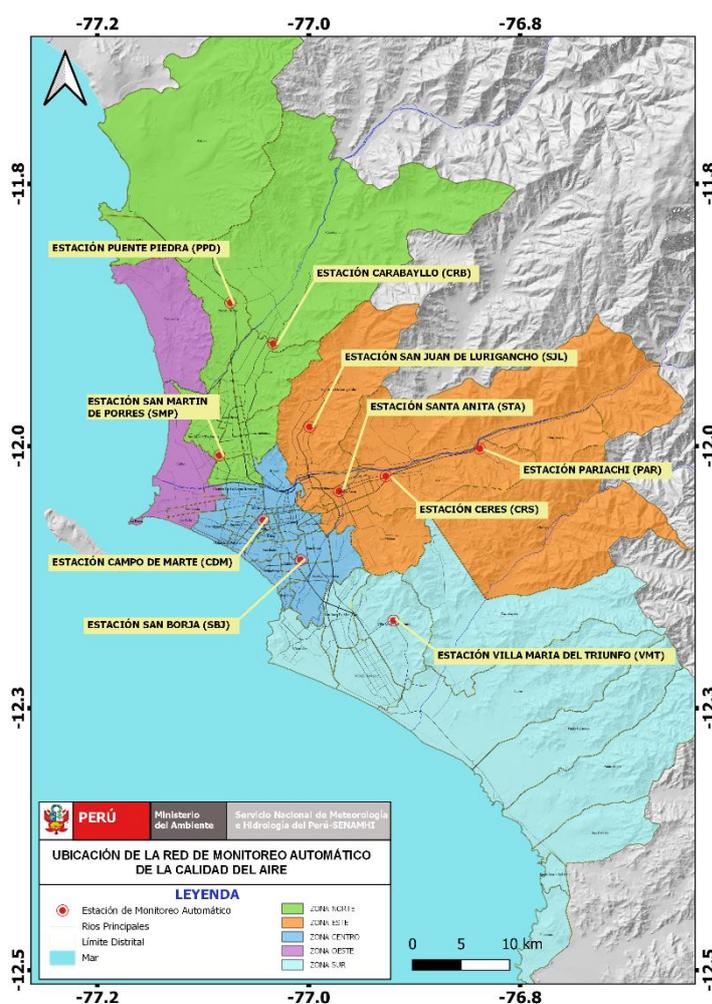
2. RED DE MONITOREO AUTOMÁTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL AMLC

El SENAMHI realiza la vigilancia a través de una Red de Monitoreo Automático de la Calidad del Aire (REMCA), la cual mide las concentraciones horarias de los contaminantes PM₁₀ (material particulado menor a 10 micras), PM_{2.5} (material particulado menor a 2.5 micras), NO₂ (dióxido de nitrógeno), O₃ (ozono troposférico) y CO (monóxido de carbono).

Cuadro N° 01. Zonas, nombres y ubicación de las estaciones de monitoreo de la calidad del aire.

| ZONA | NOMBRE/UBICACIÓN |
|--------|---|
| Norte | Estación Puente Piedra (PPD) Complejo Municipal "El gallo de oro" del distrito de Puente Piedra |
| | Estación Carabayllo (CRB) Piscina Municipal del distrito de Carabayllo |
| | Estación San Martín de Porres (SMP) Parque Ecológico del distrito de San Martín de Porres |
| Este | Estación San Juan Lurigancho (S JL) Universidad César Vallejo en el distrito de San Juan de Lurigancho |
| | Estación Ceres (CRS) Plaza Cívica de Ceres distrito de Ate |
| | Estación Pariachi (PAR) Parque Barrantes Lingan - Pariachi 2a etapa distrito de Ate |
| | Estación Santa Anita (STA) Palacio Municipal del distrito de Santa Anita |
| Sur | Estación Villa María del Triunfo (VMT) Parque Virgen de Lourdes Zona Nueva Esperanza en el distrito de Villa María del Triunfo |
| Centro | Estación San Borja (SBJ) Polideportivo Limatambo del distrito de San Borja |
| | Estación Campo de Marte (CDM) Parque Campo de Marte en el distrito de Jesús María. |

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

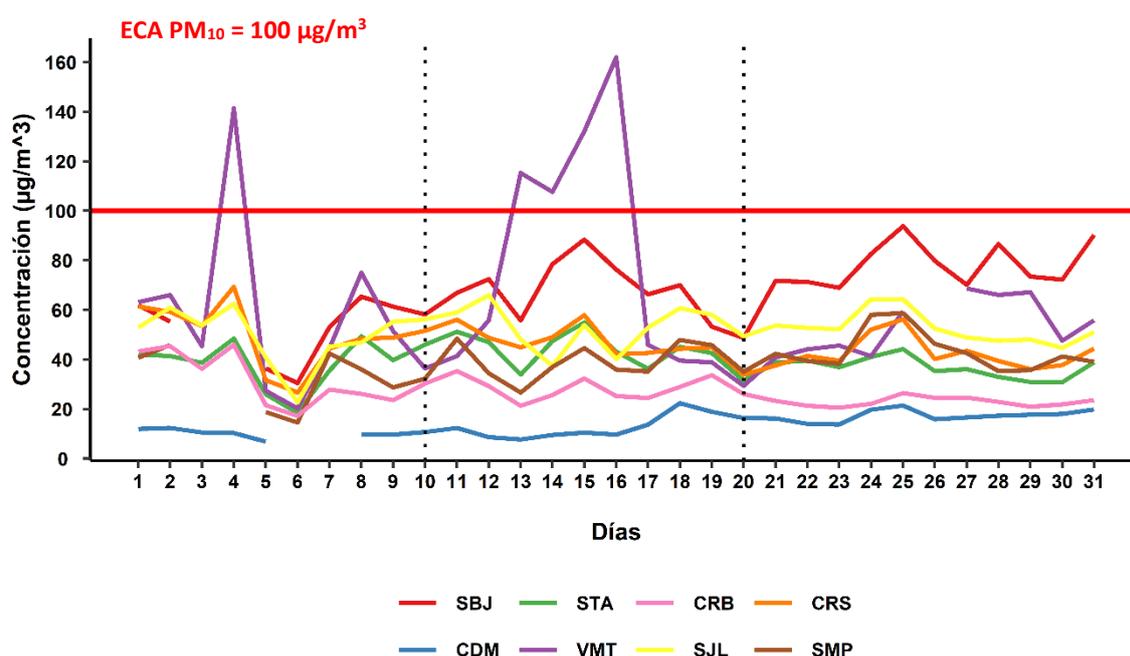
Con los datos de las estaciones de monitoreo de la calidad del aire ubicadas en el AMLC, se realizó un análisis de la variabilidad diaria y/o horaria de las concentraciones del PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂, O₃ y CO. Los datos provinieron de las estaciones: Carabayllo (CRB), San Martín de Porres (SMP), San Juan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

3.1. CONCENTRACIONES DIARIAS DEL PM₁₀

En la figura N° 11 se observa que las concentraciones diarias registradas en la estación Villa María del Triunfo superó 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 45.91 µg/m³ (viernes 04) y la mínima fue de 17.24 µg/m³ (domingo 06). En la estación San Martín de Porres (SMP) la concentración máxima fue 58.77 µg/m³ (viernes 25) y la mínima fue de 14.53 µg/m³ (domingo 06).
- **Zona este:** En la estación San Juan de Lurigancho (S JL) la concentración máxima fue 66.02 µg/m³ (sábado 12) y la mínima fue de 22.76 µg/m³ (domingo 06). En la estación Santa Anita (STA) la concentración máxima fue de 54.94 µg/m³ (martes 15) y la mínima fue de 18.37 µg/m³ (domingo 06). Asimismo, en la estación Ceres (CRS) la concentración máxima fue de 69.35 µg/m³ (viernes 04) y la mínima fue de 26.67 µg/m³ (domingo 06).
- **Zona sur:** En la estación Villa María del Triunfo (VMT) la concentración máxima fue de 161.99 µg/m³ (miércoles 16) y la mínima fue de 20.30 µg/m³ (domingo 06).
- **Zona centro:** En la estación San Borja (SBJ) la concentración máxima fue de 93.85 µg/m³ (viernes 25) y la mínima fue de 30.48 µg/m³ (domingo 06). Asimismo, en la estación Campo de Marte (CDM) la concentración máxima fue de 22.34 µg/m³ (viernes 18) y la mínima fue de 6.85 µg/m³ (sábado 05).

Figura N° 11. Variación diaria del PM₁₀ (µg/m³) en el AMLC.



Asimismo, en la decadiaria 1 se observó las concentraciones más bajas de PM₁₀, lo que podría estar relacionado a factores meteorológicos, como disminución de las temperaturas e incremento de la humedad relativa (mencionado en la sección 1.4). En la decadiaria 2, se observó en promedio, un incremento de las concentraciones de PM₁₀, lo que podría estar asociada al incremento de las temperaturas (mencionado en la sección 1.4). En la decadiaria 3, se observó en promedio una ligera disminución de las concentraciones de PM₁₀, lo que podría estar relacionado a un incremento de la altura de la capa límite atmosférica (mencionado en la sección 1.4).

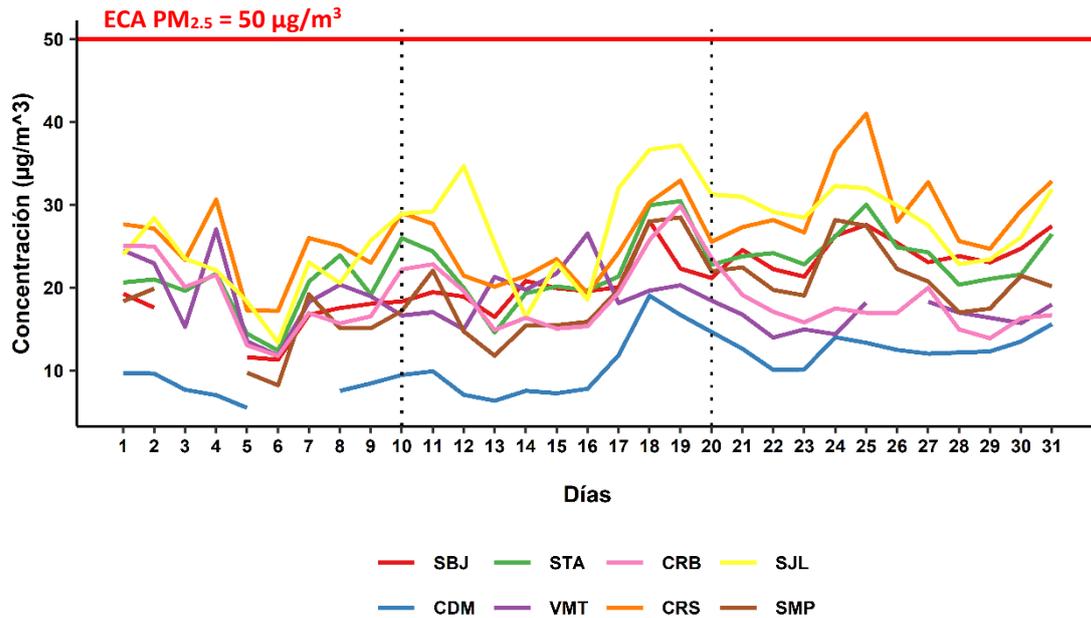
Las concentraciones más bajas fueron alcanzadas los días 06 (domingo), 13 (domingo) 20 (domingo) y 23 (miércoles), los cuales podría atribuirse a un incremento de la altura de la capa límite atmosférica (mencionado en la sección 1.4) y a la disminución de la actividad vehicular principalmente los domingos.

3.2. CONCENTRACIONES DIARIAS DEL PM_{2.5}

En la figura N° 12 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 Carabaylo (CRB) la concentración máxima fue 29.88 µg/m³ (sábado 19) y la mínima fue de 11.75 µg/m³ (domingo 06). En la estación San Martín de Porres (SPM) la concentración máxima fue 28.48 µg/m³ (sábado 19) y la mínima fue 8.22 µg/m³ (domingo 06).
- **Zona este:** En la estación San Juan de Lurigancho (S JL) la concentración máxima fue 37.17 µg/m³ (sábado 19) y la mínima fue 13.39 µg/m³ (domingo 06). En la estación Santa Anita (STA) la concentración máxima fue 30.44 µg/m³ (sábado 19) y la mínima fue 12.42 µg/m³ (domingo 06). Mientras que en la estación Ceres (CRS) la concentración máxima fue 41 µg/m³ (viernes 25) y la mínima fue 17.20 µg/m³ (domingo 06).
- **Zona sur:** En la estación Villa María del Triunfo (VMT) la concentración máxima fue 27.03 µg/m³ (viernes 04) y la mínima fue 11.81 µg/m³ (domingo 06).
- **Zona centro:** En la estación San Borja (SBJ) la concentración máxima fue 28.04 µg/m³ (viernes 18) y la mínima fue de 11.31 µg/m³ (domingo 06). Asimismo, en la estación Campo de Marte (CDM) la concentración máxima fue 19.03 µg/m³ (viernes 18) y la mínima fue 5.49 µg/m³ (sábado 04).

Figura N° 12. Variación diaria del PM_{2.5} (µg/m³) en el AMLC.



En la decadiaria 1 se observó en promedio una disminución de las concentraciones del PM_{2.5}, lo que podría estar relacionado al incremento de la altura de la capa límite atmosférica (los primeros días) y disminución de la humedad relativa principalmente los últimos días (mencionado en la sección 1.4). En la decadiaria 2, se observó en promedio un incremento de las concentraciones de PM_{2.5}, lo que podría estar asociado al incremento de la humedad relativa principalmente los últimos días y a una ligera disminución de la altura de la capa límite atmosférica (mencionado en la sección 1.4). Mientras que, en la decadiaria 3 se observó las concentraciones más altas de PM_{2.5}, lo que podría estar relacionado al incremento de la de la humedad relativa y disminución de la altura de la capa límite atmosférica principalmente los últimos días (mencionado en la sección 1.4).

Además de lo ya explicado, los días 06 (domingo), 13 (domingo) 20 (domingo), 23 (miércoles) y 29 (martes), se registró las concentraciones más bajas del PM_{2.5}, lo que podría estar relacionado al incremento de la altura de la capa límite atmosférica (mencionado en la sección 1.4) y a la disminución de la actividad vehicular principalmente los domingos.

3.3. CONCENTRACIONES HORARIAS DEL NO₂

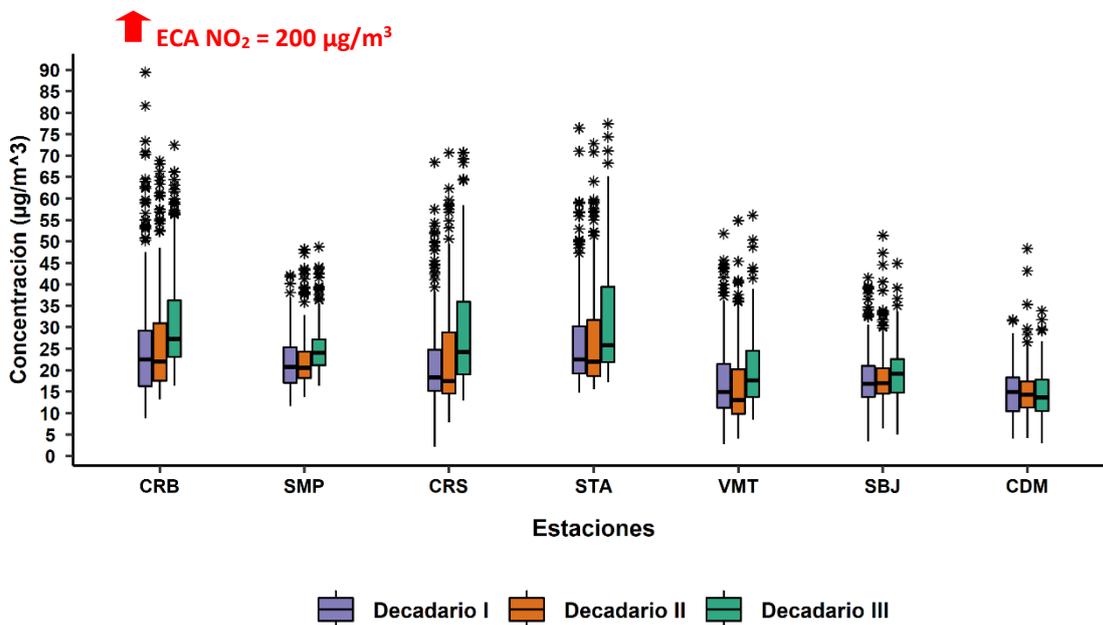
En la figura N° 13 se observa que las concentraciones horarias registradas en las estaciones no superaron el ECA-aire para NO₂ (200 µg/m³ como promedio de una (01) hora) durante los días monitoreados. Asimismo, se pudo apreciar lo siguiente:

- **Zona norte:** En la estación Carabayllo (CRB) la concentración máxima fue 89.40 µg/m³ (viernes 04 a las 11:00 horas) y la mínima fue de 8.70 µg/m³ (domingo 06 a las 05:00 horas). En la estación San Martín de Porres (SMP) la concentración máxima fue 48.70 µg/m³ (sábado 26 a las 12:00 horas) y la mínima fue de 11.60 µg/m³ (domingo 06 a las 05:00 horas).
- **Zona este:** En la estación Ceres (CRS) la concentración máxima fue 70.70 µg/m³ (sábado 26 a las 12:00 horas) y la mínima fue de 2.10 µg/m³ (martes 08 a las 04:00 horas). En la estación Santa Anita (STA) la concentración máxima fue

77.40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (sábado 26 a las 12:00 horas) y la mínima fue de 14.80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (domingo 06 a las 06:00 horas).

- **Zona sur:** En la estación Villa María del Triunfo (VMT) la concentración máxima fue 56.10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (viernes 18 a las 10:00 horas) y la mínima fue de 2.70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (miércoles 02 a las 05:00 horas).
- **Zona centro:** En la estación San Borja (SBJ) la concentración máxima fue 51.40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (viernes 11 a las 12:00 horas) y la mínima fue de 3.40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (sábado 05 a las 05:00 horas). En la estación Campo de Marte (CDM) la concentración máxima fue 48.30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (viernes 11 a las 09:00 horas) y la mínima fue de 2.90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (lunes 21 a las 04:00 horas).

Figura N° 13. Variación horaria del NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en el AMLC.



Durante el mes de marzo, las mayores concentraciones del NO_2 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 mayores concentraciones registradas en las estaciones monitoreadas fueron en la decadiaria 3.

El incremento de las concentraciones del NO_2 registradas durante la decadiaria 3 en las estaciones monitoreadas, podrían estar asociadas principalmente al incremento de la actividad vehicular (89% de las emisiones de NO_x provienen de vehículos a diésel³) y a un ligero incremento de la humedad relativa (mencionado en la sección 1.4).

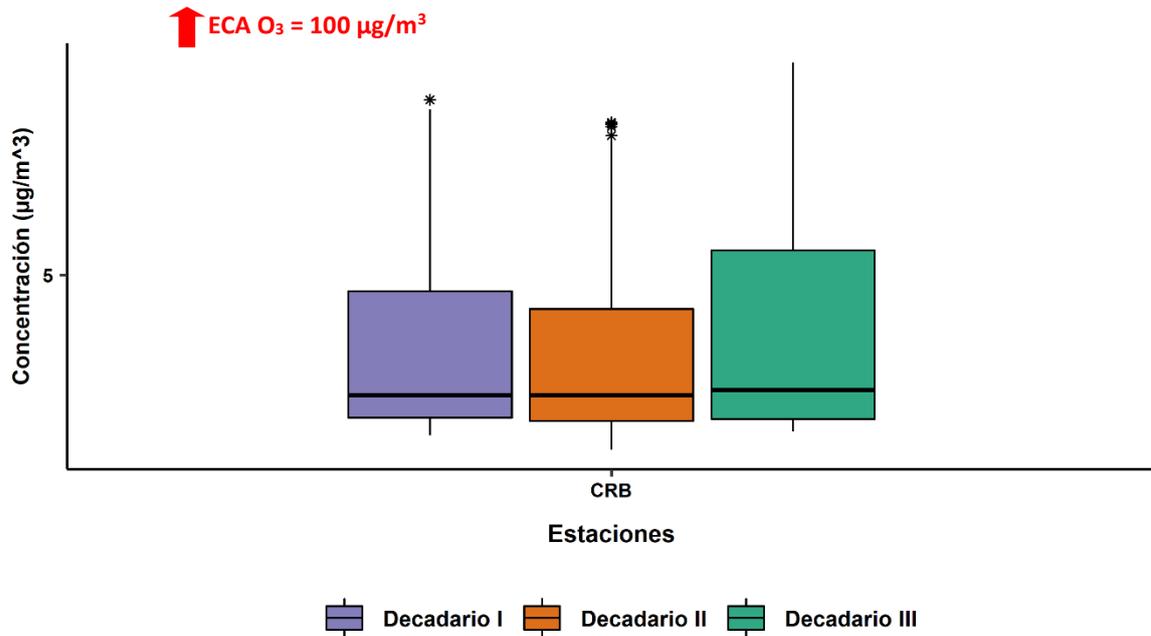
4. Documento: Informe N° 00283-2019-MINAM/VMGA/DGCA/DCAE – “Diagnóstico de la Gestión de la Calidad del Aire de Lima y Callao”.

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

En la figura N° 14 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 Carabayllo (CRB) la concentración máxima fue 9.36 µg/m³ (lunes 21 a las 17:00 horas) y la mínima fue 1.41 µg/m³ (viernes 18 a las 05:00 horas).

Figura N° 14. Variación horaria (promedio móvil de 8 horas) del O₃ (µg/m³) en el AMLC.



Durante el mes de marzo, las mayores concentraciones del O₃ en el AMLC se registraron en los horarios posteriores al periodo de máxima radiación solar⁴ (comprendido entre las 11:00 horas y 15:00 horas). Asimismo, las mayores concentraciones registradas en la estación Carabayllo fue en la decadiaria 3. La formación de ozono en la decadiaria 3, podría estar condicionada al incremento de la actividad vehicular.

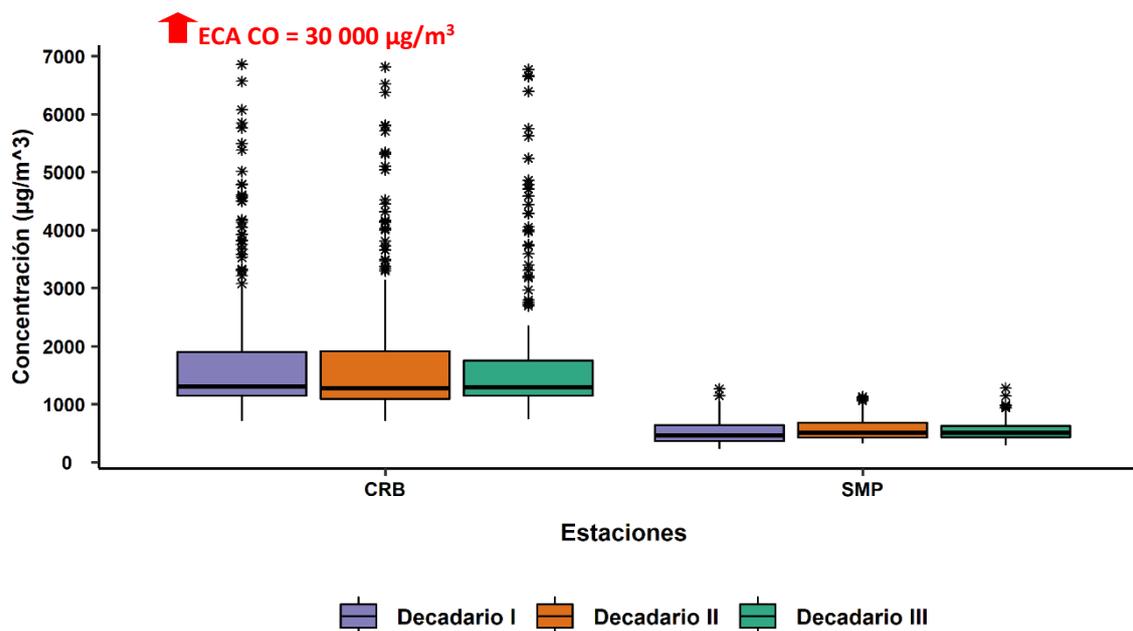
5. Documento: Boletín Mensual de la Vigilancia de la Radiación UV en ciudades del Perú – marzo 2022.

3.5. CONCENTRACIONES HORARIAS DEL CO

En la figura N° 15 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 Carabayllo (CRB) la concentración máxima fue $6857.4\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ (martes 08 a las 10:00 horas) y la mínima fue $707.2\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ (viernes 18 a las 01:00 horas). En la estación San Martín de Porres (SMP) la concentración máxima fue $1273.0\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ (sábado 26 a las 09:00 horas) y la mínima fue $225.3\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ (jueves 03 a las 04:00 horas).

Figura N° 15. Variación horaria del CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en el AMLC.



Durante el mes de marzo, 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 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/gasohol⁵).

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

4. 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.

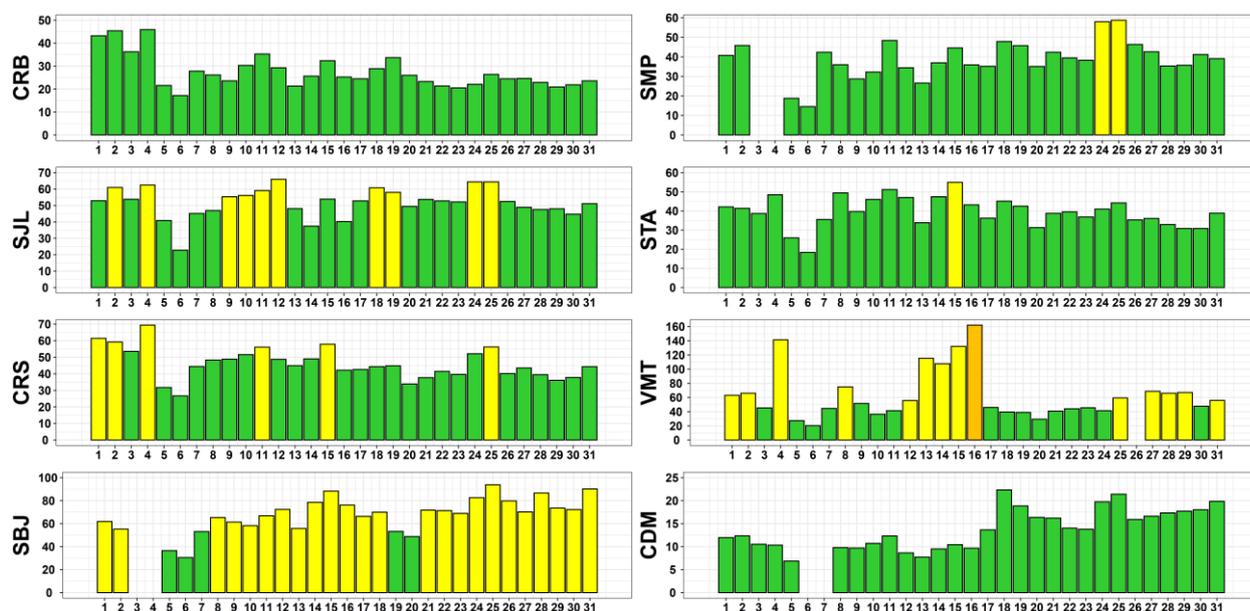
| ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE | ESTADO | PM ₁₀ (µg/m ³) 24-horas | PM _{2.5} (µg/m ³) 24-horas | ¿QUIÉN SE DEBE PREOCUPAR? | MEDIDAS A TOMAR POR LA POBLACIÓN |
|----------------------------|---------------------------------|--|---|--|--|
| 0 – 50 | BUENA | 0 - 54 | 0.0 –12.0 | Ninguno, No existe riesgo | 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 descansen 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. |
| 201 - 300 | MUY INSALUBRE | 355 - 424 | 150.5 – 250.4 | Todos | Grupos sensibles: Evitar todas las actividades físicas al aire libre. Trasladar las actividades al interior o reprogramarlas para cuando la calidad del aire sea mejor. Para el resto de las personas: Evitar las actividades que requieran esfuerzo prolongado o intenso. Contemplar trasladar las actividades al interior o reprogramarlas a un horario en el que la calidad del aire sea mejor. |

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

1.5. ESTADOS DE LA CALIDAD DEL AIRE PARA EL PM₁₀

La figura N° 16 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 Carabayllo (CRB) presentó todos los días con estado de calidad del aire "Bueno". La estación San Martín de Porres (SMP) presentó 27 días con estado de calidad del aire "Bueno" y 2 días con estado de calidad del aire "Moderado". La estación San Juan de Lurigancho (SJM) presentó 21 días con estado de calidad del aire "Bueno" y 10 días con estado de calidad del aire "Moderado". La estación Santa Anita (STA) presentó 30 días con estado de calidad del aire "Bueno" y 1 día con estado de calidad del aire "Moderado". La estación Ceres (CRS) presentó 25 días con estado de calidad del aire "Bueno" y 6 días con estado de calidad del aire "Moderado". La estación Villa María del Triunfo (VMT) presentó 16 días con estado de calidad del aire "Bueno" y 14 días con estado de calidad del aire "Insalubre para grupos sensibles". La estación San Borja (SBJ) presentó 5 días con estado de calidad del aire "Bueno" y 24 días con estado de calidad del aire "Moderado". Asimismo, respecto a la estación Campo de Marte (CDM), presentó durante todo el mes de marzo estados de calidad del aire "Bueno".

Figura N° 16. Estados de la Calidad del Aire para PM₁₀

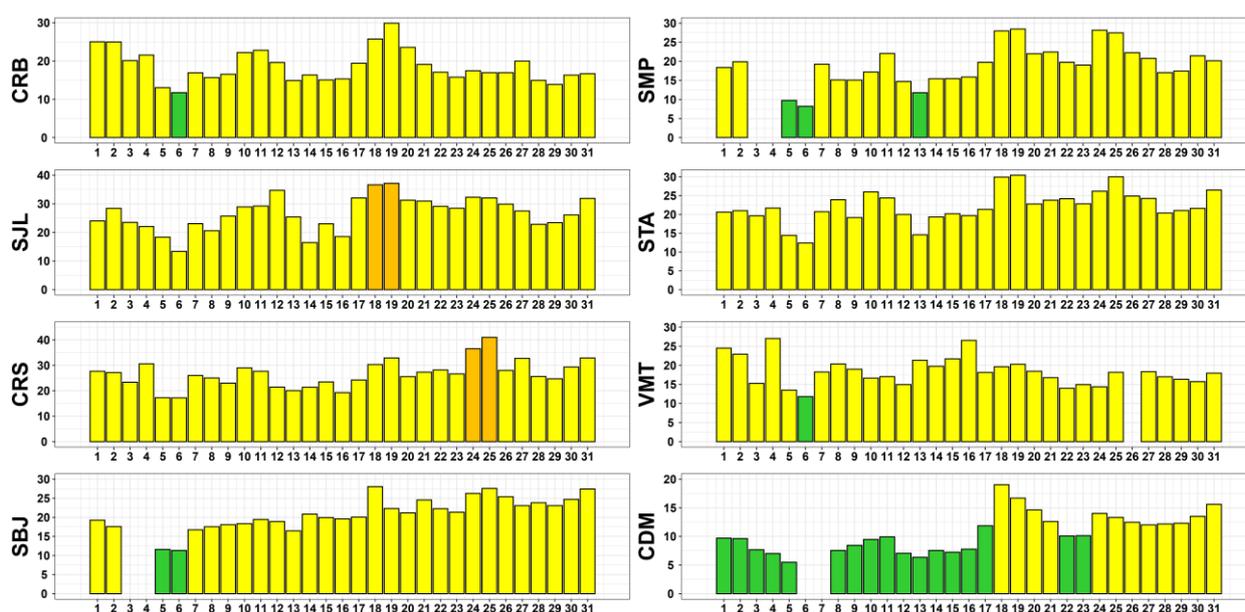


| Concentración PM ₁₀ (µg/m ³) | | Estado | Índice de Calidad del Aire - EPA | |
|---|-----|---------------------------------|----------------------------------|-----|
| 0 | 54 | Buena | 0 | 50 |
| 55 | 154 | Moderada | 51 | 100 |
| 155 | 254 | Insalubre para grupos sensibles | 101 | 150 |
| 255 | 354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

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

La figura N° 17 muestra las concentraciones promedio de 24 horas para el PM_{2.5} asociados a su respectivo estado de la calidad del aire, donde se observó que la estación Carabayllo (CRB) presentó 1 día con estado de calidad del aire "Bueno" y 30 días con estado de calidad del aire "Moderado". La estación San Martín de Porres (SMP) presentó 3 días con estado de calidad del aire "Bueno" y 26 días con estado de calidad del aire "Moderado". La estación San Juan de Lurigancho (SJL) presentó 29 días con estado de calidad del aire "Moderado" y 2 días con estado de calidad del aire "Insalubre para grupos sensibles". La estación Santa Anita (STA) presentó todos los días con estado de calidad del aire "Moderado". La estación Ceres (CRS) presentó 29 días con estado de calidad del aire "Moderado" y 2 días con estado de calidad del aire "Insalubre para grupos sensibles". La estación Villa María del Triunfo (VMT) presentó 1 día con estado de calidad del aire "Bueno" y 29 días con estado de calidad del aire "Moderado". La estación San Borja (SBJ) presentó 2 días con estado de calidad del aire "Bueno" y 27 días con estado de calidad del aire "Moderado". Asimismo, respecto a la estación Campo de Marte (CDM), presentó 17 días con estado de calidad del aire "Bueno" y 12 días con estado de calidad del aire "Moderado".

Figura N° 17. Estados de la Calidad del Aire para PM_{2.5}



| Concentración PM _{2.5} (µg/m ³) | | Estado | Índice de Calidad del Aire - EPA | |
|--|-------|---------------------------------|----------------------------------|-----|
| 0 | 12 | Buena | 0 | 50 |
| 12.1 | 35.4 | Moderada | 51 | 100 |
| 35.5 | 55.4 | Insalubre para grupos sensibles | 101 | 150 |
| 55.5 | 150.4 | Insalubre | 151 | 200 |

5. CONCLUSIONES

- Las condiciones meteorológicas influyeron en el comportamiento diario y horario de los contaminantes del aire en el AMLC durante el mes de marzo. La disminución de la temperatura e incremento de la humedad relativa en la decadiaria 1, favoreció a la disminución del PM_{10} . Mientras que, en la decadiaria 3, el incremento de la humedad relativa generó condiciones para un aumento del $PM_{2.5}$.
- Las concentraciones diarias del PM_{10} mostraron en promedio un incremento en la decadiaria 2, donde la estación VMT superó su respectivos ECA-aire. Asimismo, las concentraciones diarias del $PM_{2.5}$ fueron mayores en la decadiaria 3, pero ningunas estaciones superaron sus respectivos ECA-aire durante los días monitoreados.
- Los contaminantes gaseosos NO_2 y CO no superaron sus respectivos ECA-aire. Asimismo, las mayores concentraciones de NO_2 se registraron en las decadiaria 3.
- El O_3 no superó su respectivo ECA-aire. Asimismo, la estación CRB registró las concentraciones más altas en la decadiaria 3.
- Con respecto a los estados de la calidad del aire se pudo apreciar que el contaminante PM_{10} presentó mayores estados de calidad del aire de "Moderado" en la estación de SBJ mientras que las estaciones CDM y CRB presentaron todos los días estados de calidad del aire de "Bueno". Además, la estación de VMT presentó un día estados de calidad del aire de "Insalubre para grupos sensibles". Asimismo, el contaminante $PM_{2.5}$ presentó mayores estados de calidad del aire de "Moderado" en las estaciones CRB, SMP, SJL, STA, CRS, VMT Y SBJ, mientras que la estación CDM presentó mayores estados de calidad del aire de "Bueno". Además, las estaciones de SJL y CRS presentaron dos días estados de calidad del aire de "Insalubre para grupos sensibles".

6. PERSPECTIVAS DE LA CALIDAD DEL AIRE PARA EL MES DE ABRIL 2022

De acuerdo al pronóstico climático⁶, se espera que en el AMLC las temperaturas máximas estén dentro de lo normal, mientras que las temperaturas mínimas se encuentre principalmente dentro lo normal y en menor medida inferior a lo normal, lo que favorecería principalmente al disminución gradual de las concentraciones de PM_{10} e incremento de las concentraciones de $PM_{2.5}$ para el mes de abril.

7. Documento: Boletín climático nacional – abril 2022 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. Roy Antonio Garay Saravia (rgaray@senamhi.gob.pe)
Ing. Elvis Anthony Medina Dionicio
Ing. José Hitoshi Inoue Velarde
Ing. José Esteban Obregón Yataco

Apoyo

Tec. Rosalinda Aguirre Almeyda

Para estar informado permanentemente sobre la **EVOLUCIÓN HORARIA DE LOS CONTAMINANTES PRIORITARIOS DEL AIRE** en Lima Metropolitana visita este enlace:
<http://www.senamhi.gob.pe/?p=calidad-de-aire>

Encuentra los últimos **6 BOLETINES MENSUALES DE LA VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE** de Lima Metropolitana en el siguiente enlace:
<http://www.senamhi.gob.pe/?p=boletines>

Suscríbete al **BOLETÍN MENSUAL DE LA VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE** de Lima Metropolitana en el siguiente enlace:
<https://forms.gle/a4hpxqSc8KLj47sQ6>

Próxima actualización: 15 de mayo del 2022

