

Noviembre 2021

BOLETÍN
**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) – NOVIEMBRE 2021

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). Para determinar el porcentaje de actividad vehicular durante el mes de noviembre 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.

Es importante resaltar qué, el gobierno peruano Prórroga del Estado de Emergencia Nacional desde el 01 al 30 de noviembre, con el fin frenar el avance y propagación de la segunda ola del coronavirus causante del COVID-19 y a la vez aprueba el Nivel de Alerta por departamento (DECRETO SUPREMO N° 167-2021-PCM), siendo Lima catalogado en un nivel de alerta “Moderado”. Asimismo, entre las medidas más resaltantes aplicadas para Lima hasta el 14 de noviembre se encuentran; la inmovilización social obligatoria de lunes a domingo (desde las 02:00 hasta las 04:00 horas).

***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 (2021). 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.

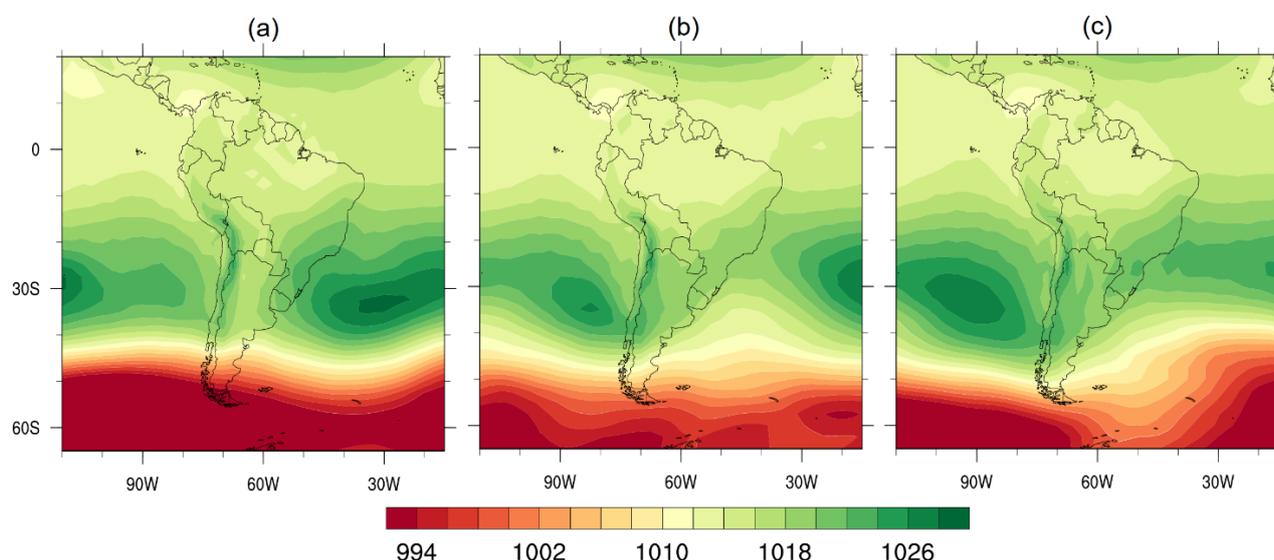
1. VIGILANCIA DE LAS CONDICIONES SINÓPTICAS Y METEOROLÓGICAS LOCALES EN EL AMLC

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 noviembre se conformó 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 por encima de su normal³ y se posicionó en los 31°S (figura N°01a). Asimismo, en la decadiaria 2 se apreció que el APS tuvo valores de presión atmosférica dentro de su normal (figura N°01b), acercándose al continente. Finalmente, en la decadiaria 3, el APS presentó valores de presión atmosférica por encima de su normal (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

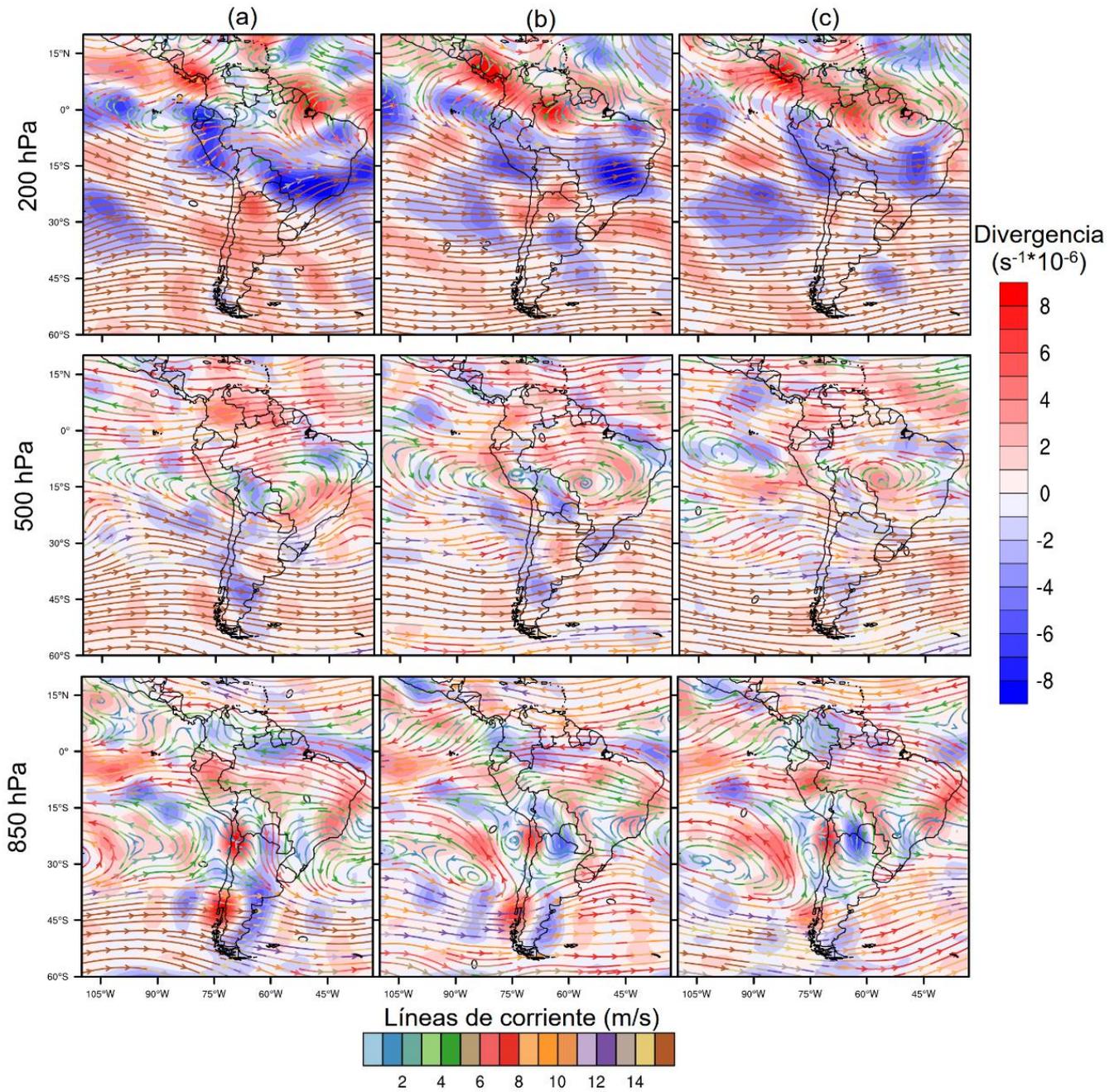
El comportamiento de las líneas de corriente (flujos de vientos) y la divergencia (cambios en los flujos de vientos por su dirección y/o velocidad) a diferentes niveles de presión (alturas sobre la superficie; niveles altos – 200 hectopascales (hPa), niveles medios - 500 hPa y niveles bajos - 850 hPa) sobre Sudamérica son mostrados en la figura N°2. Asimismo, el siguiente análisis será enfocado en la costa central del Perú. 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 500hPa y 850 hPa), favoreciendo a la estabilidad atmosférica (figura N°02a).

En la decadiaria 2 se apreció condiciones similares a la decadiaria 1, con flujos de vientos descendentes desde niveles altos hacia la superficie (divergencia negativa en 200 hPa, y divergencia positiva en 500hPa y 850 hPa). Finalmente, en la decadiaria 3, las condiciones fueron similares a las decadiarias 1 y 2 (figura N°02c). Asimismo, durante las tres decadiarias se tuvo la

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

presencia de flujos del este, favoreciendo en algunos días el ingreso de humedad desde la Amazonía con nubosidad.

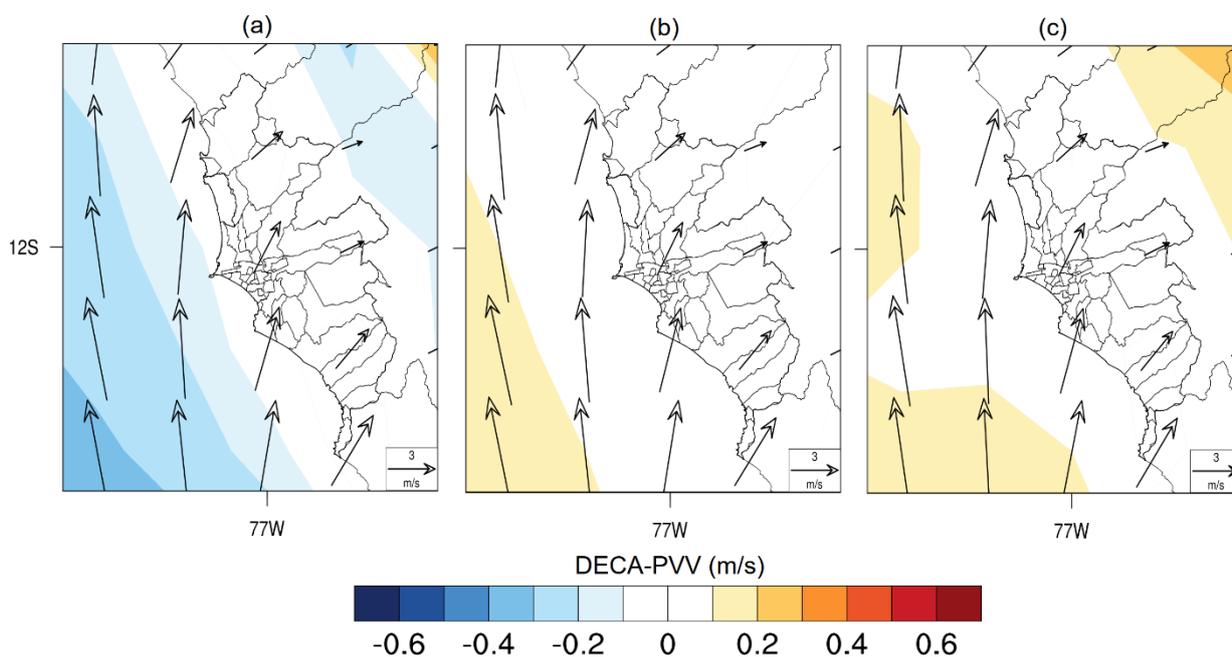
Figura N° 02. Decadiarias de las líneas de corriente (m/s) y divergencia ($s^{-1} \cdot 10^{-6}$) a diferentes niveles de presión.



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 noviembre 2021 (DECA) con respecto a su promedio mensual para noviembre 2021 (PVV) mostrado en la figura N° 03. Es así que, en la decadiaria 1 se observó una disminución del viento costero (figura N°03a); asimismo, en la decadiaria 2 se observó un ligero aumento del viento costero (figura N°03b), asociado al acercamiento del APS (mencionado en la sección 1.1). Finalmente, en la decadiaria 3 se apreció que el viento costero aumentó con respecto a la decadiaria 2 (figura N°03c), lo que favorecería a días con ingreso de sales marinas.

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), 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)⁴ para lo cual se usó datos de reanálisis ERA5.

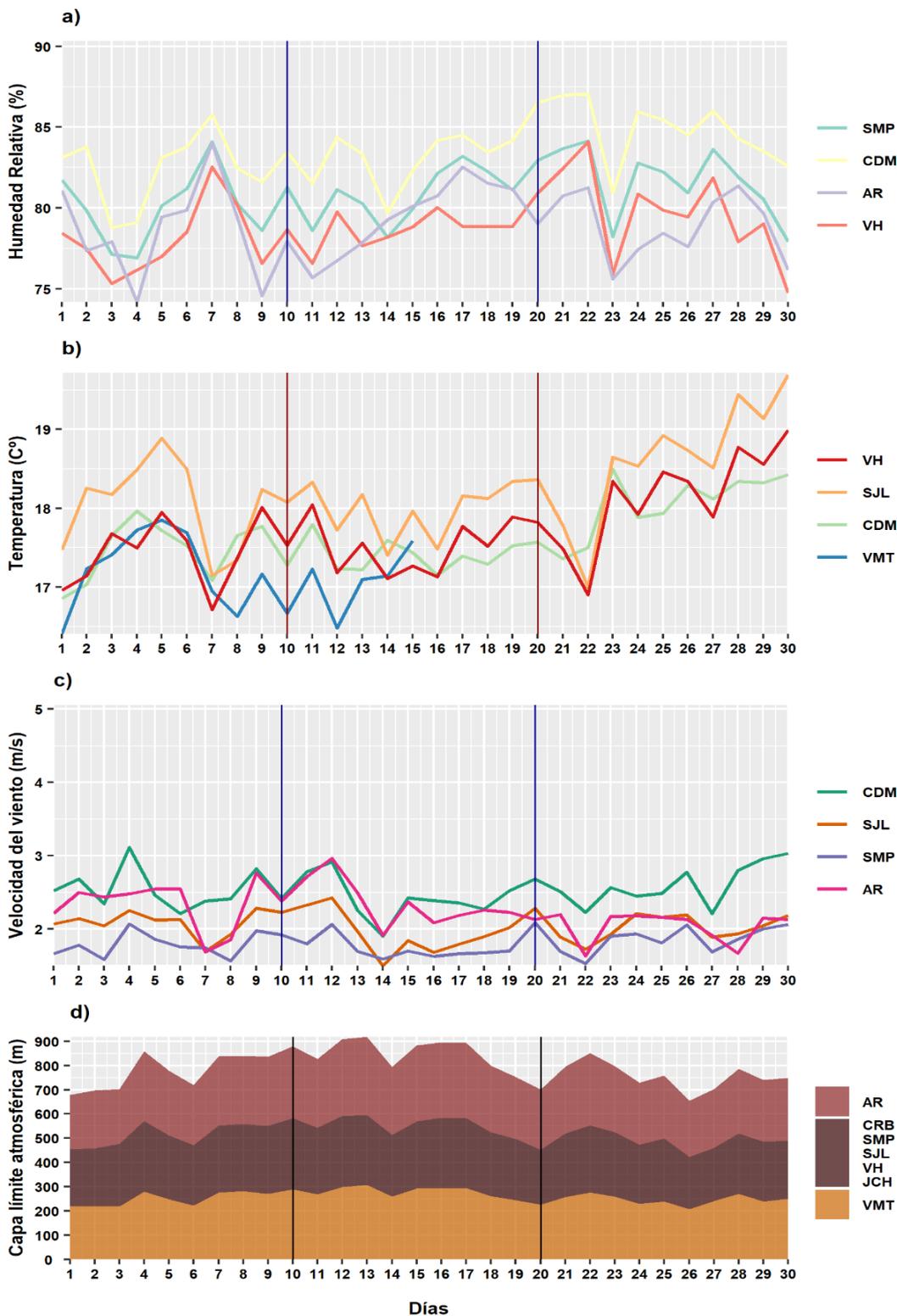
Con respecto a la humedad relativa (figura N°04a), se observó una disminución pronunciada los días 04, 09, 11, 23, 26 y 30, mientras que los días 01, 07, 10, 12, 22 y 27 mostraron un incremento. Así mismo, la temperatura mostró un comportamiento opuesto a la humedad relativa, presentando tendencias de incremento los días de menor humedad y tendencias de disminución los días de mayor humedad (figura N°04b). Por otro lado, la velocidad del viento presentó disminuciones los días 03, 07, 10, 14, 22 y 27, mientras que los días 04, 08, 12, 20, 26 y 30 mostraron un incremento (figura N°04c). Asimismo, la ACLA presentó mayores alturas en la estación AR y menores alturas

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

en la estación VMT. De esta manera, se observó incrementos de ACLA los días 04, 07, 10, 13, 15, 22, 25 y 28, y disminución los días 01, 06, 11, 14, 20, 24, 26 y 29 (figura N°04d).

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) y a la estación de invierno en la decadiaria 3. Asimismo, algunos días de incremento en la velocidad del viento estarían asociados al incremento de la temperatura del aire.

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) tuvieron mayor presencia durante el mes. Mientras que la presencia de nubes medias (base de la nube mayor a 2000 m y menor a 4000 m) y nubes altas (base de la nube mayor a 4000 m) tuvo presencia durante los últimos días del mes.

La presencia de nubes bajas durante el mes es característico de la estación de invierno. Asimismo, ello también estaría asociado al incremento del viento costero mencionado en la sección 1.3), favoreciendo al transporte de humedad y a la formación de nubosidad.

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

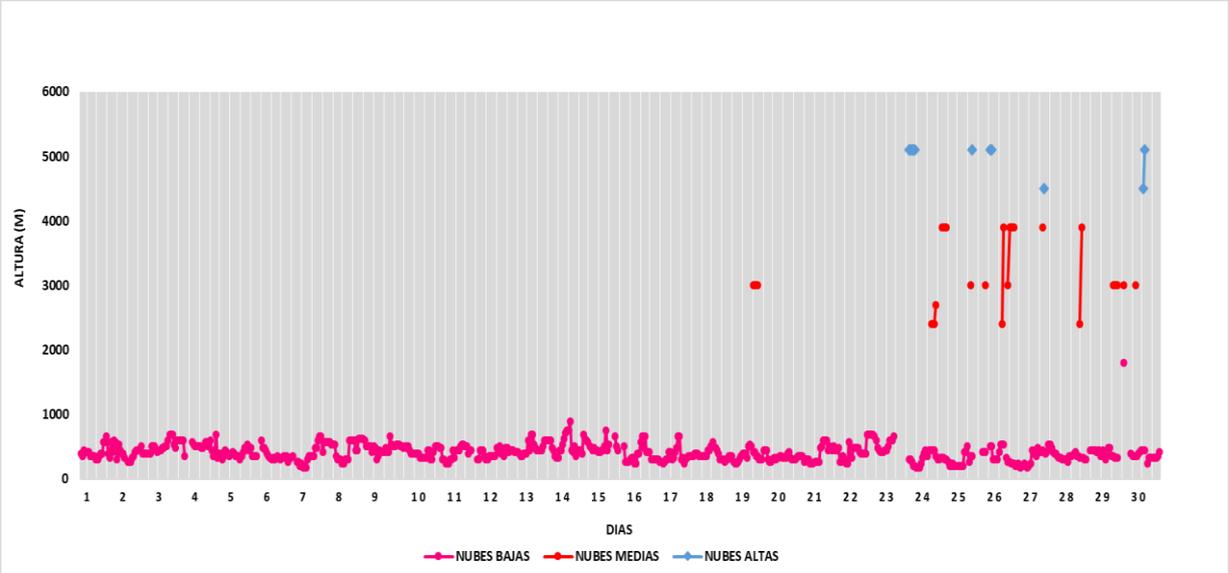


Figura N° 07. Rosas de viento para el horario diurno en el AMLC.

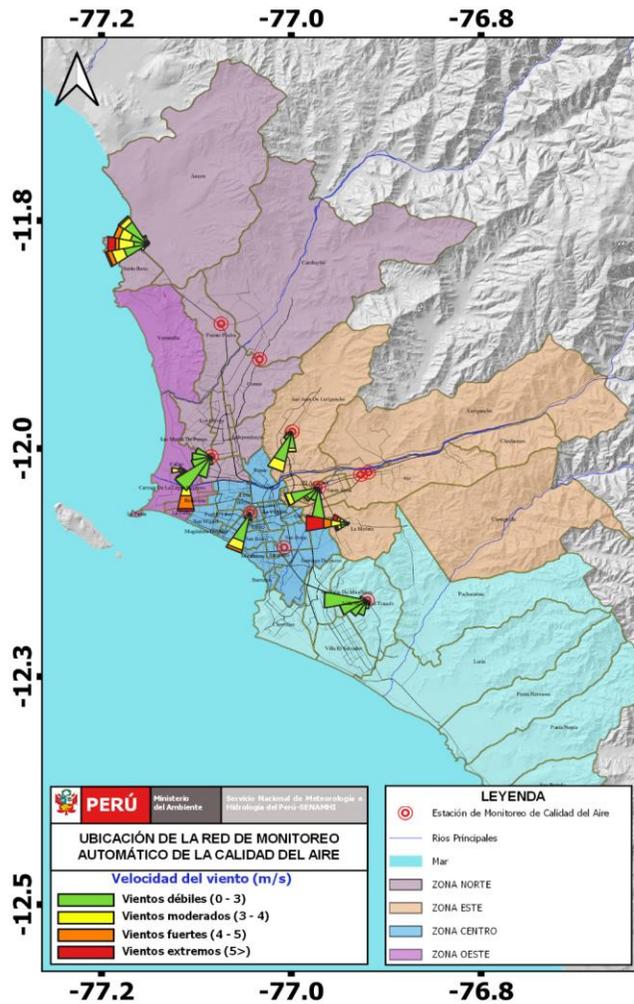


Figura N° 08. Rosas de viento para el horario vespertino en el AMLC.

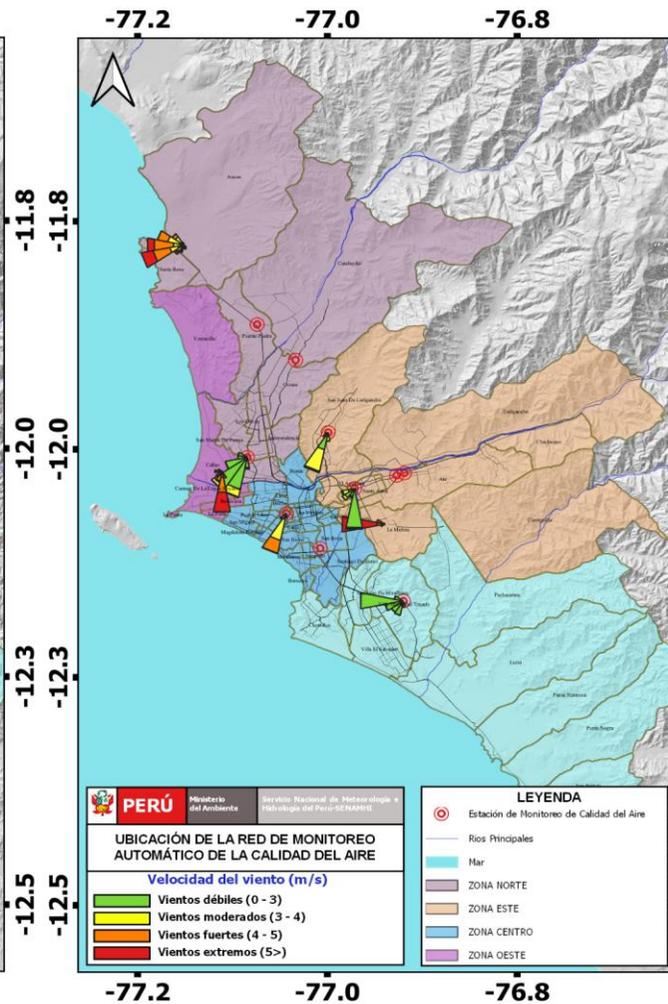
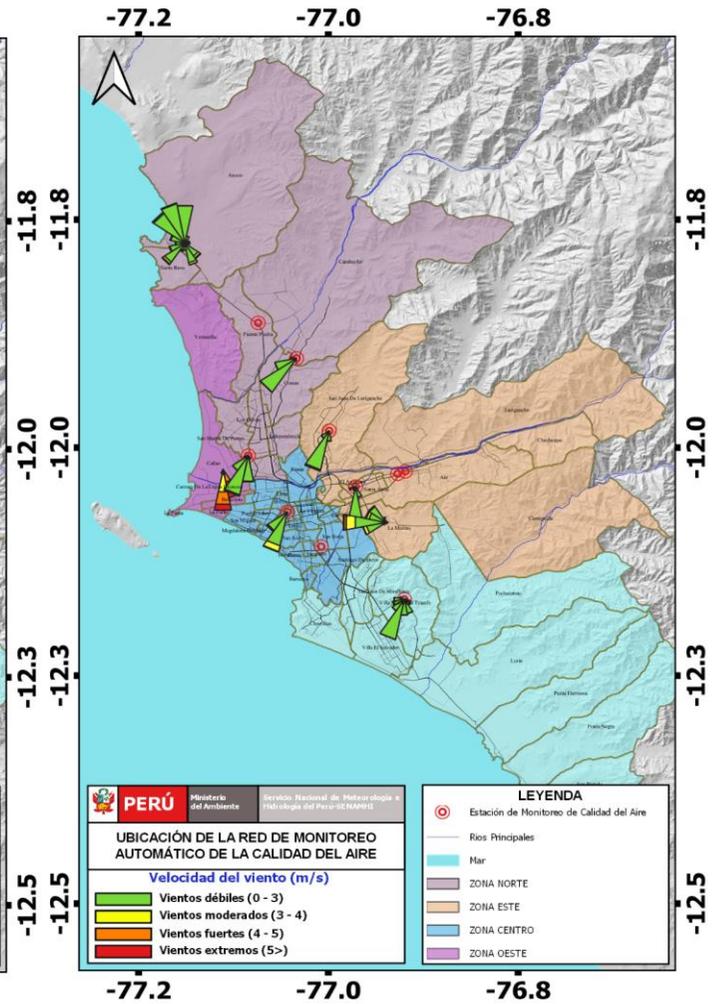


Figura N°09. Rosas de viento para el horario nocturno en el AMLC.



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 (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 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

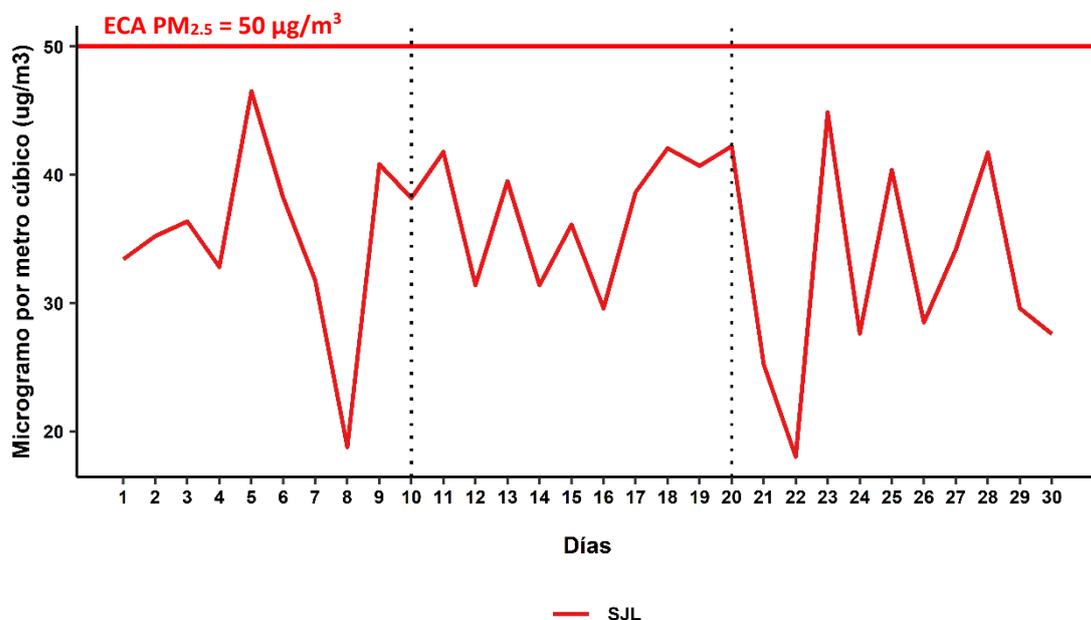
Con los datos de las estaciones de monitoreo de la calidad del aire ubicadas en el AMLC, se realizó un análisis de la variabilidad diaria y/o horaria de las concentraciones del PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂, O₃ y CO. Los datos provinieron de las estaciones: San Martín de Porres (SMP) y San Juan de Lurigancho (S JL).

3.1. CONCENTRACIONES DIARIAS DEL PM_{2.5}

En la figura N° 11 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 este:** En la estación San Juan de Lurigancho (S JL) la concentración máxima fue 46.51 µg/m³ (viernes 05) y la mínima fue de 18.04 µg/m³ (lunes 22).

Figura N° 11. Variación diaria del PM_{2.5} (µg/m³) en el AMLC.

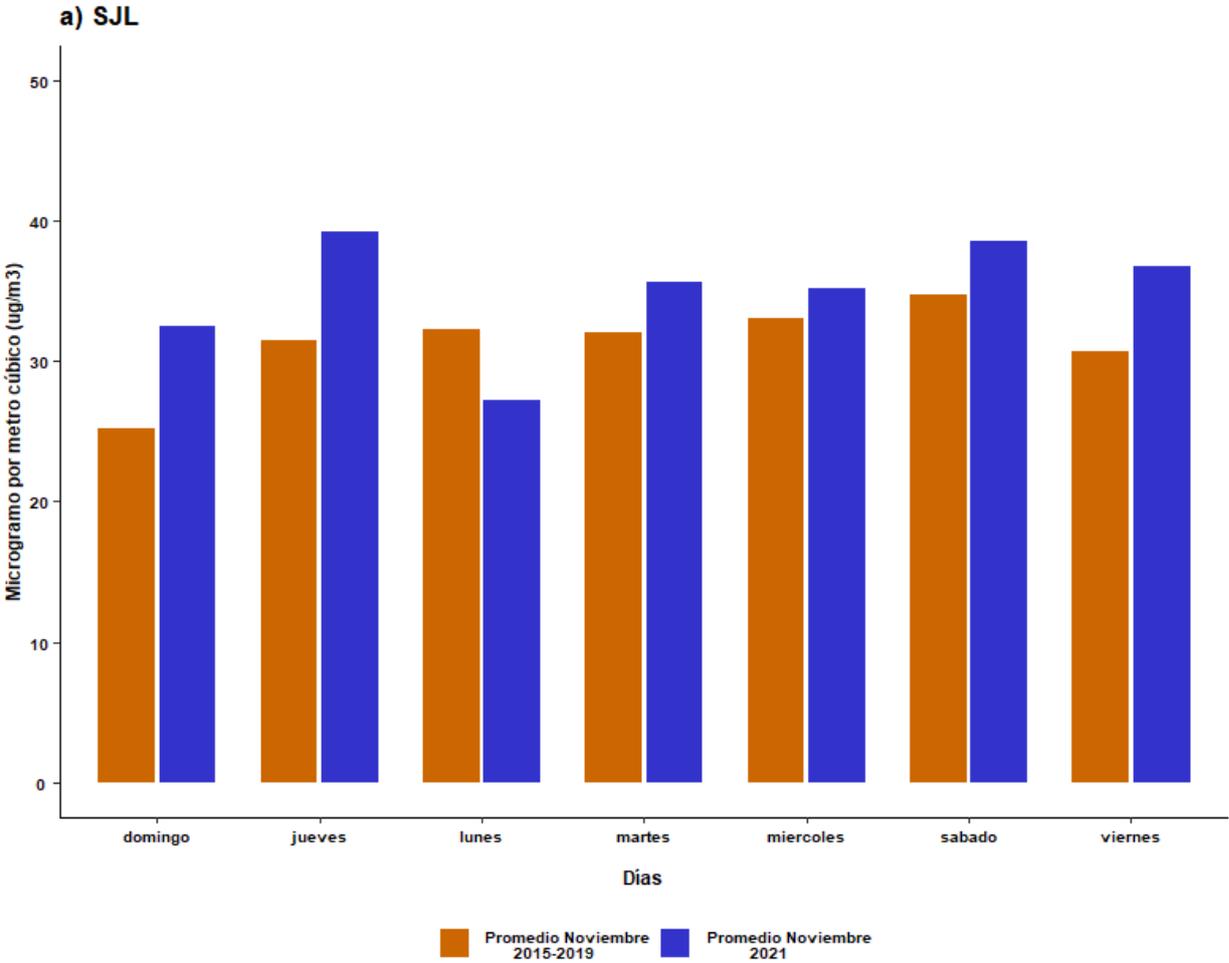


En la decadiaria 1 se observó en promedio una disminución de las concentraciones del PM_{2.5}, lo que estuvo relacionado a la disminución de la humedad relativa e incremento de la temperatura principalmente los primeros días (mencionado en la sección 1.3). En la decadiaria 2, se observó en promedio las concentraciones más altas de PM_{2.5}, lo que estuvo asociado al incremento de la humedad relativa (mencionado en la sección 1.3). Mientras que, en la decadiaria 3 se observa una disminución de las concentraciones de PM_{2.5}, debido a una al incremento de la temperatura (mencionado en la sección 1.3).

Además de lo ya explicado, los días 08 (lunes), 16 (martes), 22 (lunes) 24 (miércoles) y 30 (martes) se registró las concentraciones más bajas del PM_{2.5}, debido al incremento de la altura de la capa límite atmosférica (mencionado en la sección 1.3).

En la figura N° 12 se presenta la variación diaria en la semana de las concentraciones del PM_{2.5} históricas (periodo 2015 - 2019) para noviembre y el periodo de estado de emergencia (noviembre 2021), donde se ha observado que la estación San Juan de Lurigancho (SJL) mostró un incremento de 12% (figura N° 12a).

Figura N° 12. Comparativo de las concentraciones históricas y las registradas durante el estado de emergencia para el PM_{2.5}.

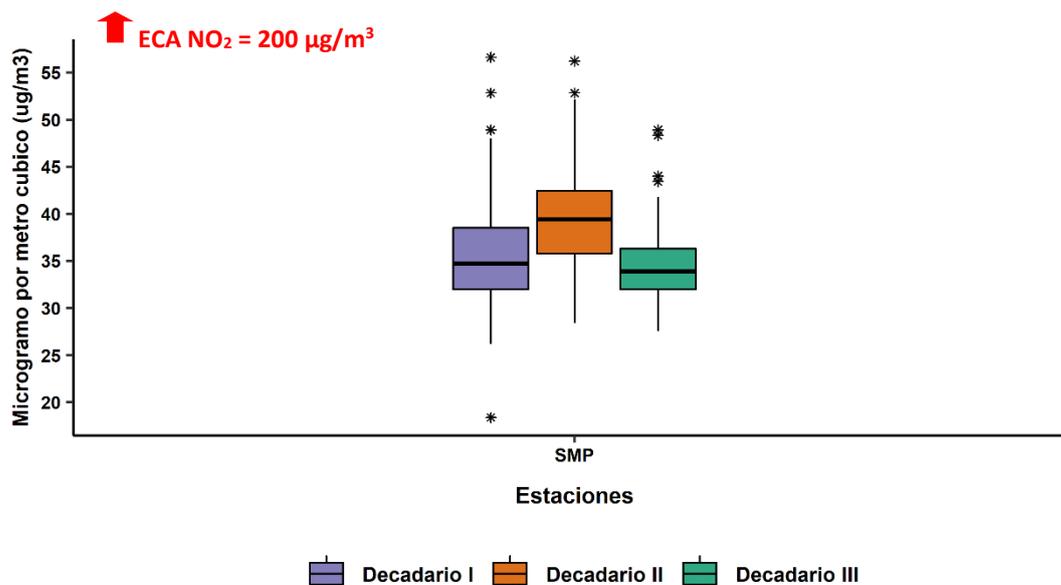


3.2. CONCENTRACIONES HORARIAS DEL NO₂

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 San Martín de Porres (SMP) la concentración máxima fue 56.60 µg/m³ (viernes 05 a las 11:00 horas) y la mínima fue de 18.40 µg/m³ (miércoles 03 a las 05:00 horas).

Figura N° 13. Variación horaria del NO₂ (µg/m³) en el AMLC.



Durante el mes de noviembre, las mayores concentraciones del NO₂ se registraron en los horarios de mayor actividad vehicular (horas pico), las cuales están comprendidas en las primeras horas del día (7:00 horas hasta las 12:00 horas). Asimismo, las mayores concentraciones registradas en la estación San Martín de Porres fue en la decadiaria 2.

El incremento de las concentraciones del NO₂ registradas durante la decadiaria 2, estarían asociadas principalmente al incremento de la actividad vehicular (89% de las emisiones de NO_x provienen de vehículos a diésel⁵).

5. 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.

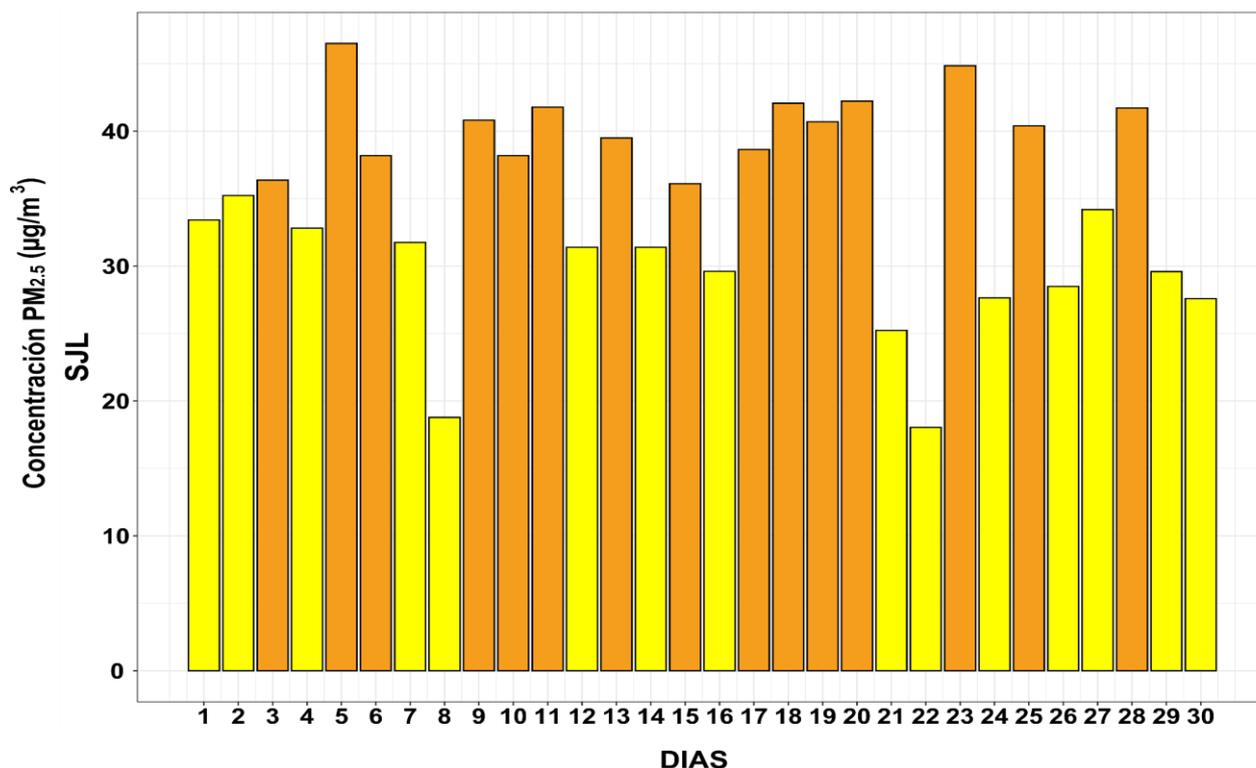
ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE	ESTADO	PM ₁₀ (µg/m ³) 24-horas	PM _{2.5} (µg/m ³) 24-horas	¿QUIÉN SE DEBE PREOCUPAR?	MEDIDAS A TOMAR POR LA POBLACIÓN
0 – 50	BUENA	0 - 54	0.0 –12.0	Ninguno, No existe riesgo	La calidad del aire es aceptable se puede realizar actividades al aire libre
51 – 100	MODERADA	55 - 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 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/airnow_brochure_02_14.pdf

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

La figura N° 14 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 San Juan de Lurigancho (SJL), presentó 15 días con estado de calidad del aire "Moderado" y 15 días con estado de calidad del aire "Insalubre para grupos sensibles".

Figura N° 18. 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 noviembre. El incremento de la humedad relativa y disminución de la temperatura en la decadiaria 2, favoreció al incremento del PM_{2.5}.
- Las concentraciones diarias del PM_{2.5} fueron mayores en la decadiaria 2, donde la estación SJL no superó sus respectivos ECA-aire.
- El contaminante gaseoso NO₂ no superará su respectivo ECA-aire. Asimismo, las mayores concentraciones registradas en la estación San Martín de Porres fue en la decadiaria 2.
- Con respecto a los estados de la calidad del aire se pudo apreciar que el contaminante PM_{2.5} en la estación SJL presentó 15 días estado de calidad del aire "moderado" y 15 días estado "Insalubre para grupos sensibles".

6. PERSPECTIVAS DE LA CALIDAD DEL AIRE PARA EL MES DE DICIEMBRE 2021

De acuerdo al pronóstico climático⁶, se espera que en el AMLC las temperaturas máximas y mínimas superen sus valores normales, lo que favorecería principalmente a una disminución de las concentraciones de $PM_{2.5}$ e incremento de las concentraciones de PM_{10} para el mes de diciembre 2021.

6. Documento: Boletín climático nacional – diciembre 2021 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. Francesco Renato Urdanivia Lermo (furdanivia@senamhi.gob.pe)
Ing. Elvis Anthony Medina Dionicio

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 enero del 2022
