

Título del estudio : Evaluación ambiental de seguimiento de la calidad del aire en los distritos Ilo y Pacocha, provincia Ilo, departamento Moquegua, en abril de 2022.

Fecha de ejecución : Del 1 al 30 de abril de 2022

Expediente : 2020-02-0015 Código de acción : 0009-4-2022-412

Tipo de evaluación : Programada

Fecha de aprobación : 31 de mayo de 2022 Reporte N° : REAS-065-2022-STECS

1. INFORMACIÓN GENERAL

Tabla 1.1. Información general respecto de la actividad realizada

a.	Zona evaluada	Distritos Ilo y Pacocha, provincia Ilo, departamento Moquegua
b.	Unidades fiscalizables en la zona de estudio o actividades económicas	Fundición y refinería de cobre - Ilo, Central Termoeléctrica Ilo1, Central Termoeléctrica Ilo21, Central Termoeléctrica Nodo energético Del Sur – Planta Ilo, Central Termoeléctrica Reserva Fría de Generación – Planta Ilo
c.	Problemática identificada	Presunta afectación de la calidad del aire debido a las actividades económicas en la provincia Ilo
d.	Periodo de ejecución	Del 1 al 30 de abril de 2022

Tabla 1.2. Listado de profesionales

N.º	Nombres y Apellidos	Profesión	Actividad desarrollada
1	Lázaro Walther Fajardo Vargas	Ingeniero químico	Gabinete
2	Andrés Daniel Brios Abanto	Ingeniero ambiental y de recursos naturales	Gabinete
3	Jorge Luis Hualpa Amable	Ingeniero Químico	Gabinete y campo

2. METODOLOGÍA

2.1. Protocolo de monitoreo

Tabla 2.1. Protocolo de monitoreo

Matriz	Protocolo	Sección	País	Institución	Dispositivo legal	Año
Aire	Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire	Todo el documento	Perú	Minam	Decreto Supremo N.º 010-2019-MINAM	2019

2.2. Ubicación de estaciones de monitoreo

Tabla 2.2. Estaciones de monitoreo

N.º	Código	Coordenadas UTM WGS-84			Altitud m s. n. m.	Descripción
		Este (m)	Norte (m)	Zona		
1	CA-ILO-01	252226	8048774	19K	40	Ubicado en la Av. Pacifico Mz. L Lote 1 UPIS Miramar, distrito de Ilo
2	CA-ILO-02	251618	8051342	19K	30	Ubicado en la Av. Ingeniera Mz. C Lote SC2, Agrupación Familiar Pueblo Nuevo (Plaza El Minero), distrito de Pacocha
3	CA-ILO-03	253350	8047344	19K	174	Ubicado en Av. Mirador Boca de Sapo Mz. 50 Lote 9, Pampa Inalámbrica, distrito de Ilo

2.3. Equipos y metodologías de análisis

Tabla 2.3. Equipos utilizados en las estaciones de monitoreo

Parámetro	Equipo	Marca	Modelo	Serie	Certificado calibración
Estación de monitoreo CA - ILO - 01					
Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)	Monitor automático de partículas	GRIMM	EDM 180	18A19094	LF-0462021
Material particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM _{2,5})					
Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)	Equipo Manual Activo HiVol	TISCH	TE-6070 VFC+BLX	Venturi: P10791BLX	LF-0432021
Dióxido de Azufre	Monitor automático de SO ₂	Thermo Scientific	43i	1200416204	LG-050-2021 LG-0192021
Dióxido de Nitrógeno	Monitor automático de NO ₂	Thermo Scientific	42i	1192914962	LG-052-2021 LG-0212021
Sulfuro de Hidrógeno	Monitor automático de H ₂ S	Thermo Scientific	450i	CM19490141	LG-051-2021 LG-0202021
Monóxido de carbono	Monitor automático de CO	Thermo Scientific	48i	1193085163	LG-049-2021 LG-0182021
- Velocidad de viento - Dirección de viento	Estación meteorológica	Campbell Scientific	CR310	WM174404	LM-0382021
- Temperatura ambiente - Humedad relativa				1669292130	LM-0372021 y LM-0362021
- Presión barométrica				BPA11352	LM-0402021
- Precipitación				TB00015748	LM-0392021
- Radiación Solar				193237	LM-0352021
Estación de monitoreo CA - ILO - 02					
Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)	Monitor automático de partículas	GRIMM	EDM 180	18A19091	LF-0452021
Material particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM _{2,5})					
Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)	Equipo Manual Activo HiVol	TISCH	TE-6070 VFC+BLX	Venturi: P10789BLX	LF-0422021
Dióxido de Azufre	Monitor automático de SO ₂	Thermo Scientific	43i	1192914947	LG-046-2021 LG-0152021
Dióxido de Nitrógeno	Monitor automático de NO ₂	Thermo Scientific	42i	1192914960	LG-048-2021 LG-0172021
Sulfuro de Hidrógeno	Monitor automático de H ₂ S	Thermo Scientific	450i	CM19490139	LG-047-2021 LG-0162021
Monóxido de carbono	Monitor automático de CO	Thermo Scientific	48i	1193085161	LG-045-2021 LG-0142021

Parámetro	Equipo	Marca	Modelo	Serie	Certificado calibración
- Velocidad de viento - Dirección de viento	Estación meteorológica	Campbell Scientific	CR300	WM174402	LM-0322021
- Temperatura ambiente - Humedad relativa				1663393889	LM-0312021 y LM-0302021
- Presión barométrica				BPA11350	LM-0342021
- Precipitación				TB00015746	LM-0332021
- Radiación Solar				193287	LM-0292021
Estación de monitoreo CA - ILO - 03					
Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)	Monitor automático de partículas	GRIMM	EDM 180	18A19093	LF-0442021
Material particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM _{2,5})					
Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)	Equipo Manual Activo HiVol	TISCH	TE-6070 VFC+BLX	Venturi: P10790BLX	LF-0412021
Dióxido de Azufre	Monitor automático de SO ₂	Thermo Scientific	43i	1192914948	LG-042-2021 LG-0112021
Dióxido de Nitrógeno	Monitor automático de NO ₂	Thermo Scientific	42i	1192914961	LG-044-2021 LG-0132021
Sulfuro de Hidrógeno	Monitor automático de H ₂ S	Thermo Scientific	450i	CM19490140	LG-043-2021 LG-0122021
Monóxido de carbono	Monitor automático de CO	Thermo Scientific	48i	1193085162	LG-041-2021 LG-0102021
- Velocidad de viento - Dirección de viento	Estación meteorológica	Campbell Scientific	CR300	WM174403	LM-0262021
- Temperatura ambiente - Humedad relativa				1665884185	LM-0252021 y LM-0242021
- Presión barométrica				BPA11351	LM-0282021
- Precipitación				TB00015747	LM-0272021
- Radiación Solar				193240	LM-0232021

Tabla 2.4. Métodos de análisis de aire

Parámetro	Método	Técnica Empleada
Material particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM _{2,5})	Método automático	Dispersión de luz
Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)		
Dióxido de Azufre (SO ₂)		Fluorescencia ultravioleta
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)		Quimioluminiscencia
Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S)		Fluorescencia ultravioleta
Monóxido de carbono (CO)		Infrarrojo no dispersivo
Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)	Método manual activo	Separación Inercial/Filtración (gravimetría)
Velocidad de viento	Método automático	-
Dirección de viento		
Temperatura ambiente		
Humedad relativa		
Precipitación		
Presión barométrica		

Parámetro	Método	Técnica Empleada
Radiación solar		

Nota: Las tres estaciones de monitoreo de la provincia de Ilo cuentan con las mismas técnicas de medición

Fuente: Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire (Minam)

(-): No aplica

2.4. Criterios de evaluación

Tabla 2.5. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aire

Parámetro	Periodo	Formato del estándar		Norma
		Valor ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Criterio de evaluación	
Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM_{10})	24 horas	100	No exceder más de 7 veces al año	D.S. N.º 003-2017-MINAM «Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y Disposiciones Complementarias»
Material particulado con diámetro menor a 2.5 micras ($\text{PM}_{2.5}$)	24 horas	50	No exceder más de 7 veces al año	
Sulfuro de hidrogeno (H_2S)	24 horas	150	Media aritmética	
Dióxido de azufre (SO_2)	24 horas	250	No exceder más de 7 veces al año	
Dióxido de Nitrógeno (NO_2)	1 hora	200	No exceder más de 24 veces al año	
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	30000	No exceder más de 1 vez al año	
	8 horas	10000	Media Aritmética móvil	
Plomo (Pb) en PM_{10}	Mensual	1,5	No exceder más de 4 veces al año	

Los ECA para aire no consideran concentraciones de metales en PM_{10} , para un periodo de 24 horas; por lo que, se tomó la guía de calidad del aire de Canadá (Ontario's Ambient Air Quality Criteria - 2012) como estándares de referencia para los parámetros de metales evaluados como se detalla en la tabla 2.6. Las notas de esta norma indican que las concentraciones expresadas en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ se encuentran a condiciones de $10\text{ }^\circ\text{C}$ y 760 mmHg .

Tabla 2.6. Estándares de calidad de aire de Canadá

CASRN	Contaminante	AAQC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tiempo promedio (h)
7440-36-0	Antimonio y compuestos de antimonio	25	24
7784-42-1	Arsénico y compuestos de arsénico	0,3	24
7440-41-7	Berilio y compuestos de berilio	0,01	24
7440-42-8	Boro	120	24
7440-43-9	Cadmio y compuestos de cadmio	0,025	24
7440-48-4	Cobalto	0,1	24
7440-50-8	Cobre	50	24
7440-47-3	Cromo y compuestos	0,5	24
15438-31-0	Hierro (metálico)	4	24
7439-92-1	Plomo y compuestos de plomo	0,5	24
7439-96-5	Manganeso y compuestos de manganeso	0,2	24
7439-97-6	Mercurio (Hg)	2	24
7439-98-7	Molibdeno	120	24
7440-02-0	Níquel y compuestos de níquel	0,1	24
7782-49-2	Selenio	10	24
7440-22-4	Plata	1	24
7440-24-6	Estroncio	120	24
7440-31-5	Estaño	10	24
7440-32-6	Titanio	120	24
7440-61-1	Uranio y compuestos de uranio	0,15	24
7440-62-2	Vanadio	2	24
7440-66-6	Zinc	120	24

CASRN: Chemical Abstracts Services Registry Number o Número de Registro CAS.

Fuente: Ontario's Ambient Air Quality Criteria Standards (AAQC) – noviembre 2020

<https://files.ontario.ca/mecp-ambient-air-quality-criteria-list-en-2020-05-01.pdf>

3. RESULTADOS

Las condiciones meteorológicas y los parámetros atmosféricos registrados en las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, en abril de 2022, son presentadas en el Anexo 3.

3.1. Parámetros meteorológicos

En la Tabla 3.1 se presentan los parámetros meteorológicos en la estación de monitoreo CA-ILO-01 en abril de 2022, se aprecia que la presión barométrica varió entre una mínima de 1001,1 hPa y máxima de 1008,8 hPa, no se registraron precipitaciones en abril. La temperatura promedio fue de 20,6 °C alcanzando una mínima de 17,3 °C y una máxima de 24,3 °C, la humedad relativa varió entre 57,3 % y 82,2% y la velocidad del viento osciló entre 0,0 m/s y 8,0 m/s. El parámetro de radiación solar reporta una Irradiancia máxima de 887,1 W/m² durante el mes de abril. Los valores se presentan en la Tabla 3.1 y el detalle del registro en el Anexo 3.

Tabla 3.1. Parámetros meteorológicos registrados en la estación de monitoreo CA-ILO-01 en abril de 2022

Valores	Presión barométrica (hPa)	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Velocidad del viento (m/s)	Radiación Solar (W/m ²)
Mínimo	1001,1	0,0	17,3	57,3	0,0	0,0
Máximo	1008,8	0,0	24,3	82,2	8,0	887,1
Promedio	1005,2	0,0	20,6	70,7	3,1	--

En la Figura 3.1 se grafica la rosa de viento de la estación de monitoreo CA-ILO-01 correspondiente a abril de 2022. Se observa que la rosa de viento tuvo una predominancia Sur (S). Es preciso mencionar que, en la referida dirección se encuentran los almacenes de Ceticos Ilo, teniendo como referencia la ubicación de la estación de monitoreo CA-ILO-01.

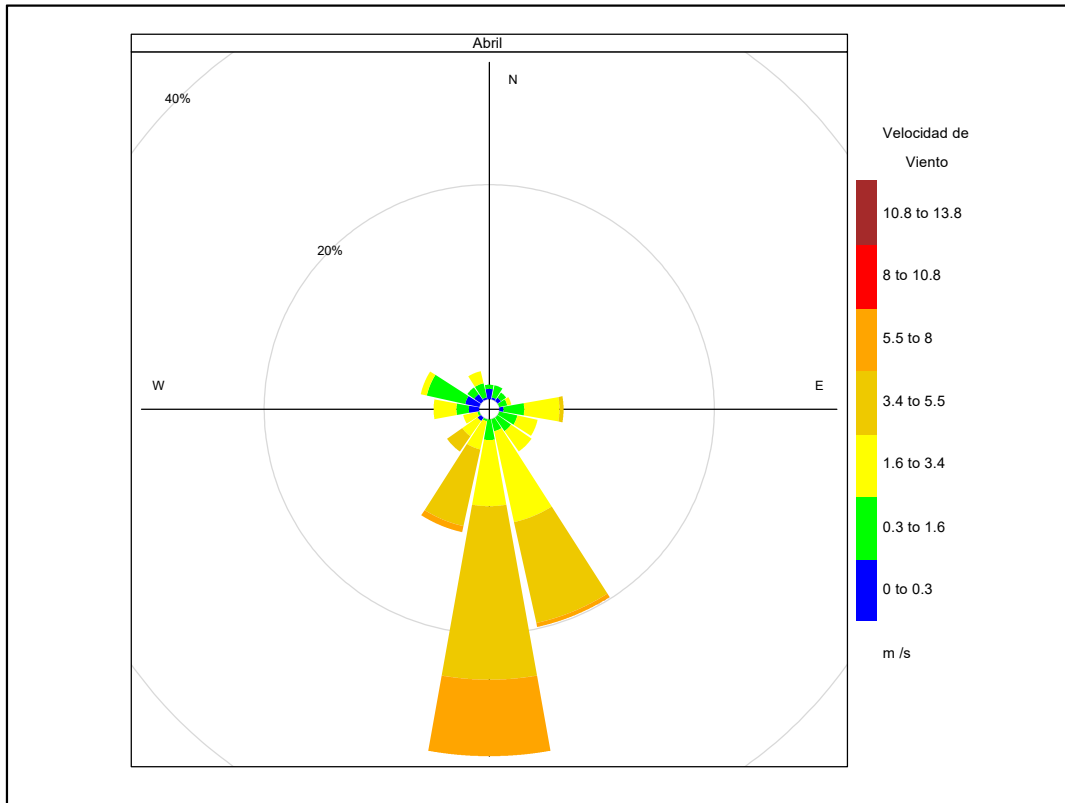


Figura 3.1. Rosa de viento de la estación de monitoreo CA-ILO-01, en abril de 2022

En la Tabla 3.2 se presentan los parámetros meteorológicos en la estación de monitoreo CA-ILO-02 en abril de 2022, se aprecia que la presión barométrica varió entre una mínima de 1003,6 hPa y máxima de 1012,5 hPa, no se registraron precipitaciones en abril. La temperatura promedio fue de 20,3 °C alcanzando una mínima de 16,7°C y una máxima de 24,1 °C, la humedad relativa varió entre 55,6% y 82,9% y la velocidad del viento osciló entre 0 m/s y 6,6 m/s. El parámetro de radiación solar reporta una Irradiancia máxima de 952,6 W/m² durante el mes de abril. Los valores se presentan en la Tabla 3.2 y el detalle del registro en el Anexo 3.

Tabla 3.2. Parámetros meteorológicos registrados en la estación de monitoreo CA-ILO-02 en abril de 2022

Valores	Presión barométrica (hPa)	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Velocidad del viento (m/s)	Radiación Solar (W/m ²)
Mínimo	1003,6	0,0	16,7	55,6	0,0	0
Máximo	1012,5	0,0	24,1	82,9	6,6	952,6
Promedio	1007,6	0,0	20,3	67,2	2,6	--

En la Figura 3.2 se grafica la rosa de viento de la estación de monitoreo CA-ILO-02 correspondiente a abril de 2022. Se observa que la rosa de viento tuvo una predominancia Este (E) y en menor proporción proviene del Este sureste (ESE).

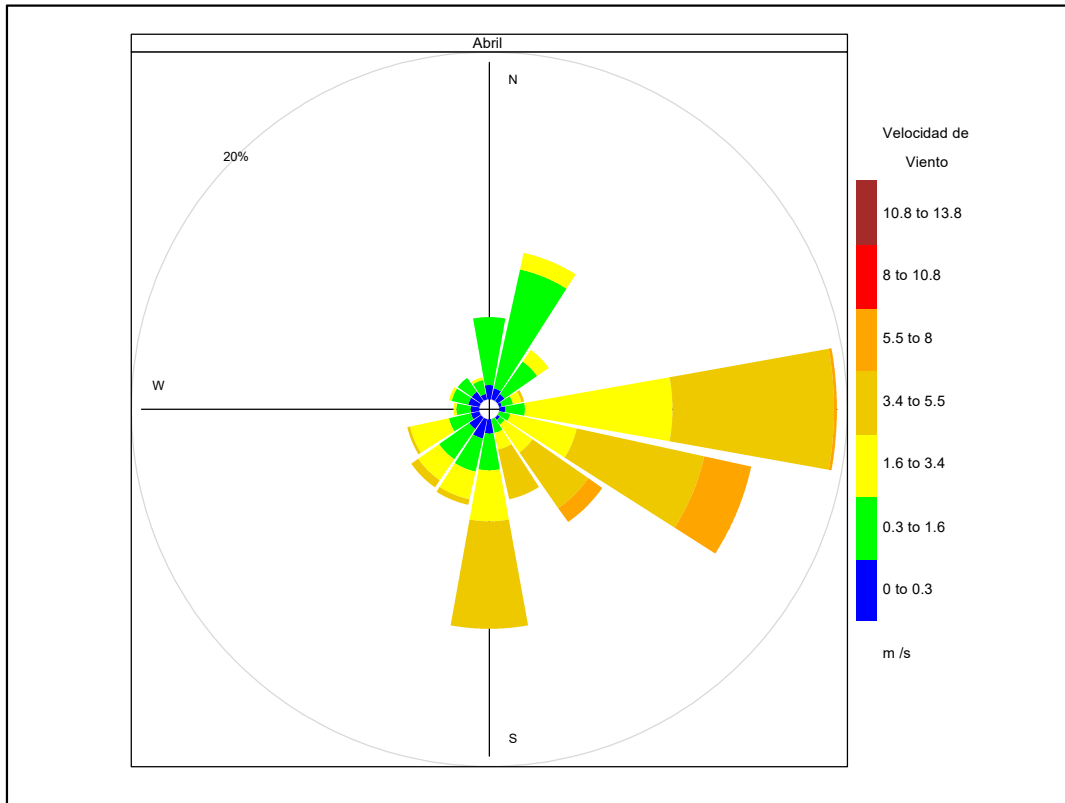


Figura 3.2. Rosa de viento de la estación de monitoreo CA-ILO-02, en abril de 2022

En la Tabla 3.3 se presentan los parámetros meteorológicos en la estación de monitoreo CA-ILO-03 en abril de 2022, se aprecia que la presión barométrica varió entre una mínima de 984,1 hPa y máxima de 991,6 hPa, no se registraron precipitaciones en abril. La temperatura promedio fue de 19,4 °C alcanzando una mínima de 15,8 °C y una máxima de 22,9 °C, la humedad relativa varió entre 59,9 % y 85,1 % y la velocidad del viento osciló entre 0,0 m/s y 7,1 m/s. El parámetro de radiación solar reporta un máximo de 955,1 W/m² durante el mes de abril. Los valores se presentan en la Tabla 3.3 y el detalle del registro en el Anexo 3.

Tabla 3.3. Parámetros meteorológicos registrados en la estación de monitoreo CA-ILO-03 en abril de 2022

Valores	Presión barométrica (hPa)	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Velocidad del viento (m/s)	Radiación Solar (W/m ²)
Mínimo	984,1	0,0	15,8	59,9	0,0	0
Máximo	991,6	0,0	22,9	85,1	7,1	955,1
Promedio	988,0	0,0	19,4	73,5	3,1	--

En la Figura 3.3 se grafica la rosa de viento de la estación de monitoreo CA-ILO-03 correspondiente a abril de 2022. Se observa que la rosa de viento tuvo una predominancia sur (S). Es preciso mencionar que, en la referida dirección se encuentra el terminal terrestre de Ilo, teniendo como referencia la ubicación de la estación de monitoreo CA-ILO-03.

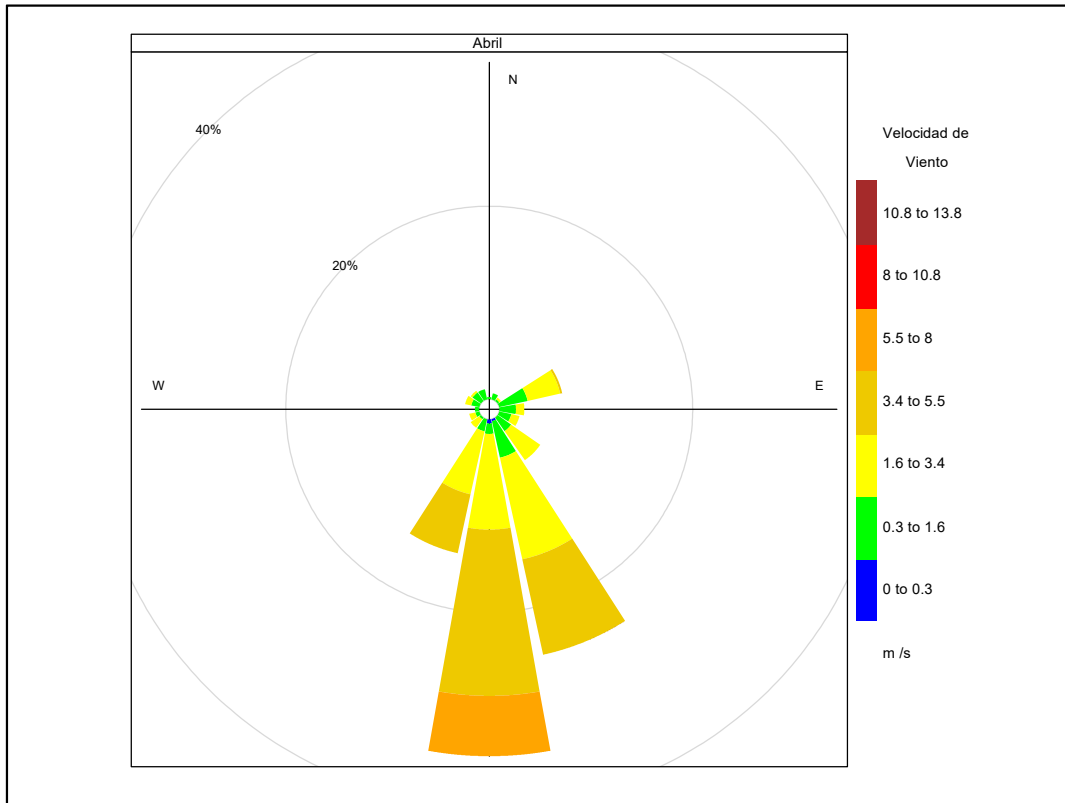


Figura 3.3. Rosa de viento de la estación de monitoreo CA-ILO-03, en abril de 2022

3.2. Material particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM_{2,5})

En las Figuras 3.4 y 3.5 se presentan las concentraciones de 24 horas de PM_{2,5} de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01 y CA-ILO-03, respectivamente, en abril de 2022. Además, se observa que el día 15 de abril de 2022, en la estación de monitoreo CA-ILO-01, se excedió el valor del ECA para aire de PM_{2,5} (50 µg/m³ en 24 horas).

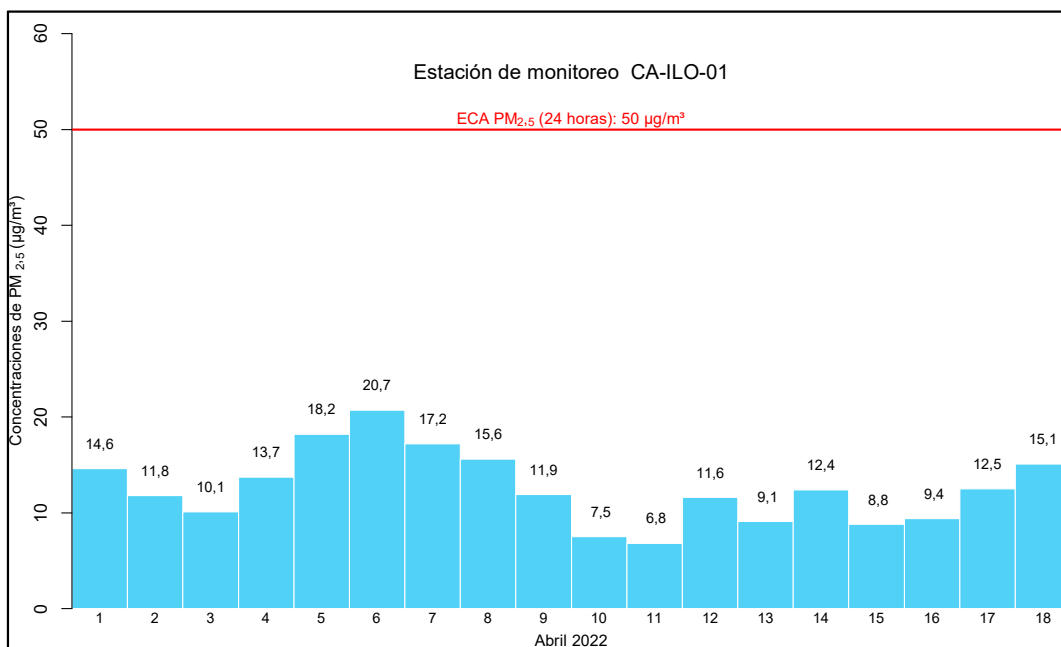


Figura 3.4. Concentraciones de 24 horas de PM_{2,5} en la estación de monitoreo CA-ILO-01, en abril de 2022

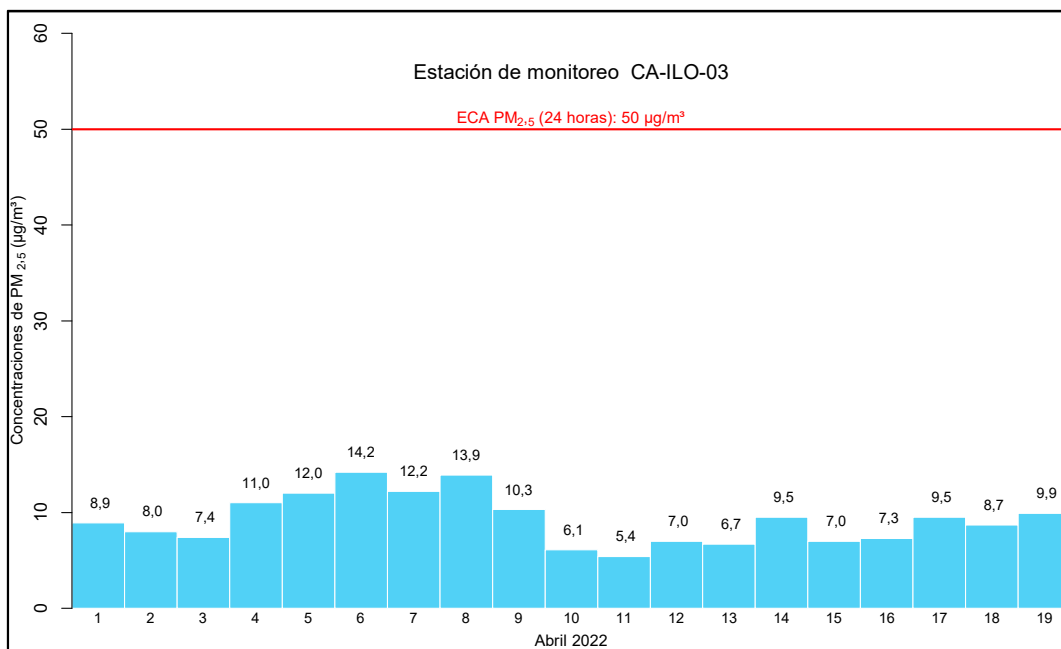


Figura 3.5. Concentraciones de 24 horas de PM_{2,5} en la estación de monitoreo CA-ILO-03, en abril de 2022

3.3. Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM₁₀)

En las Figuras 3.6 y 3.7 se presentan las concentraciones de 24 horas de PM₁₀ de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01 y CA-ILO-03, respectivamente, en abril de 2022. Además, se observa que el día 15 de abril de 2022, en ambas estaciones de monitoreo CA-ILO-01 y CA-ILO-03, se excedió el valor del ECA para aire de PM₁₀ (100 µg/m³ en 24 horas).

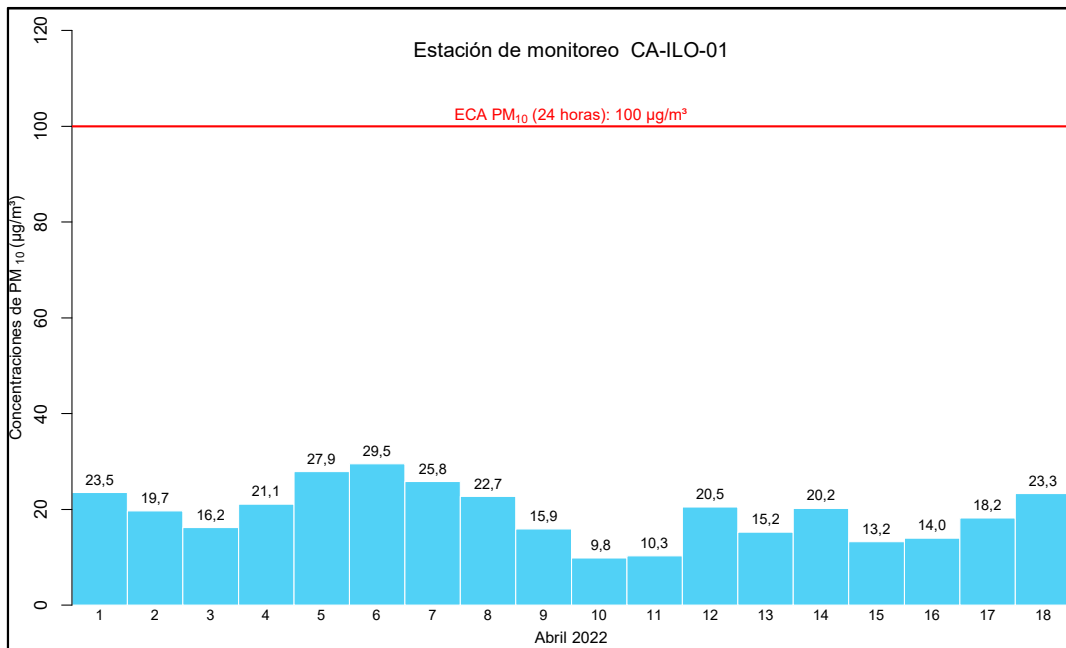


Figura 3.6. Concentraciones de 24 horas de PM₁₀ en la estación de monitoreo CA-ILO-01, en abril de 2022

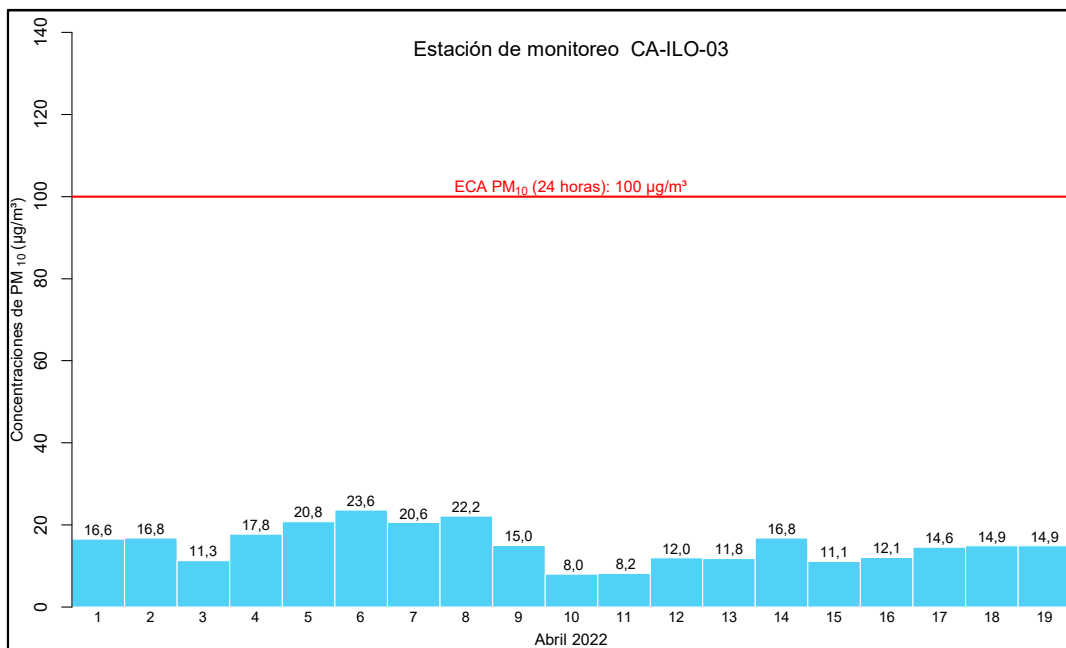


Figura 3.7. Concentraciones de 24 horas de PM₁₀ en la estación de monitoreo CA-ILO-03, en abril de 2022

3.4. Dióxido de azufre (SO₂)

En las Figuras 3.8, 3.9 y 3.10 se presentan las concentraciones de 24 horas de SO₂ de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, en abril de 2022. Además, se observa que todas las concentraciones de 24 horas no excedieron el ECA para SO₂ (250 µg/m³ en 24 horas).

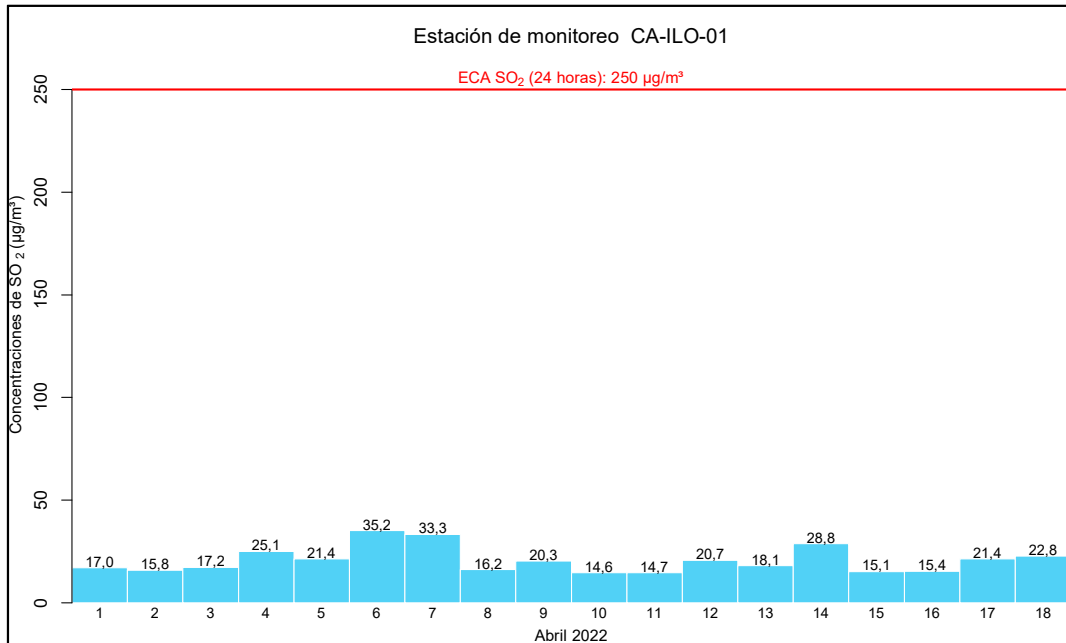


Figura 3.8. Concentraciones de 24 horas de SO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-01, en abril de 2022

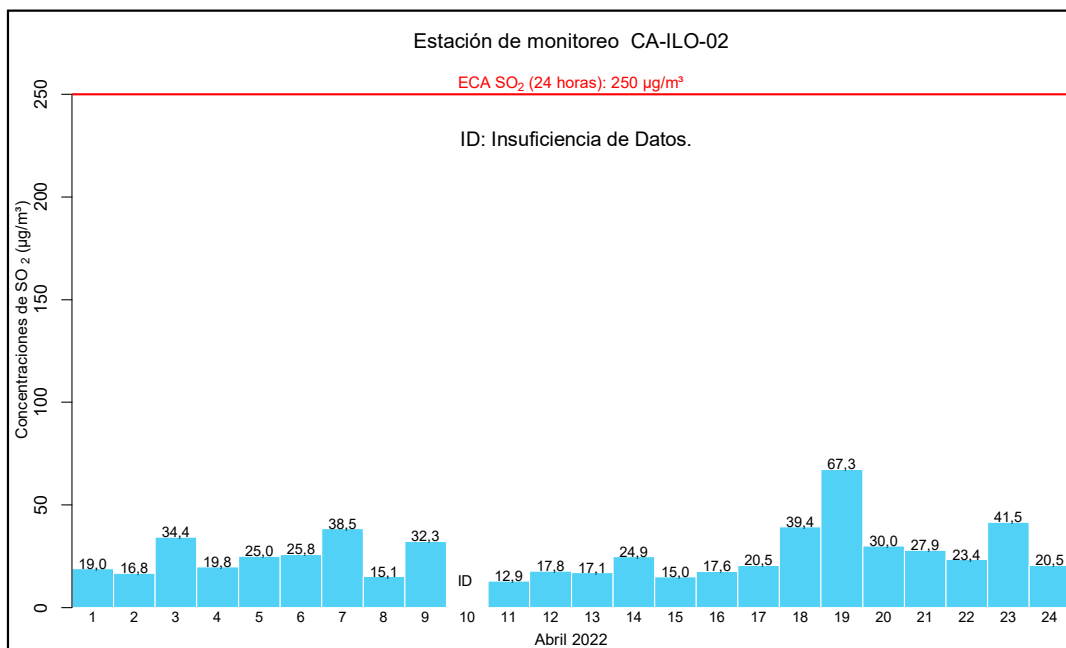


Figura 3.9. Concentraciones de 24 horas de SO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-02, en abril de 2022

ID: Insuficiencia de datos para calcular promedio de 24 horas (menor del 75%)

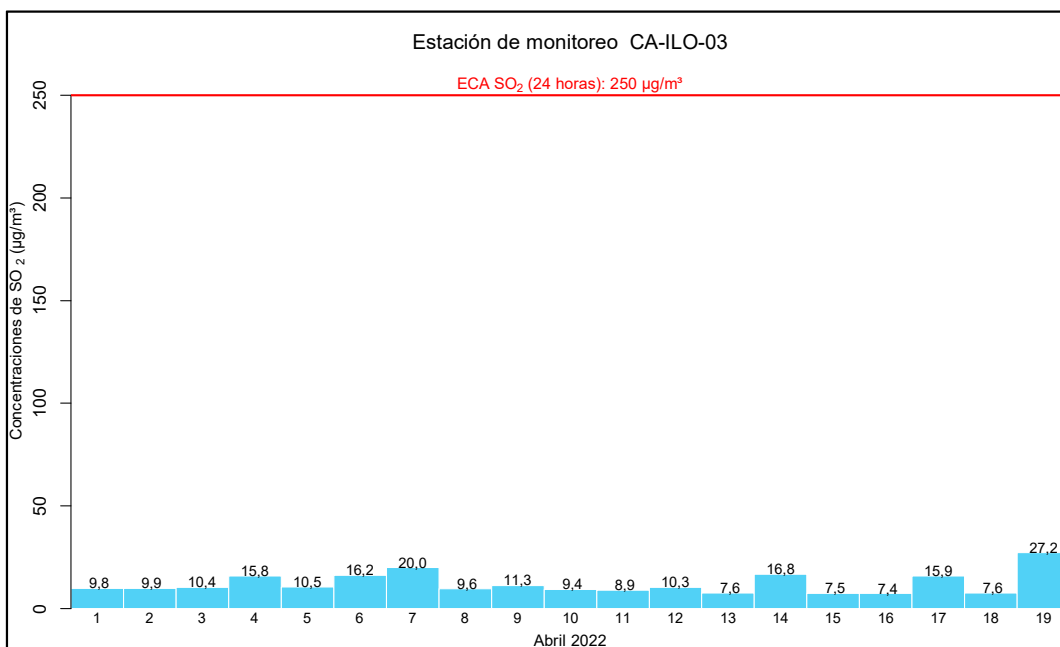


Figura 3.10. Concentraciones de 24 horas de SO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-03, en abril de 2022

3.5. Sulfuro de hidrogeno (H₂S)

En las Figuras 3.11, 3.12 y 3.13 se presentan las concentraciones de 24 horas de H₂S de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, respectivamente, en abril de 2022. Además, se observa que todas las concentraciones de 24 horas no excedieron el ECA para aire de H₂S (150 µg/m³ en 24 horas).

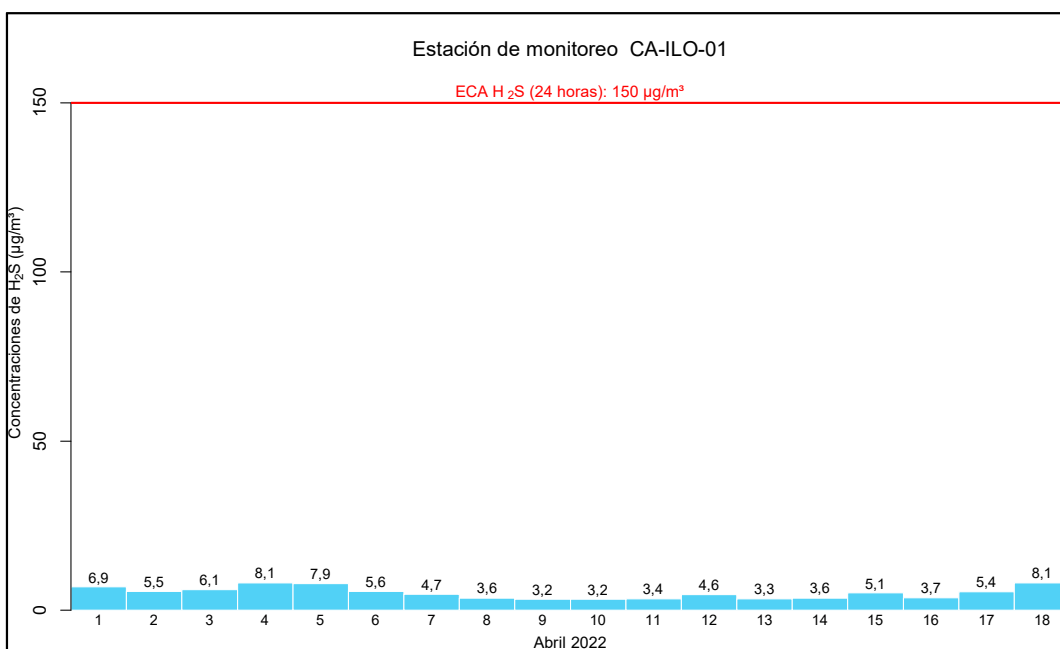


Figura 3.11. Concentraciones de 24 horas de H₂S en la estación de monitoreo CA-ILO-01, en abril de 2022

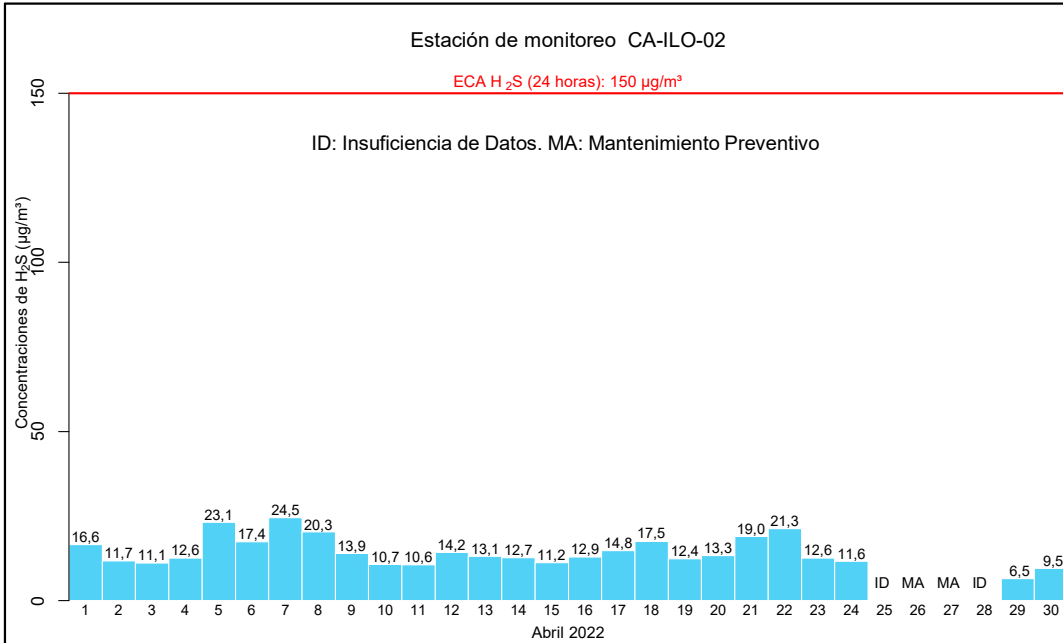


Figura 3.12. Concentraciones de 24 horas de H₂S en la estación de monitoreo CA-ILO-02, en abril de 2022

ID: Insuficiencia de datos para calcular promedio de 24 horas (menor del 75%).
 MA: Mantenimiento preventivo.

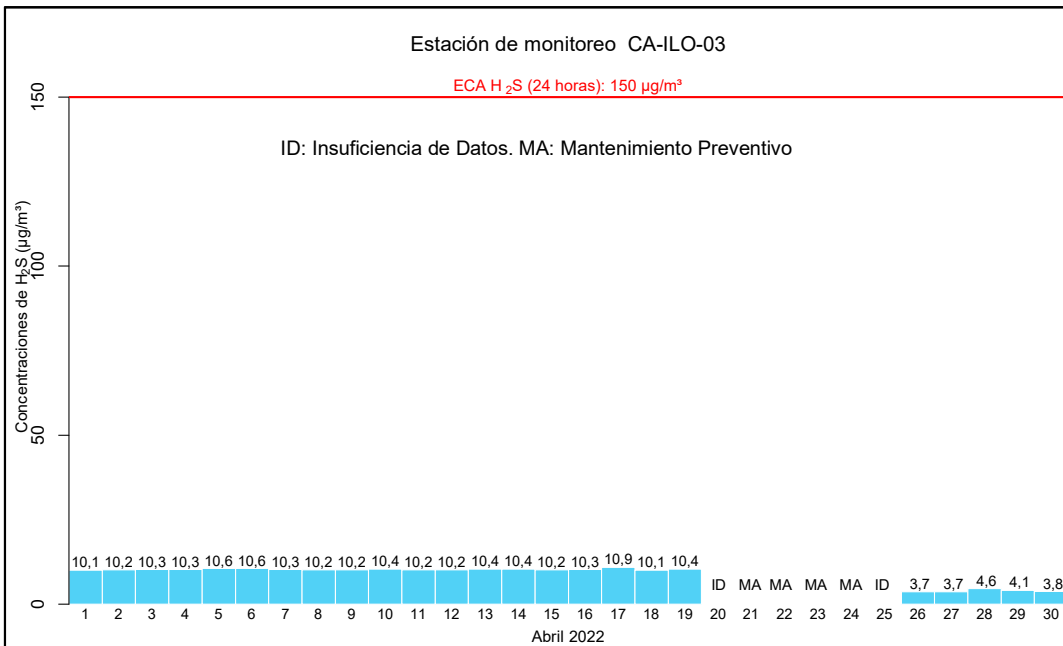


Figura 3.13. Concentraciones de 24 horas de H₂S en la estación de monitoreo CA-ILO-03, en abril de 2022

ID: Insuficiencia de datos para calcular promedio de 24 horas (menor del 75%).
 MA: Mantenimiento preventivo.

3.6. Dióxido de nitrógeno (NO₂)

En las Figuras 3.14, 3.15 y 3.16 se presentan las concentraciones horarias de NO₂ de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, respectivamente, en abril de 2022. Además, se observa que todas las concentraciones horarias no excedieron el ECA para NO₂ (200 µg/m³ en 1 hora).

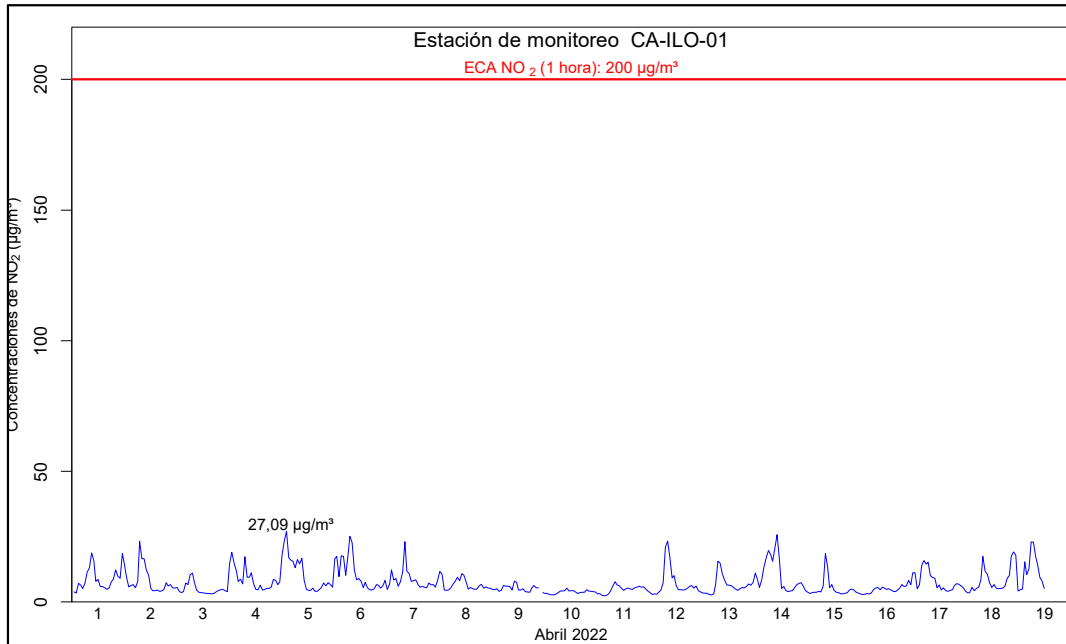


Figura 3.14. Concentraciones de horarias de NO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-01, en abril de 2022

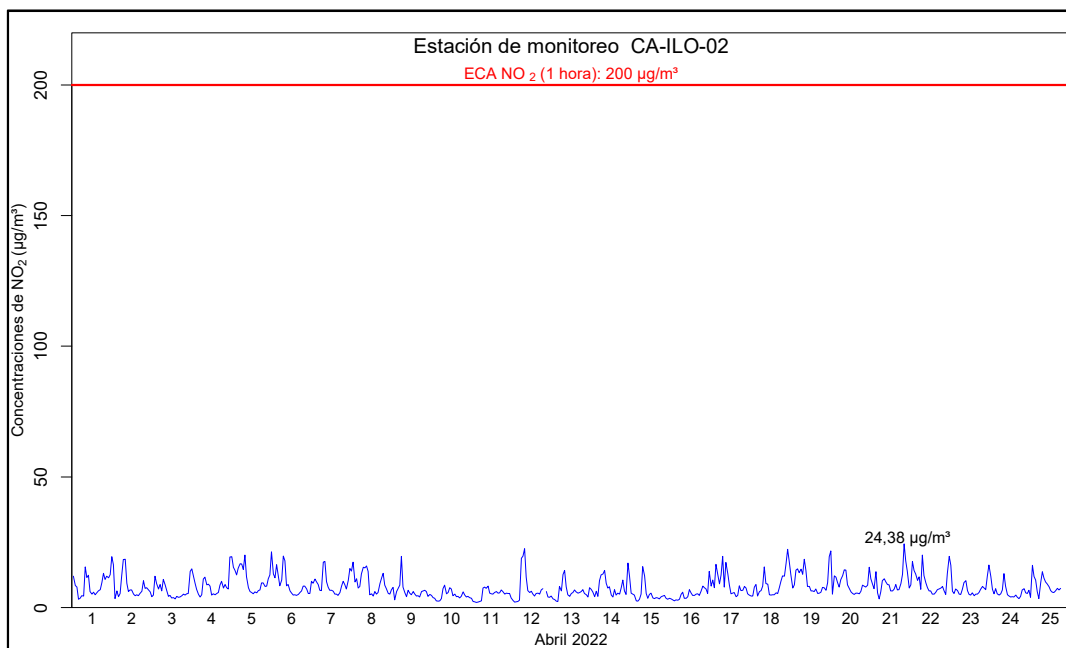


Figura 3.15. Concentraciones de horarias de NO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-02, en abril de 2022

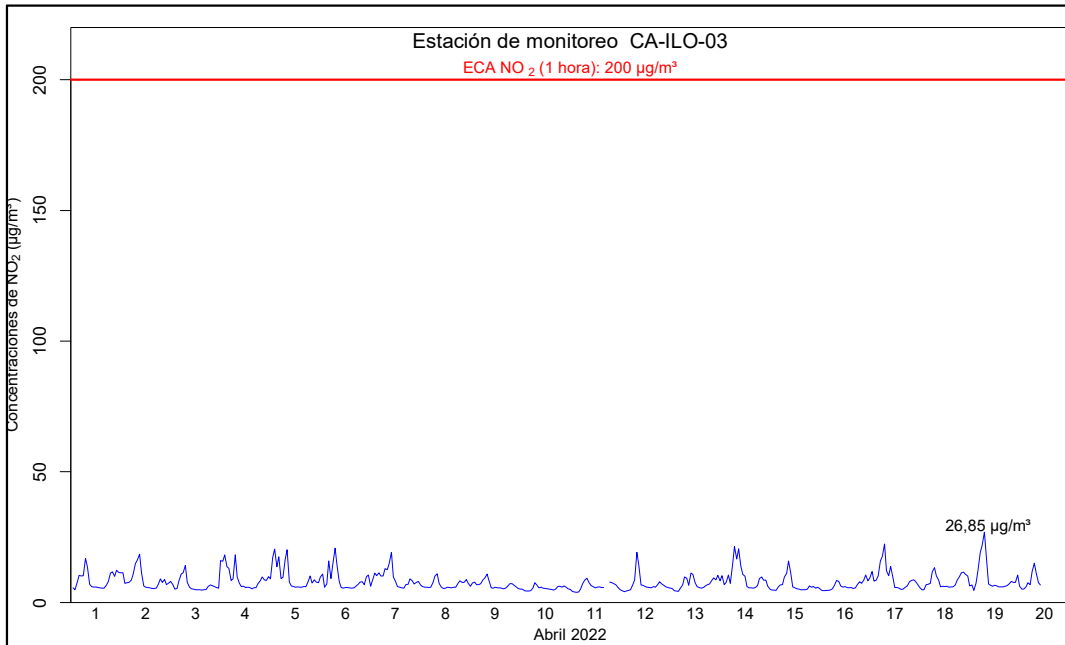


Figura 3.16. Concentraciones de horarias de NO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-03, en abril de 2022

3.7. Monóxido de carbono (CO)

En las Figuras 3.17, 3.18 y 3.19 se presenta el diagrama de cajas por hora de las concentraciones horarias de CO correspondiente a las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, respectivamente, en abril de 2022. Además, se observa que todas las concentraciones horarias no excedieron el ECA para CO (30 000 µg/m³ en 1 hora).

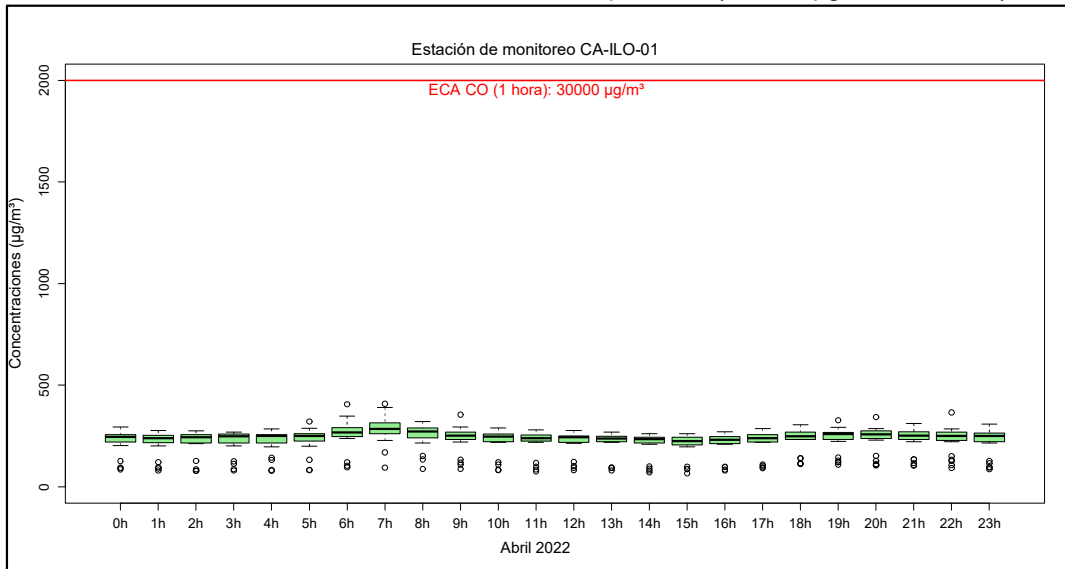


Figura 3.17. Concentraciones horarias de CO, estación de monitoreo CA-ILO-01, abril del 2022

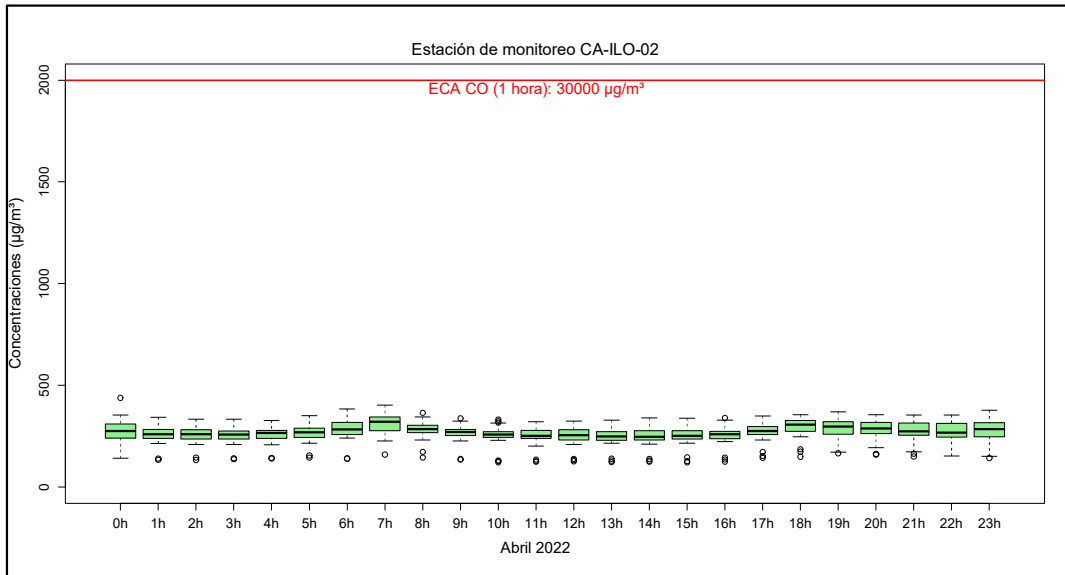


Figura 3.18. Concentraciones horarias de CO, estación de monitoreo CA-ILO-02, abril del 2022

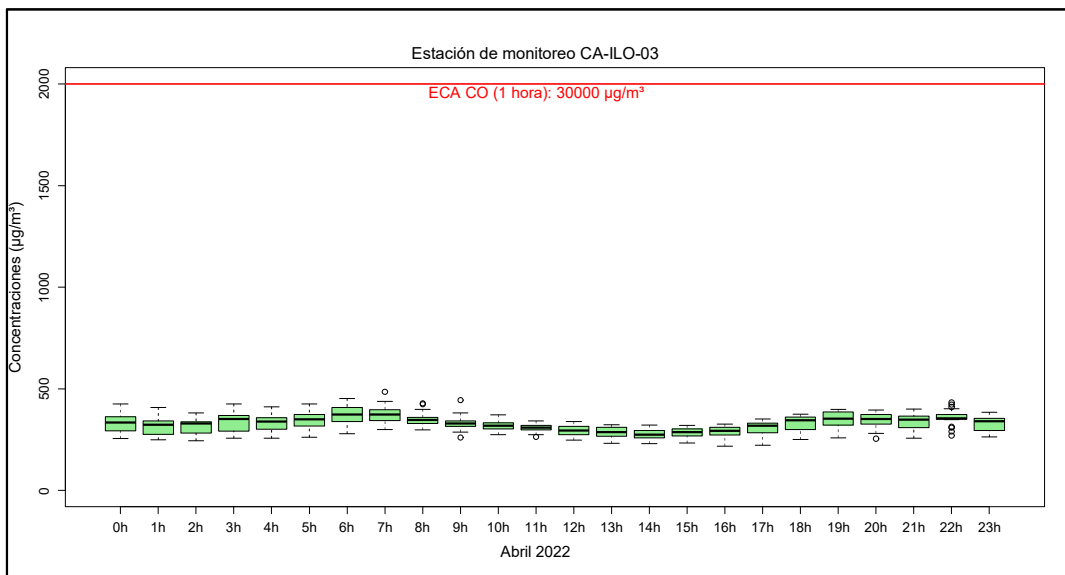


Figura 3.19. Concentraciones horarias de CO, estación de monitoreo CA-ILO-03, abril del 2022

En las Figuras 3.20, 3.21 y 3.22 se presenta el diagrama de cajas por hora de las concentraciones móviles de 8 horas de CO correspondiente a las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, respectivamente, en abril de 2022. Además, se observa que todas las concentraciones de promedio móvil de 8 horas no excedieron el ECA para CO (10 000 µg/m³ en 8 horas móviles).

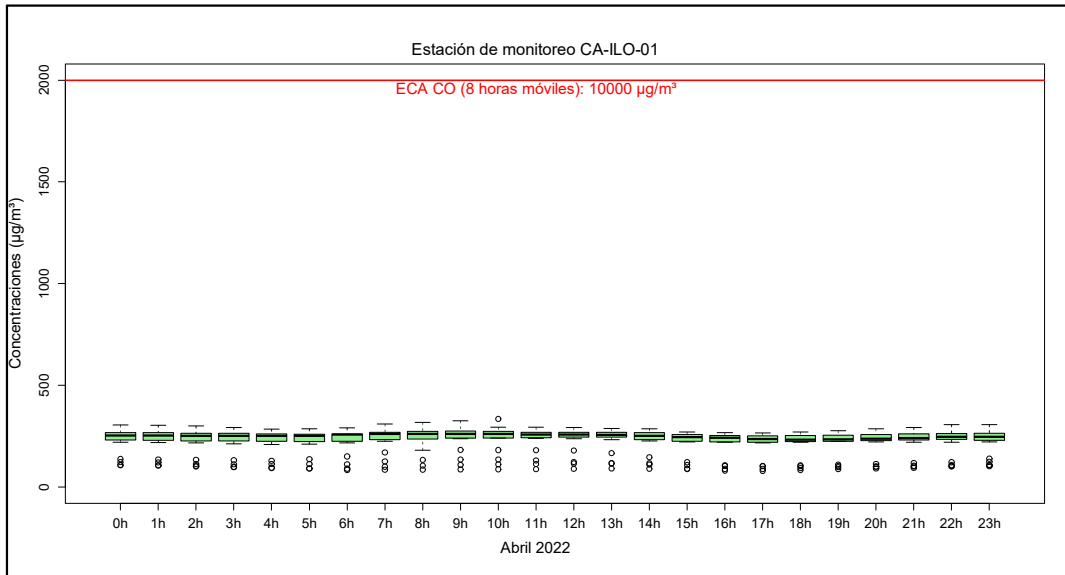


Figura 3.20. Concentraciones de promedio móvil de 8 horas de CO en la estación de monitoreo CA-ILO-01, en abril de 2022

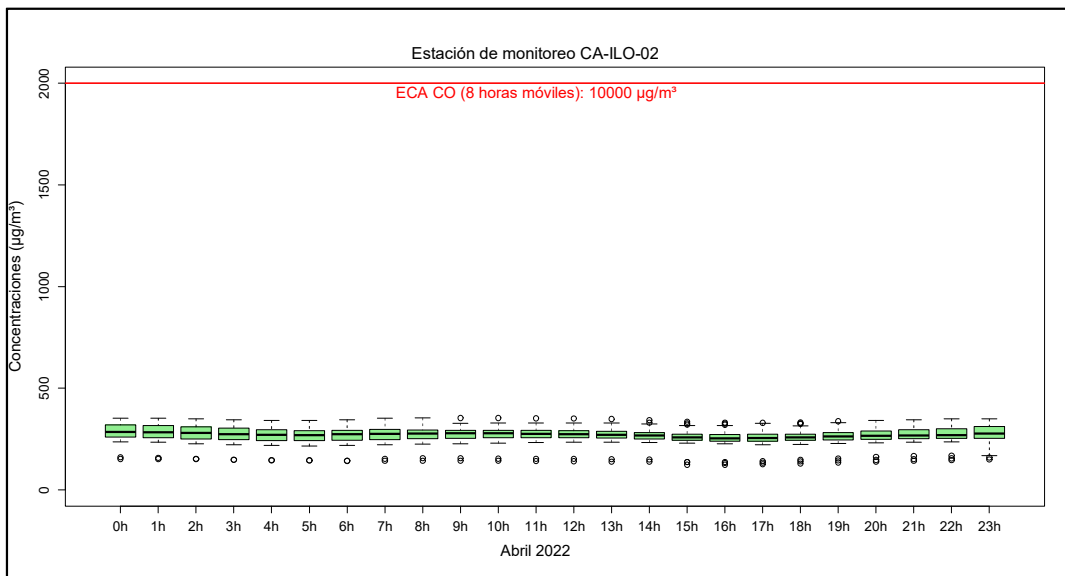


Figura 3.21. Concentraciones de promedio móvil de 8 horas de CO en la estación de monitoreo CA-ILO-02, en abril de 2022

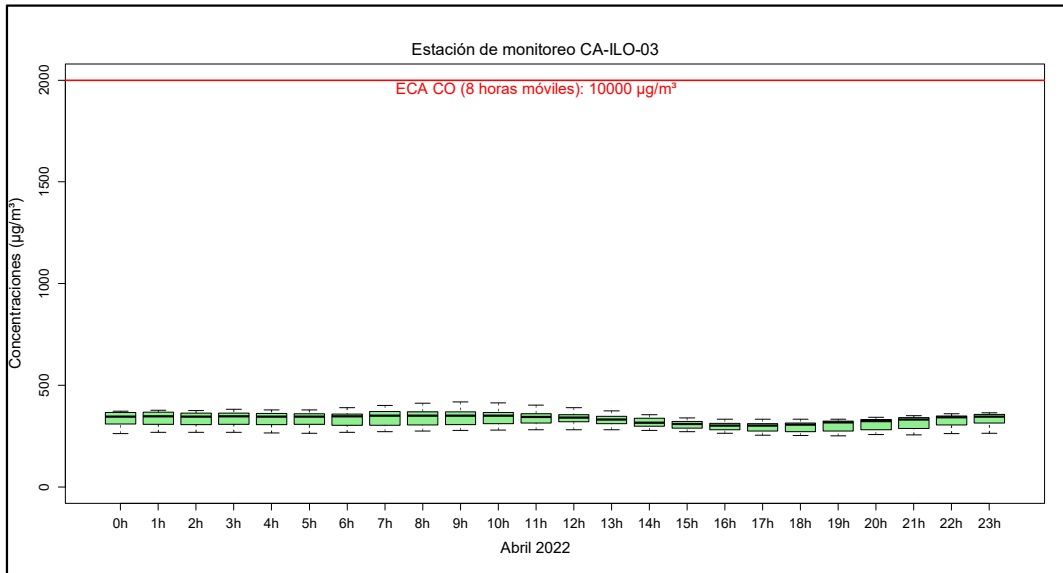


Figura 3.22. Concentraciones de promedio móvil de 8 horas de CO en la estación de monitoreo CA-ILO-03, en abril de 2022

3.8. Concentración de metales en PM₁₀

En las Tablas 3.4, 3.5 y 3.6 se presentan las concentraciones de los metales¹ contenidos en el material particulado PM₁₀: antimonio (Sb), arsénico (As), berilio (Be), boro (B), cadmio (Cd), cobalto (Co), cobre (Cu), cromo (Cr), estaño (Sn), estroncio (Sr), hierro (Fe), manganeso (Mn), mercurio (Hg), molibdeno (Mo), níquel (Ni), plata (Ag), plomo (Pb), selenio (Se), titanio (Ti), vanadio (V) y zinc (Zn) de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, monitoreadas del 2 al 6 de abril de 2022, las cuales no excedieron los valores criterio para promedios de 24 horas establecidos en la norma canadiense comparadas referencialmente.

Tabla 3.4. Concentración de metales en PM₁₀ a 10°C y 1 atmósfera, registrados en la estación de monitoreo CA-ILO-01 del 2 al 6 de abril de 2022

CONCENTRACIÓN DE METALES									
Metal medido en PM ₁₀		Unidad	CA-ILO-01					Media aritmética mensual	AAQC-Ontario 24 horas
			2/04/2022	3/04/2022	4/04/2022	5/04/2022	6/04/2022		
Aluminio	Al	µg/m ³	0,1345	0,0795	0,1150	0,0963	0,0749	0,1000	-
Antimonio	Sb	µg/m ³	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	<L.C.	25
Arsénico	As	µg/m ³	0,0011	0,0245	0,0097	0,0158	0,0151	0,0132	0,3
Bario	Ba	µg/m ³	0,0015	0,0012	0,0020	0,0021	0,0013	0,0016	120
Berilio	Be	µg/m ³	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	<L.C.	0,01
Bismuto	Bi	µg/m ³	< L.C.	< L.C.	< L.C.	0,0066	0,0031	<L.C.	-
Boro	B	µg/m ³	0,0035	< L.C.	0,0015	0,0027	0,0028	<L.C.	120
Cadmio	Cd	µg/m ³	< L.C.	0,0009	0,0010	0,0153	0,0032	<L.C.	0,025
Calcio	Ca	µg/m ³	0,6189	0,3661	0,6214	0,4684	0,4004	0,4950	-
Cobalto	Co	µg/m ³	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	<L.C.	0,1

¹ Para fines del presente informe tanto los metales como metaloides se les denominarán metales.

CONCENTRACIÓN DE METALES									
Metal medido en PM ₁₀	Unidad	CA-ILO-01							AAQC-Ontario 24 horas
		2/04/2022	3/04/2022	4/04/2022	5/04/2022	6/04/2022	Media aritmética mensual		
Cobre	Cu	µg/m3	0,0080	0,0365	0,0275	0,0449	0,0332	0,0300	50
Cromo	Cr	µg/m3	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	<L.C.	0,5
Estaño	Sn	µg/m3	< L.C.	< L.C.	< L.C.	0,0007	< L.C.	<L.C.	10
Estroncio	Sr	µg/m3	0,0033	0,0025	0,0052	0,0046	0,0031	0,0037	120
Fósforo	P	µg/m3	0,0231	0,0182	0,0218	0,0177	0,0159	0,0193	-
Hierro	Fe	µg/m3	0,1917	0,1678	0,1904	0,1497	0,1182	0,1635	4
Litio	Li	µg/m3	0,0003	< L.C.	0,0005	0,0003	0,0003	<L.C.	-
Magnesio	Mg	µg/m3	0,4807	0,3645	0,7203	0,7617	0,4172	0,5489	-
Manganeso	Mn	µg/m3	0,0044	0,0031	0,0044	0,0036	0,0028	0,0037	0,2
Mercurio	Hg	µg/m3	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	<L.C.	-
Molibdeno	Mo	µg/m3	< L.C.	0,0012	0,0015	0,0013	0,0009	<L.C.	120
Níquel	Ni	µg/m3	< L.C.	0,0044	0,0023	0,0024	0,0015	<L.C.	0,1
Plata	Ag	µg/m3	< L.C.	< L.C.	< L.C.	0,0011	0,0009	<L.C.	1
Plomo	Pb	µg/m3	< L.C.	0,0085	0,0102	0,0471	0,0175	<L.C.	0,5
Potasio	K	µg/m3	0,1257	0,1150	0,2454	0,2189	0,1358	0,1682	-
Selenio	Se	µg/m3	< L.C.	0,0057	0,0040	0,0045	0,0043	<L.C.	10
Silicio	Si	µg/m3	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	<L.C.	-
Sodio	Na	µg/m3	2,6580	2,4381	5,2318	5,7799	2,8565	3,7929	-
Talio	Tl	µg/m3	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	<L.C.	-
Titanio	Ti	µg/m3	0,0053	0,0033	0,0044	0,0035	0,0027	0,0039	120
Vanadio	V	µg/m3	< L.C.	0,0096	0,0041	0,0053	0,0026	<L.C.	2
Zinc	Zn	µg/m3	0,0032	0,0100	0,0142	0,0306	0,0119	0,0140	120

< L.C.: Debajo del límite de cuantificación del método de ensayo de laboratorio

Fuente: Informe de Ensayo N° MA2215481 del laboratorio SGS DEL PERÚ SAC

Método de ensayo: EPA Compendium Method IO-3.5:1999; Determination Of Metals in Ambient Particulate matter using inductively Coupled Plasma/mass spectroscopy (ICP/MS)(Validado).

Tabla 3.5. Concentración de metales en PM₁₀ a 10°C y 1 atmósfera, registrados en la estación de monitoreo CA-ILO-02 del 2 al 6 de abril de 2022

CONCENTRACIÓN DE METALES									
Metal medido en PM ₁₀	Unidad	CA-ILO-02							AAQC-Ontario 24 horas
		2/04/2022	3/04/2022	4/04/2022	5/04/2022	6/04/2022	Media aritmética mensual		
Aluminio	Al	µg/m3	0,1116	0,0909	0,1084	0,1645	0,1110	0,1173	-
Antimonio	Sb	µg/m3	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	<L.C.	25
Arsénico	As	µg/m3	0,0224	0,0187	0,0087	0,0128	0,0305	0,0186	0,3
Bario	Ba	µg/m3	0,0015	0,0011	0,0017	0,0023	0,0020	0,0017	120
Berilio	Be	µg/m3	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	<L.C.	0,01
Bismuto	Bi	µg/m3	0,0060	< L.C.	< L.C.	0,0049	0,0062	<L.C.	-
Boro	B	µg/m3	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	<L.C.	120
Cadmio	Cd	µg/m3	0,0078	< L.C.	< L.C.	0,0095	0,0065	<L.C.	0,025
Calcio	Ca	µg/m3	0,4060	0,4243	0,7491	1,0066	0,7426	0,6657	-
Cobalto	Co	µg/m3	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	<L.C.	0,1
Cobre	Cu	µg/m3	0,0594	0,0382	0,0284	0,0428	0,0712	0,0480	50
Cromo	Cr	µg/m3	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	<L.C.	0,5

CONCENTRACIÓN DE METALES										
Metal medido en PM ₁₀		Unidad	CA-ILO-02						Media aritmética mensual	AAQC-Ontario 24 horas
			2/04/2022	3/04/2022	4/04/2022	5/04/2022	6/04/2022			
Estaño	Sn	µg/m ³	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	<L.C.	10	
Estroncio	Sr	µg/m ³	0,0029	0,0047	0,0101	0,0122	0,0105	0,0081	120	
Fósforo	P	µg/m ³	0,0177	0,0159	0,0184	0,0239	0,0188	0,0190	-	
Hierro	Fe	µg/m ³	0,1671	0,1887	0,1880	0,2414	0,1970	0,1964	4	
Litio	Li	µg/m ³	< L.C.	0,0003	0,0005	0,0006	0,0005	<L.C.	-	
Magnesio	Mg	µg/m ³	0,4362	0,7864	1,9395	2,2416	1,9571	1,4722	-	
Manganeso	Mn	µg/m ³	0,0040	0,0031	0,0040	0,0054	0,0039	0,0041	0,2	
Mercurio	Hg	µg/m ³	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	<L.C.	-	
Molibdeno	Mo	µg/m ³	0,0016	0,0011	0,0013	0,0010	0,0018	0,0014	120	
Níquel	Ni	µg/m ³	0,0017	0,0038	0,0032	0,0031	0,0031	0,0030	0,1	
Plata	Ag	µg/m ³	0,0005	< L.C.	< L.C.	0,0019	0,0025	<L.C.	1	
Plomo	Pb	µg/m ³	0,0205	0,0065	0,0082	0,0332	0,0333	0,0203	0,5	
Potasio	K	µg/m ³	0,1327	0,2217	0,5441	0,6178	0,5083	0,4049	-	
Selenio	Se	µg/m ³	0,0058	0,0043	0,0054	0,0033	0,0068	0,0051	10	
Silicio	Si	µg/m ³	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	<L.C.	-	
Sodio	Na	µg/m ³	2,7994	6,0464	15,8639	18,2073	16,7168	11,9267	-	
Talio	Tl	µg/m ³	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	<L.C.	-	
Titanio	Ti	µg/m ³	0,0047	0,0039	0,0044	0,0060	0,0040	0,0046	120	
Vanadio	V	µg/m ³	0,0032	0,0085	0,0064	0,0077	0,0058	0,0063	2	
Zinc	Zn	µg/m ³	0,0110	0,0095	0,0116	0,0224	0,0195	0,0148	120	

< L.C.: debajo del límite de cuantificación del método de ensayo de laboratorio

Fuente: Informe de Ensayo N° MA2215481 del laboratorio SGS DEL PERÚ SAC

Método de ensayo: EPA Compendium Method IO-3.5:1999; Determination Of Metals in Ambient Particulate matter using inductively Coupled Plasma/mass spectroscopy (ICP/MS)(Validado).

Tabla 3.6. Concentración de metales en PM₁₀ a 10°C y 1 atmósfera, registrados en la estación de monitoreo CA-ILO-03 del 2 al 6 de abril de 2022

CONCENTRACIÓN DE METALES									
Metal medido en PM ₁₀		Unidad	CA-ILO-03					Media aritmética mensual	AAQC-Ontario 24 horas
			2/04/2022	3/04/2022	4/04/2022	5/04/2022	6/04/2022		
Aluminio	Al	µg/m ³	0,1488	0,1315	0,1856	0,1905	0,1453	0,1604	-
Antimonio	Sb	µg/m ³	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	<L.C.	25
Arsénico	As	µg/m ³	0,0010	0,0207	0,0042	0,0061	0,0137	0,0091	0,3
Bario	Ba	µg/m ³	0,0014	0,0019	0,0023	0,0027	0,0018	0,0020	120
Berilio	Be	µg/m ³	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	<L.C.	0,01
Bismuto	Bi	µg/m ³	< L.C.	< L.C.	< L.C.	0,0022	0,0023	<L.C.	-
Boro	B	µg/m ³	< L.C.	< L.C.	< L.C.	0,0023	< L.C.	<L.C.	120
Cadmio	Cd	µg/m ³	< L.C.	< L.C.	< L.C.	0,0042	0,0029	<L.C.	0,025
Calcio	Ca	µg/m ³	0,6699	0,5419	0,6920	0,6460	0,6690	0,6438	-
Cobalto	Co	µg/m ³	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	<L.C.	0,1
Cobre	Cu	µg/m ³	0,0068	0,0359	0,0125	0,0184	0,0317	0,0211	50
Cromo	Cr	µg/m ³	< L.C.	0,0010	< L.C.	< L.C.	< L.C.	<L.C.	0,5
Estaño	Sn	µg/m ³	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	<L.C.	10
Estroncio	Sr	µg/m ³	0,0037	0,0033	0,0041	0,0042	0,0039	0,0038	120
Fósforo	P	µg/m ³	0,0277	0,0242	0,0288	0,0244	0,0259	0,0262	-

CONCENTRACIÓN DE METALES									
Metal medido en PM10		Unidad	CA-ILO-03					Media aritmética mensual	AAQC-Ontario 24 horas
			2/04/2022	3/04/2022	4/04/2022	5/04/2022	6/04/2022		
Hierro	Fe	µg/m ³	0,2033	0,2495	0,2503	0,2520	0,2073	0,2325	4
Litio	Li	µg/m ³	0,0003	0,0003	0,0004	0,0005	0,0004	0,0004	-
Magnesio	Mg	µg/m ³	0,5014	0,4081	0,5525	0,5596	0,3829	0,4809	-
Manganeso	Mn	µg/m ³	0,0058	0,0052	0,0067	0,0069	0,0051	0,0059	0,2
Mercurio	Hg	µg/m ³	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	<L.C.	-
Molibdeno	Mo	µg/m ³	< L.C.	0,0012	< L.C.	< L.C.	0,0008	<L.C.	120
Níquel	Ni	µg/m ³	< L.C.	0,0037	< L.C.	0,0014	0,0011	<L.C.	0,1
Plata	Ag	µg/m ³	< L.C.	< L.C.	< L.C.	0,0004	0,0004	<L.C.	1
Plomo ²	Pb	µg/m ³	< L.C.	0,0075	0,0046	0,0130	0,0163	<L.C.	0,5
Potasio	K	µg/m ³	0,1423	0,1233	0,1832	0,1721	0,1408	0,1523	-
Selenio	Se	µg/m ³	< L.C.	0,0046	< L.C.	0,0020	0,0037	<L.C.	10
Silicio	Si	µg/m ³	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	<L.C.	-
Sodio	Na	µg/m ³	2,7396	2,3044	3,1643	3,3541	1,9102	2,6945	-
Talio	Tl	µg/m ³	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	<L.C.	-
Titanio	Ti	µg/m ³	0,0057	0,0048	0,0066	0,0063	0,0054	0,0057	120
Vanadio	V	µg/m ³	< L.C.	0,0071	0,0014	0,0029	0,0019	<L.C.	2
Zinc	Zn	µg/m ³	0,0065	0,0106	0,0085	0,0127	0,0163	0,0109	120

< L.C.: debajo del límite de cuantificación del método de ensayo de laboratorio

Fuente: Informe de Ensayo N° MA2215481 del laboratorio SGS DEL PERÚ SAC

Método de ensayo: EPA Compendium Method IO-3.5:1999; Determination Of Metals in Ambient Particulate matter using inductively Coupled Plasma/mass spectroscopy (ICP/MS)(Validado).

Las concentraciones mensuales del Pb en PM₁₀ calculadas a partir de las concentraciones de 24 horas a condiciones ambientales no excedieron el valor de los ECA para aire en Pb de 1,5 µg/m³ mensual, en las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del 2 al 6 de abril de 2022. El detalle del registro de las concentraciones se presenta en el Anexo 3.

4. ESTADOS DE ALERTA

En las Figuras 4.1, 4.2 y 4.3 se presenta las concentraciones móviles de 3 horas de SO₂ correspondiente a las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, respectivamente, en abril de 2022. Además, se observa que todas las concentraciones de promedio móvil de 3 horas no excedieron el estado de cuidado para SO₂ (500 µg/m³) según el Decreto Supremo N.°009-2003-SA.

² En el caso del Plomo se usa el Estándar de Calidad de Aire (ECA) Nacional, D.S.N° 003-2017 MINAM.

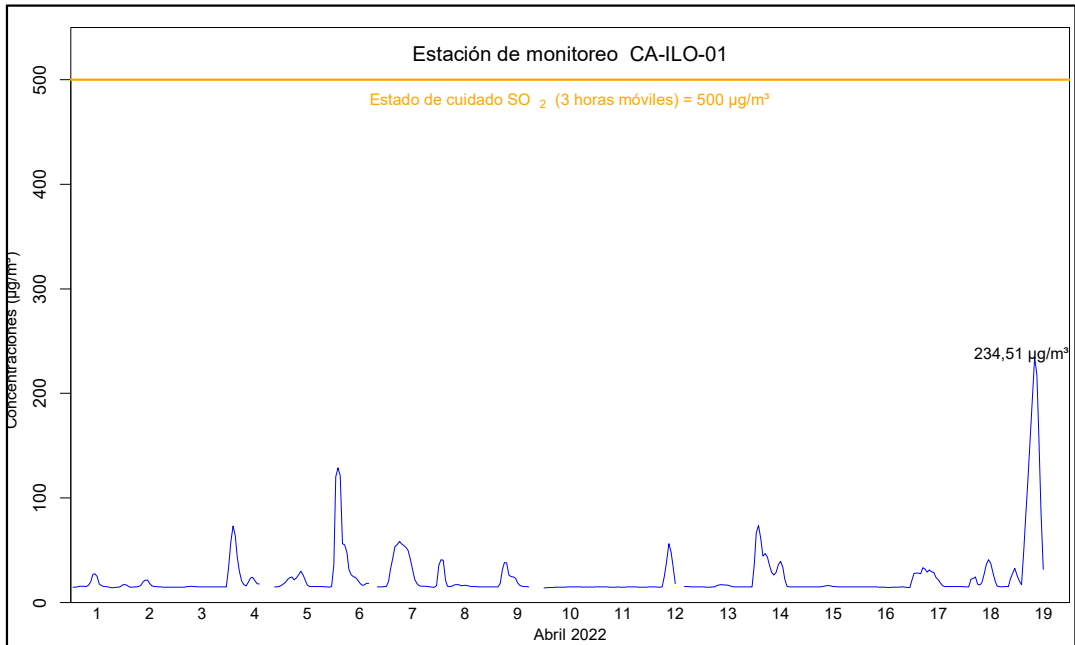


Figura 4.1. Concentraciones de promedio móvil de 3 horas de SO_2 en la estación de monitoreo CA-ILO-01, en abril de 2022

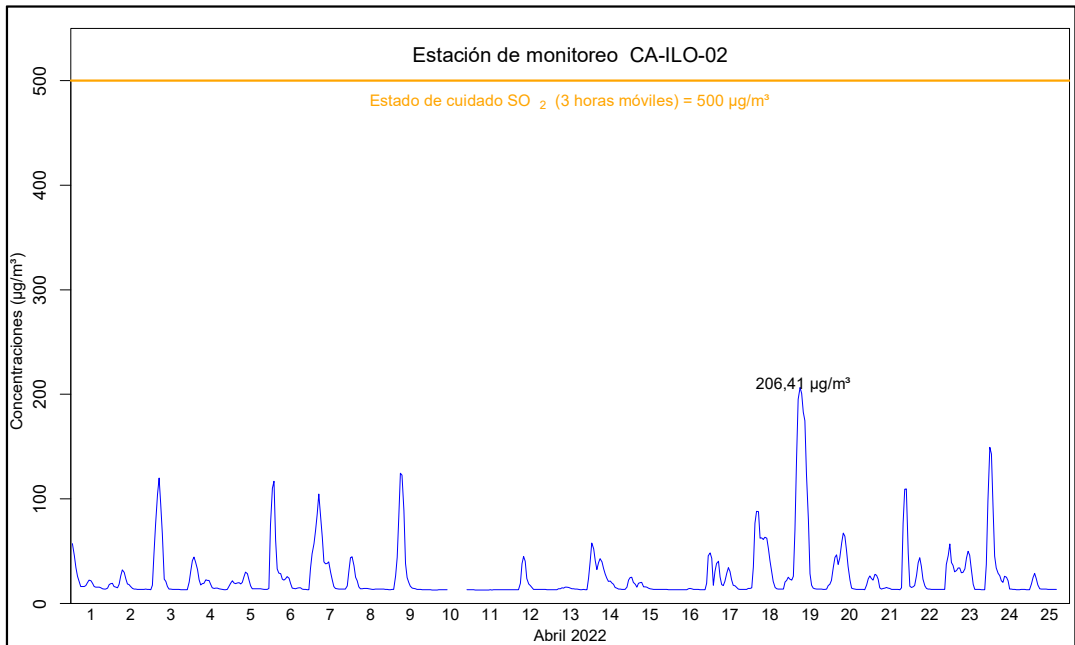


Figura 4.2. Concentraciones de promedio móvil de 3 horas de SO_2 en la estación de monitoreo CA-ILO-02, en abril de 2022

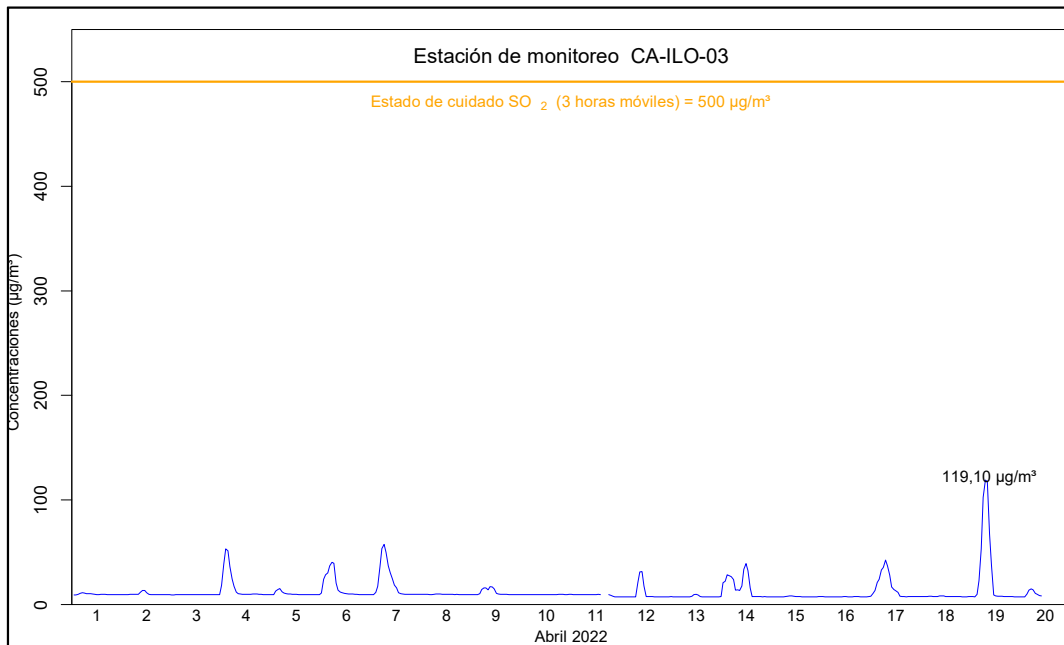


Figura 4.3. Concentraciones de promedio móvil de 3 horas de SO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-03, en abril de 2022

5. CONCLUSIONES

- En las tres estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, ubicadas en la provincia de Ilo, las concentraciones de 24 horas de material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM₁₀), material particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM_{2,5}), dióxido de azufre (SO₂) y sulfuro de hidrógeno (H₂S) no excedieron su respectivo ECA, durante abril de 2022.
- Las concentraciones de los metales: antimonio, arsénico, berilio, boro, cadmio, cobalto, cobre, cromo, estaño, estroncio, hierro, manganeso, mercurio, molibdeno, níquel, plata, selenio, titanio, vanadio y zinc, monitoreadas del 2 al 6 de abril de 2022 en las estaciones CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, no excedieron los valores establecidos en la norma de referencia canadiense *Air Ambient Quality Criteria 2012 (AAQC)*.
- Las concentraciones de 24 horas de plomo en PM₁₀ registradas del 2 al 6 de abril de 2022 en las estaciones CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, no excedieron el valor establecido en la normativa referencial canadiense *Air Ambient Quality Criteria 2020 (AAQC)* de 0,5 µg/m³.
- La concentración mensual de plomo en PM₁₀ registrada del 2 al 6 de abril de 2022 en las estaciones CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03 no excedieron el valor establecido en los ECA para aire de 1,5 µg/m³ mensual, aprobado mediante Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM.
- En las tres estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, las concentraciones horarias de monóxido de carbono (CO) y dióxido de nitrógeno (NO₂) no excedieron su respectivo ECA, así como lo promedios móviles de 8 horas de CO, en abril de 2022.
- No se presentaron Estados de Alerta sobre los niveles de cuidado de SO₂ (500 µg/m³, 3 horas promedio móvil) durante la evaluación ambiental de seguimiento de la calidad del

aire en las tres estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03 ubicadas en la provincia de Ilo, en abril de 2022.

6. ANEXOS

Anexo 1: Mapa de ubicación

Anexo 2: Registro de datos crudos

Anexo 3: Sistematización de datos de aire de equipos automáticos y manual activo

Anexo 4: Certificados de calibración de los equipos

Anexo 5: Registro de verificaciones operacionales en los equipos.

Anexo 6: Resultados de laboratorio-análisis de metales en PM₁₀

Atentamente:

Jorge Luis Hualpa Amable

Tercero Evaluador