

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

Fecha de ejecución : Del 1 al 31 de marzo de 2022

Expediente : 2020-02-0015 Código de acción : 0003-3-2022-412

Tipo de evaluación : Programada

Fecha de aprobación : 27 de abril de 2022 Reporte N° : REAS-048-2022-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 31 de marzo de 2022

Tabla 1.2. Listado de profesionales

N.º	Nombres y Apellidos	Profesión	Actividad desarrollada
1	Lázaro Walthier 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/campo
4	Felix Alberto Ventura Miranda	Licenciado en Física	Gabinete

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. Pacífico 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})					
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})					
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
- Velocidad de viento - Dirección de viento	Estación meteorológica	Campbell Scientific	CR300	WM174402	LM-0322021
- Temperatura ambiente - Humedad relativa				1663393889	LM-0312021 y LM-0302021

Parámetro	Equipo	Marca	Modelo	Serie	Certificado calibración
- 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})					
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
Velocidad de viento	Método automático	-
Dirección de viento		
Temperatura ambiente		
Humedad relativa		
Precipitación		
Presión barométrica		
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	

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 marzo 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 marzo de 2022, se aprecia que la presión barométrica varió entre una mínima de 999,8 hPa y máxima de 1008,3 hPa, no se registraron precipitaciones en marzo. La temperatura promedio fue de 22,6 °C alcanzando una mínima de 17,5 °C y una máxima de 28,4 °C, la humedad relativa varió entre 49,1 % y 82% y la velocidad del viento osciló entre 0,1 m/s y 10,8 m/s. El parámetro de radiación solar reporta una Irradiancia máxima de 985,8 W/m^2 durante el mes de marzo. 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 marzo de 2022

Valores	Presión barométrica (hPa)	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Velocidad del viento (m/s)	Radiación Solar (W/m^2)
Mínimo	999,8	0,0	17,5	49,1	0,1	0,0
Máximo	1008,3	0,0	28,4	82,0	10,8	985,8
Promedio	1004,3	0,0	22,6	66,9	3,9	--

En la Figura 3.1 se grafica la rosa de viento de la estación de monitoreo CA-ILO-01 correspondiente a marzo 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.

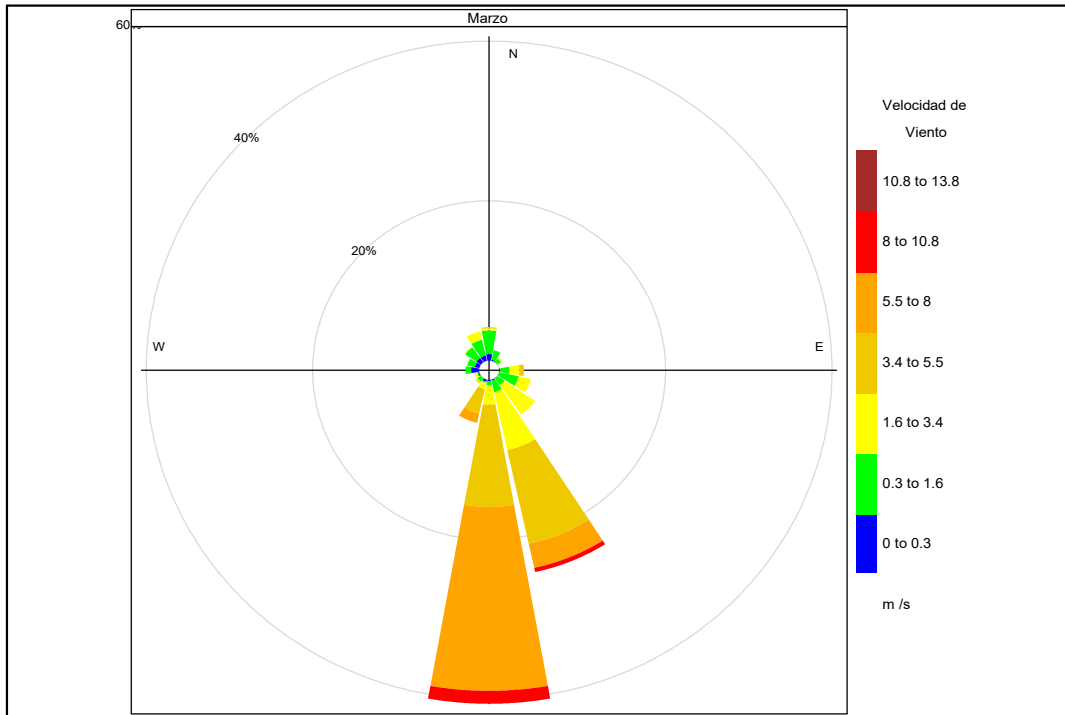


Figura 3.1. Rosa de viento de la estación de monitoreo CA-ILO-01, en marzo de 2022

En la Tabla 3.2 se presentan los parámetros meteorológicos en la estación de monitoreo CA-ILO-02 en marzo de 2022, se aprecia que la presión barométrica varió entre una mínima de 1002,4 hPa y máxima de 1010,3 hPa, no se registraron precipitaciones en marzo. La temperatura promedio fue de 22,4 °C alcanzando una mínima de 16,9°C y una máxima de 28,9 °C, la humedad relativa varió entre 49,9% y 78% y la velocidad del viento osciló entre 0 m/s y 8,8 m/s. El parámetro de radiación solar reporta una Irradiancia máxima de 1009,4 W/m² durante el mes de marzo. 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 marzo de 2022

Valores	Presión barométrica (hPa)	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Velocidad del viento (m/s)	Radiación Solar (W/m ²)
Mínimo	1002,4	0	16,9	49,9	0	0
Máximo	1010,3	0	28,9	78,0	8,8	1009,4
Promedio	1006,5	0	22,4	64,1	2,9	--

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

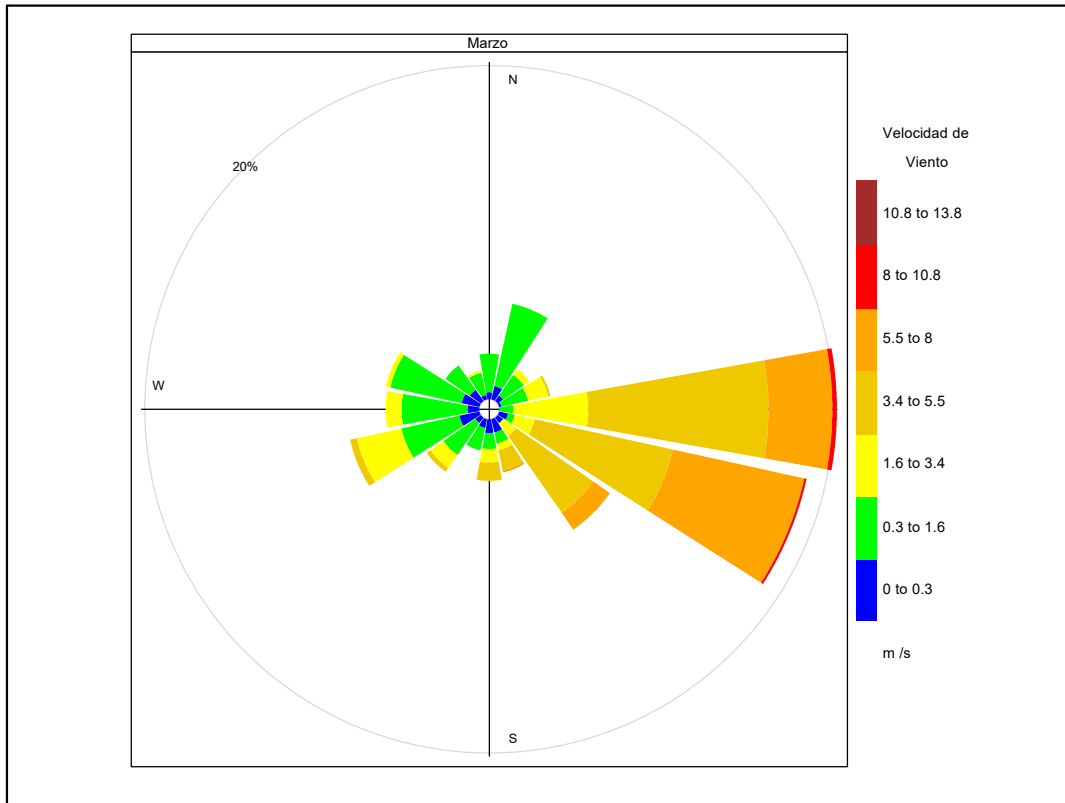


Figura 3.2. Rosa de viento de la estación de monitoreo CA-ILO-02, en marzo de 2022

En la Tabla 3.3 se presentan los parámetros meteorológicos en la estación de monitoreo CA-ILO-03 en marzo de 2022, se aprecia que la presión barométrica varió entre una mínima de 983,4 hPa y máxima de 991,3 hPa, no se registraron precipitaciones en marzo. La temperatura promedio fue de 21,3 °C alcanzando una mínima de 16,1 °C y una máxima de 26,7 °C, la humedad relativa varió entre 51,8 % y 83,4 % y la velocidad del viento osciló entre 0,2 m/s y 10,1 m/s. El parámetro de radiación solar reporta un máximo de 990,7 W/m² durante el mes de marzo. 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 marzo de 2022

Valores	Presión barométrica (hPa)	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Velocidad del viento (m/s)	Radiación Solar (W/m ²)
Mínimo	983,4	0	16,1	51,8	0,2	0
Máximo	991,3	0	26,7	83,4	10,1	990,7
Promedio	987,3	0	21,3	69,5	4,1	--

En la Figura 3.3 se grafica la rosa de viento de la estación de monitoreo CA-ILO-03 correspondiente a marzo 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.

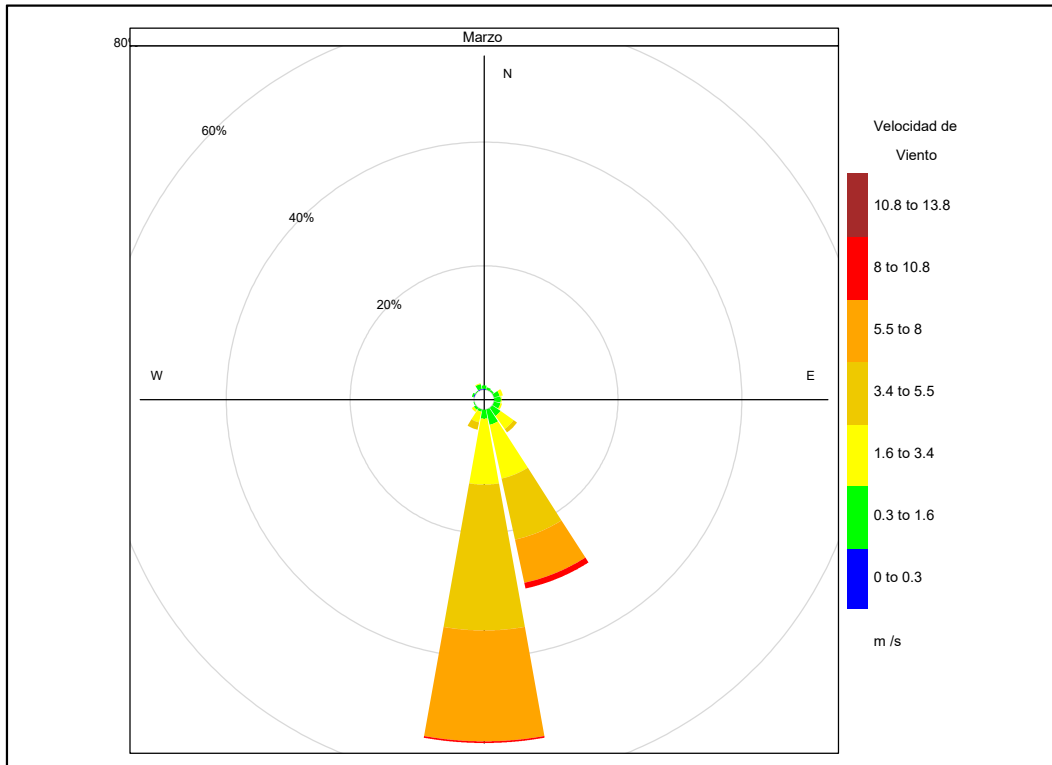


Figura 3.3. Rosa de viento de la estación de monitoreo CA-ILO-03, en marzo de 2022

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 marzo de 2022. Además, se observa que el día 15 de marzo 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).

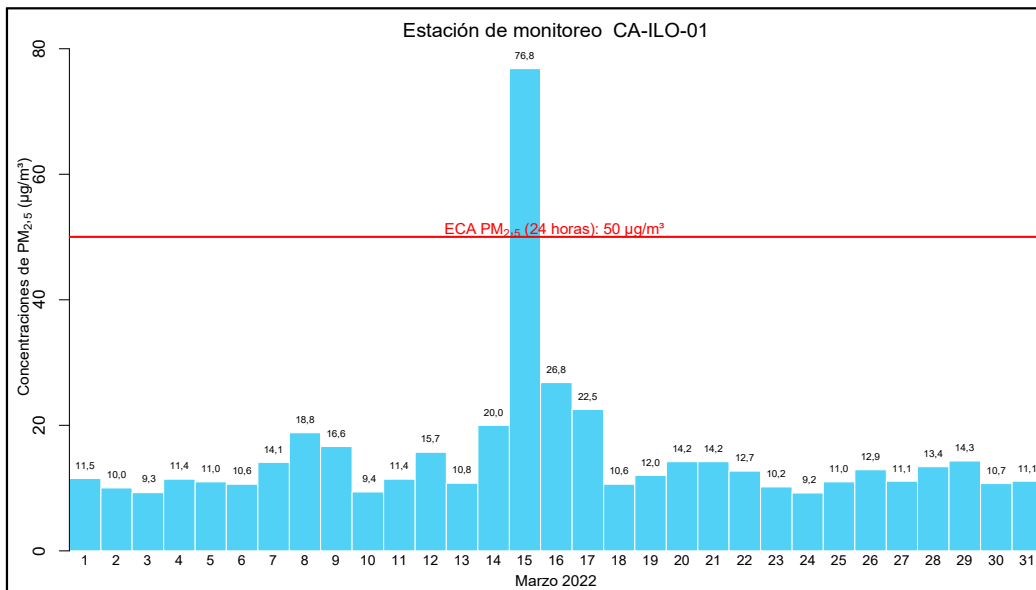


Figura 3.4. Concentraciones de 24 horas de PM_{2,5} en la estación de monitoreo CA-ILO-01, en marzo de 2022

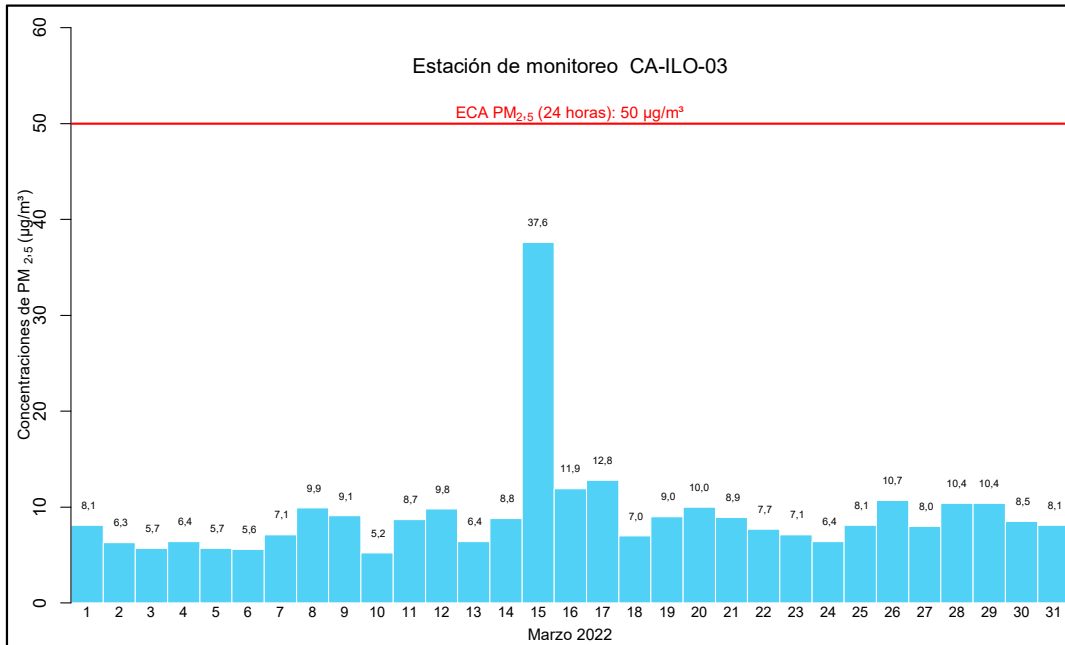


Figura 3.5. Concentraciones de 24 horas de PM_{2,5} en la estación de monitoreo CA-ILO-03, en marzo de 2022

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 marzo de 2022. Además, se observa que el día 15 de marzo 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).

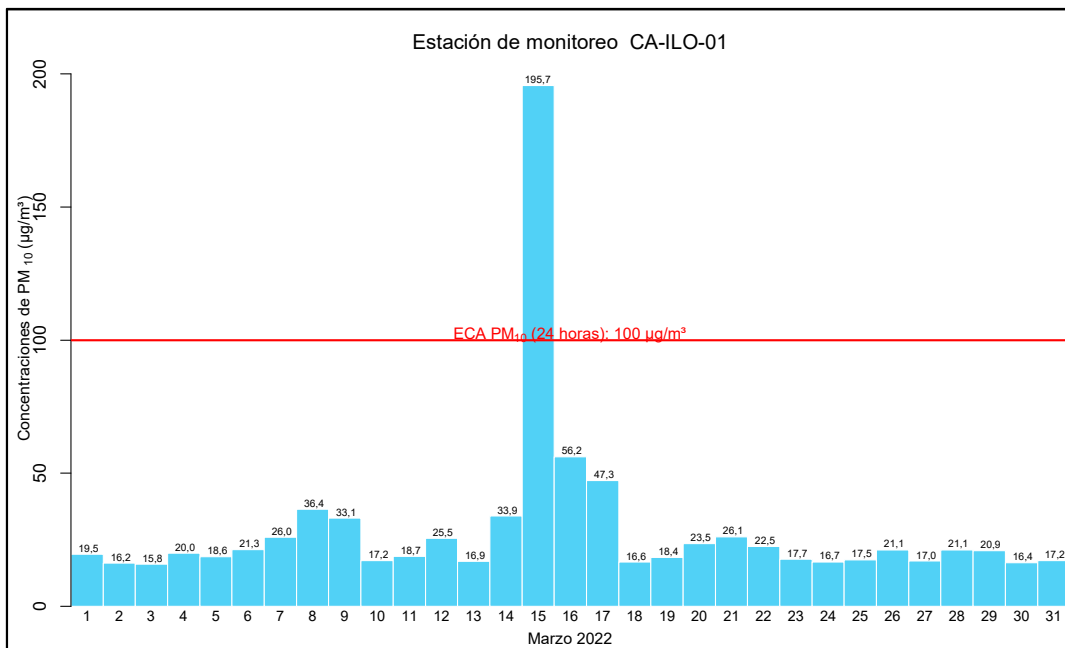


Figura 3.6. Concentraciones de 24 horas de PM₁₀ en la estación de monitoreo CA-ILO-01, en marzo de 2022

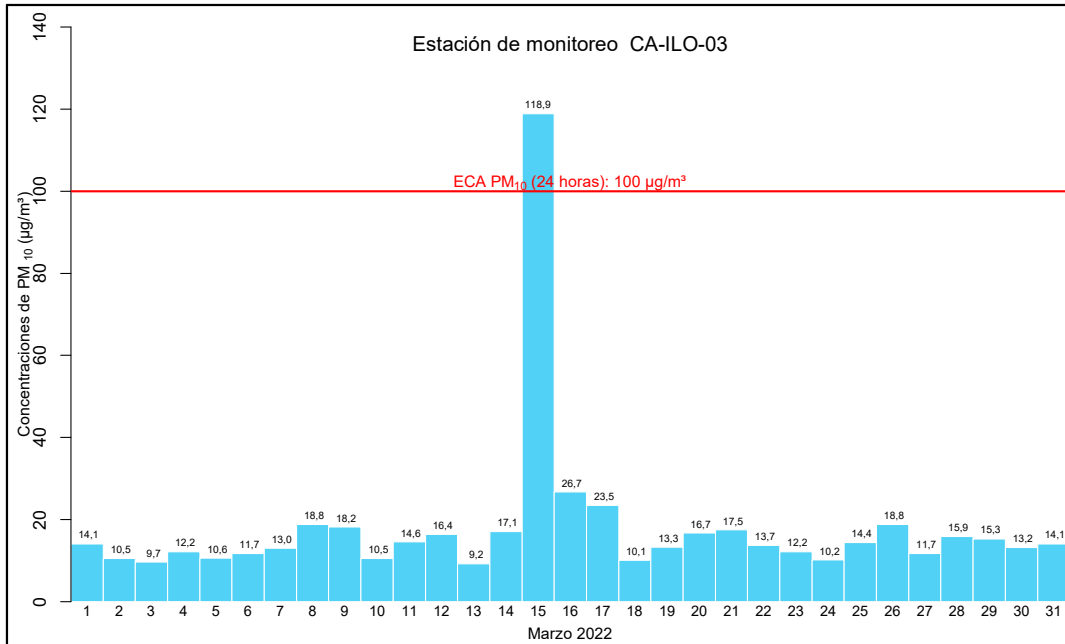


Figura 3.7. Concentraciones de 24 horas de PM₁₀ en la estación de monitoreo CA-ILO-03, en marzo de 2022

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 marzo de 2022. Además, se observa que todas las concentraciones de 24 horas no excedieron el ECA para SO₂ (250 µg/m³ en 24 horas).

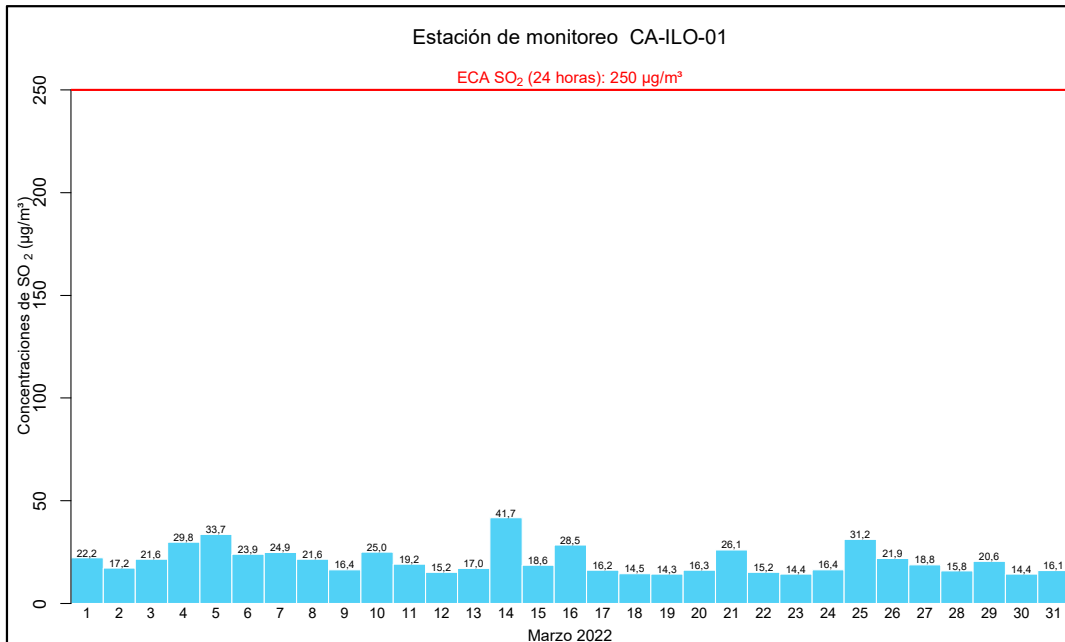


Figura 3.8. Concentraciones de 24 horas de SO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-01, en marzo de 2022

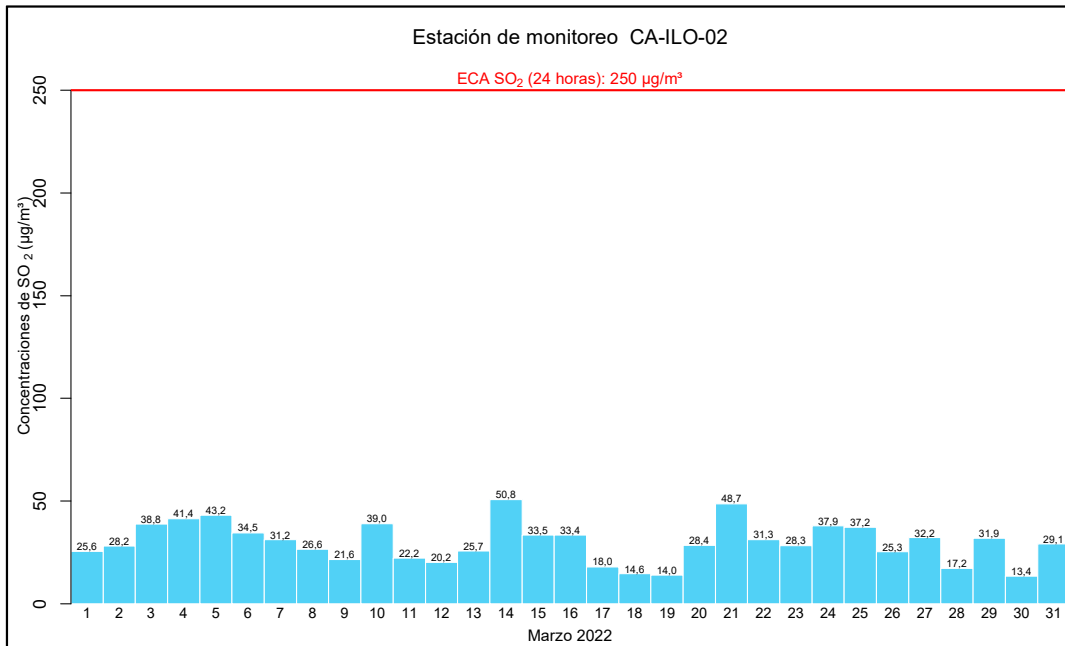


Figura 3.9. Concentraciones de 24 horas de SO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-02, en marzo de 2022

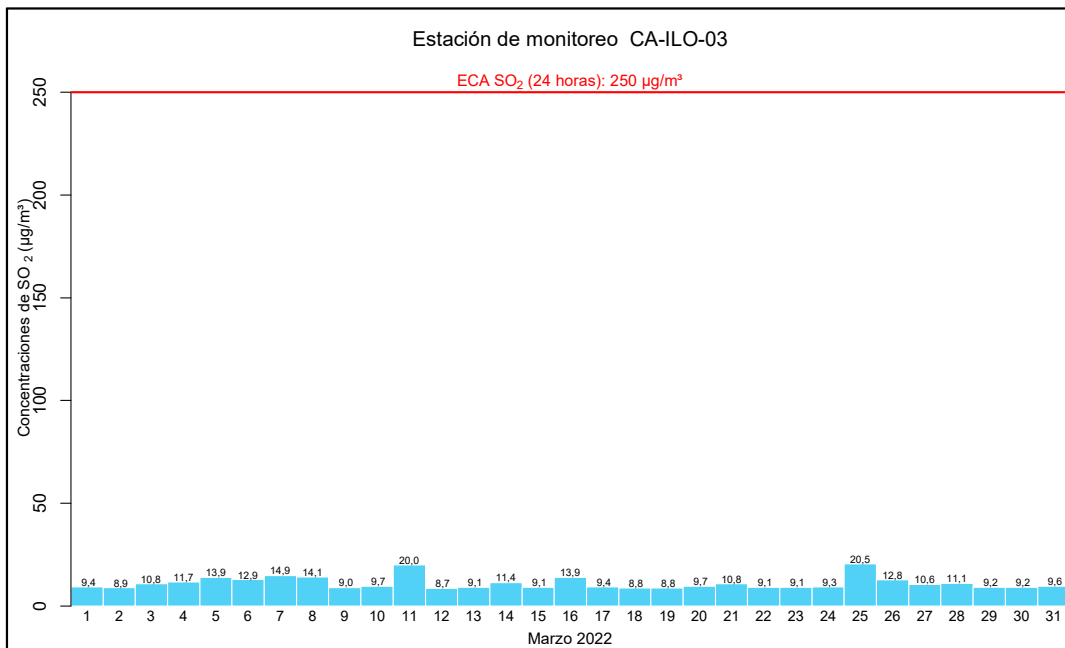


Figura 3.10. Concentraciones de 24 horas de SO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-03, en marzo de 2022

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 marzo 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).

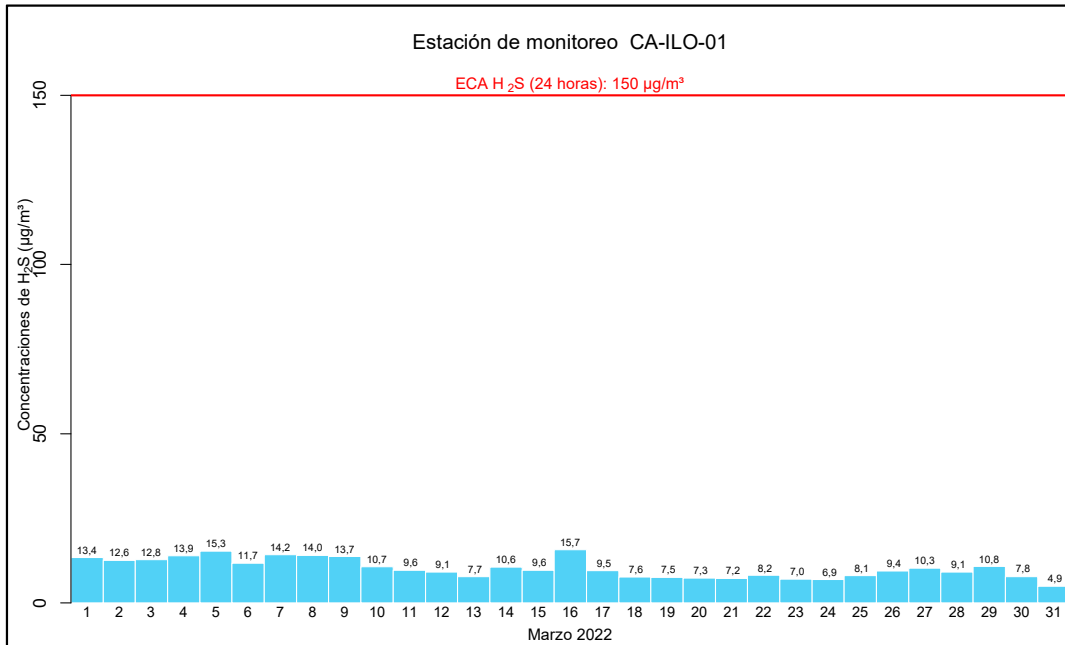


Figura 3.11. Concentraciones de 24 horas de H₂S en la estación de monitoreo CA-ILO-01, en marzo de 2022

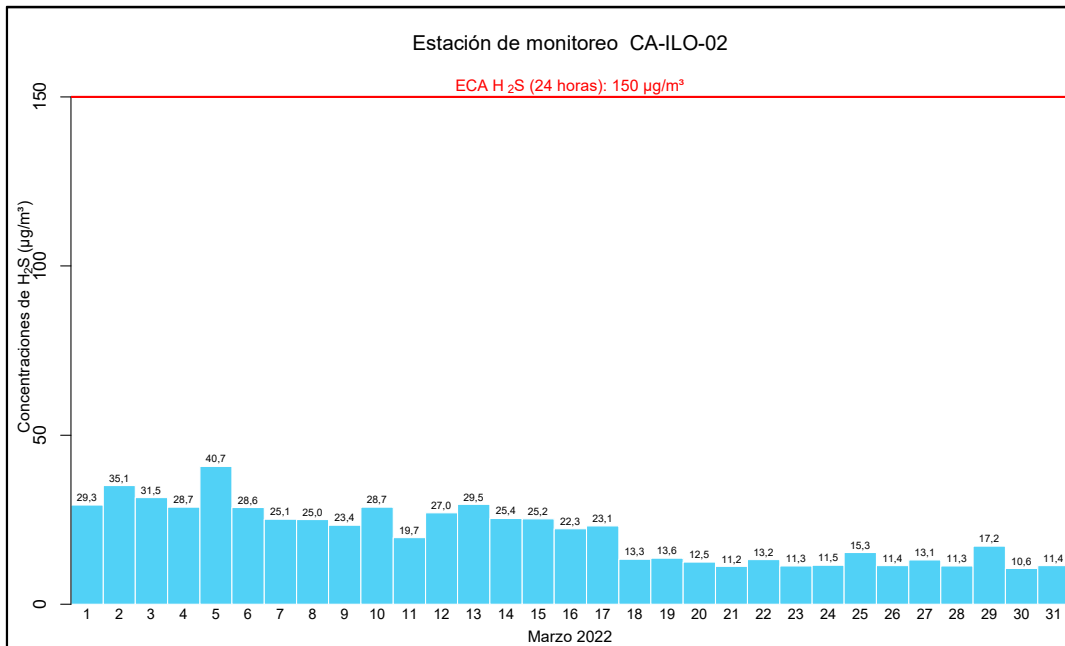


Figura 3.12. Concentraciones de 24 horas de H₂S en la estación de monitoreo CA-ILO-02, en marzo de 2022

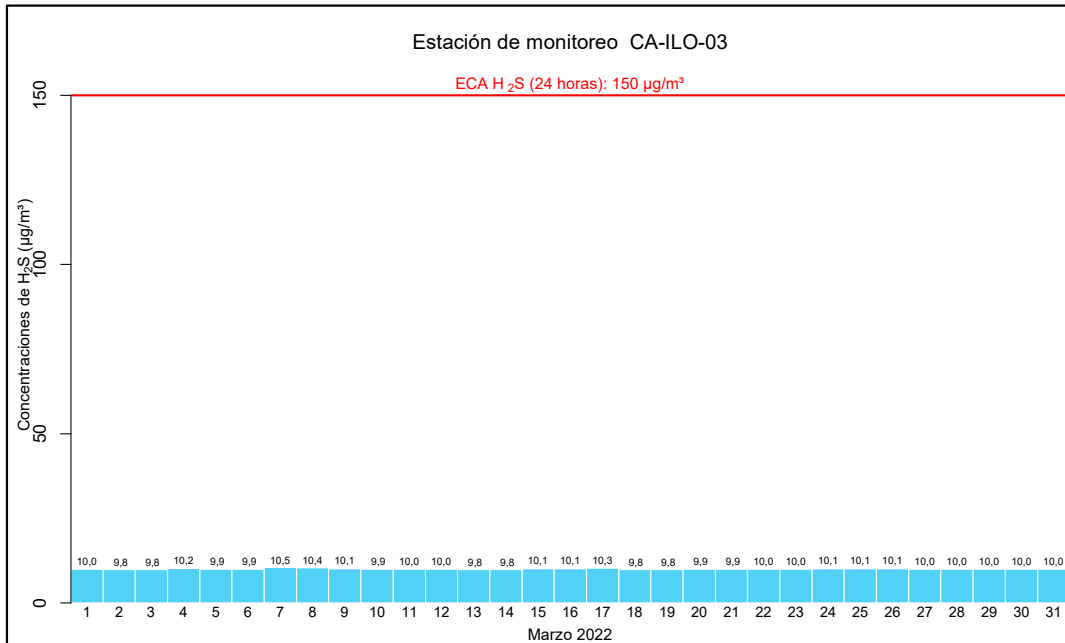


Figura 3.13. Concentraciones de 24 horas de H₂S en la estación de monitoreo CA-ILO-03, en marzo de 2022

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 marzo de 2022. Además, se observa que todas las concentraciones horarias no excedieron el ECA para NO₂ (200 µg/m³ en 1 hora).

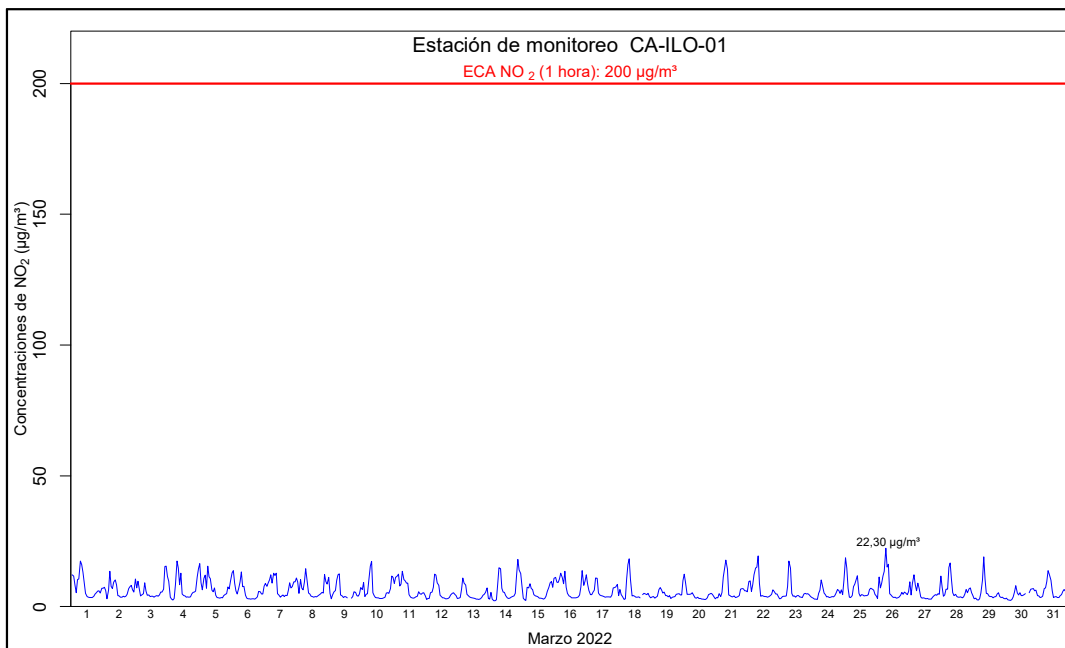


Figura 3.14. Concentraciones de horarias de NO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-01, en marzo de 2022

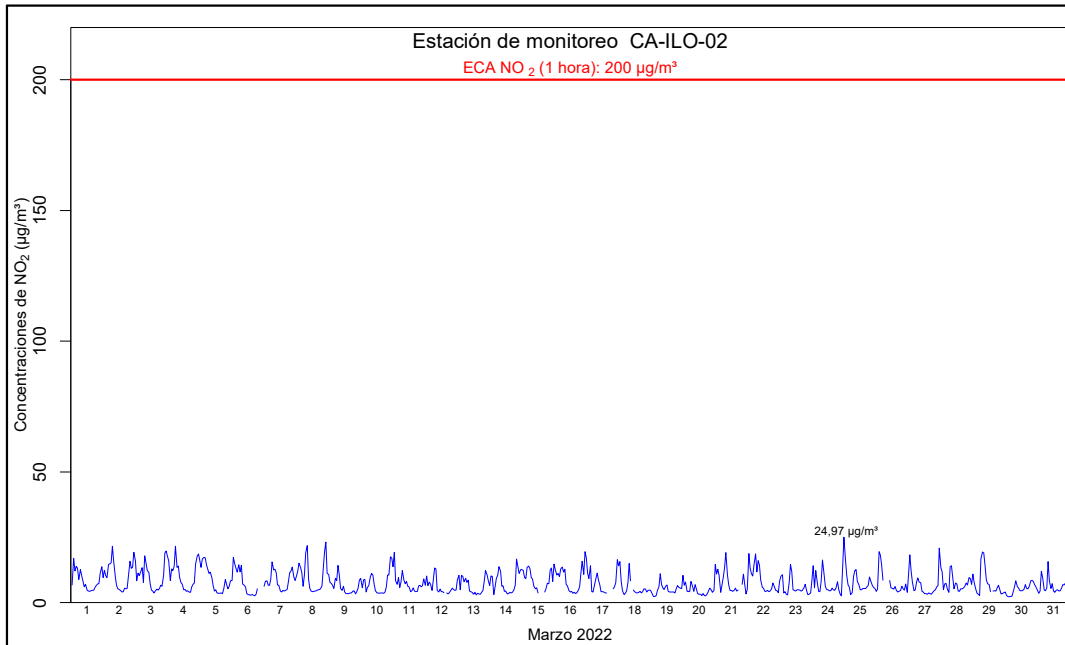


Figura 3.15. Concentraciones de horarias de NO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-02, en marzo de 2022

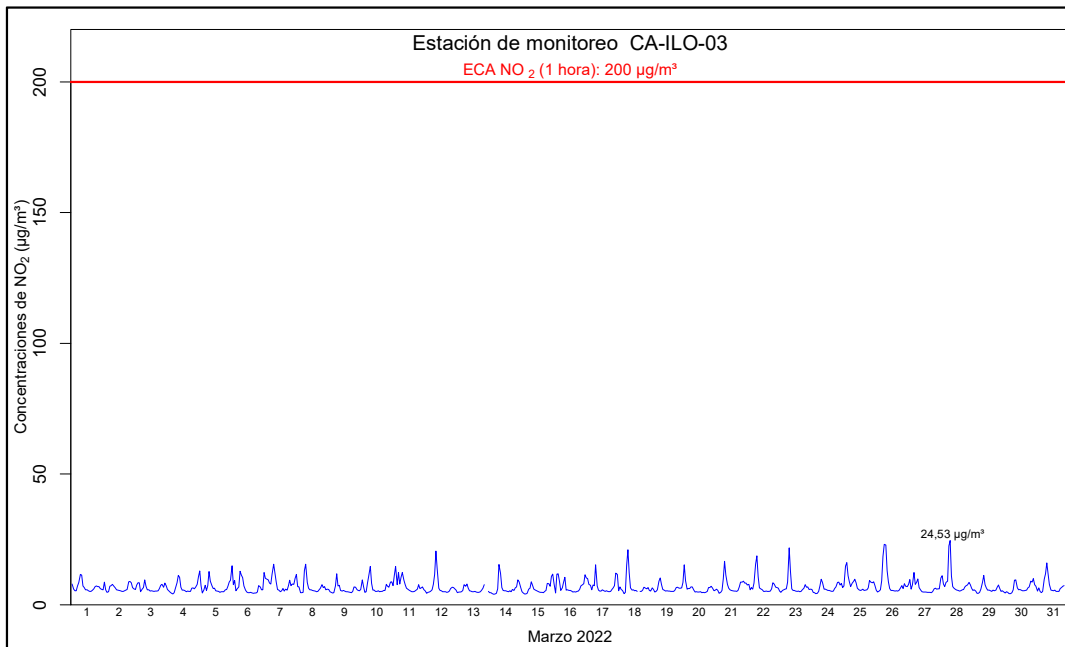


Figura 3.16. Concentraciones de horarias de NO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-03, en marzo de 2022

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 marzo de 2022. Además, se observa que todas las concentraciones horarias no excedieron el ECA para CO ($30\,000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 1 hora).

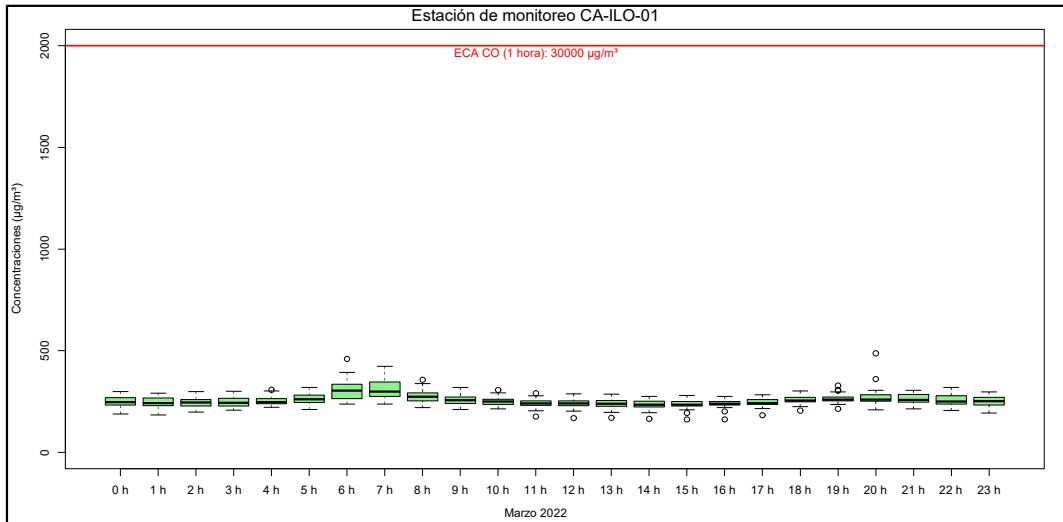


Figura 3.17. Concentraciones horarias de CO, estación de monitoreo CA-ILO-01, marzo del 2022

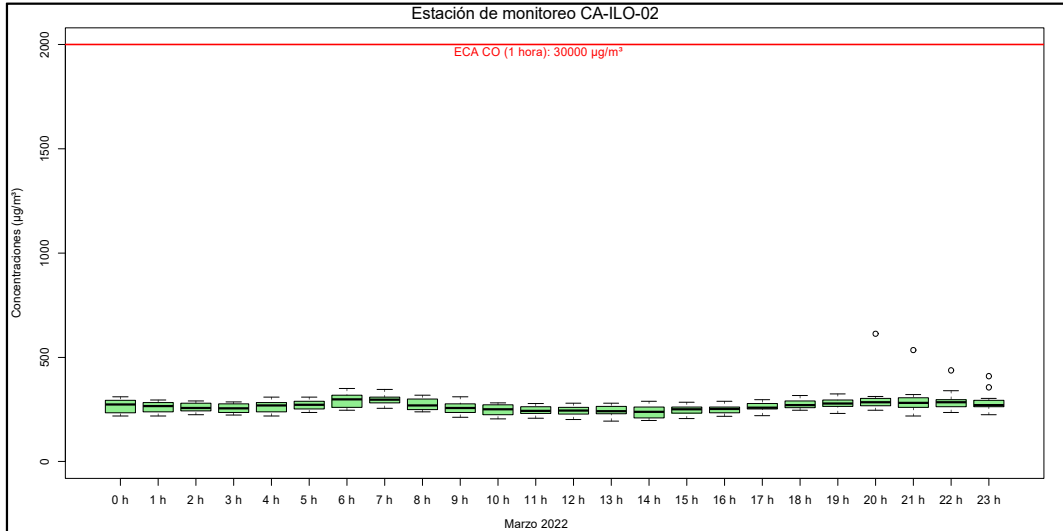


Figura 3.18. Concentraciones horarias de CO, estación de monitoreo CA-ILO-02, marzo del 2022

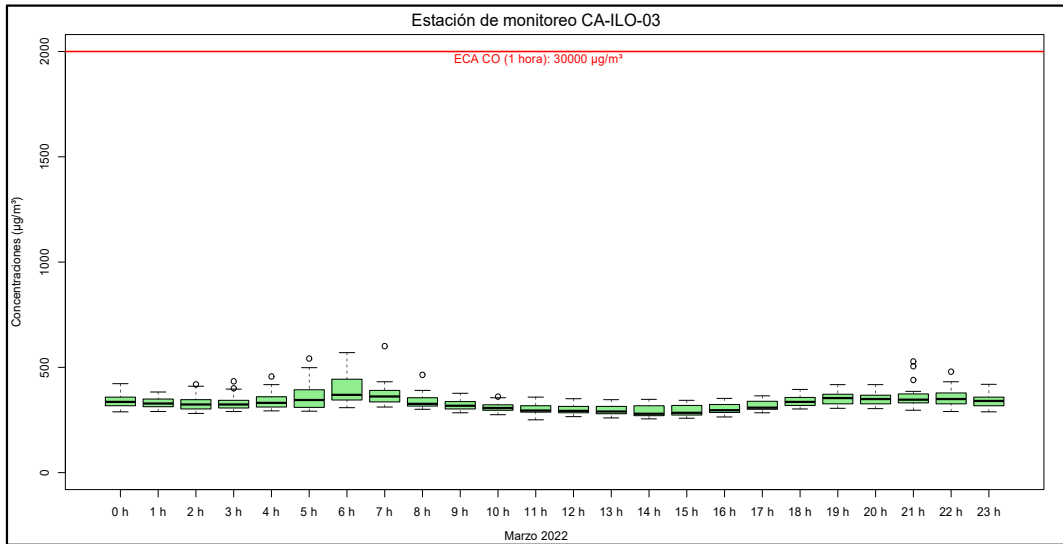


Figura 3.19. Concentraciones horarias de CO, estación de monitoreo CA-ILO-03, marzo del 2022

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 marzo de 2022. Además, se observa que todas las concentraciones de promedio móvil de 8 horas no excedieron el ECA para CO ($10\,000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 8 horas móviles).

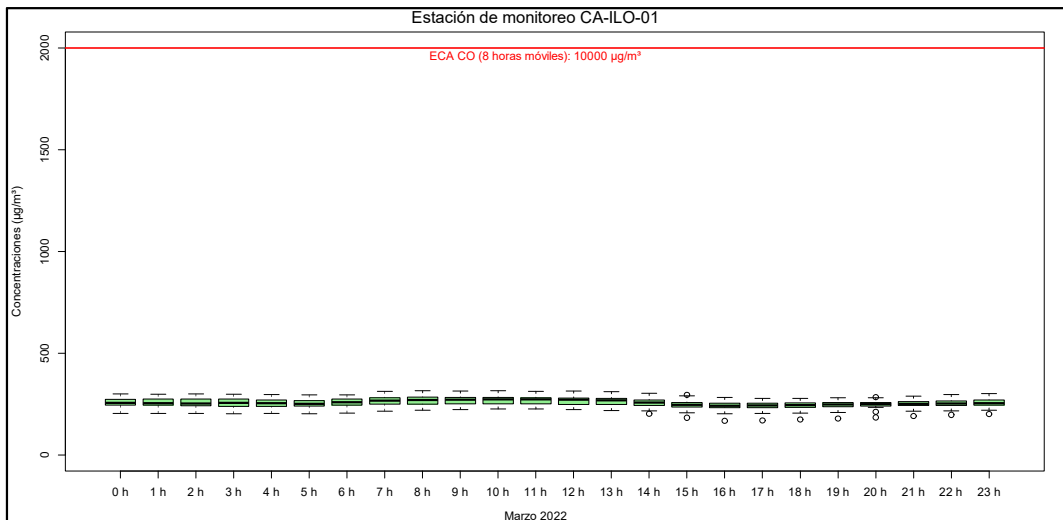


Figura 3.20. Concentraciones de promedio móvil de 8 horas de CO en la estación de monitoreo CA-ILO-01, en marzo de 2022

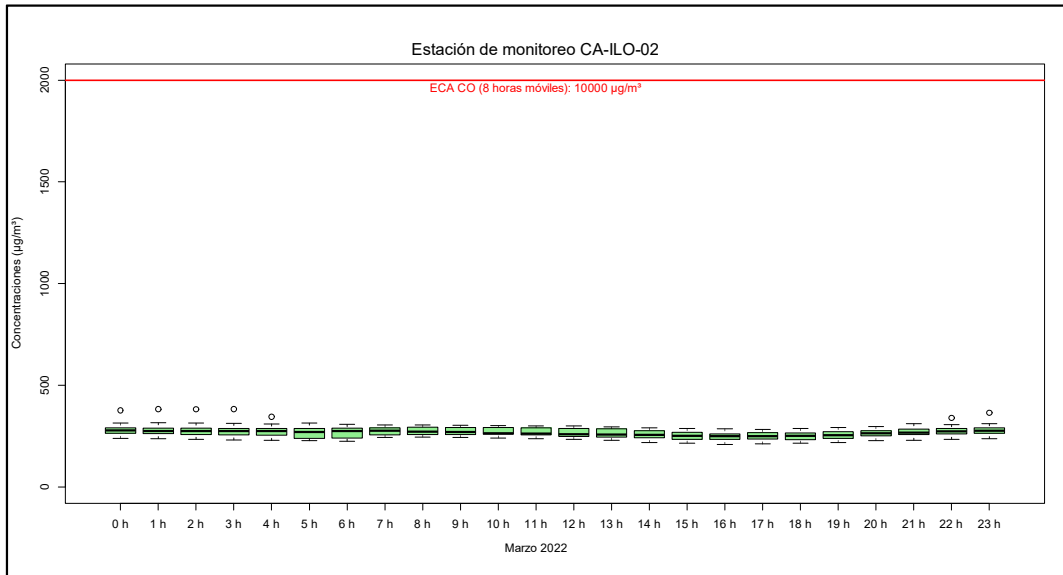


Figura 3.21. Concentraciones de promedio móvil de 8 horas de CO en la estación de monitoreo CA-ILO-02, en marzo de 2022

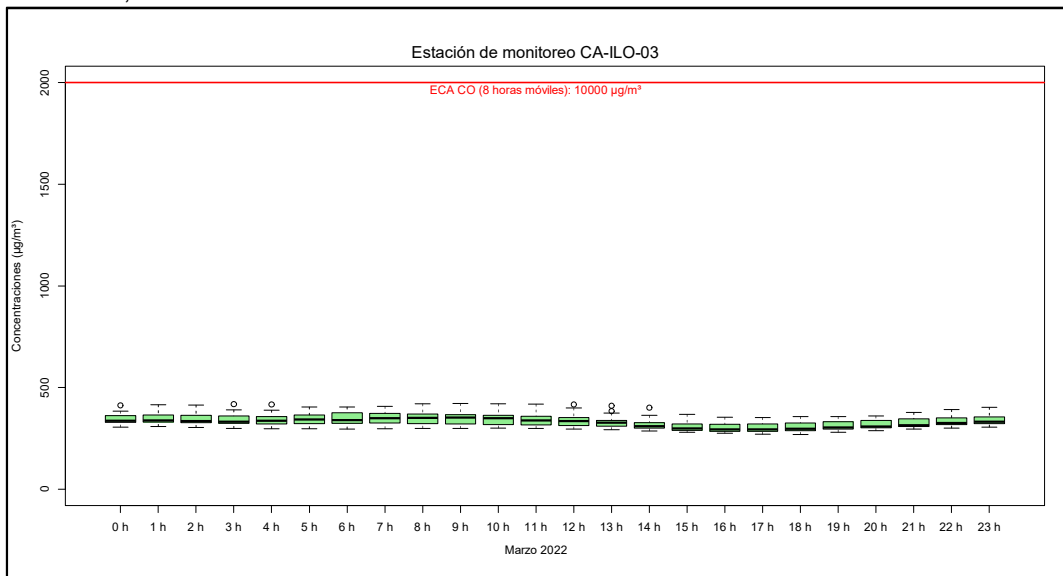


Figura 3.22. Concentraciones de promedio móvil de 8 horas de CO en la estación de monitoreo CA-ILO-03, en marzo de 2022

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 marzo 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.

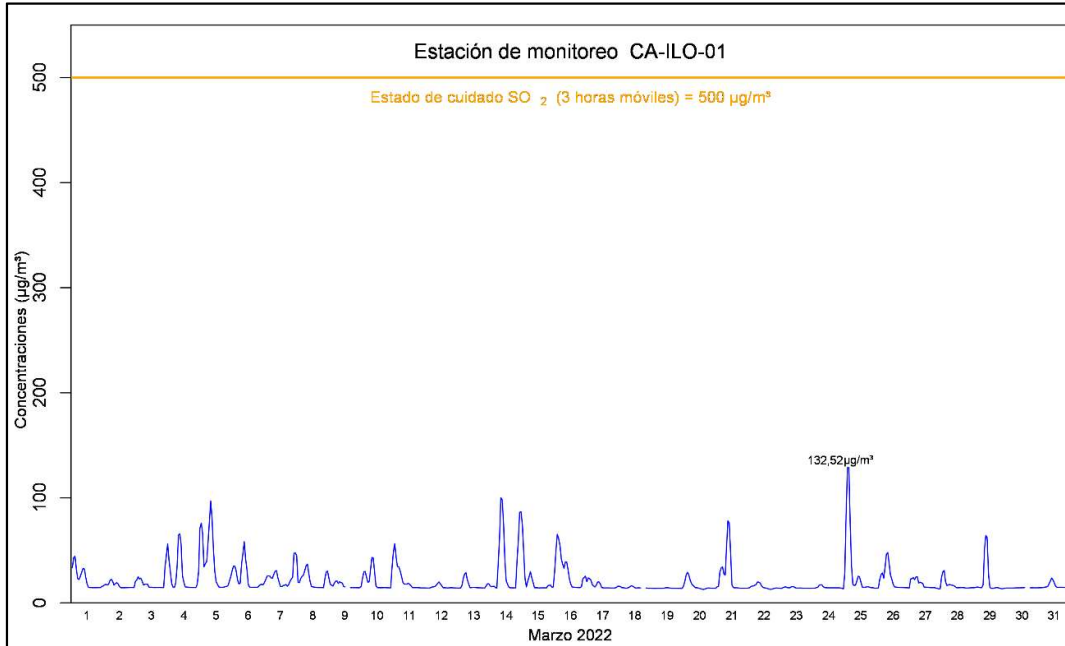


Figura 4.1. Concentraciones de promedio móvil de 3 horas de SO_2 en la estación de monitoreo CA-ILO-01, en marzo de 2022

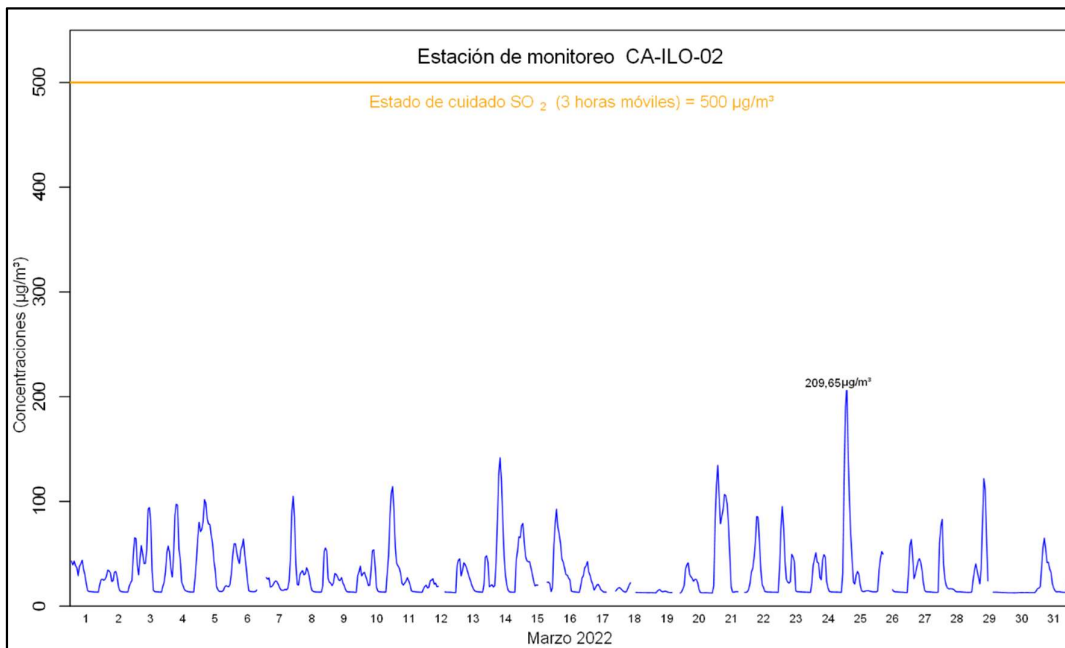


Figura 4.2. Concentraciones de promedio móvil de 3 horas de SO_2 en la estación de monitoreo CA-ILO-02, en marzo de 2022

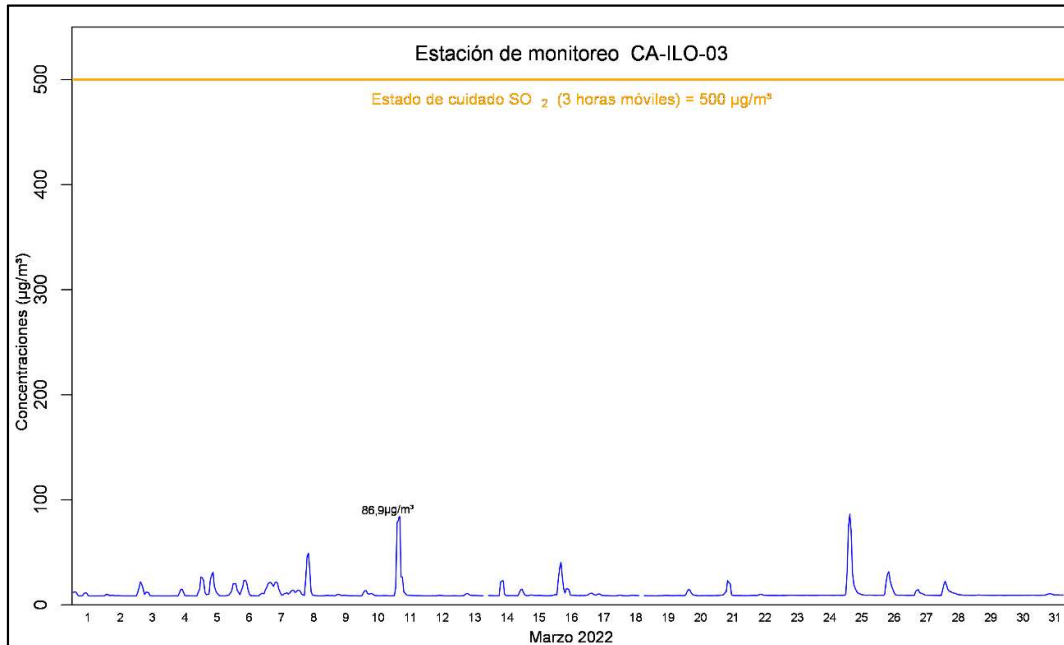


Figura 4.3. Concentraciones de promedio móvil de 3 horas de SO_2 en la estación de monitoreo CA-ILO-03, en marzo de 2022

5. CONCLUSIONES

Respecto a los niveles de concentración de material particulado, el 15 de marzo de 2022, en la estación de monitoreo CA-ILO-01, se excedió el valor del ECA de 24 horas de material particulado con diámetro menor a 2,5 micras ($\text{PM}_{2,5}$), el mismo día, las estaciones de monitoreo CA-ILO-01 y CA-ILO-03 excedieron el valor del ECA de 24 horas de material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM_{10}).

Sobre las excedencias mencionadas de PM_{10} y $\text{PM}_{2,5}$, se enviaron vía correo electrónico al Ing. Andrés Bríos los siguientes reportes:

1. Reporte de Alerta N° 01 - Estación CA-ILO-01: 15 de marzo de 2022
2. Reporte de Alerta N° 02 - Estación CA-ILO-03: 15 de marzo de 2022

Respecto a los niveles de concentración de gases, dióxido de azufre (SO_2), sulfuro de hidrógeno (H_2S), monóxido de carbono (CO) y dióxido de nitrógeno (NO_2), en las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03 no se excedieron sus ECA respectivos, durante el mes de marzo de 2022.

No se presentaron Estados de Alerta sobre los niveles de cuidado de SO_2 ($500 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 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 marzo 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

Anexo 4: Certificados de calibración de los equipos

Anexo 5: Registro de verificaciones operacionales en los equipos.

Anexo 6: Anexo Reporte de Alertas

Atentamente:

Jorge Luis Hualpa Amable

DNI: 10734302