

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

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

Expediente : 2020-02-0015 Código de acción : No aplica

Tipo de evaluación : Programada

Fecha de aprobación : 30 de junio de 2022 Reporte N° : REAS-078-2022-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 refinera 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 mayo 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/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. 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
<b>Estación de monitoreo CA - ILO - 01</b>					
Dióxido de Azufre	Monitor automático de SO <sub>2</sub>	<i>Thermo Scientific</i>	43i	1200416204	LG-130-2022 LF-1542022
Dióxido de Nitrógeno	Monitor automático de NO <sub>2</sub>	<i>Thermo Scientific</i>	42i	1192914962	LG-129-2022 LF-1532022
Sulfuro de Hidrógeno	Monitor automático de H <sub>2</sub> S	<i>Thermo Scientific</i>	450i	CM19490141	LG-128-2022 LF-1522022
Monóxido de carbono	Monitor automático de CO	<i>Thermo Scientific</i>	48i	1193085163	LG-127-2022 LF-1512022
- Velocidad de viento - Dirección de viento	Estación meteorológica	<i>Campbell Scientific</i>	CR310	WM174404	LM - 3612022
- Temperatura ambiente - Humedad relativa				1669292130	LM-3602022 LM-3592022
- Presión barométrica				BPA11352	LM - 3622022
- Precipitación				TB00015748	LM - 3632022
- Radiación Solar				193237	LM - 3642022
<b>Estación de monitoreo CA - ILO - 02</b>					
Dióxido de Azufre	Monitor automático de SO <sub>2</sub>	<i>Thermo Scientific</i>	43i	1192914947	LG-138-2022 LF-1622022
Dióxido de Nitrógeno	Monitor automático de NO <sub>2</sub>	<i>Thermo Scientific</i>	42i	1192914960	LG-137-2022 LF-1612022
Sulfuro de Hidrógeno	Monitor automático de H <sub>2</sub> S	<i>Thermo Scientific</i>	450i	CM19490139	LG-136-2022 LF-1602022
Monóxido de carbono	Monitor automático de CO	<i>Thermo Scientific</i>	48i	1193085161	LG-135-2022 LF-1592022
- Velocidad de viento - Dirección de viento	Estación meteorológica	<i>Campbell Scientific</i>	CR300	WM174402	LM - 3732022
- Temperatura ambiente - Humedad relativa				1663393889	LM - 3722022 LM - 3712022
- Presión barométrica				BPA11350	LM - 3742022
- Precipitación				TB00015746	LM - 3752022
- Radiación Solar				193287	LM - 3762022
<b>Estación de monitoreo CA - ILO - 03</b>					
Dióxido de Azufre	Monitor automático de SO <sub>2</sub>	<i>Thermo Scientific</i>	43i	1192914948	LG-134-2022 LF-1582022

Parámetro	Equipo	Marca	Modelo	Serie	Certificado calibración
Dióxido de Nitrógeno	Monitor automático de NO <sub>2</sub>	<i>Thermo Scientific</i>	42i	1192914961	LG-133-2022 LF-1572022
Sulfuro de Hidrógeno	Monitor automático de H <sub>2</sub> S	<i>Thermo Scientific</i>	450i	CM19490140	LG-132-2022 LF-1562022
Monóxido de carbono	Monitor automático de CO	<i>Thermo Scientific</i>	48i	1193085162	LG-131-2022 LF-1552022
- Velocidad de viento - Dirección de viento	Estación meteorológica	<i>Campbell Scientific</i>	CR300	WM174403	LM - 3672022
- Temperatura ambiente - Humedad relativa				1665884185	LM - 3662022 LM - 3652022
- Presión barométrica				BPA11351	LM - 3682022
- Precipitación				TB00015747	LM - 3692022
- Radiación Solar				193240	LM - 3702022

**Tabla 2.4. Métodos de análisis de aire**

Parámetro	Método	Técnica Empleada
Material particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM <sub>2,5</sub> )	Método automático	Dispersión de luz
Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM <sub>10</sub> )		
Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> )		Fluorescencia ultravioleta
Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> )		Quimioluminiscencia
Sulfuro de Hidrógeno (H <sub>2</sub> S)		Fluorescencia ultravioleta
Monóxido de carbono (CO)		Infrarrojo no dispersivo
Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM <sub>10</sub> )	Método manual activo	Separación Inercial/Filtración (gravimetría)
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 (µg/m <sup>3</sup> )	Criterio de evaluación	
Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM <sub>10</sub> )	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»
Material particulado con diámetro menor a 2.5 micras (PM <sub>2,5</sub> )	24 horas	50	No exceder más de 7 veces al año	
Sulfuro de hidrogeno (H <sub>2</sub> S)	24 horas	150	Media aritmética	

Parámetro	Periodo	Formato del estándar		Norma
		Valor ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Criterio de evaluación	
Dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ )	24 horas	250	No exceder más de 7 veces al año	Complementarias»
Dióxido de Nitrógeno ( $\text{NO}_2$ )	1 hora	200	No exceder más de 24 veces al año	
Monóxido de Carbono ( $\text{CO}$ )	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 mayo de 2022, son presentadas en el Anexo 3.

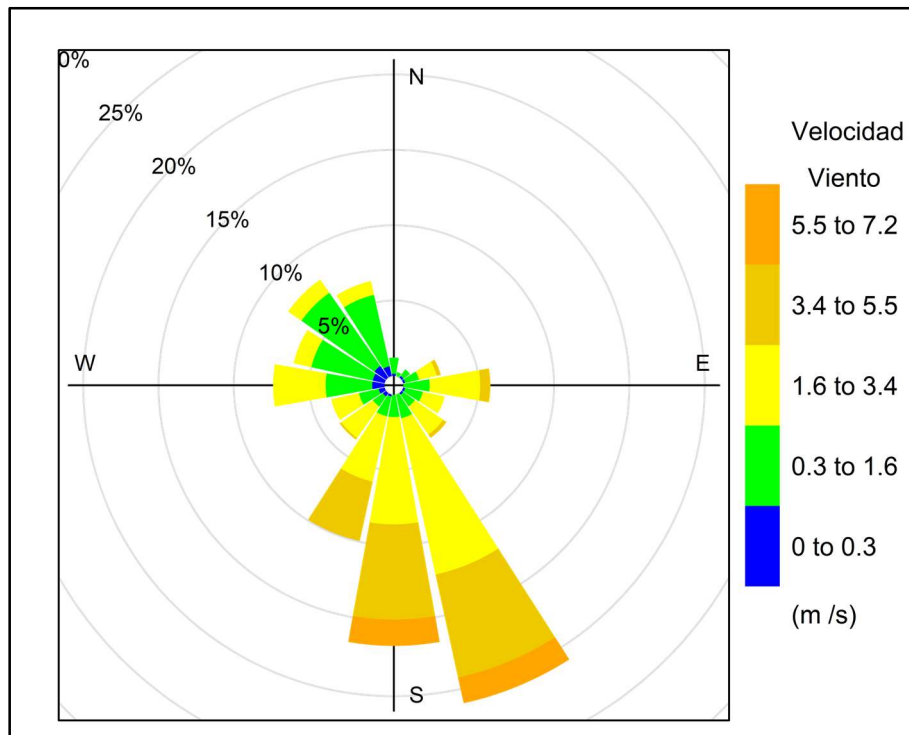
#### 3.1. Parámetros meteorológicos

En la Tabla 3.1 se presentan los parámetros meteorológicos en la estación de monitoreo CA-ILO-01 en mayo de 2022, se aprecia que la presión barométrica varió entre una mínima de 1004,4 hPa y máxima de 1012,9 hPa, se registraron precipitaciones máximas de 3,8 mm en mayo. La temperatura promedio fue de 18,8 °C alcanzando una mínima de 15,7 °C y una máxima de 23,2 °C, la humedad relativa varió entre 58,5 % y 93,7% y la velocidad del viento osciló entre 0,0 m/s y 7,2 m/s. El parámetro de radiación solar reporta una Irradiancia máxima de 871,7  $\text{W}/\text{m}^2$  durante el mes de mayo. 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 mayo de 2022

Valores	Presión barométrica (hPa)	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Velocidad del viento (m/s)	Radiación Solar ( $\text{W}/\text{m}^2$ )
Mínimo	1004,4	0,0	15,7	58,5	0,0	0,0
Máximo	1012,9	3,8	23,2	93,7	7,2	871,7
Promedio	1008,9	0,0	18,8	74,3	2,4	--

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



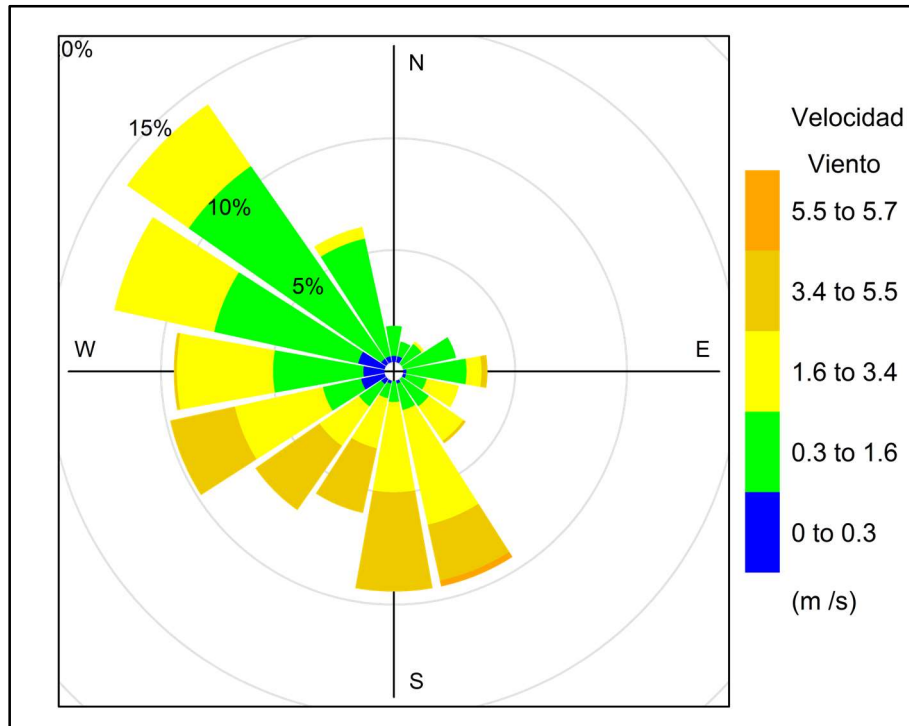
**Figura 3.1.** Rosa de viento de la estación de monitoreo CA-ILO-01, en mayo de 2022

En la Tabla 3.2 se presentan los parámetros meteorológicos en la estación de monitoreo CA-ILO-02 en mayo de 2022, se aprecia que la presión barométrica varió entre una mínima de 1004,7 hPa y máxima de 1013,6 hPa, no se registraron precipitaciones en mayo. La temperatura promedio fue de 18,4 °C alcanzando una mínima de 15,2°C y una máxima de 23,2 °C, la humedad relativa varió entre 58,7% y 89,6% y la velocidad del viento osciló entre 0,1 m/s y 5,7 m/s. El parámetro de radiación solar reporta una Irradiancia máxima de 844,4 W/m<sup>2</sup> durante el mes de mayo. 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 mayo de 2022

Valores	Presión barométrica (hPa)	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Velocidad del viento (m/s)	Radiación Solar (W/m <sup>2</sup> )
Mínimo	1004,7	0,0	15,2	58,7	0,1	0,0
Máximo	1013,6	0,0	23,2	89,6	5,7	844,4
Promedio	1009,2	0,0	18,4	72,3	2,0	--

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



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

En la Tabla 3.3 se presentan los parámetros meteorológicos en la estación de monitoreo CA-ILO-03 en mayo de 2022, se aprecia que la presión barométrica varió entre una mínima de 985,0 hPa y máxima de 994,2 hPa, no se registraron precipitaciones en mayo. La temperatura promedio fue de 17,6°C alcanzando una mínima de 14,5 °C y una máxima de 21,2 °C, la humedad relativa varió entre 62,4 % y 89,0 % y la velocidad del viento osciló entre 0,0 m/s y 4,4 m/s. El parámetro de radiación solar reporta un máximo de 881,7 W/m<sup>2</sup> durante el mes de mayo. 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 mayo de 2022

Valores	Presión barométrica (hPa)	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Velocidad del viento (m/s)	Radiación Solar (W/m <sup>2</sup> )
Mínimo	985,0	0,0	14,5	62,4	0,0	0,0
Máximo	994,2	0,0	21,2	89,0	4,4	881,7
Promedio	989,6	0,0	17,6	77,5	0,8	--

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

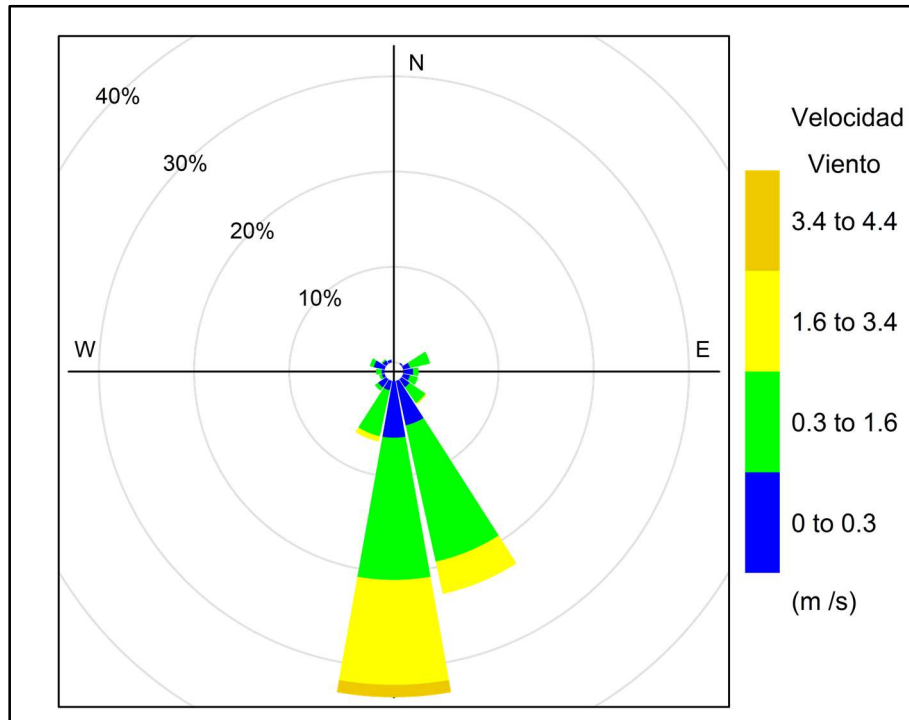


Figura 3.3. Rosa de viento de la estación de monitoreo CA-ILO-03, en mayo de 2022

### 3.2. Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)

En las Figuras 3.4, 3.5 y 3.6 se presentan las concentraciones de 24 horas de SO<sub>2</sub> de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, en mayo de 2022. Además, se observa que todas las concentraciones de 24 horas no excedieron el ECA para SO<sub>2</sub> (250 µg/m<sup>3</sup> en 24 horas).

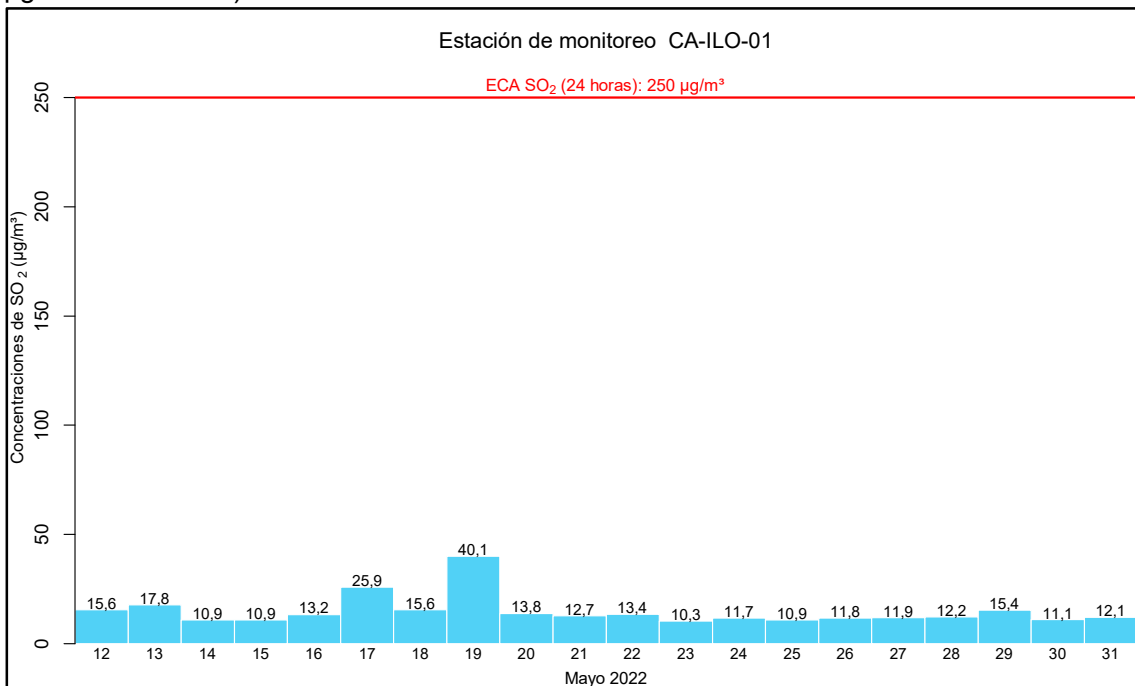
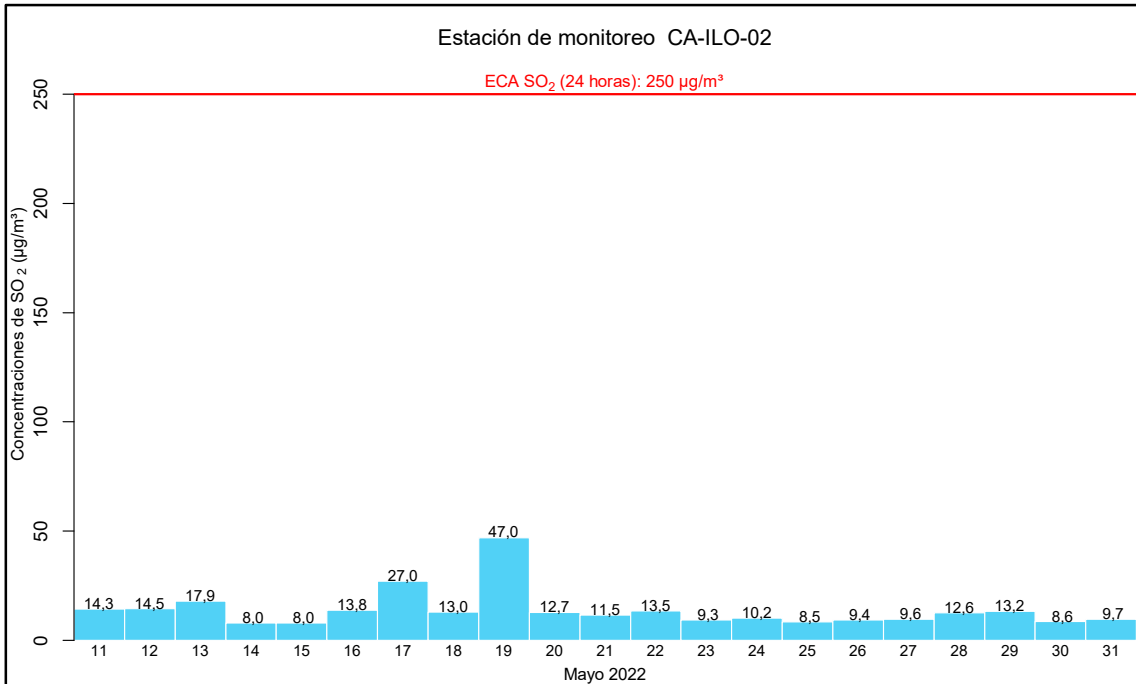
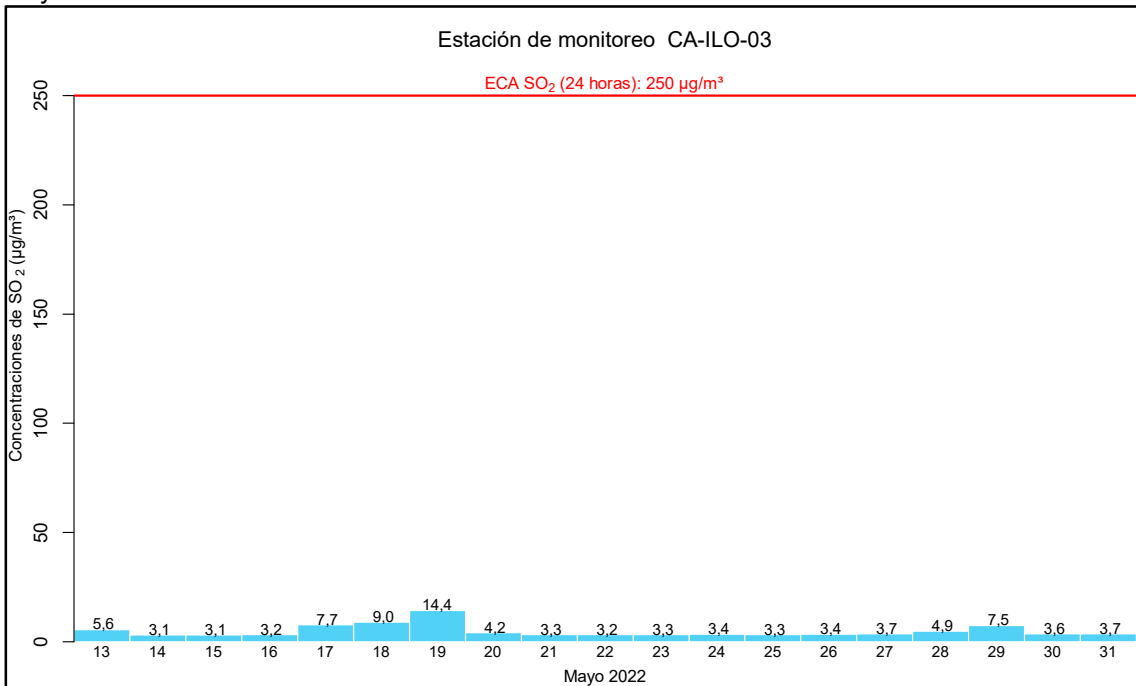


Figura 3.4. Concentraciones de 24 horas de SO<sub>2</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-01, en mayo de 2022



**Figura 3.5.** Concentraciones de 24 horas de SO<sub>2</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-02, en mayo de 2022



**Figura 3.6.** Concentraciones de 24 horas de SO<sub>2</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-03, en mayo de 2022

### 3.3. Sulfuro de hidrogeno (H<sub>2</sub>S)

En las Figuras 3.7, 3.8 y 3.9 se presentan las concentraciones de 24 horas de H<sub>2</sub>S de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, respectivamente, en mayo de 2022. Además, se observa que todas las concentraciones de 24 horas no excedieron el ECA para aire de H<sub>2</sub>S (150 µg/m<sup>3</sup> en 24 horas).

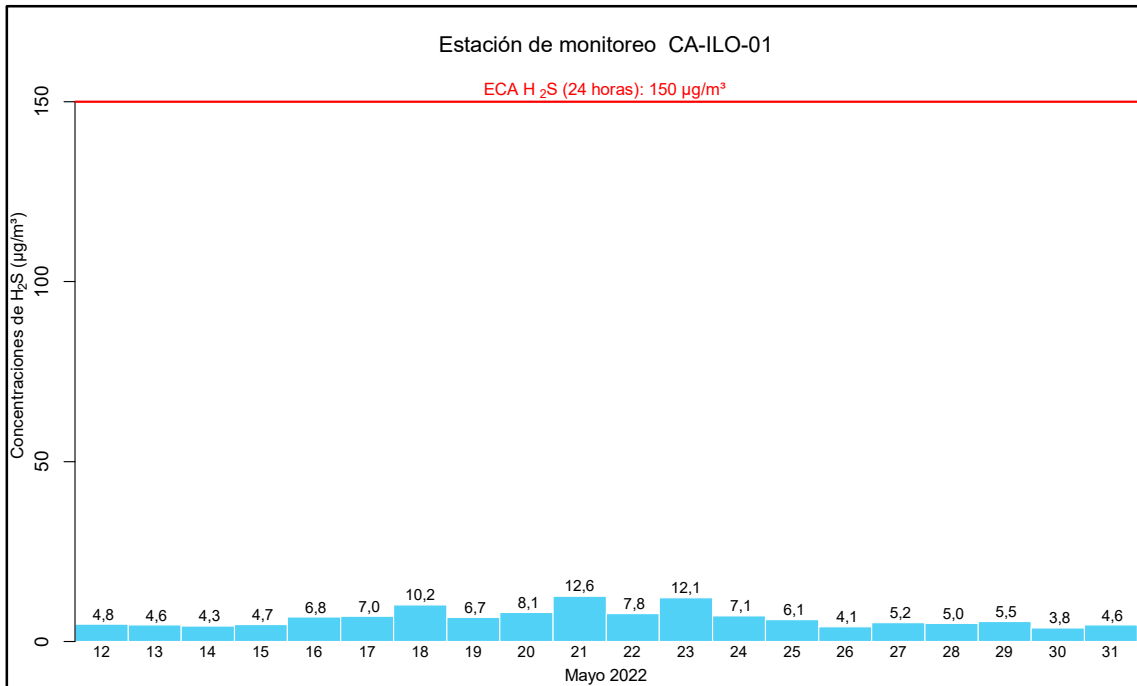


Figura 3.7. Concentraciones de 24 horas de H<sub>2</sub>S en la estación de monitoreo CA-ILO-01, en mayo de 2022

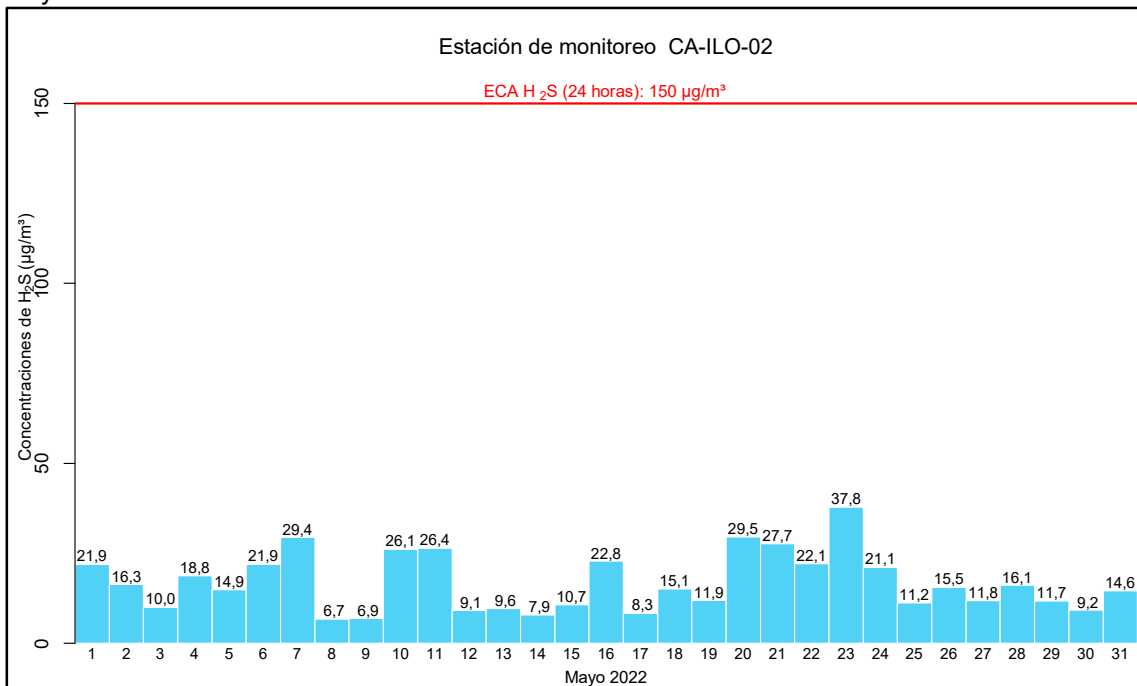
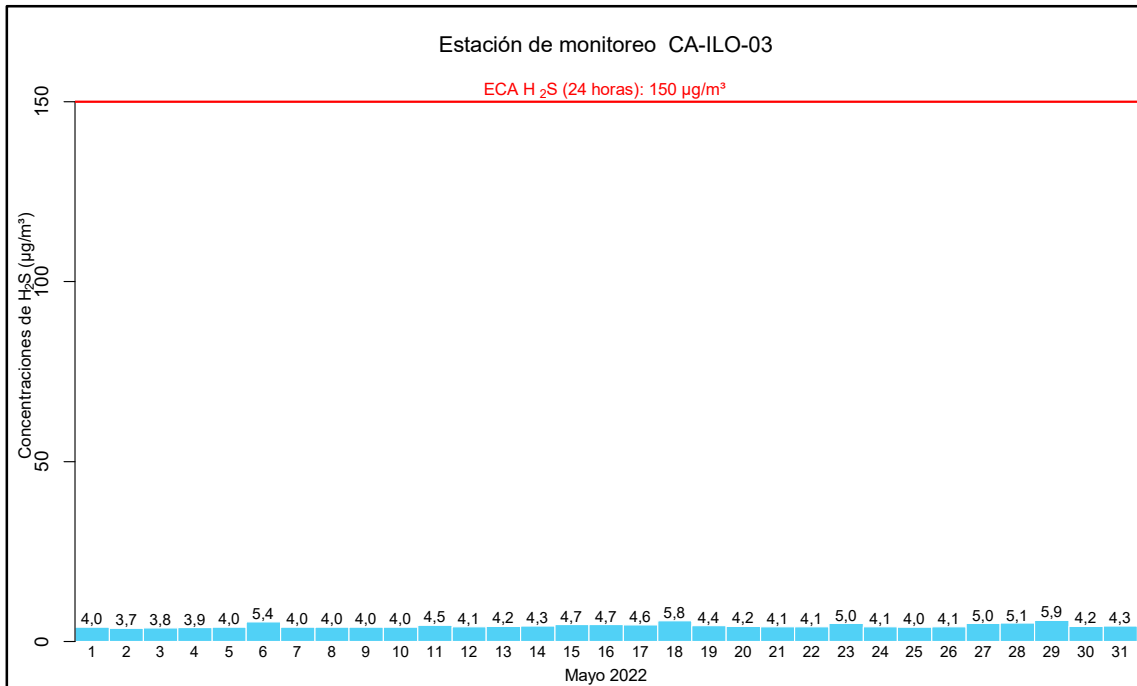


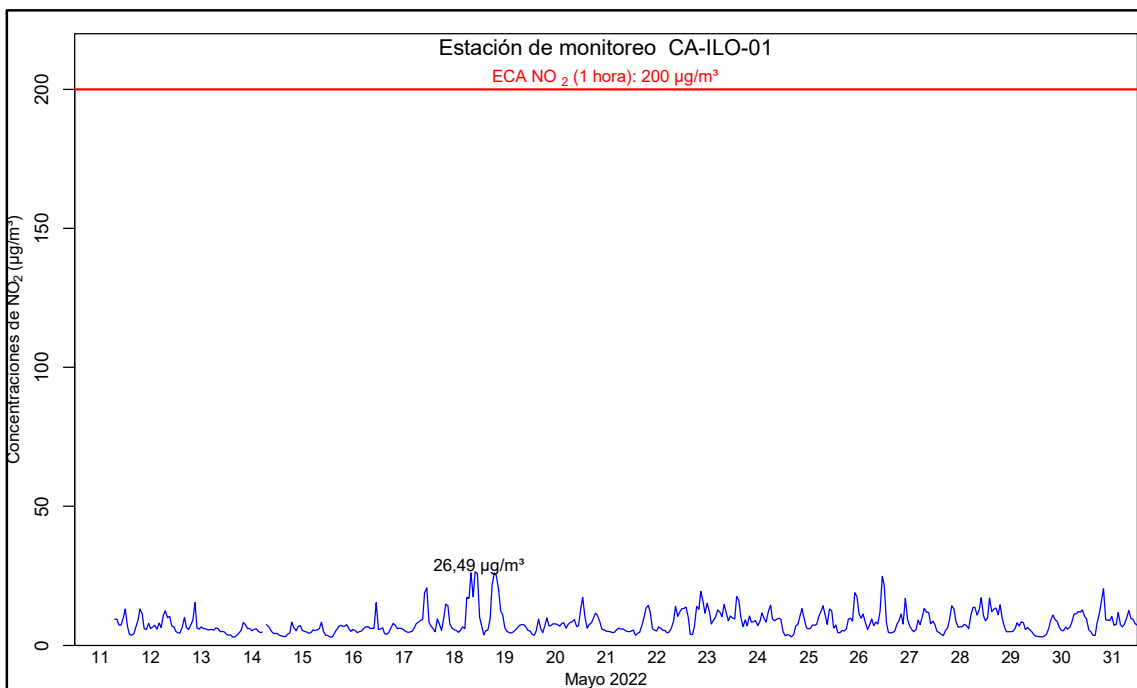
Figura 3.8. Concentraciones de 24 horas de H<sub>2</sub>S en la estación de monitoreo CA-ILO-02, en mayo de 2022



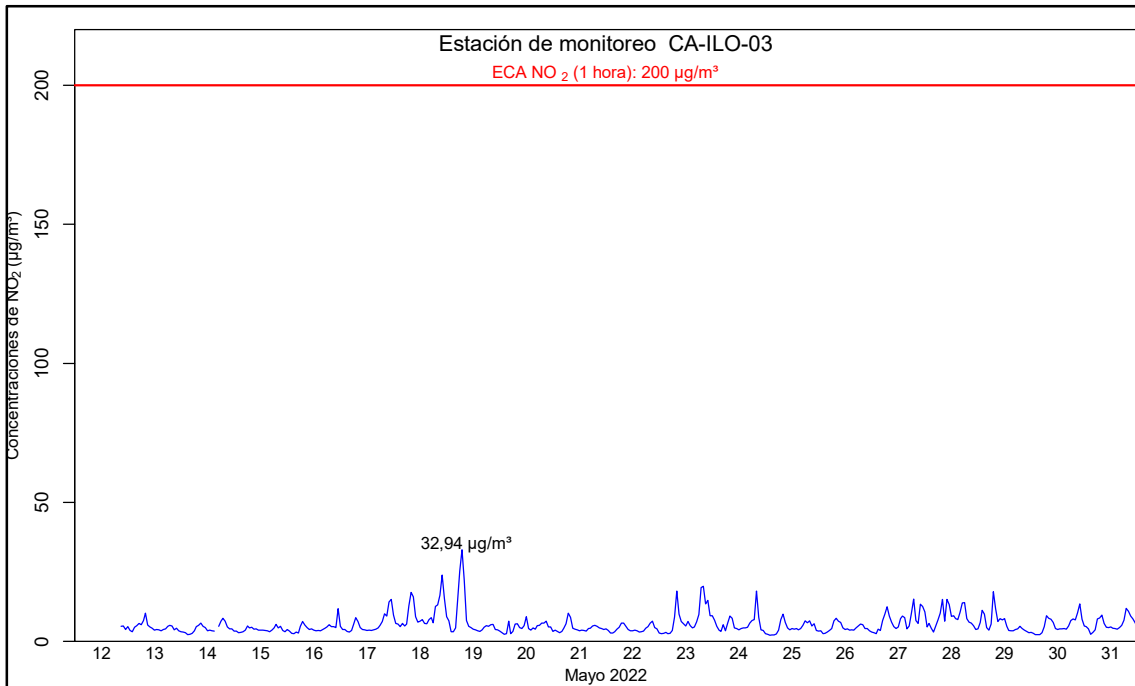
**Figura 3.9.** Concentraciones de 24 horas de H<sub>2</sub>S en la estación de monitoreo CA-ILO-03, en mayo de 2022

### 3.4. Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)

En las Figuras 3.10 y 3.11 se presentan las concentraciones horarias de NO<sub>2</sub> de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01 y CA-ILO-03, respectivamente, en mayo de 2022. Además, se observa que todas las concentraciones horarias no excedieron el ECA para NO<sub>2</sub> (200 µg/m<sup>3</sup> en 1 hora).



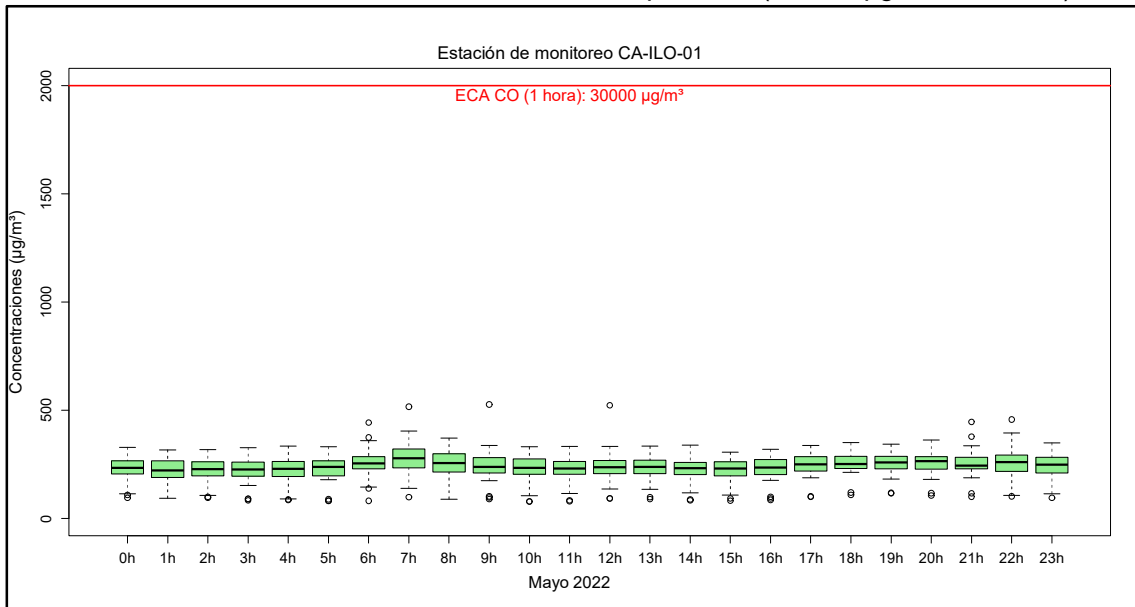
**Figura 3.10.** Concentraciones de horarias de NO<sub>2</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-01, en mayo de 2022



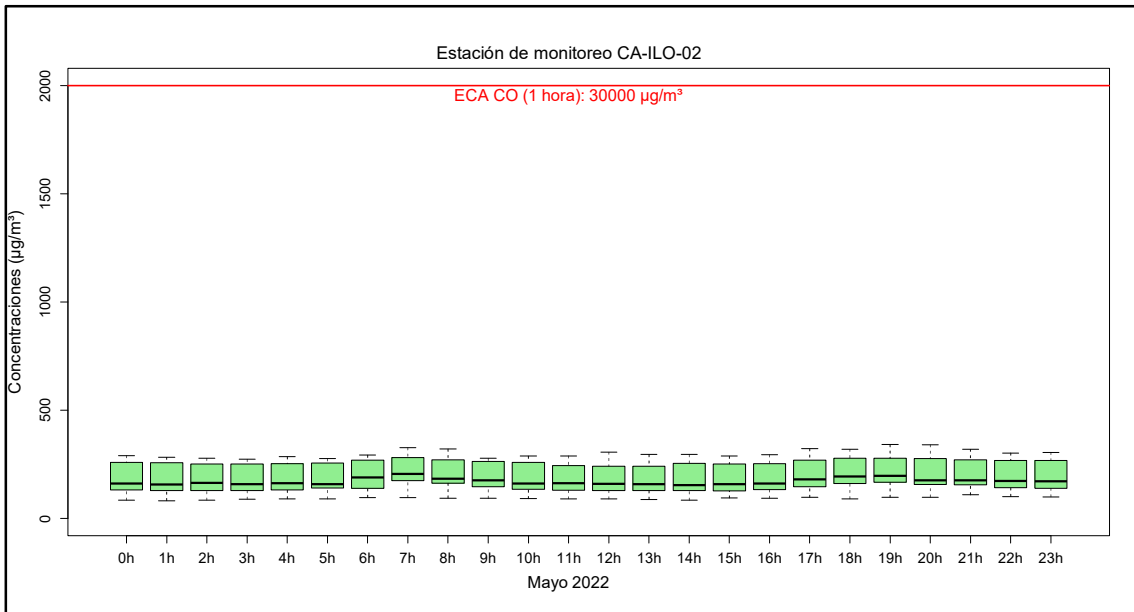
**Figura 3.11.** Concentraciones de horarias de NO<sub>2</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-03, en mayo de 2022

### 3.5. Monóxido de carbono (CO)

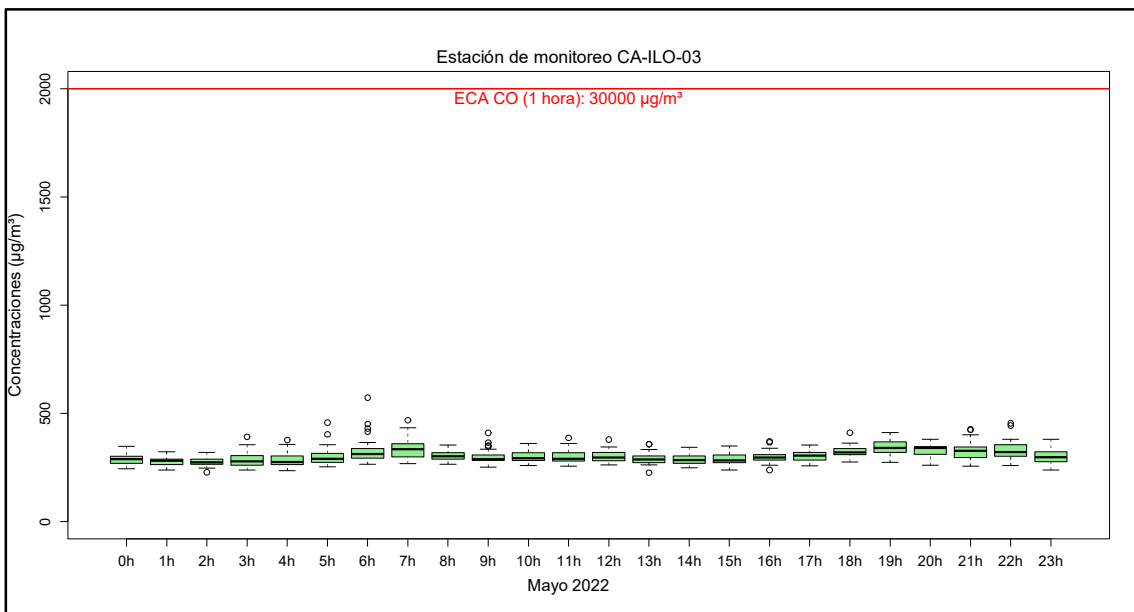
En las Figuras 3.12, 3.13 y 3.14 se presenta el diagrama de cajas por hora de las concentraciones horarias de CO correspondiente a las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, respectivamente, en mayo de 2022. Además, se observa que todas las concentraciones horarias no excedieron el ECA para CO (30 000 µg/m<sup>3</sup> en 1 hora).



**Figura 3.12.** Concentraciones horarias de CO, estación de monitoreo CA-ILO-01, mayo del 2022



**Figura 3.13.** Concentraciones horarias de CO, estación de monitoreo CA-ILO-02, mayo del 2022



**Figura 3.14.** Concentraciones horarias de CO, estación de monitoreo CA-ILO-03, mayo del 2022

En las Figuras 3.15, 3.16 y 3.17 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 mayo de 2022. Además, se observa que todas las concentraciones de promedio móvil de 8 horas no excedieron el ECA para CO (10 000 µg/m<sup>3</sup> en 8 horas móviles).

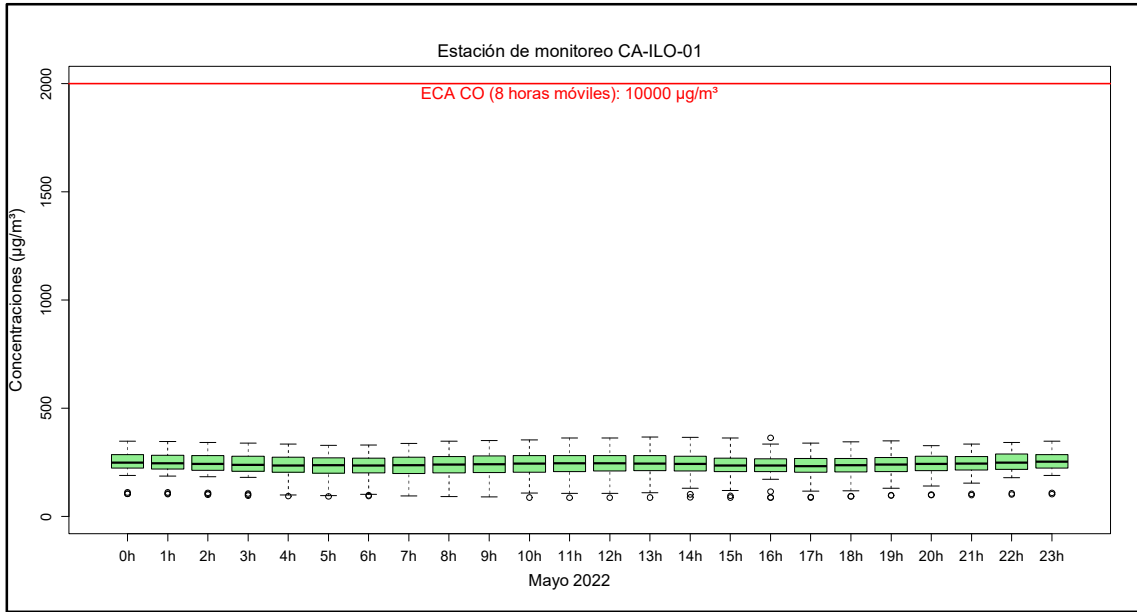


Figura 3.15. Concentraciones de promedio móvil de 8 horas de CO en la estación de monitoreo CA-ILO-01, en mayo de 2022

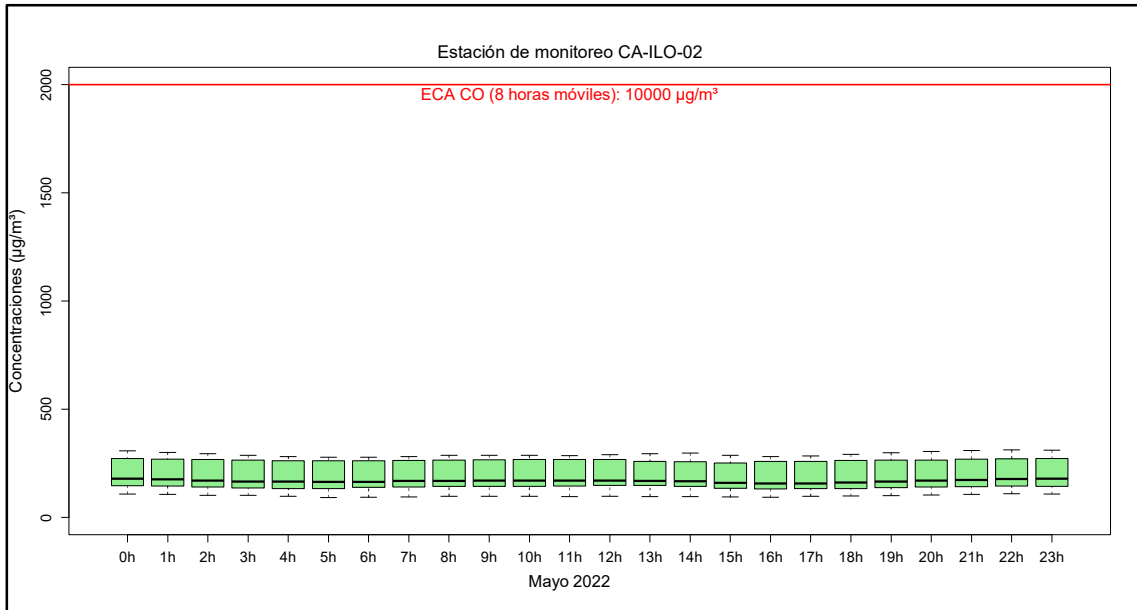
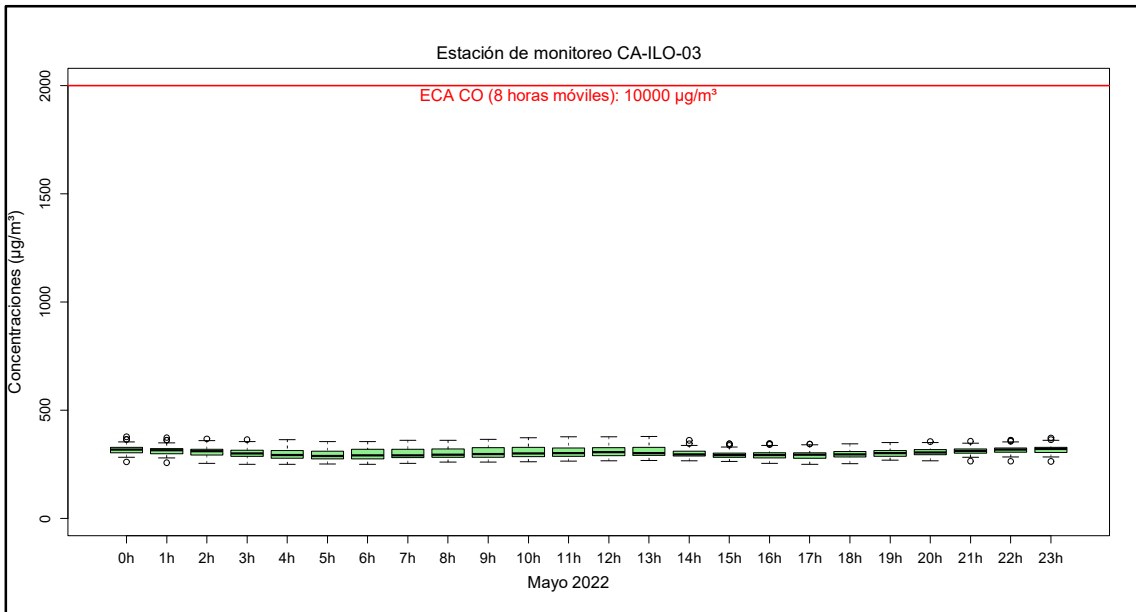


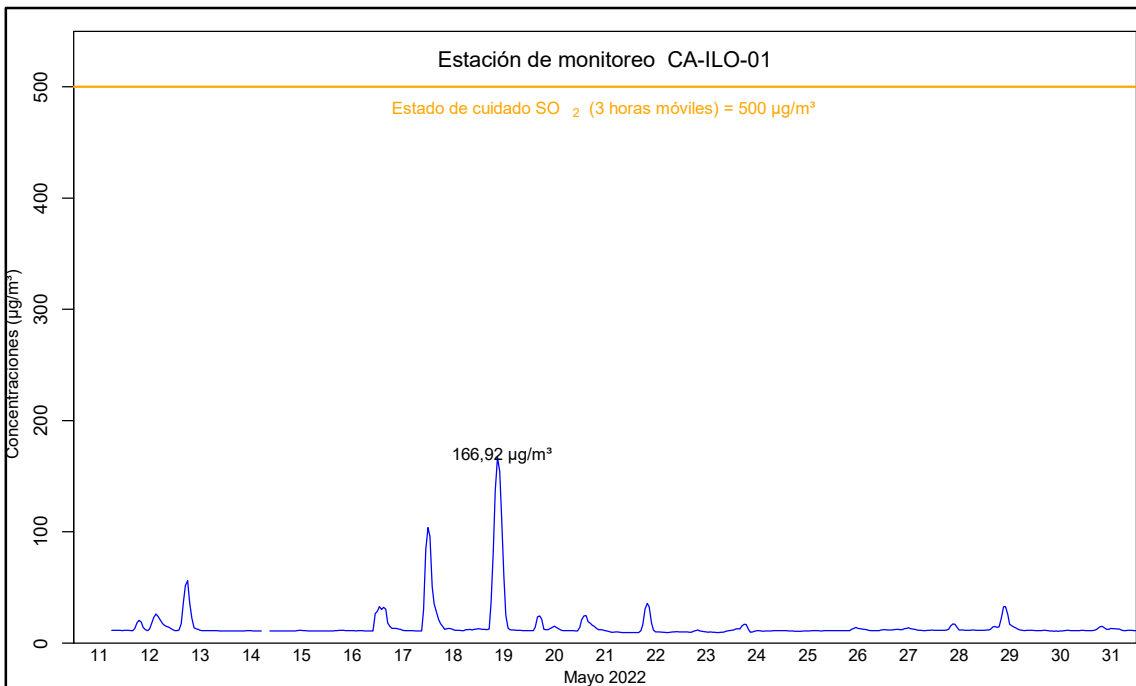
Figura 3.16. Concentraciones de promedio móvil de 8 horas de CO en la estación de monitoreo CA-ILO-02, en mayo de 2022



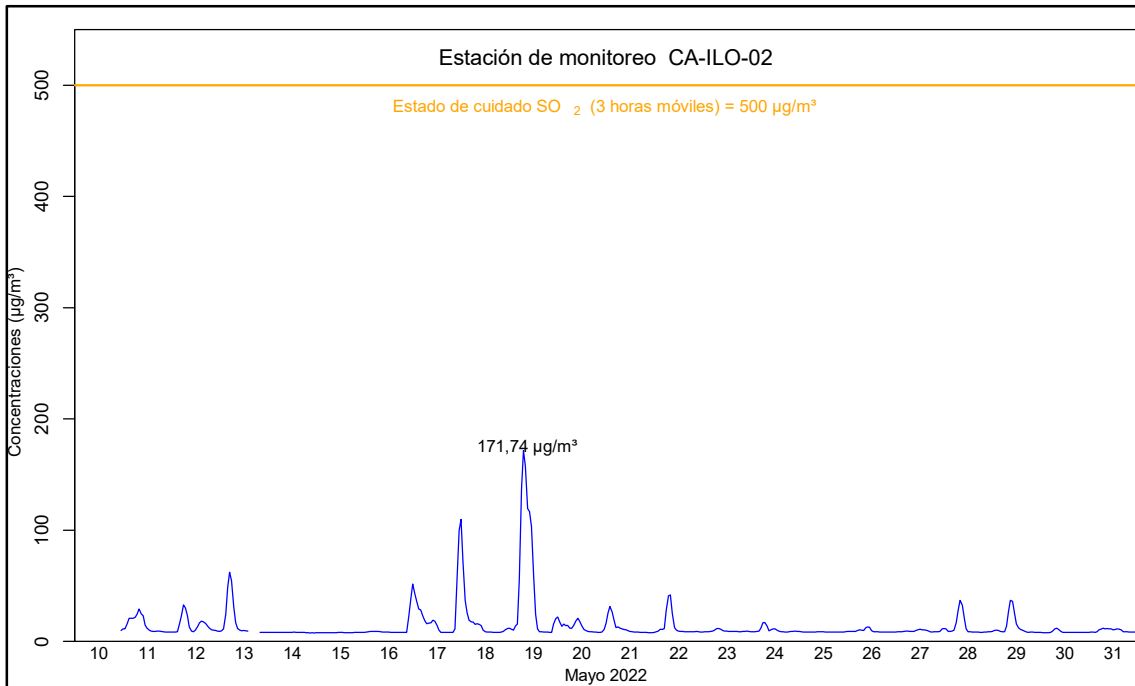
**Figura 3.17.** Concentraciones de promedio móvil de 8 horas de CO en la estación de monitoreo CA-ILO-03, en mayo de 2022

**4. ESTADOS DE ALERTA**

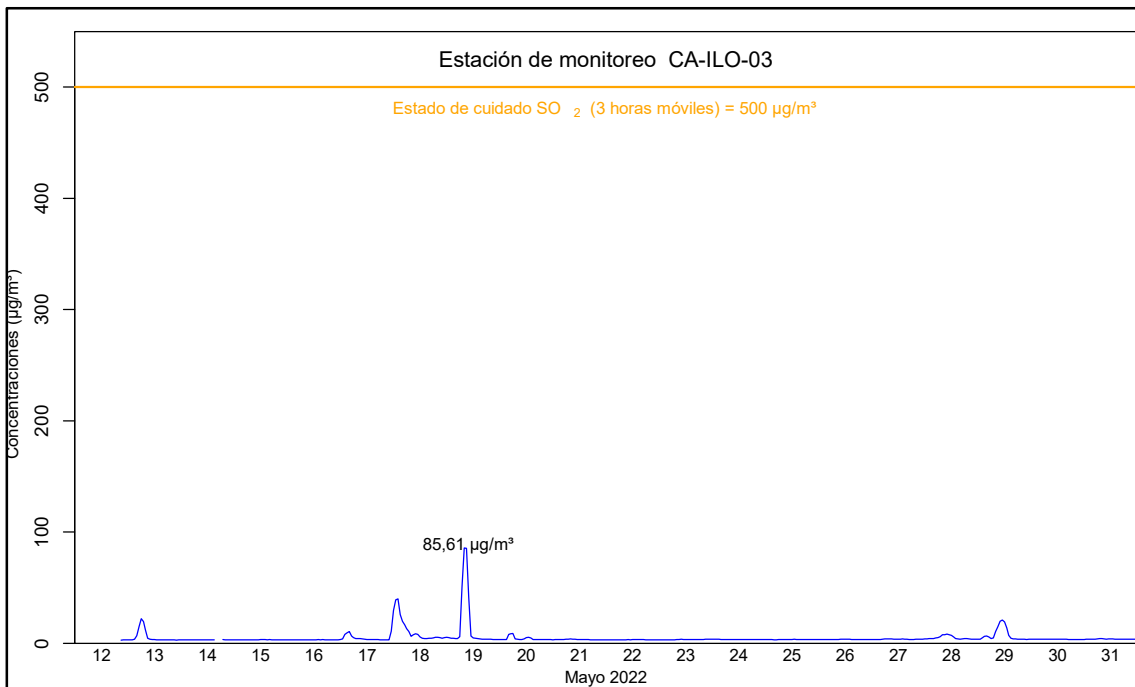
En las Figuras 4.1, 4.2 y 4.3 se presenta las concentraciones móviles de 3 horas de SO<sub>2</sub> correspondiente a las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, respectivamente, en mayo de 2022. Además, se observa que todas las concentraciones de promedio móvil de 3 horas no excedieron el estado de cuidado para SO<sub>2</sub> (500 µg/m<sup>3</sup>) según el Decreto Supremo N.º009-2003-SA.



**Figura 4.1.** Concentraciones de promedio móvil de 3 horas de SO<sub>2</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-01, en mayo de 2022



**Figura 4.2.** Concentraciones de promedio móvil de 3 horas de SO<sub>2</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-02, en mayo de 2022



**Figura 4.3.** Concentraciones de promedio móvil de 3 horas de SO<sub>2</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-03, en mayo 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 dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) no excedieron su respectivo ECA, durante mayo de 2022.

- 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 (NO<sub>2</sub>) no excedieron su respectivo ECA, así como lo promedios móviles de 8 horas de CO, en mayo de 2022.
- No se presentaron Estados de Alerta sobre los niveles de cuidado de SO<sub>2</sub> (500 µg/m<sup>3</sup>, 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 mayo 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.

Atentamente:



Jorge Luis Hualpa Amable

DNI: 10734302