

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 2023.

Fecha de ejecución : Del 1 al 31 de marzo de 2023

Expediente : 2020-02-0015 Código de acción : 0013-3-2023-417

Tipo de evaluación : Programada

Fecha de aprobación : 29 de abril de 2023 Reporte N° : REAS-072-2023-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	(1)Fundición y refinería de cobre Ilo-SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION, SUCURSAL DEL PERÚ. (2)Central Termoeléctrica Ilo1- ENGIE Energía Perú S.A. (3)Central Termoeléctrica Ilo21- ENGIE Energía Perú S.A. (4)Central Termoeléctrica Nodo energético Del Sur – Planta Ilo- ENGIE Energía Perú S.A. (5)Central Termoeléctrica Reserva Fría de Generación – Planta Ilo- ENGIE Energía Perú S.A.
c.	Problemática identificada	Presunta afectación de la calidad del aire debido a las actividades económicas, de la provincia Ilo.
d.	Periodo de ejecución	Del 1 al 31 de marzo de 2023

Tabla 1.2. Listado de profesionales

N.º	Nombres y Apellidos	Profesión	Actividad desarrollada
1	Shianny Vásquez Cardeña	Ingeniera geóloga	Gabinete
2	Andrés Daniel Brios Abanto	Ingeniero ambiental y de recursos naturales	Gabinete
3	Mariella Rossana Atala Alvarez	Ingeniera ambiental	Gabinete
4	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	Ubicada 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	18A22047	Certificado de Fabrica S/N
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-6070VFC+BLX	Venturi: P10791BLX	LF-1662022
Dióxido de azufre	Monitor automático de SO ₂	Thermo Scientific	43i	1200416204	LG-130-2022 LF-1542022
Sulfuro de hidrógeno	Monitor automático de H ₂ S	Thermo Scientific	450i	CM19490141	LG-128-2022 LF-1522022
Monóxido de carbono	Monitor automático de CO	Thermo Scientific	48i	1193085163	LG-127-2022 LF-1512022
- Velocidad de viento - Dirección de viento	Estación meteorológica	Campbell Scientific	CR310	WM174404	LM - 3612022
- Temperatura ambiente - Humedad relativa				1669292130	LM-3602022 LM-3592022
- Presión atmosférica				BPA11352	LM - 3622022
- Precipitación				TB00015748	LM - 3632022
- Radiación solar				193237	LM - 3642022
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-2932022
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-138-2022 LF-1622022
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-136-2022 LF-1602022
Monóxido de carbono	Monitor automático de CO	Thermo Scientific	48i	1193085161	LG-135-2022 LF-1592022
- Velocidad de viento - Dirección de viento	Estación meteorológica	Campbell Scientific	CR800	WM174402	LM - 3732022
- Temperatura ambiente - Humedad relativa				1663393889	LM - 3722022 LM - 3712022

Parámetro	Equipo	Marca	Modelo	Serie	Certificado calibración
- Presión atmosférica				BPA11350	LM - 3742022
- Precipitación				TB00015746	LM - 3752022
- Radiación solar				193287	LM - 3762022
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-1692022
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-6070VFC+BLX	Venturi: P10790BLX	LF-1672022
Dióxido de azufre	Monitor automático de SO ₂	Thermo Scientific	43i	1192914948	LG-134-2022 LF-1582022
Dióxido de nitrógeno	Monitor automático de NO ₂	Thermo Scientific	42i	1192914961	LG-133-2022 LF-1572022
Sulfuro de hidrógeno	Monitor automático de H ₂ S	Thermo Scientific	450i	CM19490140	LG-132-2022 LF-1562022
Monóxido de carbono	Monitor automático de CO	Thermo Scientific	48i	1193085162	LG-131-2022 LF-1552022
- Velocidad de viento - Dirección de viento	Estación meteorológica	Campbell Scientific	CR800	WM174403	LM - 3672022
- Temperatura ambiente - Humedad relativa				1665884185	LM - 3662022 LM - 3652022
- Presión atmosférica				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 _{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 atmosférica		
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 (Decreto Supremo N.° 010-2019-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	

Los ECA para aire no consideran concentraciones de metales en PM_{10} , para un período 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°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>

Tabla 2.7. Niveles de estado de alerta nacionales para contaminantes de aire

Tipos de Alerta	Dióxido de Azufre (SO ₂)	Norma
Cuidado	>500 ug/m ³ promedio móvil 3 horas	D. S. N.º 009-2003-SA «Reglamento de los niveles de estados de alerta nacionales para Contaminantes del aire»
Peligro	>1500 ug/m ³ promedio móvil 3 horas	
Emergencia	>2500 ug/m ³ promedio móvil 3 horas	

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 2023, son presentadas en el Anexo 3.

3.1 Parámetros meteorológicos

En la Tabla 3.1 se presentan los parámetros meteorológicos registrados en la estación de monitoreo CA-ILO-01, durante el mes de marzo de 2023. Se observa que la presión atmosférica varió entre una mínima de 998,2 hPa y una máxima de 1007,4 hPa, no se registraron precipitaciones en el mes. La temperatura promedio fue 24,8 °C, alcanzando una mínima de 20,9 °C y una máxima de 30,3 °C, la humedad relativa varió entre 49,1 y 90,3 % y la velocidad del viento osciló entre 0,0 y 8,2 m/s. El parámetro de radiación solar reporta una irradiancia máxima de 1033,3 W/m² 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. Resultados de los parámetros meteorológicos registrados en la estación de monitoreo CA-ILO-01, marzo de 2023.

Valores	Presión atmosférica (hPa)	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Velocidad del viento (m/s)	Radiación solar (W/m ²)
Mínimo	998,2	0,0	20,9	49,1	0,0	0,0
Máximo	1007,4	0,0	30,3	90,3	8,2	1033,3
Promedio	1003,5	0,0	24,8	71,3	2,9	--

En la Figura 3.1.1 se grafica la rosa de viento de la estación de monitoreo CA-ILO-01, correspondiente al mes marzo de 2023. Se observa que la rosa de viento tuvo una predominancia sursureste (SSE) y sur (S). Es preciso mencionar que, en la referida dirección se encuentran los almacenes de Ceticos Ilo (tomándose como referencia la ubicación de la estación de monitoreo CA-ILO-01).

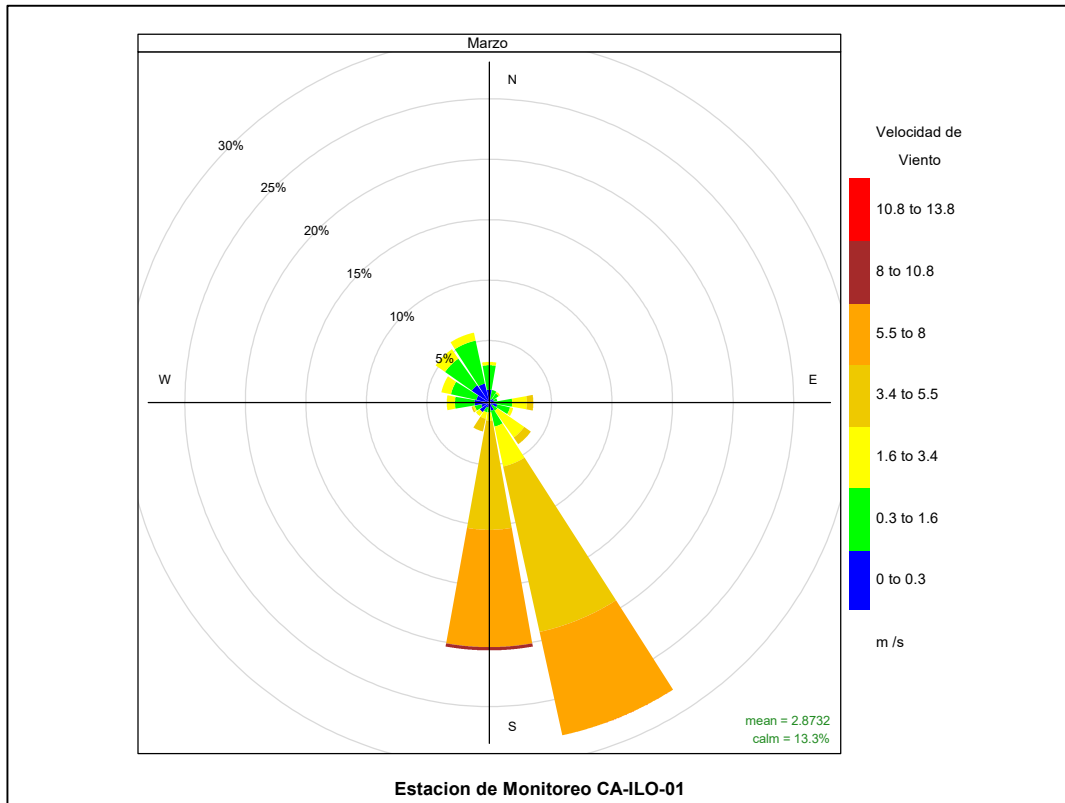


Figura 3.1.1. Rosa de viento de la estación de monitoreo CA-ILO-01, marzo de 2023

En la Figura 3.1.2 se grafica la rosa de viento de la estación de monitoreo CA-ILO-01, por días de la semana, correspondiente al mes marzo de 2023. Se observa una presencia de vientos de entre 8 y 10,8 m/s desde el sur (S) muy marcada los sábados.

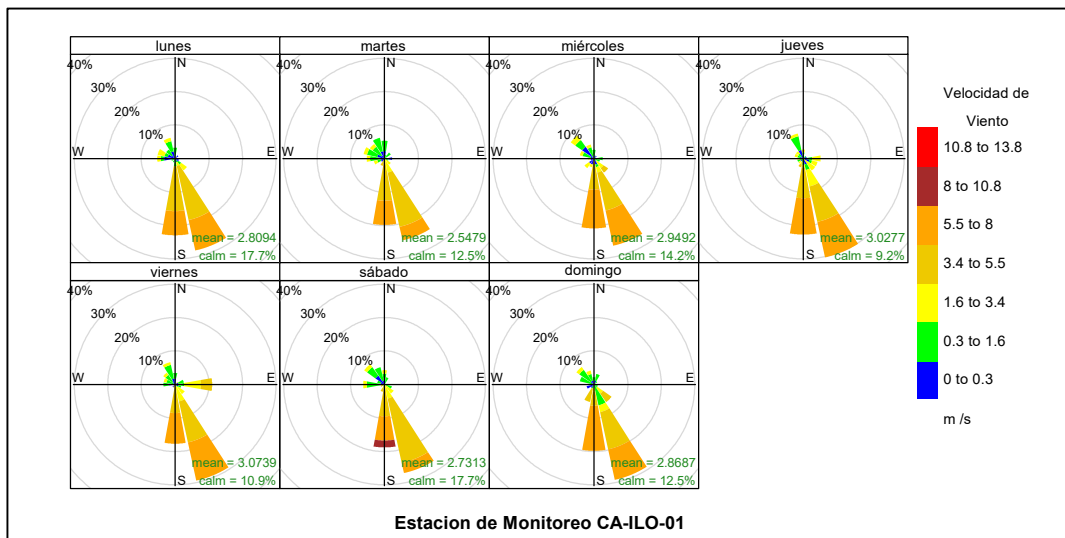


Figura 3.1.2. Rosa de viento por días de la semana de la estación de monitoreo CA-ILO-01, marzo de 2023

En la Figura 3.1.3 se grafica la rosa de viento de la estación de monitoreo CA-ILO-01, por horas del día, correspondiente al mes marzo de 2023. Donde se observa, un incremento en la presencia de vientos bastante marcada durante el día, desde las 10:00 hasta las 21:00

horas aproximadamente, sobre todo de los vientos que vienen del sur (S) y sursureste (SSE). Por el contrario, durante la noche se observa un estado de calma respecto a los vientos durante el día.

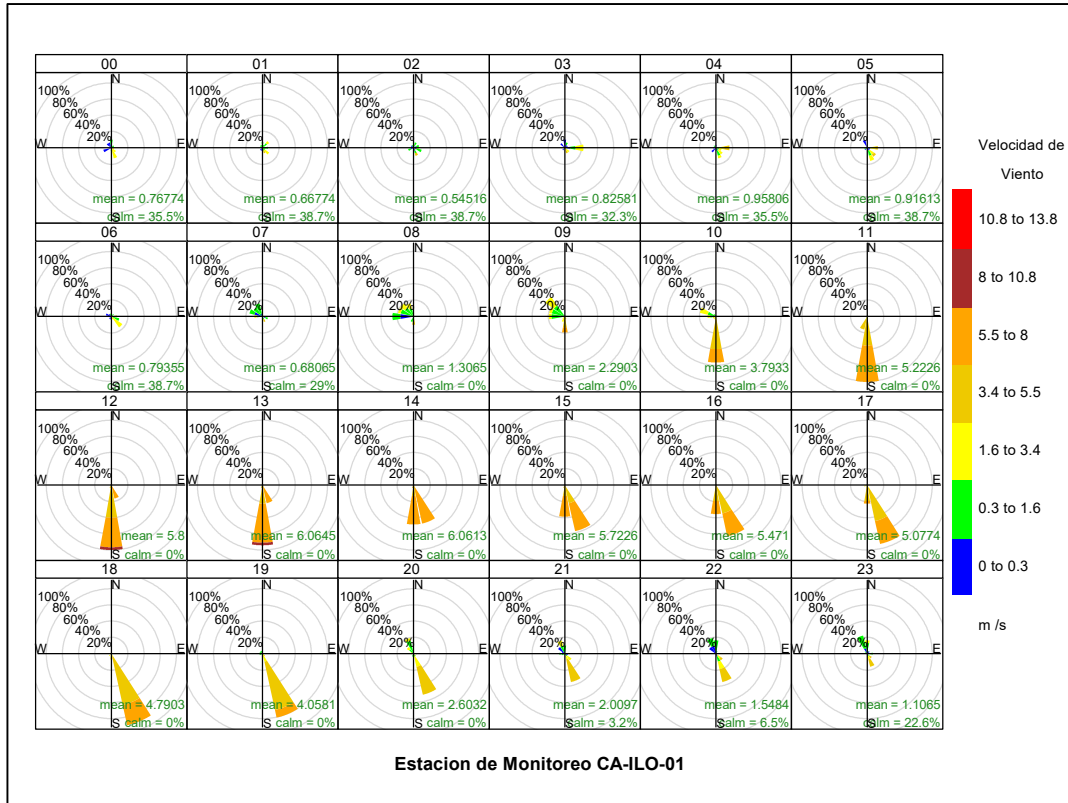


Figura 3.1.3. Rosa de viento horaria de la estación de monitoreo CA-ILO-01, marzo de 2023

En la Tabla 3.2 se presentan los parámetros meteorológicos registrados en la estación de monitoreo CA-ILO-02, durante el mes de marzo de 2023. Se observa que la presión atmosférica varió entre una mínima de 1000,6 hPa y una máxima de 1009,7 hPa, no se registraron precipitaciones en el mes. La temperatura promedio fue de 24,6 °C, alcanzando una mínima de 20,4°C y una máxima de 31,1 °C, la humedad relativa varió entre 52,8 y 89,6% y la velocidad del viento osciló entre 0,1 y 7,3 m/s. El parámetro de radiación solar reporta una irradiancia máxima de 1020,5 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, marzo de 2023.

Valores	Presión atmosférica (hPa)	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Velocidad del viento (m/s)	Radiación solar (W/m ²)
Mínimo	1000,6	0,0	20,4	52,8	0,1	0,0
Máximo	1009,7	0,0	31,1	89,6	7,3	1020,5
Promedio	1005,5	0,0	24,6	72,8	2,3	--

En la Figura 3.1.4 se grafica la rosa de viento de la estación de monitoreo CA-ILO-02 correspondiente al mes de marzo de 2023. Se observa que la rosa de viento tuvo una predominancia sursureste (SSE), sur (S) y noroeste (NW).

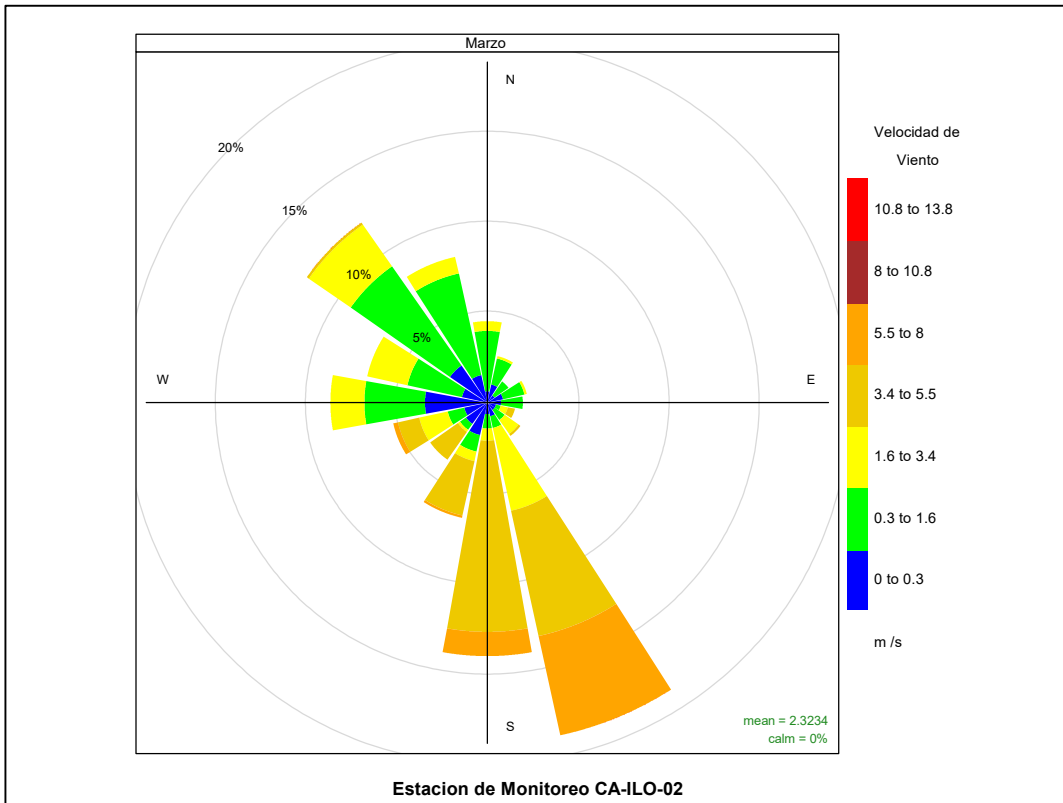


Figura 3.1.4. Rosa de viento de la estación de monitoreo CA-ILO-02, marzo de 2023

En la Figura 3.1.5 se grafica la rosa de viento de la estación de monitoreo CA-ILO-02, por días de la semana, correspondiente al mes marzo de 2023. Donde se observa una predominancia sur (S) los lunes. Y mayor presencia de vientos desde el noroeste (NW) de lunes a domingo.

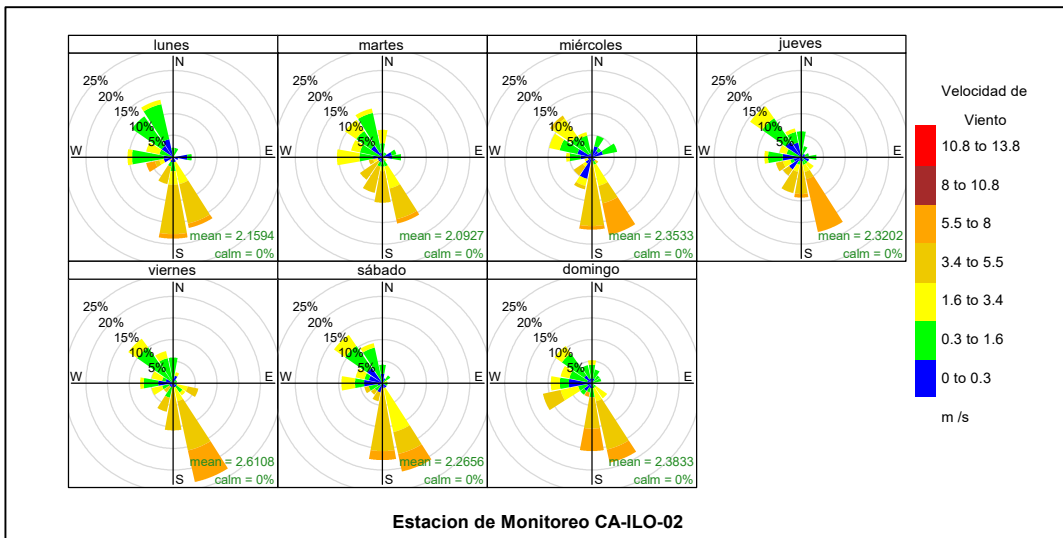


Figura 3.1.5. Rosa de viento por días de la semana de la estación de monitoreo CA-ILO-02, marzo de 2023

En la Figura 3.1.6 se grafica la rosa de viento de la estación de monitoreo CA-ILO-02, por horas del día, correspondiente al mes marzo de 2023. Donde se observa un incremento en

la presencia de vientos bien marcada durante el día, iniciando el incremento desde las 11:00 hasta las 20:00 horas aproximadamente, con vientos provenientes desde el sur (S) y sursureste (SSE). Durante la noche se aprecia una especie de calma relativa al comportamiento durante el día.

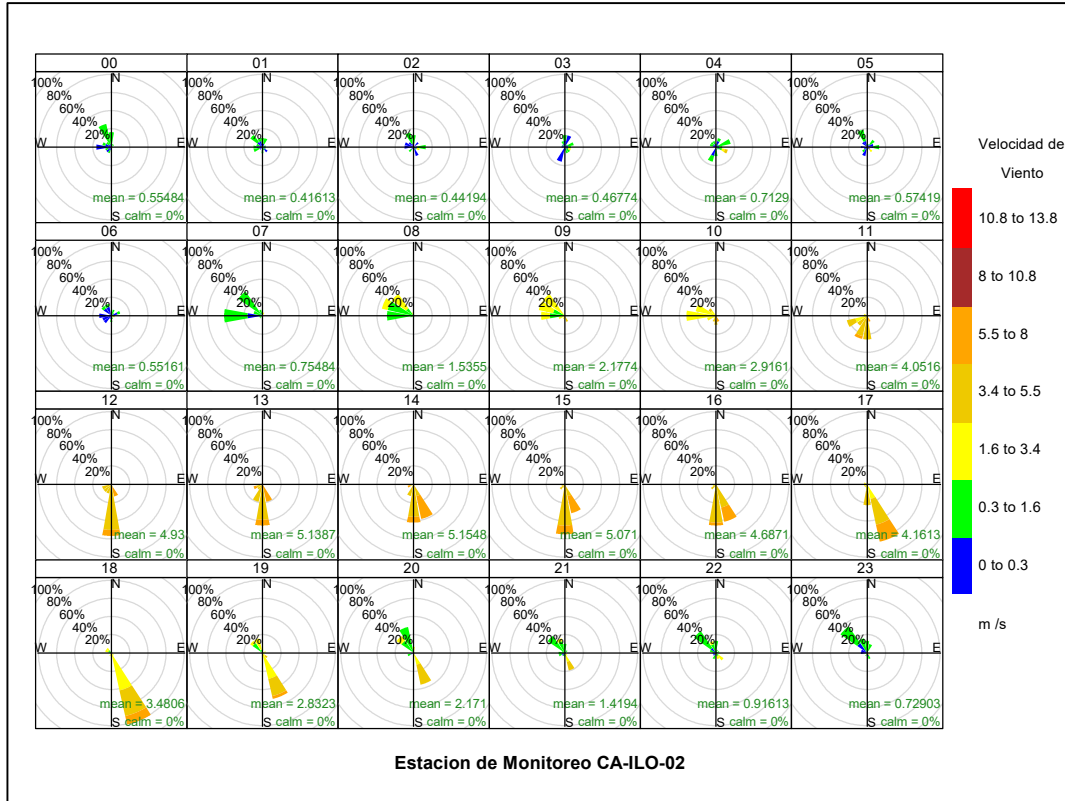


Figura 3.1.6. Rosa de viento horaria de la estación de monitoreo CA-ILO-02, marzo de 2023

En la Tabla 3.3 se presentan los parámetros meteorológicos registrados en la estación de monitoreo CA-ILO-03, durante el mes de marzo de 2023. Se observa que la presión atmosférica varió entre una mínima de 981,7 hPa y una máxima de 990,3 hPa, no se registraron precipitaciones en el mes. La temperatura promedio fue 23,9°C, alcanzando una mínima de 20,4 °C y una máxima de 28,6 °C, la humedad relativa varió entre 50,2 y 90,2 % y la velocidad del viento osciló entre 0,1 y 8,3 m/s. El parámetro de radiación solar reporta un máximo de 1038,8 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, marzo de 2023

Valores	Presión atmosférica (hPa)	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Velocidad del viento (m/s)	Radiación solar (W/m ²)
Mínimo	981,7	0,0	20,4	50,2	0,1	0,0
Máximo	990,3	0,0	28,6	90,2	8,3	1038,8
Promedio	986,4	0,0	23,9	73,1	3,6	--

En la Figura 3.1.7 se grafica la rosa de viento de la estación de monitoreo CA-ILO-03, correspondiente al mes de marzo de 2023. Se observa que la rosa de viento tuvo una predominancia sursureste (SSE). Es preciso mencionar que, en la referida dirección se

encuentra el terminal terrestre de Ilo (tomándose como referencia la ubicación de la estación de monitoreo CA-ILO-03).

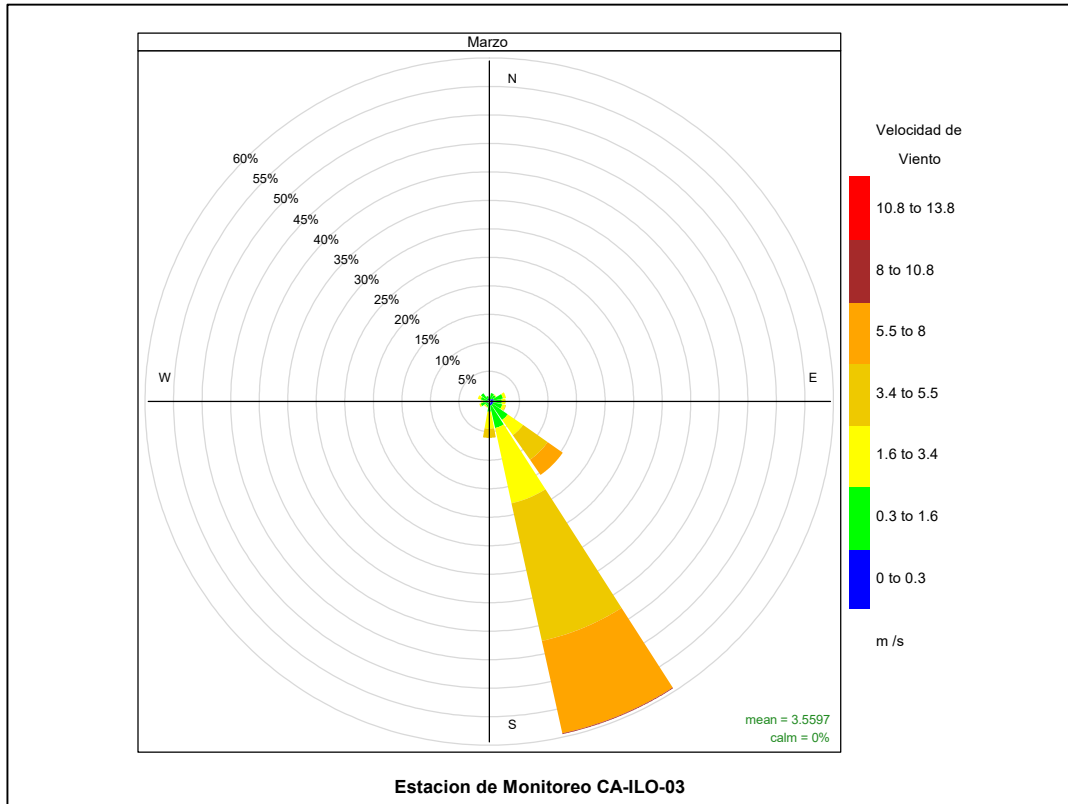


Figura 3.1.7. Rosa de viento de la estación de monitoreo CA-ILO-03, marzo de 2023

En la Figura 3.1.8 se grafica la rosa de viento de la estación de monitoreo CA-ILO-03, por días de la semana, correspondiente al mes de marzo de 2023. Donde se observa una predominancia sur sureste (SSE) de lunes a domingo.

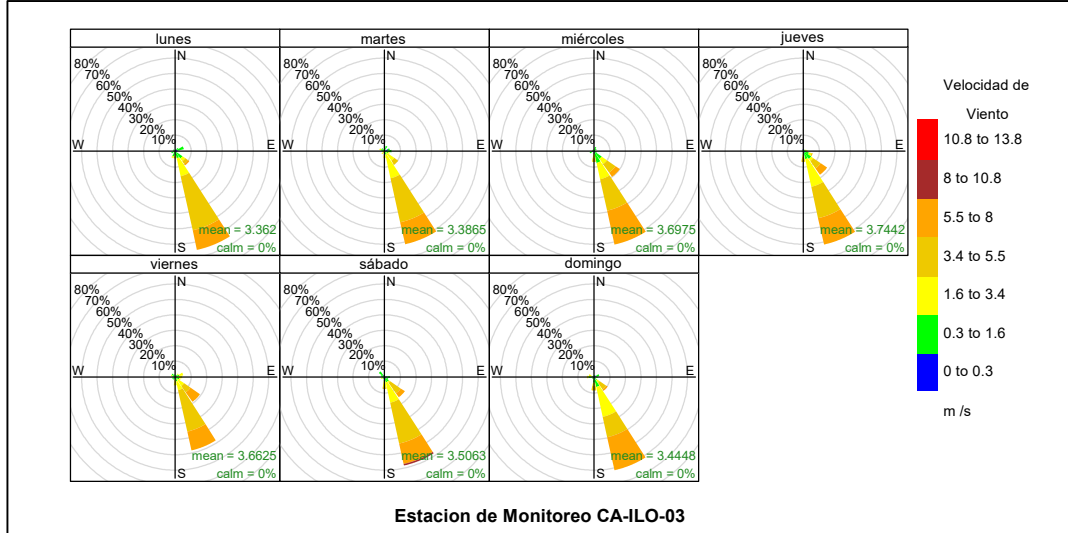


Figura 3.1.8. Rosa de viento por días de la semana de la estación de monitoreo CA-ILO-03, marzo de 2023

En la Figura 3.1.9 se grafica la rosa de viento de la estación de monitoreo CA-ILO-03, por horas del día, correspondiente al mes marzo de 2023. Donde se observa un incremento en la presencia de vientos bien marcada durante el día, iniciando el incremento a las 8:00 hasta las 20:00 horas aproximadamente, con vientos provenientes del sursureste (SSE). Durante la noche se aprecia una especie de calma relativa al comportamiento durante el día.

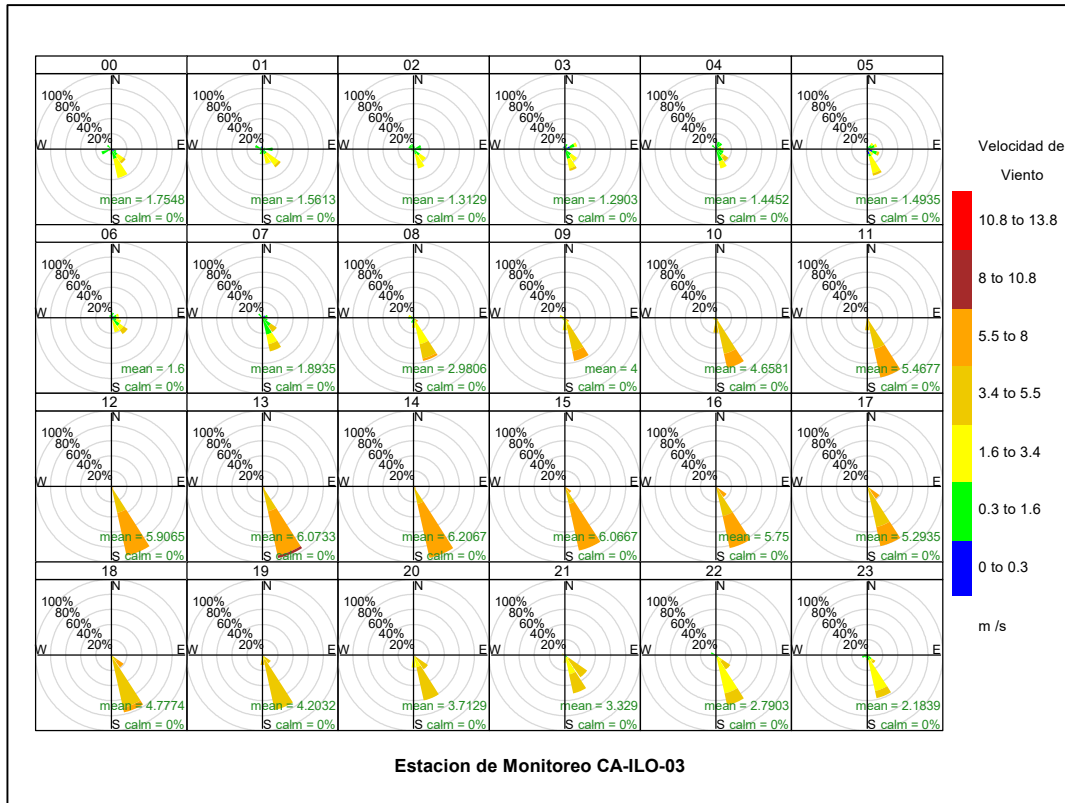


Figura 3.1.9. Rosa de viento horaria de la estación de monitoreo CA-ILO-03, marzo de 2023

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

En las Figuras 3.2.1, 3.2.2 y 3.2.3 se presentan las concentraciones de 24 horas de PM_{2,5} de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del mes de marzo de 2023. Además, se observa que todas las concentraciones de 24 horas no excedieron el ECA para aire de PM_{2,5} (50 µg/m³ en 24 horas).

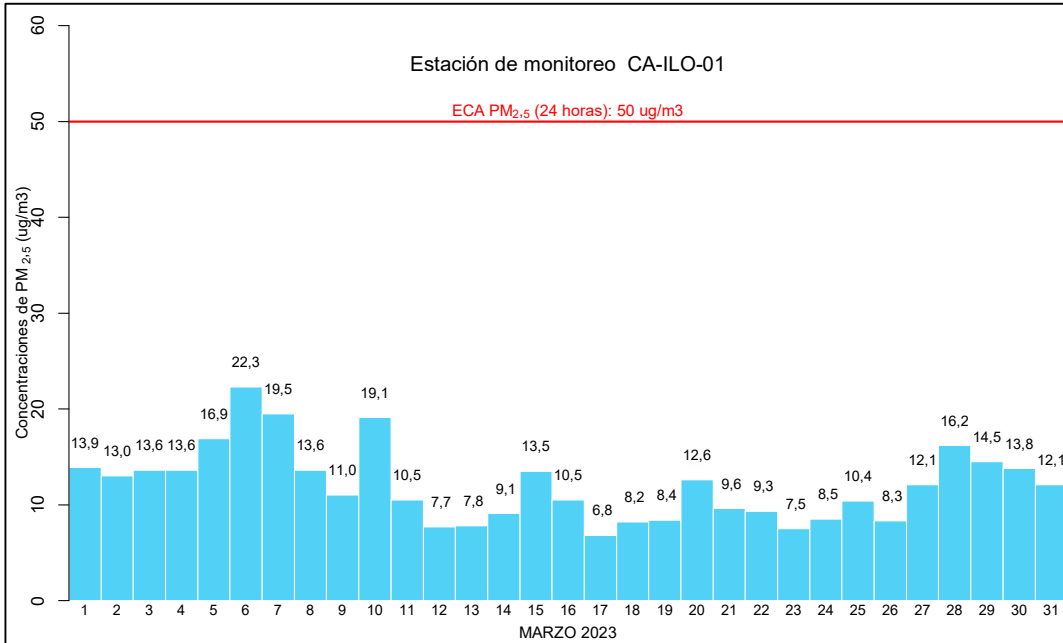


Figura 3.2.1. Concentraciones de 24 horas de PM_{2.5} en la estación de monitoreo CA-ILO-01, marzo de 2023

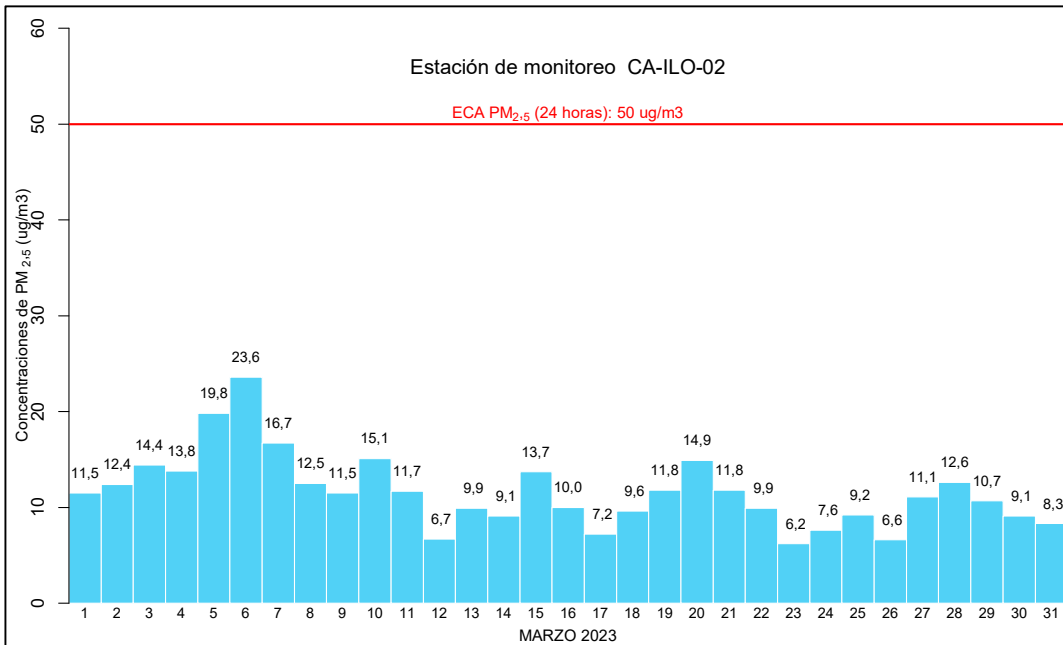


Figura 3.2.2. Concentraciones de 24 horas de PM_{2.5} en la estación de monitoreo CA-ILO-02, marzo de 2023

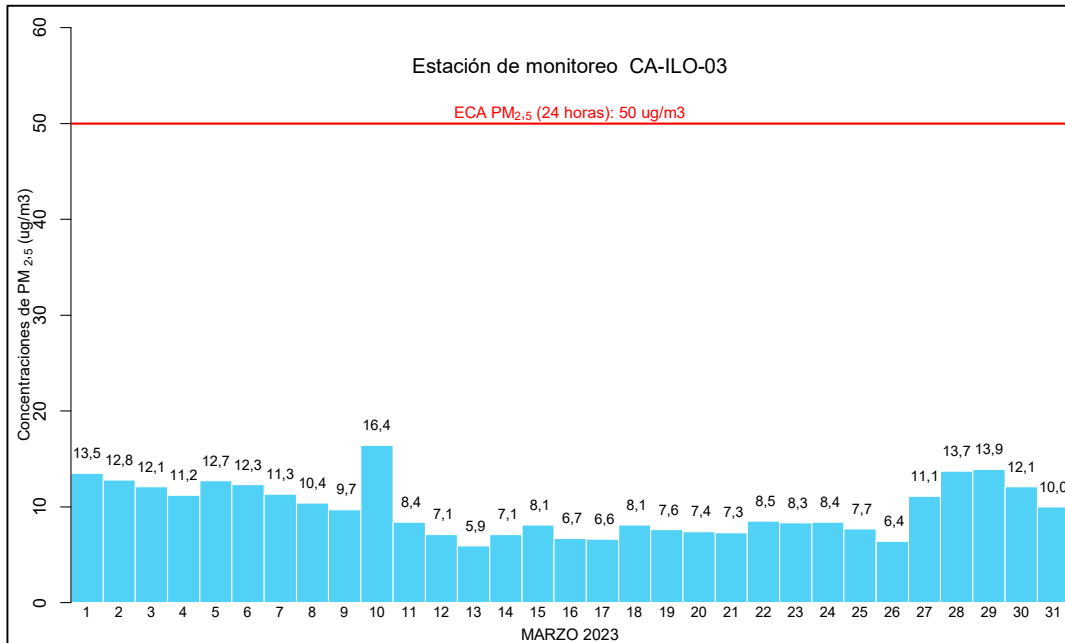


Figura 3.2.3 Concentraciones de 24 horas de PM_{2,5} en la estación de monitoreo CA-ILO-03, en marzo de 2023

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

En las Figuras 3.3.1, 3.3.2 y 3.3.3 se presentan las concentraciones de 24 horas de PM₁₀ de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del mes de marzo de 2023. Además, se observa que todas las concentraciones de 24 horas no excedieron el ECA para aire de PM₁₀ (100 µg/m³ en 24 horas).

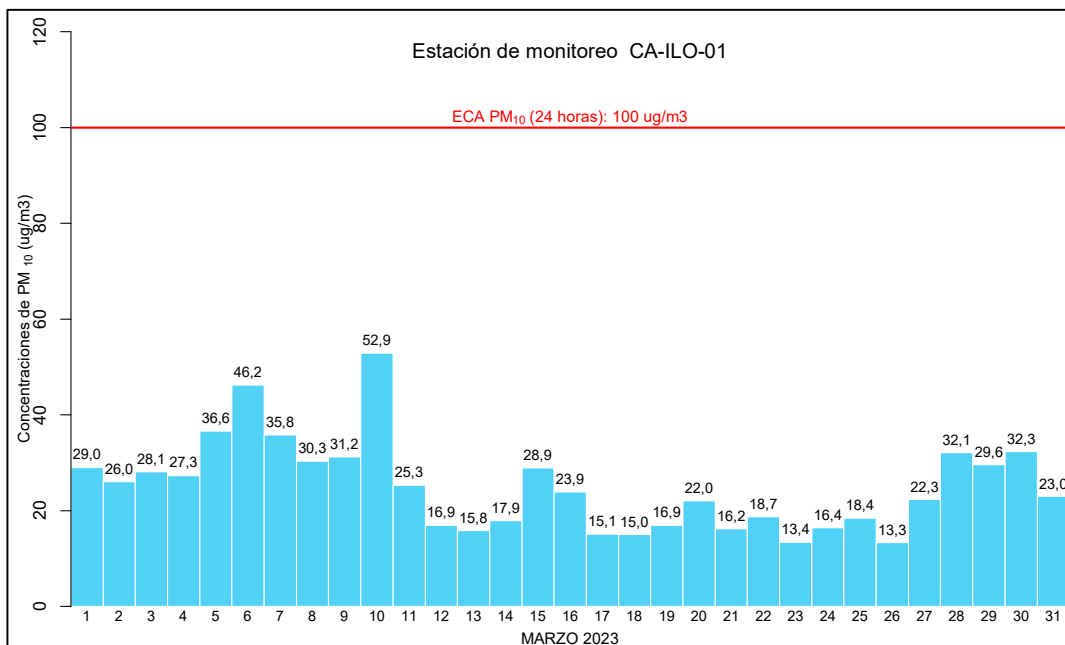


Figura 3.3.1. Concentraciones de 24 horas de PM₁₀ en la estación de monitoreo CA-ILO-01, marzo de 2023

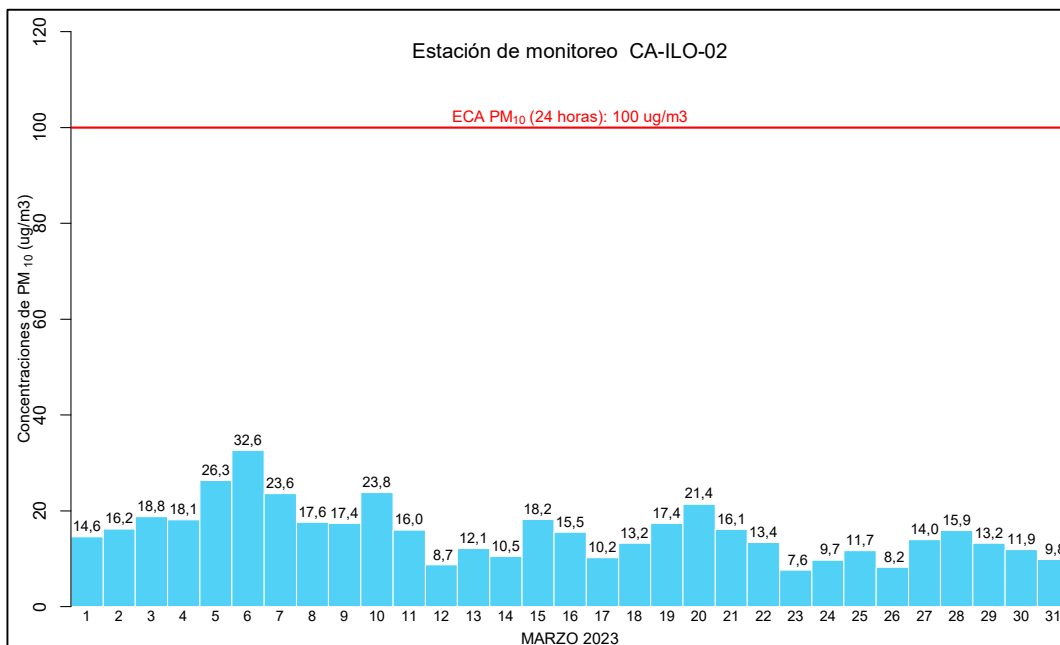


Figura 3.3.2. Concentraciones de 24 horas de PM₁₀ en la estación de monitoreo CA-ILO-02, marzo de 2023

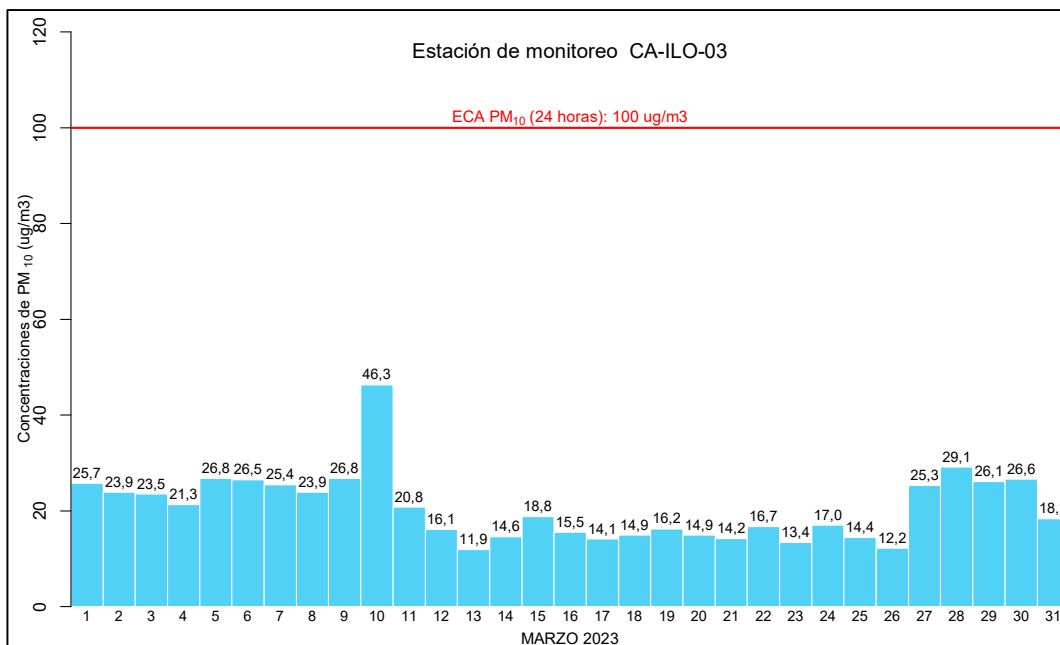


Figura 3.3.3. Concentraciones de 24 horas de PM₁₀ en la estación de monitoreo CA-ILO-03, marzo de 2023

3.4 Dióxido de azufre (SO₂)

En las Figuras 3.4.1, 3.4.2 y 3.4.3 se presentan las concentraciones de 24 horas de SO₂ de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del mes de marzo de 2023. Además, se observa que todas las concentraciones de 24 horas no excedieron el ECA para SO₂ (250 µg/m³ en 24 horas).

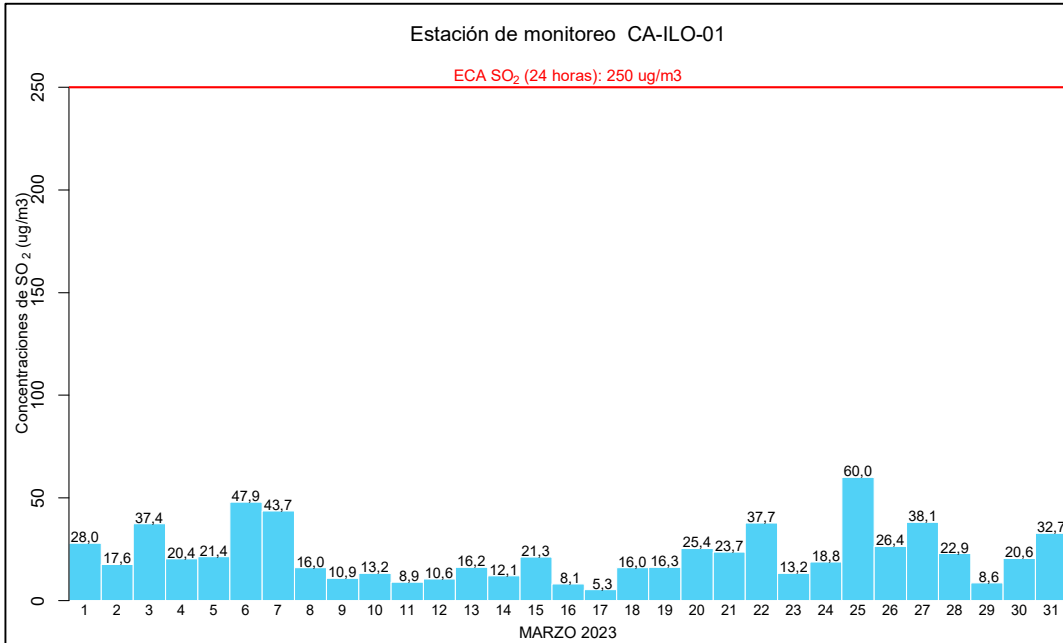


Figura 3.4.1. Concentraciones de 24 horas de SO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-01, marzo de 2023

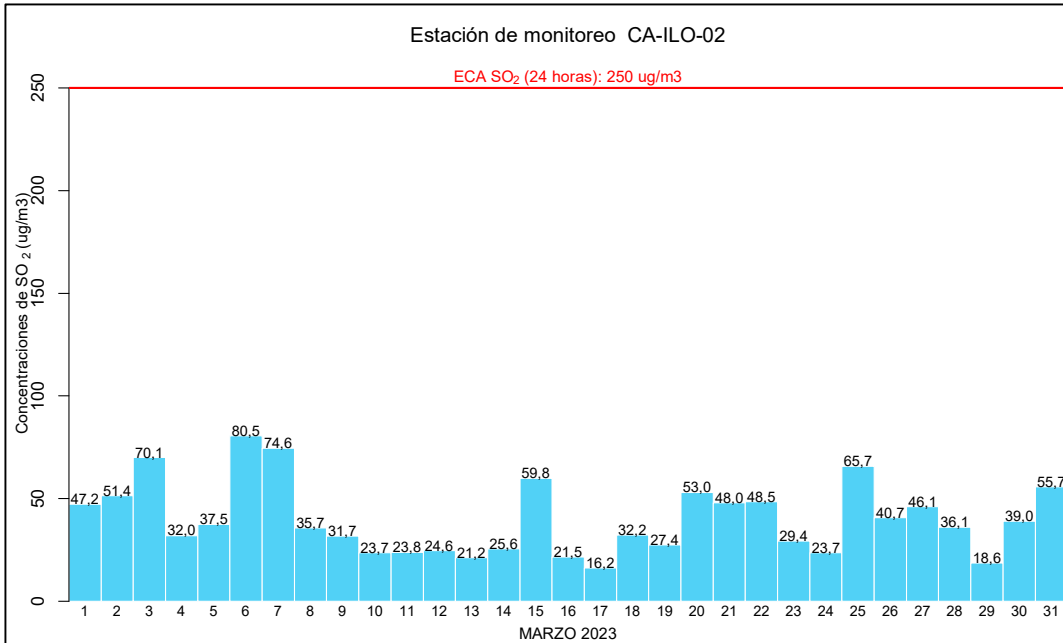


Figura 3.4.2. Concentraciones de 24 horas de SO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-02, marzo de 2023

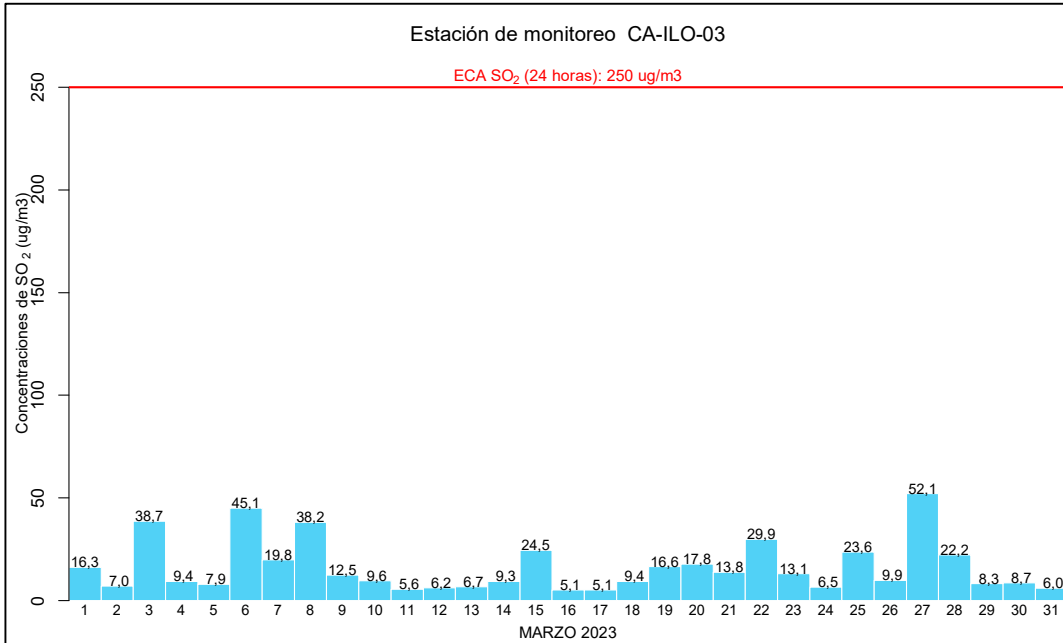


Figura 3.4.3. Concentraciones de 24 horas de SO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-03, marzo de 2023.

3.5 Sulfuro de hidrogeno (H₂S)

En las Figuras 3.5.1, 3.5.2 y 3.5.3 se presentan las concentraciones de 24 horas de H₂S de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del mes de marzo de 2023. Además, se observa que todas las concentraciones de 24 horas no excedieron el ECA para aire de H₂S (150 µg/m³ en 24 horas).

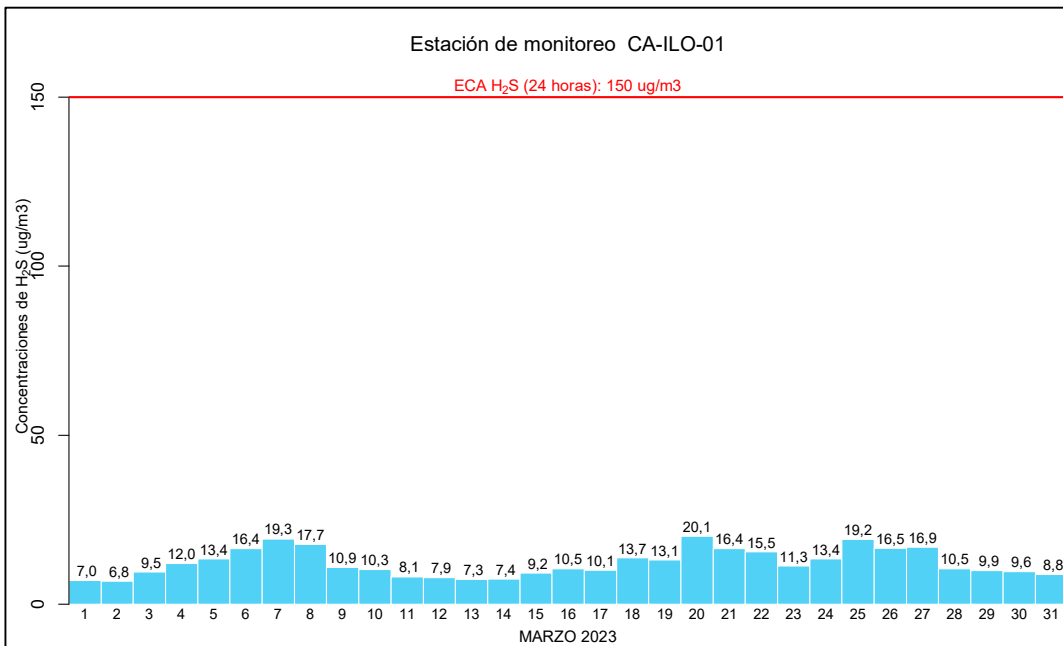


Figura 3.5.1. Concentraciones de 24 horas de H₂S en la estación de monitoreo CA-ILO-01, marzo de 2023

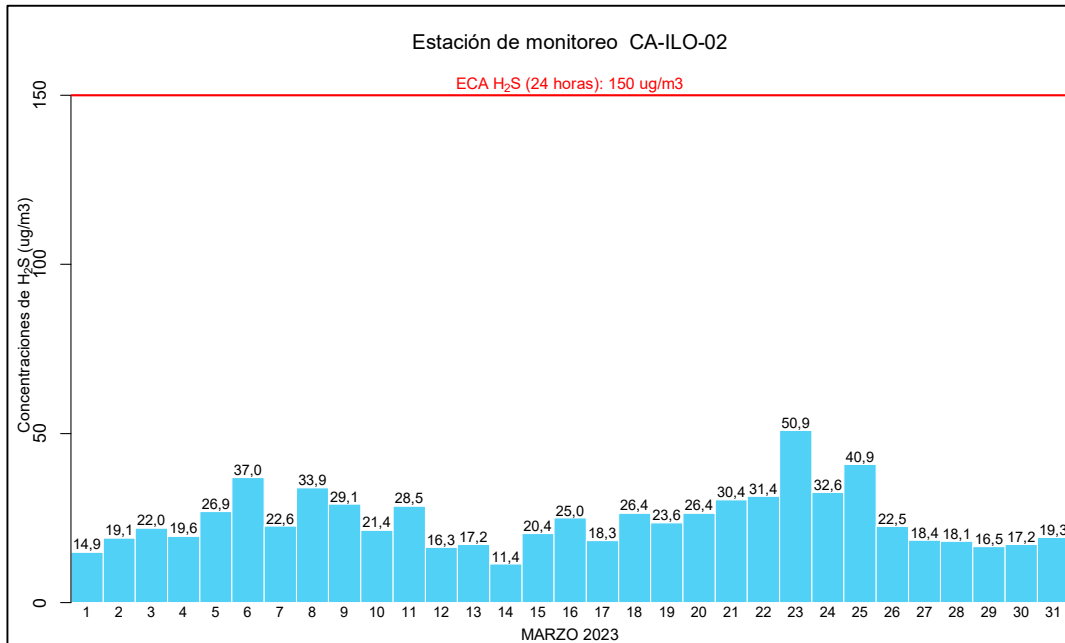


Figura 3.5.2. Concentraciones de 24 horas de H₂S en la estación de monitoreo CA-ILO-02, marzo de 2023

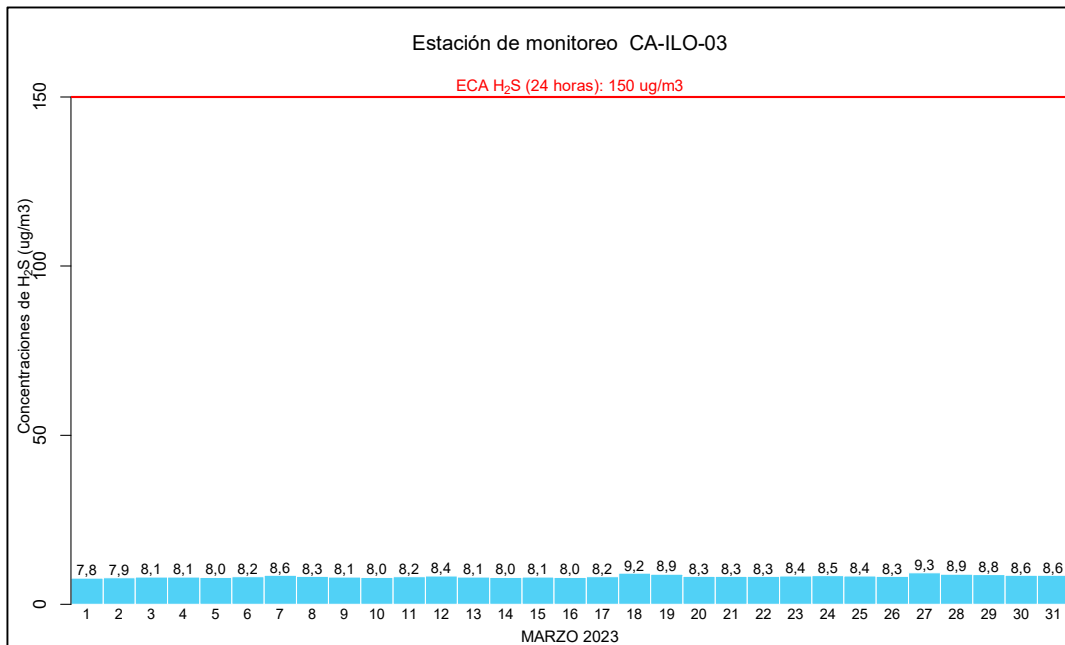


Figura 3.5.3. Concentraciones de 24 horas de H₂S en la estación de monitoreo CA-ILO-03, marzo de 2023.

3.6 Dióxido de nitrógeno (NO₂)

En las Figuras 3.6.1 y 3.6.2 se presentan las concentraciones horarias de NO₂ de las estaciones de monitoreo CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del mes de marzo de 2023. Además, se observa que todas las concentraciones horarias no excedieron el ECA para NO₂ (200 µg/m³ en 1 hora).

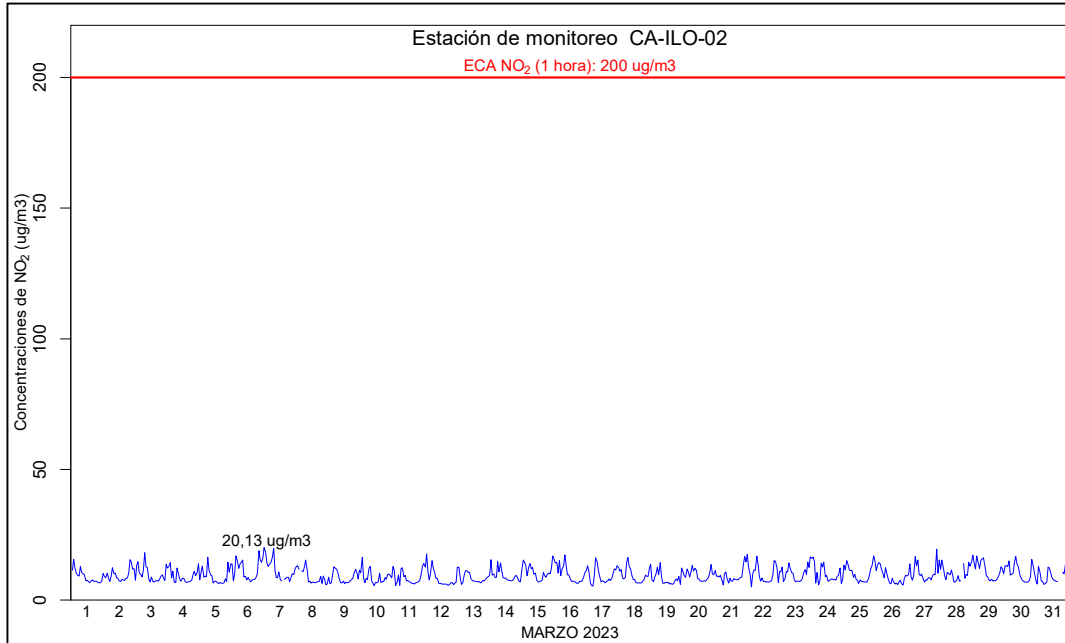


Figura 3.6.1. Concentraciones de horarias de NO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-02, marzo de 2023.

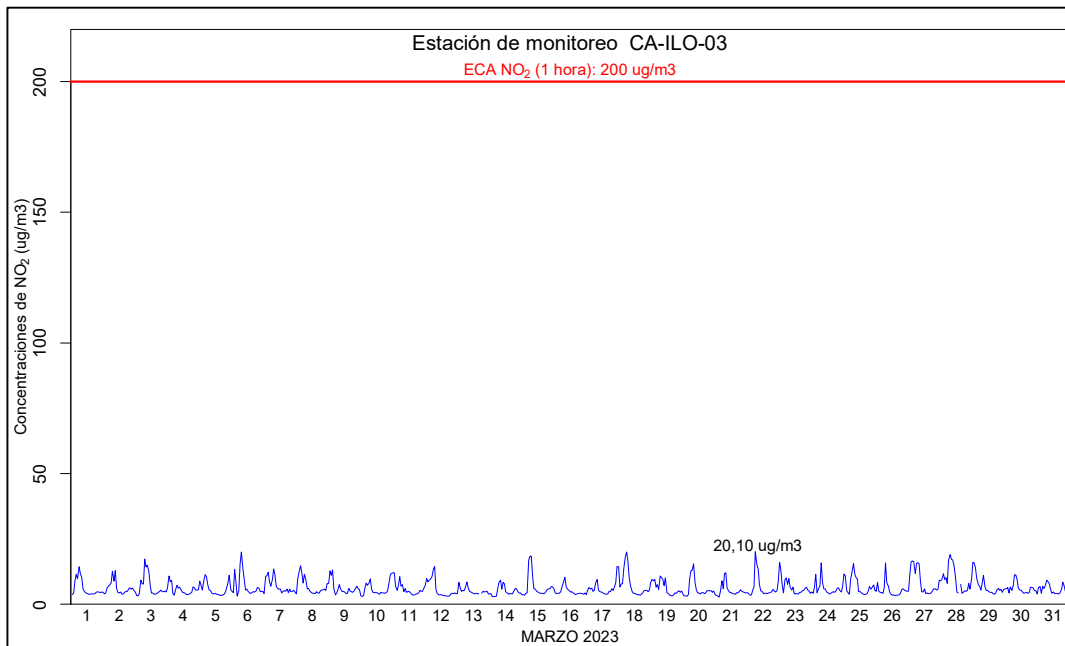


Figura 3.6.2. Concentraciones de horarias de NO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-03, marzo de 2023.

3.7 Monóxido de carbono (CO)

En las Figuras 3.7.1, 3.7.2 y 3.7.3 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, del mes de marzo de 2023. Además, se observa que todas las concentraciones horarias no excedieron el ECA para CO (30000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 1 hora).

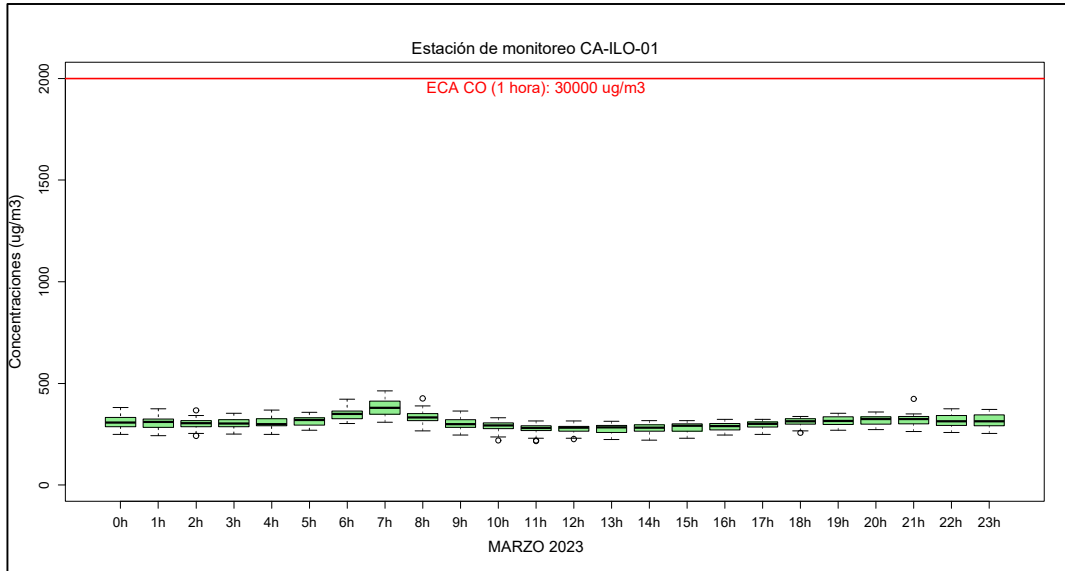


Figura 3.7.1. Concentraciones horarias de CO en la estación de monitoreo CA-ILO-01, marzo de 2023

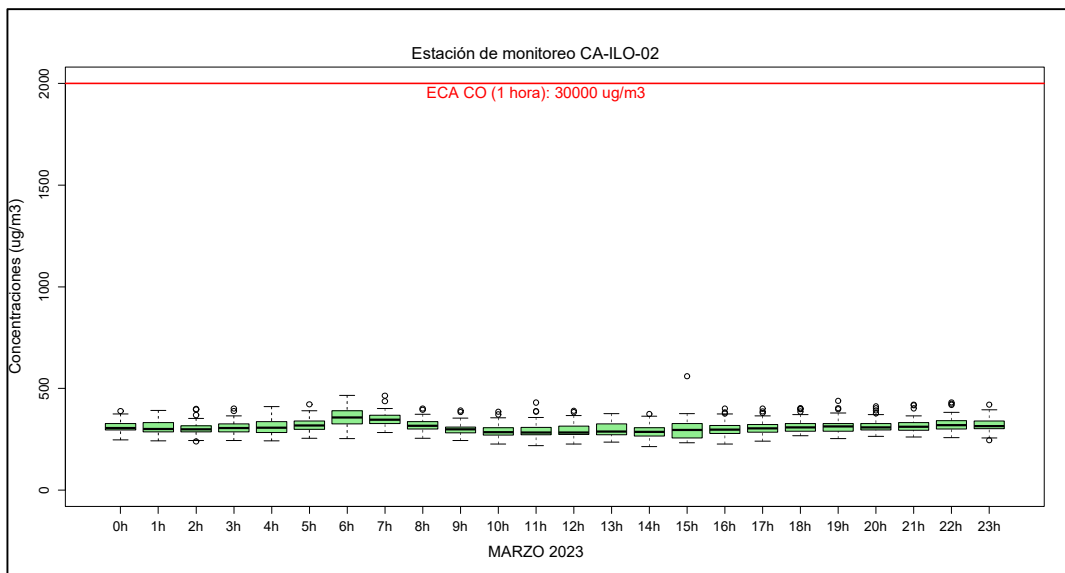


Figura 3.7.2. Concentraciones horarias de CO en la estación de monitoreo CA-ILO-02, marzo de 2023

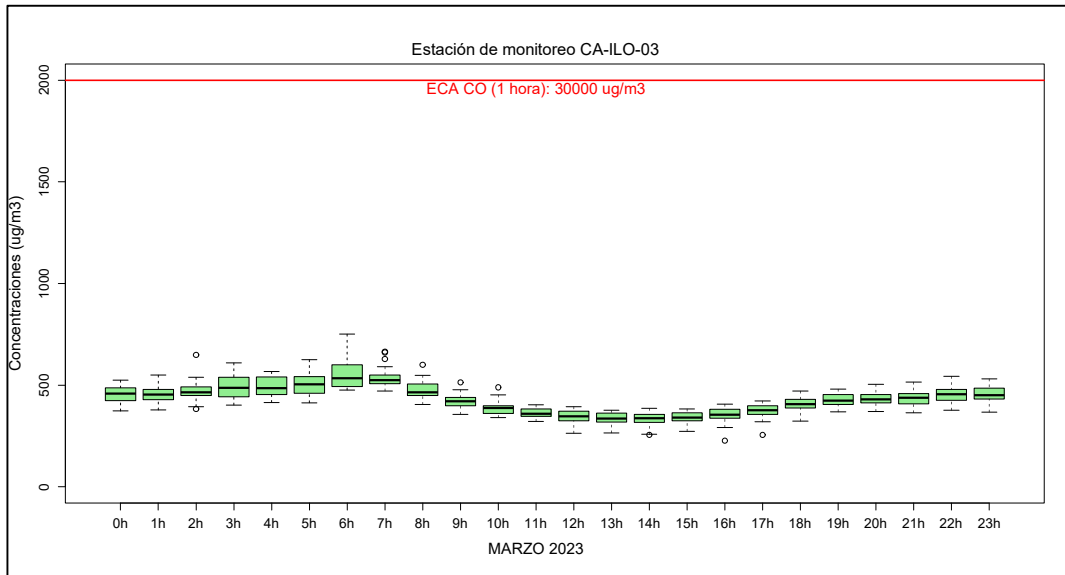


Figura 3.7.3. Concentraciones horarias de CO en la estación de monitoreo CA-ILO-03, marzo de 2023

En las Figuras 3.7.4, 3.7.5 y 3.7.6 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, del mes de marzo de 2023. Además, se observa que todas las concentraciones de promedio móvil de 8 horas no excedieron el ECA para CO (10000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 8 horas móviles).

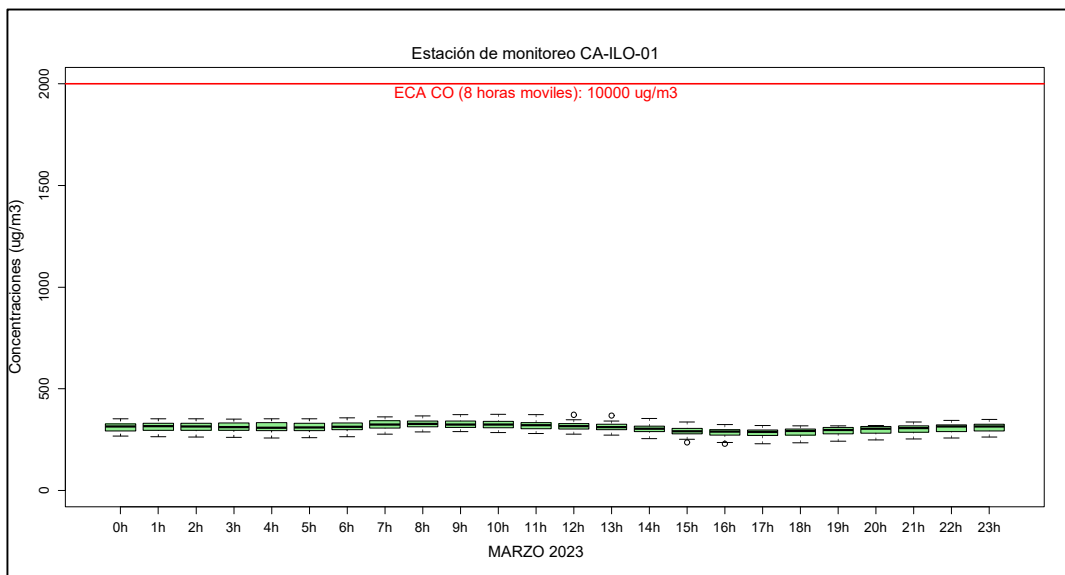


Figura 3.7.4. Concentraciones de promedio móvil de 8 horas de CO en la estación de monitoreo CA-ILO-01, marzo de 2023

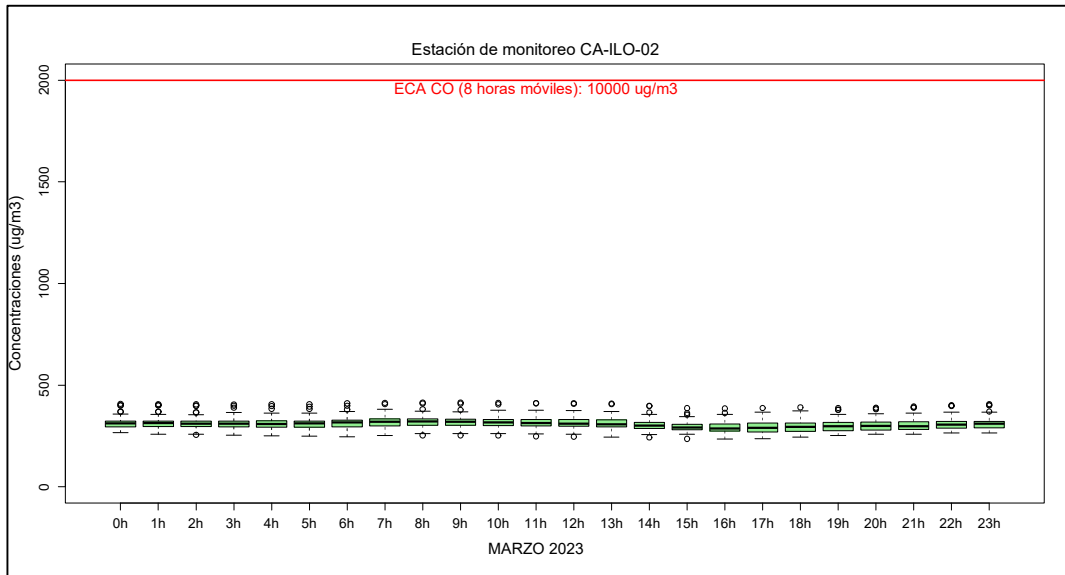


Figura 3.7.5. Concentraciones de promedio móvil de 8 horas de CO en la estación de monitoreo CA-ILO-02, marzo de 2023

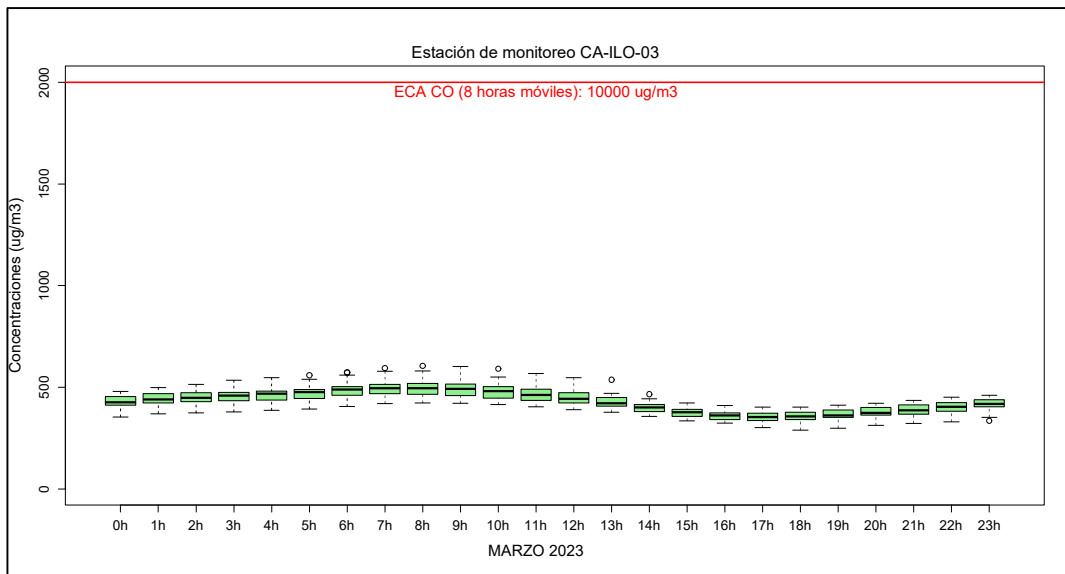


Figura 3.7.6. Concentraciones de promedio móvil de 8 horas de CO en la estación de monitoreo CA-ILO-03, marzo de 2023

3.8 Rosas de concentraciones

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

En las Figuras 3.8.1, 3.8.2 y 3.8.3 se presentan las rosas de concentraciones de PM_{2,5} de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del mes de marzo de 2023.

En la estación de monitoreo CA-ILO-01, se observa que el 20 % de los vientos que vienen de la dirección predominante sursureste (SSE) corresponden a un rango de 0 a 10 µg/m³ de concentración de PM_{2,5}.

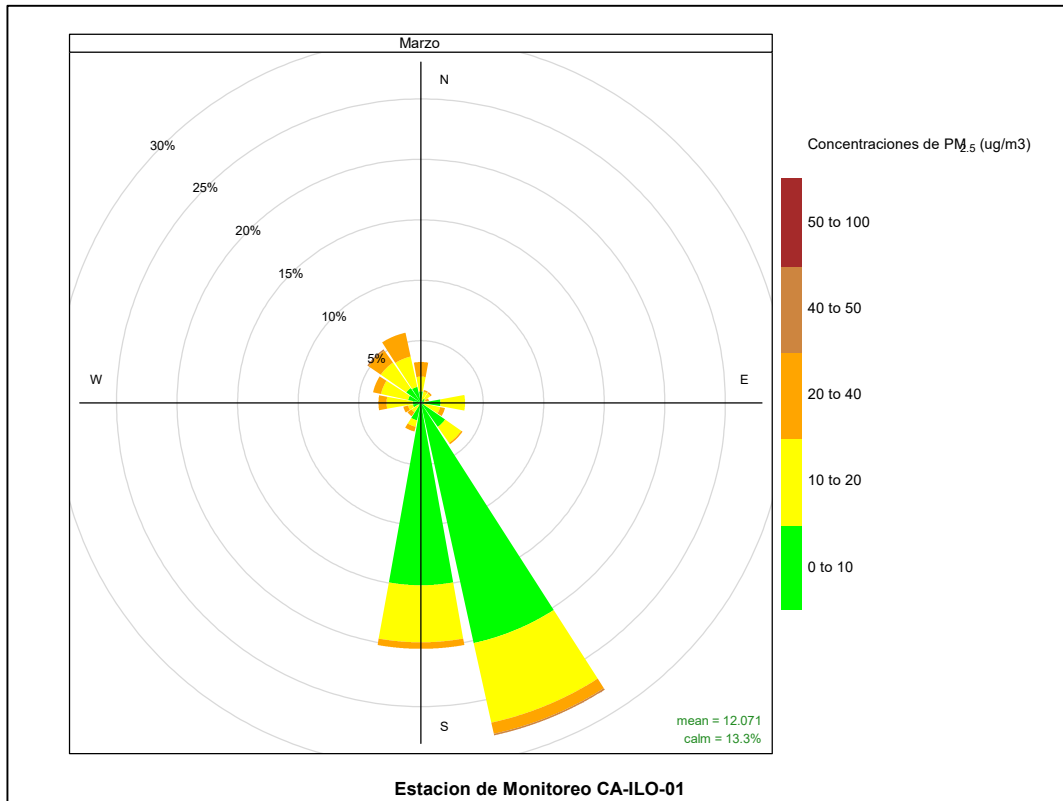


Figura 3.8.1. Rosa de concentración del PM_{2,5} en la estación de monitoreo CA-ILO-01, marzo del 2023

En la estación de monitoreo CA-ILO-02, se observa que las mayores concentraciones de PM_{2,5} coinciden con los vientos predominantes provenientes del noroeste (NW).

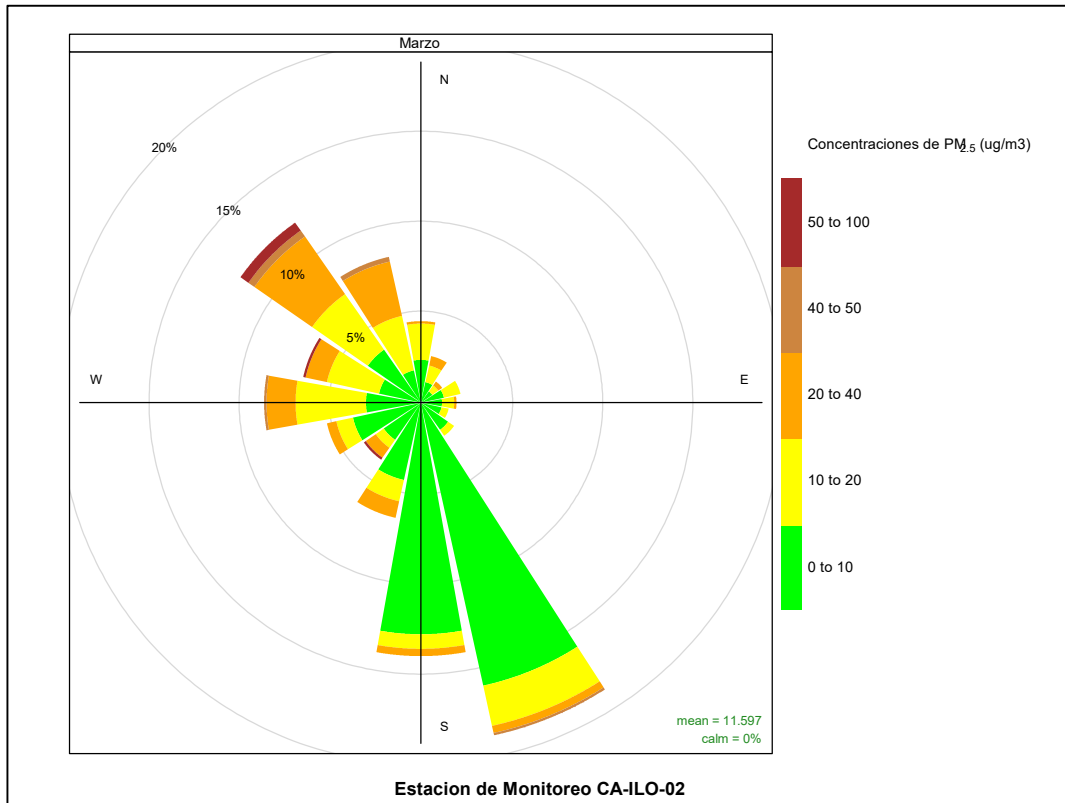


Figura 3.8.2. Rosa de concentración del $PM_{2.5}$ en la estación de monitoreo CA-ILO-02, marzo del 2023

Y en la estación CA-ILO-03, se observa que las mayores concentraciones de $PM_{2.5}$ coinciden con los vientos que provienen del sursureste (SSE), con una frecuencia de vientos muy baja sobre las concentraciones entre 20 y 40 $\mu g/m^3$, esta frecuencia de vientos es un aproximado de 1% de los vientos del SSE.

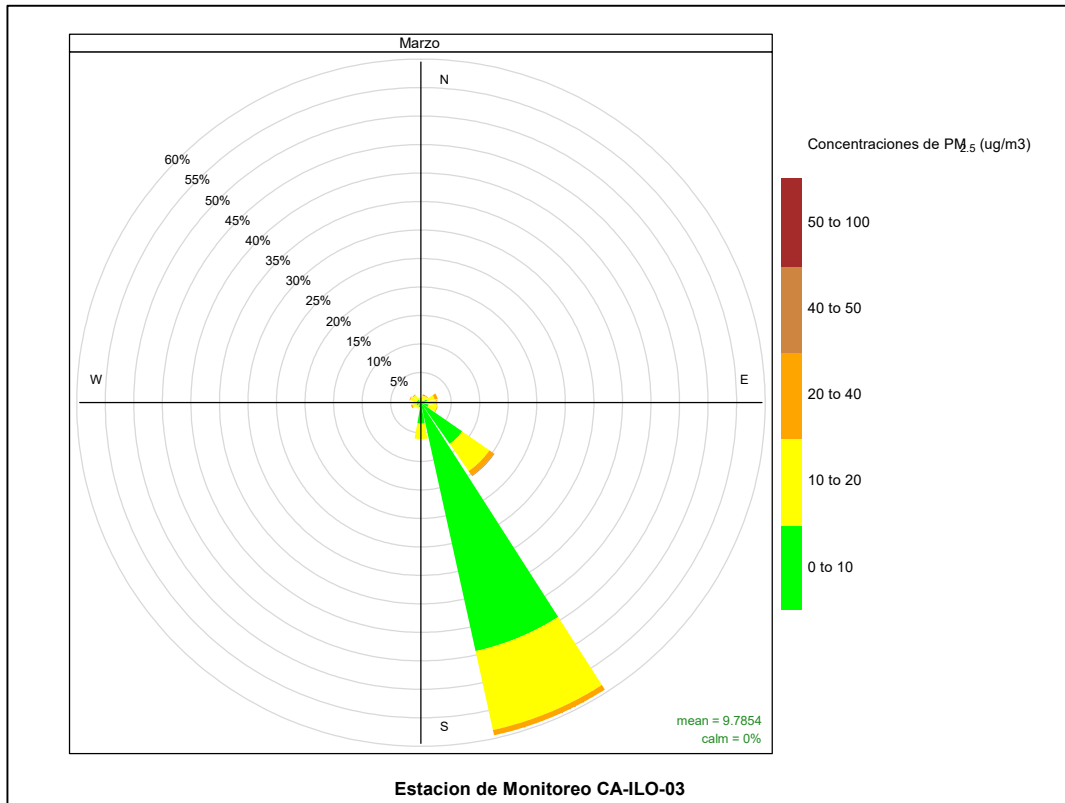


Figura 3.8.3. Rosa de concentración del $PM_{2.5}$ en la estación de monitoreo CA-ILO-03, marzo de 2023

En las Figuras 3.8.4, 3.8.5 y 3.8.6 se presentan las rosas de concentraciones horarias de $PM_{2.5}$ de las estaciones de monitoreo CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del mes de marzo de 2023.

En la estación de monitoreo CA-ILO-01, se observa que entre las 10 y 11:00 horas hay presencia de vientos provenientes del sur (S) con un rango de concentración de 0 a $40 \mu g/m^3$ en el resto del día la presencia de concentraciones es menor.

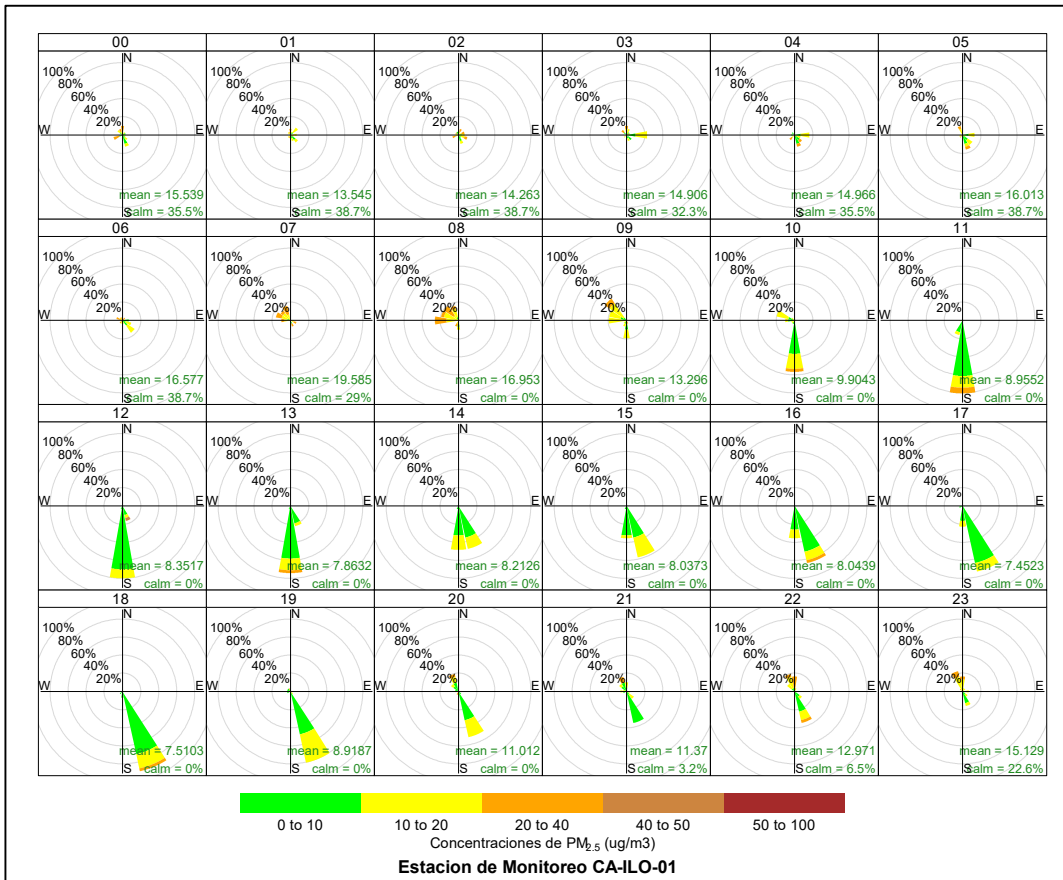


Figura 3.8.4. Rosa de concentración horaria del PM_{2.5} en la estación de monitoreo CA-ILO-01, marzo de 2023

En la estación de monitoreo CA-ILO-02, se observa que las mayores concentraciones coinciden, en gran medida, con los vientos en horario nocturno. Desde las 21:00 hasta las 8:00 horas aproximadamente, cabe mencionar que los vientos en ese horario son normalmente oeste (W), noroeste (NW) y nornoroeste (NNW).

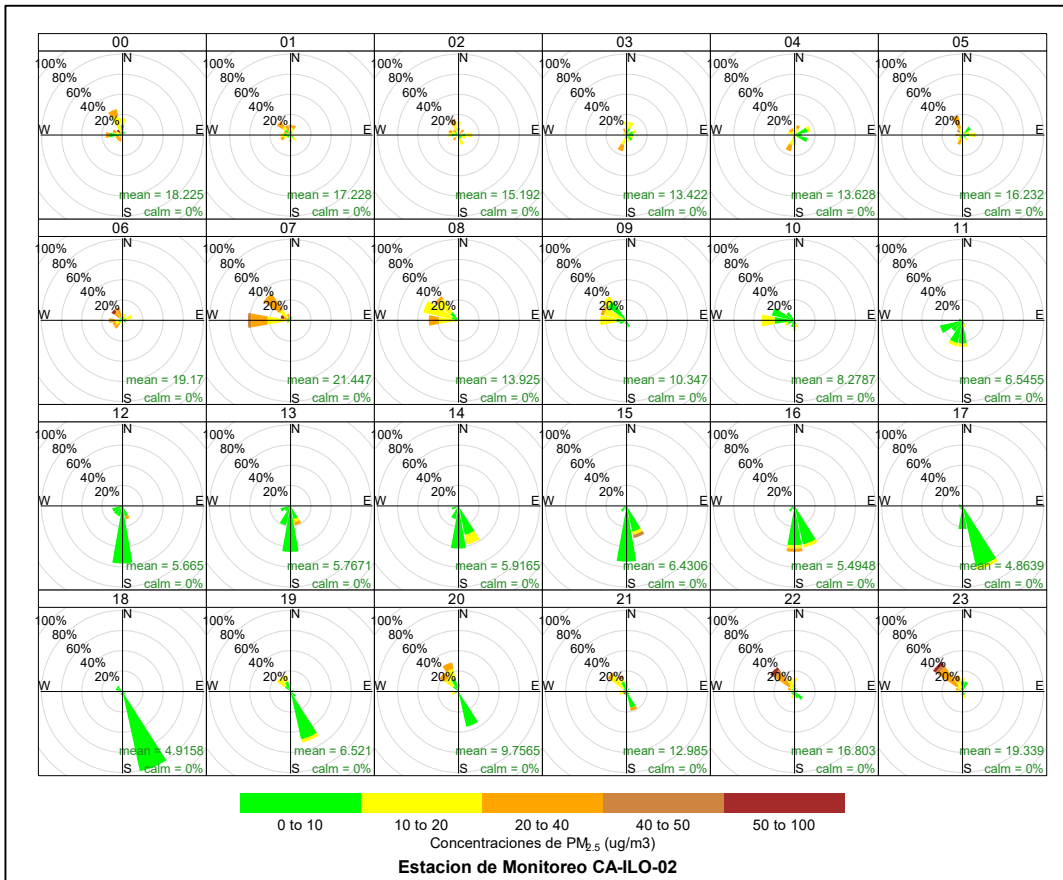


Figura 3.8.5. Rosa de concentración horaria del PM_{2.5} en la estación de monitoreo CA-ILO-02, marzo de 2023

Y en la estación de monitoreo CA-ILO-03, se observa que en la dirección donde hay mayor predominancia de vientos desde el sursureste (SSE), las concentraciones se encuentran mayormente en un rango de 0 a 20 µg/m³.

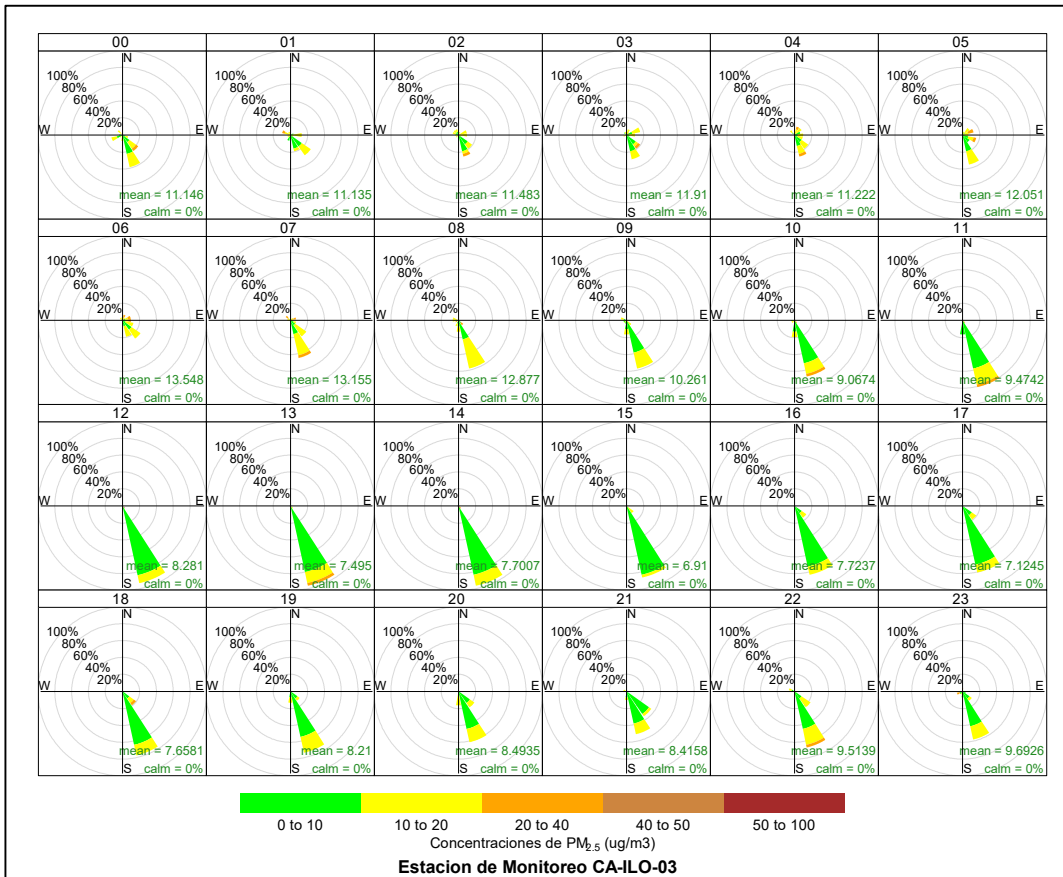


Figura 3.8.6. Rosa de concentración horaria del PM_{2.5} en la estación de monitoreo CA-ILO-03, marzo de 2023

3.8.2 Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM₁₀)

En las Figuras 3.8.7, 3.8.8 y 3.8.9 se presentan las rosas de concentraciones de PM₁₀ de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del mes de marzo de 2023.

En la estación de monitoreo CA-ILO-01, se observa que en la dirección de viento predominante, del sursureste (SSE), las concentraciones de PM₁₀ son de 0 hasta 100 µg/m³.

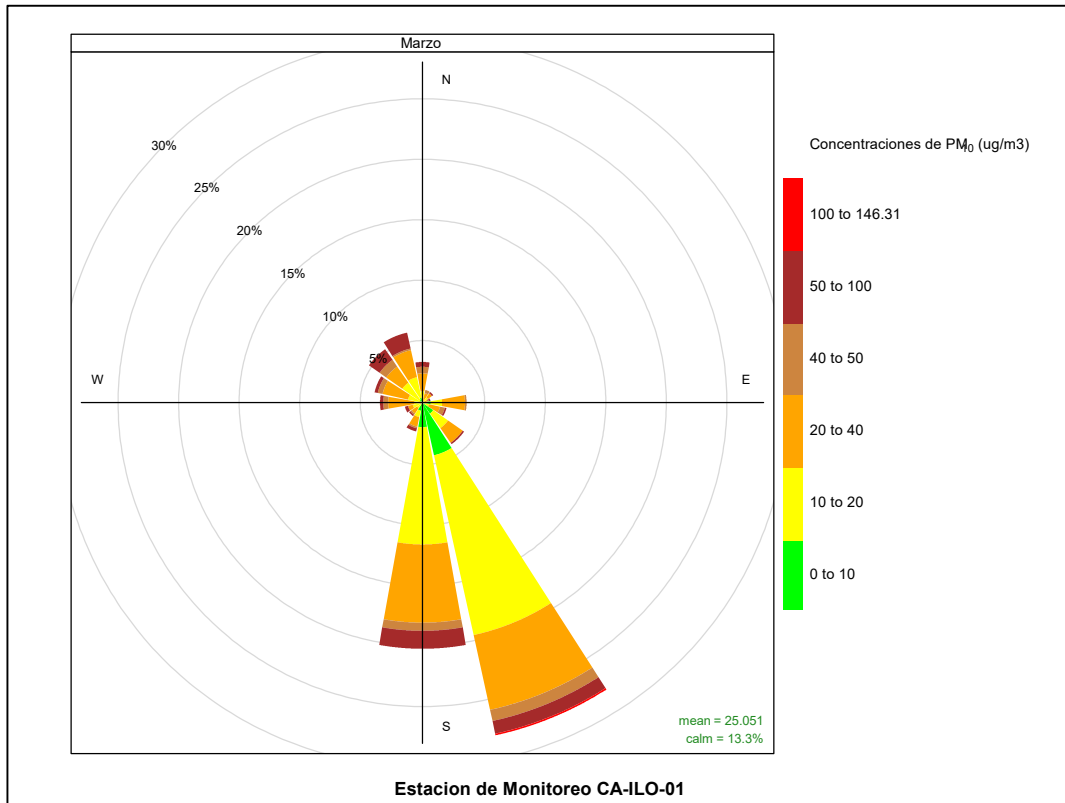


Figura 3.8.7. Rosa de concentración del PM₁₀ en la estación de monitoreo CA-ILO-01, marzo de 2023

En la estación de monitoreo CA-ILO-02, se observa que las mayores concentraciones de PM₁₀ coinciden con los vientos predominantes y provenientes del noroeste (NW).

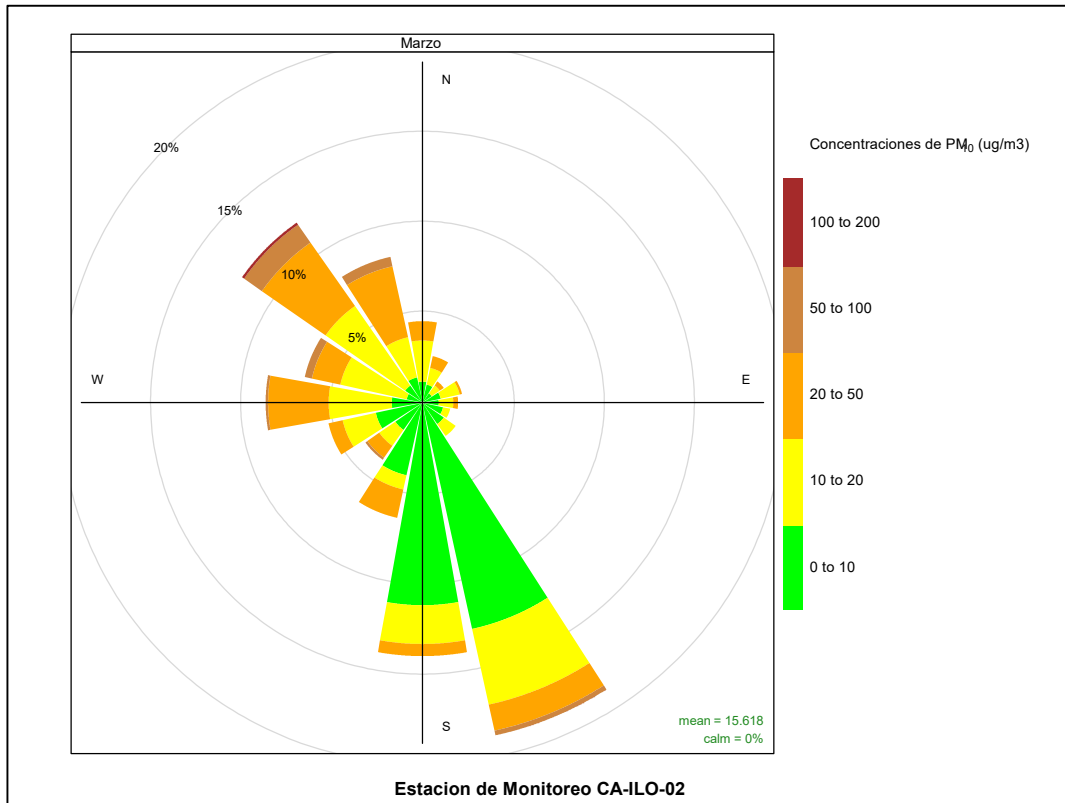


Figura 3.8.8. Rosa de concentración del PM₁₀ en la estación de monitoreo CA-ILO-02, marzo de 2023

Y en la estación CA-ILO-03, se observa que las mayores concentraciones de PM₁₀ coinciden con los vientos que provienen del sursureste (SSE), con mayor predominancia.

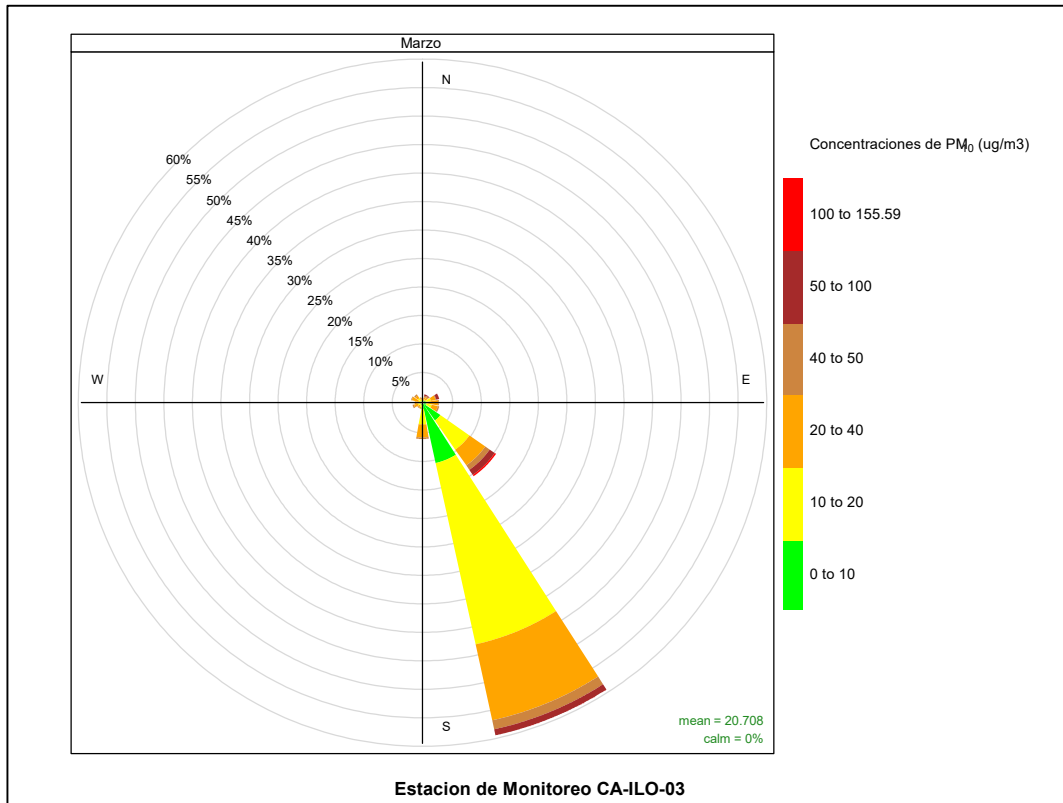


Figura 3.8.9. Rosa de concentración del PM₁₀ en la estación de monitoreo CA-ILO-03, marzo de 2023

En las Figuras 3.8.10, 3.8.11 y 3.8.12 se presentan las rosas de concentraciones horarias de PM₁₀ de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del mes marzo de 2023.

En la estación CA-ILO-01, se observa que las mayores concentraciones coinciden con los vientos provenientes del sur(S) y sursureste (SSE) entre las 10 y 16:00 horas.

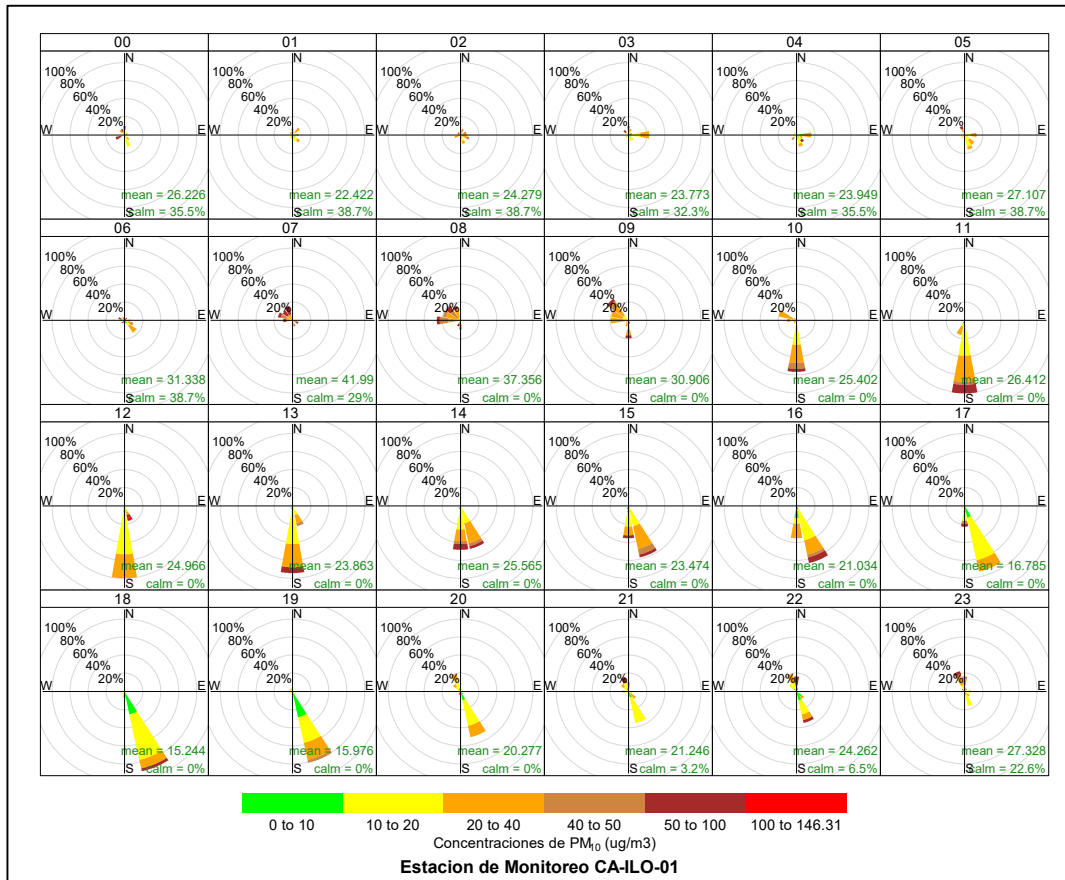


Figura 3.8.10. Rosa de concentración horaria del PM₁₀ en la estación de monitoreo CA-ILO-01, marzo de 2023

En la estación CA-ILO-02, se observa que las mayores concentraciones coinciden, en gran medida, con los vientos en horario nocturno. Desde las 22:00 hasta las 8:00 horas aproximadamente, cabe mencionar que los vientos en ese horario son normalmente oeste (W), noroeste (NW) y nornoroeste (NNW) y son, en su mayoría, de baja predominancia. Por lo que se deba a fuentes locales.

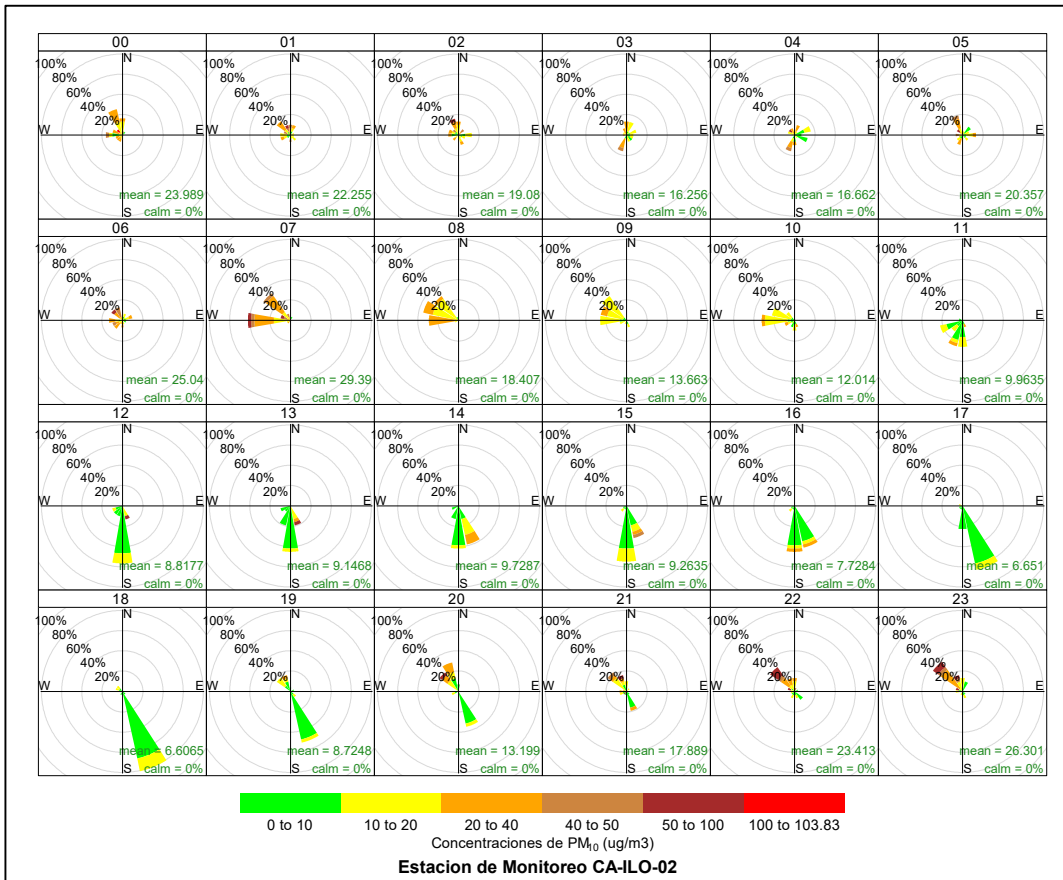


Figura 3.8.11. Rosa de concentración horaria del PM₁₀ en la estación de monitoreo CA-ILO-02, marzo de 2023

Y en la estación CA-ILO-03, se observa que en el horario donde hay mayor predominancia de vientos desde el sursureste (SSE), entre las 7:00 y 14:00 horas, las concentraciones se encuentran mayormente en un rango desde 0 a 100 µg/m³.

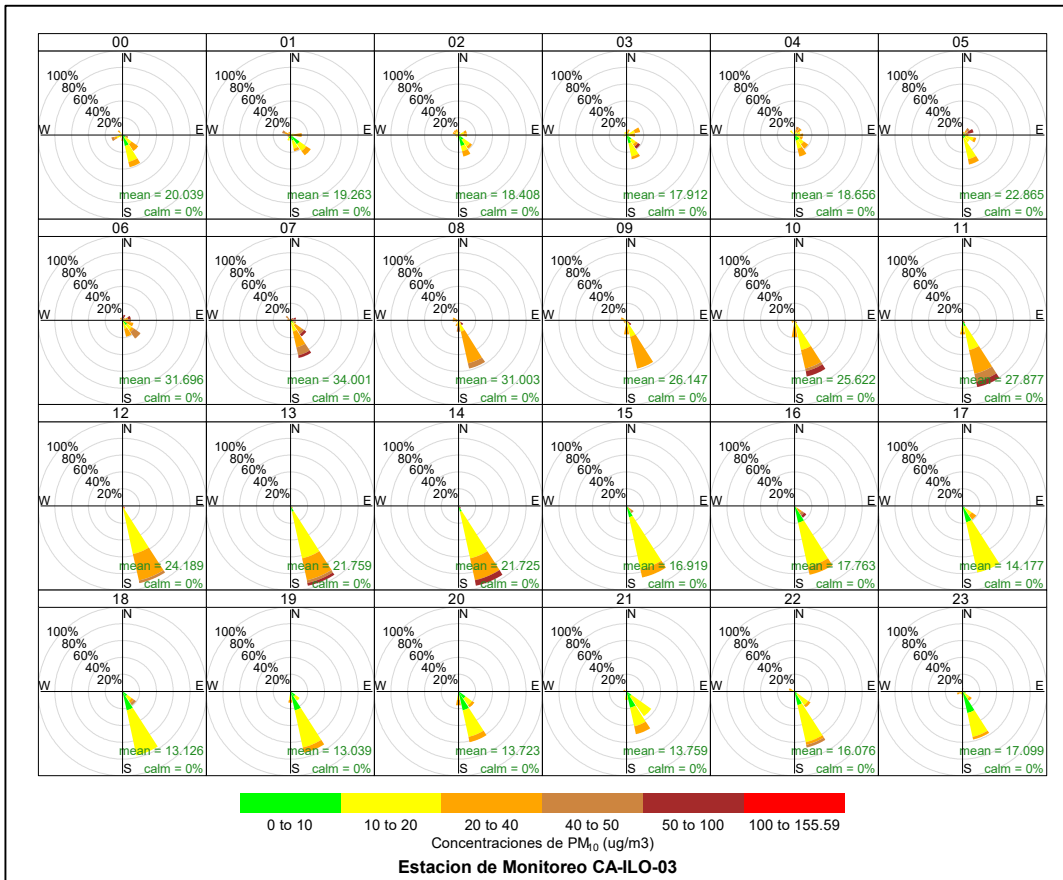


Figura 3.8.12. Rosa de concentración horaria del PM₁₀ en la estación de monitoreo CA-ILO-03, marzo de 2023

3.8.3 Dióxido de azufre (SO₂)

En las Figuras 3.8.13, 3.8.14 y 3.8.15 se presentan las rosas de concentraciones de SO₂ de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del mes de marzo de 2023.

En la estación de monitoreo CA-ILO-01, se observa que las mayores concentraciones de SO₂ coinciden con los vientos de mayor predominancia que provienen del sur (S) y sursureste (SSE) aunque con baja frecuencia, alrededor del 0,5% de los vientos del sur coinciden con un rango del 25 al 245.49 µg/m³.

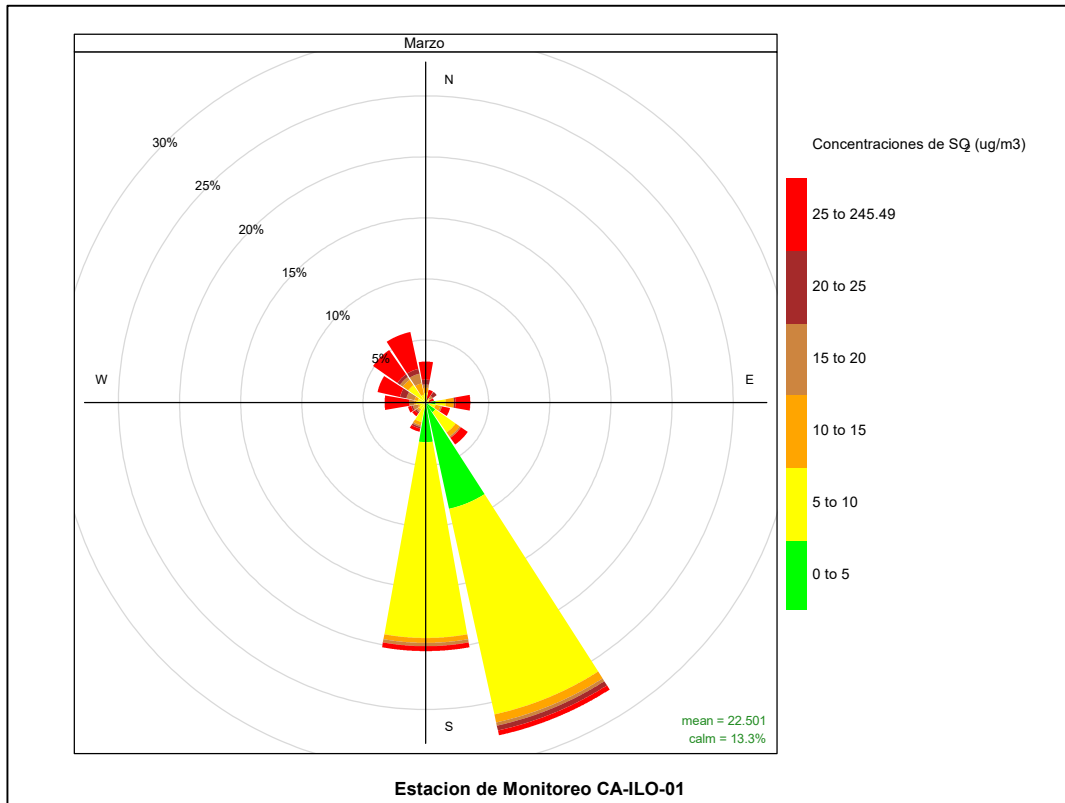


Figura 3.8.13. Rosa de concentración del SO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-01, marzo de 2023

En la estación CA-ILO-02, se observa que, los vientos provenientes del nornoroeste (NNW) y noroeste (NW) coinciden en algún momento con las concentraciones altas de SO₂, con una mayor frecuencia en la presencia de vientos con las concentraciones del rango de 150 a 409,74 µg/m³.

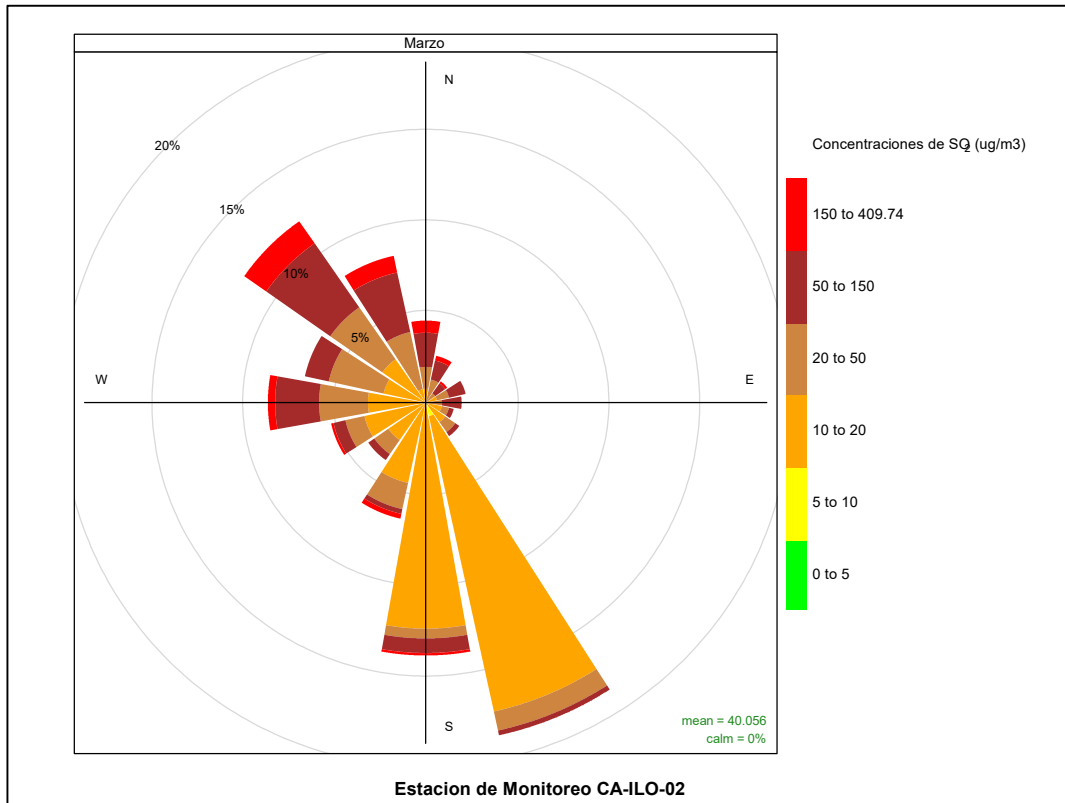


Figura 3.8.14. Rosa de concentración del SO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-02, marzo de 2023

Y en la estación de monitoreo CA-ILO-03, se observa que, de los vientos de mayor predominancia, sursureste (SSE) y sureste (SE), las concentraciones están en el rango de 0 a 426,54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Aunque con una mayor frecuencia de vientos en el rango de 0 a 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

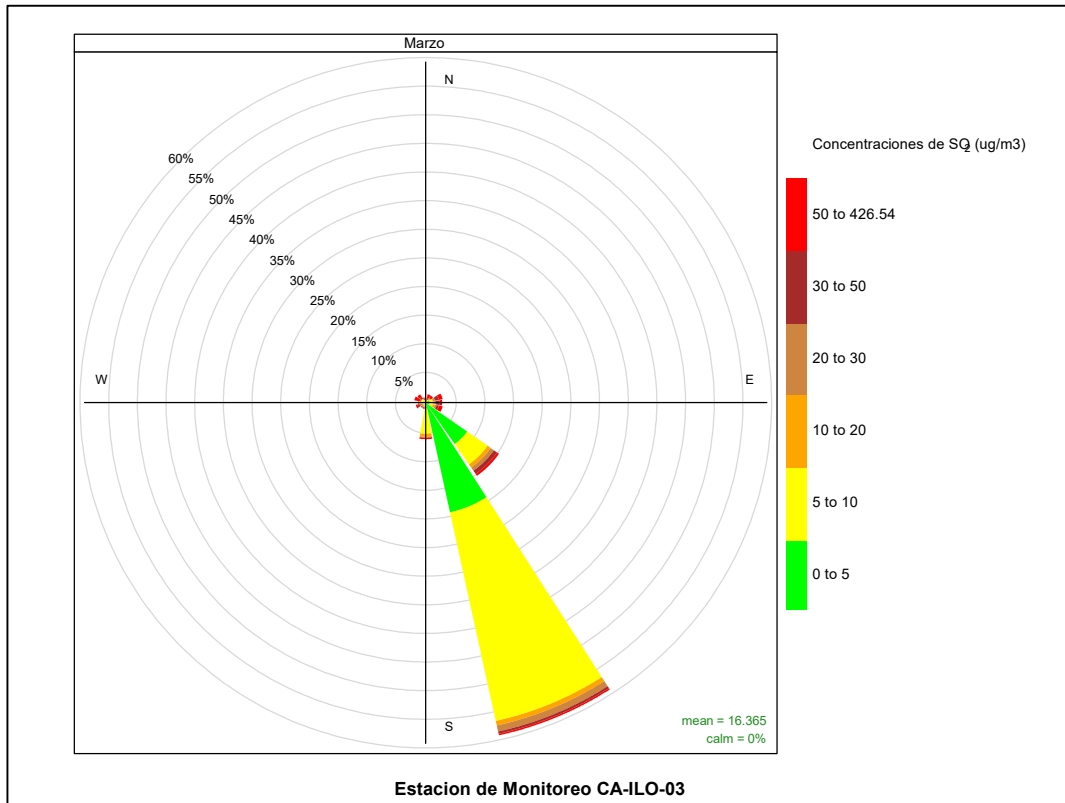


Figura 3.8.15. Rosa de concentración del SO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-03, marzo de 2023

En las Figuras 3.8.16, 3.8.17 y 3.8.18 se presentan las rosas de concentraciones horarias de SO₂ de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del mes de marzo de 2023.

En la estación de monitoreo CA-ILO-01, se observa que hay una mayor presencia de altas concentraciones durante el horario nocturno mayormente, desde las 21:00 hasta las 9:00 horas. Cabe mencionar que durante la noche hay una menor presencia de vientos respecto al horario diurno.

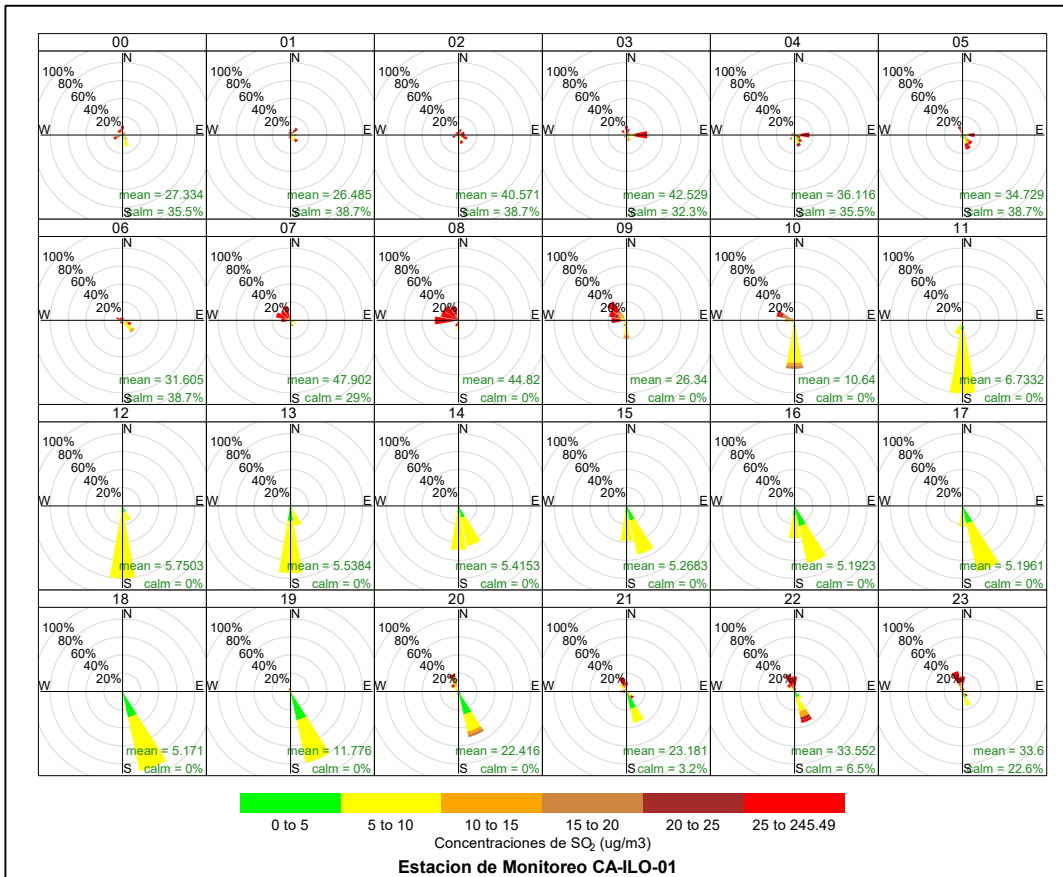


Figura 3.8.16. Rosa de concentración horaria del SO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-01, marzo de 2023

En la estación de monitoreo CA-ILO-02, se observa que hay una mayor presencia de altas concentraciones durante el horario nocturno mayormente, desde las 19:00 hasta las 10:00 horas. Cabe mencionar que durante la noche hay una menor presencia de vientos respecto al horario diurno y una tendencia en el cambio de dirección al oeste (W), noroeste (NW) y nornoroeste (NNW) respecto al horario diurno.

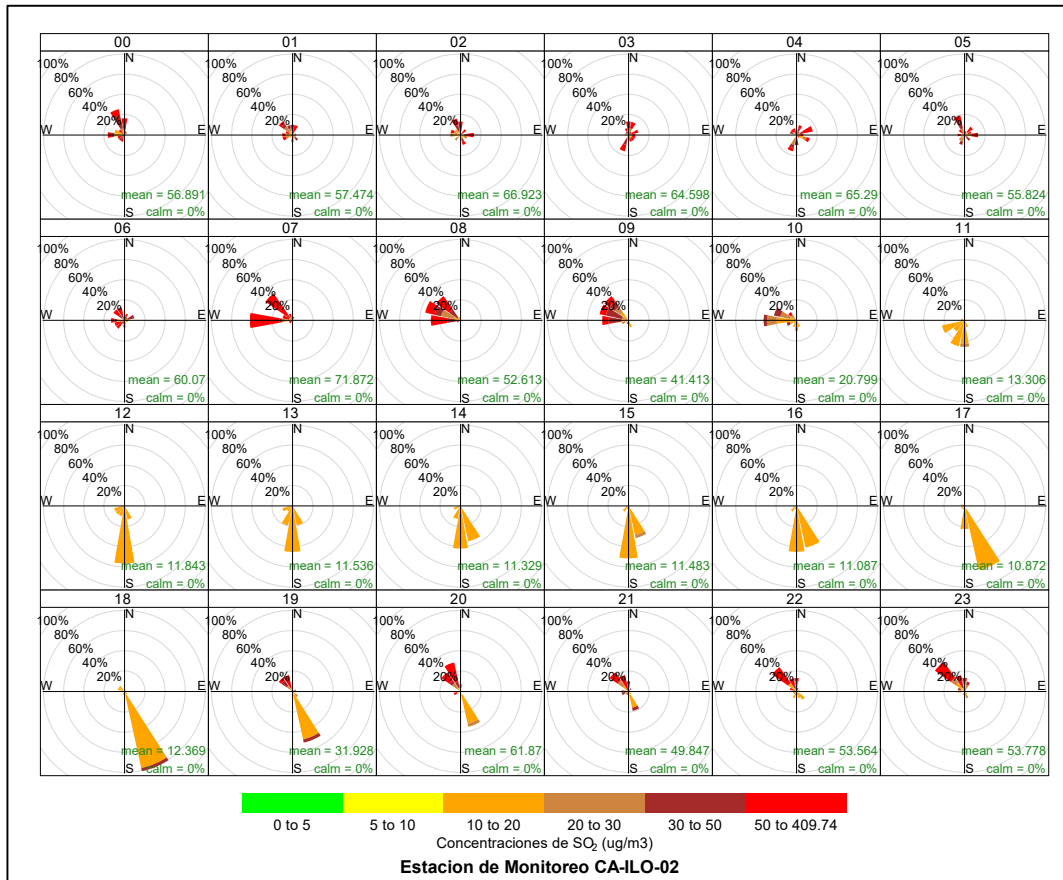


Figura 3.8.17. Rosa de concentración horaria del SO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-02, marzo de 2023

Y en la estación de monitoreo CA-ILO-03, se observa que desde las 9:00 hasta las 22:00 horas en los vientos de mayor predominancia, del sursureste (SSE), hay una coincidencia con un rango de concentraciones de 0 a 10 µg/m³. Sin embargo, se observa una mayor presencia de concentraciones más altas durante la noche, cabe mencionar que los vientos son de baja intensidad en ese horario.

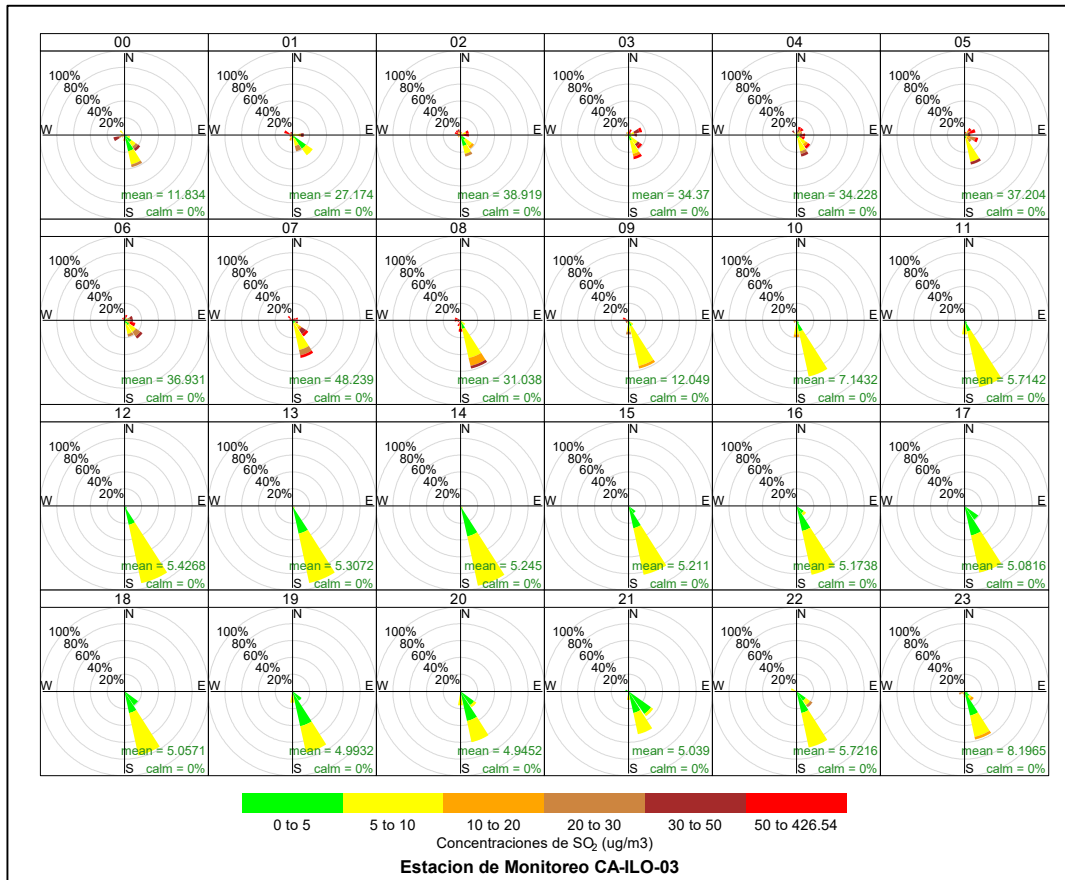


Figura 3.8.18. Rosa de concentración horaria del SO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-03, marzo de 2023

3.8.4 Sulfuro de hidrogeno (H₂S)

En las Figuras 3.8.19, 3.8.20 y 3.8.21 se presentan las rosas de concentraciones de H₂S de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del mes de marzo de 2023.

En la estación de monitoreo CA-ILO-01, se observa que las mayores concentraciones coinciden con los vientos provenientes del noroeste (NW), nornoroeste (NNW) y norte (N), donde hay baja presencia de vientos.

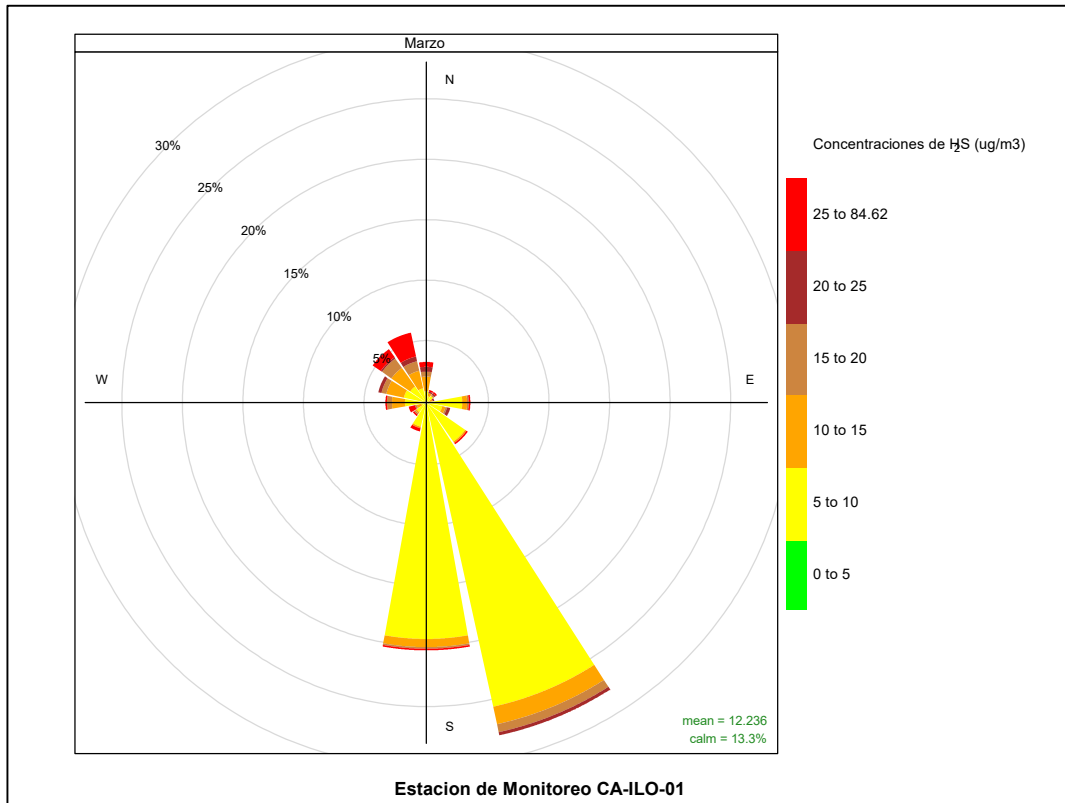


Figura 3.8.19. Rosa de concentración del H₂S en la estación de monitoreo CA-ILO-01, marzo de 2023

En la estación de monitoreo CA-ILO-02, se observa que las mayores concentraciones de H₂S provienen del oeste (W), oestenoeste (WNW), noroeste (NW) y nornoroeste (NNW) y norte (N) donde hay poca presencia de vientos en su mayoría, excepto la dirección noroeste (NW) que si es una dirección predominante de vientos.

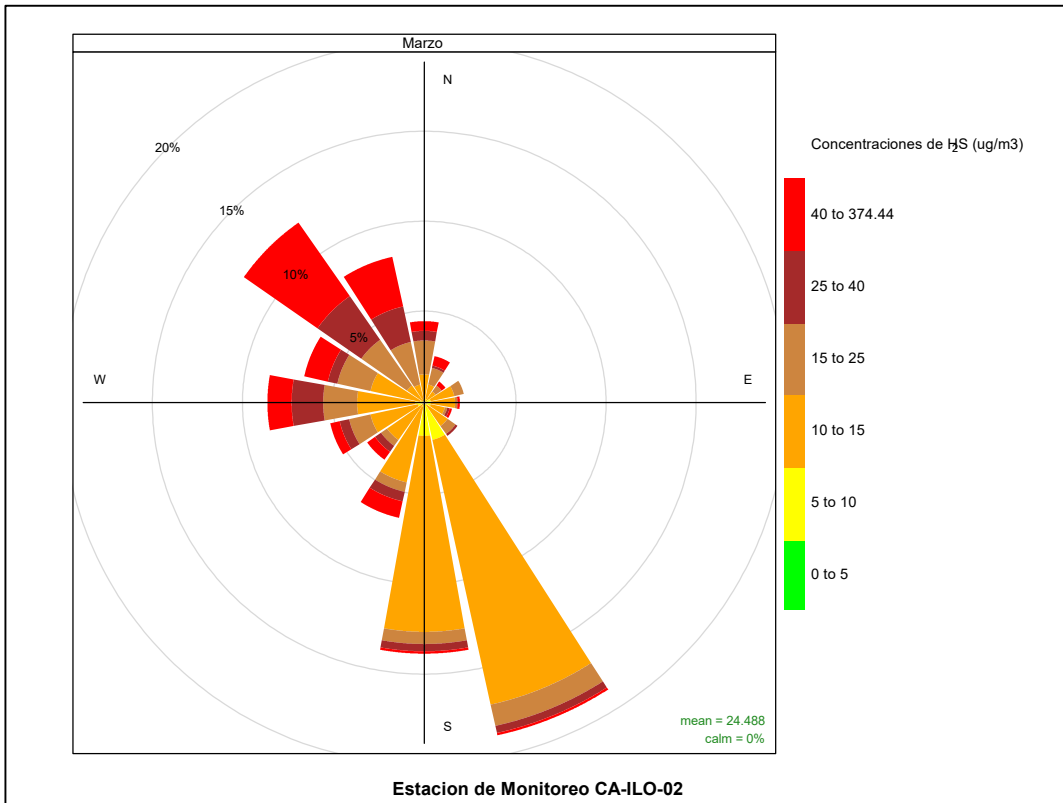


Figura 3.8.20. Rosa de concentración del H₂S en la estación de monitoreo CA-ILO-02, marzo de 2023

Y en la estación de monitoreo CA-ILO-03, se observa que las concentraciones de H₂S en el rango de 5 a 10 µg/m³ coinciden con los vientos de mayor predominancia que provienen del sursureste (SSE).

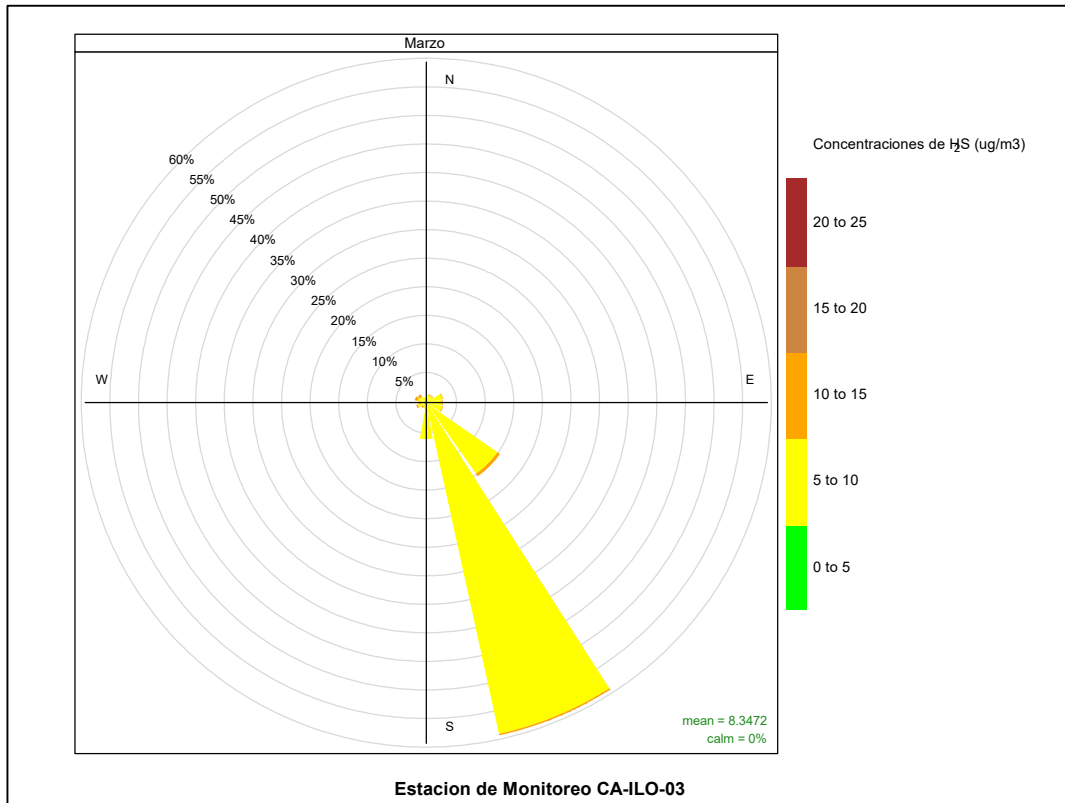


Figura 3.8.21. Rosa de concentración del H₂S en la estación de monitoreo CA-ILO-03, marzo de 2023

En las Figuras 3.8.22, 3.8.23 y 3.8.24 se presentan las rosas de concentraciones horarias de H₂S de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del mes de marzo de 2023.

En la estación CA-ILO-01, se observa que las mayores concentraciones de H₂S se presentan durante la noche a velocidades de viento muy bajas. Mientras que durante el día las direcciones predominantes sur (S) y sursureste (SSE) coinciden con rangos bajos de 5 a 10 µg/m³.

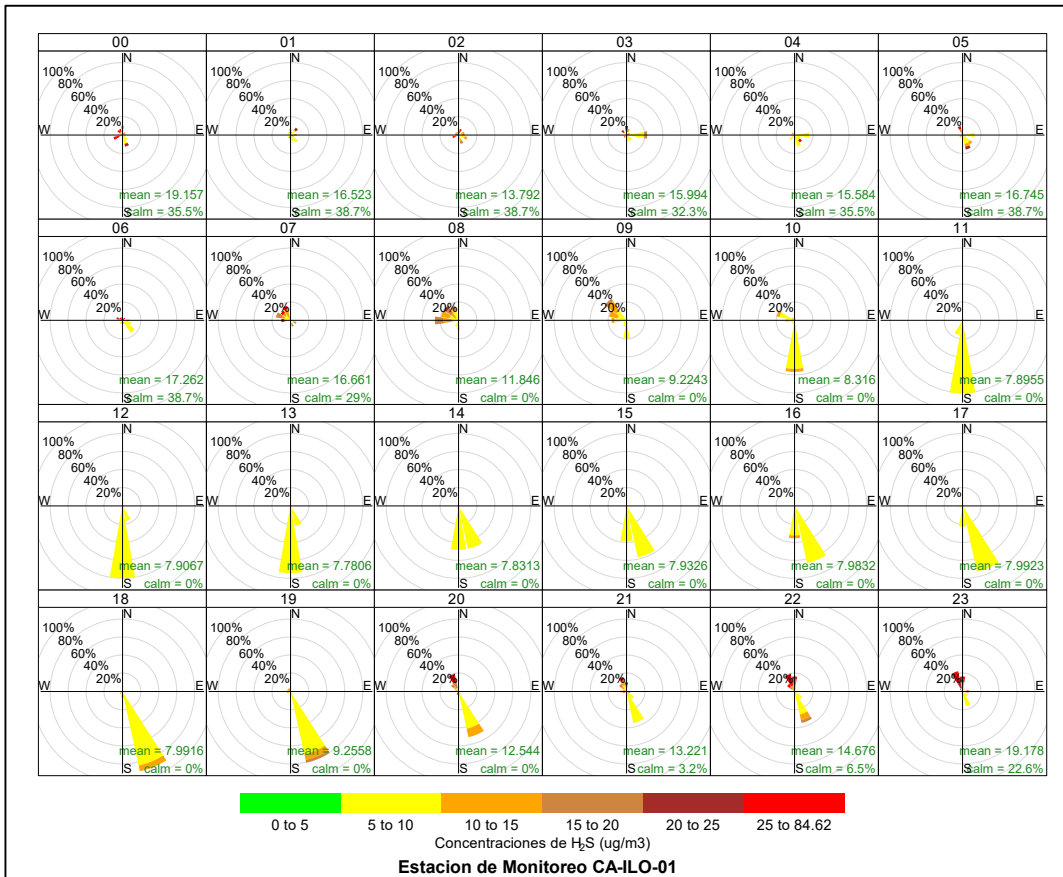


Figura 3.8.22. Rosa de concentración horaria del H₂S en la estación de monitoreo CA-ILO-01, marzo de 2023

En la estación de monitoreo CA-ILO-02, se observa que las mayores concentraciones de H₂S se presentan durante la noche a velocidades de viento muy bajas y normalmente desde las direcciones oeste (W), noroeste (NW) y nornoroeste (NNW). Mientras que durante el día las direcciones predominantes sur (S) y sursureste (SSE) coinciden con rangos bajos de 5 a 15 µg/m³.

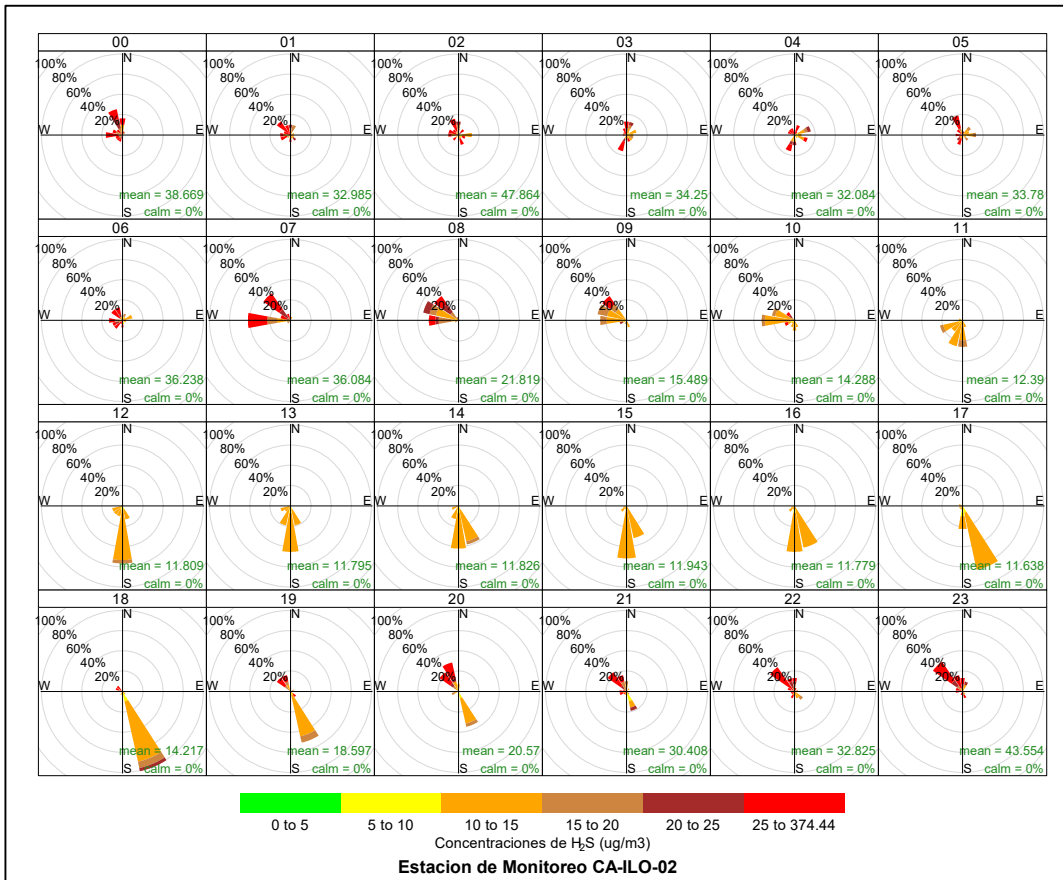


Figura 3.8.23. Rosa de concentración horaria del H₂S en la estación de monitoreo CA-ILO-02, marzo de 2023

Y en la estación de monitoreo CA-ILO-03, se observa que las concentraciones de H₂S en el rango de 5 a 10 µg/m³ están presentes en todas las horas del día, en los vientos que provienen del sursureste (SSE) y sureste (SE).

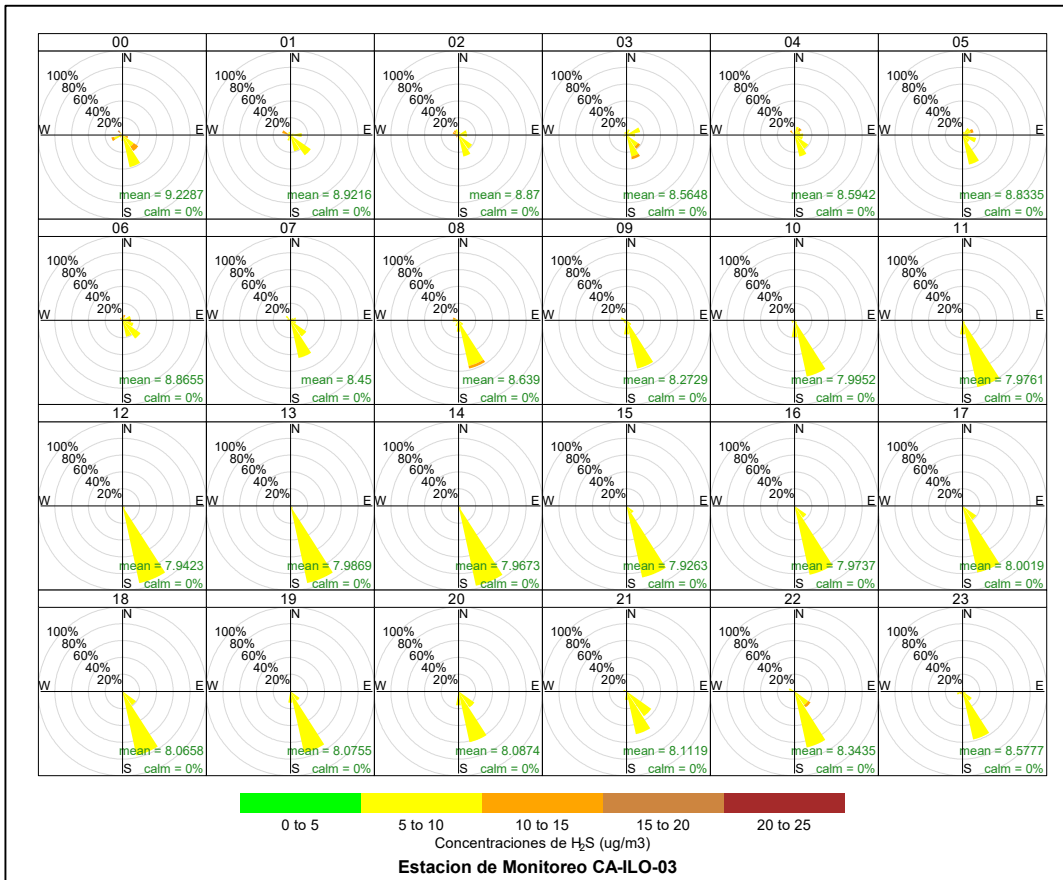


Figura 3.8.24. Rosa de concentración horaria del H₂S en la estación de monitoreo CA-ILO-03, marzo de 2023

3.8.5 Dióxido de nitrógeno (NO₂)

En las Figuras 3.8.25 y 3.8.26 se presentan las rosas de concentraciones de NO₂ de las estaciones de monitoreo CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del mes de marzo de 2023.

En la estación de monitoreo CA-ILO-02, se observa que las mayores concentraciones de NO₂ provienen del noroeste (NW) donde hay predominancia de vientos.

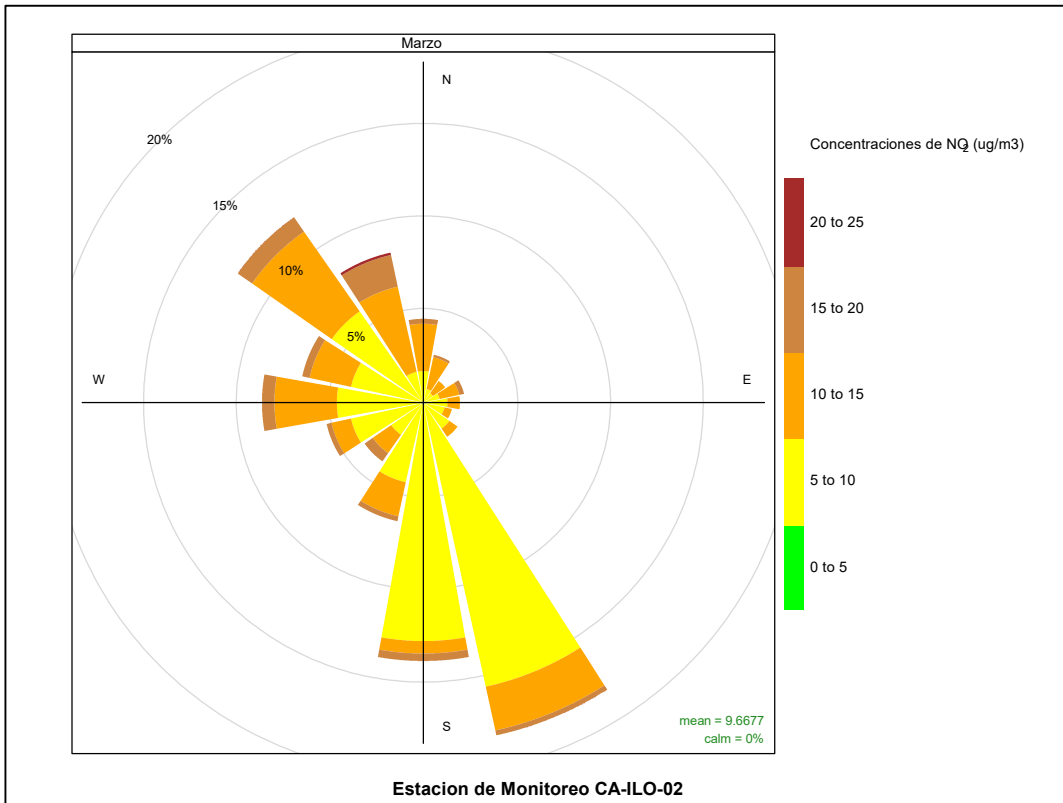


Figura 3.8.25. Rosa de concentración del NO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-02, marzo de 2023

Y en la estación de monitoreo CA-ILO-03, se observa que, en la dirección predominante de vientos, desde el sursureste (SSE) las concentraciones presentes están en un rango desde 0 hasta 15 µg/m³.

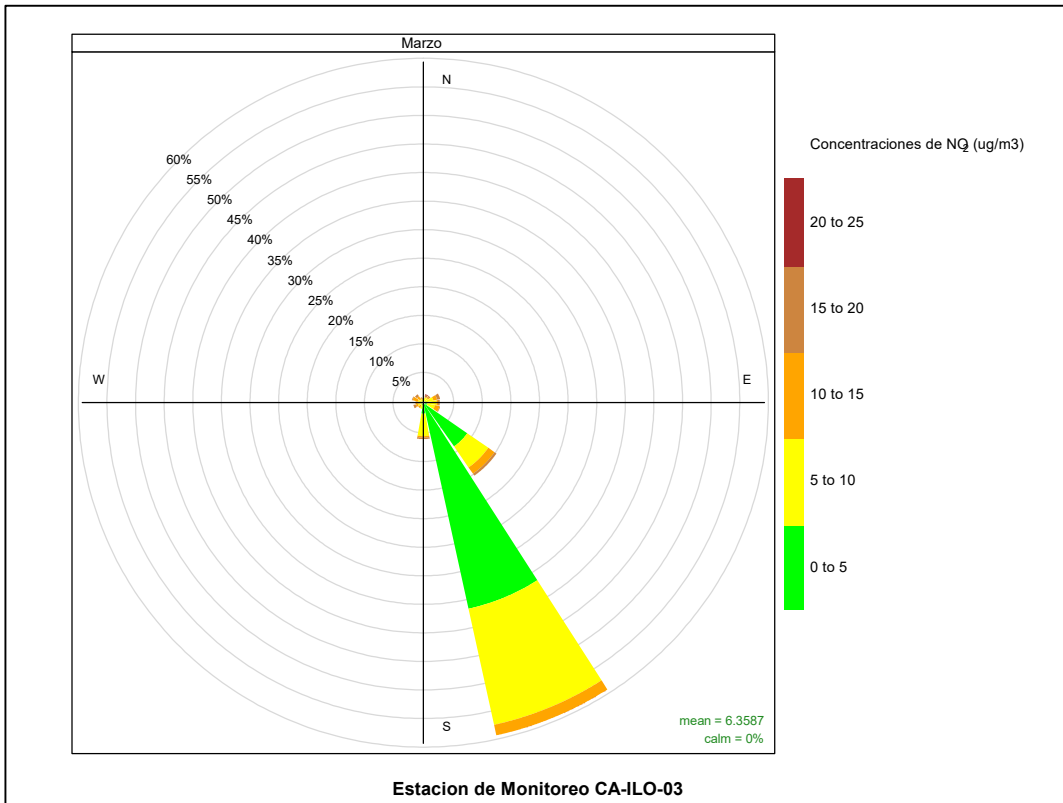


Figura 3.8.26. Rosa de concentración del NO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-03, marzo de 2023

En las Figuras 3.8.27 y 3.8.28 se presentan las rosas de concentraciones horarias de NO₂ de las estaciones de monitoreo CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del mes de marzo de 2023.

En la estación de monitoreo CA-ILO-02, se observa que las mayores concentraciones se producen durante la noche donde los vientos cuentan con poca presencia.

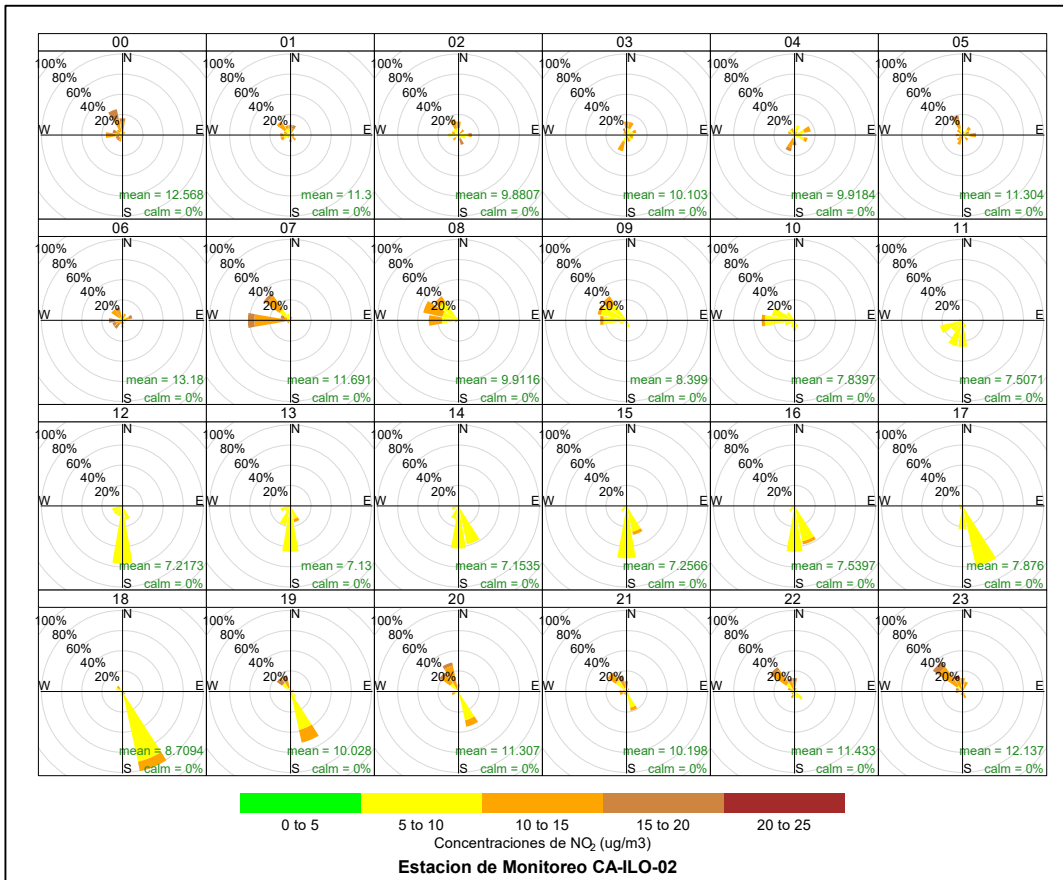


Figura 3.8.27. Rosa de concentración horaria del NO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-02, marzo de 2023

Y en la estación de monitoreo CA-ILO-03, se observa que, durante el día, entre las 11:00 y 16:00 horas se muestra un rango bajo de concentraciones de 0 a 10 µg/m³, coincidente con los vientos predominantes del sursureste (SSE).

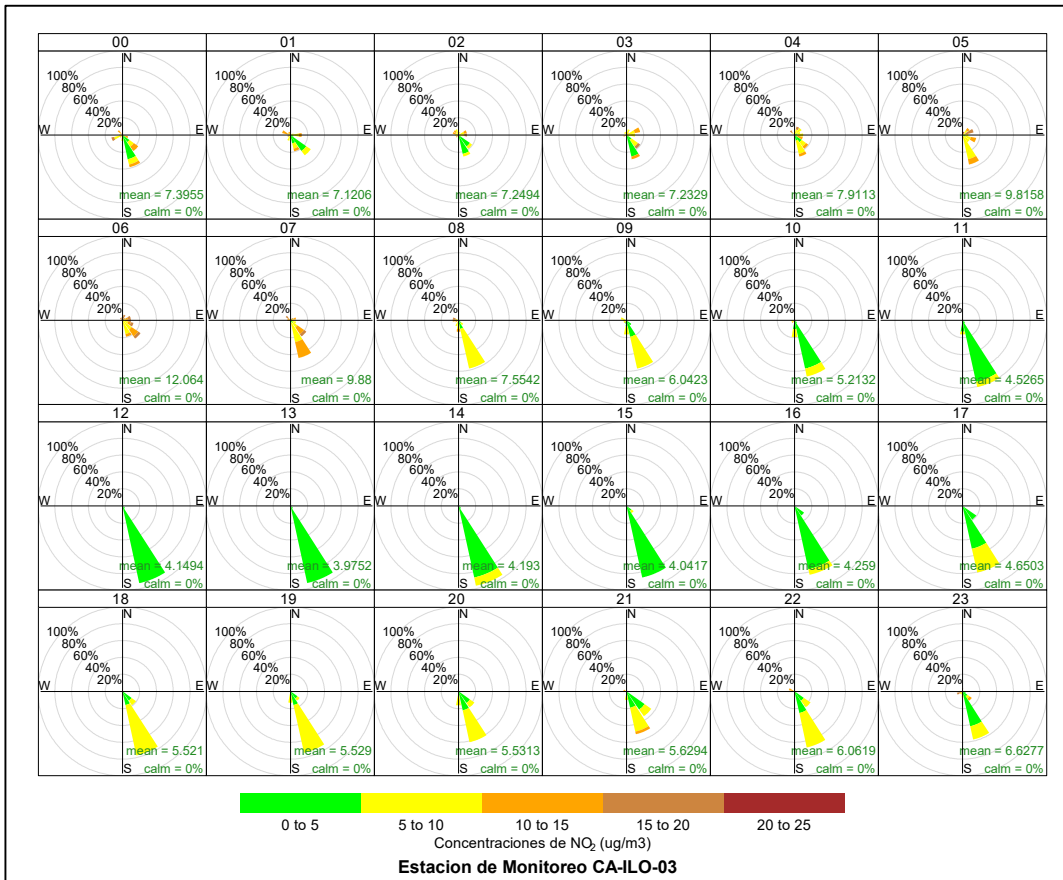


Figura 3.8.28. Rosa de concentración horaria del NO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-03, marzo de 2023

3.8.6 Monóxido de carbono (CO)

En las Figuras 3.8.29, 3.8.30 y 3.8.31 se presentan las rosas de concentraciones de CO de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del mes de marzo de 2023.

En la estación de monitoreo CA-ILO-01, se observan rangos de 200 hasta 400 µg/m³ en la dirección de viento predominante del sursureste (SSE).

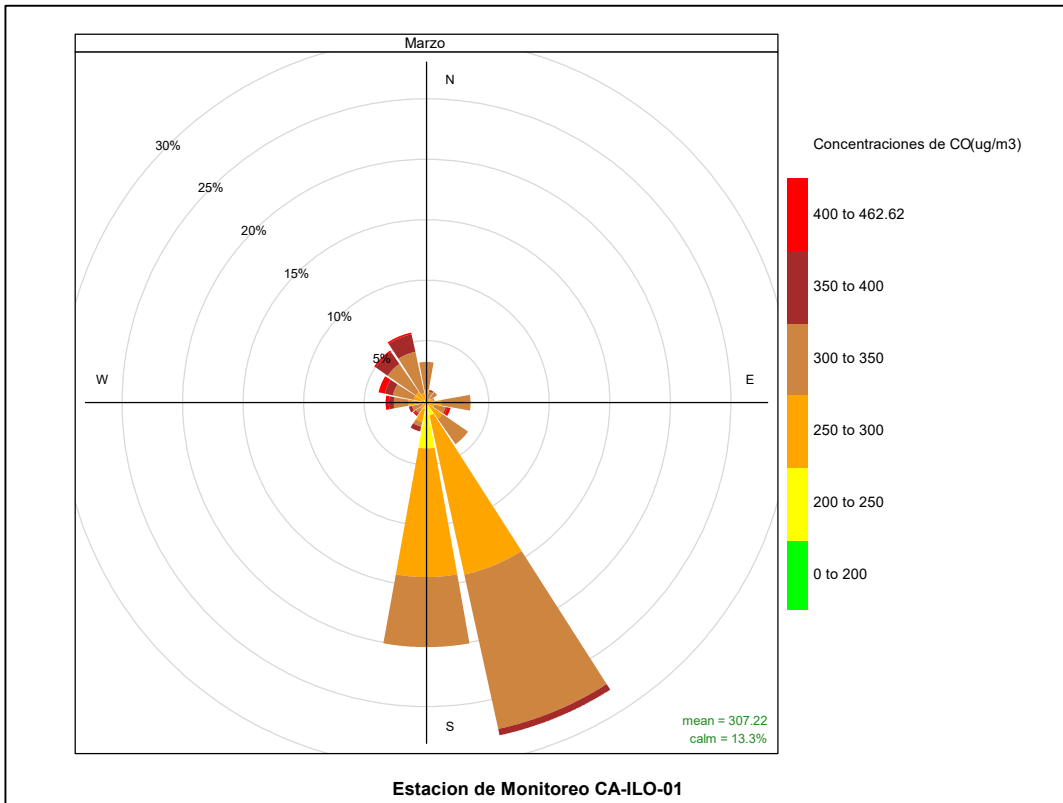


Figura 3.8.29. Rosa de concentración del CO en la estación de monitoreo CA-ILO-01, marzo de 2023

En la estación de monitoreo CA-ILO-02, se observa que en las direcciones de viento predominantes noroeste (NW) y sursureste (SSE), las concentraciones pueden llegar hasta valores de 560.14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

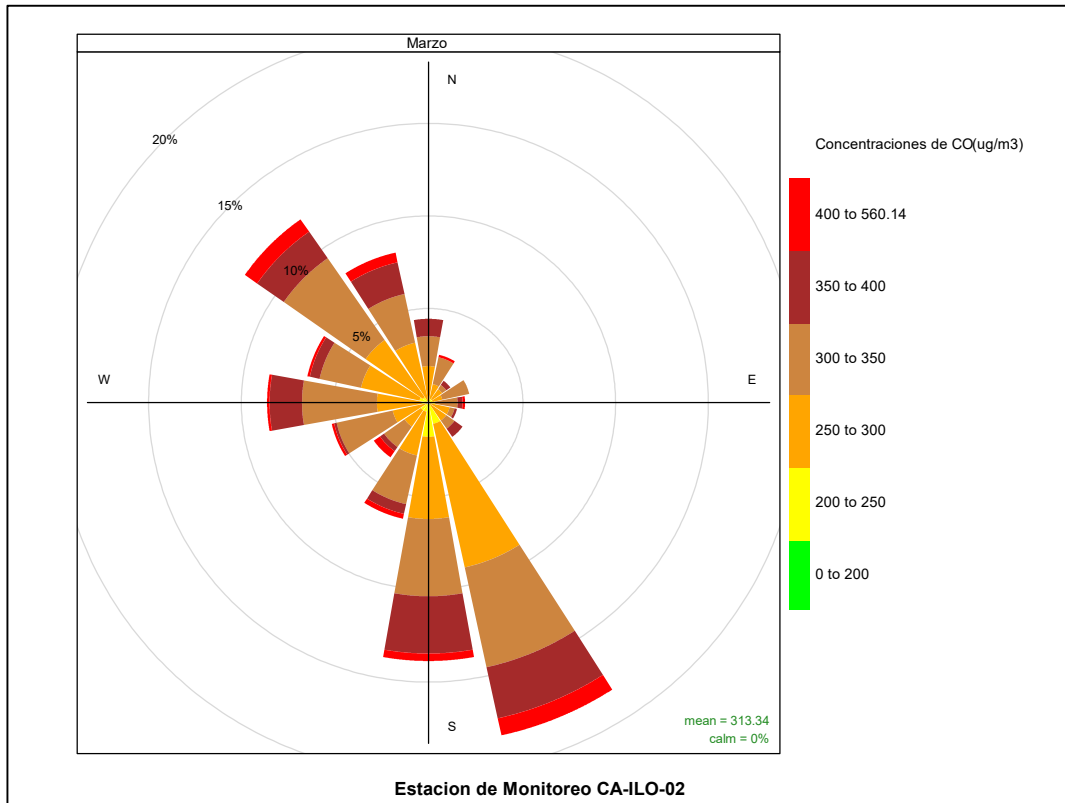


Figura 3.8.30. Rosa de concentración del CO en la estación de monitoreo CA-ILO-02, marzo de 2023

Y en la estación de monitoreo CA-ILO-03, se observan concentraciones en un rango de 300 a 750,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la dirección predominante del sursureste (SSE).

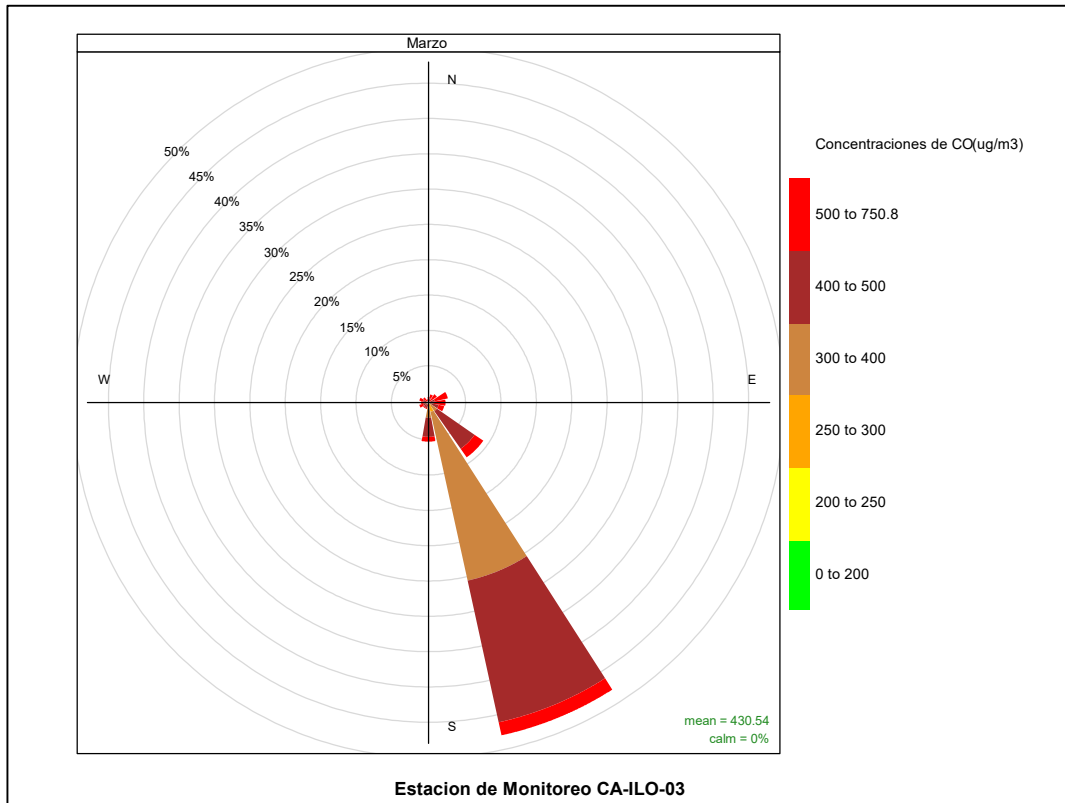


Figura 3.8.31. Rosa de concentración del CO en la estación de monitoreo CA-ILO-03, marzo de 2023

En las Figuras 3.8.32, 3.8.33 y 3.8.34 se presentan las rosas de concentraciones horarias de CO de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del mes de marzo de 2023.

En la estación de monitoreo CA-ILO-01, se observan concentraciones en un rango entre 300 y 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a las 19:00 horas en la dirección predominante del sursureste (SSE), producto de entre otras fuentes al del tráfico vehicular.

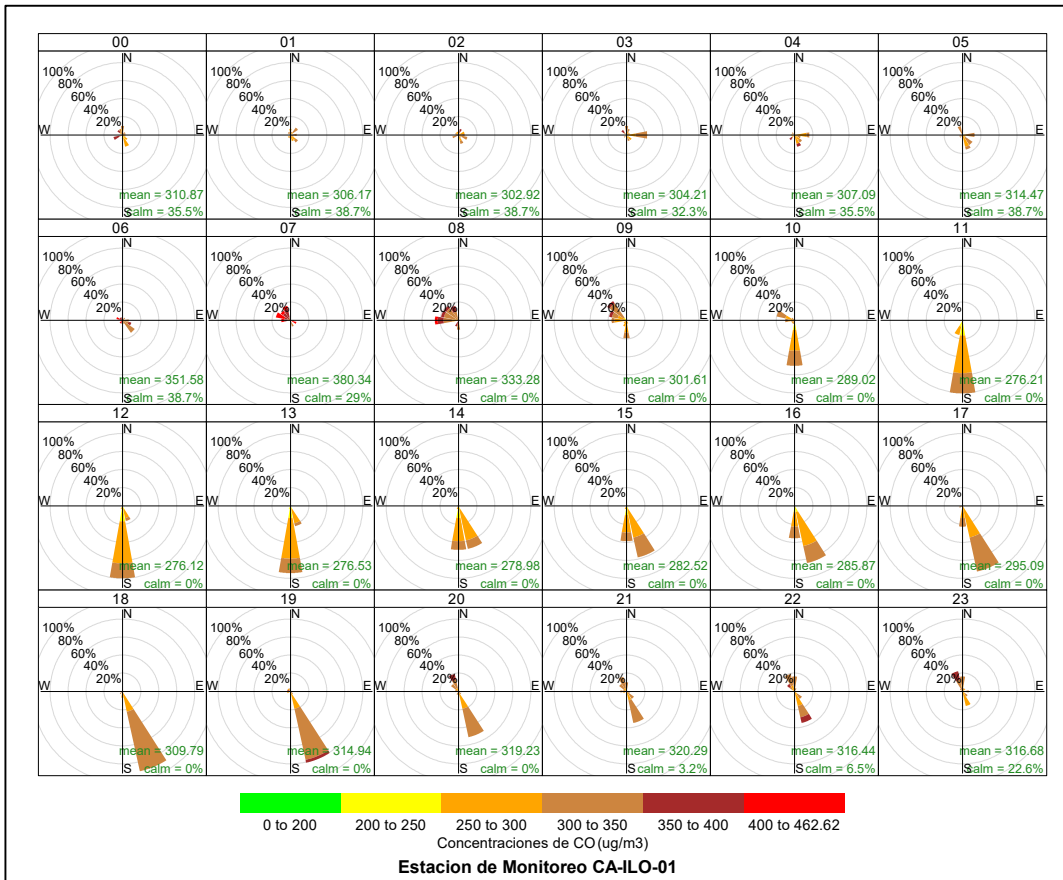


Figura 3.8.32. Rosa de concentración horaria del CO en la estación de monitoreo CA-ILO-01, marzo de 2023

En la estación de monitoreo CA-ILO-02, se observan concentraciones en un rango entre 400 y 500 µg/m³ entre las 17:00 y 21:00 horas en la dirección predominante del sursureste (SSE), producto de entre otras fuentes al del tráfico vehicular.

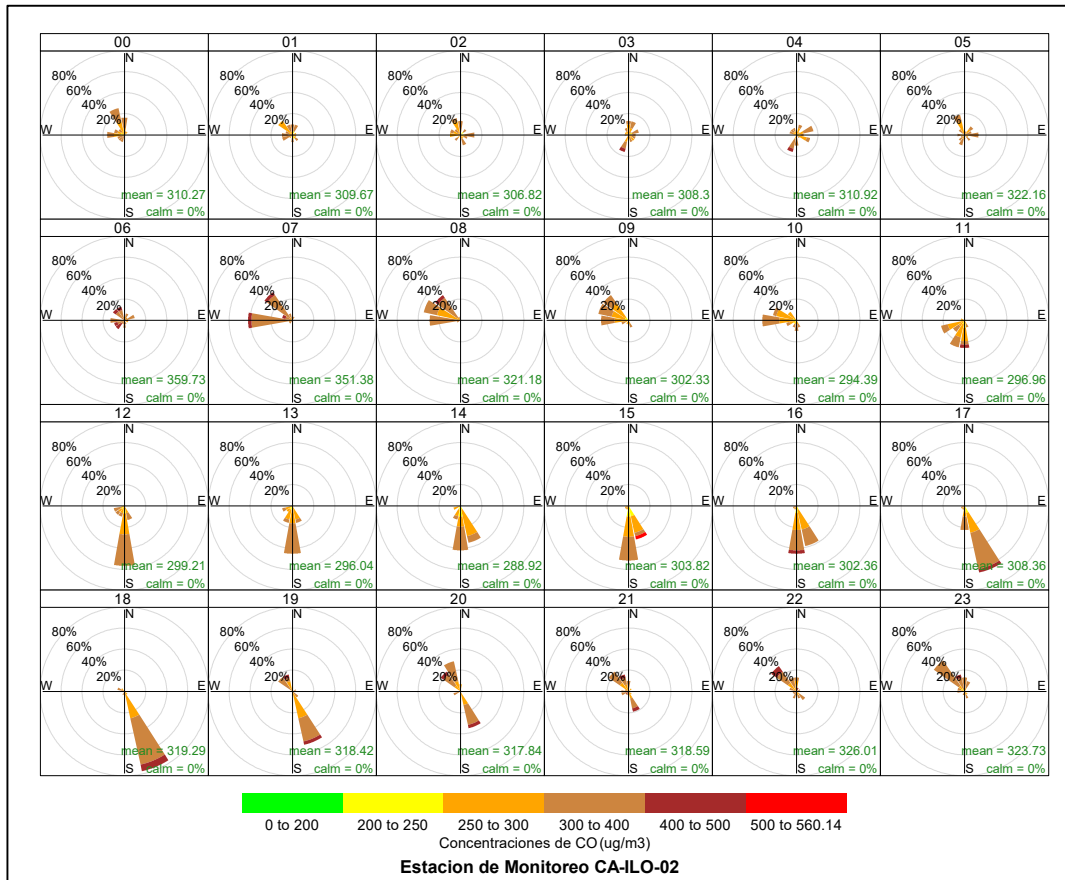


Figura 3.8.33. Rosa de concentración horaria del CO en la estación de monitoreo CA-ILO-02, marzo de 2023

Y en la estación de monitoreo CA-ILO-03, se observan mayores concentraciones de CO durante la noche, desde las 19:00 a las 9:00 horas aproximadamente en la dirección sursureste (SSE), con muy poca presencia de vientos.

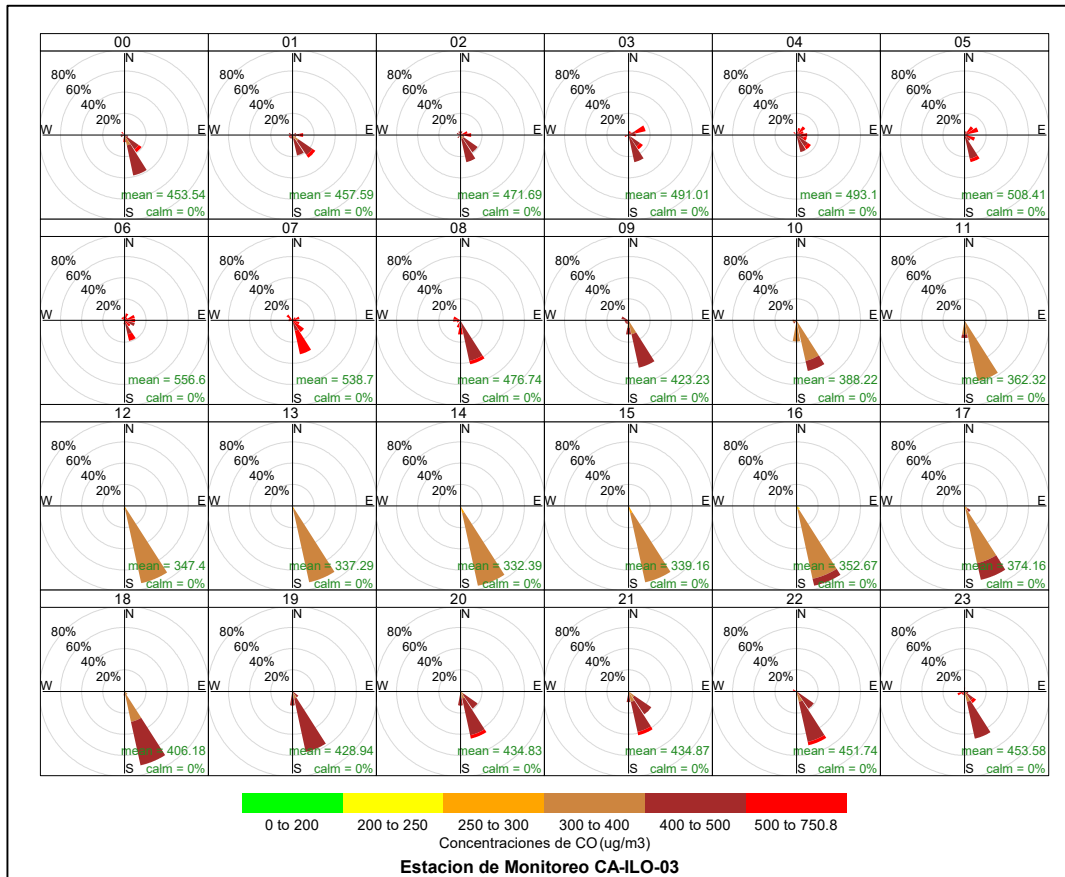


Figura 3.8.34. Rosa de concentración horaria del CO en la estación de monitoreo CA-ILO-03, marzo de 2023

3.9 Comportamiento temporal

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

En la Figura 3.9.1, 3.9.2 y 3.9.3 se grafican las medias de las concentraciones horarias y por día en relación con las concentraciones de PM_{2,5}, para las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del mes de marzo.

En la estación de monitoreo CA-ILO-01, la representación gráfica por días de monitoreo (c) muestra que en los lunes y martes se registraron las mayores concentraciones de PM_{2,5}, según la validación de los datos se comprueba que el 'lunes' 6 y martes 07 de marzo se registraron picos de valores. En el caso de las medias horarias (b), se observa que las concentraciones de PM_{2,5} tienen valores elevados alrededor de las 7:00 horas y de las 23:00 horas.

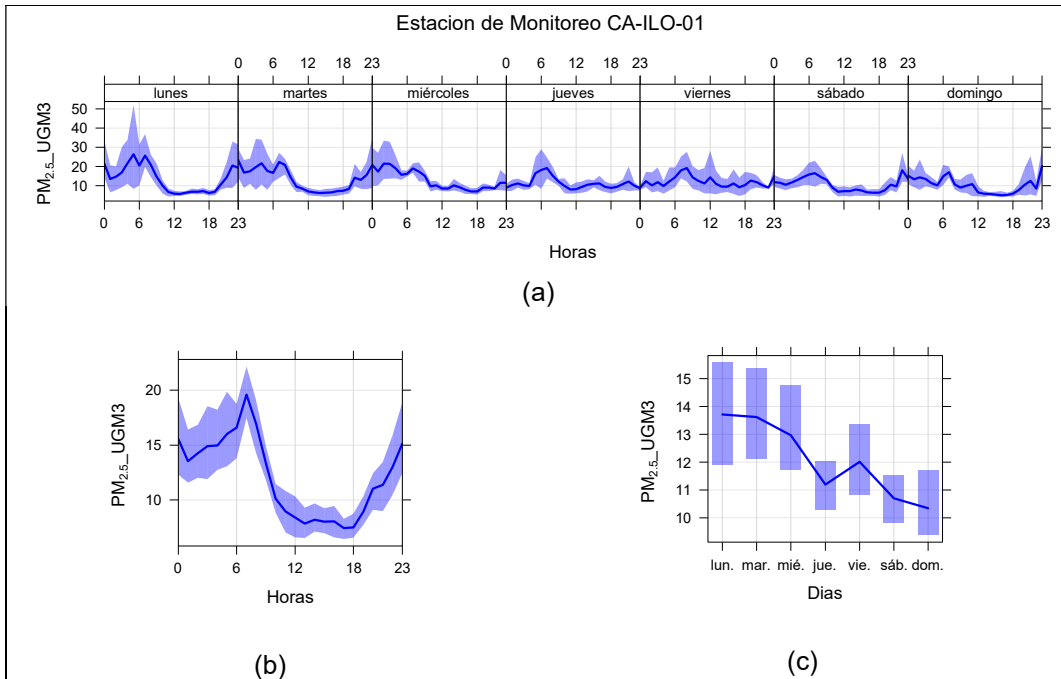


Figura 3.9.1. Concentraciones promedio horarias de $PM_{2.5}$ en la estación de monitoreo CA-ILO-01, de marzo de 2023

En la estación de monitoreo CA-ILO-02, la representación gráfica por días de monitoreo (c) muestra que los lunes se registraron las mayores concentraciones de $PM_{2.5}$, según la validación de los datos se comprueba que el 'lunes' 06 de marzo se registró un pico de concentración. En el caso de las medias horarias (b), se observa que las concentraciones de $PM_{2.5}$ tienen valores elevados alrededor de las 7:00 horas y de las 23:00 horas.

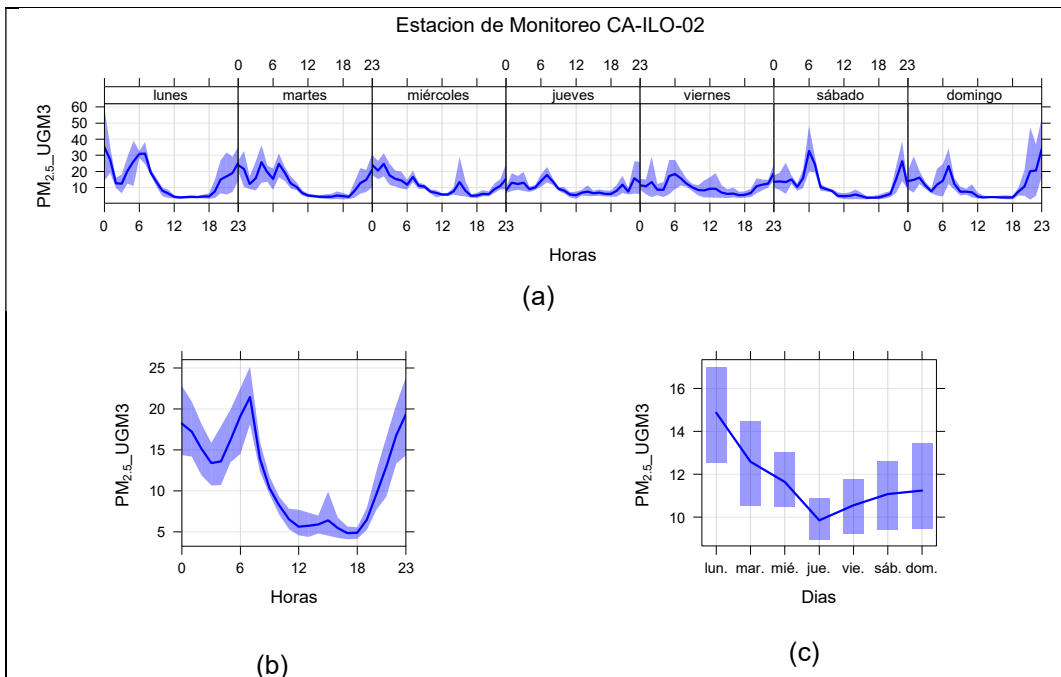


Figura 3.9.2. Concentraciones promedio horarias de $PM_{2.5}$ en la estación de monitoreo CA-ILO-02, de marzo de 2023

En la estación de monitoreo CA-ILO-03, la representación gráfica por días de monitoreo (c) muestra que en los miércoles y viernes se registraron las mayores concentraciones de $PM_{2.5}$, según la validación de los datos se comprueba que los días 'viernes' 10 y miércoles 29 de marzo se registraron picos de concentraciones. En el caso de las medias horarias (b) se aprecia que las concentraciones de $PM_{2.5}$ tiene valores elevados a las 6:00 horas.

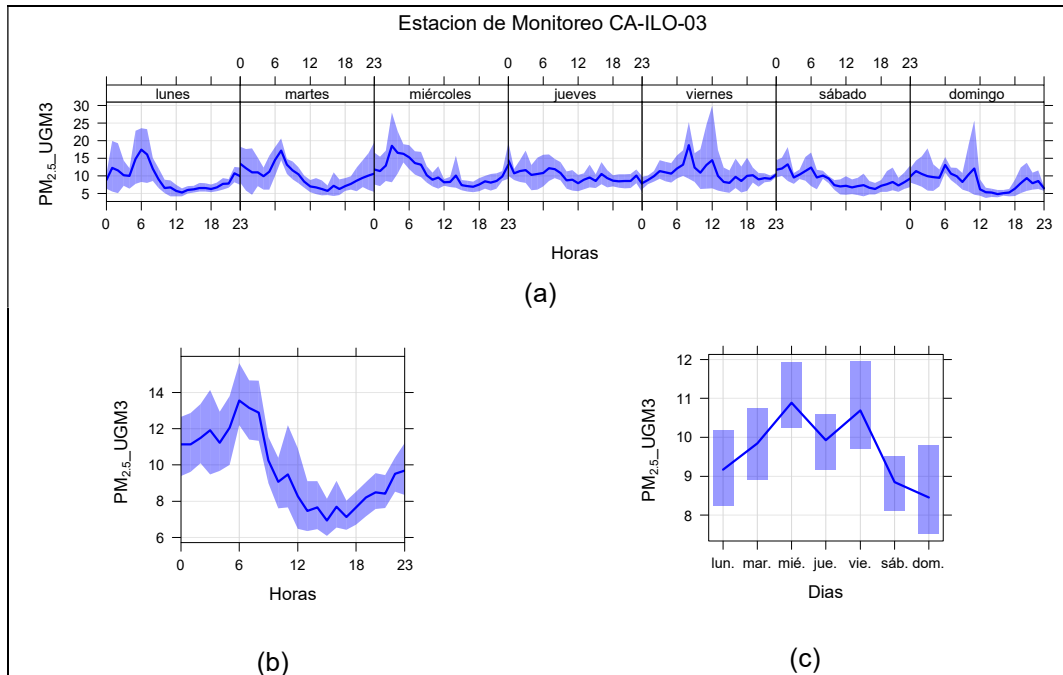


Figura 3.9.3. Concentraciones promedio horarias de $PM_{2.5}$ en la estación de monitoreo CA-ILO-03, de marzo de 2023

3.9.2 Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM_{10})

En la Figura 3.9.4, 3.9.5 y 3.9.6 se grafican las medias de las concentraciones horarias y por día en relación con las concentraciones de PM_{10} , para las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del mes de marzo.

En la estación CA-ILO-01, la representación gráfica por días de monitoreo (c) muestra que entre lunes y viernes se registraron las mayores concentraciones de PM_{10} . En el caso de las medias horarias (b), se observa que las concentraciones de PM_{10} tienen valores elevados en horas cercanas a las 7:00 horas.

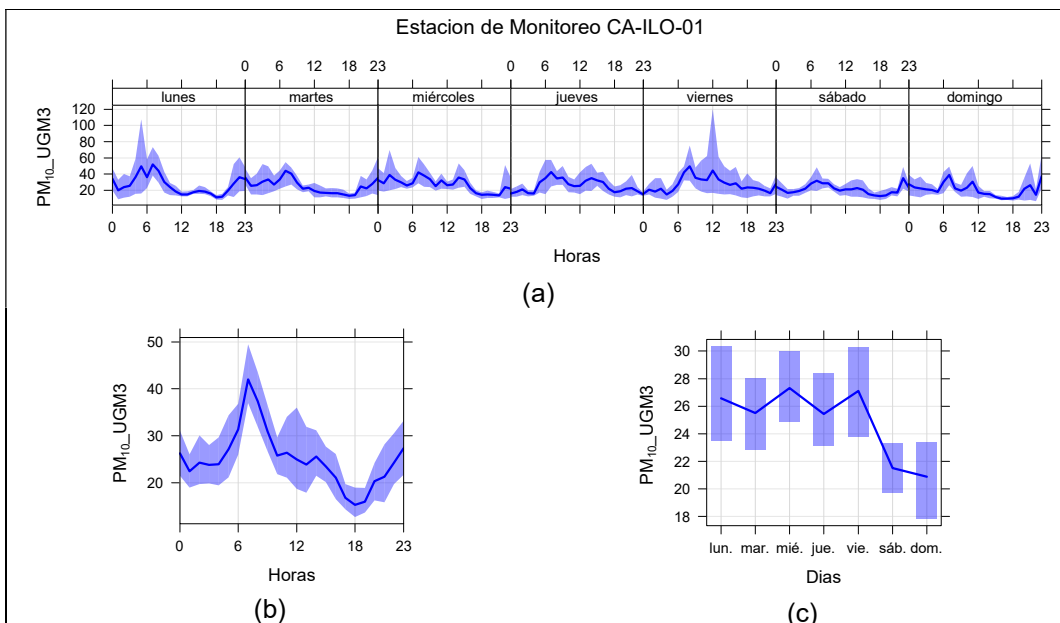


Figura 3.9.4. Concentraciones promedio horarios de PM_{10} en la estación de monitoreo CA-ILO-01, de marzo de 2023

En la estación CA-ILO-02, la representación gráfica por días de monitoreo (c) muestra que en los lunes se registraron las mayores concentraciones de PM_{10} , según la validación de los datos se comprueba que en el 'lunes' 06 de marzo se registraron picos importantes durante el día. En el caso de las medias horarias (b), se observa que las concentraciones de PM_{10} tienen valores elevados en horas cercanas a las 6:00 horas y a las 23:00 horas.

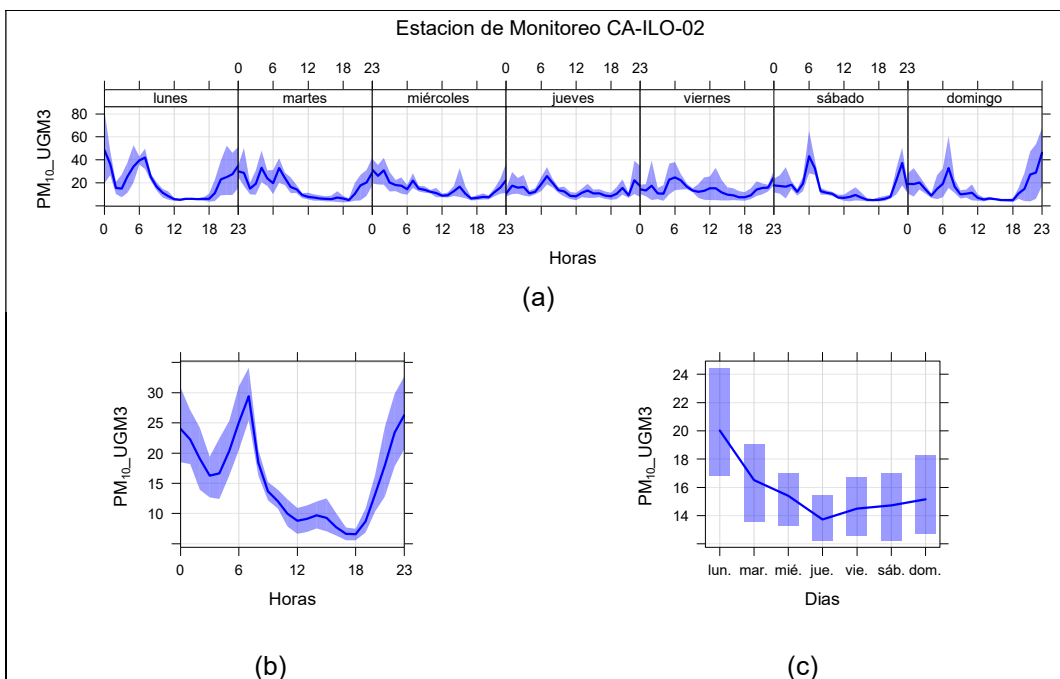


Figura 3.9.5. Concentraciones promedio horarios de PM_{10} en la estación de monitoreo CA-ILO-02, de marzo de 2023

En la estación CA-ILO-03, la representación por días de monitoreo (c) muestra que en los viernes se registraron las mayores concentraciones de PM_{10} , según la validación de los

datos se comprueba que el ‘viernes’ 10 de marzo el parámetro mostró picos de concentración. En el caso de las medias horarias (b), se observa que las concentraciones de PM₁₀ tienen valores elevados alrededor de las 7:00 horas.

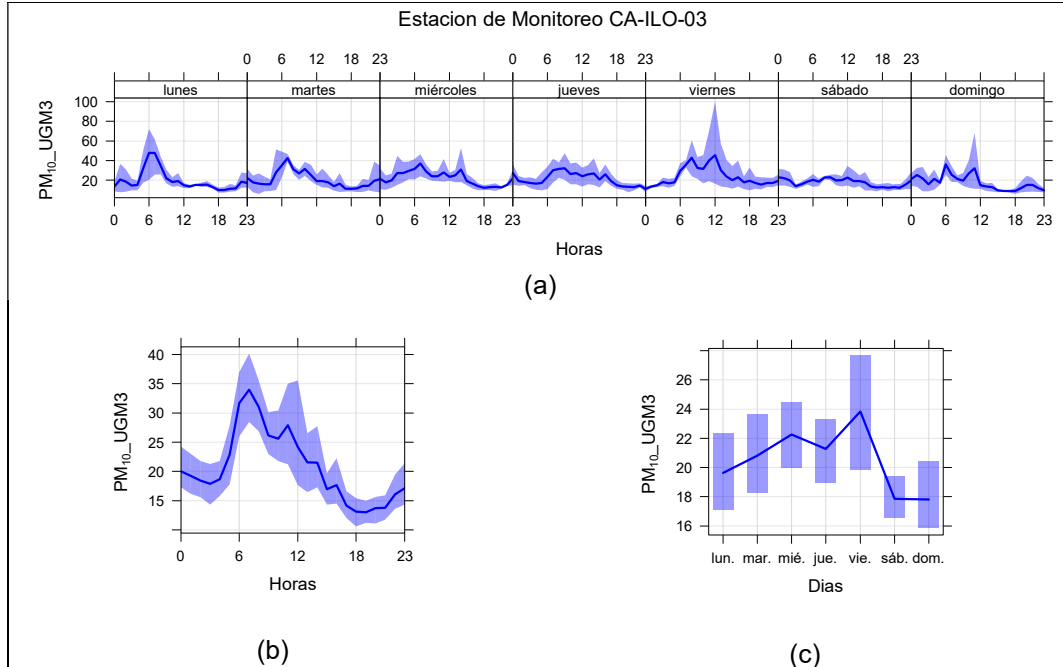


Figura 3.9.6. Concentraciones promedio horarias de PM₁₀ en la estación de monitoreo CA-ILO-03, de marzo de 2023

3.9.3 Dióxido de azufre (SO₂)

En la Figura 3.9.7, 3.9.8 y 3.9.9 se grafican las medias de las concentraciones horarias y por día en relación con las concentraciones de SO₂ para las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del mes de marzo.

En la estación de monitoreo CA-ILO-01, la representación gráfica por días de monitoreo (c) muestra que en los lunes se registraron las mayores concentraciones de SO₂, según la validación de los datos se comprueba que los días ‘lunes’ 06 y 13 de marzo se registraron picos de valores. En el caso de las medias horarias (b), se observa que las concentraciones tienen valores elevados en el horario nocturno, en un intervalo de las 23:00 y 07:00 horas aproximadamente.

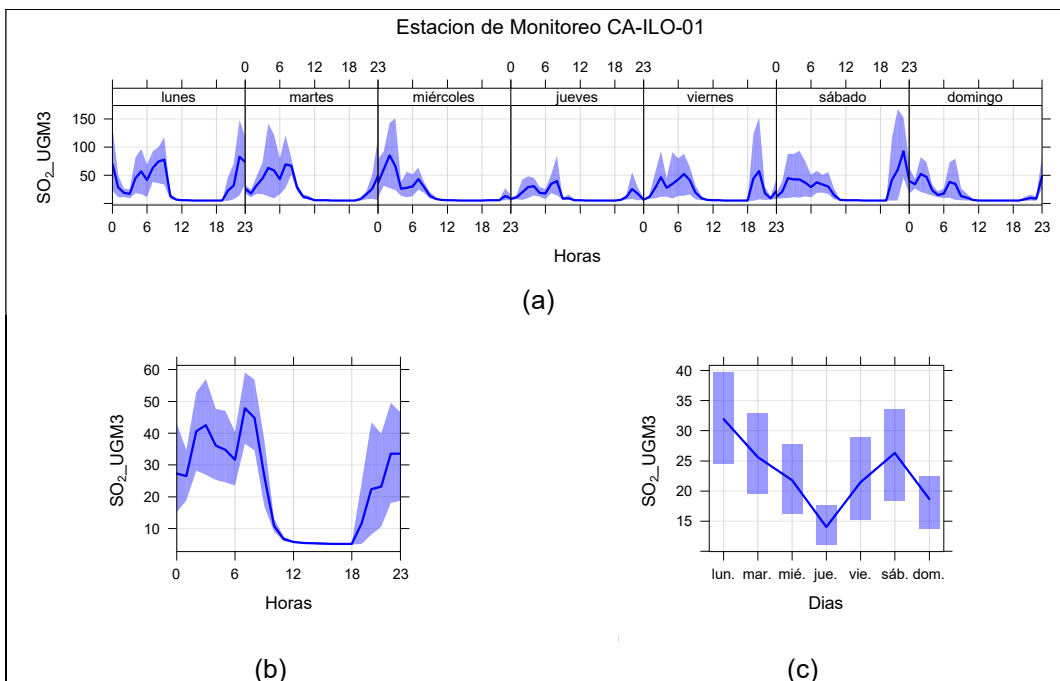


Figura 3.9.7. Concentraciones promedio horarios de SO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-01, de marzo de 2023

En la estación de monitoreo CA-ILO-02, la representación gráfica por días de monitoreo (c) muestra que en los lunes se registraron las mayores concentraciones de SO₂, según la validación de los datos se comprueba que el día 'lunes' 06 de marzo se registraron picos de concentraciones. En el caso de las medias horarias (b), se observa que las concentraciones de SO₂ tienen valores elevados en un intervalo de horas de las 19:00 a las 7:00 horas, sin embargo, cabe mencionar que en general los valores altos del parámetro son presentados en horario nocturno y también puede confirmarse lo mencionado al observar la gráfica por días de la semana (a).

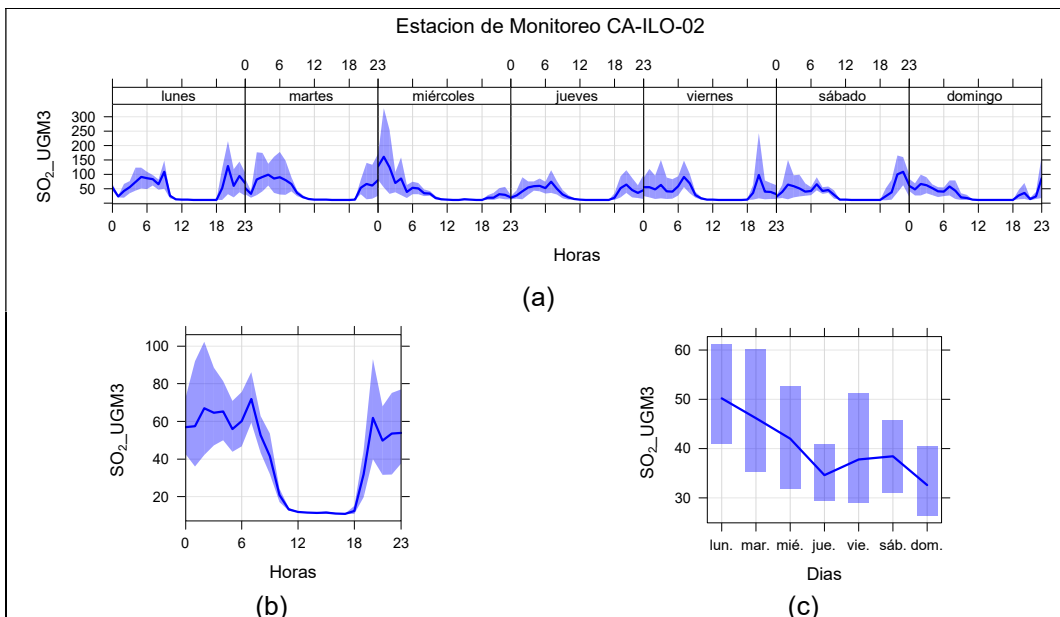


Figura 3.9.8. Concentraciones promedio horarios de SO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-02, de marzo de 2023

En la estación CA-ILO-03, la representación gráfica por días de monitoreo muestra que en los lunes se registraron las mayores concentraciones de SO₂, según la validación de los datos se comprueba que los días 'lunes' 6 y 27 de marzo se registraron picos de valores. En el caso de las medias horarias (b), se observa que las concentraciones de SO₂ tienen valores elevados en el intervalo de las 2:00 y 7:00 horas, sin embargo, cabe mencionar que durante el horario nocturno se registraron valores más altos respecto al horario diurno, lo cual puede confirmarse al observar el grafico horario por días de la semana (a).

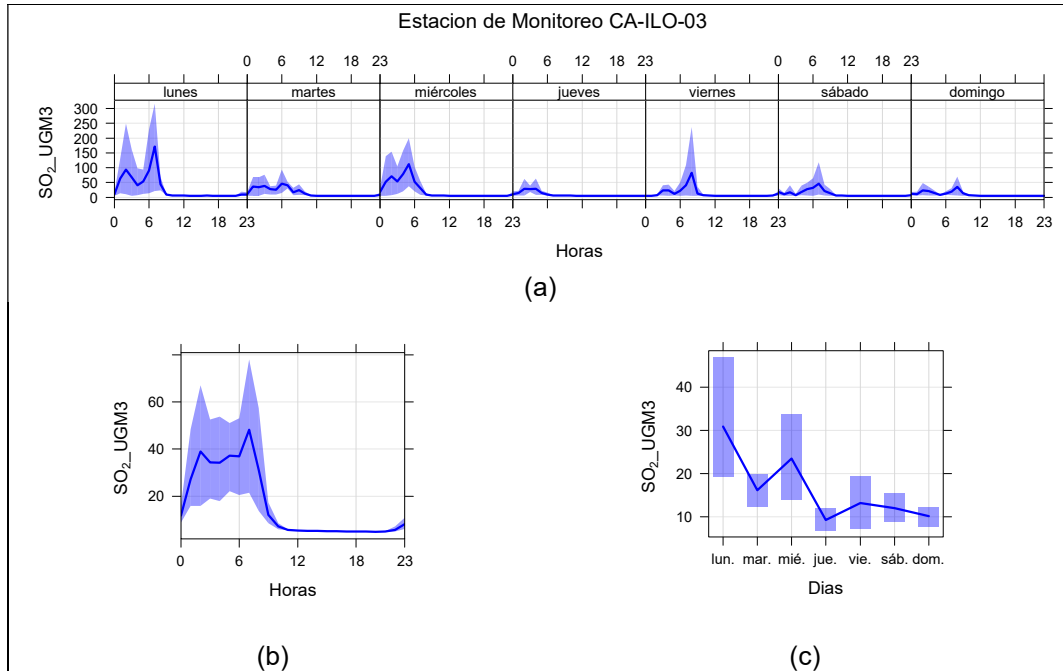


Figura 3.9.9. Concentraciones promedio horarios de SO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-03, de marzo de 2023

3.9.4 Sulfuro de hidrogeno (H₂S)

En la Figura 3.9.10, 3.9.11 y 3.9.12 se grafican las medias de las concentraciones horarias y por día en relación con las concentraciones de H₂S, para las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del mes de marzo.

En la estación de monitoreo CA-ILO-01, la representación gráfica por días de monitoreo (c) muestra que en los lunes se registraron las mayores concentraciones de H₂S, según la validación de los datos se comprueba que el lunes 27 de marzo se registraron picos importantes de valores. En el caso de las medias horarias (b), se observa que las concentraciones de H₂S tienen valores elevados en un intervalo de las 23:00 y 6:00 horas, sin embargo, cabe mencionar que durante el horario nocturno se registraron valores más altos respecto al horario diurno, lo cual puede confirmarse al observar el grafico horario por días de la semana (a).

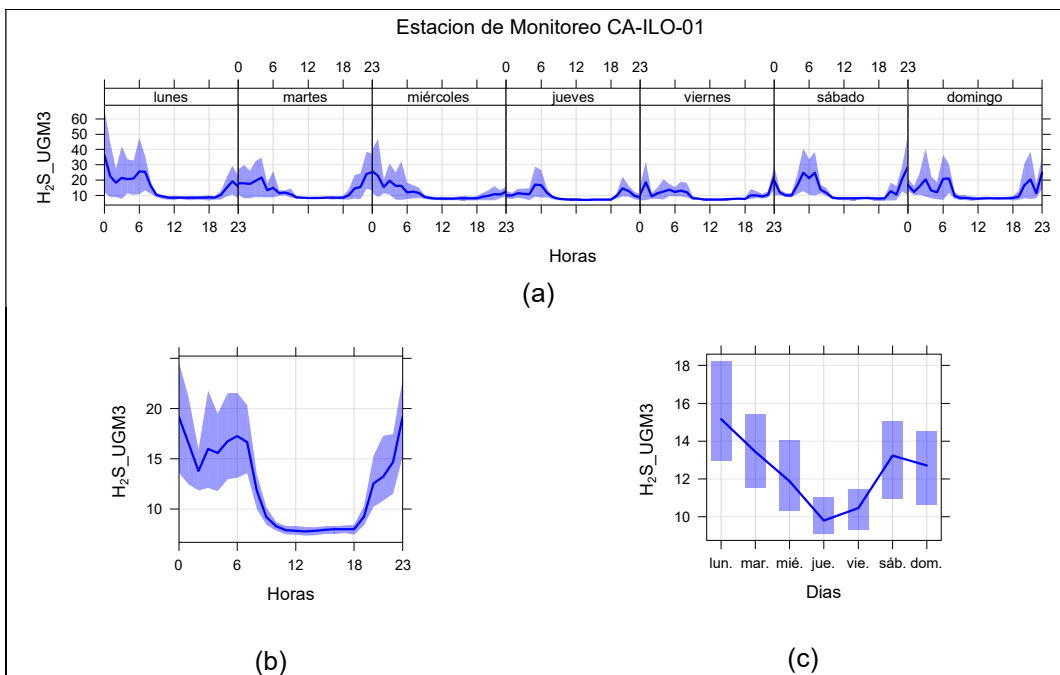


Figura 3.9.10. Concentraciones promedio horarios de H₂S en la estación de monitoreo CA-ILO-01, de marzo de 2023

En la estación de monitoreo CA-ILO-02, la representación gráfica por días de monitoreo (c) muestra que los jueves y sábados se registraron las mayores concentraciones de H₂S, según la validación de los datos se comprueba que en los días ‘jueves’ 23 y sábado 25 de marzo se registraron picos importantes de concentraciones. En el caso de las medias horarias (b), se observa que las concentraciones de H₂S tienen valores elevados en un intervalo de horas entre las 23:00 y 06:00 horas, sin embargo, cabe mencionar que durante el horario nocturno se registraron valores más altos respecto al horario diurno, lo cual puede confirmarse al observar el grafico horario por días de la semana (a).

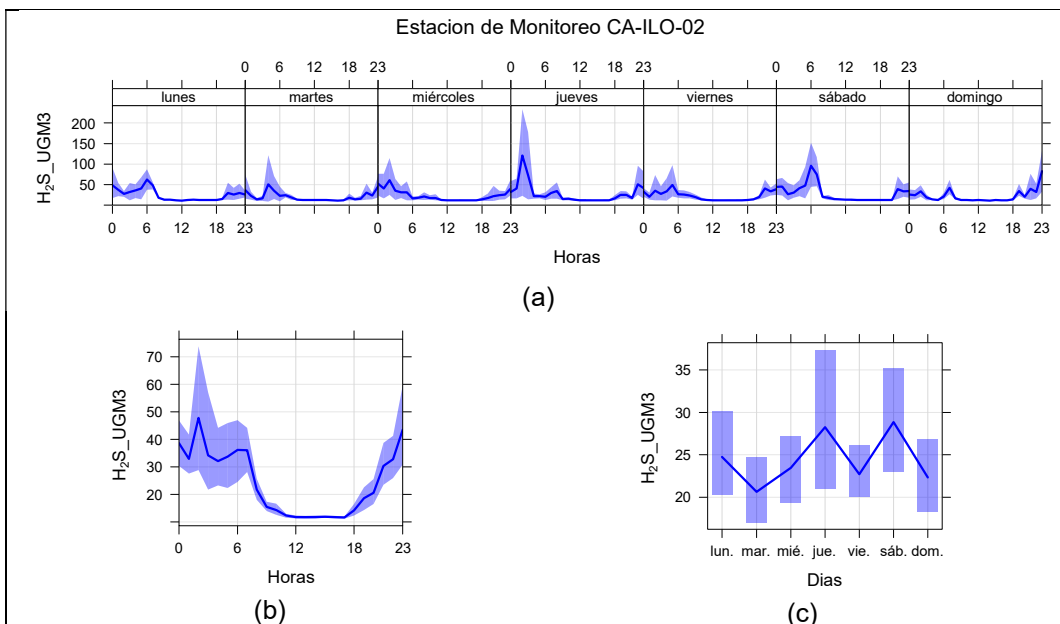


Figura 3.9.11. Concentraciones promedio horarios de H₂S en la estación de monitoreo CA-ILO-02, de marzo de 2023

En la estación de monitoreo CA-ILO-03, la representación gráfica por días de monitoreo (c) muestra que en los lunes y sábados se registraron las mayores concentraciones de H₂S, según la validación de los datos se comprueba que en los 'lunes' 27 y sábado 18 de marzo se registraron picos importantes de concentraciones. En el caso de las medias horarias (b), se observa que las concentraciones de H₂S tienen valores elevados entre las 00:00 y las 06:00 horas.

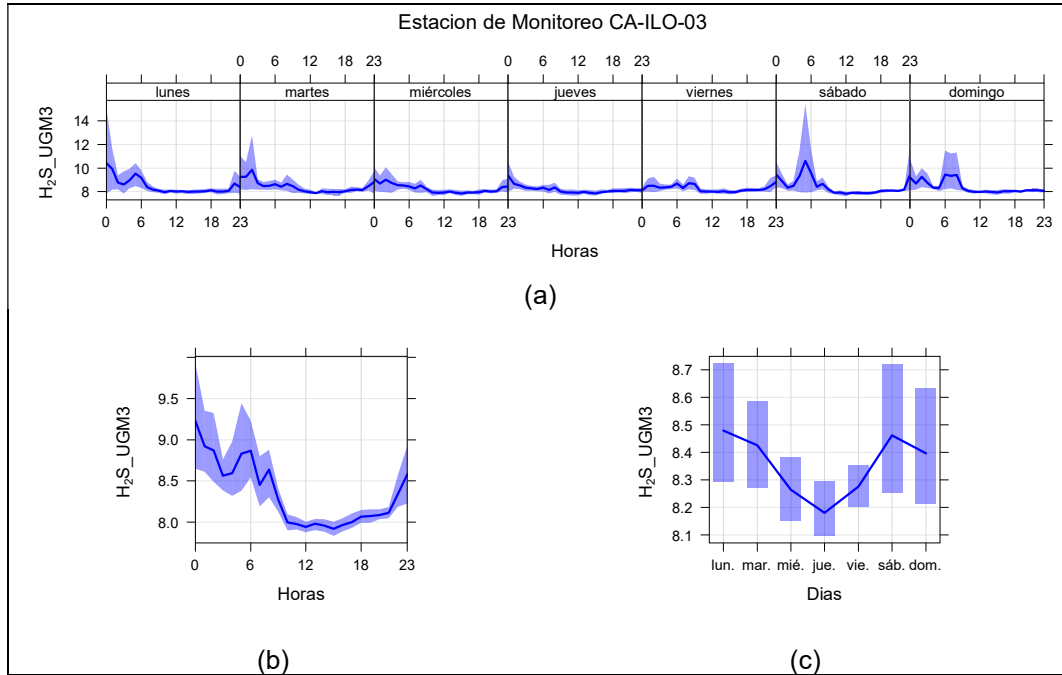


Figura 3.9.12. Concentraciones promedio horarias de H₂S en la estación de monitoreo CA-ILO-03, de marzo de 2023

3.9.5 Dióxido de nitrógeno (NO₂)

En la Figura 3.9.13 y 3.9.14 se grafican las medias de las concentraciones horarias y por día en relación con las concentraciones de NO₂, para las estaciones de monitoreo CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del mes de marzo.

En la estación de monitoreo CA-ILO-02, la representación gráfica por días de monitoreo (c) muestra que los lunes y martes se registraron las mayores concentraciones de NO₂, según la validación de los datos se comprueba que los días 'lunes' 06 y 27 y martes 07 de marzo se registraron picos de concentraciones. En el caso de las medias horarias (b), se observa que las concentraciones de NO₂ tienen valores elevados alrededor de las 6:00 horas y a las 20:00 horas. Y observando la gráfica de medias horarias por días de la semana (a) hay un pico mostrado normalmente alrededor de las 6:00 horas de lunes a domingo, debido al tráfico vehicular.

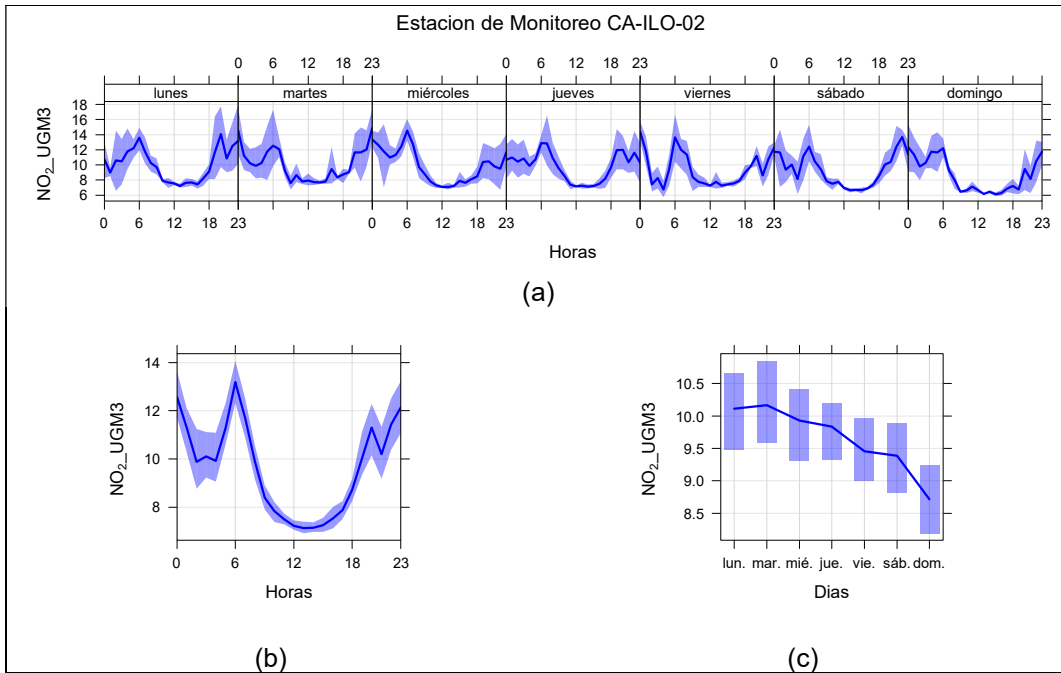


Figura 3.9.13. Concentraciones promedio horarias de NO_2 en la estación de monitoreo CA-ILO-02, de marzo de 2023

En la estación de monitoreo CA-ILO-03, la representación gráfica por días de monitoreo (c) muestra que de lunes a miércoles se registraron las mayores concentraciones de NO_2 . En el caso de las medias horarias (b), se observa que las concentraciones de NO_2 tienen valores elevados en horas cercanas a las 6:00 horas. Y observando la gráfica de medias horarias por días de la semana (a) hay un pico mostrado normalmente alrededor de las 6:00 horas de lunes a domingo, debido al tráfico vehicular.

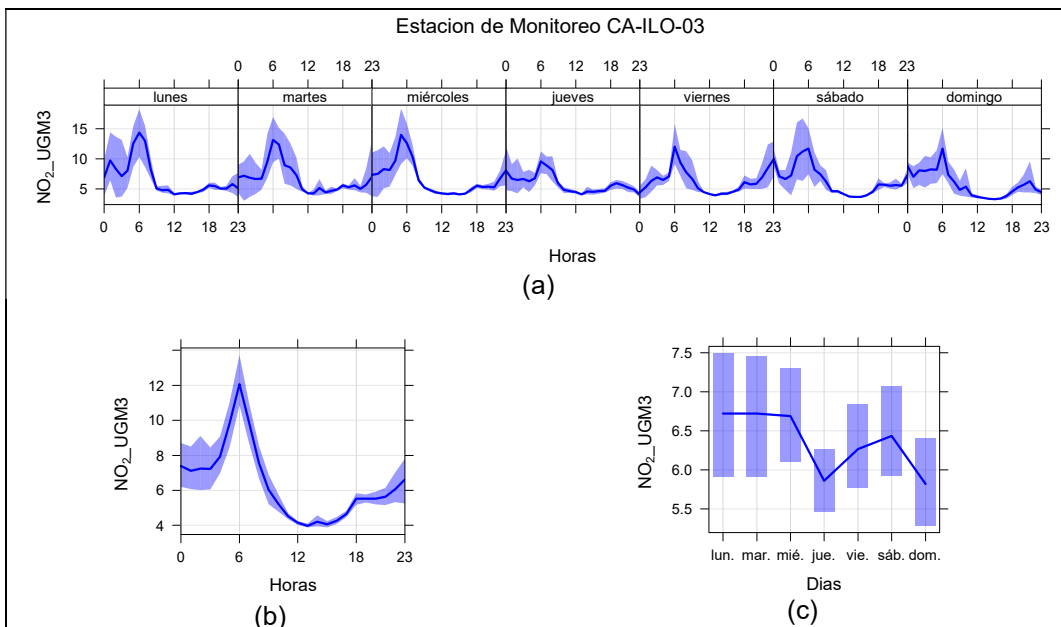


Figura 3.9.14. Concentraciones promedio horarias de NO_2 en la estación de monitoreo CA-ILO-03, de marzo de 2023

3.9.6 Monóxido de carbono (CO)

En la Figura 3.9.15, 3.9.16 y 3.9.17 se grafican las medias de las concentraciones horarias y por día en relación con las concentraciones de CO, para las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del mes de marzo.

En la estación de monitoreo CA-ILO-01, la representación gráfica por días de monitoreo (c) muestra que en los domingos se registraron las mayores concentraciones de CO. En el caso de las medias horarias (b), se observa que las concentraciones de CO tienen valores elevados alrededor de las 6:00 horas. También se confirma en la gráfica de medias horarias por día de la semana (a) los picos mencionados de las 6:00 horas de lunes a domingo, debido al tráfico vehicular.

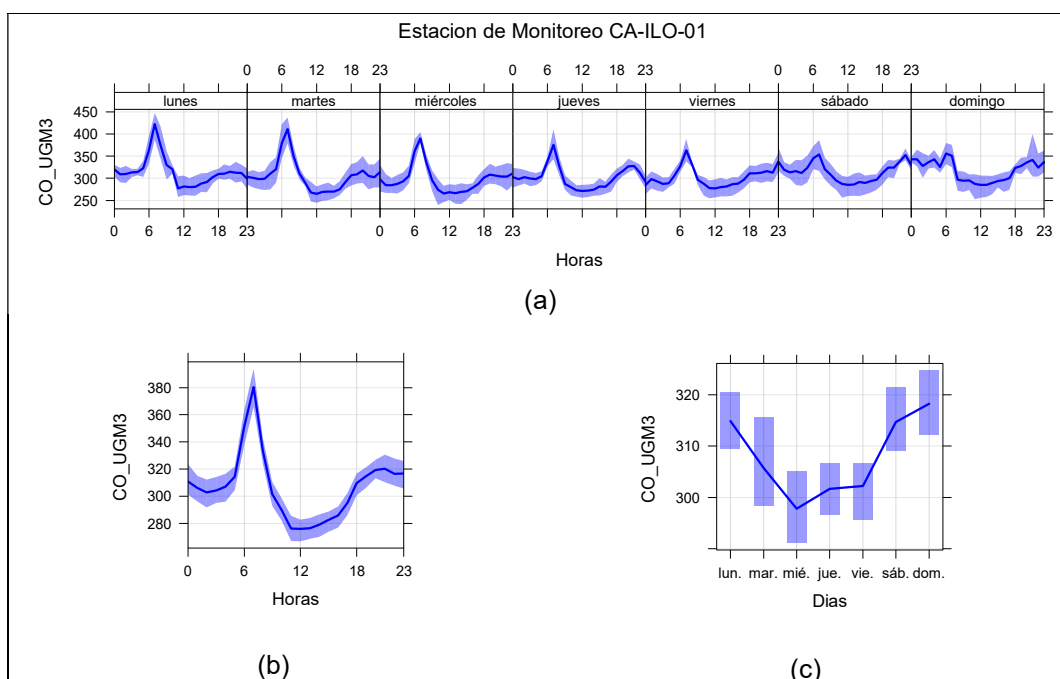


Figura 3.9.15. Concentraciones promedio horarias de CO en la estación de monitoreo CA-ILO-01, de marzo de 2023

En la estación de monitoreo CA-ILO-02, la representación gráfica por días de monitoreo (c) muestra que en los lunes se registraron las mayores concentraciones de CO. En el caso de las medias horarias (b), se observa que las concentraciones de CO tienen valores elevados en horas cercanas a las 6:00 horas. También se confirma en la gráfica de medias horarias por día de la semana (a) los picos mencionados de las 6:00 horas de lunes a domingo, debido al tráfico vehicular.

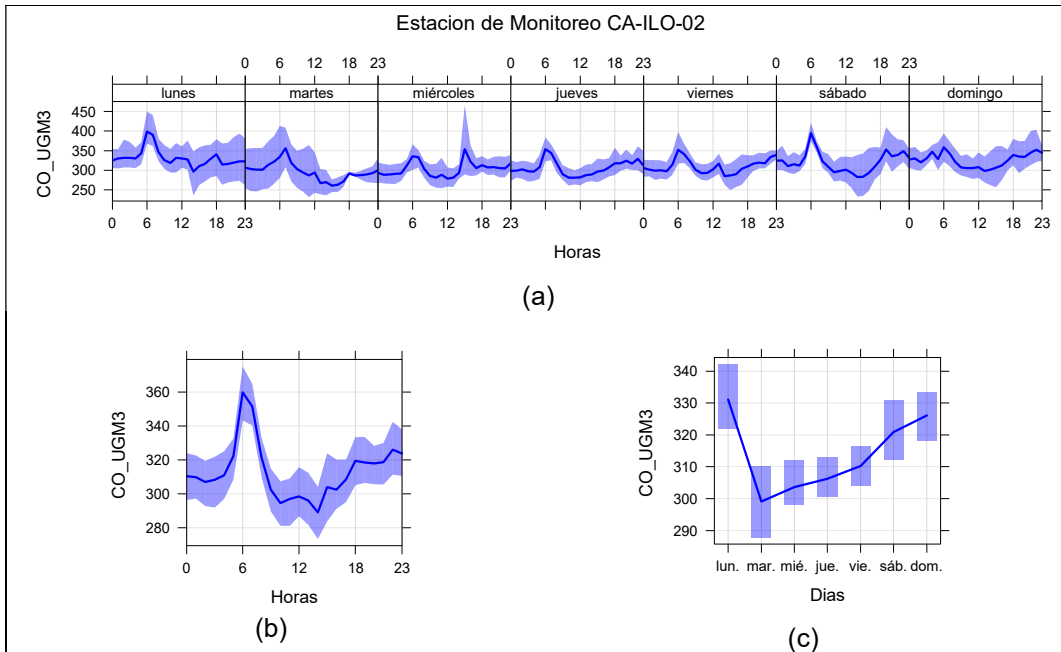


Figura 3.9.16. Concentraciones promedio horarios de CO en la estación de monitoreo CA-ILO-02, de marzo de 2023

En la estación de monitoreo CA-ILO-03, la representación gráfica por días de monitoreo (c) muestra que en los días sábados y domingos se registraron las mayores concentraciones de CO. En el caso de las medias horarias (b), se observa que las concentraciones de CO tienen valores elevados alrededor de las 6:00 horas. También se confirma en la gráfica de medias horarias por día de la semana (a) los picos mencionados de las 6:00 horas de lunes a domingo, debido al tráfico vehicular.

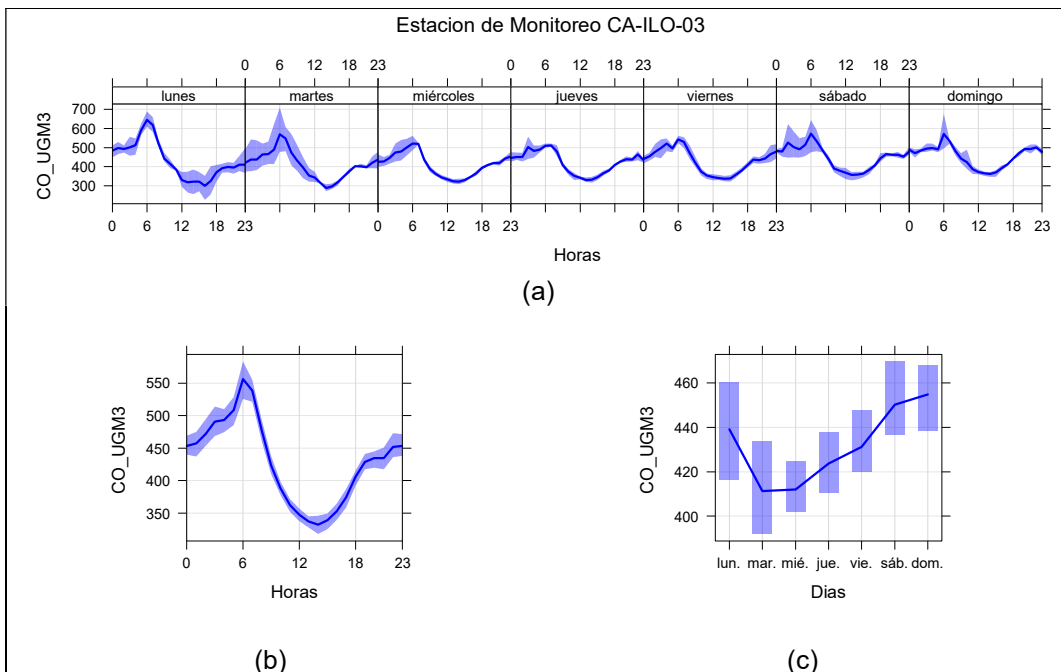


Figura 3.9.17. Concentraciones promedio horarios de CO en la estación de monitoreo CA-ILO-03, de marzo de 2023

3.10 Concentración de metales en PM₁₀

En las Tablas 3.10.1 y 3.10.2 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 y CA-ILO-03, monitoreadas del 20 al 24 de marzo de 2023, las cuales no excedieron los valores criterio para promedios de 24 horas establecidos en la norma canadiense comparadas referencialmente.

Tabla 3.10.1. Concentración de metales registrados en la estación de monitoreo CA-ILO-01 en marzo del 2023

CONCENTRACIÓN DE METALES									
Metal medido en PM10		Unidad	CA-ILO-01					Media aritmética mensual	AAQC-Ontario 24 horas
			20/03/2023	21/03/2023	22/03/2023	23/03/2023	24/03/2023		
Aluminio	Al	µg/m3	0,0733	0,1025	0,1765	0,1145	0,1385	0,1210	0,0733
Antimonio	Sb	µg/m3	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
Arsénico	As	µg/m3	0,0091	0,0249	0,0078	0,0127	0,0266	0,0162	0,0091
Bario	Ba	µg/m3	0,0030	0,0042	0,0042	0,0043	0,0049	0,0041	0,0030
Berilio	Be	µg/m3	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
Bismuto	Bi	µg/m3	0,0163	0,0226	0,0049	0,0067	0,0299	0,0161	0,0163
Boro	B	µg/m3	0,0017	0,0021	0,0010	0,0010	0,0012	0,0014	0,0017
Cadmio	Cd	µg/m3	0,0042	0,0152	0,0043	0,0051	0,0279	0,0113	0,0042
Calcio	Ca	µg/m3	0,4969	0,6378	0,9973	0,6123	0,6604	0,6810	0,4969
Cobalto	Co	µg/m3	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
Cobre	Cu	µg/m3	0,0358	0,1029	0,0374	0,1131	0,1047	0,0788	0,0358
Cromo	Cr	µg/m3	< L.C.	0,0010	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
Estaño	Sn	µg/m3	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
Estroncio	Sr	µg/m3	0,0036	0,0040	0,0047	0,0038	0,0040	0,0040	0,0036
Fósforo	P	µg/m3	< L.C.	0,0070	0,0174	0,0079	0,0090	< L.C.	< L.C.
Hierro	Fe	µg/m3	0,1632	0,2462	0,3068	0,2749	0,2954	0,2573	0,1632
Litio	Li	µg/m3	< L.C.	< L.C.	0,0003	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
Magnesio	Mg	µg/m3	0,5714	0,4796	0,5409	0,4868	0,5198	0,5197	0,5714
Manganeso	Mn	µg/m3	0,0028	0,0040	0,0059	0,0048	0,0047	0,0044	0,0028
Mercurio	Hg	µg/m3	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
Molibdeno	Mo	µg/m3	< L.C.	0,0033	0,0011	< L.C.	0,0021	< L.C.	< L.C.
Níquel	Ni	µg/m3	0,0019	0,0058	0,0030	0,0072	0,0054	0,0047	0,0019
Plata	Ag	µg/m3	0,0234	0,0133	0,0013	0,0017	0,0052	0,0090	0,0234
Plomo ²	Pb	µg/m3	0,0382	0,0604	0,0166	0,0169	0,0838	0,0432	0,0382
Potasio	K	µg/m3	0,1443	0,1566	0,1278	0,1334	0,1545	0,1433	0,1443
Selenio	Se	µg/m3	0,0035	0,0774	0,0040	0,0037	0,0212	0,0219	0,0035
Silicio	Si	µg/m3	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
Sodio	Na	µg/m3	5,1336	4,4513	2,4498	3,6048	3,8057	3,8890	5,1336
Talio	Tl	µg/m3	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
Titanio	Ti	µg/m3	0,0026	0,0034	0,0055	0,0040	0,0044	0,0040	0,0026
Vanadio	V	µg/m3	0,0056	0,0140	0,0083	0,0178	0,0146	0,0121	0,0056
Zinc	Zn	µg/m3	0,0187	0,0571	0,0248	0,0257	0,0709	0,0395	0,0187

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

Fuente: Informe de Ensayo N° MA2311008 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).

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

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

Tabla 3.10.2. Concentración de metales registrados en la estación de monitoreo CA-ILO-03 en marzo del 2023

Metal medido en PM ₁₀		Unidad	CONCENTRACIÓN DE METALES						Media aritmética mensual	AAQC-Ontario 24 horas
			CA-ILO-03							
			20/03/2023	21/03/2023	22/03/2023	23/03/2023	24/03/2023			
Aluminio	Al	µg/m ³	0,1876	0,1950	0,2243	0,1981	0,1769	0,1964	-	
Antimonio	Sb	µg/m ³	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	<L.C.	25	
Arsénico	As	µg/m ³	0,0078	0,0200	0,0115	0,0011	0,0178	0,0116	0,3	
Bario	Ba	µg/m ³	0,0034	0,0041	0,0031	0,0083	0,0038	0,0045	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	0,0059	0,0100	0,0059	0,0013	0,0122	0,0071	-	
Boro	B	µg/m ³	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	0,0010	<L.C.	120	
Cadmio	Cd	µg/m ³	0,0064	0,0121	0,0064	< L.C.	0,0146	<L.C.	0,025	
Calcio	Ca	µg/m ³	1,0681	0,9879	1,2040	1,2393	0,9947	1,0988	-	
Cobalto	Co	µg/m ³	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	<L.C.	0,1	
Cobre	Cu	µg/m ³	0,0369	0,0814	0,0554	0,0128	0,0631	0,0499	50	
Cromo	Cr	µg/m ³	< L.C.	< L.C.	< 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	0,0056	0,0049	0,0056	0,0070	0,0052	0,0057	120	
Fósforo	P	µg/m ³	0,0091	0,0093	0,0164	0,0236	0,0079	0,0133	-	
Hierro	Fe	µg/m ³	0,3052	0,3017	0,3418	0,3160	0,2907	0,3111	4	
Litio	Li	µg/m ³	0,0003	0,0003	0,0003	0,0004	0,0003	0,0003	-	
Magnesio	Mg	µg/m ³	0,6526	0,5181	0,5887	0,7170	0,5257	0,6004	-	
Manganeso	Mn	µg/m ³	0,0061	0,0056	0,0071	0,0069	0,0056	0,0063	0,2	
Mercurio	Hg	µg/m ³	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	<L.C.	-	
Molibdeno	Mo	µg/m ³	0,0008	0,0029	0,0016	< L.C.	0,0013	<L.C.	120	
Níquel	Ni	µg/m ³	0,0011	0,0018	0,0027	0,0012	0,0033	0,0020	0,1	
Plata	Ag	µg/m ³	0,0014	0,0005	0,0007	< L.C.	0,0006	<L.C.	1	
Plomo ³	Pb	µg/m ³	0,0245	0,0485	0,0422	0,0039	0,0356	0,0310	1,5	
Potasio	K	µg/m ³	0,1515	0,1419	0,1652	0,1853	0,1442	0,1576	-	
Selenio	Se	µg/m ³	0,0023	0,0128	0,0047	< L.C.	0,0083	<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	3,6718	2,6178	2,4267	4,0216	2,6199	3,0715	-	
Talio	Tl	µg/m ³	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	<L.C.	-	
Titanio	Ti	µg/m ³	0,0059	0,0056	0,0071	0,0064	0,0055	0,0061	120	
Vanadio	V	µg/m ³	0,0033	0,0056	0,0075	0,0030	0,0089	0,0057	2	
Zinc	Zn	µg/m ³	0,0235	0,0522	0,0426	0,0139	0,0403	0,0345	120	

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

Fuente: Informe de Ensayo N° MA2311008 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 y CA-ILO-03, del 20 al 24 de marzo de 2023. El detalle del registro de las concentraciones se presenta en el Anexo 3.

³ En el caso del Plomo se usa el Estándar de Calidad de Aire (ECA) Nacional, D.S.No 003-2017 MINAM

3.11 Estados de alerta

En las Figuras 3.11.1, 3.11.2 y 3.11.3 se presentan las concentraciones móviles de 3 horas de SO₂, correspondiente a las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del mes de marzo de 2023. 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.

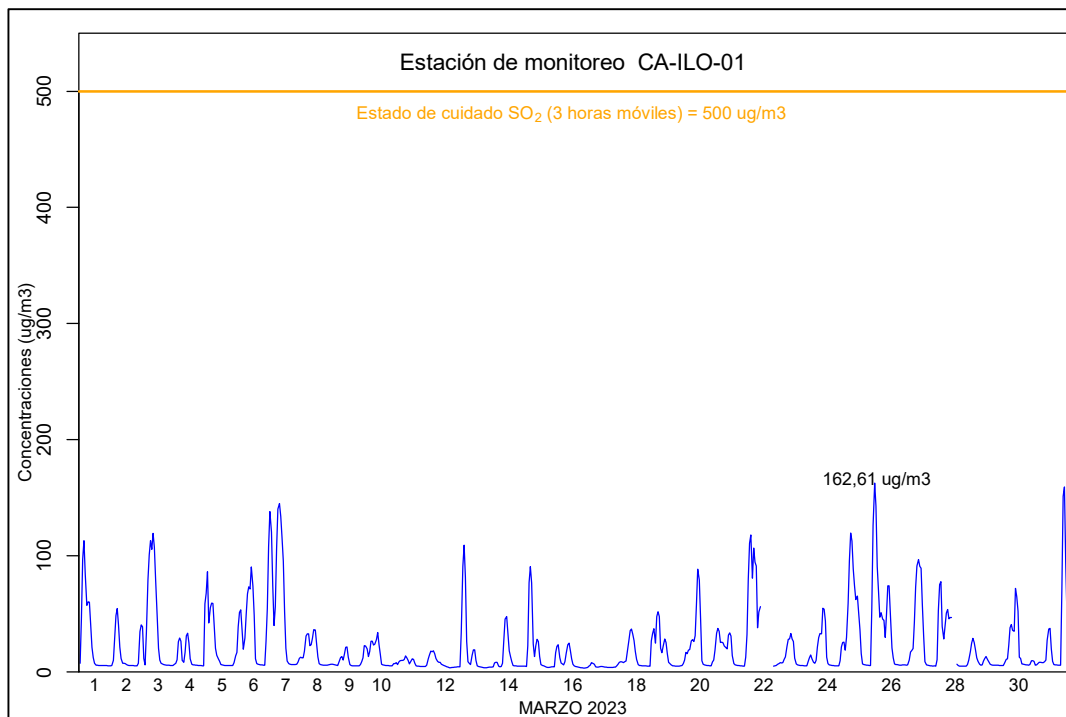


Figura 3.11.1. Concentraciones de promedio móvil de 3 horas de SO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-01, en marzo de 2023

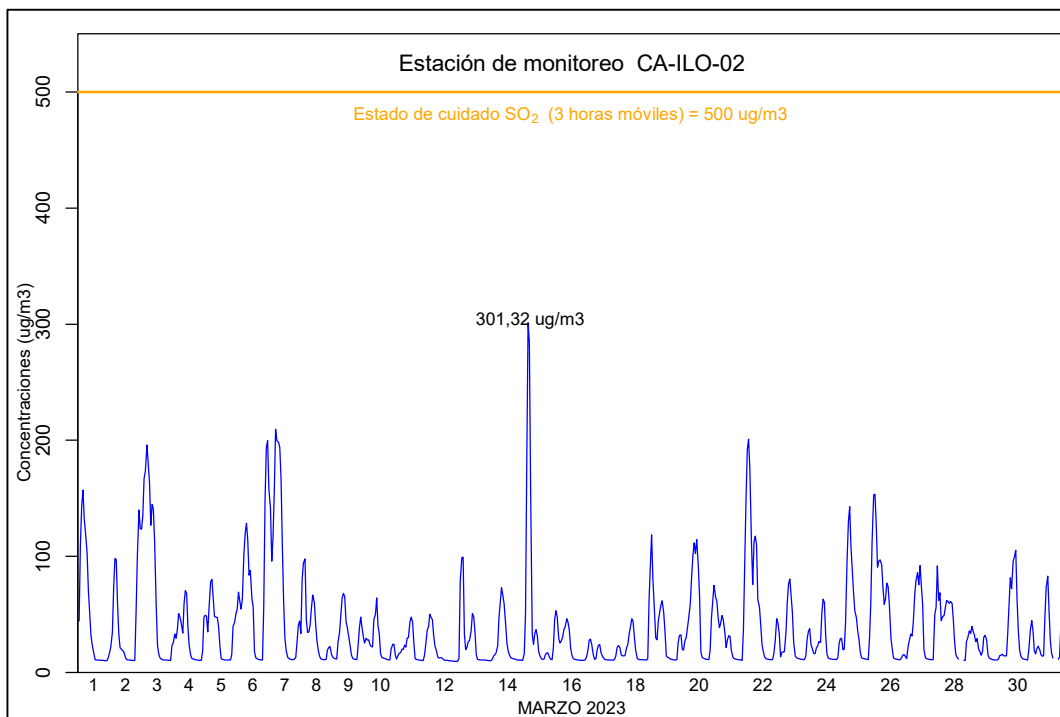


Figura 3.11.2. Concentraciones de promedio móvil de 3 horas de SO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-02, en marzo de 2023

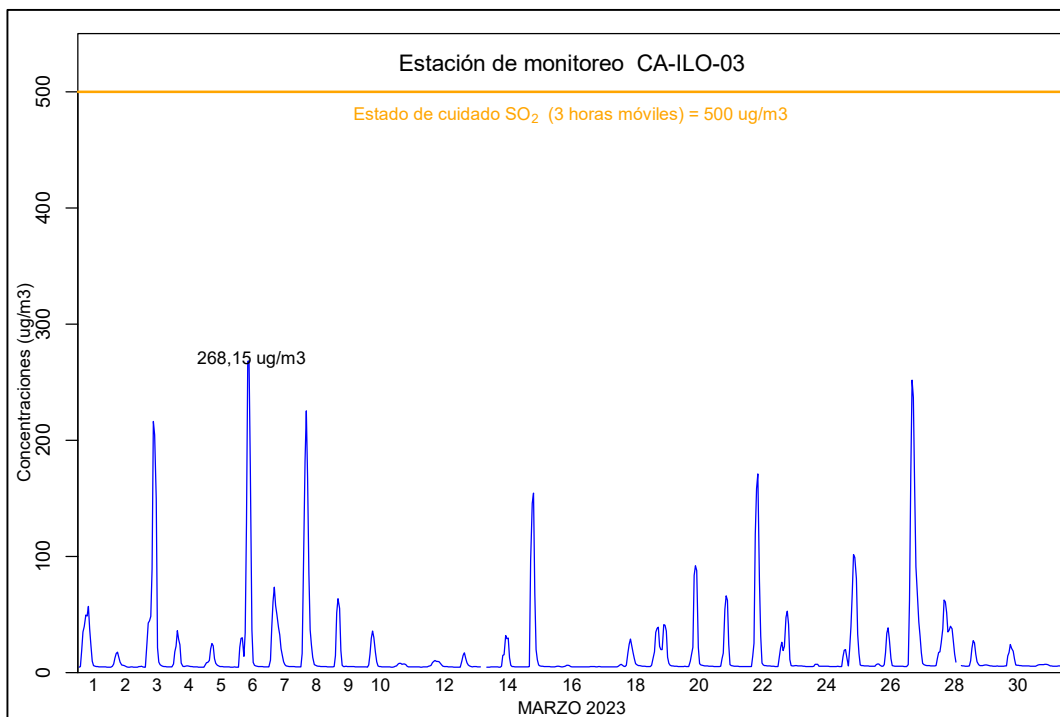


Figura 3.11.3. Concentraciones de promedio móvil de 3 horas de SO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-03, en marzo de 2023

4 CONCLUSIONES

- En las 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 (PM_{10}) no excedieron su respectivo ECA, durante el mes de marzo de 2023.
- En las 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 2,5 micras ($PM_{2,5}$) no excedieron su respectivo ECA, durante el mes de marzo de 2023.
- En las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, las concentraciones de dióxido de azufre (SO_2) no excedieron su respectivo ECA, durante el mes de marzo de 2023.
- En las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, las concentraciones de sulfuro de hidrógeno (H_2S) no excedieron su respectivo ECA, durante el mes de marzo de 2023.
- En las tres estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, las concentraciones horarias de monóxido de carbono (CO) no excedieron su respectivo ECA, así como lo promedios móviles de 8 horas de CO, durante el periodo evaluado de marzo de 2023.
- En las tres estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, las concentraciones horarias de dióxido de nitrógeno (NO_2) no excedieron su respectivo ECA, durante el periodo evaluado de marzo de 2023.
- No se presentaron estados de alerta sobre los niveles de cuidado de SO_2 ($500 \mu g/m^3$, 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 (marzo de 2023).
- 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 20 al 24 de marzo de 2023 en las estaciones CA-ILO-01 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 PM_{10} registradas del 20 al 24 de marzo de 2023 en las estaciones CA-ILO-01 y CA-ILO-03, no excedieron el valor establecido en la normativa referencial canadiense Air Ambient Quality Criteria 2020 (AAQC) de $0,5 \mu g/m^3$.
- La concentración mensual de plomo en PM_{10} registrada del 20 al 24 de marzo de 2023 en las estaciones CA-ILO-01 y CA-ILO-03 no excedieron el valor establecido en los ECA para aire de $1,5 \mu g/m^3$ mensual, aprobado mediante Decreto Supremo N.º 003- 2017-MINAM.

5 ANEXOS

Anexo 1: Mapa de ubicación.

Anexo 2: Datos crudos.

Anexo 3: Sistematización de datos válidos.

Anexo 4: Certificados de Calibración y fichas de verificación.

Anexo 5: Resultados de laboratorio-análisis de metales en PM10

Atentamente:



Jorge Luis Hualpa Amable

DNI: 10734302