

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

Fecha de ejecución : Del 1 de enero al 31 de diciembre de 2022

Expediente : 2020-02-0015 Código de acción : 0003-3-2022-412
0009-4-2022-412
0004-6-2022-417
0004-7-2022-417
010-10-2022-417

Tipo de evaluación : Programada

Fecha de aprobación : 31 de enero de 2022 Reporte N° : REAS-006-2023-STEAC

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 de enero al 31 de diciembre de 2022

Tabla 1.2. Listado de profesionales

N.º	Nombres y Apellidos	Profesión	Actividad desarrollada	Nº de Colegiatura
1	Lázaro Walther Fajardo Vargas	Ingeniero químico	Gabinete	CIP 33273
2	Andrés Daniel Brios Abanto	Ingeniero ambiental y de recursos naturales	Gabinete	CIP 172502
3	Mariella Rossana Atala Alvarez	Ingeniera ambiental	Gabinete	CIP 96971
4	Jorge Luis Hualpa Amable	Ingeniero químico	Gabinete y campo	CIP 124659
5	Pedro Héctor Miranda Rodríguez	Técnico electrónico industrial	Campo	---
6	Jorge Alberto Zevallos Aguilar	Técnico mecánico	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.° 010-2019-MINAM	2019

2.2 Ubicación de estaciones de monitoreo

Tabla 2.2. Estaciones de monitoreo

N.°	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. 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. 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

Tabla 2.4. Equipos utilizados en las estaciones de monitoreo

Parámetro	Equipo	Marca	Modelo	Serie	Certificado calibración
Estación de monitoreo CA-ILO-01					
Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)	Monitor automático de partículas	GRIMM	EDM 180	18A19094	LF-0462021 (28/02/2021)
Material particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM _{2.5})					LF-1702022 (05/05/2022)
Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)	Equipo Manual Activo HiVol	TISCH	TE-6070VFC+BLX	Venturi: P10791BLX	LF-0432021 (01/03/2021) LF-1662022 (25/04/2022)
Dióxido de azufre	Monitor automático de SO ₂	<i>Thermo Scientific</i>	43i	1200416204	LG-050-2021 (28/02/2021) LG-0192021 (28/02/2021) LG-130-2022 (25/04/2022) LF-1542022 (22/04/2022)
Dióxido de nitrógeno	Monitor automático de NO ₂	<i>Thermo Scientific</i>	42i	1192914962	LG-052-2021 (28/02/2021) LG-0212021 (28/02/2021) LG-129-2022 (25/04/2022) LF-1532022 (22/04/2022)
Sulfuro de hidrógeno	Monitor automático de H ₂ S	<i>Thermo Scientific</i>	450i	CM19490141	LG-051-2021 (28/02/2021) LG-0202021 (28/02/2021) LG-128-2022 (25/04/2022) LF-1522022 (22/04/2022)
Monóxido de carbono	Monitor automático de CO	<i>Thermo Scientific</i>	48i	1193085163	LG-049-2021 (28/02/2021) LG-0182021 (28/02/2021) LG-127-2022 (25/04/2022) LF-1512022 (22/04/2022)
- Velocidad de viento - Dirección de viento	Estación meteorológica	<i>Campbell Scientific</i>	CR310	WM174404	LM-0382021 (28/02/2021) LM – 3612022 (22/04/2022)
- Temperatura ambiente - Humedad relativa				1669292130	LM-0372021 (28/02/2021) LM-0362021 (28/02/2021) LM-3602022 (22/04/2022) LM-3592022 (22/04/2022)
- Presión atmosférica				BPA11352	LM-0402021 (28/02/2021) LM – 3622022 (27/04/2022)
- Precipitación				TB00015748	LM-0392021 (28/02/2021) LM – 3632022 (25/04/2022)
- Radiación solar				193237	LM-0352021 (01/03/2021) LM – 3642022 (22/04/2022)

Parámetro	Equipo	Marca	Modelo	Serie	Certificado calibración
Estación de monitoreo CA-ILO-02					
Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)	Monitor automático de partículas	GRIMM	EDM 180	18A19091	LF-0452021 (26, 27/02/2021)
Material particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM _{2.5})					LF-2932022 (08/02/2022)
Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)	Equipo Manual Activo HiVol	TISCH	TE-6070 VFC+BLX	Venturi: P10789BLX	LF-0422021 (01/03/2021) LF-1682022 (27/04/2022)
Dióxido de azufre	Monitor automático de SO ₂	Thermo Scientific	43i	1192914947	LG-046-2021 (26/02/2021) LG-0152021 (26/02/2021) LG-138-2022 (26/04/2022) LF-1622022 (26/04/2022)
Dióxido de Nitrógeno	Monitor automático de NO ₂	Thermo Scientific	42i	1192914960	LG-048-2021 (26/02/2021) LG-0172021 (26/02/2021) LG-137-2022 (26/04/2022) LF-1612022 (26/04/2022)
Sulfuro de hidrógeno	Monitor automático de H ₂ S	Thermo Scientific	450i	CM19490139	LG-047-2021 (26/02/2021) LG-0162021 (26/02/2021) LG-136-2022 (27/04/2022) LF-1602022 (26/04/2022)
Monóxido de carbono	Monitor automático de CO	Thermo Scientific	48i	1193085161	LG-045-2021 (26/02/2021) LG-0142021 (26/02/2021) LG-135-2022 (27/04/2022) LF-1592022 (26/04/2022)
- Velocidad de viento - Dirección de viento	Estación meteorológica	Campbell Scientific	CR300	WM174402	LM-0322021 (27/02/2021) LM – 3732022 (27/04/2022)
- Temperatura ambiente - Humedad relativa				1663393889	LM-0312021 (27/02/2021) LM-0302021 (27/02/2021) LM – 3722022 (26/04/2022) LM – 3712022 (26/04/2022)
- Presión atmosférica				BPA11350	LM-0342021 (27/02/2021) LM – 3742022 (26/04/2022)
- Precipitación				TB00015746	LM-0332021 (27/02/2021) LM – 3752022 (27/04/2022)
- Radiación solar				193287	LM-0292021 (01/03/2021) LM – 3762022 (26/04/2022)

Parámetro	Equipo	Marca	Modelo	Serie	Certificado calibración
Estación de monitoreo CA-ILO-03					
Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)	Monitor automático de partículas	GRIMM	EDM 180	18A19093	LF-0442021 (25/02/2021)
Material particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM _{2.5})					LF-1692022 (04/05/2022)
Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)	Equipo Manual Activo HiVol	TISCH	TE-6070VFC+BLX	Venturi: P10790BLX	LF-0412021 (01/03/2021) LF-1672022 (24/04/2022)
Dióxido de azufre	Monitor automático de SO ₂	Thermo Scientific	43i	1192914948	LG-042-2021 (24/02/2021) LG-0112021 (24/02/2021) LG-134-2022 (23/04/2022) LF-1582022 (23/04/2022)
Dióxido de nitrógeno	Monitor automático de NO ₂	Thermo Scientific	42i	1192914961	LG-044-2021 (24/02/2021) LG-0132021 (24/02/2021) LG-133-2022 (23, 24/04/2022) LF-1572022 (23/04/2022)
Sulfuro de hidrógeno	Monitor automático de H ₂ S	Thermo Scientific	450i	CM19490140	LG-043-2021 (24/02/2021) LG-0122021 (24/02/2021) LG-132-2022 (24/04/2022) LF-1562022 (23/04/2022)
Monóxido de carbono	Monitor automático de CO	Thermo Scientific	48i	1193085162	LG-041-2021 (24/02/2021) LG-0102021 (24/02/2021) LG-131-2022 (23/04/2022) LF-1552022 (23/04/2022)
- Velocidad de viento - Dirección de viento	Estación meteorológica	Campbell Scientific	CR300	WM174403	LM-0262021 (25/02/2021) LM – 3672022 (23/04/2022)
- Velocidad de viento - Dirección de viento				181893	LVV-0036-2022 (08/08/2022)
- Temperatura ambiente - Humedad relativa				1665884185	LM-0252021 (25/02/2021) LM-0242021 (25/02/2021) LM – 3662022 (23/04/2022) LM – 3652022 (23/04/2022)
- Presión atmosférica				BPA11351	LM-0282021 (25/02/2021) LM – 3682022 (23/04/2022)
- Precipitación				TB00015747	LM-0272021 (25/02/2021) LM – 3692022 (24/04/2022)
- Radiación solar				193240	LM-0232021 (01/03/2021) LM – 3702022 (23/04/2022)

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»
	Anual	50	Media aritmética anual	
Material particulado con diámetro menor a 2.5 micras ($\text{PM}_{2.5}$)	24 horas	50	No exceder más de 7 veces al año	
	Anual	25	Media aritmética anual	
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	
	Anual	100	Media aritmética anual	
Monóxido de carbono (CO)	1 hora	30000	No exceder más de 1 vez al año	
	8 horas	10000	Media aritmética móvil	
Plomo (Pb) en PM_{10}	Mensual	1,5	No exceder más de 4 veces al año	
	Anual	0,5	Media aritmética de los valores mensuales	

Tabla 2.6. Niveles de estado de alerta nacionales para contaminantes de aire

Tipos de Alerta	Dióxido de Azufre (SO_2)	Norma
Cuidado	>500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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	>500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ promedio móvil 3 horas	
Emergencia	>500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ promedio móvil 3 horas	

Tabla 2.7. Estándares de calidad de aire de Canadá

CASRN	Contaminante	AAQC (µg/m3)	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
7440-62-2	Vanadio	2	24
7440-66-6	Zinc	120	24

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

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

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

3 RESULTADOS

3.1 PARÁMETROS METEOROLÓGICOS

Las condiciones meteorológicas registradas en la estación de monitoreo CA-ILO-01 de enero a diciembre de 2022 son presentadas en la Tabla 3.1 y el detalle del registro de los parámetros en el Anexo 3.

En la Tabla 3.1 se observa las condiciones meteorológicas en el distrito de Ilo, entre enero y marzo (primer trimestre) la temperatura varió entre una mínima y máxima de 17,5 y 28,4 °C respectivamente, la velocidad del viento entre 0 m/s a 10,8 m/s y sin precipitaciones registradas, entre abril y junio (segundo trimestre) la temperatura varió entre una mínima y máxima de 13,6 °C y 24,3 °C respectivamente, la velocidad del viento entre 0 m/s a 8,0 m/s y con un máximo en precipitaciones de 3,8 mm; de julio a setiembre (tercer trimestre) la temperatura varió entre una mínima y máxima de 13,5 °C y 19,5 °C respectivamente, la velocidad del viento entre 0,0 m/s a 7,1 m/s y sin registro de precipitaciones; de octubre a diciembre la temperatura varió entre 13,3 °C a 26,3 °C, la velocidad del viento entre 0,0 m/s a 8,2 m/s y con una máxima precipitación de 1,2 mm.

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

Meses	Valores	Presión barométrica (mmHg)	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Velocidad del viento (m/s)	Radiación Solar (W/m ²)
Enero	Mínimo	1000,0	0,0	19,6	46,0	0,0	--
	Máximo	1008,4	0,0	27,7	85,3	8,2	1122,4
	Promedio	1004,7	0,0	23,1	66,9	3,6	--
Febrero	Mínimo	999,8	0,0	19,6	48,9	0,0	--
	Máximo	1007,7	0,0	27,5	88,3	8,4	1040,8
	Promedio	1004,4	0,0	23,1	67,5	3,6	--
Marzo	Mínimo	999,8	0,0	17,5	49,1	0,1	0,0
	Máximo	1008,3	0,0	28,4	82,0	10,8	985,8
	Promedio	1004,3	0,0	22,6	66,9	3,9	--
Abril	Mínimo	1001,1	0,0	17,3	57,3	0,0	0,0
	Máximo	1008,8	0,0	24,3	82,2	8,0	887,1
	Promedio	1005,2	0,0	20,6	70,7	3,1	--
Mayo	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	--
Junio	Mínimo	1004,3	0,0	13,6	55,9	0,1	0,0
	Máximo	1013,1	0,1	20,3	92,5	7,0	846,1
	Promedio	1009,3	0,0	17,1	74,0	2,5	--
Julio	Mínimo	1002,9	0,0	13,5	63,4	0,0	0,0
	Máximo	1012,0	0,0	19,5	94,1	6,8	832,3
	Promedio	1008,4	0,0	16,3	75,0	2,3	--
Agosto	Mínimo	1004,6	0,0	13,6	62,2	0,1	0,0
	Máximo	1013,1	0,0	18,9	84,7	7,1	937,4
	Promedio	1008,6	0,0	15,8	75,0	2,6	--
Setiembre	Mínimo	1003,7	0,0	13,5	59,7	0,1	0,0
	Máximo	1013,0	0,0	18,6	90,4	6,7	1073,6
	Promedio	1009,2	0,0	15,5	77,1	2,9	--
Octubre	Mínimo	1004,2	0,0	13,3	61,7	0,3	0,0
	Máximo	1011,7	0,0	20,3	83,0	7,4	1164,6
	Promedio	1008,1	0,0	16,9	73,8	3,0	--
Noviembre	Mínimo	1001,7	0,0	16,2	59,0	0,0	--
	Máximo	1010,0	1,2	24,0	89,8	6,2	1110,1
	Promedio	1006,2	0,0	19,7	74,0	2,9	--
Diciembre	Mínimo	1000,0	0,0	18,0	55,9	0,0	0,0
	Máximo	1008,9	0,0	26,3	85,5	8,2	1086,9
	Promedio	1004,6	0,0	22,5	70,5	3,0	---

En la Figura 3.1 se grafican las rosas de viento mensuales en la estación de monitoreo CA-ILO-01 de enero a diciembre de 2022. Se observa que hay una predominancia sur (s) en todos los meses y que hay una frecuencia mayor de velocidades de viento de 5,5 a 8 m/s en los meses de enero a marzo. Cabe mencionar que en el mes de marzo se muestra una frecuencia del 1,5% de los vientos desde el sur (s) que se encuentran en el rango de 8 a 10,8 m/s, que corresponde al fenómeno meteorológico sucedido el 15 de marzo del presente, oficialmente notificado por Senamhi como la primera DANA del año denominada AYMARA.

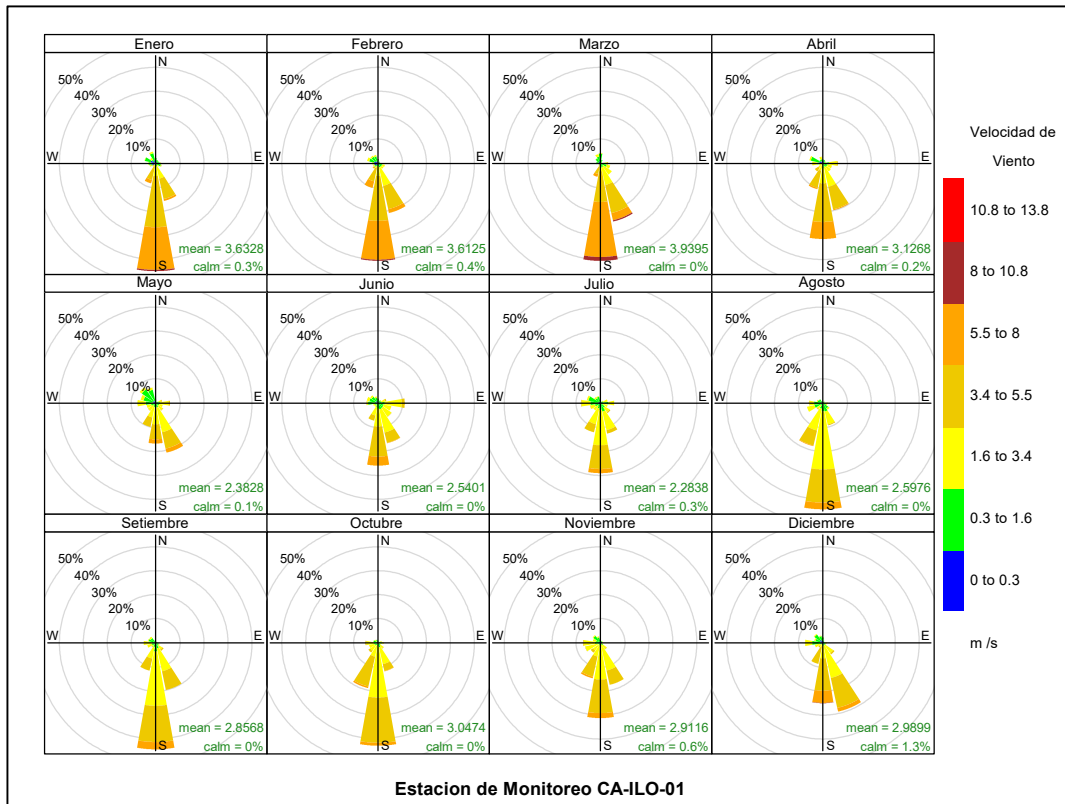


Figura 3.1. Rosas de viento mensuales en la estación de monitoreo CA-ILO-01, de enero a diciembre de 2022

En la Figura 3.2 se grafica la rosa de viento de la estación de monitoreo CA-ILO-01, correspondiente al periodo de enero a diciembre de 2022. Se observa que la rosa de viento tuvo una predominancia sur (s).

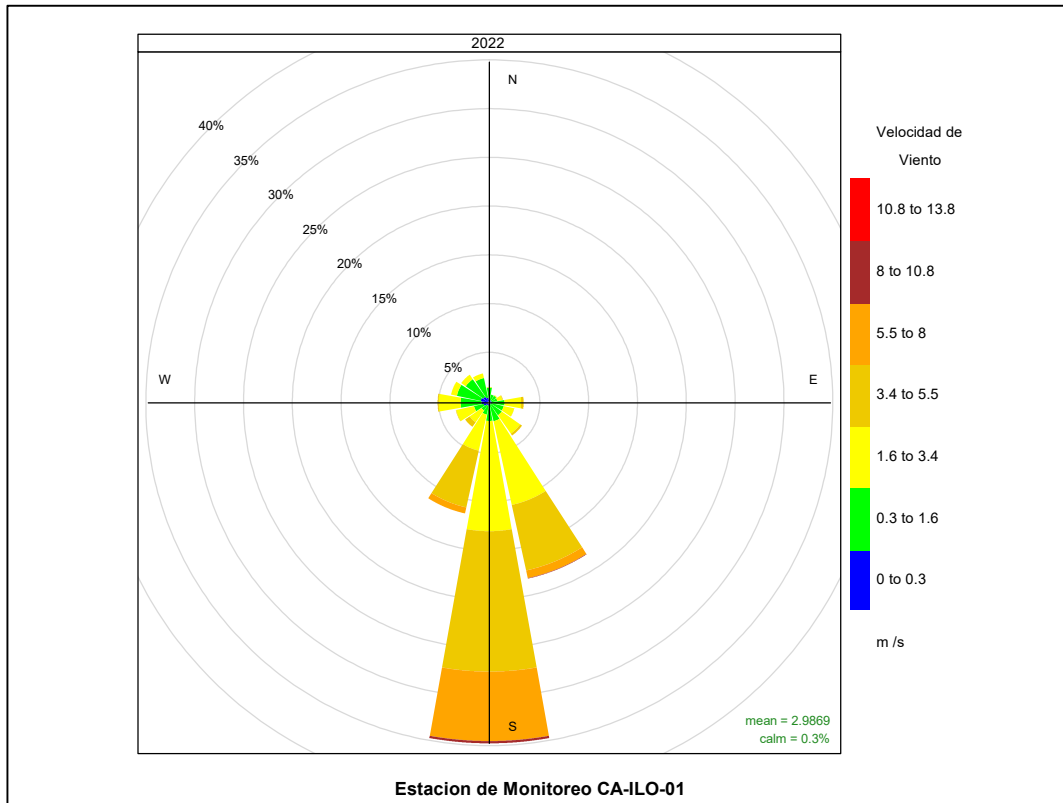


Figura 3.2. Rosa de viento de la estación de monitoreo CA-ILO-01, de enero a diciembre de 2022

Las condiciones meteorológicas registradas en la estación de monitoreo CA-ILO-02 de enero a diciembre de 2022 son presentadas en la Tabla 3.2 y el detalle del registro de los parámetros en el Anexo 3.

En la Tabla 3.2 se observa las condiciones meteorológicas en el distrito de Ilo, entre enero y marzo (primer trimestre) la temperatura varió entre una mínima y máxima de 16,9 y 28,9 °C respectivamente, la velocidad del viento entre 0 m/s a 8,8 m/s y sin precipitaciones registradas, entre abril y junio (segundo trimestre) la temperatura varió entre una mínima y máxima de 13,9 °C y 24,1 °C respectivamente, la velocidad del viento entre 0 m/s a 6,6 m/s y sin registro de precipitaciones; de julio a setiembre (tercer trimestre) la temperatura varió entre una mínima y máxima de 13,0 °C y 19,4 °C respectivamente, la velocidad del viento entre 0,1 m/s a 6,9 m/s y sin registro de precipitaciones; de octubre a diciembre la temperatura varió entre 12,6 °C a 26,9 °C, la velocidad del viento entre 0,1 m/s a 6,7 m/s y con un máximo de precipitaciones de 0,2 mm.

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

Meses	Valores	Presión barométrica (mmHg)	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Velocidad del viento (m/s)	Radiación Solar (W/m ²)
Enero	Mínimo	1003,4	0,0	19,3	46,7	0	0
	Máximo	1010,0	0,0	27,6	74,7	7,0	1050,3
	Promedio	1007,0	0,0	22,6	60,6	2,6	--
Febrero	Mínimo	1002,5	0,0	19,3	49,5	0	0
	Máximo	1009,7	0,0	28,6	83,8	7,6	1046,4
	Promedio	1006,5	0,0	22,9	65,3	2,7	--
Marzo	Mínimo	1002,4	0,0	16,9	49,9	0	0
	Máximo	1010,3	0,0	28,9	78,0	8,8	1009,4
	Promedio	1006,5	0,0	22,4	64,1	2,9	--
Abril	Mínimo	1003,6	0,0	16,7	55,6	0,0	0
	Máximo	1012,5	0,0	24,1	82,9	6,6	952,6
	Promedio	1007,6	0,0	20,3	67,2	2,6	--
Mayo	Mínimo	1006,0	0,0	13,9	63,6	0,1	0,0
	Máximo	1014,4	0,0	20,7	85,3	6,2	752,3
	Promedio	1010,5	0,0	17,2	73,9	2,2	--
Junio	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	--
Julio	Mínimo	1005,1	0,0	13,0	63,9	0,1	0,0
	Máximo	1014,1	0,0	19,4	89,8	6,9	834,1
	Promedio	1010,4	0,0	16,1	73,4	2,2	--
Agosto	Mínimo	1007,2	0,0	13,2	62,0	0,2	0,0
	Máximo	1015,3	0,0	19,2	83,2	5,7	917,3
	Promedio	1010,6	0,0	15,8	73,2	2,6	--
Setiembre	Mínimo	1005,8	0,0	13,3	63,9	0,1	0,0
	Máximo	1015,1	0,0	18,7	88,0	6,0	1039,5
	Promedio	1011,1	0,0	15,4	74,9	2,7	--
Octubre	Mínimo	1006,8	0,0	12,6	62,9	0,1	0,0
	Máximo	1013,8	0,0	20,6	81,7	6,0	1039,5
	Promedio	1010,1	0,0	16,8	72,1	2,9	--
Noviembre	Mínimo	1004,2	0,0	15,6	64,3	0,1	--
	Máximo	1012,3	0,2	24,1	86,7	5,8	1096,7
	Promedio	1008,5	0,0	19,5	72,7	2,7	--
Diciembre	Mínimo	1002,1	0,0	17,5	60,1	0,1	0,0
	Máximo	1011,1	0,0	26,9	85,8	6,7	1078,2
	Promedio	1006,6	0,0	22,4	70,7	2,5	--

En la Figura 3.3 se grafican las rosas de viento mensuales en la estación de monitoreo CA-ILO-02 de enero a diciembre de 2022. Se observa que de enero a abril hay una predominancia este-sureste (ese) y este (e), en el mes de mayo la predominancia es noroeste (nw), en junio y julio no hay una predominancia marcada de dirección, en agosto hay una predominancia sur(s), en setiembre sursureste (sse) y en octubre y noviembre oestesuroeste (wsw). Se observa también que las velocidades de 5,5 a 8 m/s tienen una mayor frecuencia en los meses de enero a marzo.

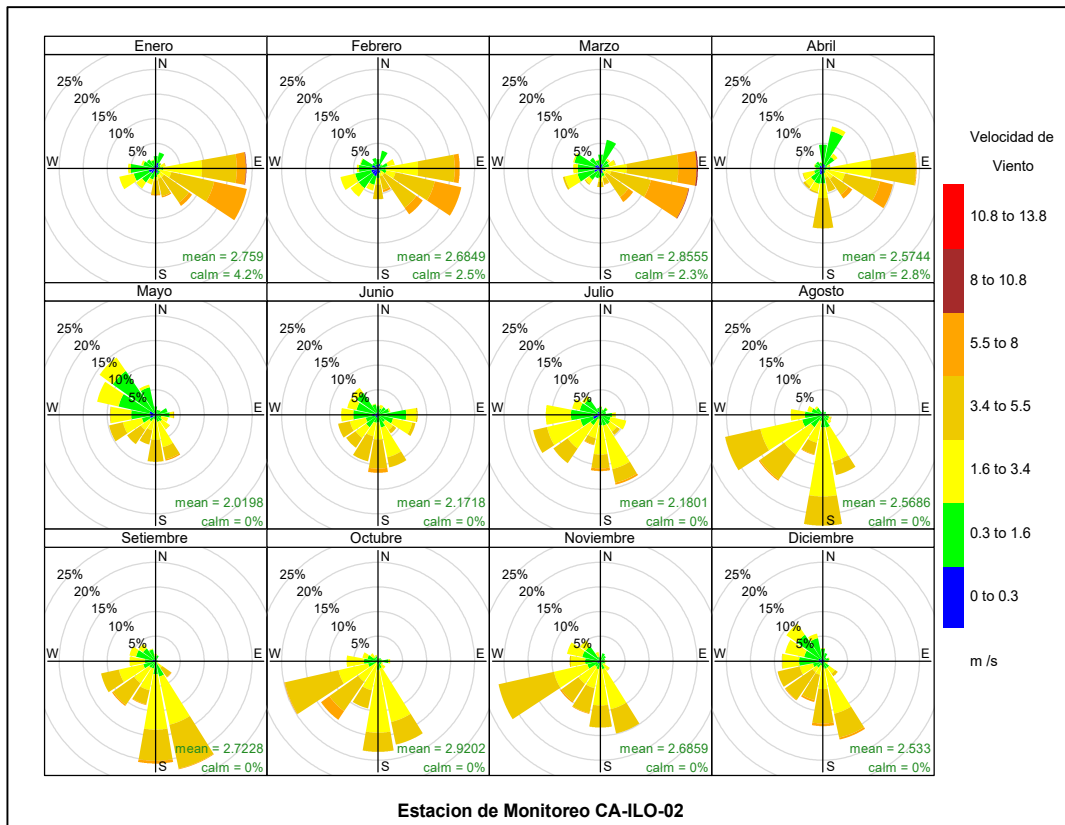


Figura 3.3. Rosas de viento mensuales en la estación de monitoreo CA-ILO-02, de enero a diciembre de 2022

En la Figura 3.4 se grafica la rosa de viento de la estación de monitoreo CA-ILO-02, correspondiente al periodo de enero a diciembre de 2022. Se observa que la rosa de viento muestra dos predominancias en la dirección sur(s) y oestesuroeste(wsw).

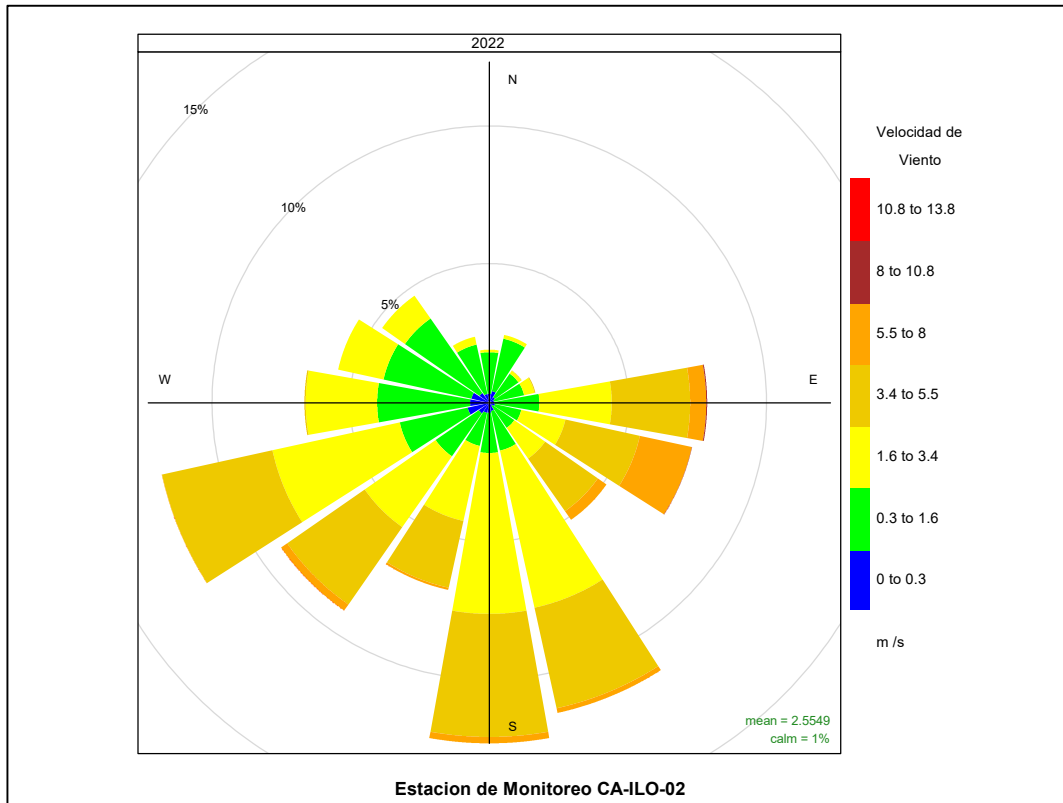


Figura 3.4. Rosa de viento de la estación de monitoreo CA-ILO-02, de enero a diciembre de 2022

Las condiciones meteorológicas registradas en la estación de monitoreo CA-ILO-03 de enero a diciembre de 2022 son presentadas en la Tabla 3.3 y el detalle del registro de los parámetros en el Anexo 3.

En la Tabla 3.3 se observa las condiciones meteorológicas en el distrito de Ilo, entre enero y marzo (primer trimestre) la temperatura varió entre una mínima y máxima de 16,1 y 26,7 °C respectivamente, la velocidad del viento entre 0,2 m/s a 10,1 m/s y sin precipitaciones registradas, entre abril y junio (segundo trimestre) la temperatura varió entre una mínima y máxima de 12,3 °C y 22,9 °C respectivamente, la velocidad del viento entre 0 m/s a 7,1 m/s y con un máximo en precipitaciones de 0,3 mm; de julio a setiembre (tercer trimestre) la temperatura varió entre una mínima y máxima de 12,0 °C y 18,4 °C respectivamente, la velocidad del viento entre 0,0 m/s a 5,0 m/s y con una presencia de lluvias máxima de 0,1 mm; de octubre a diciembre la temperatura varió entre 11,9 °C a 24,6 °C, la velocidad del viento entre 0,0 m/s a 7,4 m/s y con una máxima precipitación de 1,2 mm.

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

Meses	Valores	Presión barométrica (mmHg)	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Velocidad del viento (m/s)	Radiación Solar (W/m ²)
Enero	Mínimo	983,5	0,0	18,3	48,8	0,2	--
	Máximo	991,3	0,0	26,5	82,7	7,8	1100,0
	Promedio	987,8	0,0	21,9	70,0	3,7	--
Febrero	Mínimo	983,6	0,0	18,1	51,9	0,2	--
	Máximo	990,6	0,0	25,9	85,3	7,8	1056,4
	Promedio	987,5	0,0	21,9	70,0	3,7	--
Marzo	Mínimo	983,4	0,0	16,1	51,8	0,2	0
	Máximo	991,3	0,0	26,7	83,4	10,1	990,7
	Promedio	987,3	0,0	21,3	69,5	4,1	--
Abril	Mínimo	984,1	0,0	15,8	59,9	0,0	0
	Máximo	991,6	0,0	22,9	85,1	7,1	955,1
	Promedio	988,0	0,0	19,4	73,5	3,1	--
Mayo	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	--
Junio	Mínimo	985,6	0,0	12,3	58,9	0,0	0,0
	Máximo	995,0	0,3	18,7	96,9	4,2	772,3
	Promedio	990,9	0,0	15,8	79,3	0,9	--
Julio	Mínimo	985,2	0,0	12,1	67,2	0,0	0,0
	Máximo	994,5	0,0	18,4	95,9	4,7	863,8
	Promedio	990,8	0,0	15,0	80,4	0,7	--
Agosto	Mínimo	986,9	0,0	12,0	66,7	0,0	0,0
	Máximo	995,6	0,0	17,2	92,3	5,0	979,0
	Promedio	990,9	0,0	14,5	81,0	0,9	--
Setiembre	Mínimo	986,1	0,0	12,1	67,6	0,0	0,0
	Máximo	995,2	0,1	16,4	98,2	4,2	1004,2
	Promedio	991,5	0,0	14,2	83,6	1,2	--
Octubre	Mínimo	987,0	0,0	11,9	66,2	0,0	0,0
	Máximo	993,9	0,0	18,4	89,0	4,8	1098,6
	Promedio	990,5	0,0	15,6	79,3	1,2	--
Noviembre	Mínimo	985,0	0,0	15,0	61,0	0,0	--
	Máximo	992,8	1,2	22,3	94,6	5,0	1156,3
	Promedio	989,1	0,0	18,4	78,9	1,1	--
Diciembre	Mínimo	983,4	0,0	16,6	59,8	0,0	0,0
	Máximo	991,7	0,0	24,6	91,7	7,4	1132,7
	Promedio	987,6	0,0	21,2	75,5	3,3	--

En la Figura 3.5 se grafican las rosas de viento mensuales en la estación de monitoreo CA-ILO-03 de enero a diciembre de 2022. Se observa que todos los meses muestran una predominancia sur (s). Además, entre enero y abril hay una mayor frecuencia de velocidades de viento en el rango de 5,5 a 8 m/s. Cabe mencionar que en el mes de marzo el 1,5% de los vientos que vienen desde el sursureste (sse) se encuentra dentro del rango de velocidades de viento de 8 a 10,8 m/s que puede atribuirse al fenómeno meteorológico sucedido el 15 de marzo del presente, oficialmente notificado por Senamhi como la primera DANA del año denominada AYMARA.

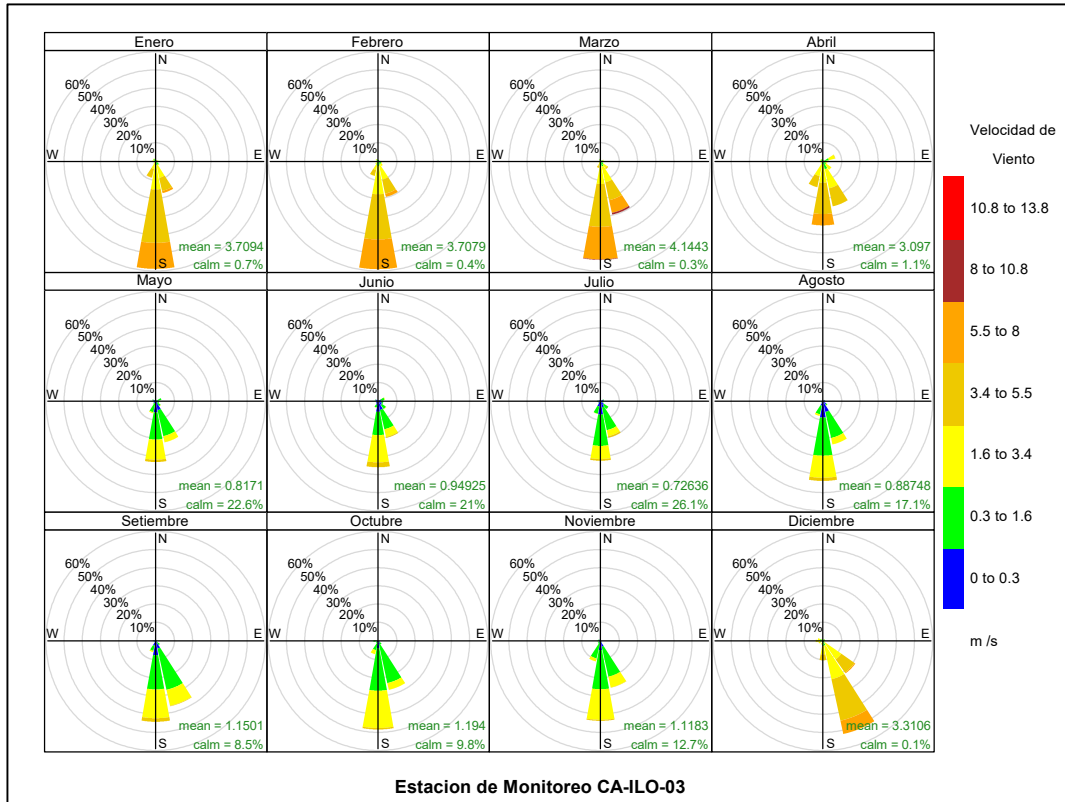


Figura 3.5. Rosas de viento mensuales en la estación de monitoreo CA-ILO-03, de enero a diciembre de 2022

En la Figura 3.6 se grafica la rosa de viento de la estación de monitoreo CA-ILO-03, correspondiente al periodo de enero a diciembre de 2022. Se observa que la rosa de viento tuvo una predominancia sur (S).

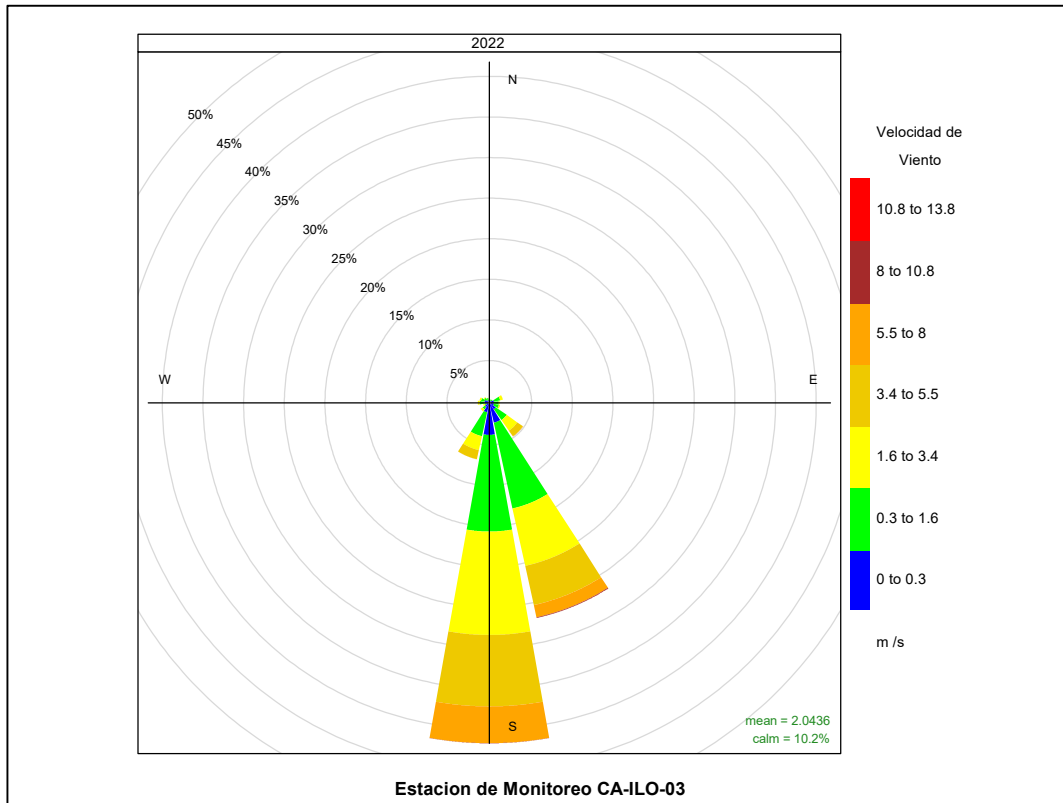


Figura 3.6. Rosa de viento de la estación de monitoreo CA-ILO-03, de enero a diciembre de 2022

3.2 MATERIAL PARTICULADO CON DIÁMETRO MENOR A 2,5 MICRAS (PM_{2,5})

En las Figuras 3.7, 3.8 y 3.9 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, de enero a diciembre de 2022.

En el caso de la estación CA-ILO-01 se observa que el 15 de marzo se superó el ECA nacional para PM_{2,5} (50 µg/m³ en 24 horas) reportándose un valor promedio de 76,8 µg/m³, el cual fue originado por un fenómeno meteorológico denominado por Senamhi como la DANA AYMARA¹.

En el caso de las estaciones CA-ILO-02 y CA-ILO-03 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).

Y sobre el ECA nacional para PM_{2,5} (25 µg/m³ Anual), en las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03 las concentraciones promedio son 11,7 µg/m³, 15,8 µg/m³ y 10 µg/m³ respectivamente, observando que en ningún caso se excedió el ECA nacional para PM_{2,5}.

¹ Informativo del portal de Senamhi: <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=moquegua&p=prensa&n=1476>

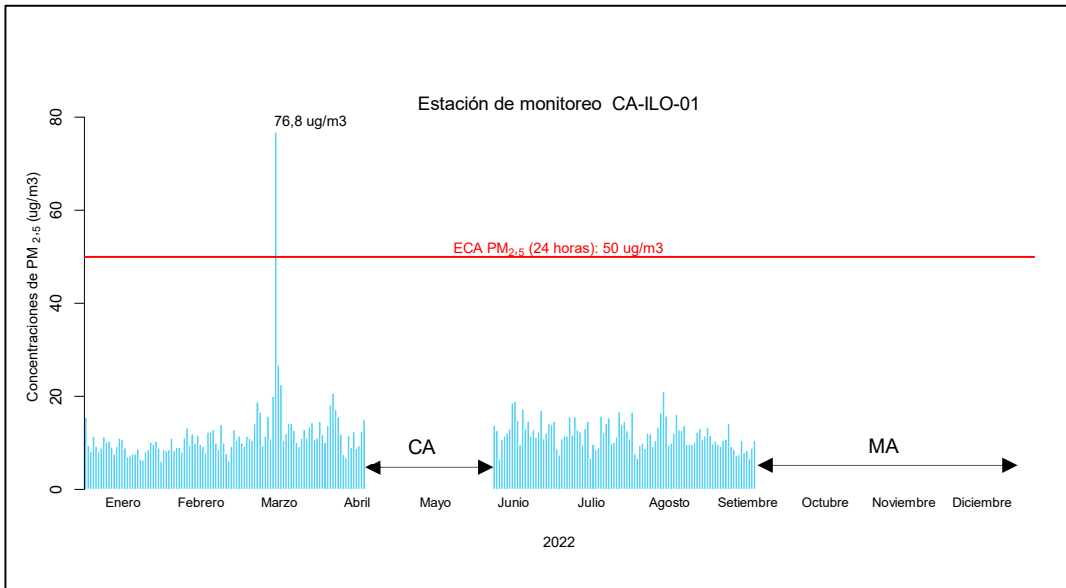


Figura 3.7. Concentraciones de 24 horas de PM_{2.5} en la estación de monitoreo CA-ILO-01, de enero a diciembre 2022

CA: Calibración anual.

MA: Mantenimiento

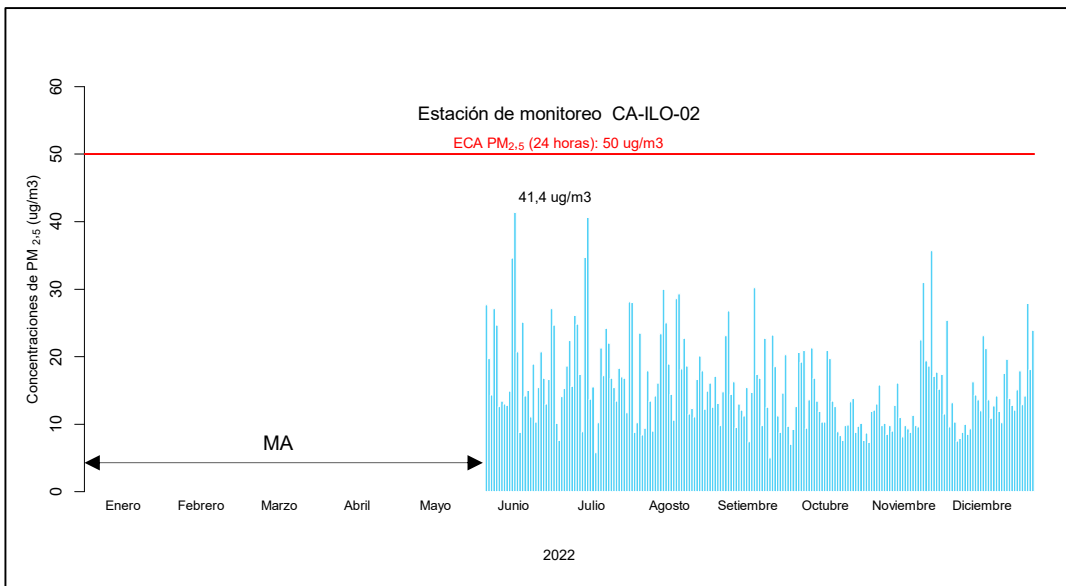


Figura 3.8. Concentraciones de 24 horas de PM_{2.5} en la estación de monitoreo CA-ILO-02, de junio a diciembre 2022

MA: Mantenimiento

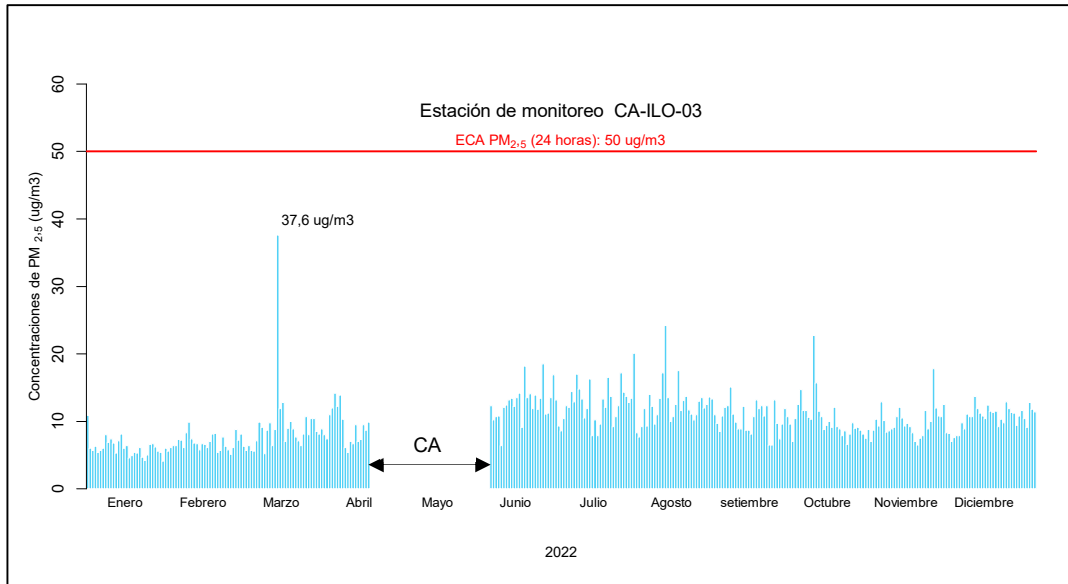


Figura 3.9. Concentraciones de 24 horas de PM_{2.5} en la estación de monitoreo CA-ILO-03, de enero a diciembre 2022
CA: Calibración anual.

3.3 MATERIAL PARTICULADO CON DIÁMETRO MENOR A 10 MICRAS (PM₁₀)

En las Figuras 3.10, 3.11 y 3.12 se presentan las concentraciones de 24 horas de PM₁₀ de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03 de enero a diciembre de 2022.

En el caso de las estaciones CA-ILO-01 y CA-ILO-03, se observa que el 15 de marzo se superó el ECA nacional para PM₁₀ (100 µg/m³ en 24 horas) reportándose un valor promedio de 195,7 µg/m³ y de 118,9 µg/m³ respectivamente, el cual fue originado por un fenómeno meteorológico denominado por Senamhi como la DANA AYMARA².

Además, se observa que en la estación CA-ILO-02 todas las concentraciones de 24 horas no excedieron el ECA para aire de PM₁₀ (100 µg/m³ en 24 horas).

Y sobre el ECA nacional para PM₁₀ (50 µg/m³ Anual), en las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03 las concentraciones promedio son 18,5 µg/m³, 24,5 µg/m³ y 16,4 µg/m³ respectivamente, observando que en ningún caso excedió el ECA nacional para PM₁₀.

² Informativo del portal de Senamhi: <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=moquegua&p=prensa&n=1476>

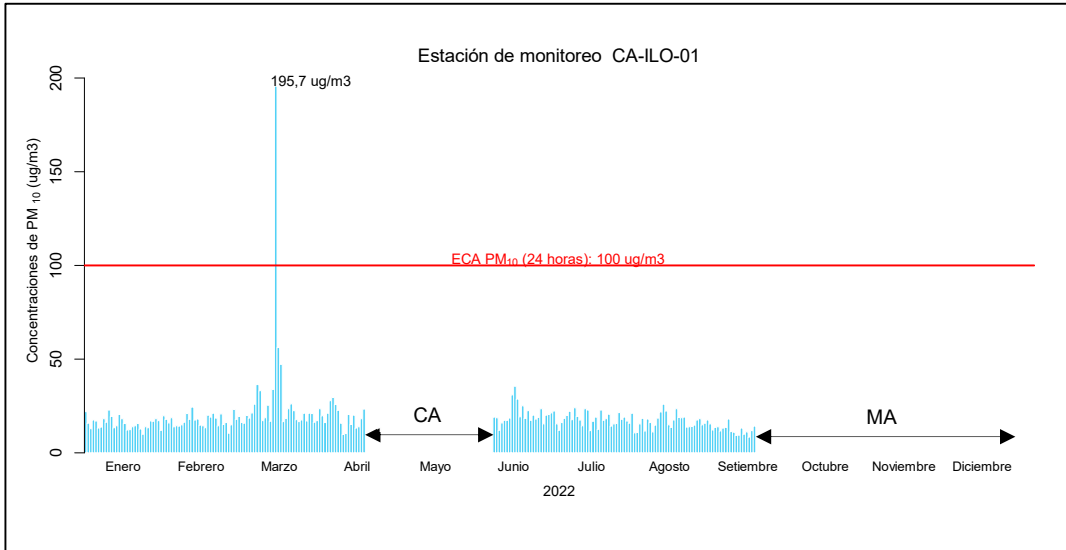


Figura 3.10. Concentraciones de 24 horas de PM₁₀ en la estación de monitoreo CA-ILO-01, de enero a diciembre 2022

CA: Calibración anual.

MA: Mantenimiento

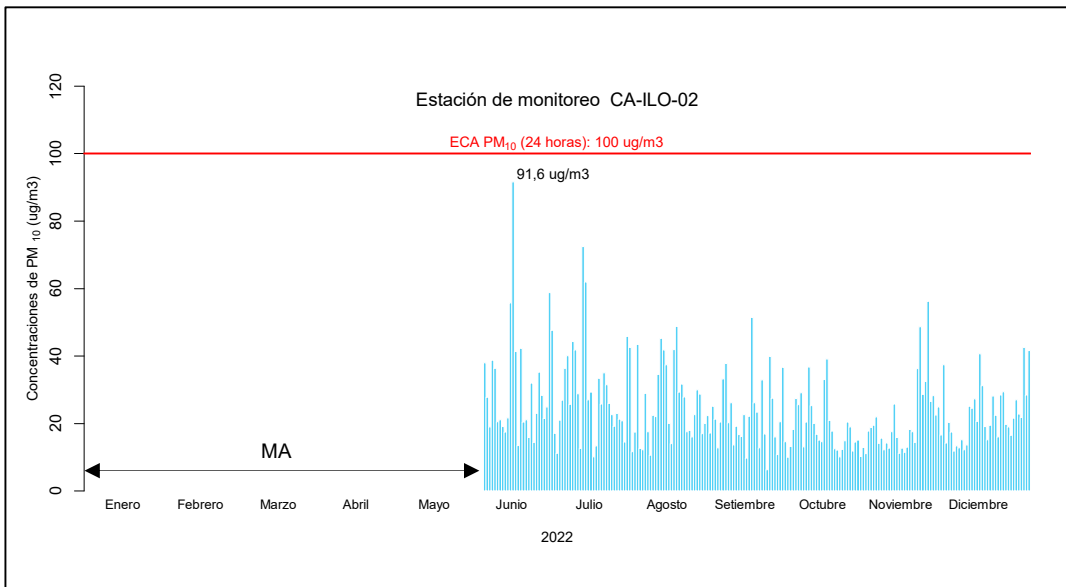


Figura 3.11. Concentraciones de 24 horas de PM₁₀ en la estación de monitoreo CA-ILO-02, de junio a diciembre 2022

MA: Mantenimiento

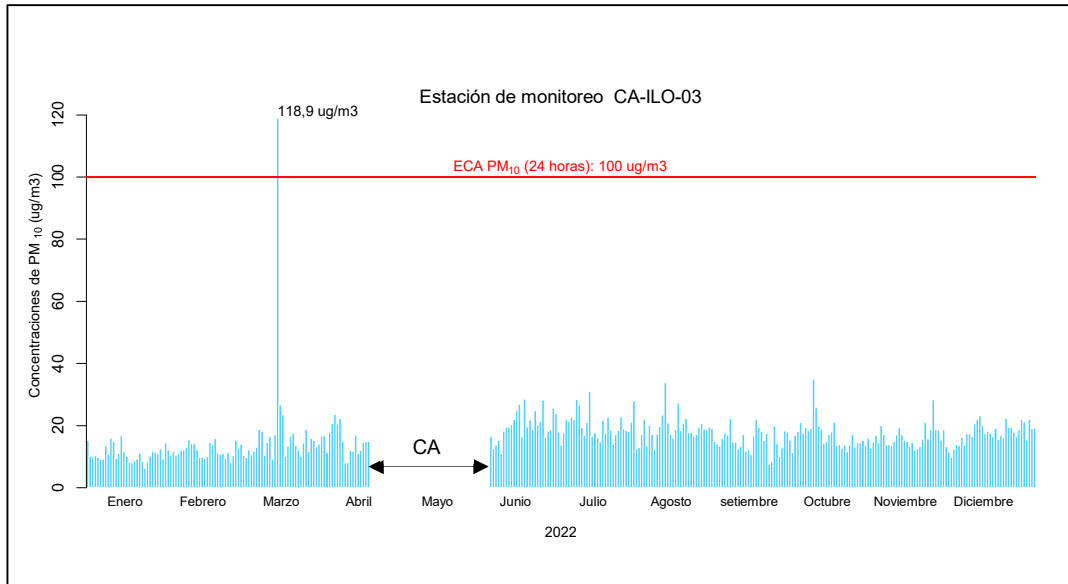


Figura 3.12. Concentraciones de 24 horas de PM₁₀ en la estación de monitoreo CA-ILO-03, de enero a diciembre 2022
CA: Calibración anual.

3.4 DIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂)

En las Figuras 3.13, 3.14 y 3.15 se presentan las concentraciones de 24 horas de SO₂ de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, de enero a diciembre de 2022. Además, se observa que todas las concentraciones de 24 horas no excedieron el ECA para SO₂ (250 µg/m³ en 24 horas).

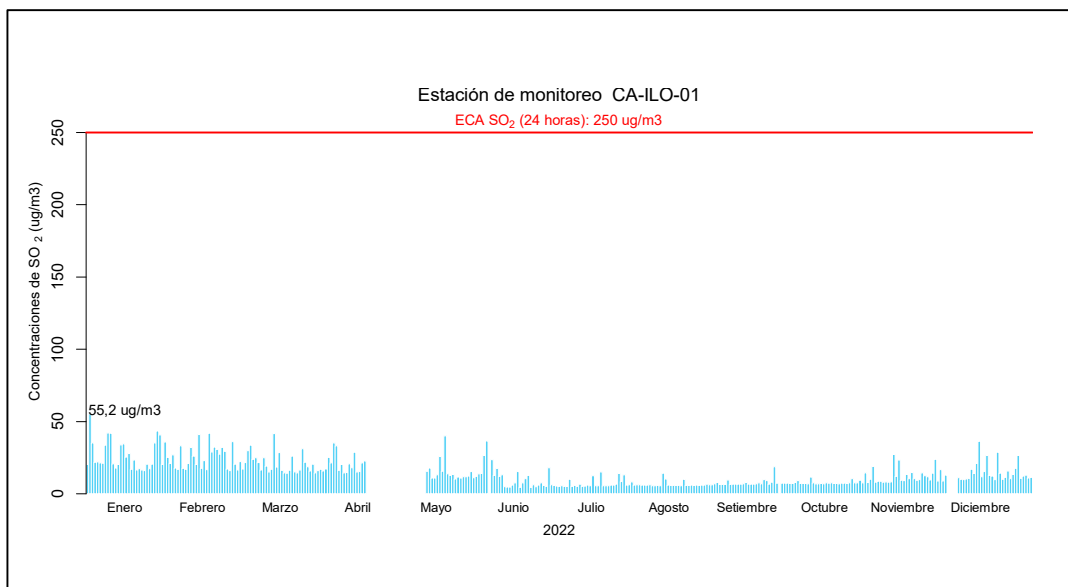


Figura 3.13. Concentraciones de 24 horas de SO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-01, de enero a diciembre 2022

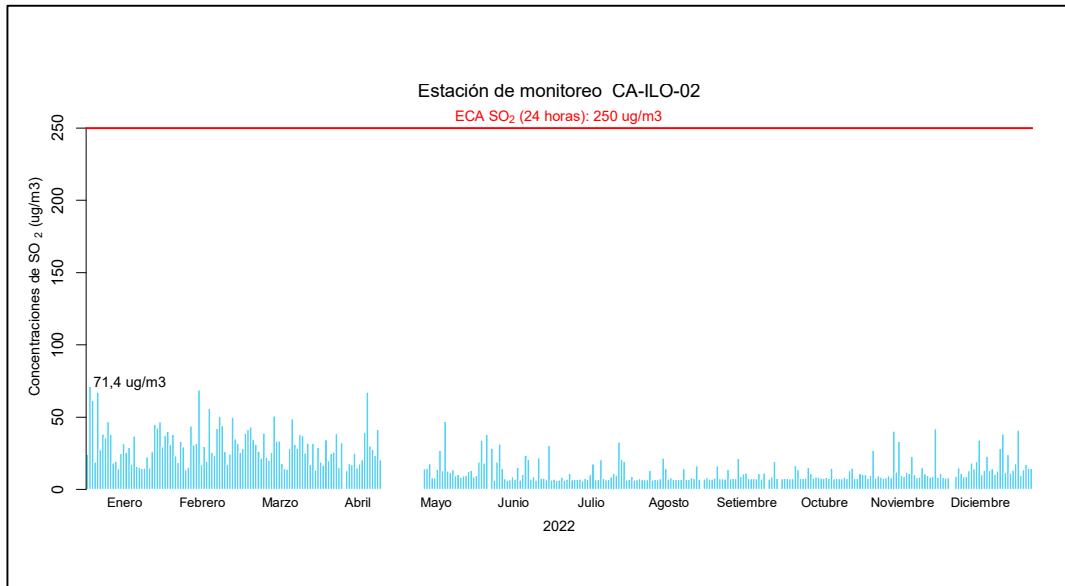


Figura 3.14. Concentraciones de 24 horas de SO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-02, de enero a diciembre 2022

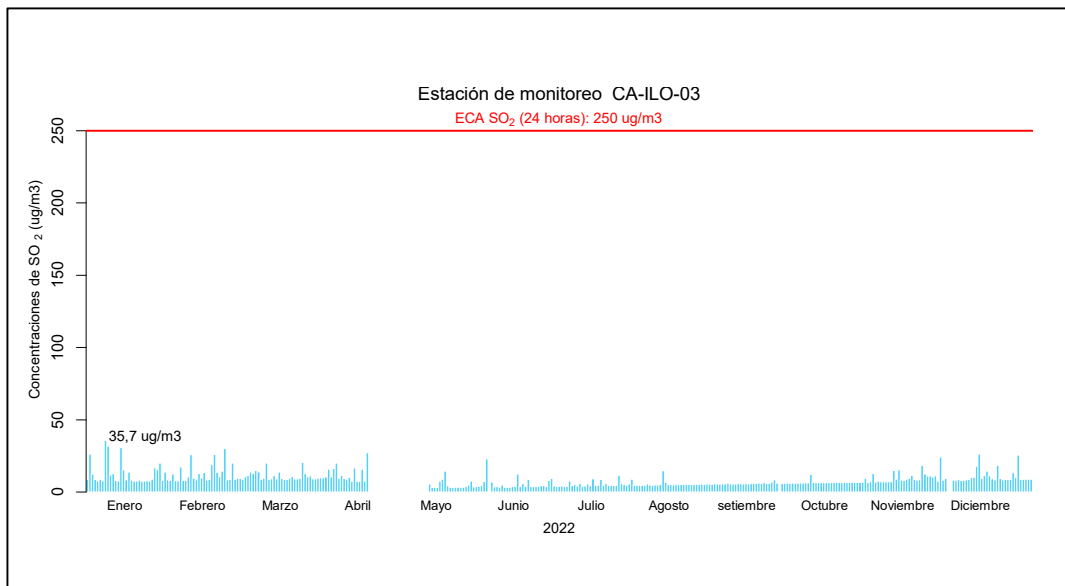


Figura 3.15. Concentraciones de 24 horas de SO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-03, de enero a diciembre 2022

3.5 SULFURO DE HIDROGENO (H₂S)

En las Figuras 3.16, 3.17 y 3.18 se presentan las concentraciones de 24 horas de H₂S de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, de enero a diciembre de 2022. Además, se observa que todas las concentraciones de 24 horas no excedieron el ECA para aire de H₂S (150 µg/m³ en 24 horas).

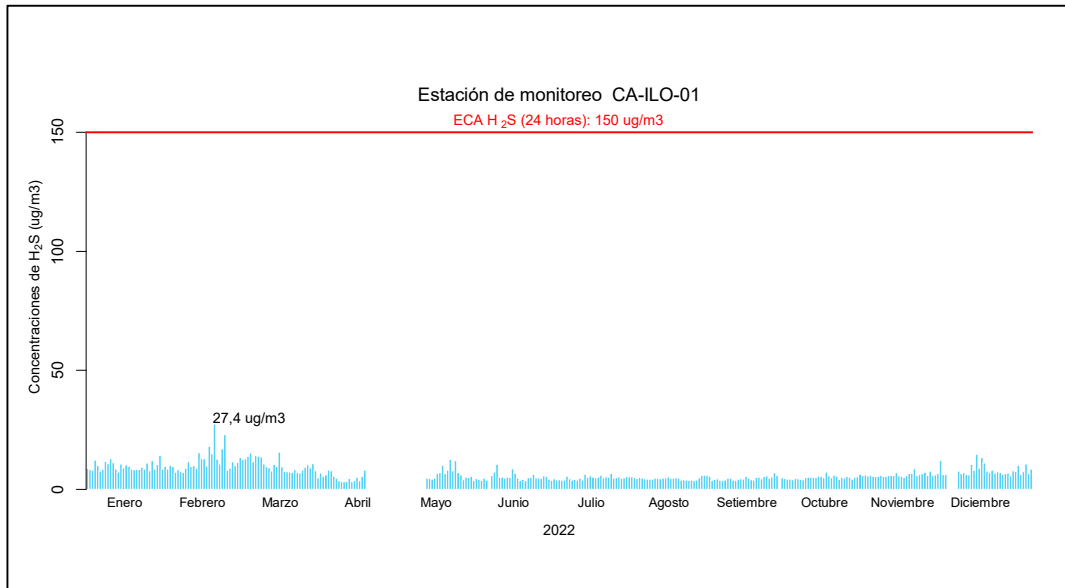


Figura 3.16. Concentraciones de 24 horas de H₂S en la estación de monitoreo CA-ILO-01, de enero a diciembre 2022

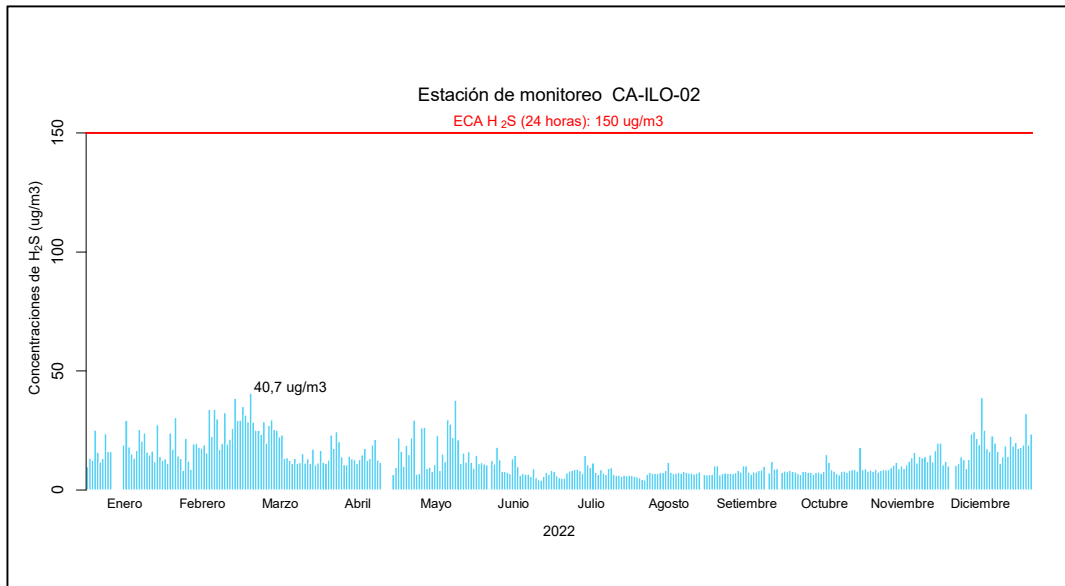


Figura 3.17. Concentraciones de 24 horas de H₂S en la estación de monitoreo CA-ILO-02, de enero a diciembre 2022

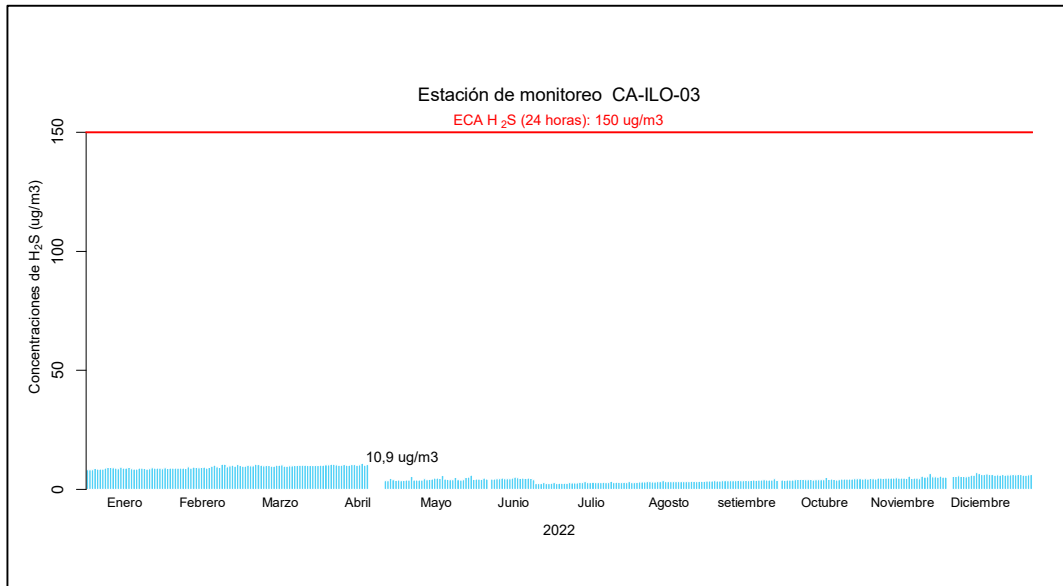


Figura 3.18. Concentraciones de 24 horas de H₂S en la estación de monitoreo CA-ILO-03, de enero a diciembre 2022

3.6 DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO₂)

En las Figuras 3.19, 3.20 y 3.21 se presentan las concentraciones horarias de NO₂ de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, de enero a diciembre de 2022. Además, se observa que todas las concentraciones horarias no excedieron el ECA para NO₂ (200 µg/m³ en 1 hora).

Y sobre el ECA nacional para NO₂ (100 µg/m³ Anual), en las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03 las concentraciones promedio son 6,6 µg/m³, 7,6 µg/m³ y 6,1 µg/m³ respectivamente, observando que en ningún caso se supero el ECA nacional para NO₂.

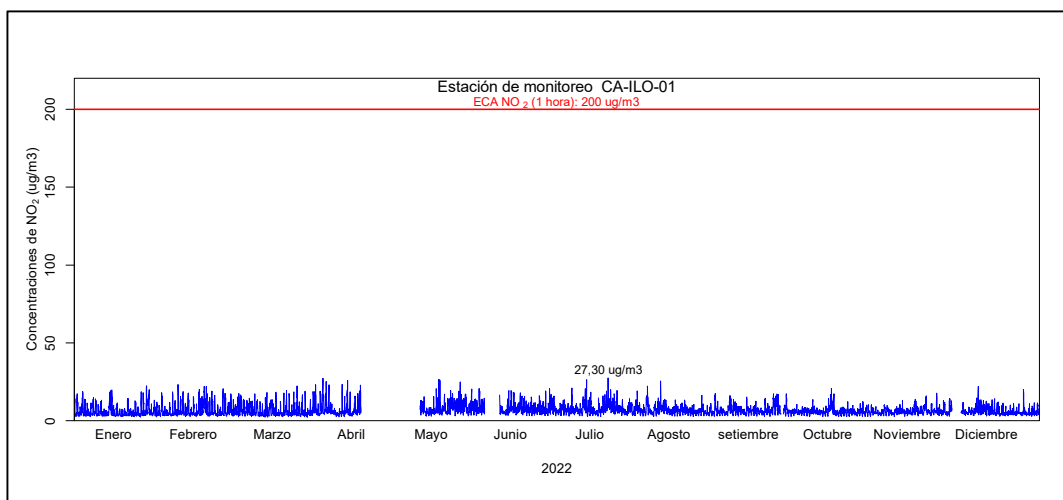


Figura 3.19. Concentraciones de horarias de NO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-01, de enero a diciembre 2022

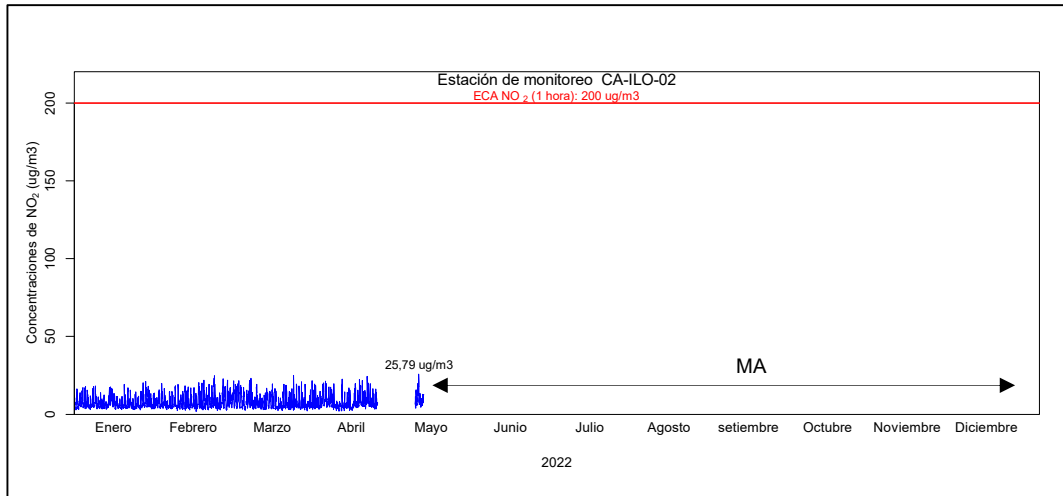


Figura 3.20. Concentraciones de horarias de NO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-02, de enero a mayo 2022

MA: Mantenimiento

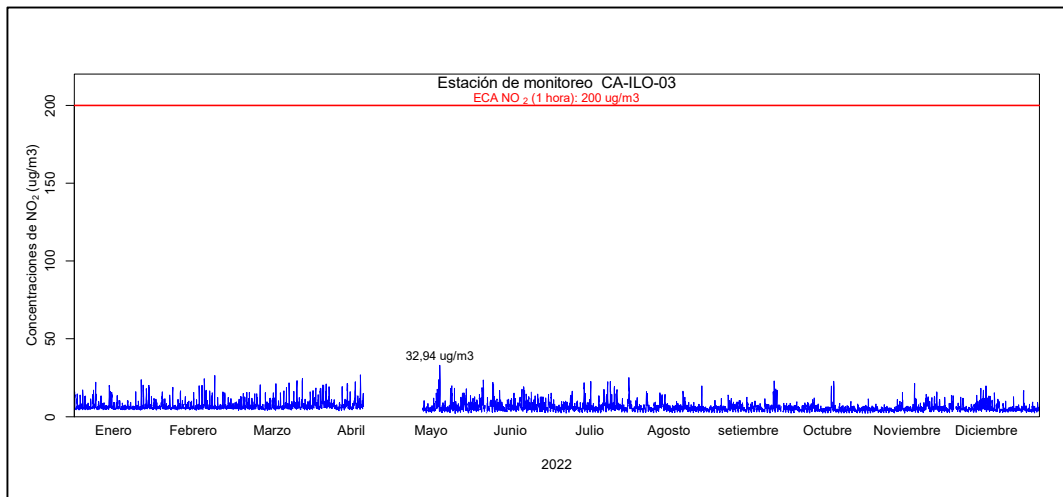


Figura 3.21. Concentraciones de horarias de NO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-03, de enero a diciembre 2022

3.7 MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

En las Figuras 3.22, 3.23 y 3.24 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, de enero a diciembre de 2022. Además, se observa que todas las concentraciones horarias no excedieron el ECA para CO (30000 µg/m³ en 1 hora).

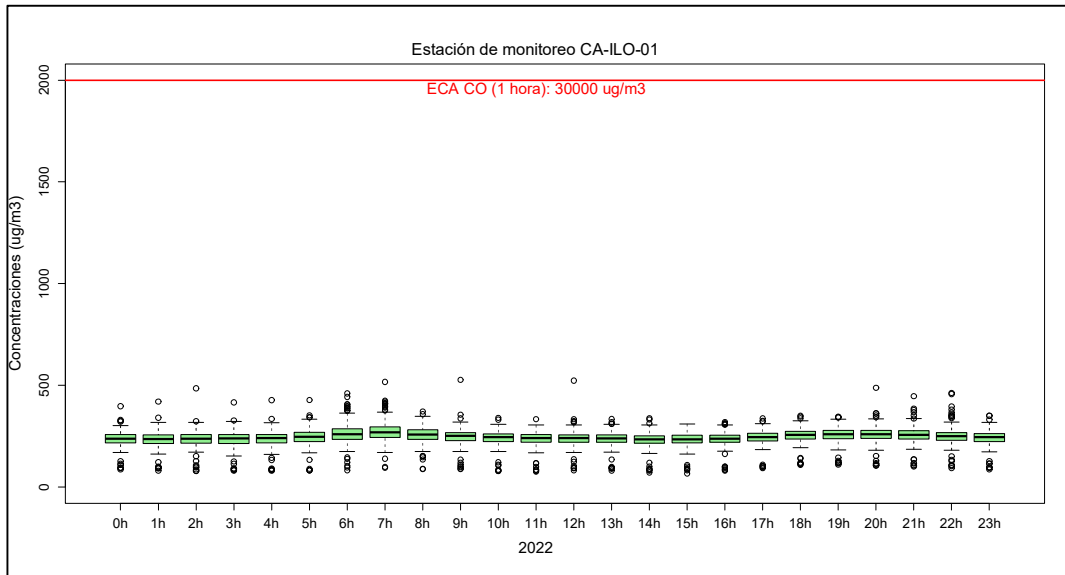


Figura 3.22. Concentraciones horarias de CO en la estación de monitoreo CA-ILO-01, de enero a diciembre 2022

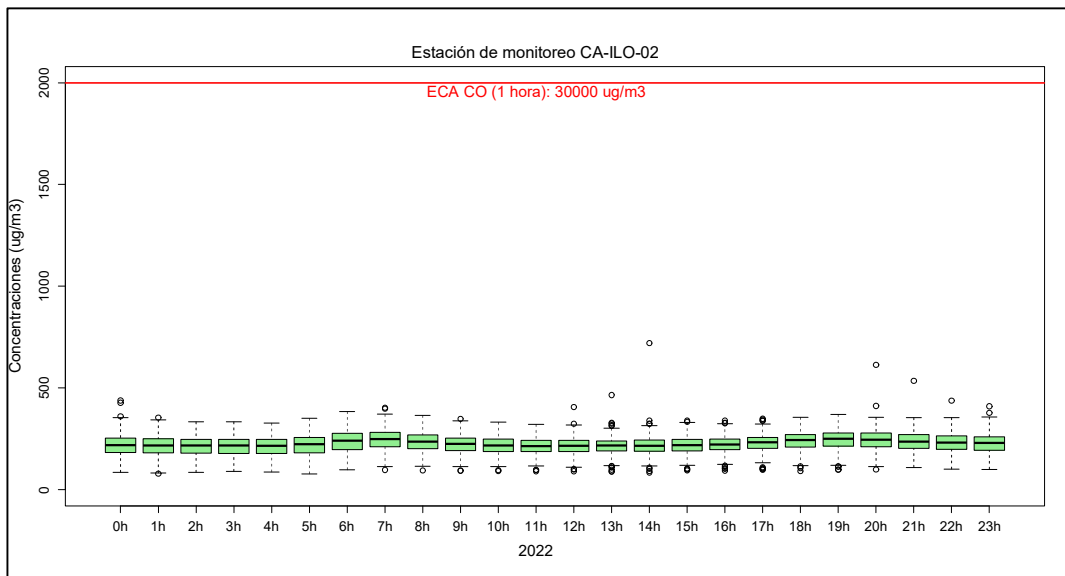


Figura 3.23. Concentraciones horarias de CO en la estación de monitoreo CA-ILO-02, de enero a diciembre 2022

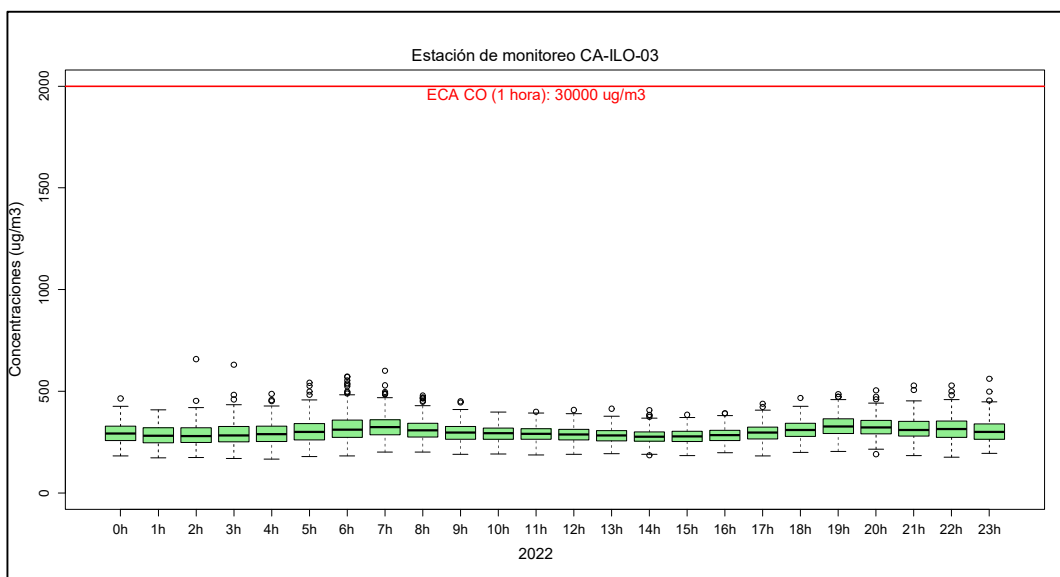


Figura 3.24. Concentraciones horarias de CO en la estación de monitoreo CA-ILO-03, de enero a diciembre 2022

En las Figuras 3.25, 3.26 y 3.27 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, de enero a diciembre de 2022. 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).

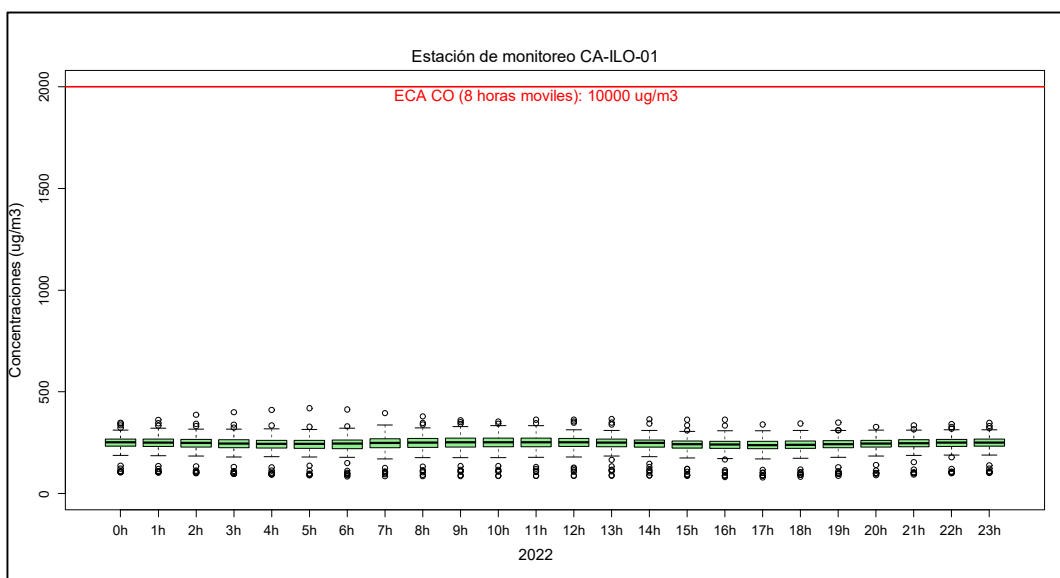


Figura 3.25. Concentraciones de promedio móvil de 8 horas de CO en la estación de monitoreo CA-ILO-01, de enero a diciembre 2022

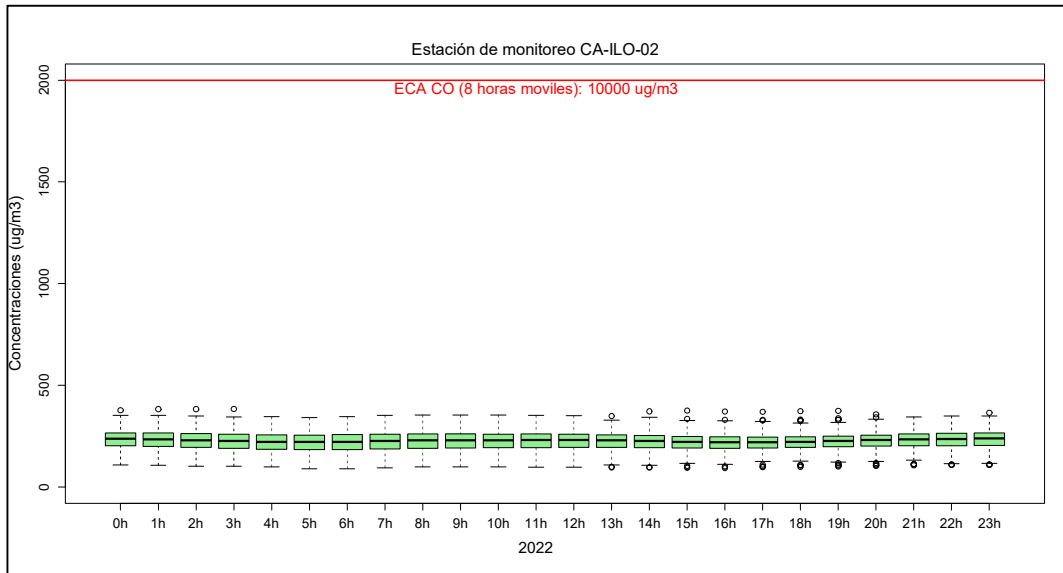


Figura 3.26. Concentraciones de promedio móvil de 8 horas de CO en la estación de monitoreo CA-ILO-02, de enero a diciembre 2022

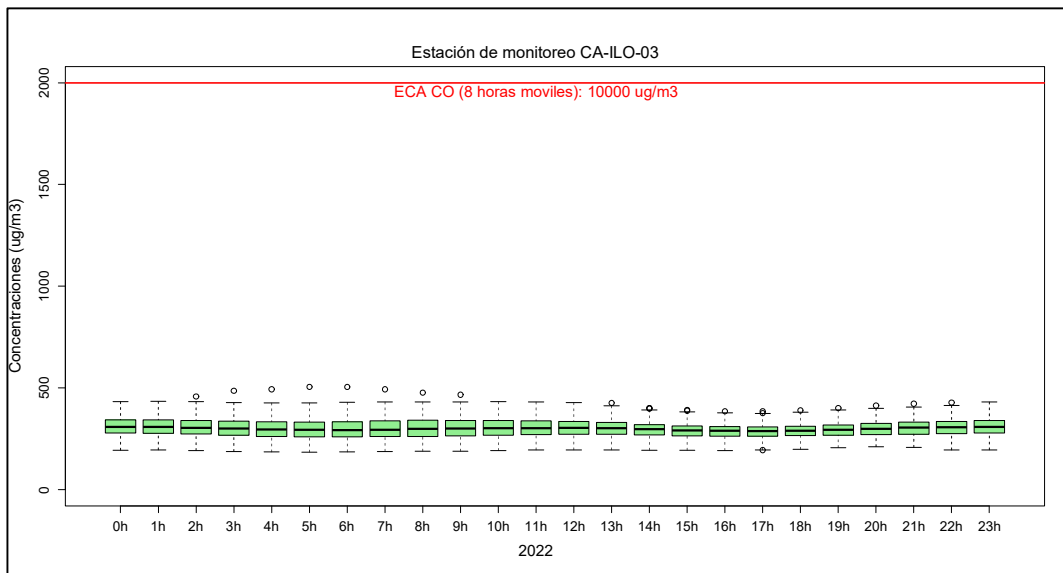


Figura 3.27. Concentraciones de promedio móvil de 8 horas de CO en la estación de monitoreo CA-ILO-03, de enero a diciembre 2022

3.8 ROSAS DE CONCENTRACIONES

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

En las Figuras 3.28, 3.29 y 3.30 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 año 2022.

En la estación de monitoreo CA-ILO-01, se observa que, en la dirección sur (s), que es la predominante, el 14% de los vientos comprende un rango de 0 a 10µg/m³ y el 8% de los vientos están en el rango de 10 a 20µg/m³.

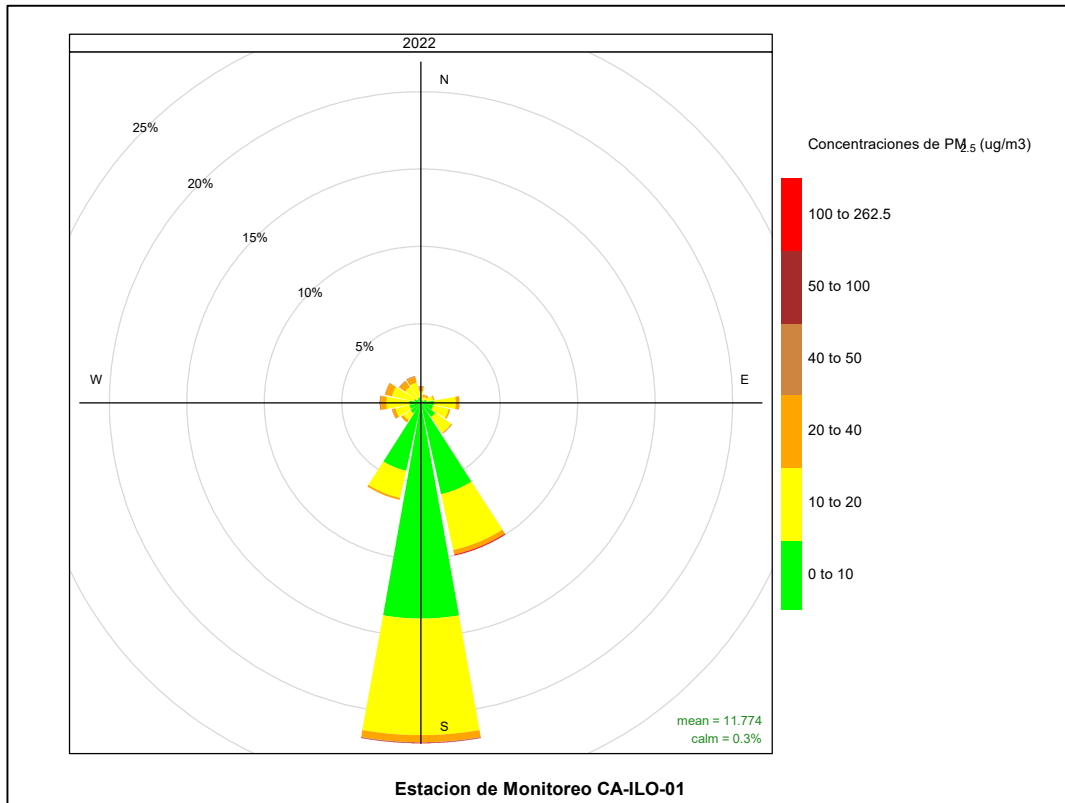


Figura 3.28. Rosa de concentración del $PM_{2.5}$ en la estación de monitoreo CA-ILO-01, periodo de enero a setiembre de 2022

En la estación de monitoreo CA-ILO-02, se observa que, de los vientos que predominantemente provienen del oestesuroeste (wsw) el 3% de los vientos están en el rango de 0 a $10 \mu g/m^3$, el 9% comprenden un rango de 10 a $20 \mu g/m^3$ y el 3% están entre 20 y $40 \mu g/m^3$. Y de la dirección predominante sur (s) el 10% de los vientos caen en el rango de 0 a $10 \mu g/m^3$, el 5,2% están dentro del rango de 10 a $20 \mu g/m^3$ y el 0,5% están en el rango de 20 a $40 \mu g/m^3$. Cabe mencionar que, en las direcciones de menor predominancia de vientos, oeste (w), oestenoroeste (wnw) y noroeste (nw) se observa la presencia de concentraciones más altas de alrededor de 50 a $100 \mu g/m^3$ aunque representan un 0,5% de los vientos en esas direcciones.

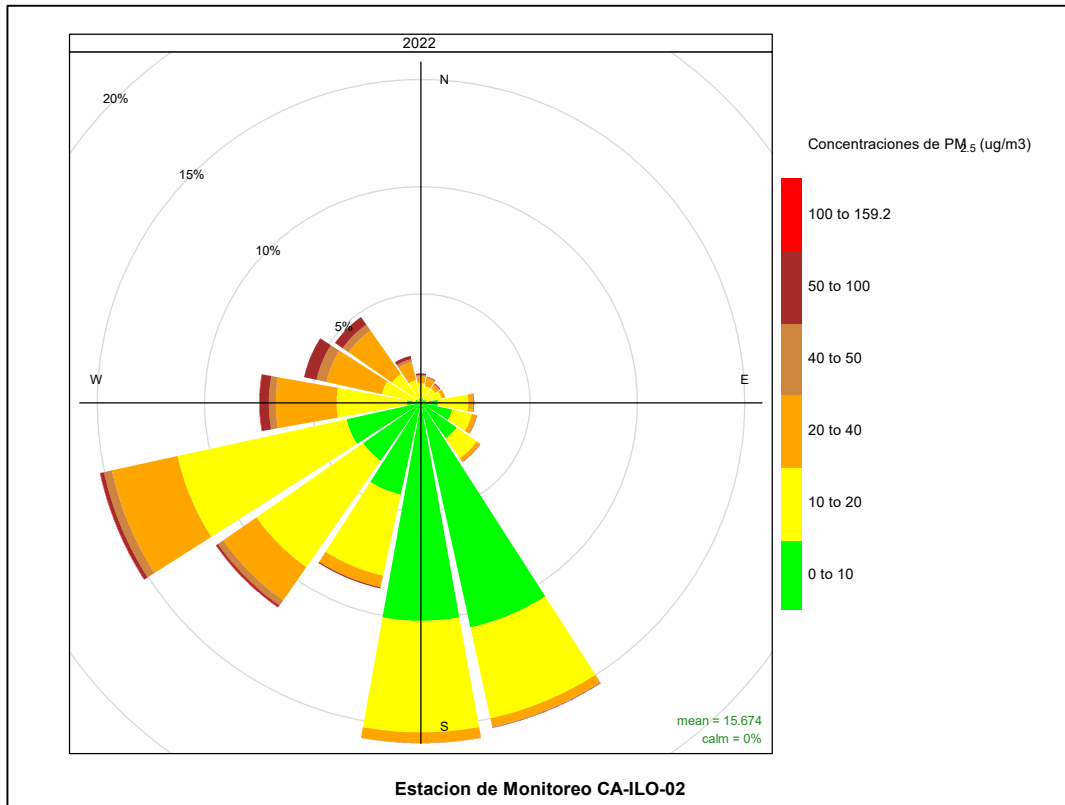


Figura 3.29. Rosa de concentración del $PM_{2.5}$ en la estación de monitoreo CA-ILO-02, periodo de junio a diciembre de 2022

Y en la estación CA-ILO-03, se observa que, en la dirección sur (s), que es la predominante, el 26% de los vientos comprende un rango de 0 a $10\mu g/m^3$ y el 12,5% de 10 a $20\mu g/m^3$.

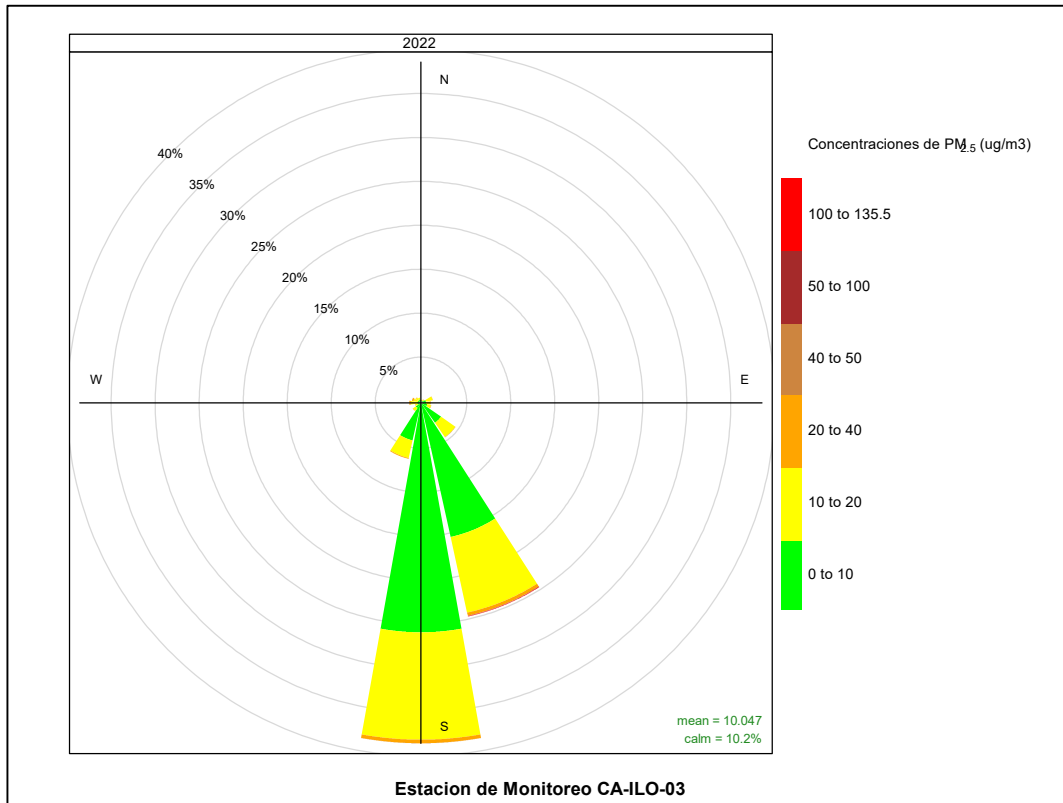


Figura 3.30. Rosa de concentración del $PM_{2.5}$ en la estación de monitoreo CA-ILO-03, periodo de enero a diciembre de 2022

En las Figuras 3.31, 3.32 y 3.33 se presentan las rosas de concentraciones mensuales de $PM_{2.5}$ de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del año 2022.

En la estación CA-ILO-01, se observa que, en los meses de enero a abril, en la dirección predominante sur (s), en el primer mes el 40% de los vientos caen en el rango de 0 a $10\mu g/m^3$ y con el transcurrir de los meses siguientes, la presencia de ese rango de $PM_{2.5}$ en los vientos disminuye hasta llegar al 18% de presencia de vientos en el mes de abril, provenientes del sur. Además, en el mes de marzo se evidencia, desde el sur(s), una presencia del 4% en los vientos de un rango de 20 a $40\mu g/m^3$. Cabe mencionar que el 15 de marzo el ECA de $PM_{2.5}$ fue superado según se detalla en la sección 4.2. Adicionalmente se informa que el mes de mayo el equipo estuvo fuera de la estación por calibración y los meses de octubre, noviembre y diciembre se retiró por mantenimiento.

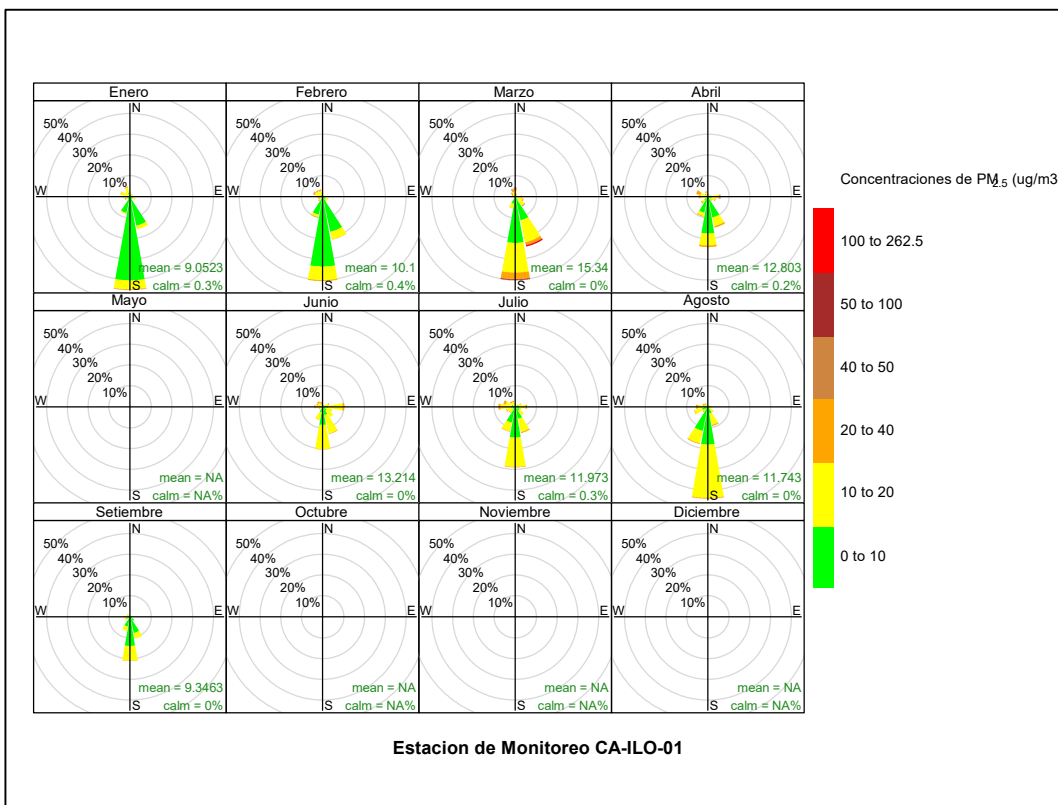


Figura 3.31. Rosa de concentración mensual del PM_{2.5} en la estación de monitoreo CA-ILO-01, periodo de enero a setiembre de 2022

En la estación CA-ILO-02, se observa un comportamiento similar en todos los meses, donde la presencia de un rango de 20 a 40µg/m³ tiene lugar en las direcciones alrededor de oestesuroeste (wsw) hasta oestenoroeste (wnw) siendo de 3 a 5% de los vientos aproximadamente. En la dirección sur se observa una mayor presencia en los vientos de los rangos de 0 a 20µg/m³.

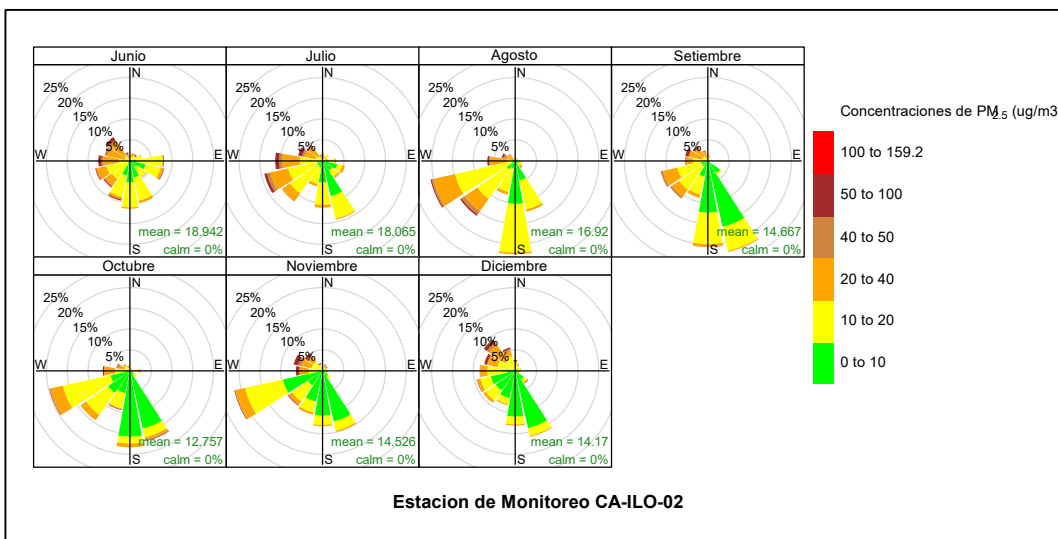


Figura 3.32. Rosa de concentración mensual del PM_{2.5} en la estación de monitoreo CA-ILO-02, periodo de junio a diciembre de 2022

Y en la estación CA-ILO-03, se observa que, en los meses de enero a marzo, hay una presencia de 50 a 55% de los vientos en el rango de 0 a $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la dirección predominante sur (s), en los demás meses toma mayor frecuencia de vientos, entre un 20 a 25% que provienen del sur y coinciden en el rango de 10 a $20\mu\text{g}/\text{m}^3$.

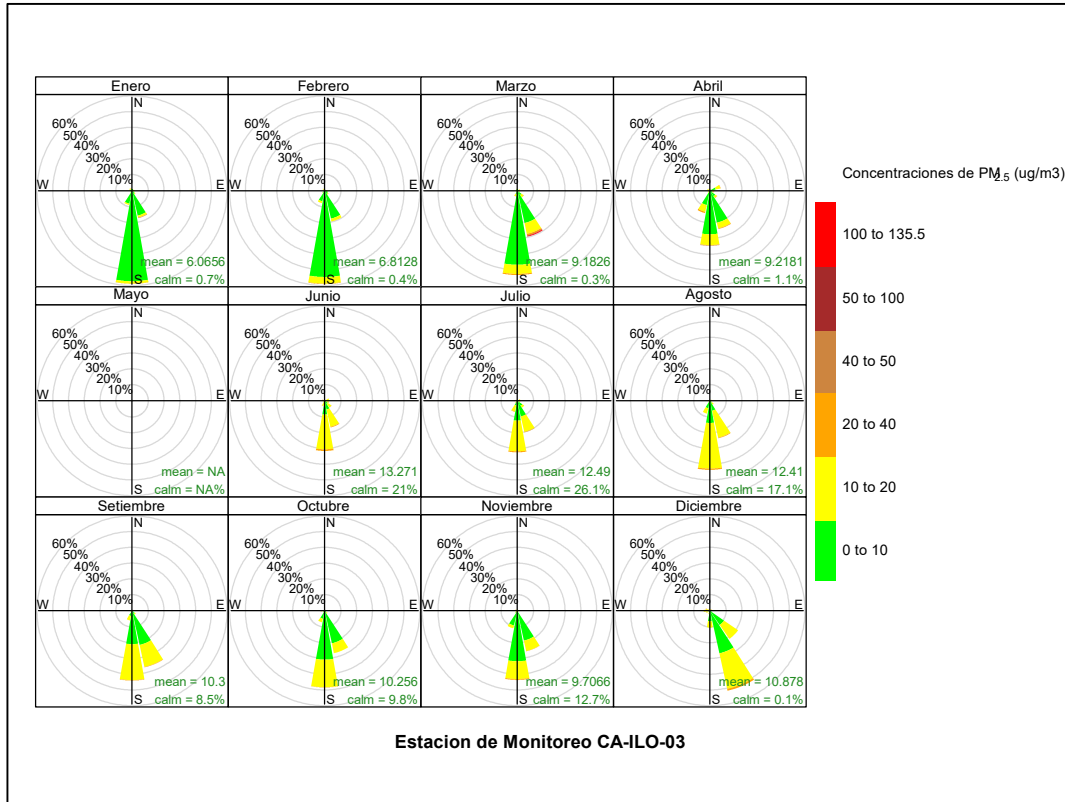


Figura 3.33. Rosa de concentración mensual del $\text{PM}_{2.5}$ en la estación de monitoreo CA-ILO-03, periodo de enero a diciembre de 2022

En las Figuras 3.34, 3.35 y 3.36 se presentan las rosas de concentraciones horarias de $\text{PM}_{2.5}$ de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del año 2022.

En la estación CA-ILO-01, se observa que entre las 11:00 y 18:00 horas, en la dirección predominante sur(s), alrededor del 15 al 30% de los vientos caen en el rango de concentraciones de 0 a $10\mu\text{g}/\text{m}^3$.

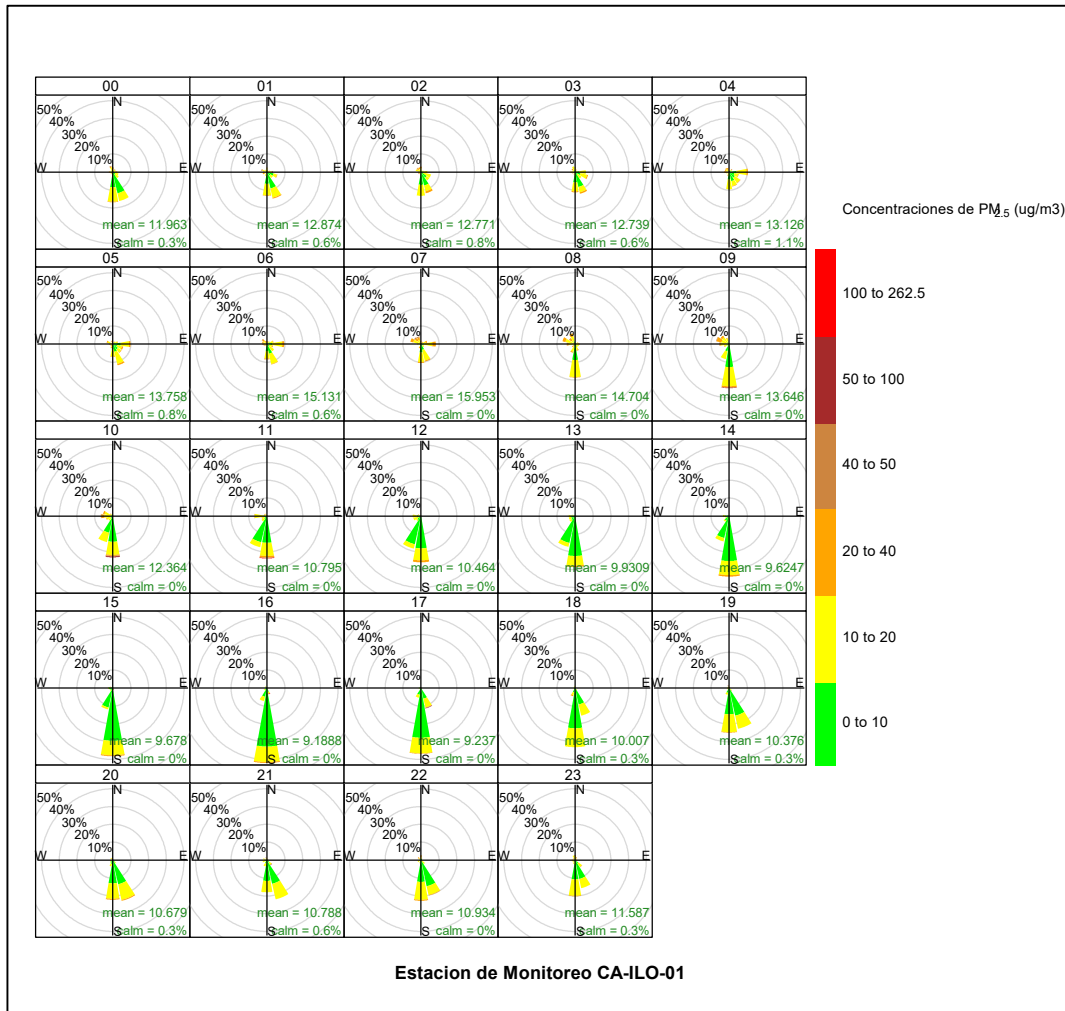


Figura 3.34. Rosa de concentración horaria del PM_{2,5} en la estación de monitoreo CA-ILO-01, periodo de enero a setiembre de 2022

En la estación CA-ILO-02, se observa que en la dirección oeste (w) entre el 8 y 9% de los vientos están en el rango de 20 a 40µg/m³ en las 9:00 y 10:00 horas. Cabe mencionar que a las 8:00 horas en la dirección predominante oestenoeste (wnw) se observa que el 10% de los vientos abarca las concentraciones desde 20 hasta 50µg/m³. También se menciona que desde las 2:00 hasta las 10:00 horas en las direcciones oeste(w), oestenoeste(wnw) y noroeste (nw), donde mayormente hay poca presencia de vientos se observan concentraciones mayores, en el rango de 20 a 100 µg/m³.

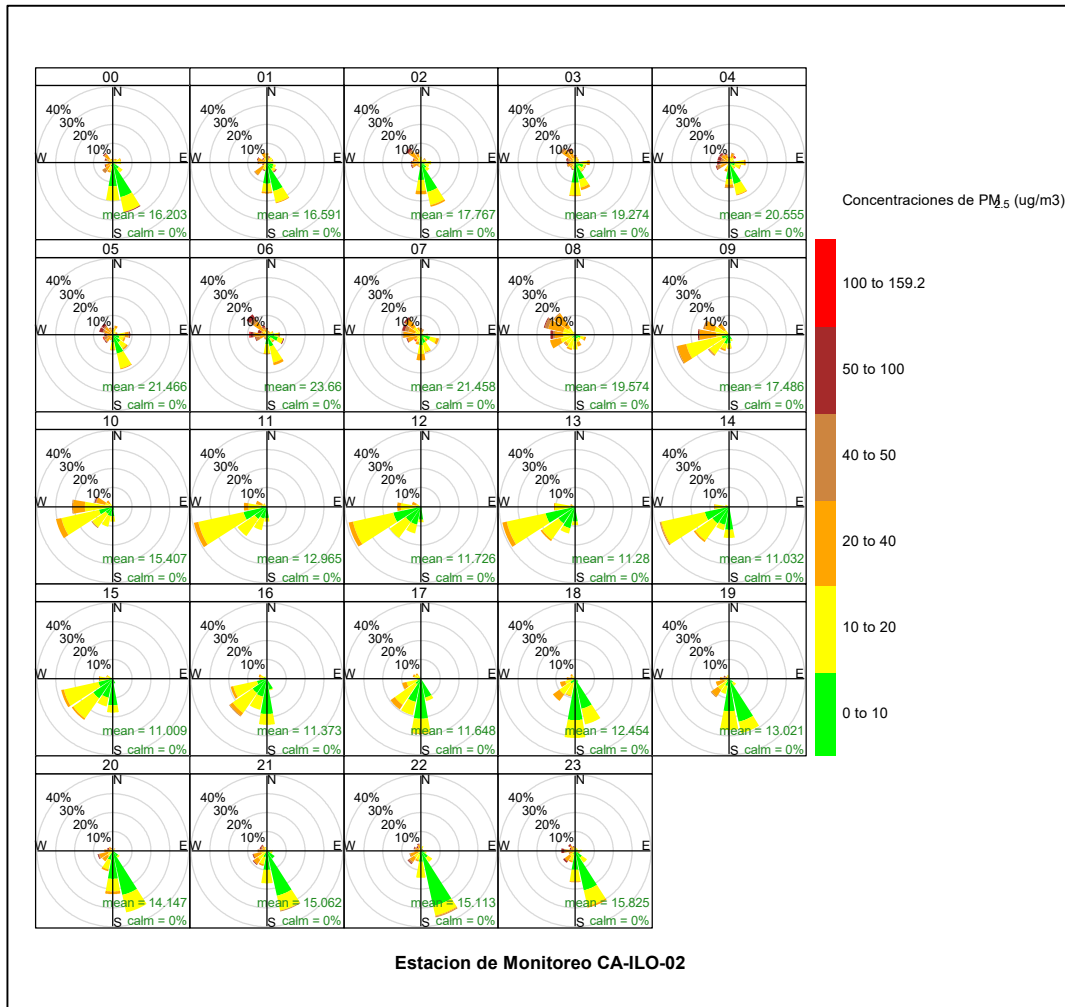


Figura 3.35. Rosa de concentración horaria del PM_{2.5} en la estación de monitoreo CA-ILO-02, periodo de junio a diciembre de 2022

Y en la estación CA-ILO-03, en términos generales los vientos provenientes del sur(s) están en un rango de 0 a 20 µg/m³. Mostrándose en dicha dirección, una mayor presencia de los vientos (entre el 30 y 50%) en el rango de 0 a 10 µg/m³ entre las 9:00 y 18:00 horas del día.

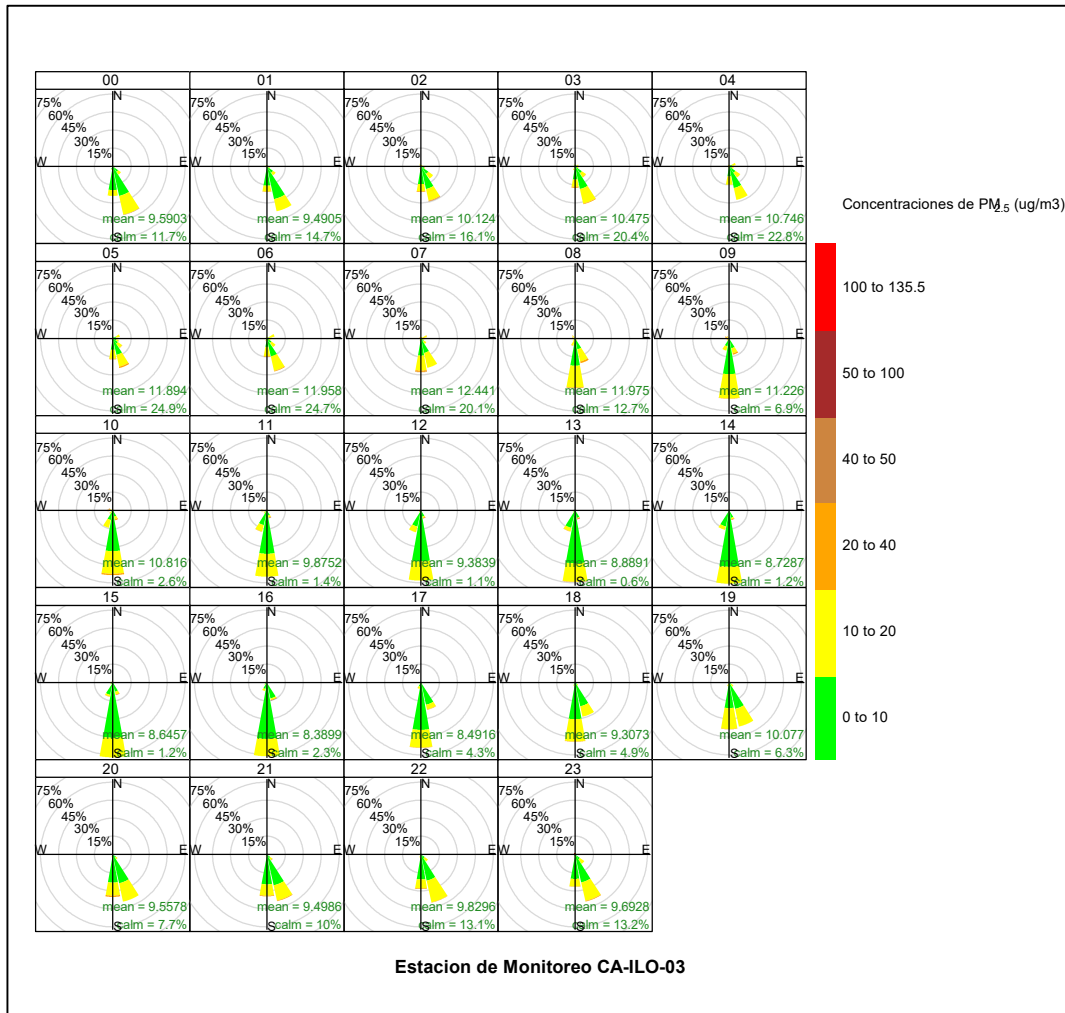


Figura 3.36. Rosa de concentración horaria del PM_{2,5} en la estación de monitoreo CA-ILO-03, periodo de enero a diciembre de 2022

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

En las Figuras 3.37, 3.38 y 3.9 se presentan las rosas de concentraciones de PM₁₀ de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03 respectivamente.

En la estación de monitoreo CA-ILO-01, sobre los vientos que vienen desde el sur(s): El 4% de los vientos están en el rango de 0 a 10 µg/m³, el 14% de los vientos corresponden al rango del 10 al 20 µg/m³, el 4% de los vientos están en el rango del 20 al 40 µg/m³, un 0,1% de los vientos corresponden al rango del 40 y 50 µg/m³ y otro 0,1% de los vientos corresponden al rango de 50 a 100 µg/m³.

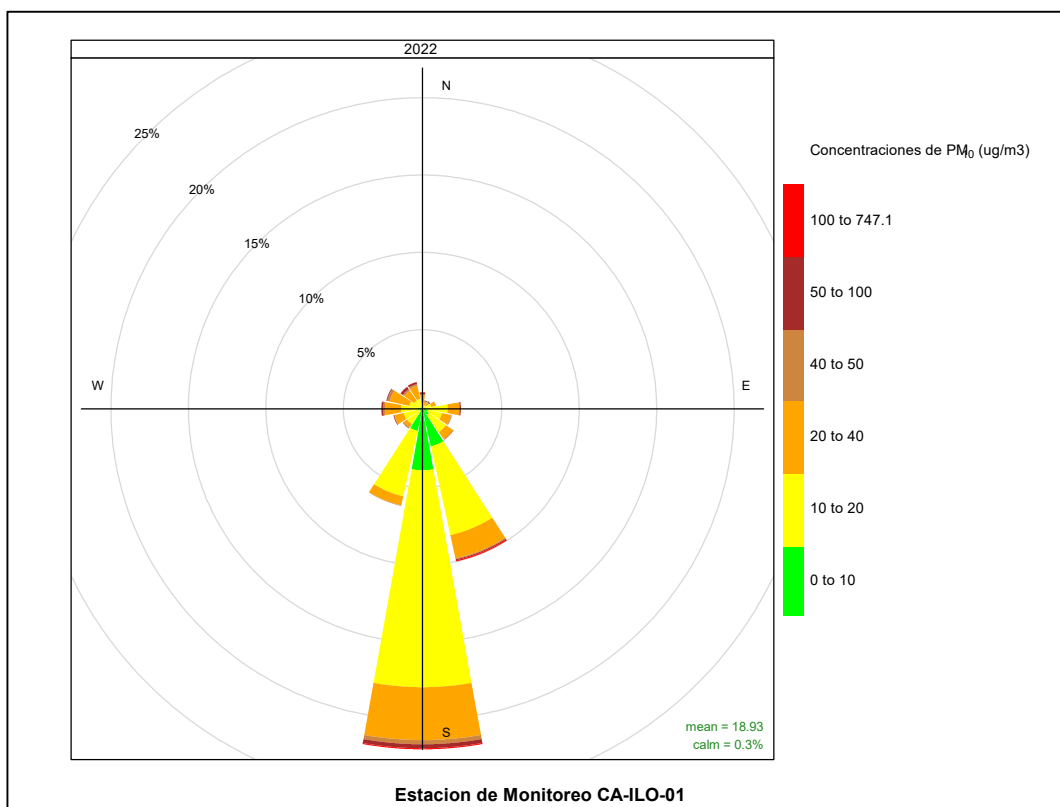


Figura 3.37. Rosa de concentración del PM₁₀ en la estación de monitoreo CA-ILO-01, periodo de enero a setiembre de 2022

En la estación de monitoreo CA-ILO-02, sobre los vientos que vienen de la dirección oestesuroeste (wsw): un 0,5% de los vientos están en el rango del 0 a 10 µg/m³, el 7% de los vientos están en el rango del 10 al 20 µg/m³, el 5% de los vientos están en el rango de 20 a 40 µg/m³, el 1,2 % de los vientos están en el rango de 40 a 50 µg/m³, el 1,2% de los vientos están en el rango de 50 a 100 µg/m³ y también puede identificarse una frecuencia del 0,1% de los vientos que coinciden en los valores de concentraciones mayores a 100 µg/m³. Cabe mencionar que, aunque con menor predominancia, los vientos de origen suroeste (sw), oeste (w), oestenoroeste (wnw) y noroeste (nw) también coinciden en los rangos de concentración mencionadas hace un momento.

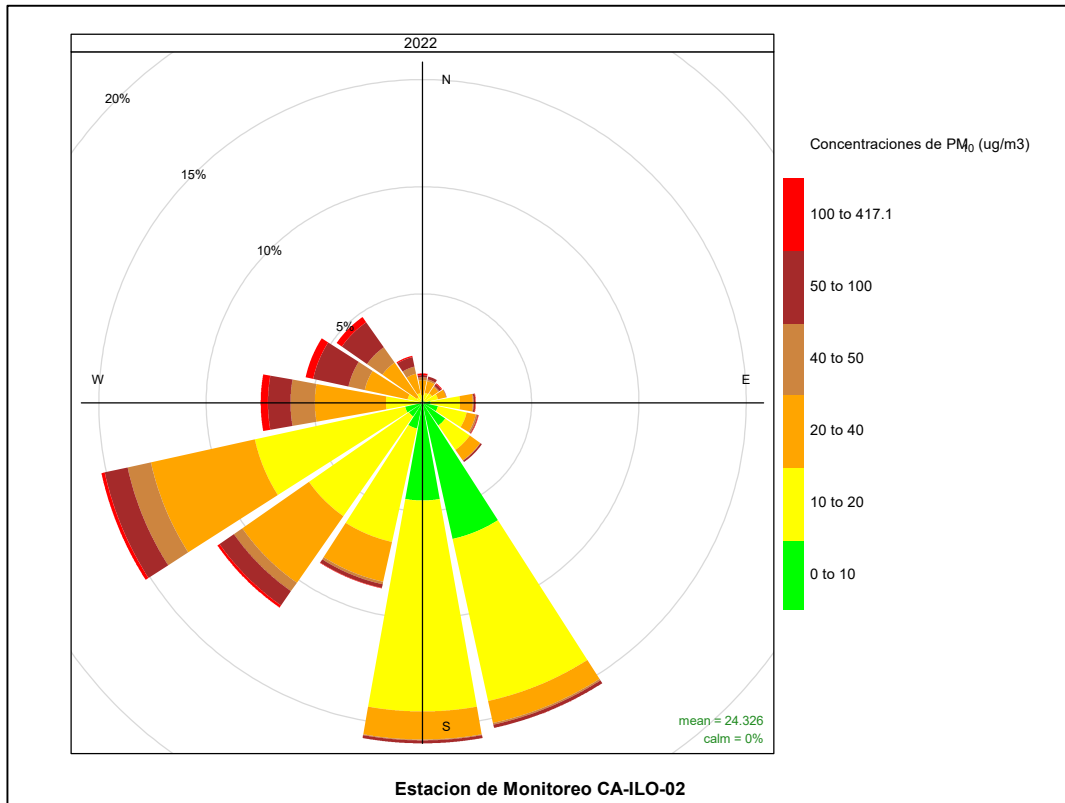


Figura 3.38. Rosa de concentración del PM₁₀ en la estación de monitoreo CA-ILO-02, periodo de junio a diciembre de 2022

Y en la estación CA-ILO-03, para los vientos que vienen desde el sur (s): El 12% de los vientos están en el rango de 0 a 10 µg/m³, el 22% de los vientos están en el rango de 10 a 20 µg/m³ y el 7% de los vientos están en el rango de 20 a 40 µg/m³. Y con menor predominancia, los vientos que vienen del sursureste (sse): el 7% de los vientos coinciden en el rango de 0 a 10 µg/m³, el 14,5% de los vientos coinciden con el rango de 10 a 20 µg/m³ y el 3% de los vientos coinciden en el rango de 20 a 40 µg/m³.

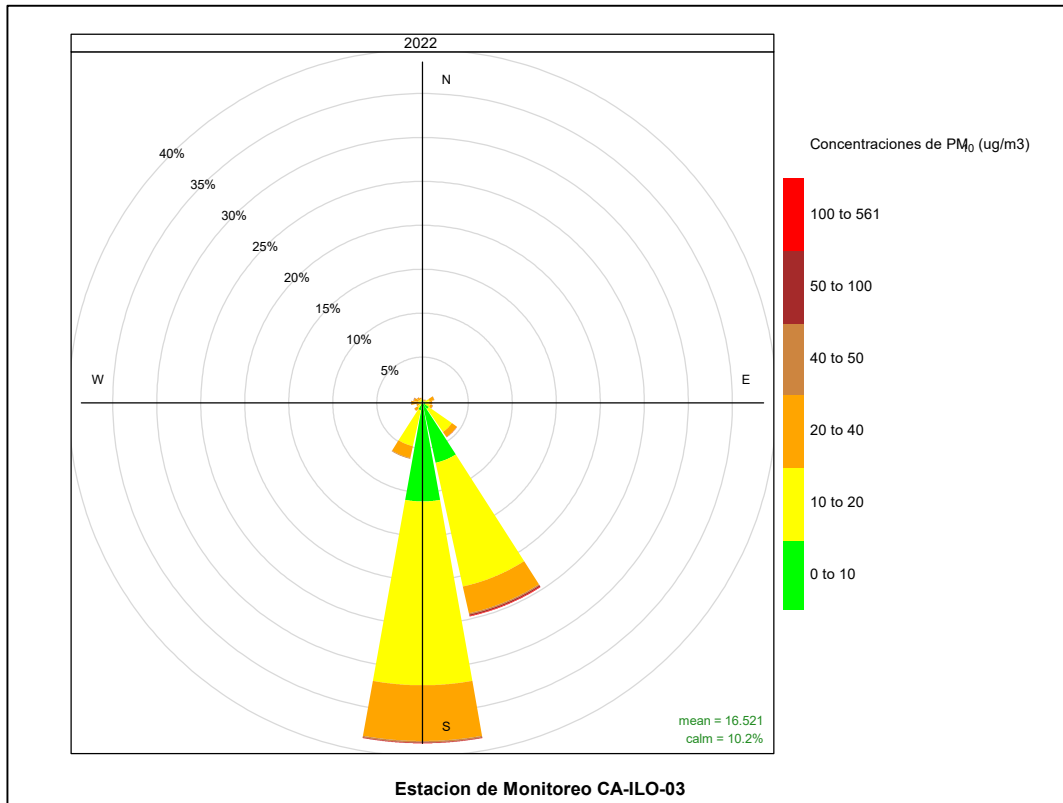


Figura 3.39. Rosa de concentración del PM_{10} en la estación de monitoreo CA-ILO-03, periodo de enero a diciembre de 2022

En las Figuras 3.40, 3.41 y 3.42 se presentan las rosas de concentraciones mensuales de PM_{10} de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03 del año 2022.

En la estación CA-ILO-01, se observa que las concentraciones de 20 a más de $100 \mu g/m^3$ se originaron en el mes de marzo desde la dirección predominante del sur (s). Cabe mencionar que el 15 de marzo el ECA de PM_{10} fue superado según se detalla en la sección 4.2. Adicionalmente se informa que el mes de mayo el equipo estuvo fuera de la estación por calibración y los meses de octubre, noviembre y diciembre se retiró por mantenimiento.

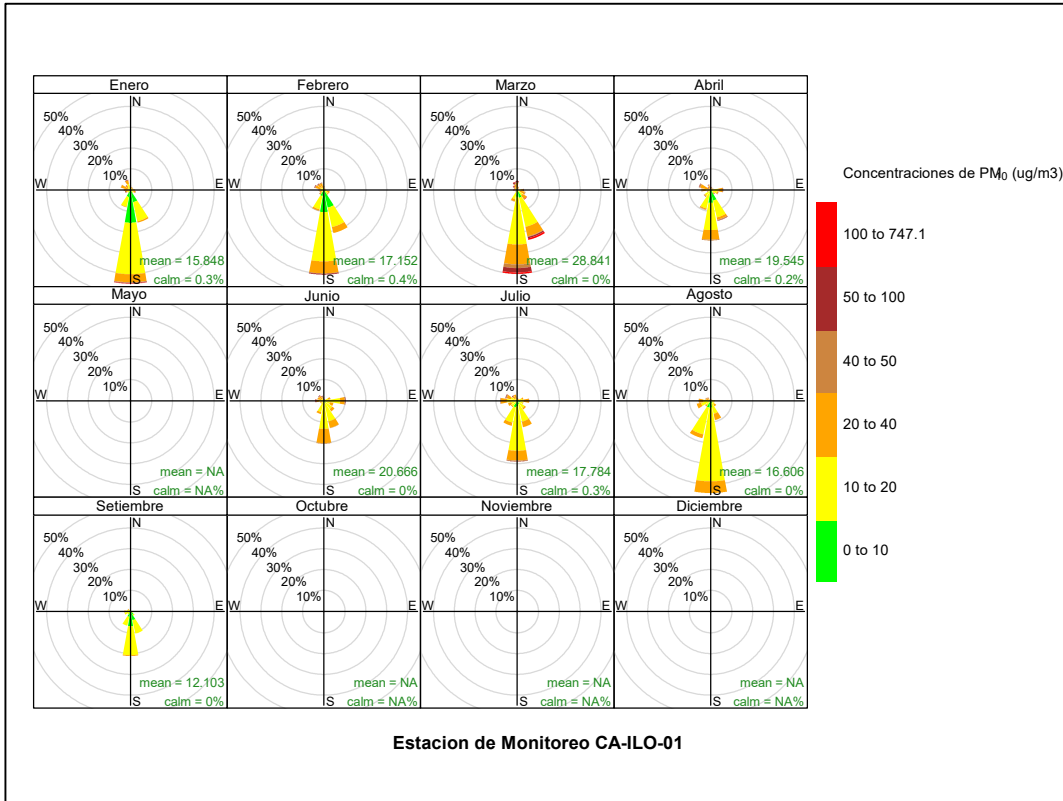


Figura 3.40. Rosa de concentración mensual del PM₁₀ en la estación de monitoreo CA-ILO-01, periodo de enero a setiembre de 2022

En la estación CA-ILO-02, se observa que, en todos los meses, hay una tendencia a mostrarse concentraciones superiores a 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en los vientos provenientes de direcciones suroeste (sw), oestesuroeste (wsw), oeste (w), oestenoroeste (wnw) y noroeste (nw).

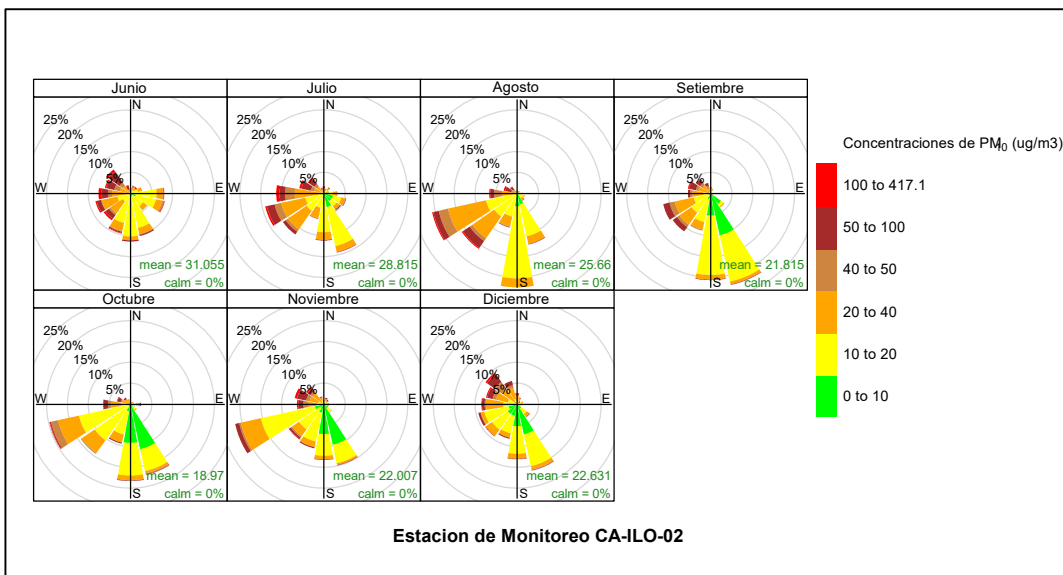


Figura 3.41. Rosa de concentración mensual del PM₁₀ en la estación de monitoreo CA-ILO-02, periodo de junio a diciembre de 2022

Y en la estación CA-ILO-03, se observa que las concentraciones entre 20 y 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ están presentes en todos los meses, como máximo rango en los vientos desde el sur (s). También es preciso mencionar que, en marzo, para los vientos que vienen desde el sursureste (sse) se muestran adicionalmente las frecuencias de 1% de los vientos que caen en el rango de 40 a 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, un 1% de los vientos que caen en el rango de 50 a 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y un 0,5% de los vientos que están en el rango de concentraciones mayores a 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Estos rangos de concentraciones no se muestran en los otros meses. Cabe mencionar que el 15 de marzo el ECA de PM_{10} fue superado según se detalla en la sección 4.2. Adicionalmente se informa que en mayo el equipo fue retirado de la estación para calibración.

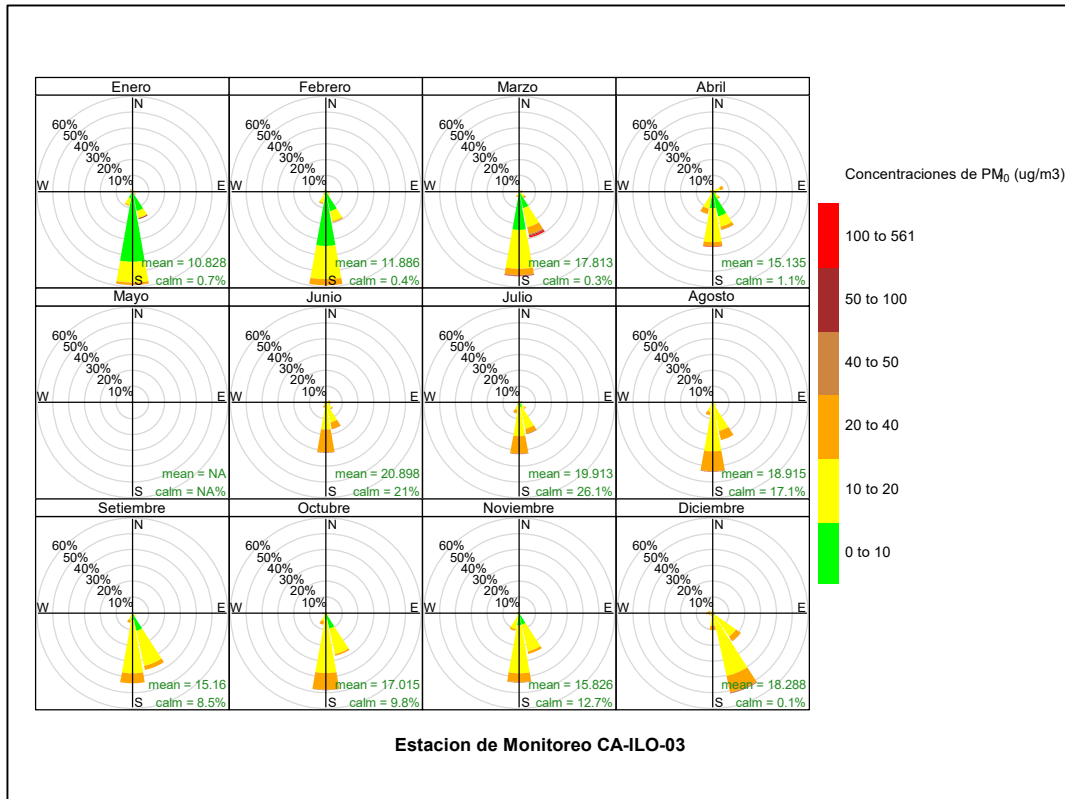


Figura 3.42. Rosa de concentración mensual del PM_{10} en la estación de monitoreo CA-ILO-03, periodo de enero a diciembre de 2022

En las Figuras 3.43, 3.44 y 3.45 se presentan las rosas de concentraciones horarias de PM_{10} de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del año 2022.

En la estación CA-ILO-01, se observa que el 8% de los vientos provenientes del sur (s) están en el rango de concentraciones de 20 a 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, entre las 8:00 y las 15:00 horas normalmente.

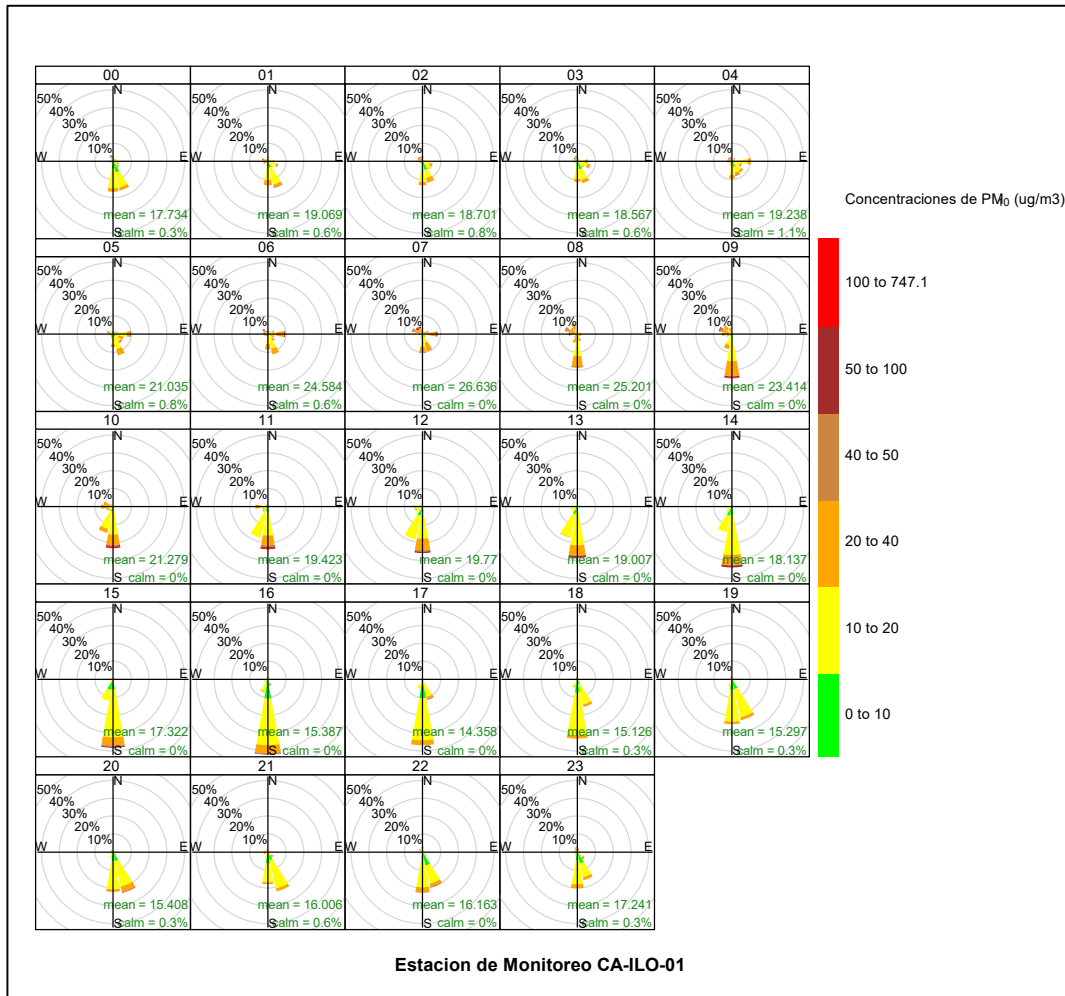


Figura 3.43. Rosa de concentración horaria del PM₁₀ en la estación de monitoreo CA-ILO-01, periodo de enero a setiembre de 2022

En la estación CA-ILO-02, se destaca que a las 9:00 horas el 20% de los vientos que vienen desde el oestesuroeste (wsw) se encuentran en el rango de 20 a 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y además que desde las 10:00 hasta las 16:00 horas el 10% de los vientos que vienen desde el oestesuroeste (wsw) se encuentran en el rango de 20 a 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

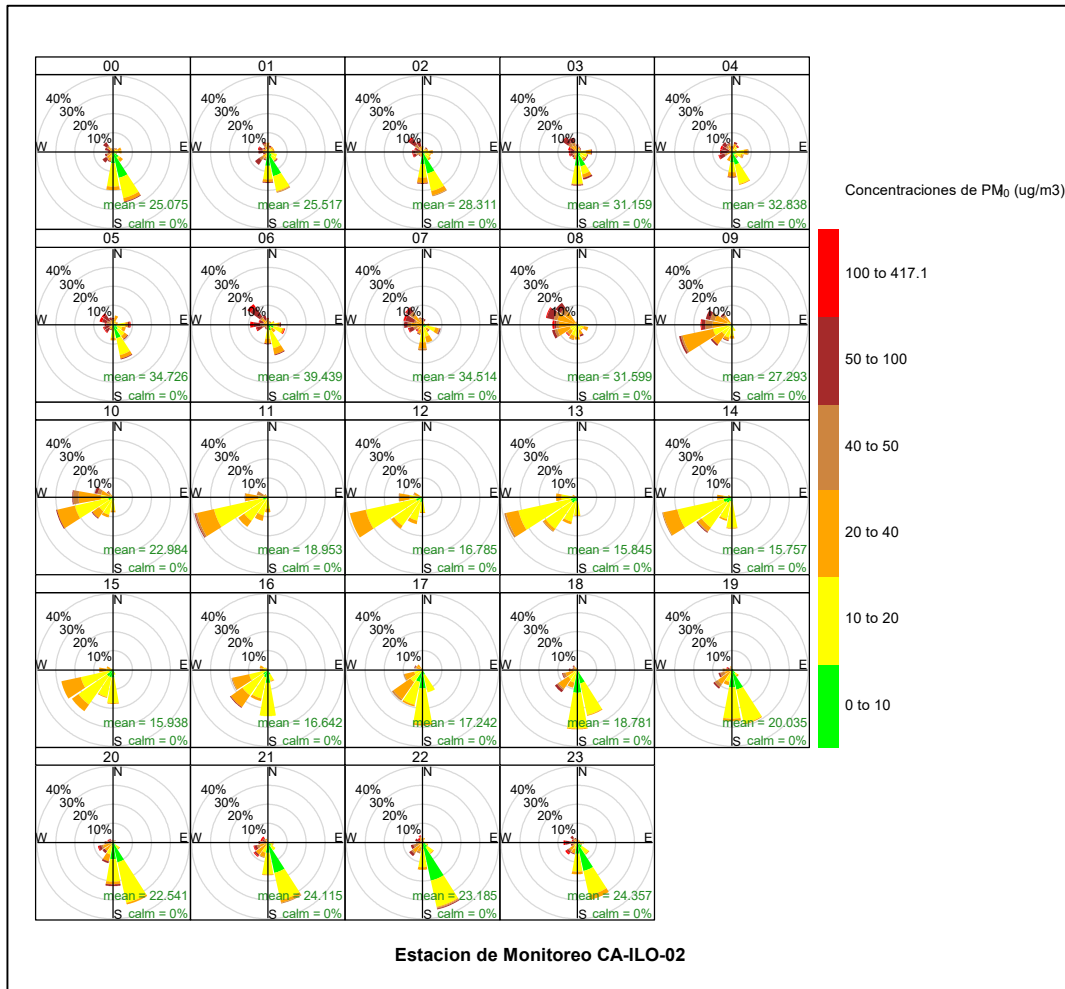


Figura 3.44. Rosa de concentración horaria del PM₁₀ en la estación de monitoreo CA-ILO-02, periodo de junio a diciembre de 2022

Y en la estación CA-ILO-03, se observa que en el intervalo desde las 8:00 hasta las 13:00 horas, una frecuencia del 10 al 15% de los vientos que vienen desde el sur (s) están en el rango de 20 a 40 µg/m³.

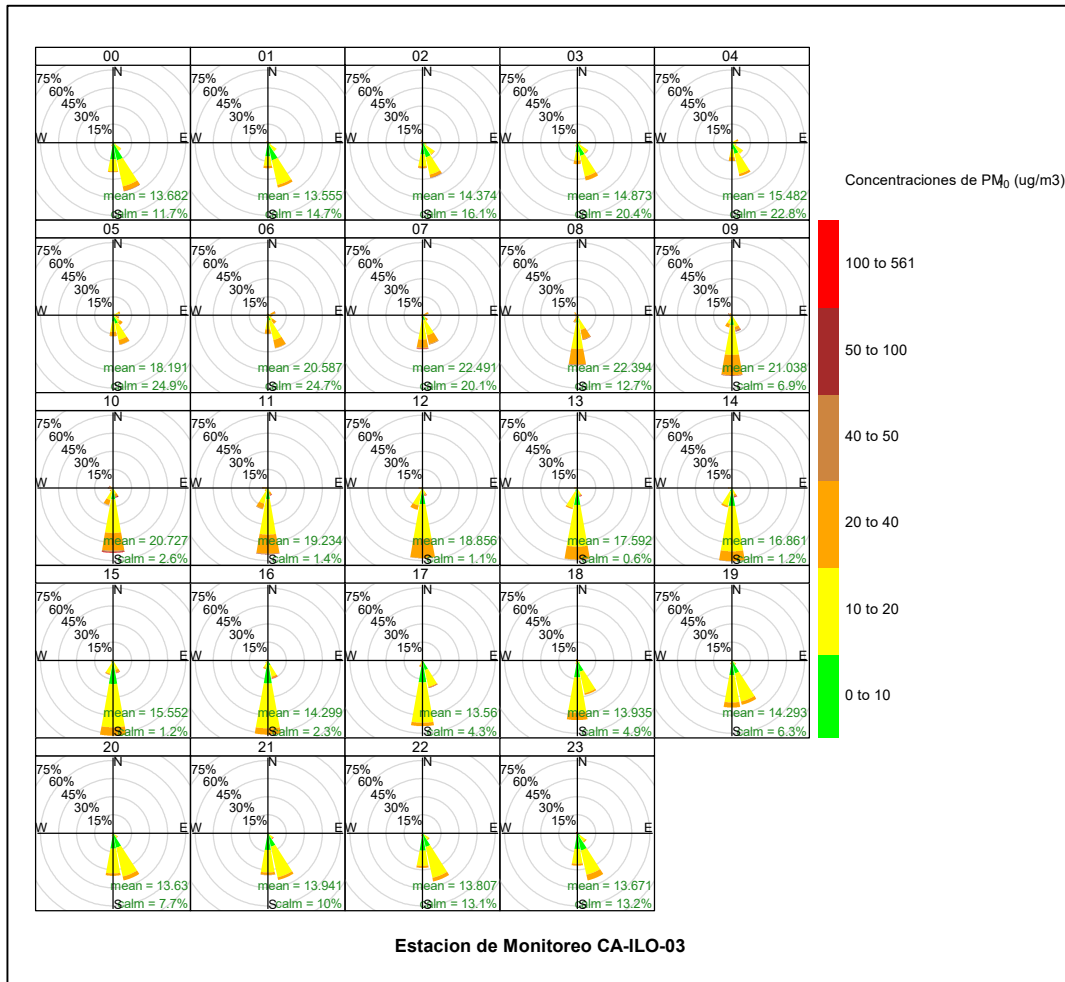


Figura 3.45. Rosa de concentración horaria del PM₁₀ en la estación de monitoreo CA-ILO-03, periodo de enero a diciembre de 2022

3.8.3 Dióxido de azufre (SO₂)

En las Figuras 3.46, 3.47 y 3.48 se presentan las rosas de concentraciones de SO₂ de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del periodo de enero a diciembre de 2022.

En la estación de monitoreo CA-ILO-01, se observa que en la dirección predominante sur (s) el 18% de los vientos están en el rango de 5 a 10µg/m³, el 8% están en el rango del 10 al 15 µg/m³ y el 8% en el rango del 15 al 20µg/m³. Cabe mencionar que las concentraciones mayores de 25µg/m³ se hacen presente en las direcciones de menor presencia de vientos, oeste (w), oestenoroeste (wnw), noroeste (nw) sin embargo con una representación de alrededor del 1% de los vientos.

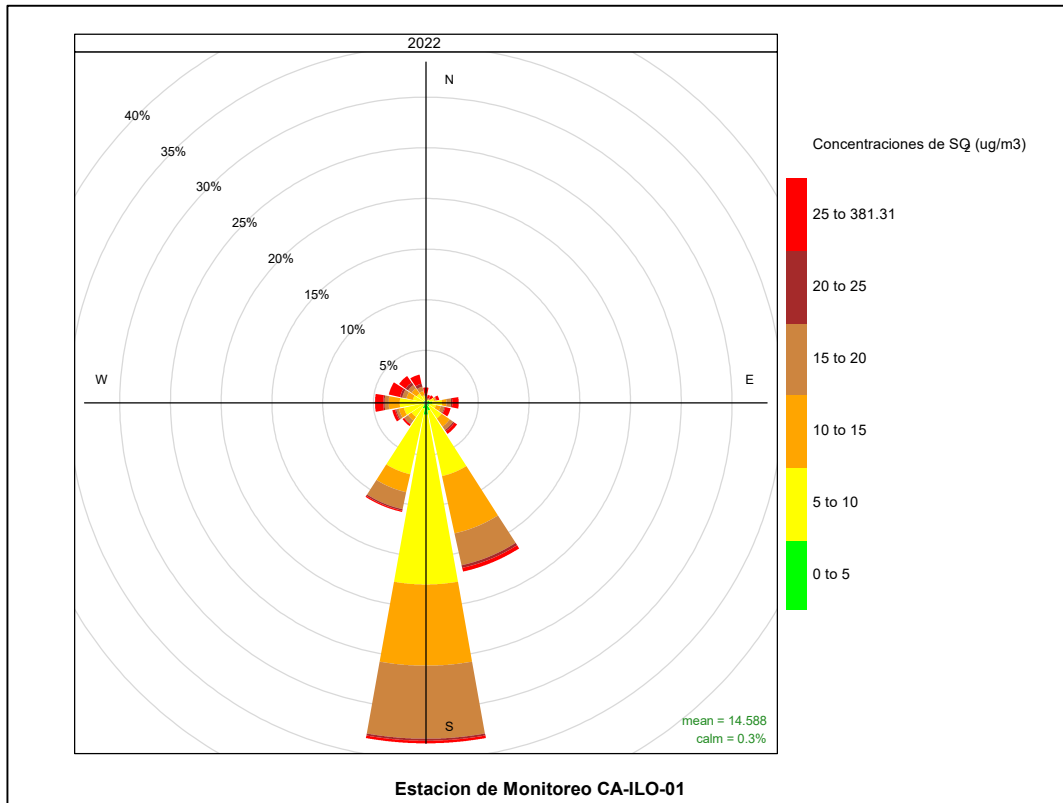


Figura 3.46. Rosa de concentración del SO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-01, periodo de enero a diciembre de 2022

En la estación de monitoreo CA-ILO-02, se observa en la dirección de predominancia sur(s), que en el 9% de los vientos están los rangos de 5 a 10µg/m³, el 2% de los vientos caen en los rangos de 10 a 15µg/m³, un 0,5% de los vientos están entre 15 y 20 µg/m³ y los valores mayores a 25µg/m³ son del 0,5% de los vientos de esa dirección. En la otra dirección predominante oestesuroeste (wsw) el 8% de los vientos están en el rango de 5 a 10µg/m³, las siguientes tres bandas con un 0,5% de vientos cada una, corresponden a los rangos del 10 al 15µg/m³, 15 al 20µg/m³ y 20 al 25µg/m³ y el 2% de los vientos contiene los valores de concentración mayores a 25µg/m³. Cabe mencionar que las otras direcciones de menor presencia de vientos, oeste (w), ostenoroeste (wnw), noroeste (nw), nornoroeste (nnw), norte (n) y nornoroeste (nne) cuentan con un 2% de vientos con concentraciones mayores a 25µg/m³.

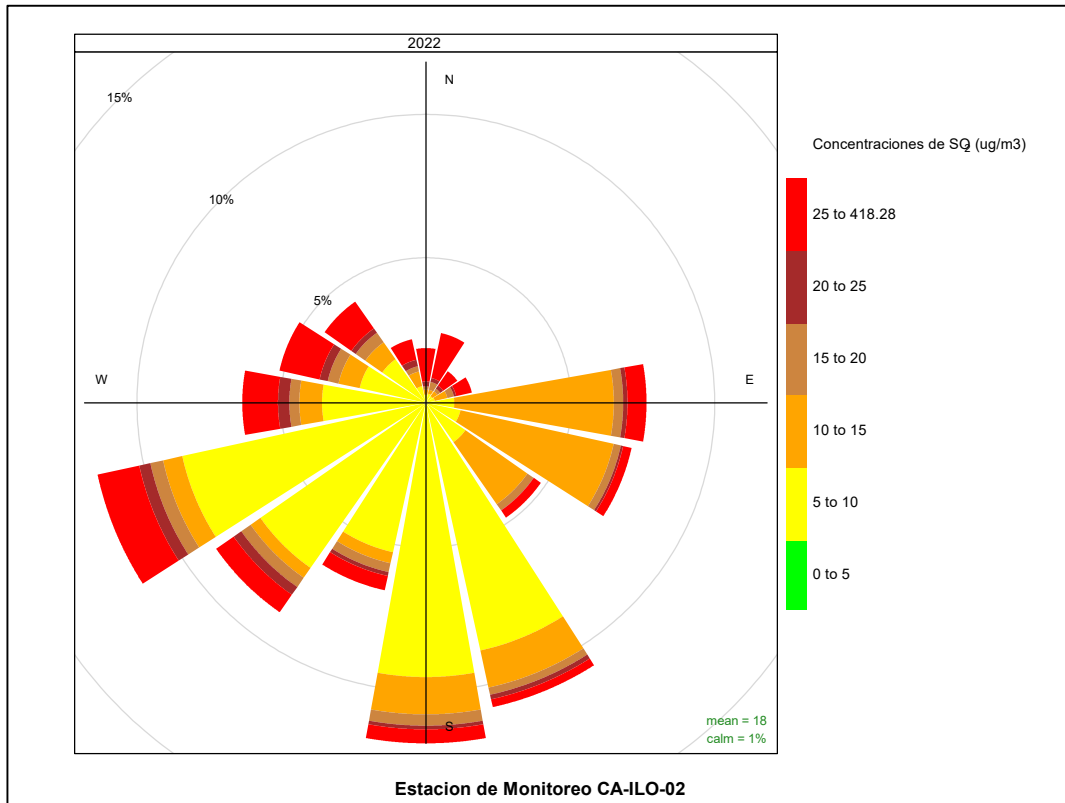


Figura 3.47. Rosa de concentración del SO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-02, periodo de enero a diciembre de 2022

Y en la estación CA-ILO-03, se observa que desde el sur (dirección predominante), el 8% de vientos están en el rango del 0 a 5 µg/m³, el 31% de los vientos están dentro de los 5 a 10µg/m³ y una pequeña frecuencia del 1% que representan a los vientos en el rango de concentración del 10 al 15µg/m³.

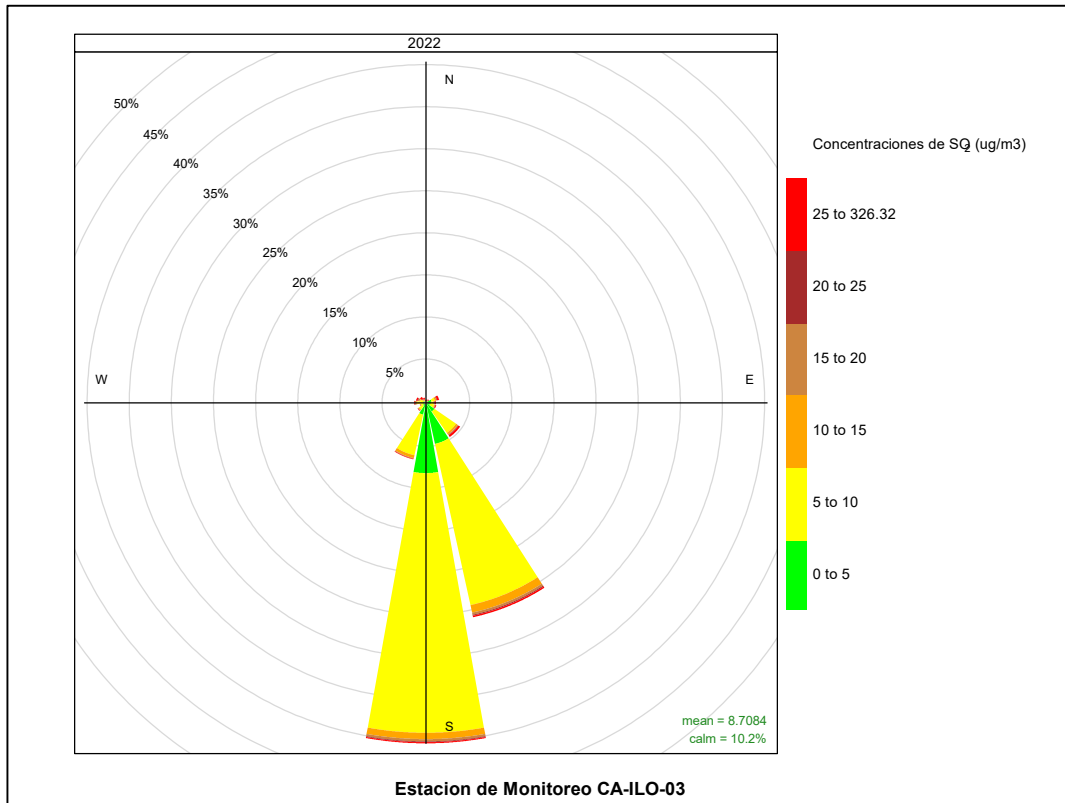


Figura 3.48. Rosa de concentración del SO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-03, periodo de enero a diciembre de 2022

En las Figuras 3.49, 3.50 y 3.51 se presentan las rosas de concentraciones mensuales de SO₂ de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del periodo de enero a diciembre de 2022.

En la estación CA-ILO-01, lo destacable es la presencia del 40 a 45% de los vientos desde el sur (s) que están dentro del rango de 15 a 20µg/m³ en los meses de enero y febrero. Entre marzo y abril desde la misma dirección (sur) están las concentraciones entre 10 a 15µg/m³ que pertenecen a una frecuencia del 20 a 30% de los vientos. Y en los meses de junio a noviembre desde el sur (s) los vientos coinciden en mayor frecuencia con las concentraciones en el rango de 5 a 10 µg/m³.

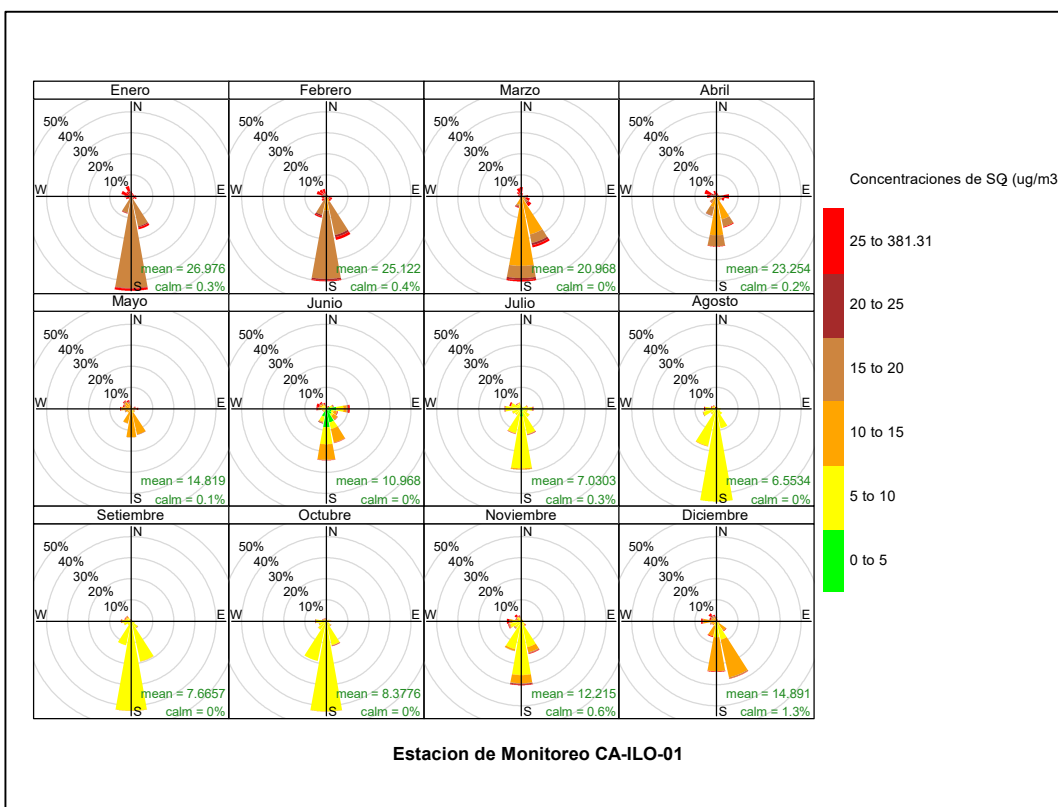


Figura 3.49. Rosa de concentración mensual del SO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-01, periodo de enero a diciembre de 2022

En la estación CA-ILO-02, se observa que, en los meses de enero a abril, las direcciones predominantes este (e) y estsureste (ese) se caracterizan porque del 15 al 20% de los vientos se encuentran en los rangos del 10 a 15µg/m³. Cabe mencionar que en esos meses las direcciones con menor presencia de vientos como oestesuroeste (wsw), oeste (w), oestenoroeste (wnw), noroeste (nw), norte (n) y nornoreste (nne) cuentan con una presencia de vientos del 5% con un rango mayor de 25 µg/m³. En los meses de junio a diciembre entre el 10 y 20% de los vientos provenientes de la dirección sur(s) se encuentran las concentraciones con un rango de 5 a 10µg/m³ mayoritariamente.

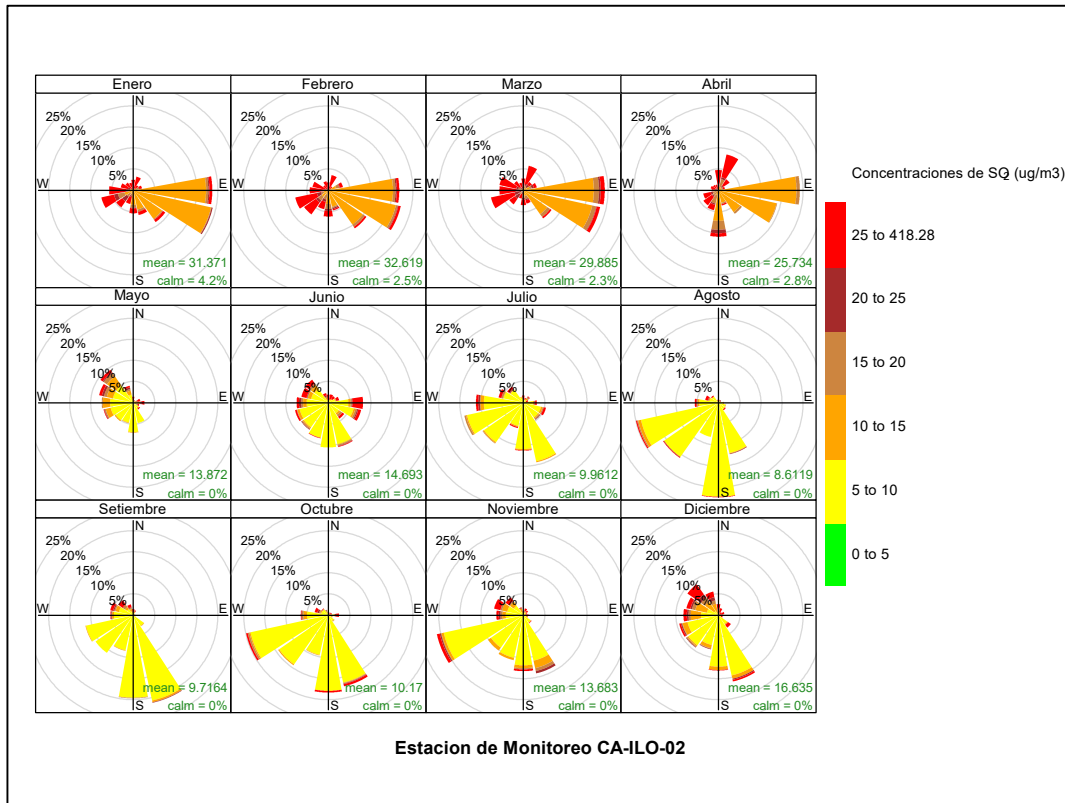


Figura 3.50. Rosa de concentración mensual del SO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-02, periodo de enero a diciembre de 2022

Y en la estación CA-ILO-03, se observa que mayoritariamente los vientos desde el sur(s) están dentro del rango de concentración de 0 a 10 µg/m³. Cabe mencionar que en el mes de marzo desde el sur se observa que un 5% de los vientos están en el rango de 10 al 20µg/m³.

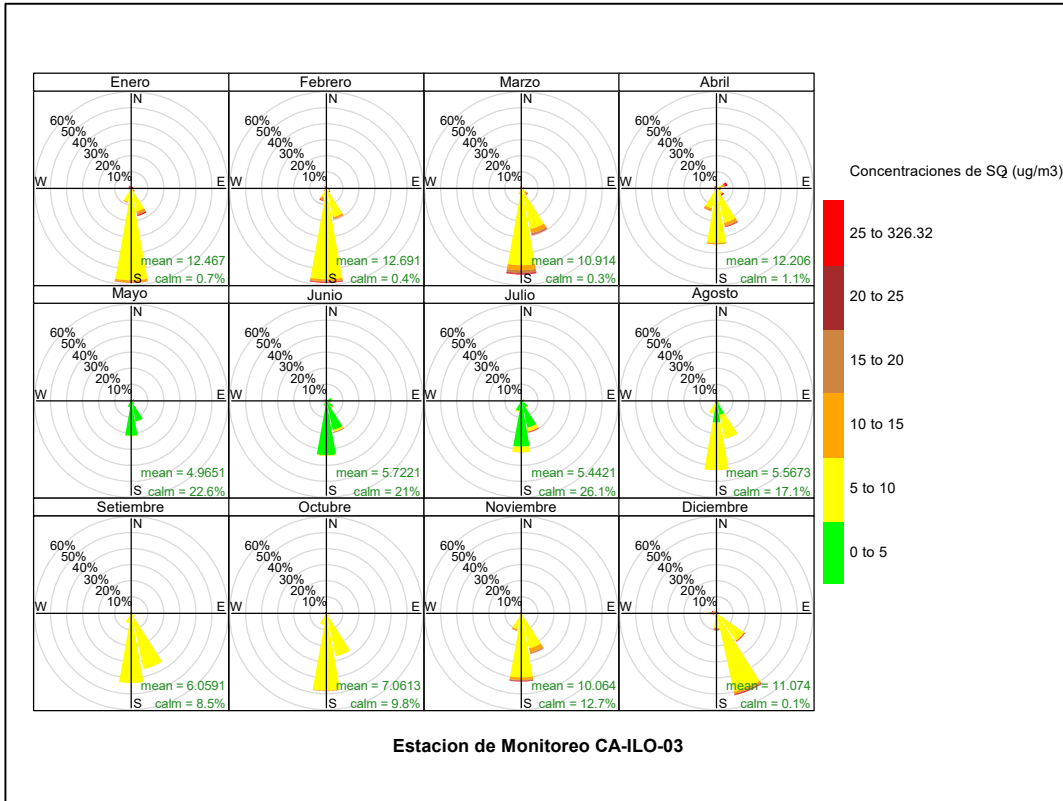


Figura 3.51. Rosa de concentración mensual del SO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-03, periodo de enero a diciembre de 2022

En las Figuras 3.52, 3.53 y 3.54 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 periodo de enero a diciembre de 2022.

En la estación CA-ILO-01, se observa que, en general, desde la dirección sur (s), dirección predominante en la mayoría de los casos, los vientos están dentro del rango desde 0 a 20µg/m³. Sin embargo, cabe mencionar que, en las direcciones de menor presencia de vientos, como el oestenoeste (wnw) entre las 7:00 y 9:00 horas el 10% de los vientos están en los rangos de concentración mayores a 25µg/m³.

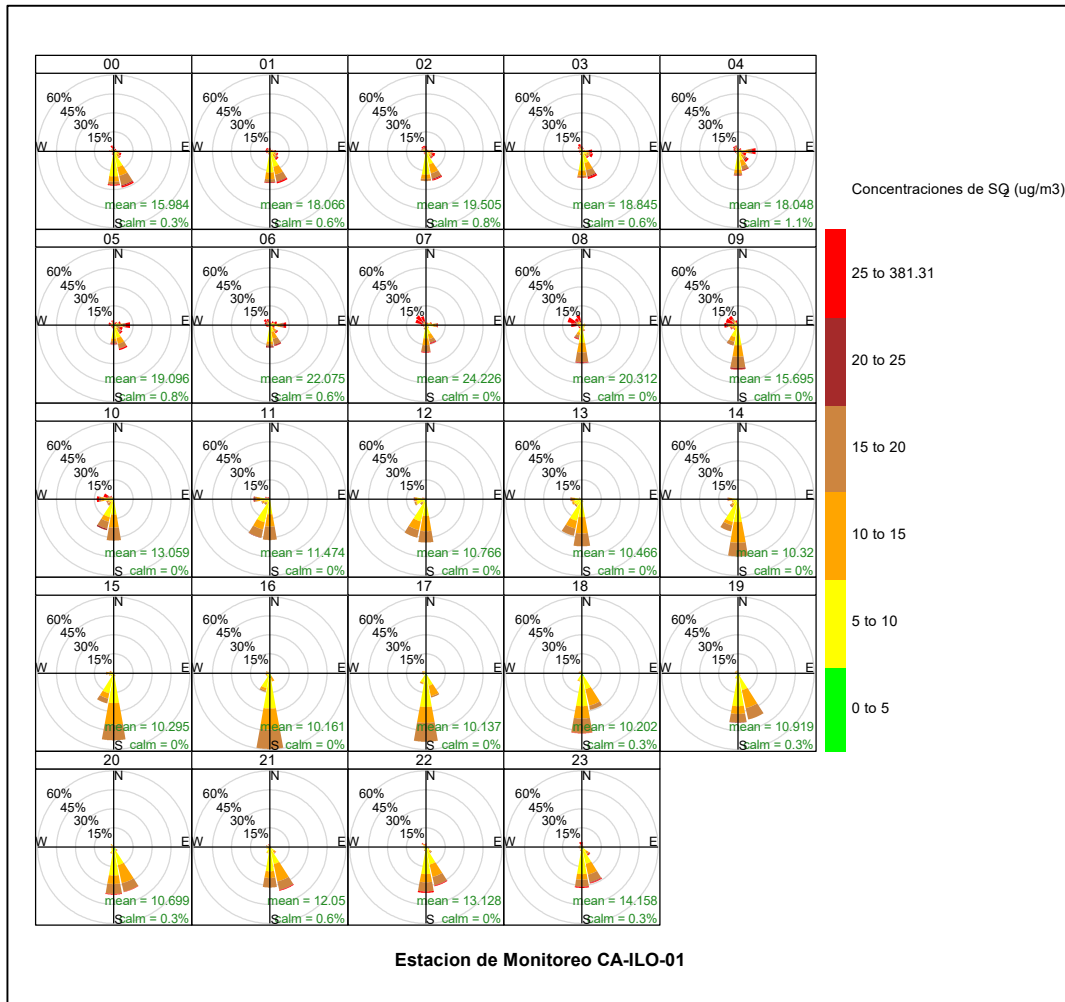


Figura 3.52. Rosa de concentración horaria del SO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-01, periodo de enero a diciembre de 2022

En la estación CA-ILO-02, se observa que en las direcciones oestesuroeste (wsw), oeste (w), oestenoroeste (wnw), noroeste (nw), nornoroeste (nnw), norte (n) y nornoroeste (nne) las concentraciones mayores a 25µg/m³ empiezan a observarse desde las 21:00 hasta las 9:00 horas del día siguiente.

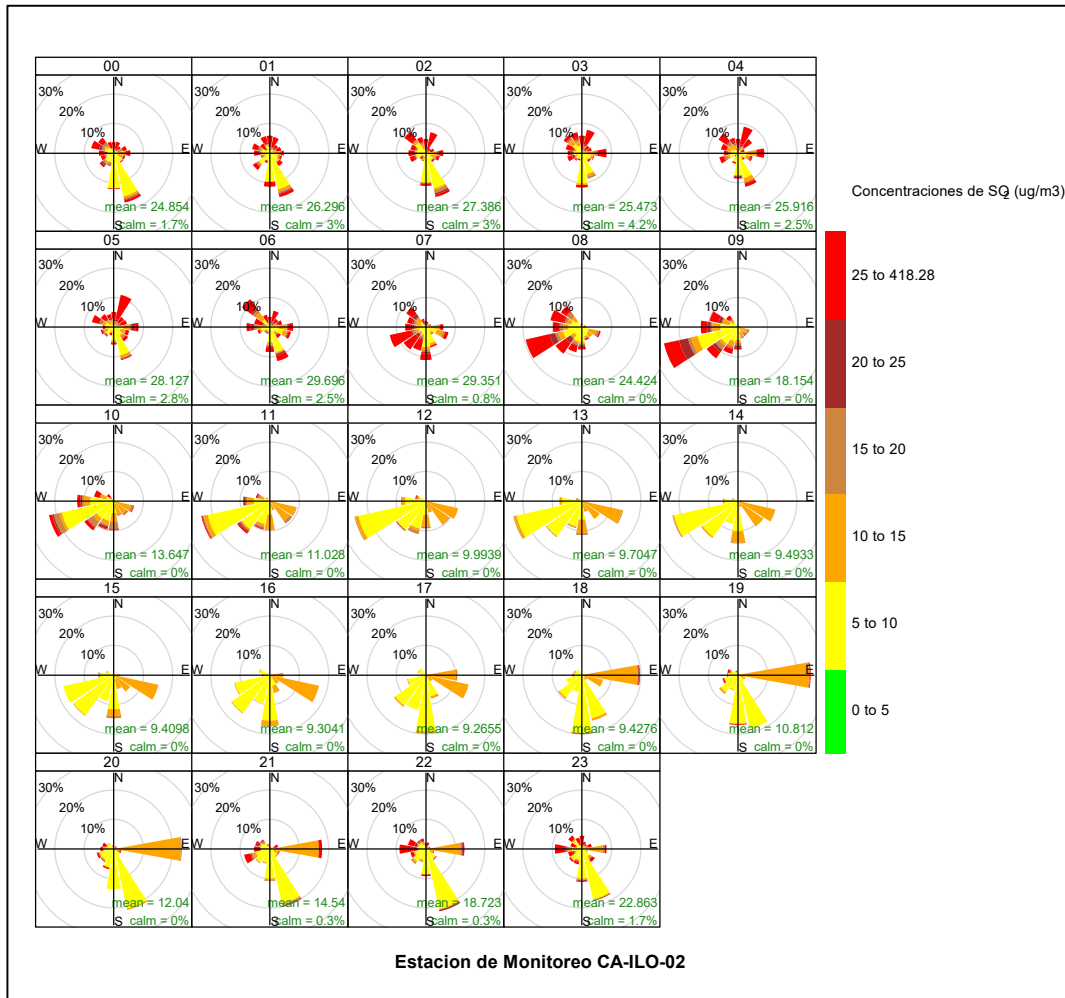


Figura 3.53. Rosa de concentración horaria del SO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-02, periodo de enero a diciembre de 2022

Y en la estación CA-ILO-03, se observa que desde las 9:00 hasta las 21:00 horas entre el 40 y 60% de los vientos desde el sur (s) están en el rango de 5 a 10µg/m³.

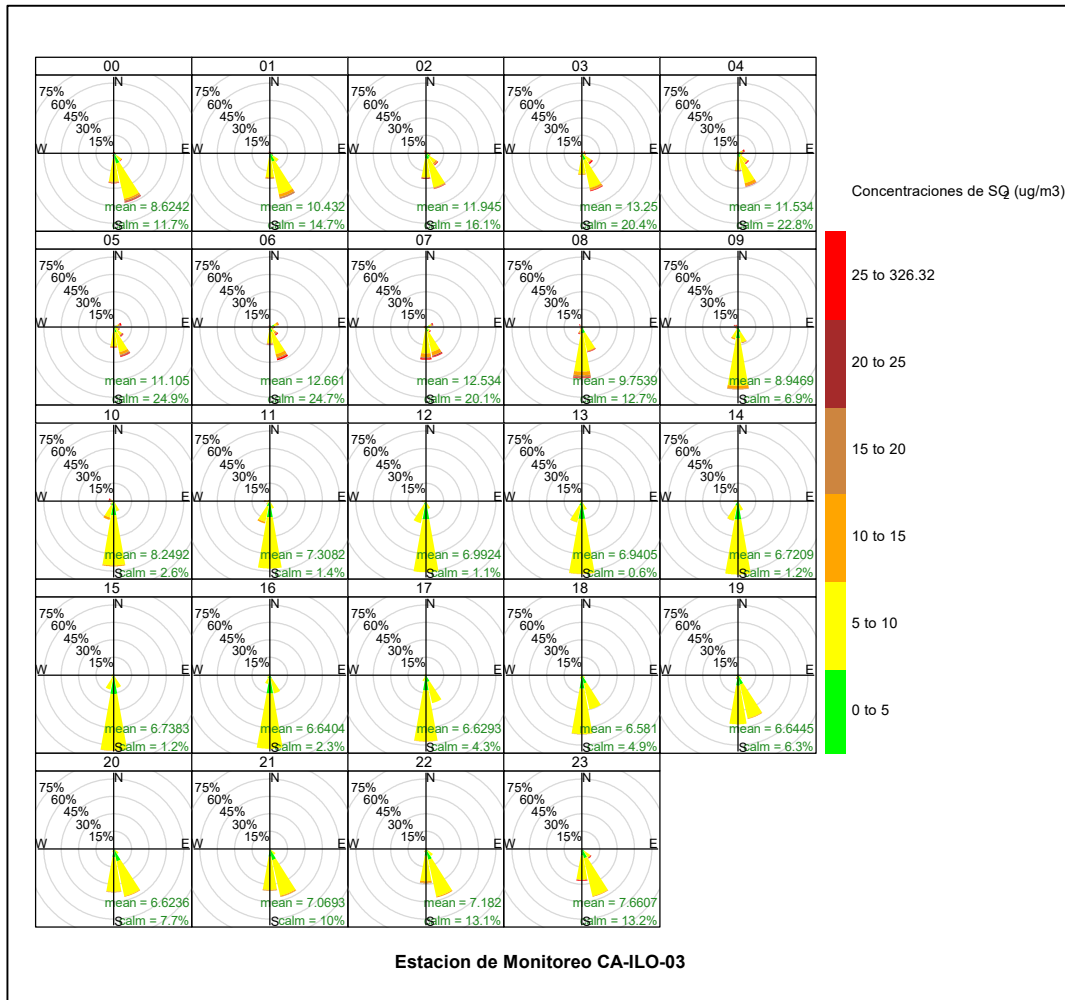


Figura 3.54. Rosa de concentración horaria del SO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-03, periodo de enero a diciembre de 2022

3.8.4 Sulfuro de hidrogeno (H₂S)

En las Figuras 3.55, 3.56 y 3.57 se presentan las rosas de concentraciones de H₂S de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del periodo de enero a diciembre de 2022.

En la estación de monitoreo CA-ILO-01, se observa en la dirección sur (s) que el 13% de los vientos están en el rango de 0 a 5µg/m³, el 20% de los vientos están en el rango del 5 a 10 µg/m³ y un 1% de los vientos se encuentran entre 10 y 15 µg/m³.

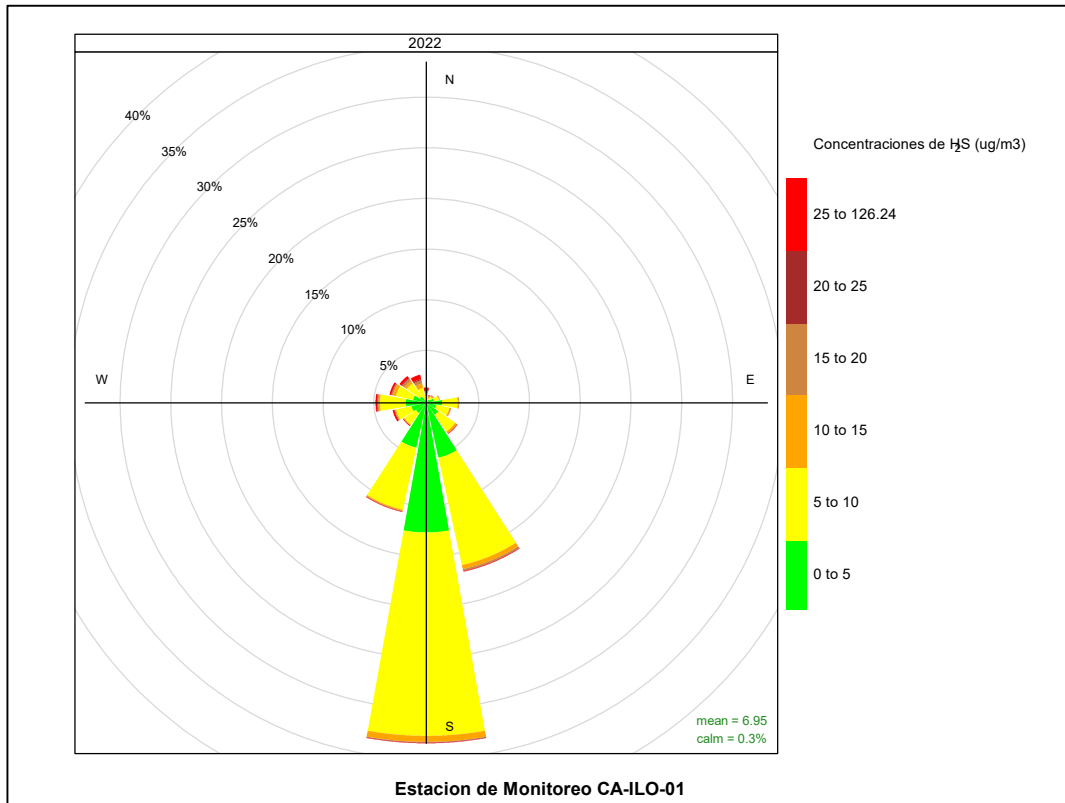


Figura 3.55. Rosa de concentración del H₂S en la estación de monitoreo CA-ILO-01, periodo de enero a diciembre de 2022

En la estación de monitoreo CA-ILO-02, se observa para la dirección predominante oestesuroeste (wsw) que un 8% de los vientos coinciden con el rango de 5 a 10 µg/m³, un 2% de los vientos están entre 10 a 15 µg/m³, un 2% de los vientos mayor a 25 µg/m³. Cabe mencionar que en las direcciones de menor presencia de vientos como el suroeste (sw) el 2,5% de los vientos coinciden con las concentraciones mayores de 10 µg/m³.

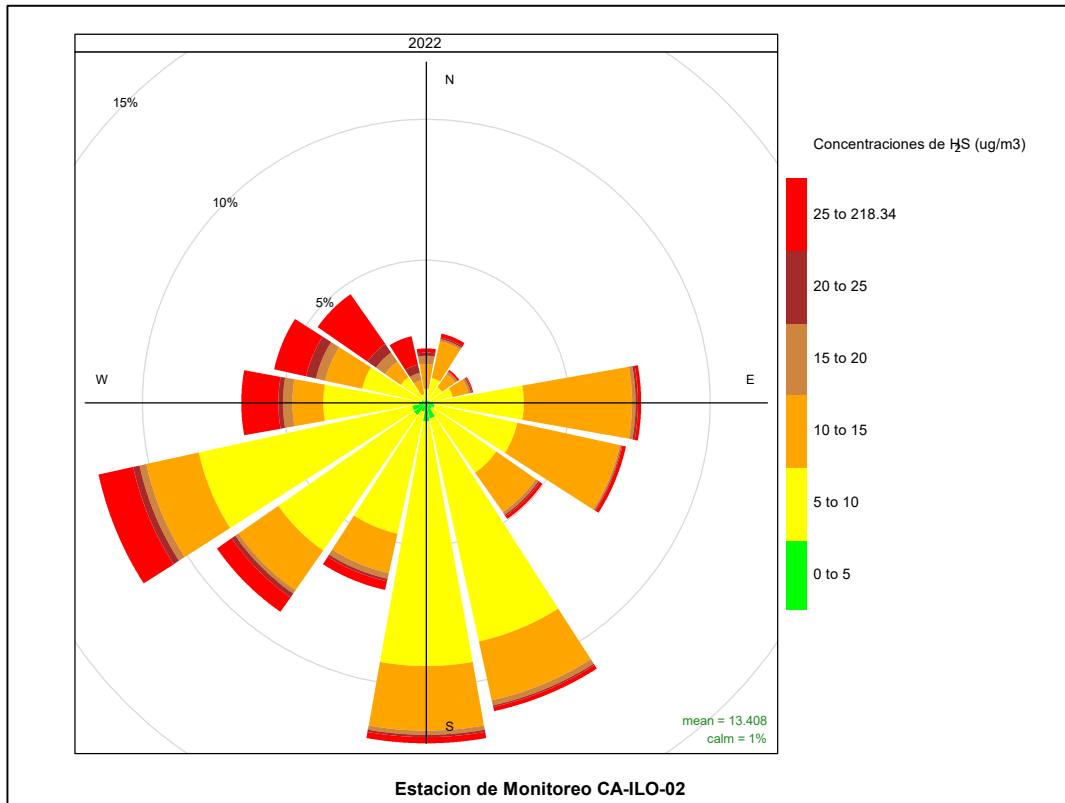


Figura 3.56. Rosa de concentración del H₂S en la estación de monitoreo CA-ILO-02, periodo de enero a diciembre de 2022

Y en la estación CA-ILO-03, se observa desde la dirección sur (s) que el 22,5% de los vientos están en el rango de 0 a 5 µg/m³, el 15% de los vientos están entre las concentraciones de 5 a 10 µg/m³ y un 2,5% de los vientos se encuentran en el rango del 10 al 15 µg/m³.

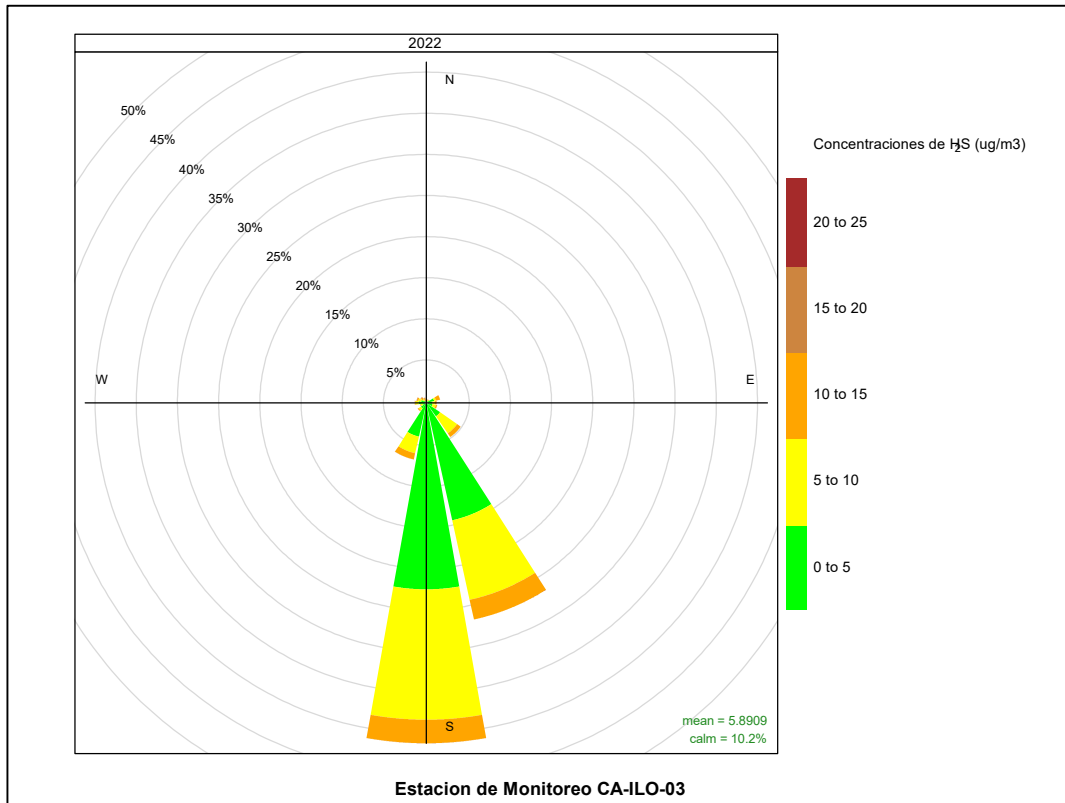


Figura 3.57. Rosa de concentración del H₂S en la estación de monitoreo CA-ILO-03, periodo de enero a diciembre de 2022

En las Figuras 3.58, 3.59 y 3.60 se presentan las rosas de concentraciones mensuales de H₂S de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del periodo de enero a diciembre de 2022.

En la estación CA-ILO-01, se observa de manera general que los vientos desde la dirección predominante sur (s) están en un rango de concentraciones desde 0 hasta 10 µg/m³ principalmente.

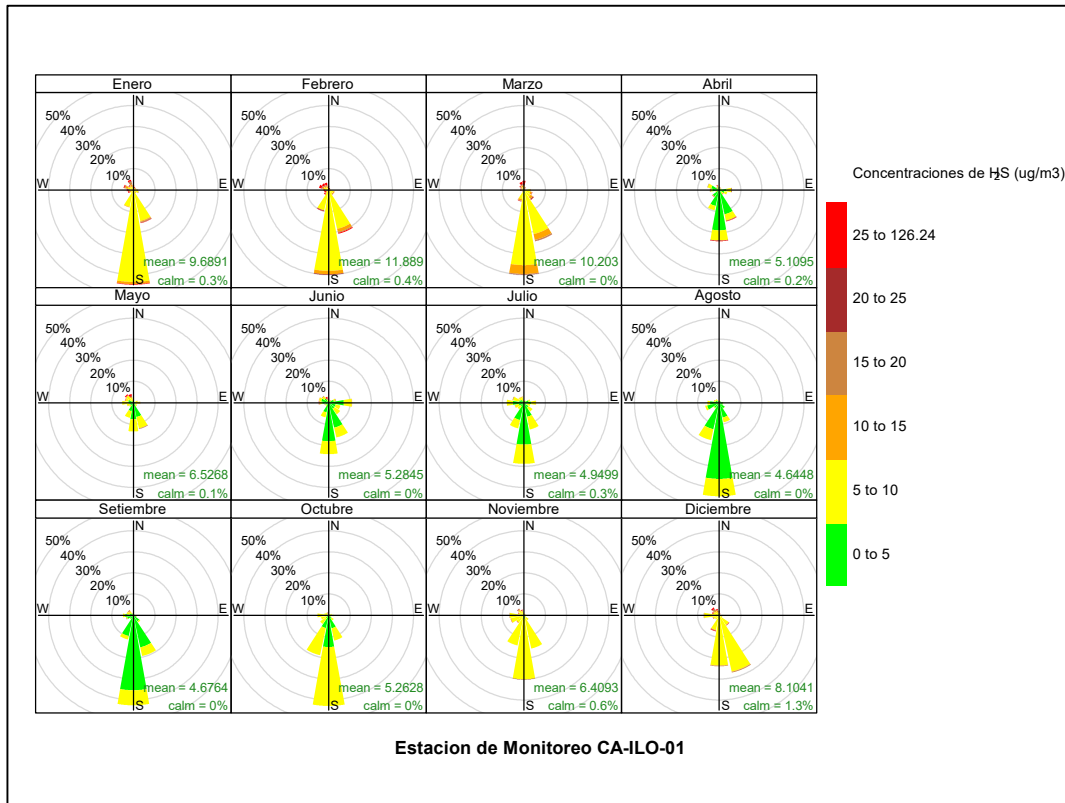


Figura 3.58. Rosa de concentración mensual del H₂S en la estación de monitoreo CA-ILO-01, periodo de enero a diciembre de 2022

En la estación CA-ILO-02, se destaca, en el mes de mayo, la presencia del 10% de los vientos desde el noroeste (nw) que están en una concentración mayor a 25µg/m³. En los meses de enero a marzo y diciembre, aunque con menor presencia de vientos en las direcciones oestesuroeste (wsw), oeste (w), oestenoroeste (wnw), noroeste (nw) se observa mayor presencia de concentraciones mayores a 25µg/m³.

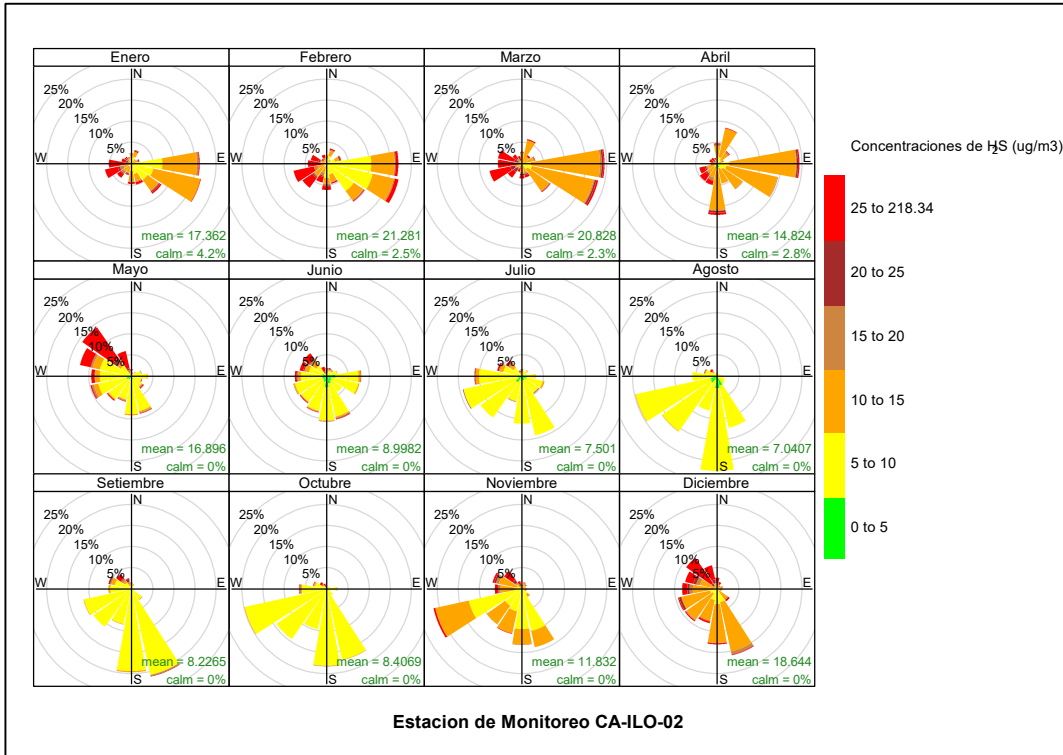


Figura 3.59. Rosa de concentración mensual del H₂S en la estación de monitoreo CA-ILO-02, periodo de enero a diciembre de 2022

Y en la estación CA-ILO-03, se observa a manera general en todos los meses que alrededor del 30 al 50% de los vientos que vienen del sur (s) están en un rango de concentraciones total de 0 a 15 µg/m³.

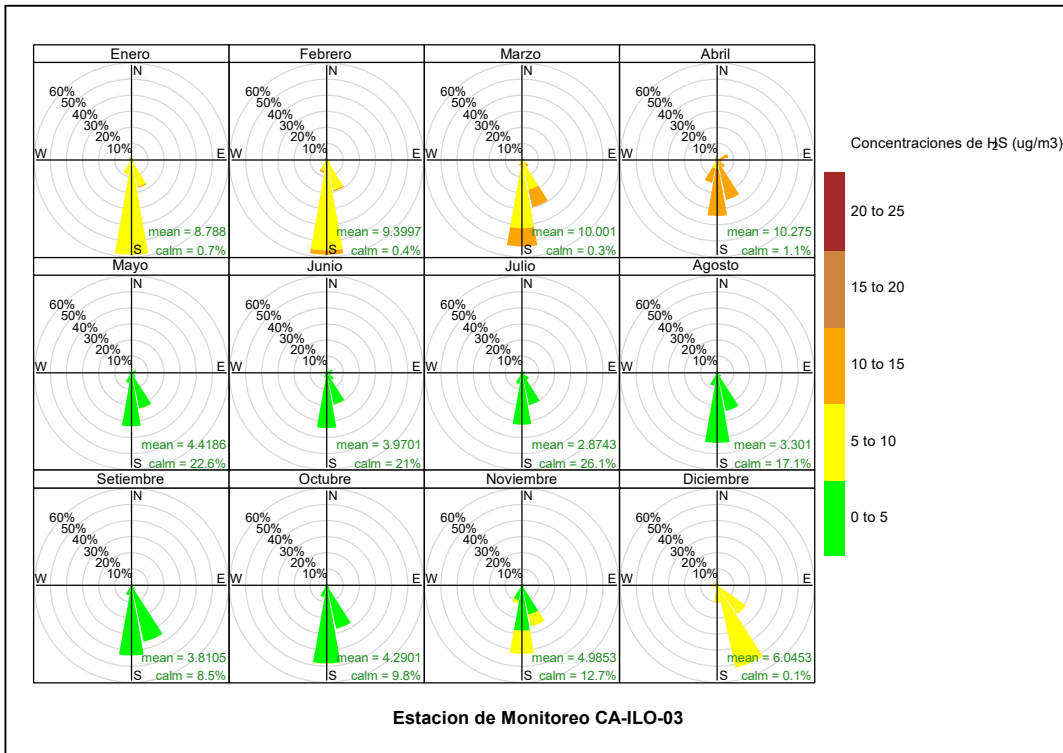


Figura 3.60. Rosa de concentración mensual del H₂S en la estación de monitoreo CA-ILO-03, periodo de enero a diciembre de 2022

En las Figuras 3.61, 3.62 y 3.63 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 periodo de enero a diciembre de 2022.

En la estación CA-ILO-01, se observa que los vientos que vienen desde el sur (s) están en un rango total de 0 a 10µg/m³.

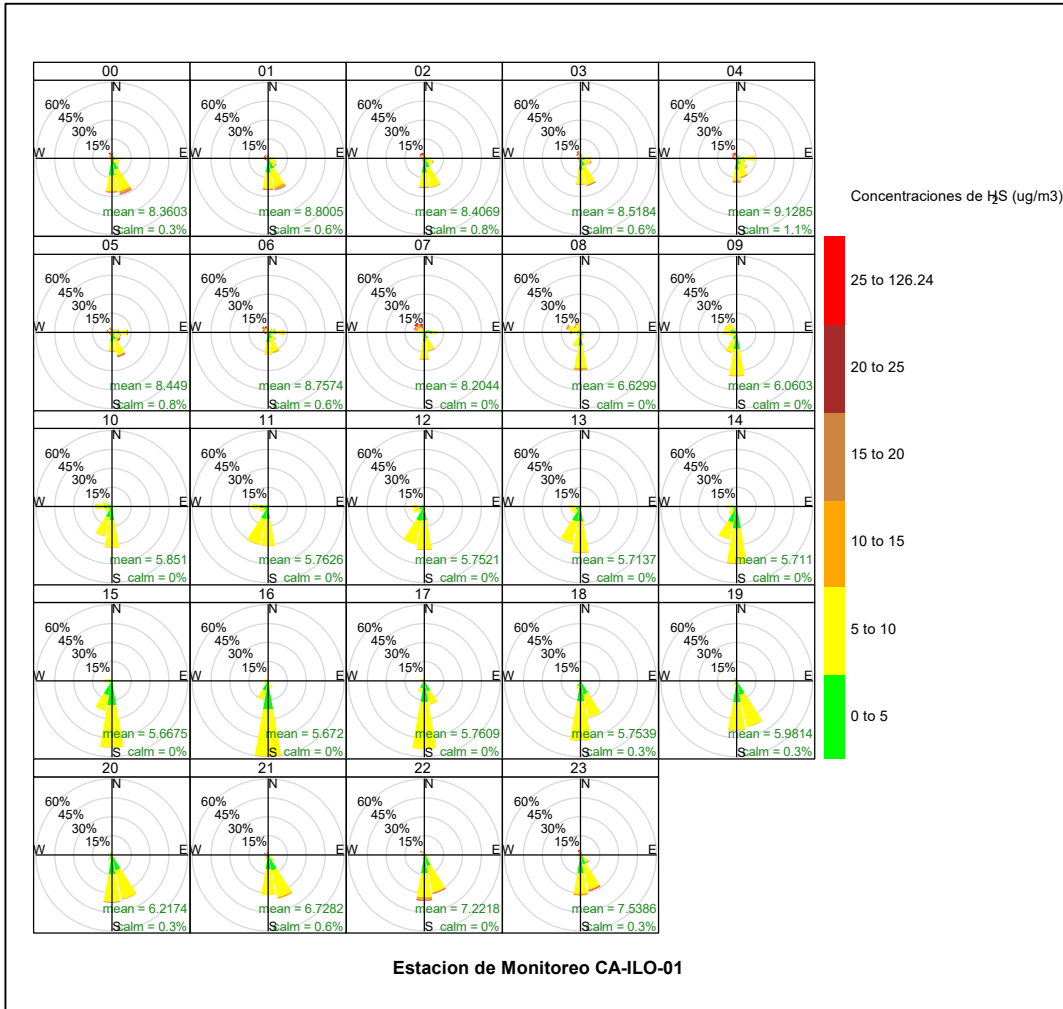


Figura 3.61. Rosa de concentración horaria del H₂S en la estación de monitoreo CA-ILO-01, periodo de enero a diciembre de 2022

En la estación CA-ILO-02, se destaca que desde las 21:00 horas hasta las 8:00 horas del día siguiente en las direcciones oestesuroeste (wsw), oeste (w), oestenoeste (wnw), noroeste (nw) y nornoroeste (nnw) se observa la presencia en los vientos de concentraciones mayores a 25 µg/m³.

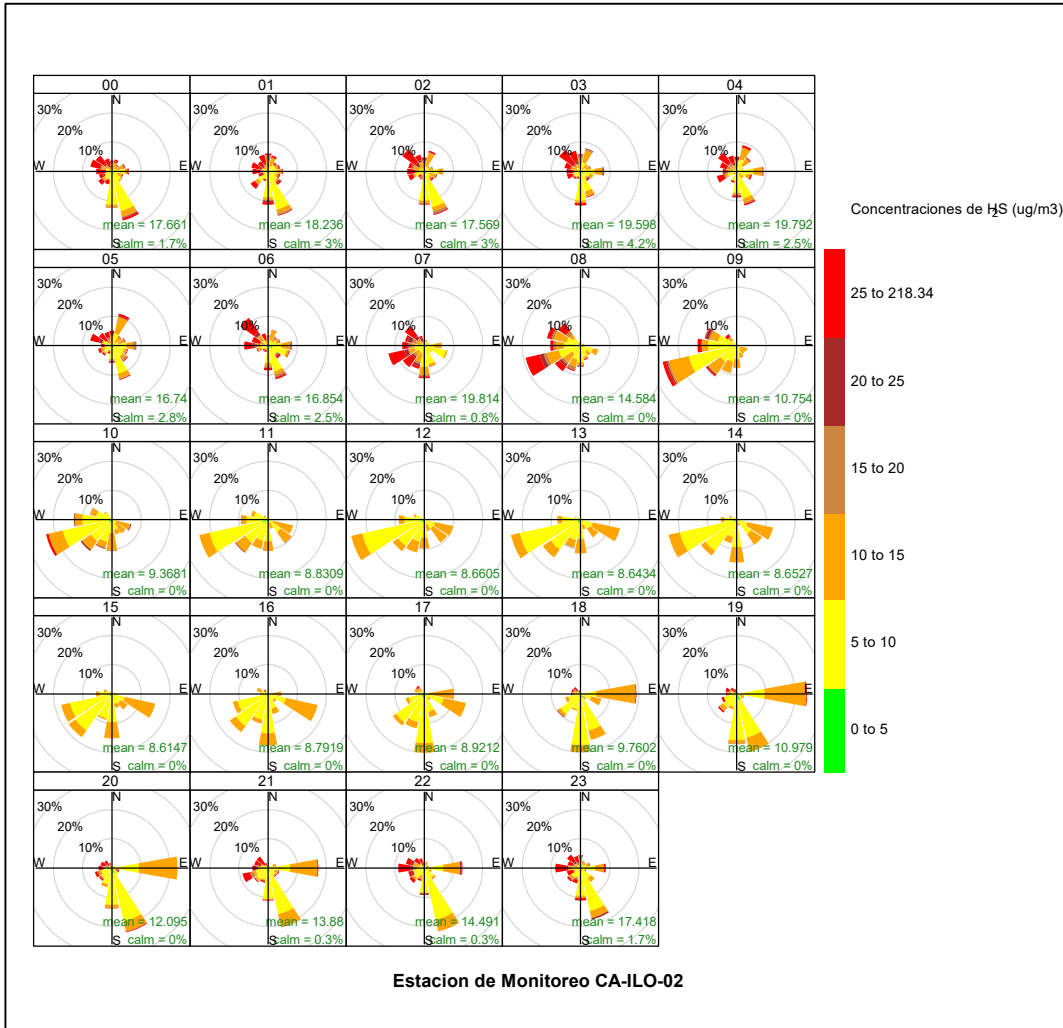


Figura 3.62. Rosa de concentración horaria del H₂S en la estación de monitoreo CA-ILO-02, periodo de enero a diciembre de 2022

Y en la estación CA-ILO-03, se observa desde las 20:00 horas hasta las 6:00 horas del día siguiente desde la dirección este-sureste (ese) que entre el 20 y 30% de los vientos están en el rango de 0 a 5 µg/m³, del 10 al 15% de los vientos están en el rango de 5 a 10 µg/m³ y una frecuencia del 5% son los vientos que están en el rango de 10 a 15 µg/m³. En el resto de las horas del día en la dirección sur (S) se observa un comportamiento similar con los vientos y los mismos rangos de concentraciones relacionados.

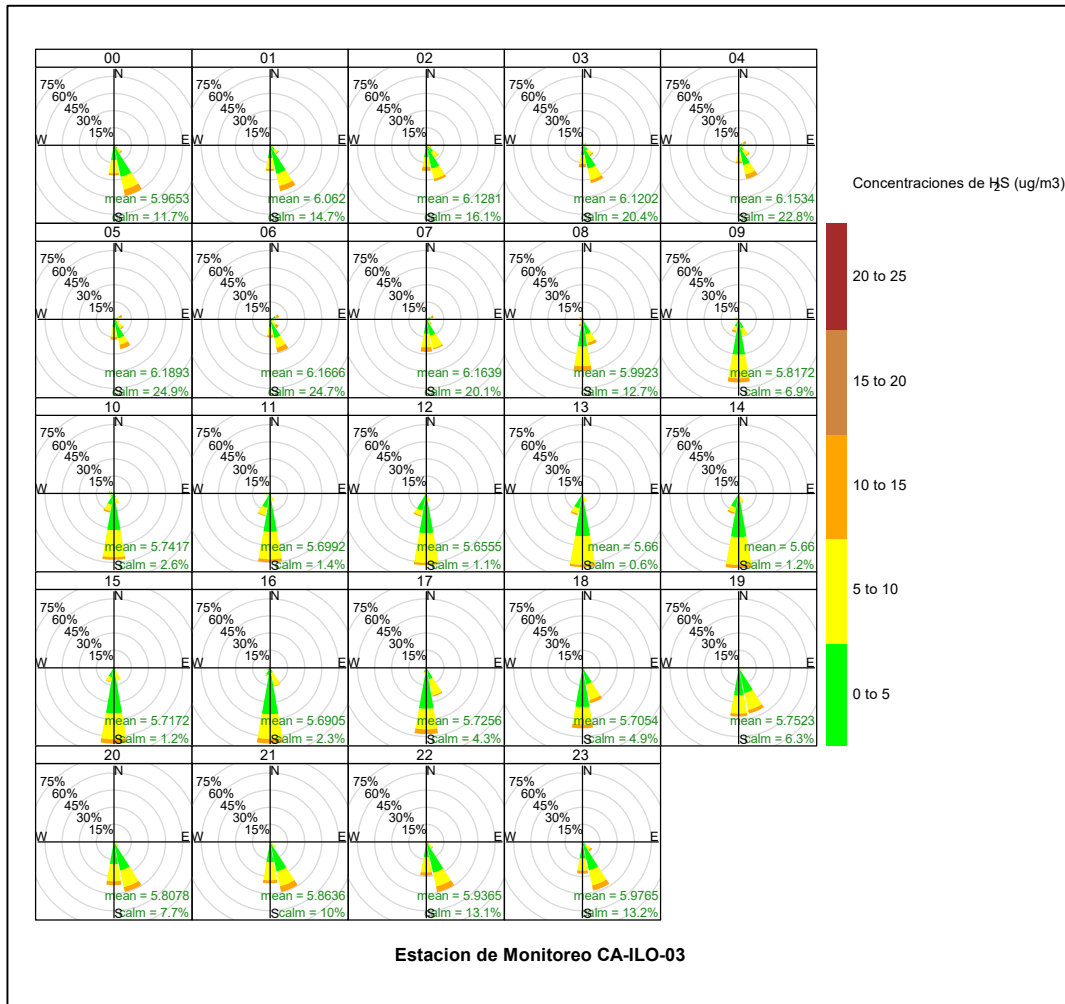


Figura 3.63. Rosa de concentración horaria del H₂S en la estación de monitoreo CA-ILO-03, periodo de enero a diciembre de 2022

3.8.5 Dióxido de nitrógeno (NO₂)

En las Figuras 3.64, 3.65 y 3.66 se presentan las rosas de concentraciones de NO₂ de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del año 2022.

En la estación de monitoreo CA-ILO-01, se observa desde la dirección sur (s): El 18% de los vientos están en el rango de 0 a 5 µg/m³, el 14% de los vientos están en el rango del 5 a 10 µg/m³ y un 0,5% de los vientos están en el rango de 10 a 15 µg/m³.

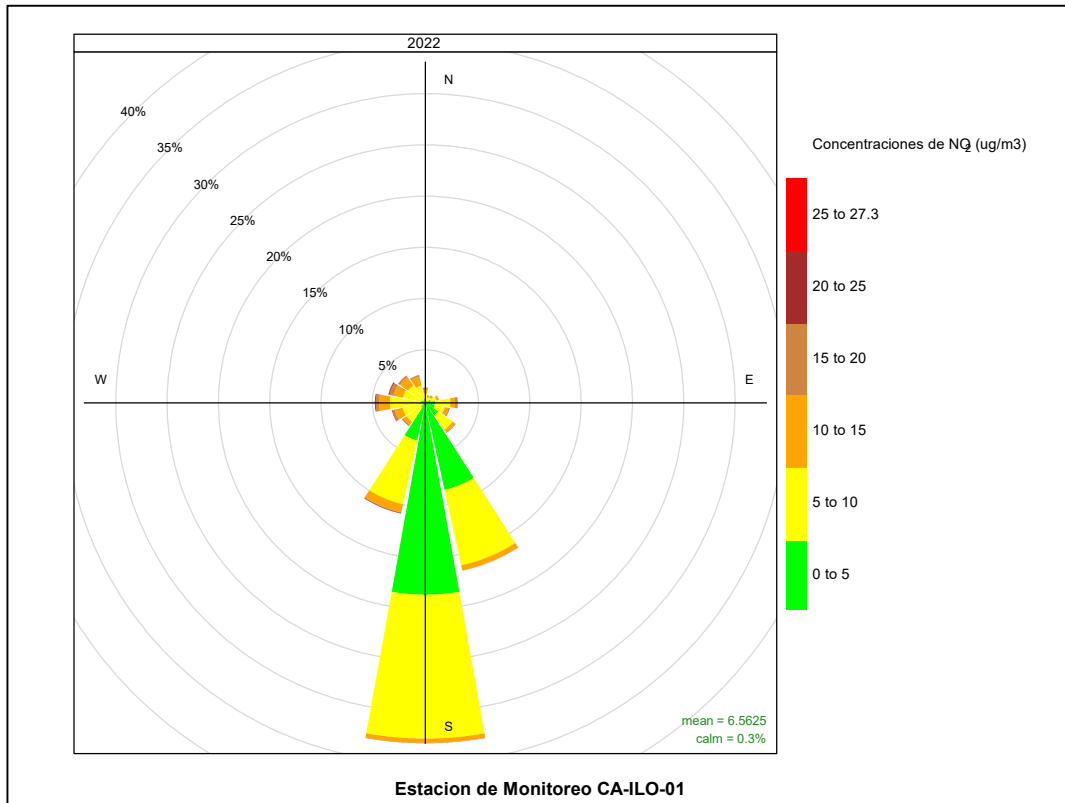


Figura 3.64. Rosa de concentración del NO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-01, periodo de enero a diciembre de 2022

En la estación de monitoreo CA-ILO-02, se observa, en los vientos predominantes que vienen desde el este: el 2% de los vientos están en el rango de 0 a 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, el 4% de los vientos caen en el rango de 5 a 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y un 0,4% de los vientos están entre los 10 a 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Cabe mencionar que las direcciones con menor intensidad de vientos como el sur(s), suroeste (sw), oeste (w), noroeste (nw) y norte (n) muestran una presencia de concentraciones en rangos totales de 10 a 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, incluso en los vientos que vienen desde la dirección oeste (w) se observa una fracción del 0,1% de esos vientos que caen en el rango de 20 a 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, por la baja intensidad de vientos podrían indicarse que proviene de fuentes locales.

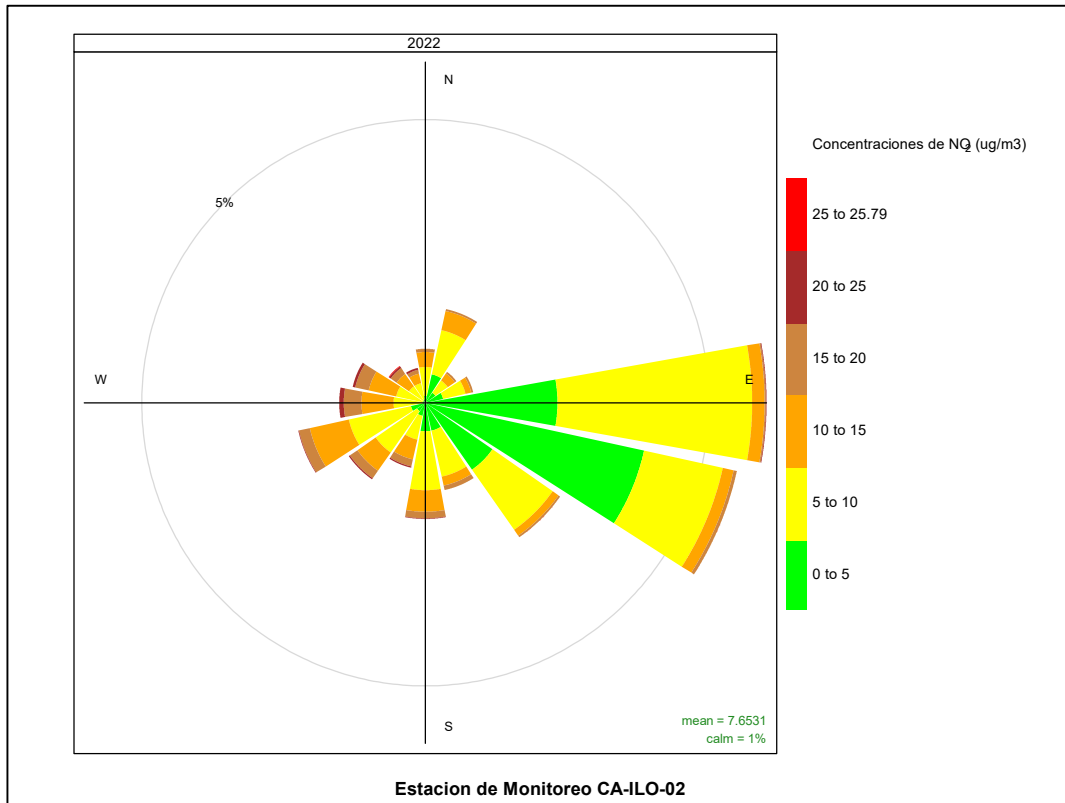


Figura 3.65. Rosa de concentración del NO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-02, periodo de enero a abril de 2022

Y en la estación CA-ILO-03, en los vientos que vienen desde el sur (s): un 17% de los vientos están en el rango de 0 a 5 µg/m³, el 22,5% de los vientos están en el rango de 5 a 10 µg/m³ y un 0,5% de esos vientos están en el rango de 10 a 15 µg/m³.

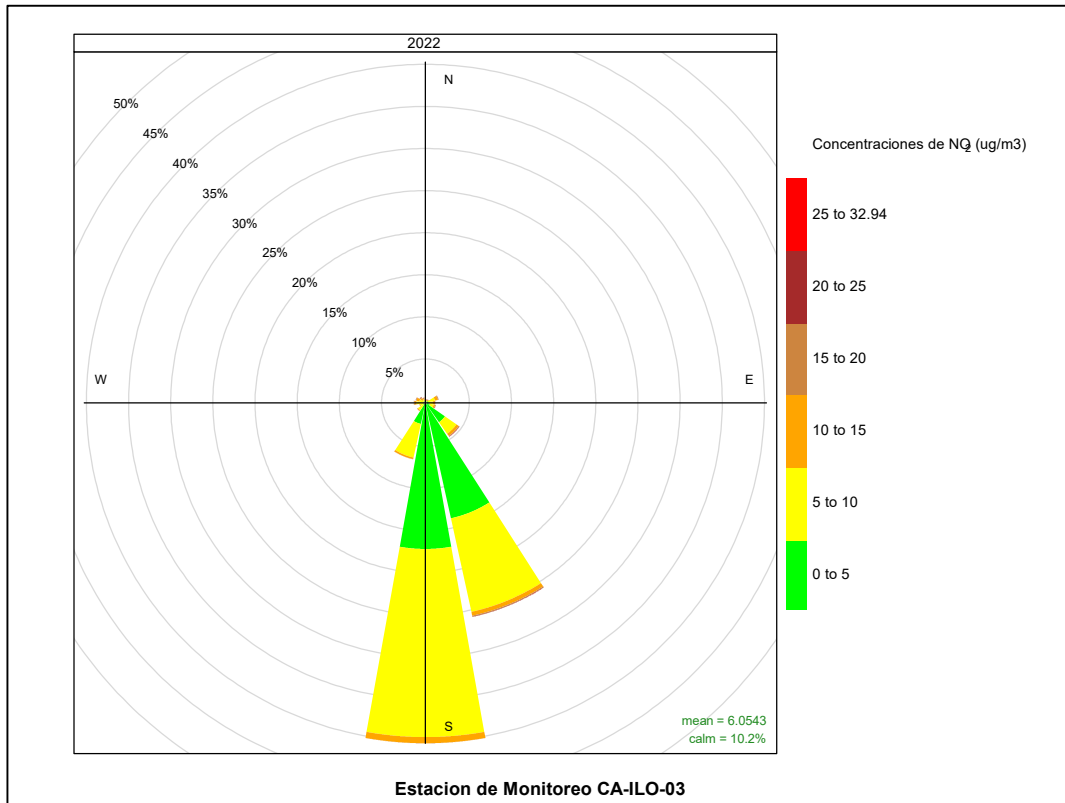


Figura 3.66. Rosa de concentración del NO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-03, periodo de enero a diciembre de 2022

En las Figuras 3.67, 3.68 y 3.69 se presentan las rosas de concentraciones mensuales de NO₂ de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del año 2022.

En la estación CA-ILO-01 se observa de manera general que en todos los meses hay una presencia de las concentraciones desde 0 a 10 µg/m³, en los vientos que vienen desde el sur (s).

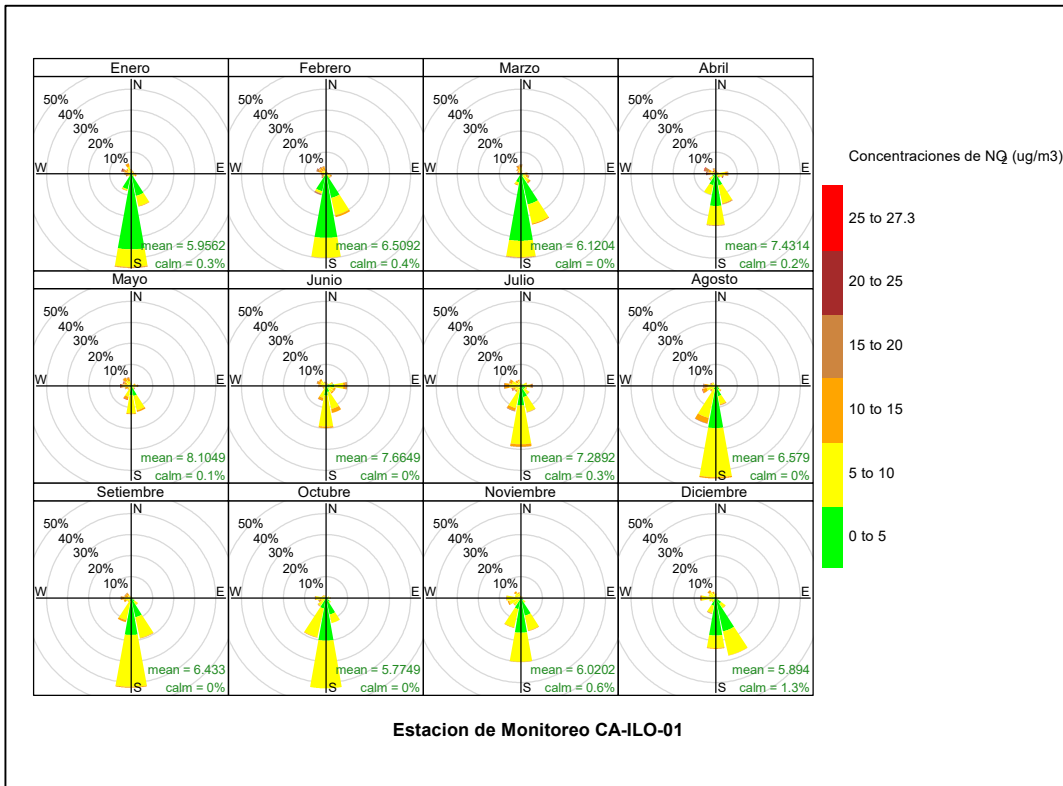


Figura 3.67. Rosa de concentración mensual del NO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-01, periodo de enero a diciembre de 2022

En la estación CA-ILO-02, en los meses de enero a abril, en la dirección este (e), se observa: entre 6-8% de los vientos están dentro del rango de 0 a 5 µg/m³, un promedio del 10% son los vientos que están en el rango de 5 a 10 µg/m³ y alrededor del 0,5% de los vientos están en el rango del 10 a 15 µg/m³.

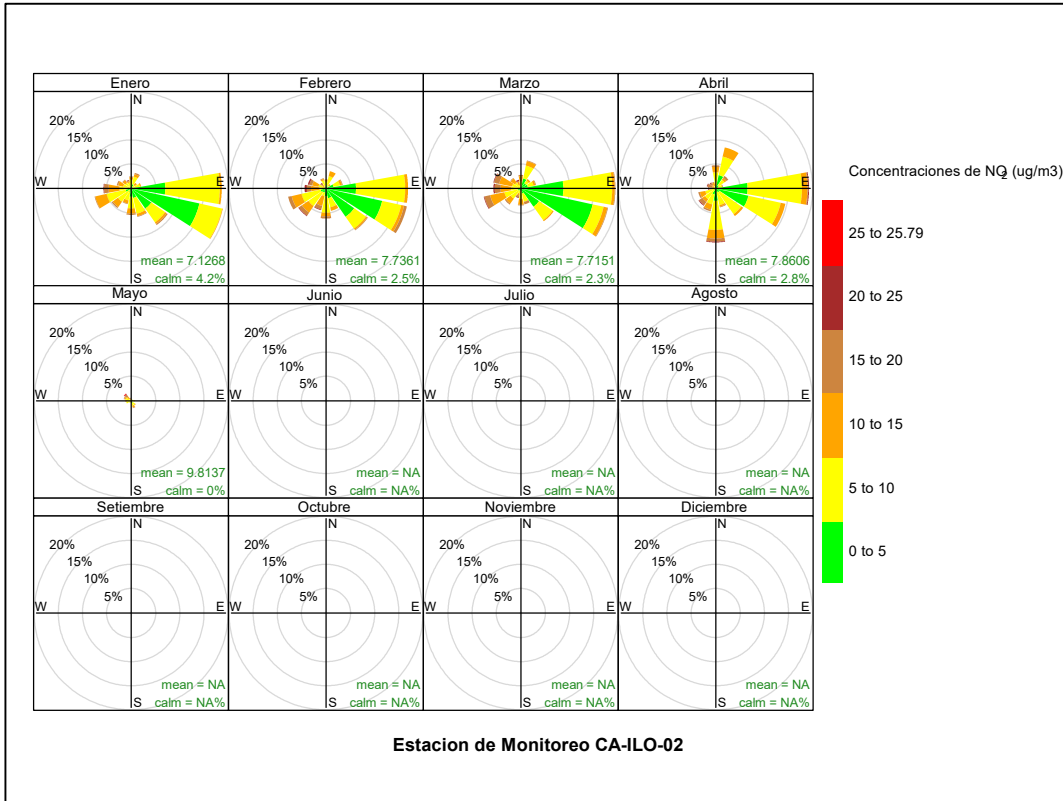


Figura 3.68. Rosa de concentración mensual del NO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-02, periodo de enero a abril de 2022

Y en la estación CA-ILO-03, se observa que los vientos que vienen desde el sur (s), muestran un comportamiento uniforme en todos los meses, los cuales coinciden en estar en el rango total del 0 a 10 µg/m³.

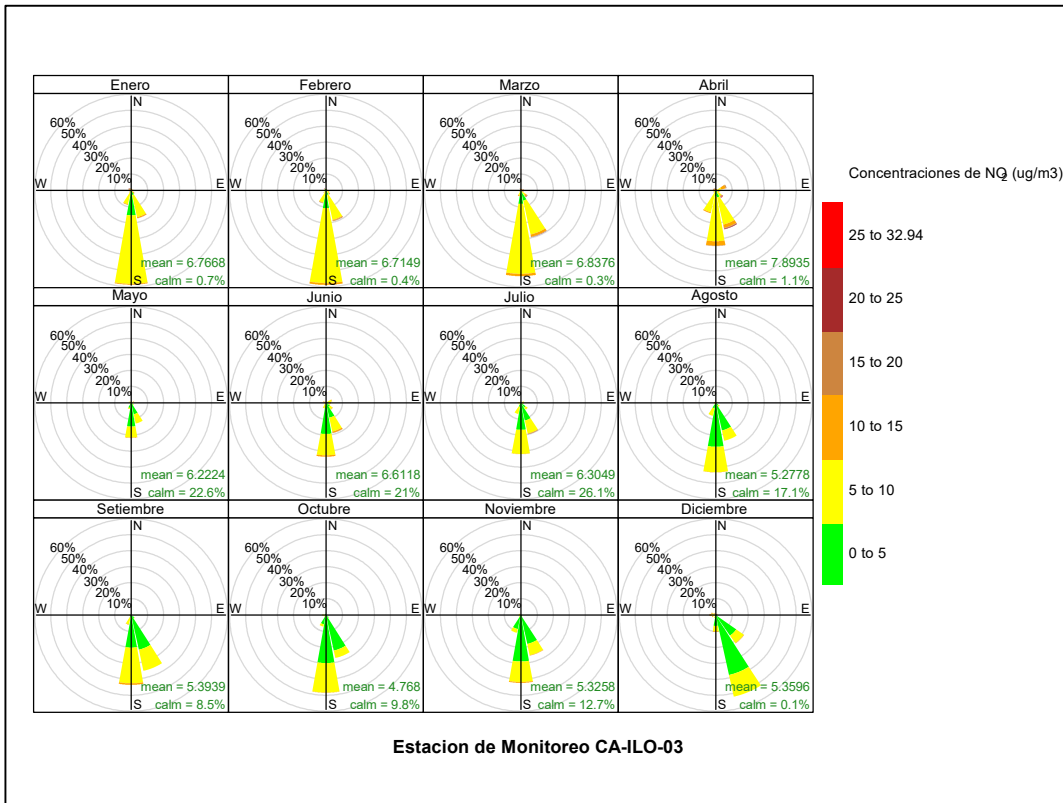


Figura 3.69. Rosa de concentración mensual del NO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-03, periodo de enero a diciembre de 2022

En las Figuras 3.70, 3.71 y 3.72 se presentan las rosas de concentraciones horarias de NO₂ de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del año 2022.

En la estación CA-ILO-01, se destaca en los vientos que vienen desde el sur (s), que en los intervalos de 7:00 a 9:00 horas y desde las 18:00 hasta las 20:00 horas una presencia del 1% de los vientos que están en el rango del 10 al 15 µg/m³. En las demás horas en la misma dirección sur (s) se observan rangos de concentraciones menores en los vientos.

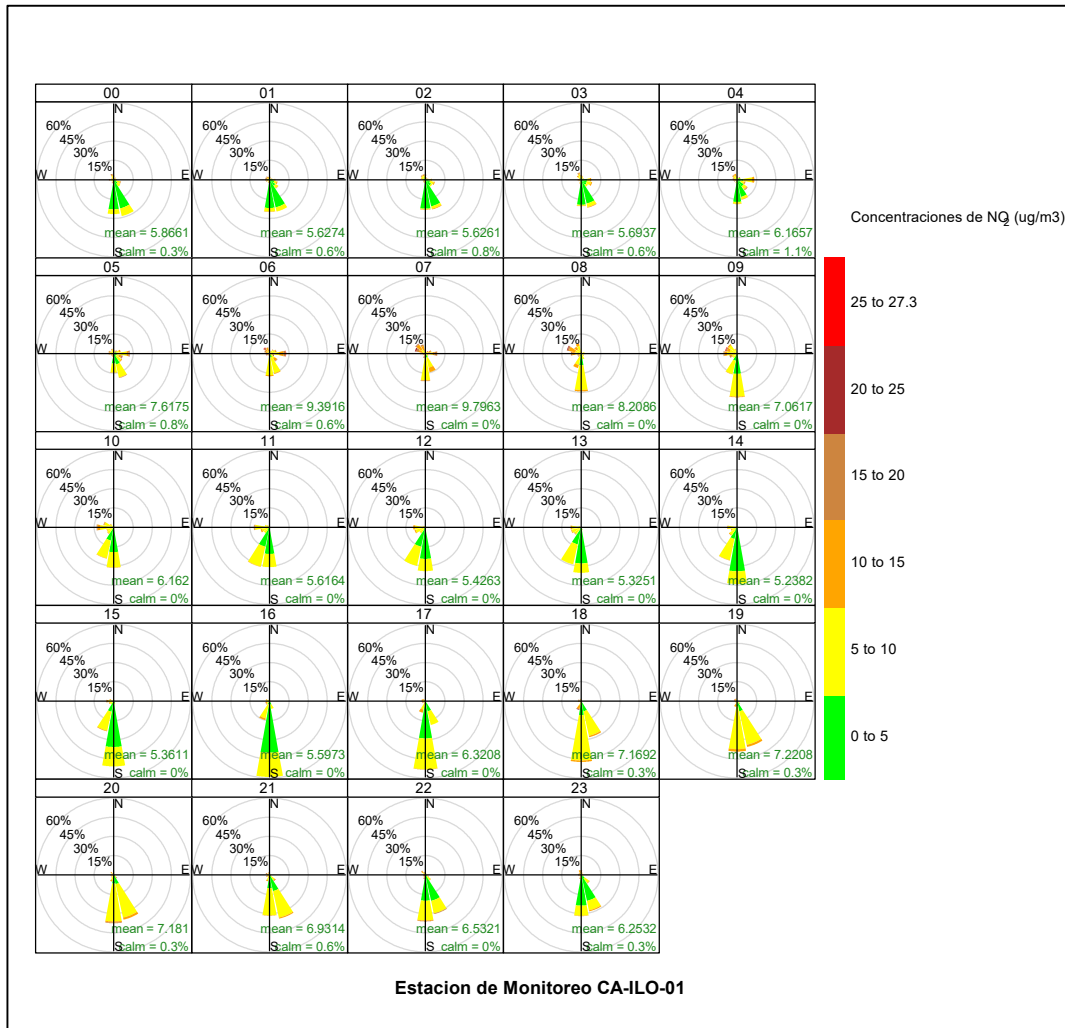


Figura 3.70. Rosa de concentración horaria del NO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-01, periodo de enero a diciembre de 2022

En la estación CA-ILO-02, se observa en los vientos que vienen desde el oestesuroeste (wsw) la presencia en el 2% de los vientos de un rango de 10 a 15µg/m³ entre el horario de las 7:00 y 8:00 horas. Y en las 18:00 horas desde la dirección este (e) se observa la presencia del 0,5% de los vientos que caen en el rango del 10 al 15 µg/m³. Esos son rangos de concentración mayores que se observan durante el día, tal vez atribuidos al tráfico vehicular en las horas mencionadas.

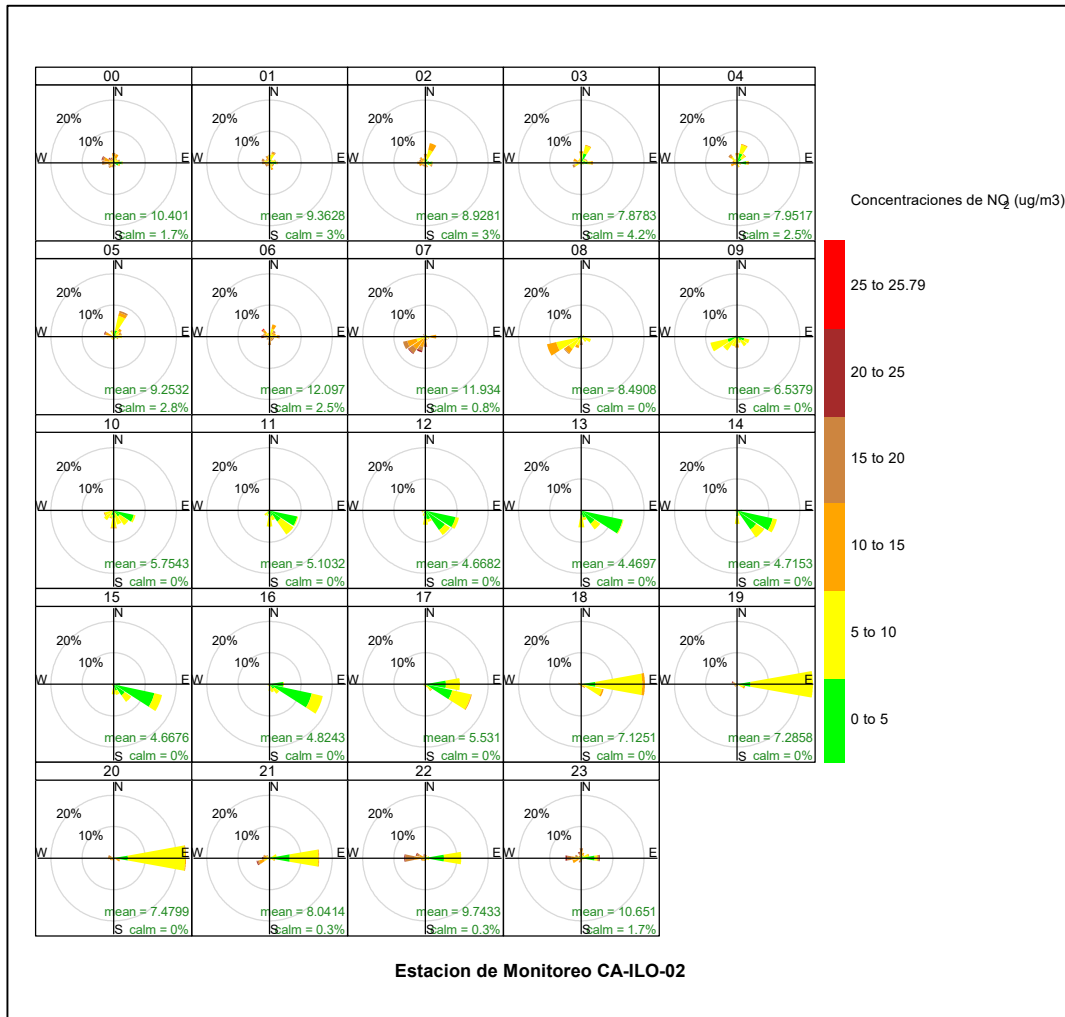


Figura 3.71. Rosa de concentración horaria del NO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-02, periodo de enero a abril de 2022

Y en la estación CA-ILO-03, se observa, en los horarios de 5:00 a 7:00 horas y desde las 18:00 a 20:00 horas en los vientos que vienen desde el sursureste (sse) y sur (s) el 1 y 2% de los vientos corresponden a un rango del 10 al 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, que son concentraciones mayores respecto a las demás horas del día. Y por el horario puede atribuirse al tráfico vehicular.

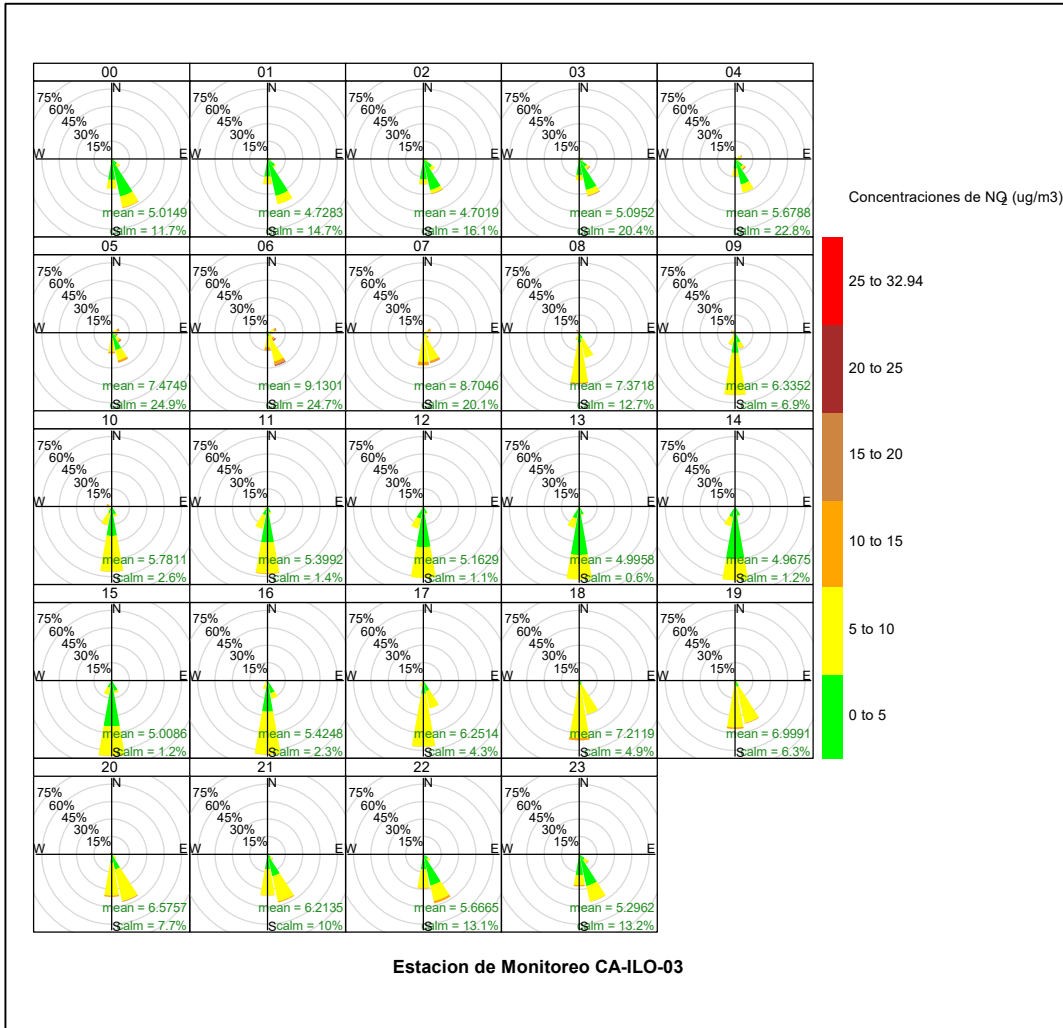


Figura 3.72. Rosa de concentración horaria del NO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-03, periodo de enero a diciembre de 2022

3.8.6 Monóxido de carbono (CO)

En las Figuras 3.73, 3.74 y 3.75 se presentan las rosas de concentraciones de CO de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del periodo de enero a diciembre de 2022.

En la estación de monitoreo CA-ILO-01, se observa en la dirección de predominancia de vientos del sur (s): un 2,5% de los vientos están en el rango del 0 a 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, el 17% de los vientos están en el rango de 200 a 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, el 15% de los vientos están en el rango del 250 a 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y el 0,9% de los vientos están en el rango de 300 a 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

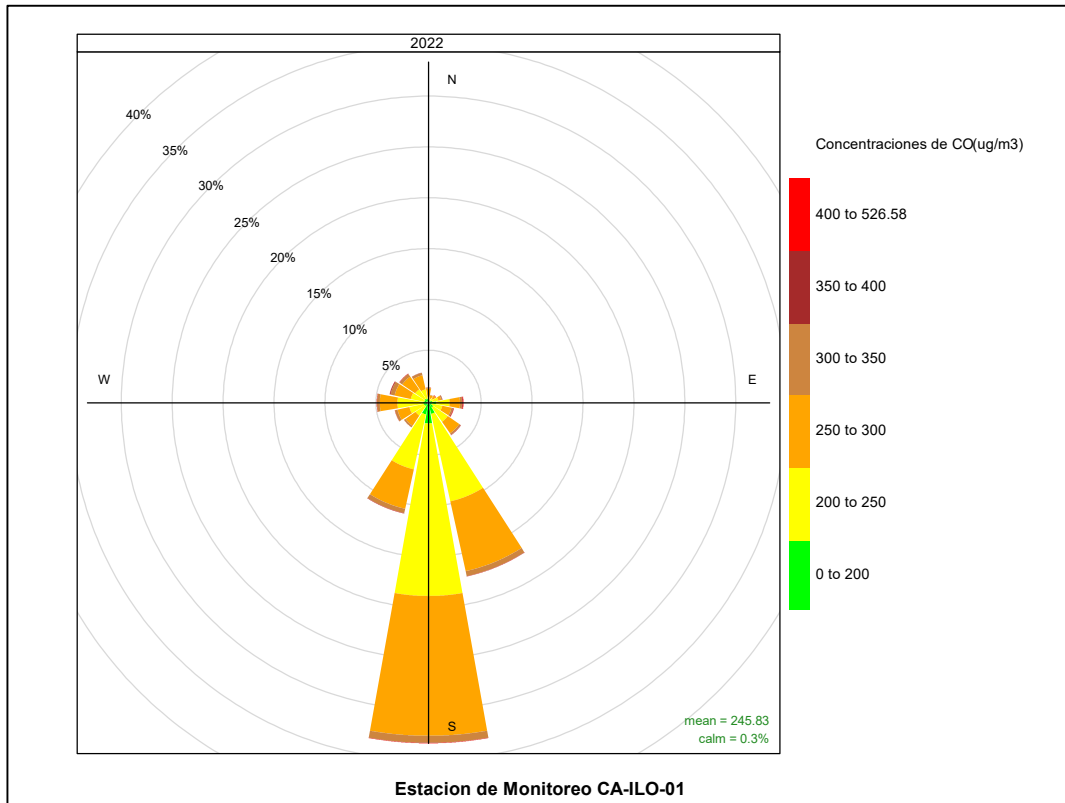


Figura 3.73. Rosa de concentración del CO en la estación de monitoreo CA-ILO-01, periodo de enero a diciembre de 2022

En la estación de monitoreo CA-ILO-02, se observa en la predominancia de los vientos que vienen desde el sur (s): El 3% de los vientos corresponden a un rango del 0 a 200 µg/m³, el 5% de los vientos caen en el rango de 200 a 250 µg/m³, el 2,5% de los vientos pertenecen al rango de 250 a 300 µg/m³, un 0,5% de los vientos están en el rango de 300 a 350 µg/m³. Y en los vientos que vienen desde el oestesuroeste (wsw): El 5% de los vientos están en el rango de 0 a 200 µg/m³, el 4% de los vientos están en el rango de 200 a 250 µg/m³, un 2% de los vientos están en el rango de 250 a 300 µg/m³ y un 0,2% de los vientos están en el rango de 300 a 350 µg/m³.

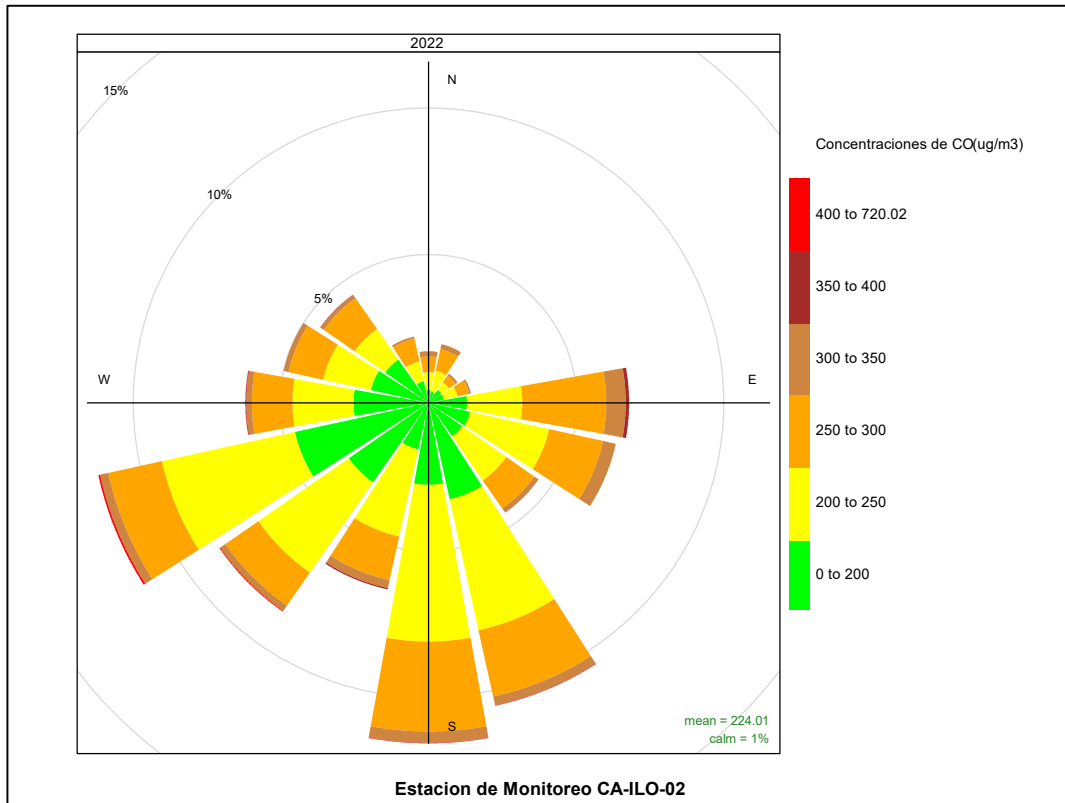


Figura 3.74. Rosa de concentración del CO en la estación de monitoreo CA-ILO-02, periodo de enero a diciembre de 2022

Y en la estación CA-ILO-03, sobre los vientos de predominancia en la dirección sur (s): el 7,5% de los vientos están en el rango de 200 a 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, un 18% de los vientos están en el rango de 250 a 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, el 14% de los vientos están en el rango del 300 a 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, un 4,5% de los vientos están entre 350 a 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

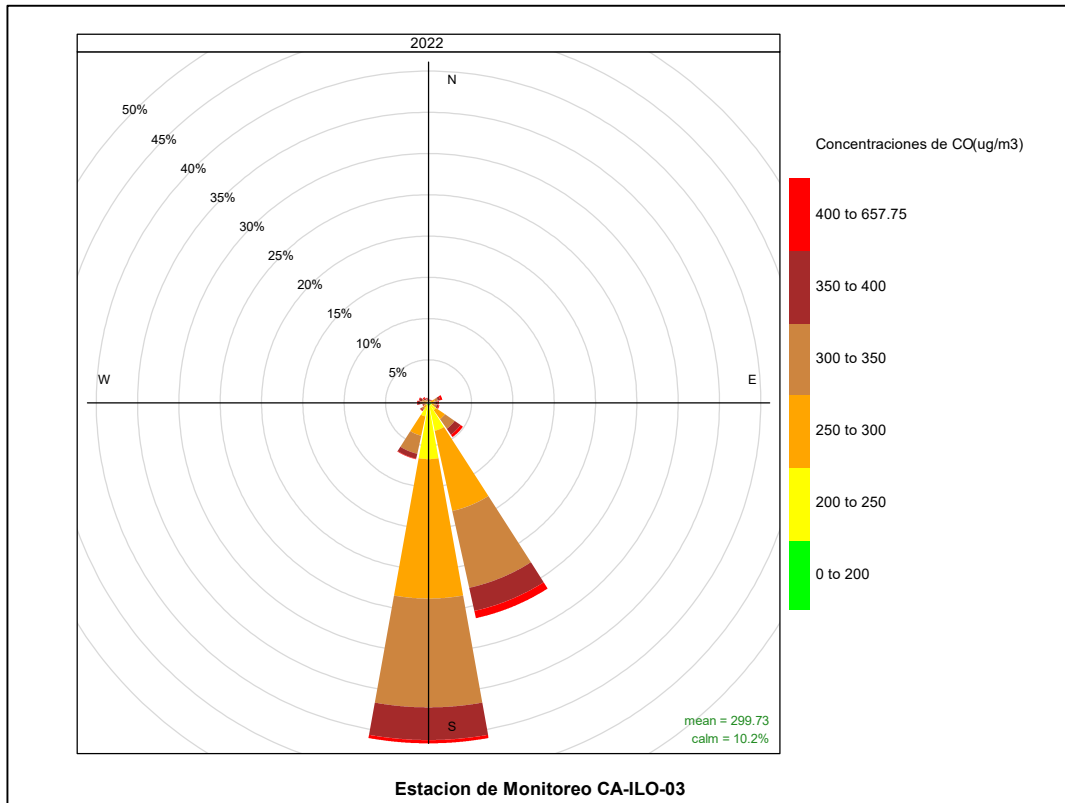


Figura 3.75. Rosa de concentración del CO en la estación de monitoreo CA-ILO-03, periodo de enero a diciembre de 2022

En las Figuras 3.76, 3.77 y 3.78 se presentan las rosas de concentraciones mensuales de CO de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del periodo de enero a diciembre de 2022.

En la estación CA-ILO-01, se observa que en los meses enero, febrero, setiembre y octubre, entre el 20 y 30% de los vientos que vienen desde el sur (s) corresponden a los rangos de 250 a 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, una proporción mayor respecto a los demás meses.

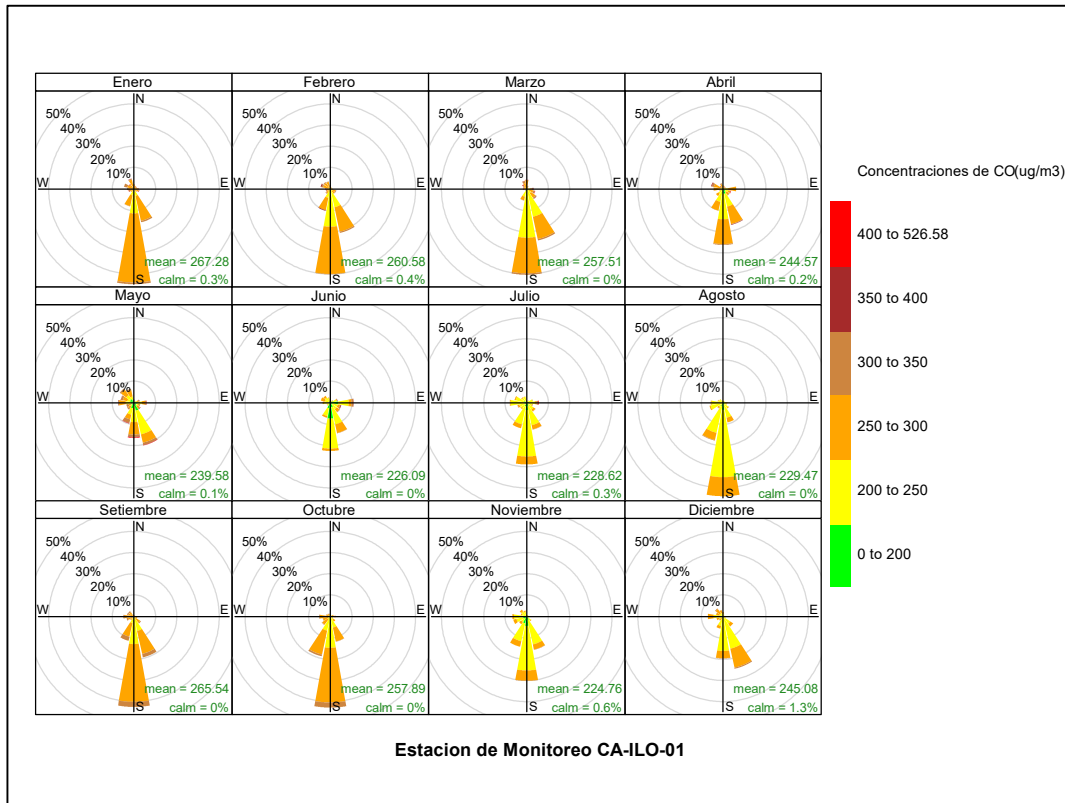


Figura 3.76. Rosa de concentración mensual del CO en la estación de monitoreo CA-ILO-01, periodo de enero a diciembre de 2022

En la estación CA-ILO-02, en el mes de abril en los vientos que vienen desde el este (e): Se observa una marcada participación (respecto a los demás meses) en el 1% de los vientos de concentraciones entre 350 a 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

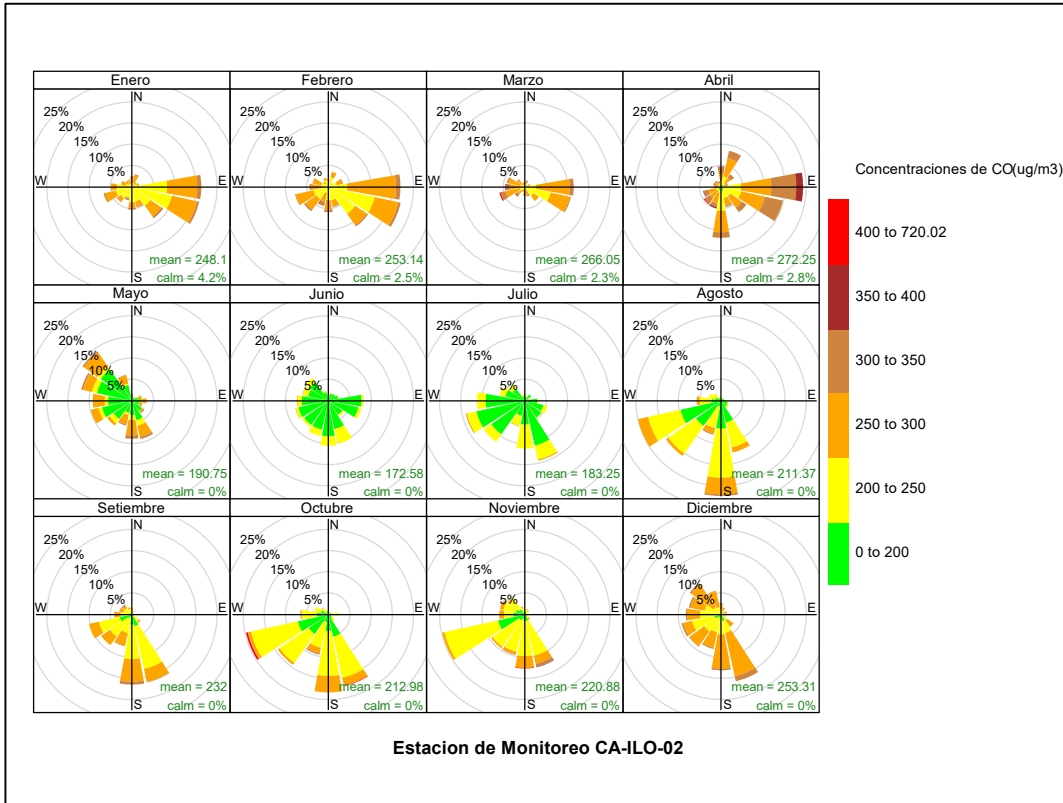


Figura 3.77. Rosa de concentración mensual del CO en la estación de monitoreo CA-ILO-02, periodo de enero a diciembre de 2022

Y en la estación CA-ILO-03, se destaca que en el mes de febrero en los vientos que vienen desde el sur (s): Un 34% de los vientos están en el rango de 300 a 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, un 19% de los vientos caen en el rango de 350 a 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y un 4% de los vientos coinciden con concentraciones mayores a 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

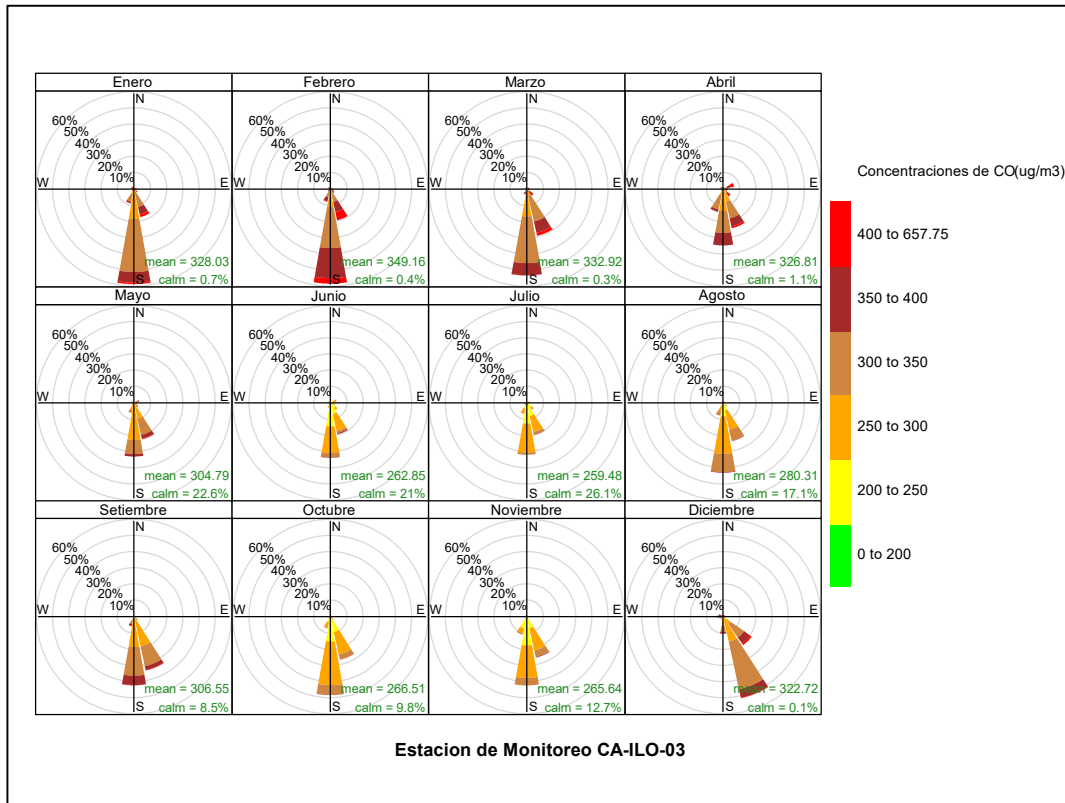


Figura 3.78. Rosa de concentración mensual del CO en la estación de monitoreo CA-ILO-03, periodo de enero a diciembre de 2022

En las Figuras 3.79, 3.80 y 3.81 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 periodo de enero a diciembre de 2022.

En la estación CA-ILO-01, se destaca que a las 8:00 horas hay un 19% de los vientos que vienen desde el sur (s) que caen en un rango de concentración de 250 a 300 µg/m³. Y a las 18:00 horas se destaca un 28% de los vientos que vienen desde el sur (s) que están en el rango de 250 a 300 µg/m³ y además el 2% de los vientos de la misma dirección y hora están en el rango de 300 a 350 µg/m³, una mayor participación de esas concentraciones mayores respecto a las demás horas del día. Tal vez pueda deberse al tráfico vehicular de esas horas.

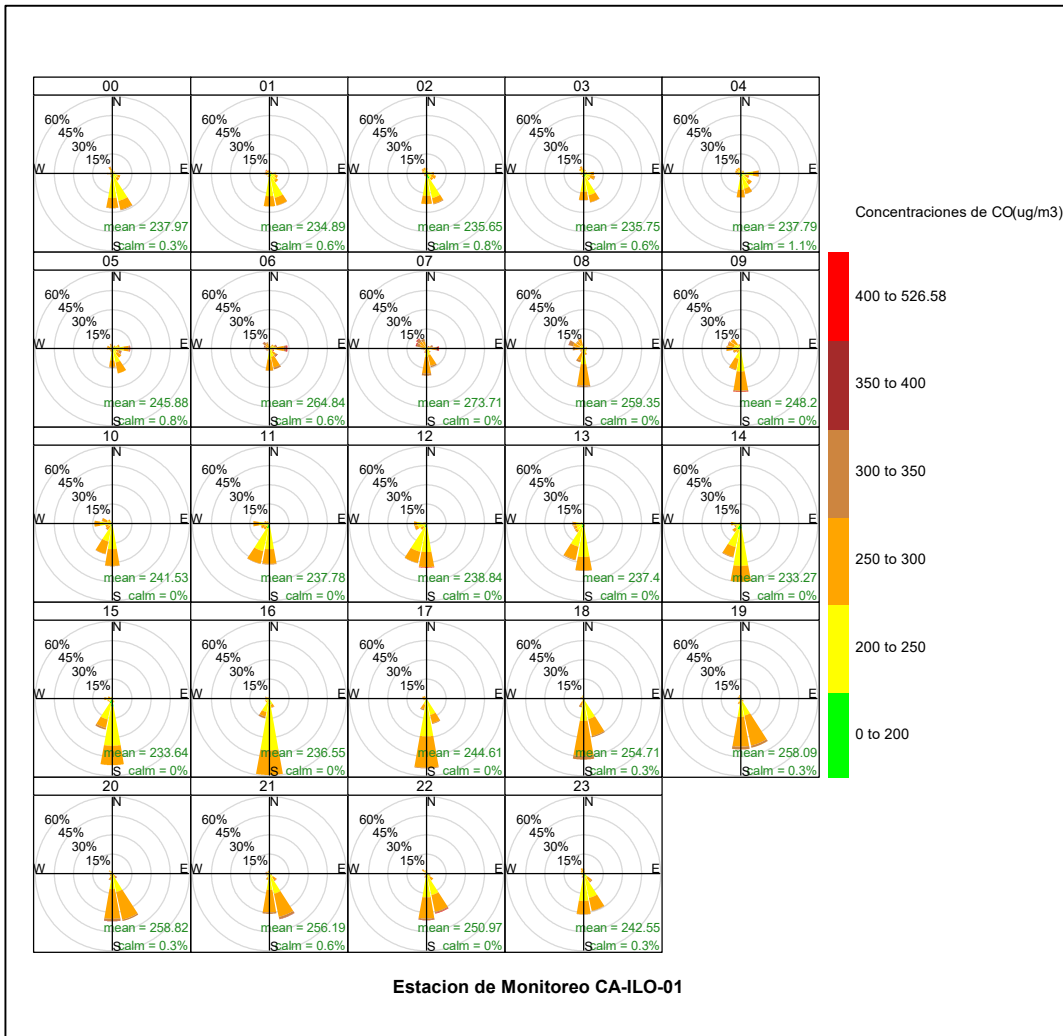


Figura 3.79. Rosa de concentración horaria del CO en la estación de monitoreo CA-ILO-01, periodo de enero a diciembre de 2022

En la estación CA-ILO-02, se observa que a partir de las 6:00 horas empiezan a aparecer en varias direcciones como este (e), sur (s), oeste (w) un 3% de vientos que están en un rango total de 250 a 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Entre las 7:00 y 8:00 horas sobre los vientos que vienen desde el oestesuroeste (wsw): el 6% de los vientos están en el rango del 250 a 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y el 1% de los vientos están en el rango del 300 a 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Entre las 18:00 y 20:00 horas sobre los vientos que predominantemente vienen desde el este (e): El 16% de los vientos están en el rango de 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y el 3% corresponde a los vientos que caen en el rango de 300 a 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Esos intervalos de horas donde se observan mayores concentraciones respecto a las demás horas del día podrían deberse al tráfico de vehículos de la zona.

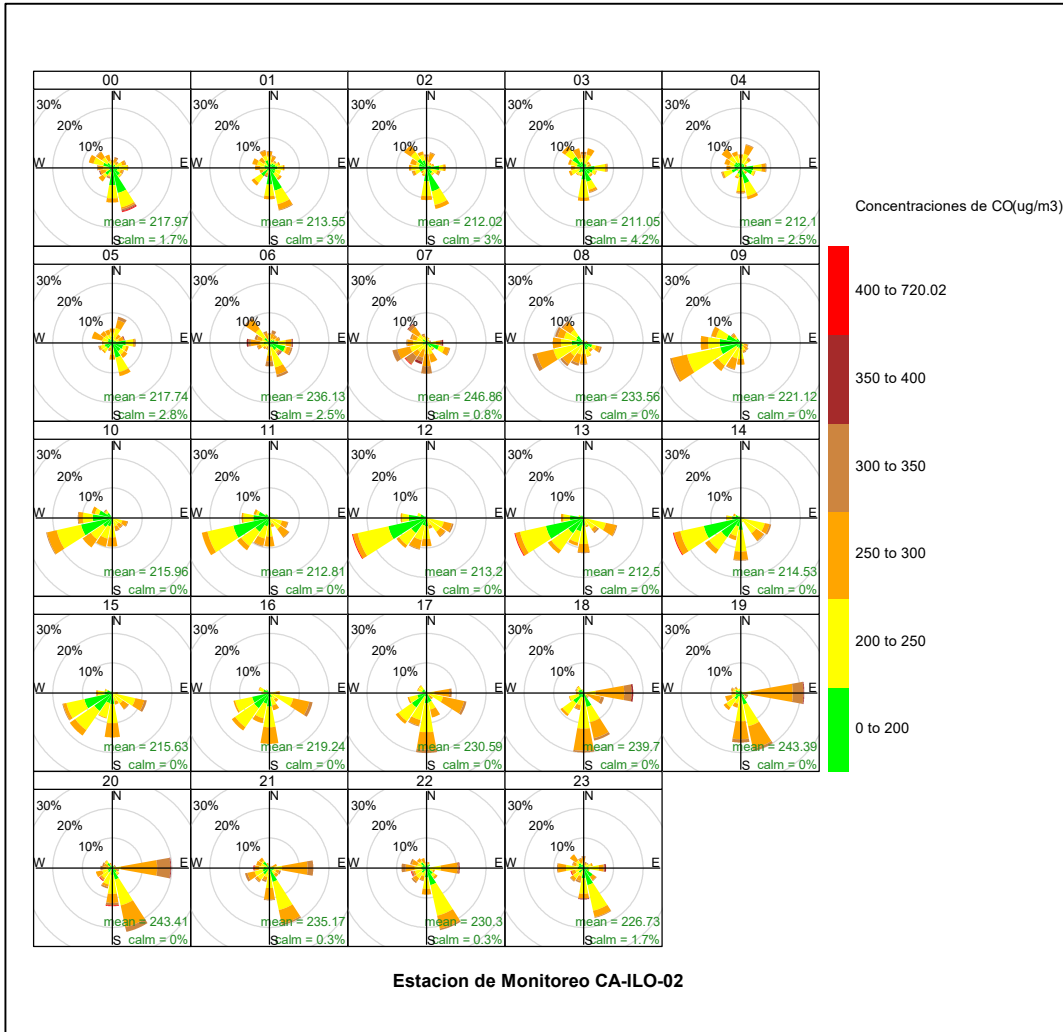


Figura 3.80. Rosa de concentración horaria del CO en la estación de monitoreo CA-ILO-02, periodo de enero a diciembre de 2022

Y en la estación CA-ILO-03, se destacan a las 7:00 horas, sobre los vientos que vienen desde el sur (s) que el 10 % de los vientos están en el rango de 300 a 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, un 8% de los vientos están en el rango de 350 a 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Entre las 19:00 y 21:00 horas sobre los vientos que vienen desde el sur (s): Un 16% de los vientos están en el rango de 300 a 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y un 10% de los vientos están en el rango del 350 a 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Cabe mencionar que a las 22:00 horas se observa un 5% de los vientos que vienen desde el sursureste (sse) están en un rango de concentraciones mayor a 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

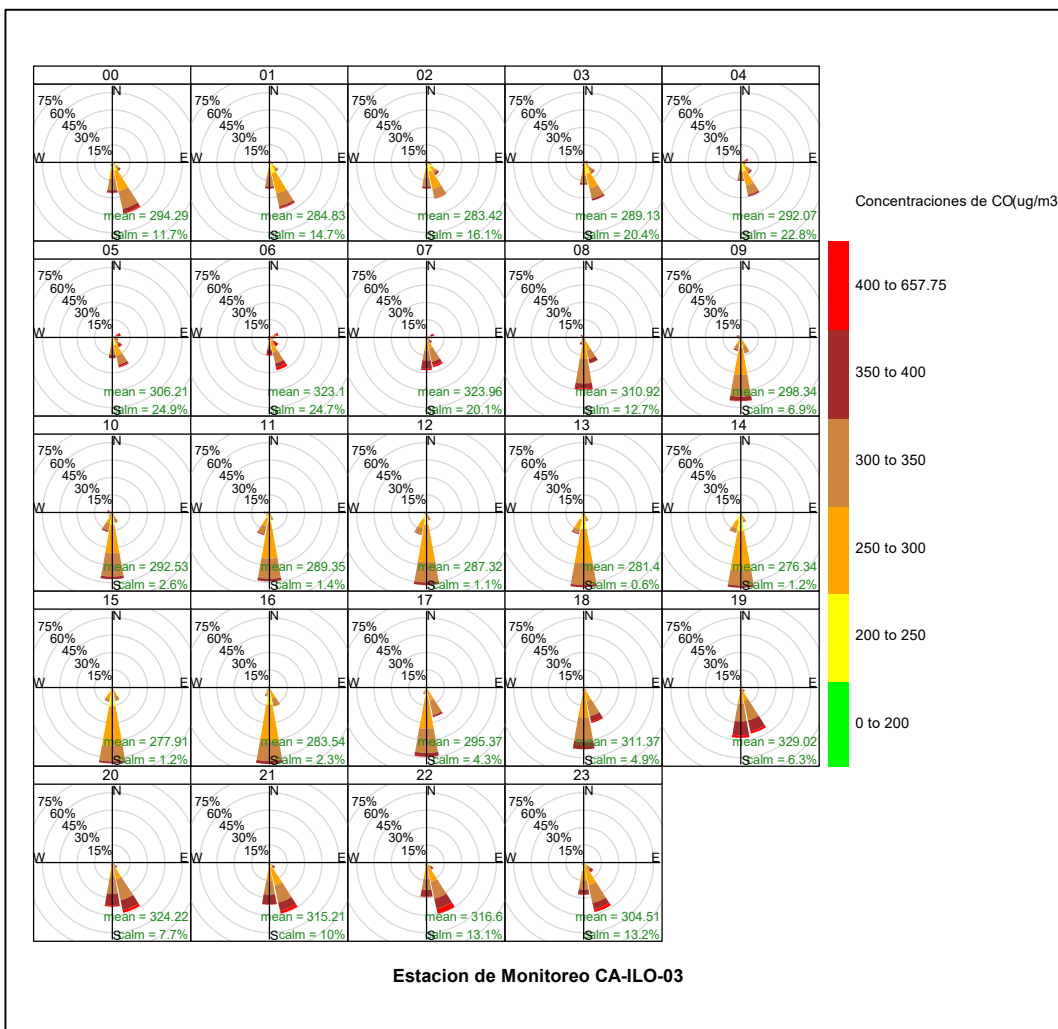


Figura 3.81. Rosa de concentración horaria del CO en la estación de monitoreo CA-ILO-03, periodo de enero a diciembre de 2022

3.9 COMPORTAMIENTO TEMPORAL

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

En la Figura 3.82, 3.83 y 3.84 se grafican las medias de las concentraciones horarias, mensuales 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 periodo enero a diciembre.

En la estación de monitoreo CA-ILO-01, la representación gráfica por días de monitoreo muestra que en los días martes se registraron las mayores concentraciones de PM_{2,5} y en los promedios mensuales se observa un pico en el mes de marzo. Se recuerda que el martes 15 de marzo el ECA PM_{2,5} (50 µg/m³) fue superado como se detalla en la sección 3.2 En el caso de las medias horarias, se observa que las concentraciones de PM_{2,5} tienen valores elevados alrededor de las 6:00 horas.

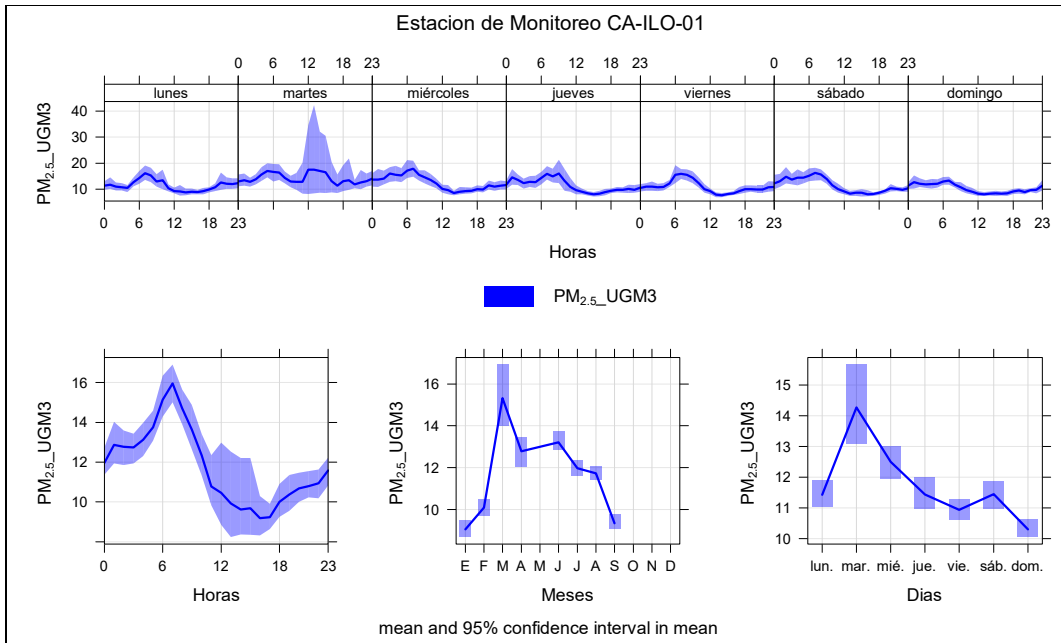


Figura 3.82. Concentraciones promedio horarias de $PM_{2.5}$ en la estación de monitoreo CA-ILO-01, de enero a diciembre de 2022

En la estación de monitoreo CA-ILO-02, la representación gráfica por días de monitoreo muestra que en los días martes y miércoles se registraron las mayores concentraciones de $PM_{2.5}$ y en los promedios mensuales hay un pico en junio. En el caso de las medias horarias, se observa que las concentraciones de $PM_{2.5}$ tienen valores elevados alrededor de las 6:00 horas.

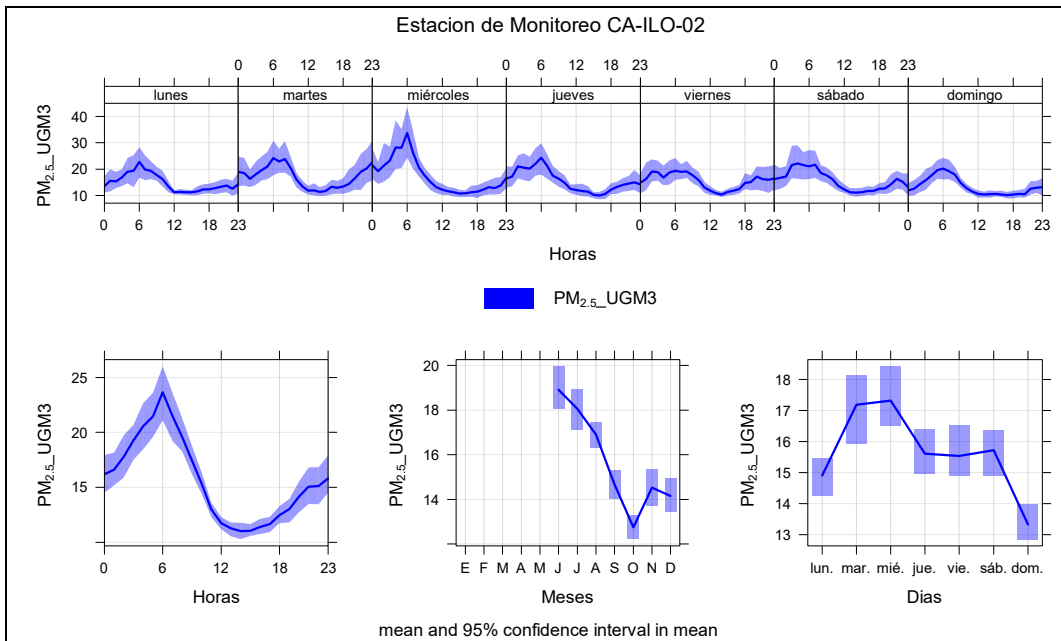


Figura 3.83. Concentraciones promedio horarias de $PM_{2.5}$ en la estación de monitoreo CA-ILO-02, de enero a diciembre de 2022

En la estación de monitoreo CA-ILO-03, la representación gráfica por días de monitoreo muestra que en los días martes y sábado se registraron las mayores concentraciones de $PM_{2.5}$ y los promedios mensuales muestran un pico en el mes de junio. En el caso de las medias horarias se aprecia que las concentraciones de $PM_{2.5}$ tiene valores elevados entre las 6:00 y 9:00 horas.

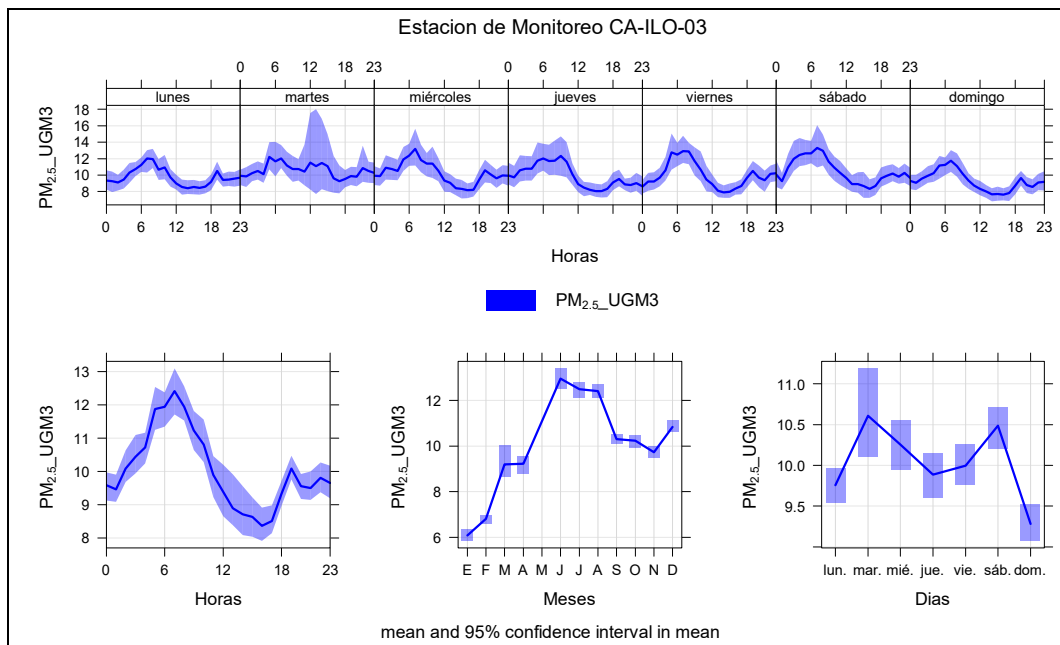


Figura 3.84. Concentraciones promedio horarias de $PM_{2.5}$ en la estación de monitoreo CA-ILO-03, de enero a diciembre de 2022

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

En la Figura 3.85, 3.86 y 3.87 se grafican las medias de las concentraciones horarias, mensuales 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 periodo enero a diciembre.

En la estación de monitoreo CA-ILO-01, la representación gráfica por días de monitoreo muestra que en los días martes se registraron las mayores concentraciones de PM_{10} y en los promedios mensuales se observa un pico en el mes de marzo. Se recuerda que el martes 15 de marzo el ECA PM_{10} ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) fue superado como se detalla en la sección 3.2. En el caso de las medias horarias, se observa que las concentraciones de PM_{10} tienen valores elevados alrededor de las 6:00 horas.

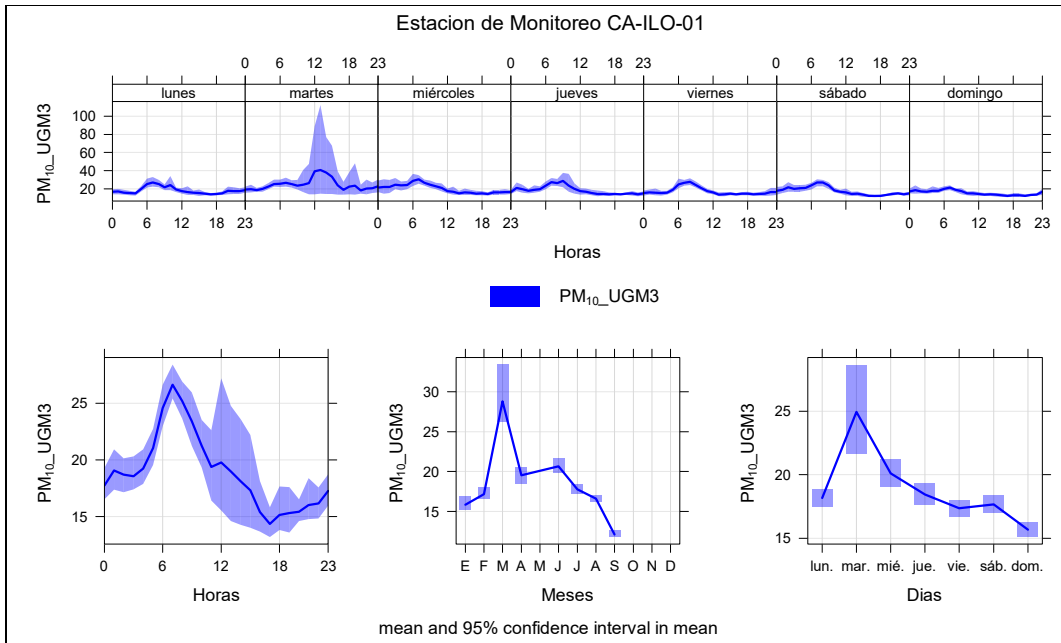


Figura 3.85. Concentraciones promedio horarias de PM₁₀ en la estación de monitoreo CA-ILO-01, de enero a diciembre de 2022

En la estación de monitoreo CA-ILO-02, la representación gráfica por días de monitoreo muestra que en los días martes y miércoles se registraron las mayores concentraciones de PM₁₀. En el caso de las medias horarias, se observa que las concentraciones de PM₁₀ tienen valores elevados alrededor de las 6:00 horas.

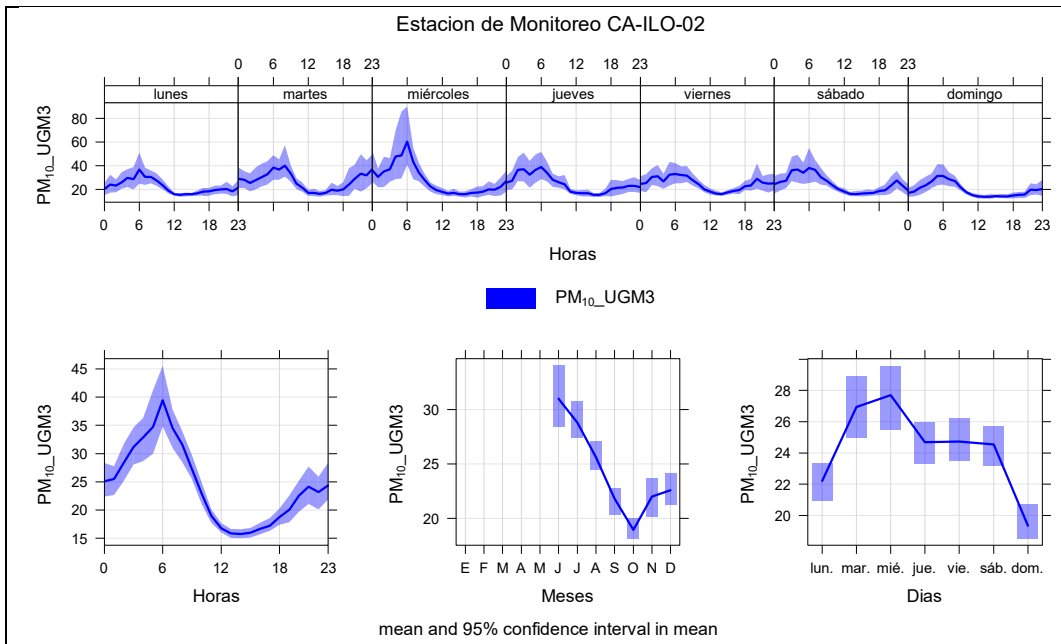


Figura 3.86. Concentraciones promedio horarias de PM₁₀ en la estación de monitoreo CA-ILO-02, de enero a diciembre de 2022

En la estación de monitoreo CA-ILO-03, la representación gráfica por días de monitoreo muestra que en los días martes se registraron las mayores concentraciones de PM₁₀ y en

los promedios mensuales se observa un pico en el mes de junio. En el caso de las medias horarias se aprecia que las concentraciones de PM₁₀ tiene valores elevados entre las 6:00 y 9:00 horas.

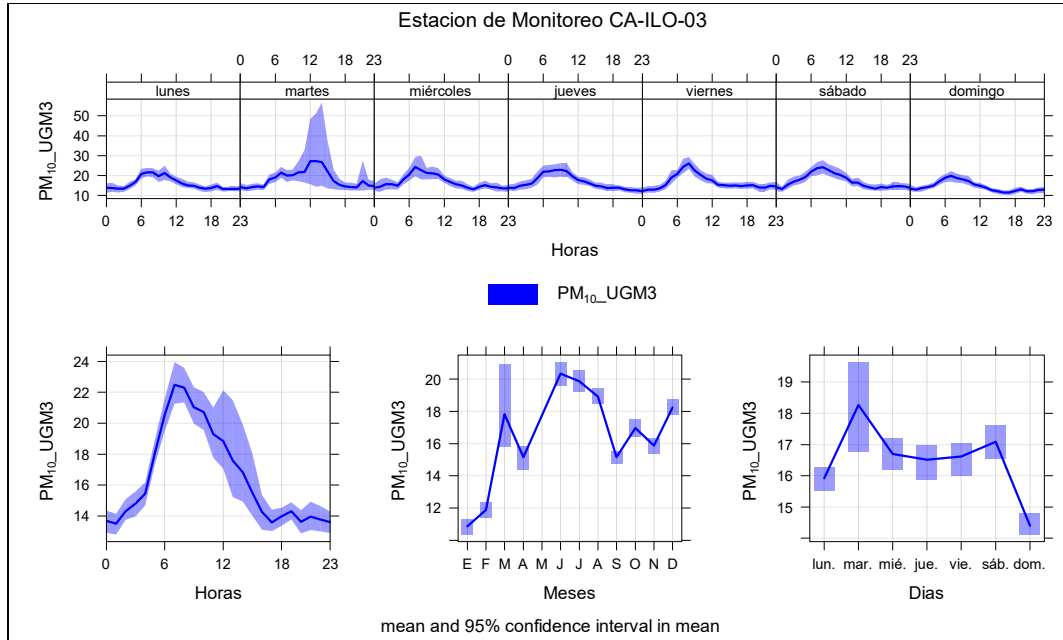


Figura 3.87. Concentraciones promedio horarias de PM₁₀ en la estación de monitoreo CA-ILO-03, de enero a diciembre de 2022

3.9.3 Dióxido de azufre (SO₂)

En la Figura 3.88, 3.89 y 3.90 se grafican las medias de las concentraciones horarias, mensuales 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 periodo enero a diciembre.

En la estación de monitoreo CA-ILO-01, la representación gráfica por días de monitoreo muestra que en los días lunes, jueves y domingo se registraron las mayores concentraciones de SO₂ y los promedios mensuales se observa su mayor valor en el mes de enero. En el caso de las medias horarias, se observa que las concentraciones de SO₂ tienen valores elevados alrededor de las 6:00 horas.

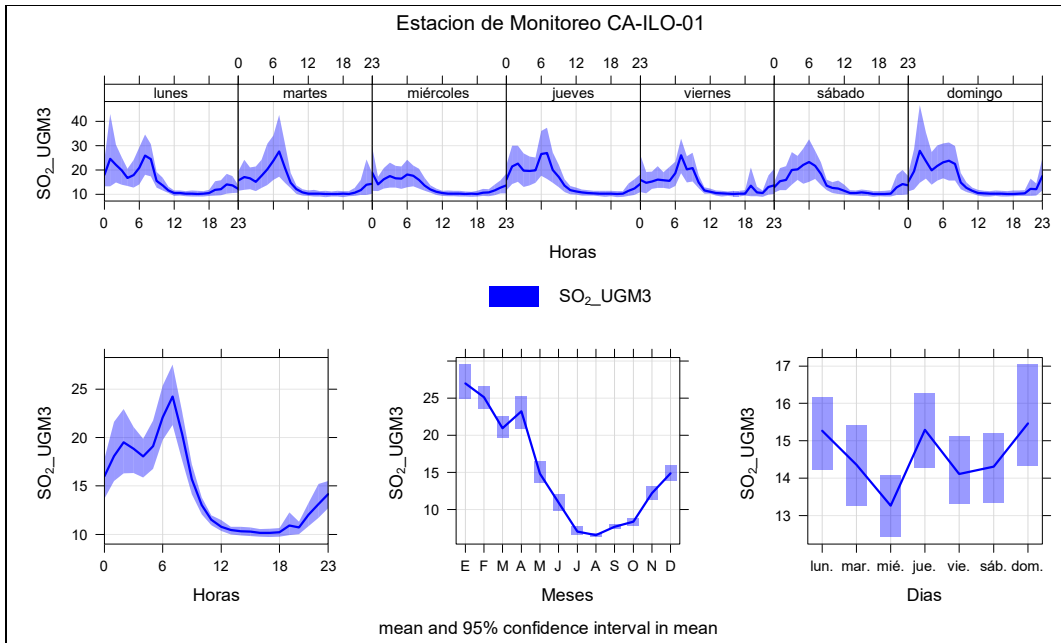


Figura 3.88. Concentraciones promedio horarias de SO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-01, de enero a diciembre de 2022

En la estación de monitoreo CA-ILO-02, la representación gráfica por días de monitoreo muestra que los días jueves se registraron las mayores concentraciones de SO₂ y en los promedios mensuales se observa su mayor valor en el mes de febrero. En el caso de las medias horarias, se observa que las concentraciones de SO₂ tienen valores elevados alrededor de las 6:00 horas.

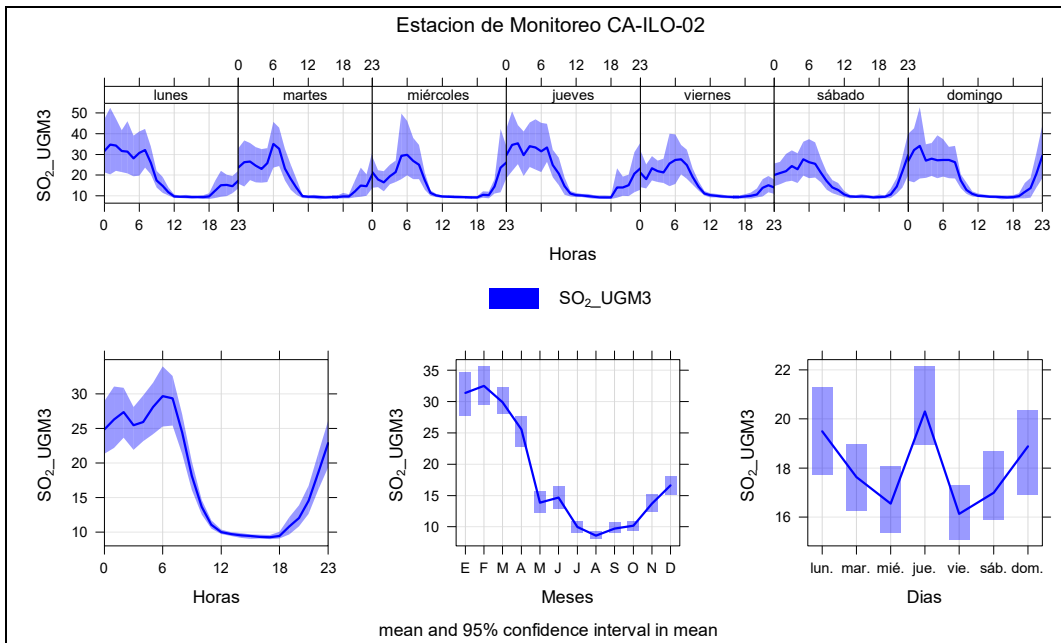


Figura 3.89. Concentraciones promedio horarias de SO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-02, de enero a diciembre de 2022

En la estación de monitoreo CA-ILO-03, la representación gráfica por días de monitoreo muestra que en los días sábados se registraron las mayores concentraciones de SO₂ y en los promedios mensuales se observa un mayor valor en el mes de enero. En el caso de las medias horarias se aprecia que las concentraciones de SO₂ tiene valores elevados entre las 6:00 y 8:00 horas y alrededor de las 3:00 horas.

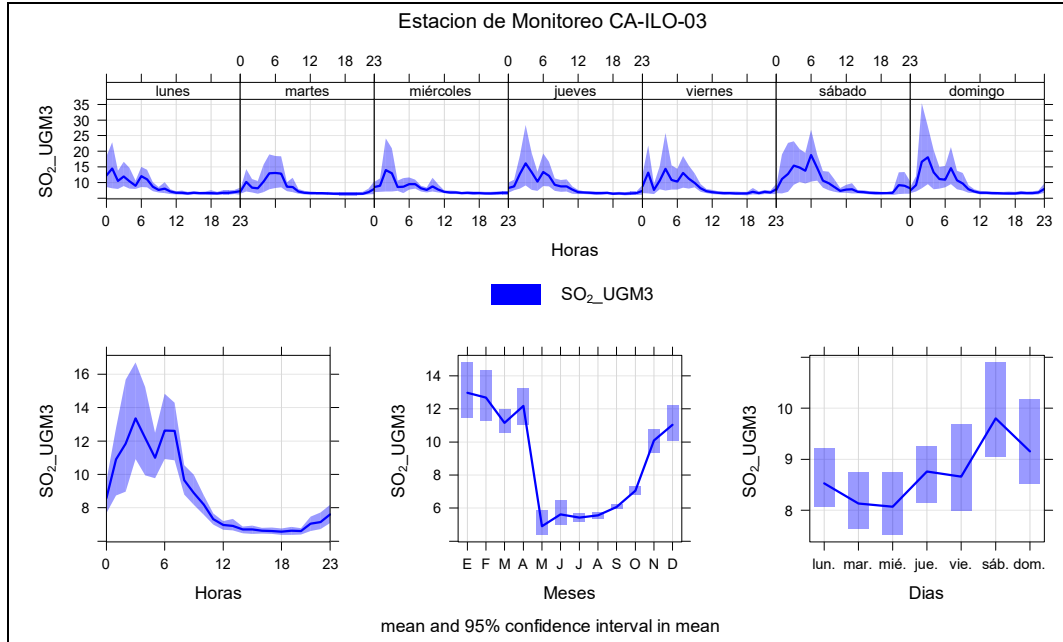


Figura 3.90. Concentraciones promedio horarios de SO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-03, de enero a diciembre de 2022

3.9.4 Sulfuro de hidrogeno (H₂S)

En la Figura 3.91, 3.92 y 3.93 se grafican las medias de las concentraciones horarias, mensuales 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 periodo enero a diciembre.

En la estación de monitoreo CA-ILO-01, la representación gráfica por días de monitoreo muestra que en los días miércoles y sábado se registraron las mayores concentraciones de SO₂ y los promedios mensuales muestran un máximo valor en el mes de febrero. En el caso de las medias horarias, se observa que las concentraciones de H₂S tienen valores elevados entre la 1:00 y 6:00 horas.

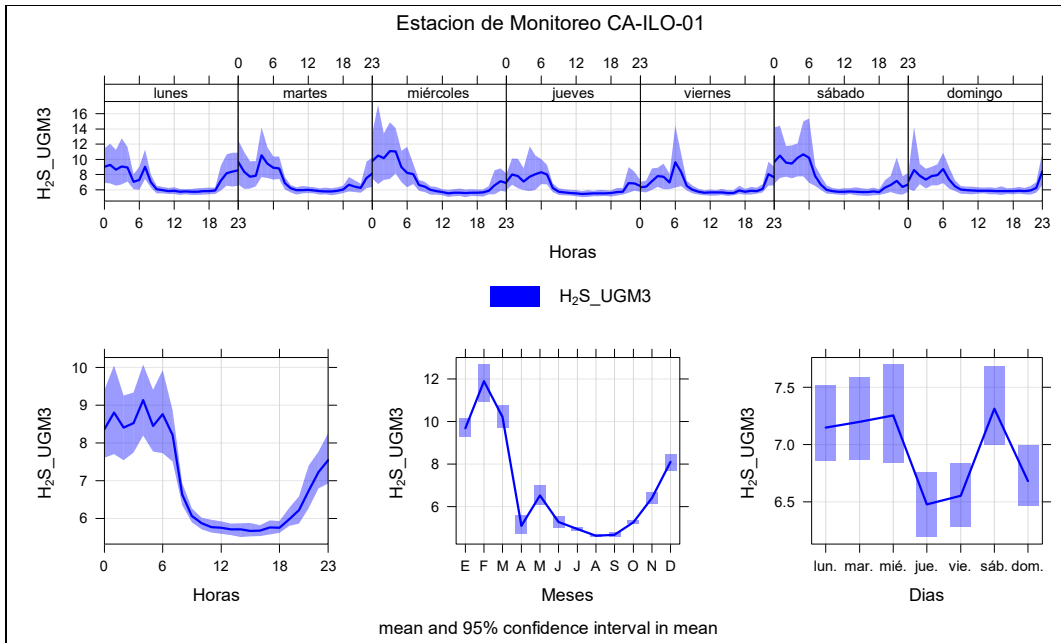


Figura 3.91. Concentraciones promedio horarias de H₂S en la estación de monitoreo CA-ILO-01, de enero a diciembre de 2022

En la estación de monitoreo CA-ILO-02, la representación gráfica por días de monitoreo muestra que en los días miércoles y viernes se registraron las mayores concentraciones de H₂S y los promedios mensuales muestran un máximo valor en el mes de febrero. En el caso de las medias horarias, se observa que las concentraciones de H₂S tienen valores elevados entre la 1:00 y 7:00 horas.

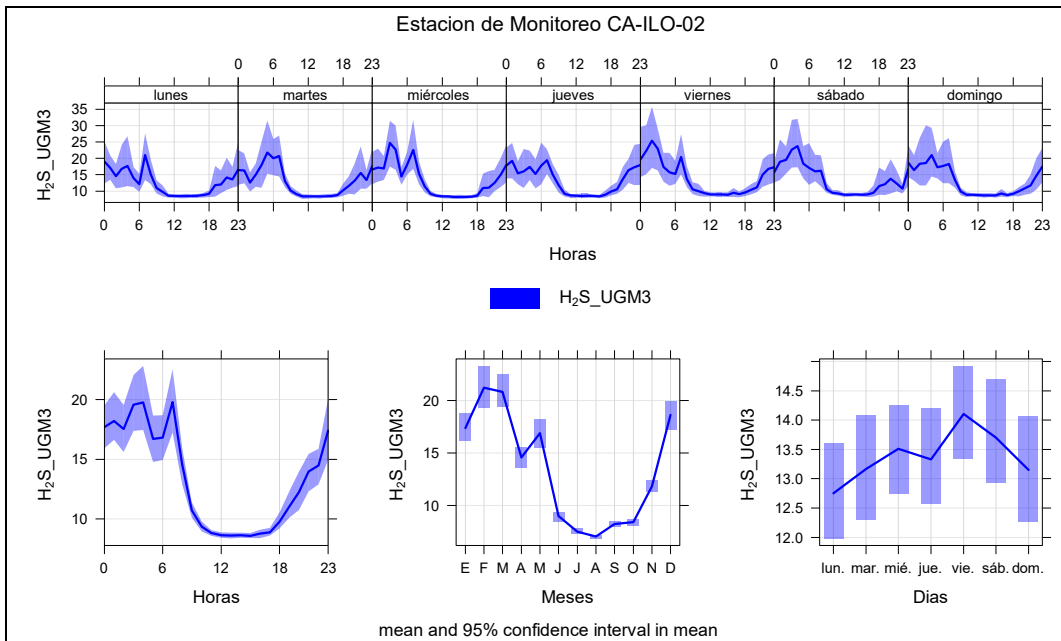


Figura 3.92. Concentraciones promedio horarias de H₂S en la estación de monitoreo CA-ILO-02, de enero a diciembre de 2022

En la estación de monitoreo CA-ILO-03, la representación gráfica por días de monitoreo muestra que en los días domingos se registraron las mayores concentraciones de H₂S y en los promedios mensuales se muestra un máximo valor en el mes de marzo. En el caso de las medias horarias se aprecia que las concentraciones de H₂S muestran valores elevados entre la 1:00 y 7:00 horas.

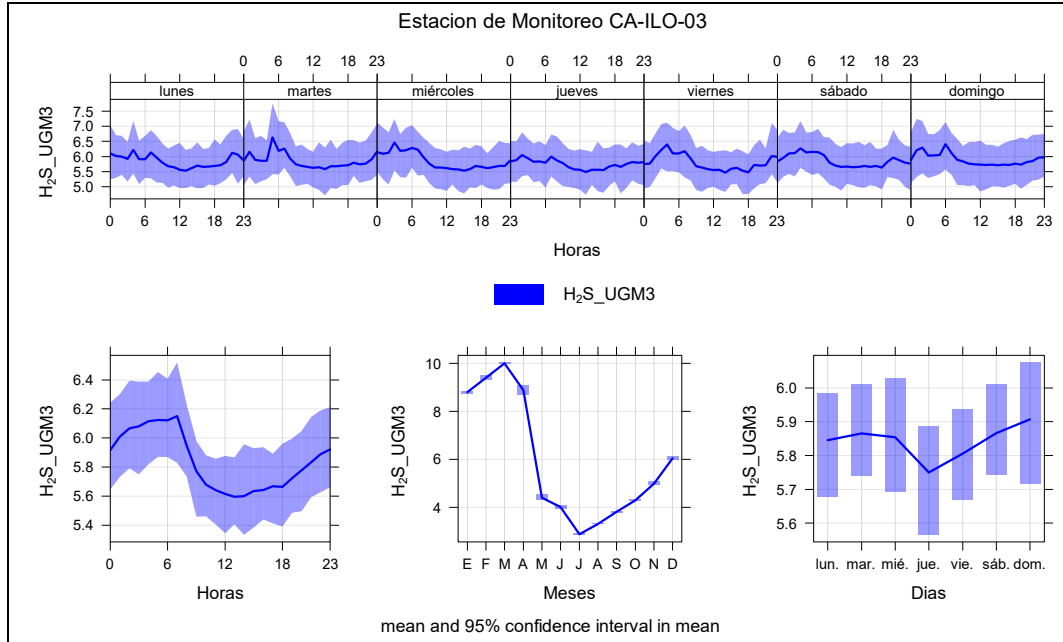


Figura 3.93. Concentraciones promedio horarias de H₂S en la estación de monitoreo CA-ILO-03, de enero a diciembre de 2022

3.9.5 Dióxido de nitrógeno (NO₂)

En la Figura 3.94, 3.95 y 3.96 se grafican las medias de las concentraciones horarias, mensuales y por día en relación con las concentraciones de NO₂, para las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del periodo enero a diciembre.

En la estación de monitoreo CA-ILO-01, la representación gráfica por días de monitoreo muestra que en los días viernes se registraron las mayores concentraciones de NO₂ y en los promedios mensuales se muestra su máximo valor en mayo. En el caso de las medias horarias, se observa que las concentraciones de NO₂ tienen valores elevados entre las 6:00 y 7:00 horas y luego muestra otro pico menor a las 18:00 horas, dichos picos pueden tener su origen en las emisiones generadas por el tráfico vehicular.

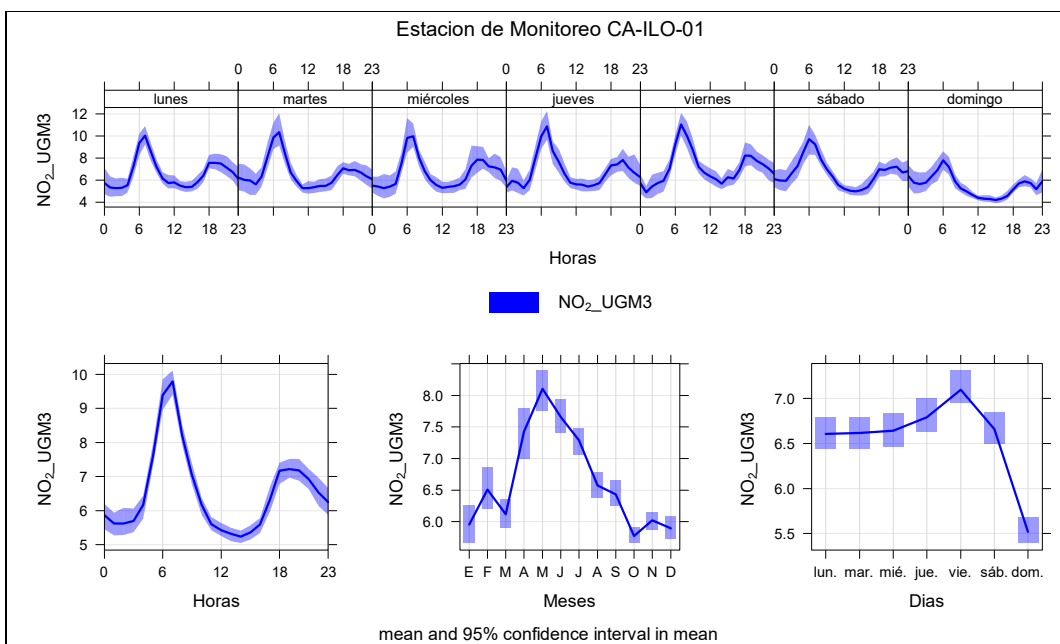


Figura 3.94. Concentraciones promedio horarias de NO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-01, de enero a diciembre de 2022

En la estación de monitoreo CA-ILO-02, la representación gráfica por días de monitoreo muestra que en los días martes y viernes se registraron las mayores concentraciones de NO₂ y en los promedios mensuales se registra su máximo valor en el mes de mayo. Cabe recordar que en el mencionado mes el equipo fue retirado de la estación para mantenimiento. En el caso de las medias horarias, se observa que las concentraciones de NO₂ tienen valores elevados alrededor de las 6:00 horas, dicho pico puede tener su origen en las emisiones generadas por el tráfico vehicular.

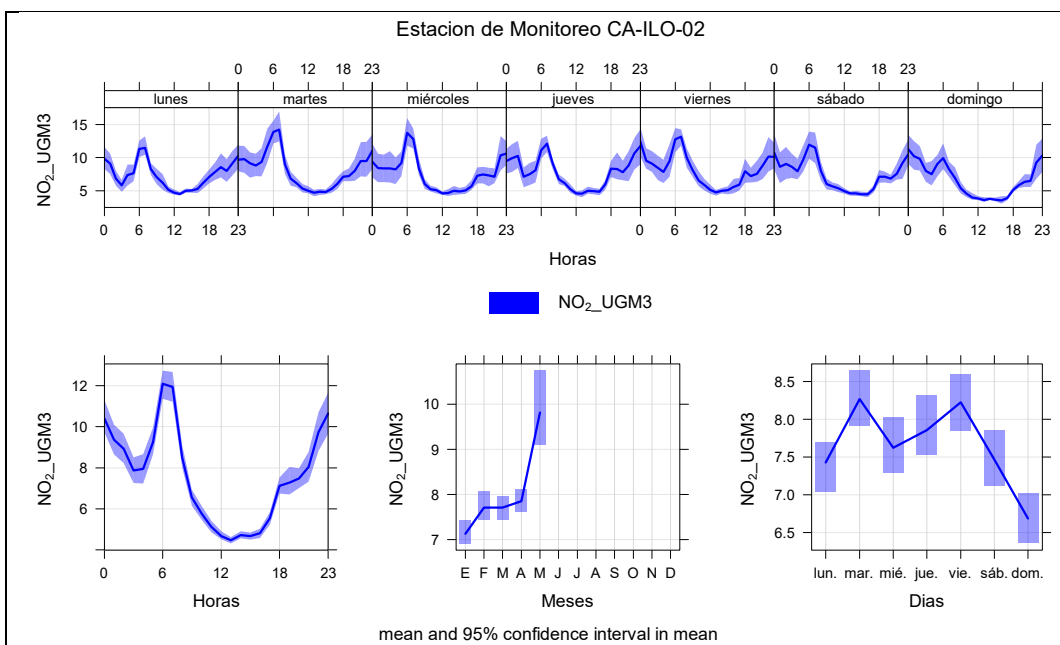


Figura 3.95. Concentraciones promedio horarias de NO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-02, de enero a diciembre de 2022

En la estación de monitoreo CA-ILO-03, la representación gráfica por días de monitoreo muestra que en los días viernes se registraron las mayores concentraciones de NO₂ y en los promedios mensuales se registra un valor máximo en el mes de abril. En el caso de las medias horarias se aprecia que las concentraciones de NO₂ tiene un pico mayor a las 6:00 horas y otro pico menor a las 18:00 horas, dichos picos pueden tener su origen en las emisiones generadas por el tráfico vehicular.

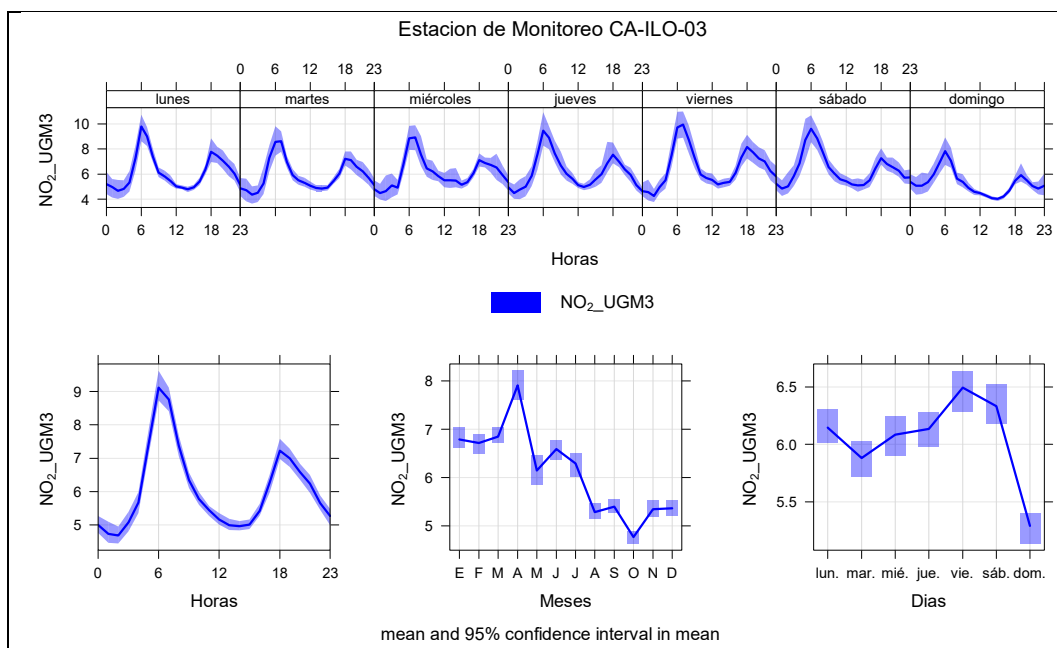


Figura 3.96. Concentraciones promedio horarias de NO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-03, de enero a diciembre de 2022

3.9.6 Monóxido de carbono (CO)

En la Figura 3.97, 3.98 y 3.99 se grafican las medias de las concentraciones horarias, mensuales 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 periodo enero a diciembre.

En la estación de monitoreo CA-ILO-01, la representación gráfica por días de monitoreo muestra que en los días lunes se registraron las mayores concentraciones de CO y en los promedios mensuales se muestran dos picos importantes, uno mayor en el mes de enero y otro menor en setiembre. En el caso de las medias horarias, se observa que las concentraciones de CO muestran dos picos, uno mayor a las 6:00 horas y otro menor a las 19:00 horas, dichos picos pueden tener su origen en las emisiones generadas por el tráfico vehicular.

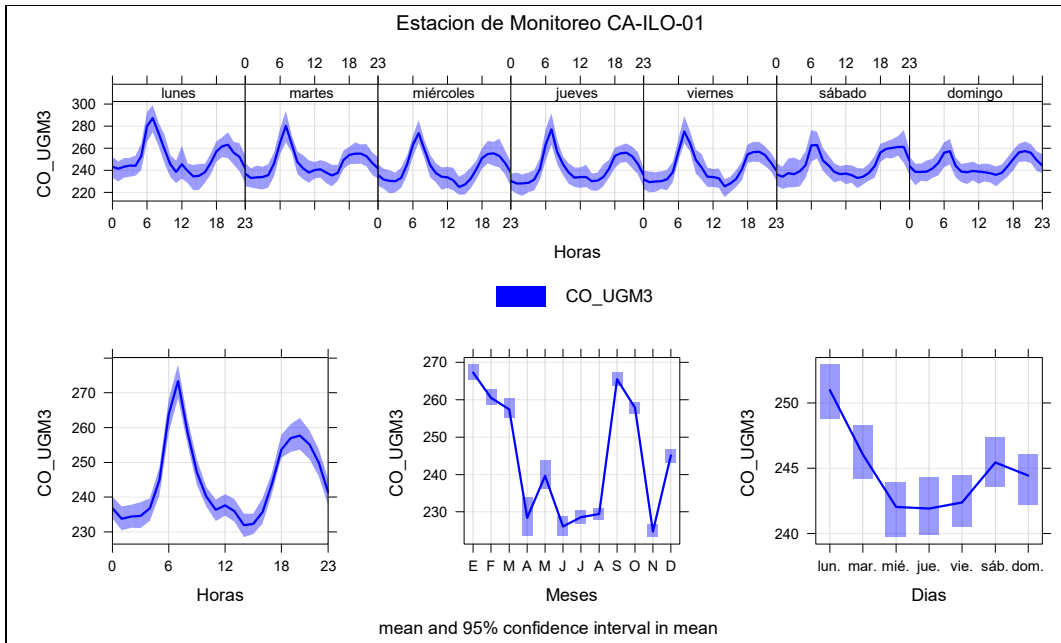


Figura 3.97. Concentraciones promedio horarias de CO en la estación de monitoreo CA-ILO-01, de enero a diciembre de 2022

En la estación de monitoreo CA-ILO-02, la representación gráfica por días de monitoreo muestra que en los días lunes se registraron las mayores concentraciones de CO y los promedios mensuales muestran picos importantes en los meses de marzo y abril. En el caso de las medias horarias, se observa que las concentraciones de CO muestran dos picos, uno mayor a las 7:00 horas y otro menor a las 19:00 horas, dichos picos pueden tener su origen en las emisiones generadas por el tráfico vehicular.

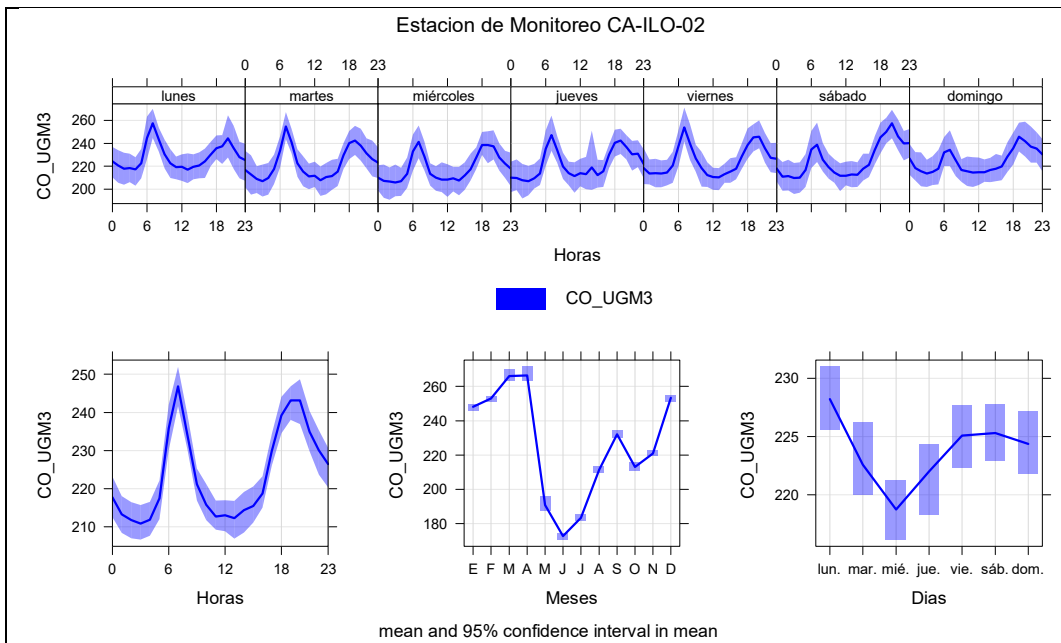


Figura 3.98. Concentraciones promedio horarias de CO en la estación de monitoreo CA-ILO-02, de enero a diciembre de 2022

En la estación de monitoreo CA-ILO-03, la representación gráfica por días de monitoreo muestra que en los días sábados se registraron las mayores concentraciones de CO y en los promedios mensuales se observa un máximo valor en el mes de febrero. En el caso de las medias horarias, se observa que las concentraciones de CO muestran dos picos, uno a las 7:00 horas y otro a las 19:00 horas, dichos picos pueden tener su origen en las emisiones generadas por el tráfico vehicular.

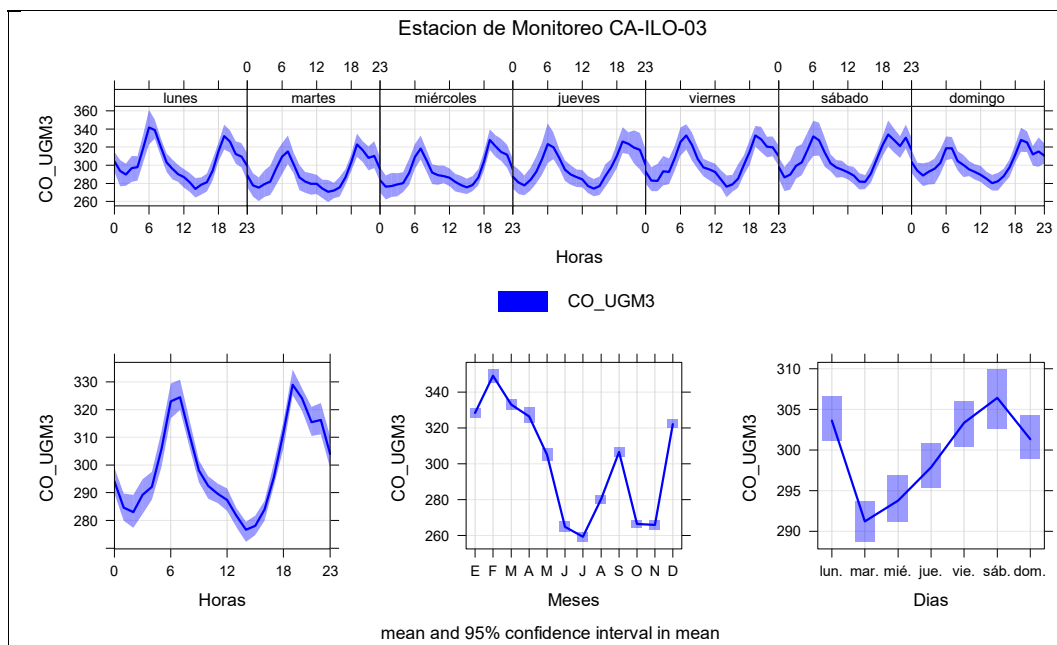


Figura 3.99. Concentraciones promedio horarias de CO en la estación de monitoreo CA-ILO-03, de enero a diciembre de 2022

3.10 CONCENTRACIÓN DE METALES EN PM10

En la Tabla 3.4, 3.5 y 3.6 se presentan los promedios mensuales de las concentraciones de metales³ 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), para las estaciones CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03.

En el caso de la estación de monitoreo CA-ILO-01 el muestreo se realizó los meses abril (del 02 al 06), junio (del 20 al 24), julio (del 18 al 22) y octubre (del 24 al 28) de 2022. Se pudo realizar con ayuda de un equipo manual activo de alto volumen HiVol. Además, se observa que todos los promedios aritméticos mensuales de las concentraciones no excedieron el ECA nacional para Pb (1,5 µg/m³ mensual).

En el caso de los valores guía para las concentraciones de los metales que no cuentan con ECA nacional se usaron los Ambient Air Quality Criteria o AAQC de Ontario-Canadá, usándose en todos los casos los valores criterio para promedios de 24 horas. Cabe mencionar que ninguno supera los valores guía de la referencia mencionada. Y mayor detalle de los promedios de 24 horas de los metales analizados se encuentran en el Anexo 3.

³ Para fines del presente informe tanto los metales como metaloides se les denominarán metales

Solo en el caso del sodio, calcio y magnesio los niveles de concentración son más altos respecto de los demás metales analizados. Siendo los rangos observados para el sodio entre 1,4786 y 3,7929 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, para el calcio de 0,3088 y 0,6129 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y para el magnesio los niveles fluctúan entre 0,2997 y 0,5489 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabla 3.4. Concentración de metales registrados en la estación de monitoreo CA-ILO-01 en los meses de abril, junio, julio y octubre de 2022

CONCENTRACIÓN DE METALES							
Metal medido en PM_{10}	Unidad	CA-ILO-01				ECA Nacional Mensual	
		Abril	Junio	Julio	Octubre		
Aluminio	Al	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,1000	0,1349	0,0547	0,1654	-
Antimonio	Sb	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Arsénico	As	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0132	0,0018	0,0017	<L.C.	-
Bario	Ba	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0016	0,0023	0,0016	0,0022	-
Berilio	Be	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Bismuto	Bi	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Boro	B	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Cadmio	Cd	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Calcio	Ca	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,4950	0,3370	0,3088	0,6129	-
Cobalto	Co	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Cobre	Cu	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0300	0,0085	0,0077	0,0142	-
Cromo	Cr	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Estaño	Sn	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Estroncio	Sr	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0037	0,0014	0,0026	0,0035	-
Fósforo	P	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0193	0,0138	<L.C.	0,0182	-
Hierro	Fe	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,1635	0,1992	0,0967	0,2361	-
Litio	Li	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<L.C.	<L.C.	<L.C.	0,0003	-
Magnesio	Mg	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,5489	0,2997	0,4092	0,4286	-
Manganeso	Mn	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0037	0,0044	0,0022	0,0047	-
Mercurio	Hg	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Molibdeno	Mo	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Níquel	Ni	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Plata	Ag	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Plomo	Pb	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	1,5
Potasio	K	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,1682	0,1084	0,1344	0,1086	-
Selenio	Se	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Silicio	Si	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Sodio	Na	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	3,7929	1,4786	2,7176	2,3198	-
Talio	Tl	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Titanio	Ti	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0039	0,0039	0,0015	0,0045	-
Vanadio	V	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Zinc	Zn	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0140	<L.C.	0,0074	0,0080	-

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

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).

En el caso de la estación de monitoreo CA-ILO-02, el muestreo se realizó el mes de abril (del 02 al 06) de 2022. Y se pudo llevar a cabo con ayuda de un equipo manual activo de alto volumen HiVol. Además, se observa que todos los promedios aritméticos mensuales de las concentraciones no excedieron el ECA nacional para Pb (1,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ mensual).

En el caso de los valores guía para las concentraciones de los metales que no cuentan con ECA nacional se usaron los Ambient Air Quality Criteria o AAQC de Ontario-Canadá, usándose en todos los casos los valores criterio para promedios de 24 horas. Cabe mencionar que ninguno supera los valores guía de la referencia mencionada. Y mayor

detalle de los promedios de 24 horas de los metales analizados se encuentran en el Anexo 3.

Solo en el caso del sodio, calcio y magnesio los niveles de concentración son más altos respecto de los demás metales analizados. Siendo los niveles para el sodio de 11,9267 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, para el calcio de 0,6657 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y para el magnesio los niveles están en 1,4722 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabla 3.5. Concentración de metales registrados en la estación de monitoreo CA-ILO-02 en el mes de abril de 2022

CONCENTRACIÓN DE METALES				
Metal medido en PM ₁₀		Unidad	CA-ILO-02	
			Abril	ECA Nacional Mensual
Aluminio	Al	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,1173	-
Antimonio	Sb	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<L.C.	-
Arsénico	As	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0186	-
Bario	Ba	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0017	-
Berilio	Be	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<L.C.	-
Bismuto	Bi	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<L.C.	-
Boro	B	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<L.C.	-
Cadmio	Cd	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<L.C.	-
Calcio	Ca	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,6657	-
Cobalto	Co	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<L.C.	-
Cobre	Cu	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0480	-
Cromo	Cr	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<L.C.	-
Estaño	Sn	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<L.C.	-
Estroncio	Sr	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0081	-
Fósforo	P	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0190	-
Hierro	Fe	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,1964	-
Litio	Li	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<L.C.	-
Magnesio	Mg	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	1,4722	-
Manganeso	Mn	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0041	-
Mercurio	Hg	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<L.C.	-
Molibdeno	Mo	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0014	-
Níquel	Ni	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0030	-
Plata	Ag	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<L.C.	-
Plomo	Pb	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0203	1,5
Potasio	K	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,4049	-
Selenio	Se	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0051	-
Silicio	Si	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<L.C.	-
Sodio	Na	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	11,9267	-
Talio	Tl	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<L.C.	-
Titanio	Ti	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0046	-
Vanadio	V	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0063	-
Zinc	Zn	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0148	-

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

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).

Y en el caso de la estación de monitoreo CA-ILO-03, el muestreo se realizó en los meses abril (del 02 al 06), junio (del 20 al 24), julio (del 18 al 22) y octubre (del 24 al 28) de 2022. Y se pudo llevar a cabo con ayuda de un equipo manual activo de alto volumen HiVol. Además, se observa que todos los promedios aritméticos mensuales de las concentraciones no excedieron el ECA nacional para Pb (1,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ mensual).

En el caso de los valores guía para las concentraciones de los metales que no cuentan con ECA nacional se usaron los Ambient Air Quality Criteria o AAQC de Ontario-Canadá, usándose en todos los casos los valores criterio para promedios de 24 horas. Cabe mencionar que ninguno supera los valores guía de la referencia mencionada. Y mayor detalle de los promedios de 24 horas de los metales analizados se encuentran en el Anexo 3.

Solo en el caso del sodio, calcio y magnesio los niveles de concentración son más altos respecto de los demás metales analizados. Siendo los rangos observados para el sodio entre 1,4466 y 2,6945 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, para el calcio de 0,4881 y 1,2903 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y para el magnesio los niveles fluctúan entre 0,3351 y 0,5826 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabla 3.6. Concentración de metales registrados en la estación de monitoreo CA-ILO-03 en los meses de agosto, setiembre y noviembre de 2022

CONCENTRACIÓN DE METALES							
Metal medido en PM ₁₀	Unidad	CA-ILO-03				ECA Nacional Mensual	
		Abril	Junio	Julio	Octubre		
Aluminio	Al	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,1604	0,1648	0,0753	0,2340	-
Antimonio	Sb	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Arsénico	As	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0091	0,0015	<L.C.	0,0018	-
Bario	Ba	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0020	0,0035	0,0026	0,0033	-
Berilio	Be	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Bismuto	Bi	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Boro	B	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Cadmio	Cd	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Calcio	Ca	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,6438	0,5021	0,4881	1,2903	-
Cobalto	Co	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Cobre	Cu	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0211	0,0069	0,0064	0,0130	-
Cromo	Cr	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Estaño	Sn	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Estroncio	Sr	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0038	<L.C.	0,0029	0,0068	-
Fósforo	P	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0262	0,0183	<L.C.	0,0284	-
Hierro	Fe	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,2325	0,2456	0,1422	0,3199	-
Litio	Li	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0004	<L.C.	<L.C.	0,0004	-
Magnesio	Mg	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,4809	0,3351	0,3880	0,5826	-
Manganeso	Mn	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0059	0,0056	0,0038	0,0072	-
Mercurio	Hg	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Molibdeno	Mo	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Níquel	Ni	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Plata	Ag	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Plomo	Pb	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	1,5
Potasio	K	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,1523	0,1269	0,1453	0,1328	-
Selenio	Se	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Silicio	Si	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Sodio	Na	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	2,6945	1,4466	2,2467	2,1734	-
Talio	Tl	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Titanio	Ti	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0057	0,0051	0,0023	0,0072	-
Vanadio	V	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Zinc	Zn	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0109	<L.C.	0,0085	0,0081	-

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

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).

Y sobre el ECA nacional para Plomo (Pb) en PM₁₀ (0,5 µg/m³ Anual), en la estación de monitoreo CA-ILO-02, la concentración que representa el promedio anual es 0,0203 µg/m³, observando que esta no supera el ECA nacional para Pb en PM₁₀.

Cabe mencionar que no se mencionan las concentraciones promedio anual de Plomo en PM₁₀ en las estaciones CA-ILO-01 y CA-ILO-03 ya que los resultados reportados son menores al límite de cuantificación según reporte de laboratorio.

3.11 ESTADOS DE ALERTA

En la Figura 3.100 se presentan las concentraciones móviles de 3 horas de SO₂ correspondiente a la estación de monitoreo CA-ILO-01 de enero a diciembre de 2022. Además, se observa que todas las concentraciones de promedio móvil de 3 horas no excedieron el estado de cuidado para SO₂ (500 µg/m³) según el Decreto Supremo N°009-2003-SA.

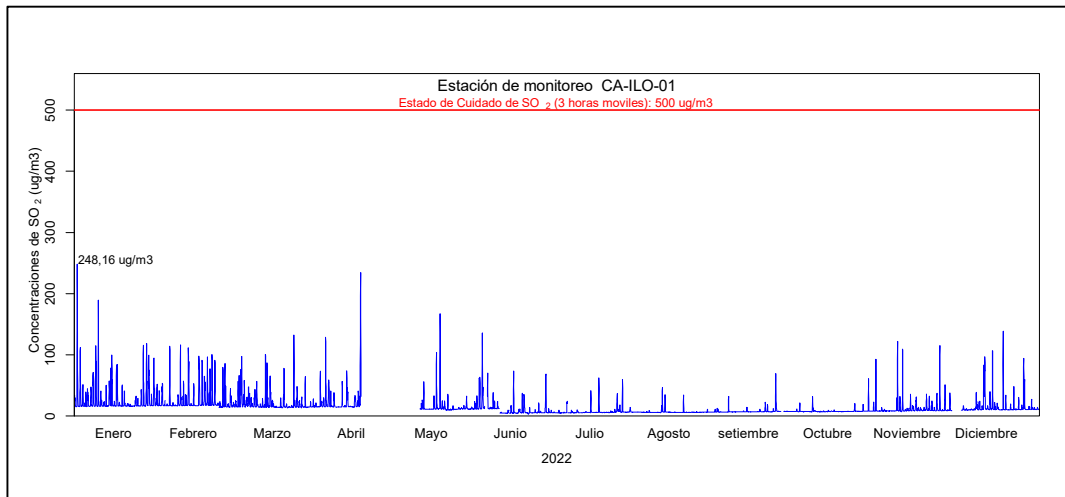


Figura 3.100. Concentraciones de promedio móvil de 3 horas móviles de SO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-01, de enero a diciembre 2022

En la Figura 3.101 se presentan las concentraciones móviles de 3 horas de SO₂ correspondiente a la estación de monitoreo CA-ILO-02 de enero a diciembre de 2022. Además, se observa que todas las concentraciones de promedio móvil de 3 horas no excedieron el estado de cuidado para SO₂ (500 µg/m³) según el Decreto Supremo N°009-2003-SA.

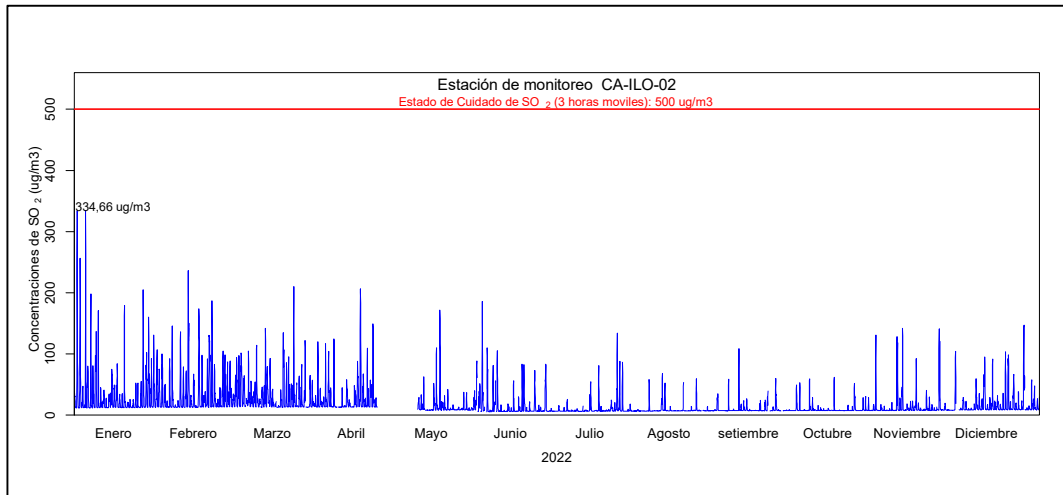


Figura 3.101. Concentraciones de promedio móvil de 3 horas móviles de SO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-02, de enero a diciembre 2022

En la Figura 3.102 se presentan las concentraciones móviles de 3 horas de SO₂ correspondiente a la estación de monitoreo CA-ILO-03 de enero a diciembre de 2022. Además, se observa que todas las concentraciones de promedio móvil de 3 horas no excedieron el estado de cuidado para SO₂ (500 µg/m³) según el Decreto Supremo N°009-2003-SA.

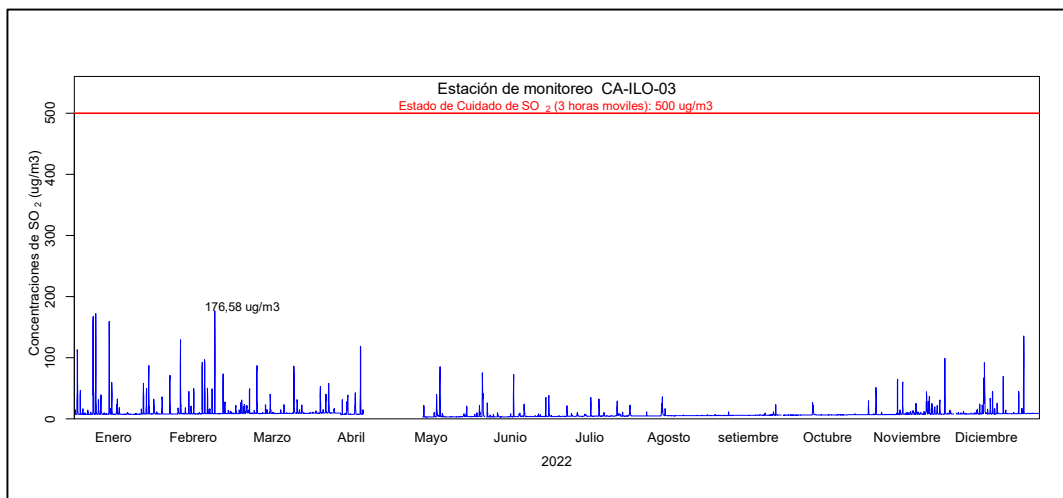


Figura 3.102. Concentraciones de promedio móvil de 3 horas móviles de SO₂ en la estación de monitoreo CA-ILO-03, de enero a diciembre 2022

4 CONCLUSIONES

- En la estación de monitoreo CA-ILO-01, se excedió el valor del ECA de material particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM_{2,5}) de 24 horas, el 15 de marzo de 2022, reportando el valor de 76,8 µg/m³ y en las estaciones de monitoreo CA-ILO-01 y CA-ILO-03 excedieron el valor del ECA de material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM₁₀) de 24 horas, reportando en cada caso 195,7 µg/m³ y 118,9 µg/m³ respectivamente, debido a un fenómeno meteorológico reportado por Senamhi como la Dana Aymara.

- El ECA anual para PM_{10} y $PM_{2.5}$, las concentraciones promedio anual no excedieron el valor guía mencionado en las estaciones CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03.
- 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, en los meses de enero a diciembre del 2022.
- 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, en los meses de enero a diciembre del 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) no excedieron su respectivo ECA, así como lo promedios móviles de 8 horas de CO, durante el periodo evaluado de enero a diciembre del 2022.
- En las dos estaciones de monitoreo CA-ILO-01 y CA-ILO-03, las concentraciones horarias de dióxido de nitrógeno (NO_2) no excedieron su respectivo ECA, durante el periodo evaluado de enero a diciembre del 2022. El periodo de evaluación para el caso de la estación CA-ILO-02 fue de enero a abril debido a que el equipo fue retirado posteriormente para mantenimiento y en el periodo mencionado las concentraciones no superaron su ECA respectivo. Cabe mencionar que en las tres estaciones CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03 las concentraciones de dióxido de nitrógeno no superaron su respectivo ECA Anual.
- 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 (enero a diciembre de 2022).
- Las concentraciones de los metales: antimonio, arsénico, berilio, boro, cadmio, cobalto, cobre, cromo, estaño, estroncio, hierro, manganeso, mercurio, molibdeno, níquel, plata, selenio, titanio, vanadio y zinc, monitoreadas en abril (del 02 al 06), junio (del 20 al 24), julio (del 18 al 22) y octubre (del 24 al 28) de 2022 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 2020 (AAQC) para valores de 24 horas. Para el caso de la estación CA-ILO-02 solo se monitoreo el periodo del 02 al 06 de abril y cabe decir que en el mencionado periodo no se excedió los valores guía de la referida norma canadiense.
- La concentración mensual de plomo en PM_{10} registrada en abril (del 02 al 06), junio (del 20 al 24), julio (del 18 al 22) y octubre (del 24 al 28) de 2022 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. Para el caso de la estación CA-ILO-02 solo se monitoreo el periodo del 02 al 06 de abril y cabe decir que en el mencionado periodo no se excedió el ECA nacional referenciado. Cabe mencionar que en las tres estaciones las concentraciones de Plomo en PM_{10} no superaron el valor ECA Anual respectivo.

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