

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 2023.

Fecha de ejecución : Del 1 de enero al 31 de diciembre de 2023

Expediente : 2020-02-0015      Código de acción : 0002-2-2023-417  
 0013-3-2023-417  
 0016-4-2023-417  
 0018-5-2023-417  
 0021-6-2023-417  
 0010-7-2023-417  
 0014-10-2023-417  
 0011-11-2023-417  
 0009-12-2023-417

Tipo de evaluación : Programada

Fecha de aprobación : 31 de marzo 2024      Reporte N° : REAS-012-2024-STEC

## 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 o actividades económicas en la zona	(1) Fundición y refinera de cobre Ilo-SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION, SUCURSAL DEL PERÚ. (2) Central Termoeléctrica Ilo1- ENGIE Energía Perú S.A. (3) Central Termoeléctrica Ilo21- ENGIE Energía Perú S.A. (4) Central Termoeléctrica Nodo energético Del Sur – Planta Ilo- ENGIE Energía Perú S.A. (5) Central Termoeléctrica Reserva Fría de Generación – Planta Ilo- ENGIE Energía Perú S.A.
c.	Problemática identificada	Presunta afectación de la calidad del aire debido a las actividades económicas, de la provincia Ilo.
d.	Periodo de ejecución	Del 1 al 31 de enero de 2023 Del 1 al 28 de febrero de 2023 (Código de acción: 0002-2-2023-417) Del 1 al 31 de marzo de 2023 (Código de acción: 0013-3-2023-417) Del 1 al 30 de abril de 2023 (Código de acción: 0016-4-2023-417) Del 1 al 31 de mayo de 2023 (Código de acción: 0018-5-2023-417) Del 1 al 30 de junio de 2023 (Código de acción: 0021-6-2023-417) Del 1 al 31 de julio de 2023 (Código de acción: 0010-7-2023-417) Del 1 al 31 de agosto de 2023 Del 1 al 30 de setiembre de 2023 Del 1 al 31 de octubre de 2023 (Código de acción: 014-10-2023-417) Del 1 al 30 de noviembre de 2023 (Código de acción: 011-11-2023-417) Del 1 al 31 de diciembre de 2023 (Código de acción: 009-12-2023-417)

**Tabla 1.2.** Listado de profesionales

N.º	Nombres y Apellidos	Profesión	Actividad desarrollada
1	Richard Teodoro Julca Cruz	Ingeniero químico	Gabinete
2	Andrés Daniel Brios Abanto	Ingeniero ambiental y de recursos naturales	Gabinete
3	Mariella Rossana Atala Alvarez	Ingeniera ambiental	Gabinete
4	Jorge Luis Hualpa Amable	Ingeniero químico	Gabinete y campo
5	Pedro Miranda Rodríguez	Técnico electrónico	Campo

## 2 METODOLOGÍA

### 2.1 Protocolo de monitoreo

**Tabla 2.1.** Protocolo de monitoreo

Matriz	Protocolo	Sección	País	Institución	Dispositivo legal	Año
Aire	Protocolo nacional de monitoreo de la calidad ambiental del aire	Todo el documento	Perú	Minam	Decreto Supremo N.º 010-2019-MINAM	2019

### 2.2 Ubicación de estaciones de monitoreo

**Tabla 2.2.** Estaciones de monitoreo

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

### 2.3 Equipos y metodologías de análisis

**Tabla 2.3.** Equipos utilizados en las estaciones de monitoreo

Parámetro	Equipo	Marca	Modelo	Serie	Certificado calibración
Estación de monitoreo CA-ILO-01					
Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM <sub>10</sub> )	Monitor automático de partículas	GRIMM	EDM 180	18A22047	Certificado de Fabrica S/N
Material particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM <sub>2,5</sub> )					
Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM <sub>10</sub> )	Equipo Manual Activo HiVol	TISCH	TE-6070VFC+BLX	Venturi: P10791BLX	LF-1662022 (25/04/2022) LF-2642023 (27/05/2023)

Parámetro	Equipo	Marca	Modelo	Serie	Certificado calibración
Dióxido de azufre	Monitor automático de SO <sub>2</sub>	<i>Thermo Scientific</i>	43i	1200416204	LG-130-2022 (25/04/2022) LF-1542022 (22/04/2022)
Sulfuro de hidrógeno	Monitor automático de H <sub>2</sub> S	<i>Thermo Scientific</i>	450i	CM19490141	LG-128-2022 (25/04/2022) LF-1522022 (22/04/2022) LF-1412023 (27/05/2023) LF-2572023 (27/05/2023)
Monóxido de carbono	Monitor automático de CO	<i>Thermo Scientific</i>	48i	1193085163	LG-127-2022 (25/04/2022) LF-1512022 (22/04/2022) LF-1422023 (27/05/2023) LF-2562023 (27/05/2023)
- Velocidad de viento - Dirección de viento	Estación meteorológica	<i>Campbell Scientific</i>	CR310	WM174404	LM-3612022 (22/04/2022) LM-1712023 (27/05/2023)
- Temperatura ambiente - Humedad relativa				1669292130	LM-3602022 (22/04/2022) LM-3592022 (22/04/2022) LM-1702023 (27/05/2023)
- Presión atmosférica				BPA11352	LM-3622022 (27/04/2022) LM-1742023 (27/05/2023)
- Precipitación				TB00015748	LM-3632022 (25/04/2022) LM-1722023 (27/05/2023)
- Radiación solar				193237	LM-3642022 (22/04/2022) LM-1732023 (27/05/2023)
<b>Estación de monitoreo CA-ILO-02</b>					
Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM <sub>10</sub> )	Monitor automático de partículas	<i>GRIMM</i>	EDM 180	18A19091	LF-2932022 (08/02/2022) LF-1352023 (31/05/2023) LF-2502023 (29 al 31/05/2023)
Material particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM <sub>2,5</sub> )					
Dióxido de azufre	Monitor automático de SO <sub>2</sub>	<i>Thermo Scientific</i>	43i	1192914947	LG-138-2022 (26/04/2022) LF-1622022 (26/04/2022) LF-1402023 (26/05/2023) LF-2532023 (26/05/2023) LG-3212023 (26/05/2023)

Parámetro	Equipo	Marca	Modelo	Serie	Certificado calibración
Dióxido de Nitrógeno	Monitor automático de NO <sub>2</sub>	Thermo Scientific	42i	1192914960	LG-137-2022 (26/04/2022) LF-1612022 (26/04/2022) LF-1372023 (25/05/2023) LF-2542023 (25/05/2023) LG-1812023 (25/05/2023)
Sulfuro de hidrógeno	Monitor automático de H <sub>2</sub> S	Thermo Scientific	450i	CM19490139	LG-136-2022 (27/04/2022) LF-1602022 (26/04/2022) LF-1382023 (26/05/2023) LF-2552023 (26/05/2023) LG-3202023 (26/05/2023)
Monóxido de carbono	Monitor automático de CO	Thermo Scientific	48i	1193085161	LG-135-2022 (27/04/2022) LF-1592022 (26/04/2022) LF-1392023 (26/05/2023) LF-2522023 (26/05/2023) LG-1792023 (26/05/2023)
- Velocidad de viento - Dirección de viento	Estación meteorológica	Campbell Scientific	CR800	WM174402	LM – 3732022 (27/04/2022) LM-1662023 (25/05/2023)
- Temperatura ambiente - Humedad relativa				1663393889	LM – 3722022 (26/04/2022) LM – 3712022 (26/04/2022) LM-1652023 (25/05/2023)
- Presión atmosférica				BPA11350	LM – 3742022 (26/04/2022) LM-1692023 (25/05/2023)
- Precipitación				TB00015746	LM-3752022 (27/04/2022) LM-1672023 (26/05/2023)
- Radiación solar				193287	LM-3762022 (26/04/2022) LM-1682023 (26/05/2023)
<b>Estación de monitoreo CA-ILO-03</b>					
Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM <sub>10</sub> )	Monitor automático de partículas	GRIMM	EDM 180	18A19093	LF-1692022 (04/05/2022) LF-1362023 (31/05/2023) LF-2512023 (29 al 31/05/2023)
Material particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM <sub>2,5</sub> )					
Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM <sub>10</sub> )	Equipo Manual Activo HiVol	TISCH	TE-6070VFC+BLX	Venturi: P10790BLX	LF-1672022 (24/04/2022) LF-2632023 (28/05/2023)

Parámetro	Equipo	Marca	Modelo	Serie	Certificado calibración
Dióxido de azufre	Monitor automático de SO <sub>2</sub>	<i>Thermo Scientific</i>	43i	1192914948	LG-134-2022 (23/04/2022) LF-1582022 (23/04/2022) LF-1472023 (29/05/2023) LF-2602023 (28/05/2023) LG-3192023 (29/05/2023)
Dióxido de nitrógeno	Monitor automático de NO <sub>2</sub>	<i>Thermo Scientific</i>	42i	1192914961	LG-133-2022 (23,24/04/2022) LF-1572022 (23/04/2022) LF-2612023 (28/05/2023) LF-3372023 (28/05/2023) LG-3092023 (28/05/2023)
Sulfuro de hidrógeno	Monitor automático de H <sub>2</sub> S	<i>Thermo Scientific</i>	450i	CM19490140	LG-132-2022 (24/04/2022) LF-1562022 (23/04/2022) LF-1452023 (29/05/2023) LF-4572023 (28/05/2023) LG-3172023 (29/05/2023)
Monóxido de carbono	Monitor automático de CO	<i>Thermo Scientific</i>	48i	1193085162	LG-131-2022 (23/04/2022) LF-1552022 (23/04/2022) LF-1462023 (29/05/2023) LF-4582023 (28/05/2023) LG-1862023 (29/05/2023)
- Velocidad de viento - Dirección de viento	Estación meteorológica	<i>Campbell Scientific</i>	CR800	181893	LM – 3672022 (23/04/2022) LM-1762023 (29/05/2023)
- Temperatura ambiente - Humedad relativa				1665884185	LM – 3662022 (23/04/2022) LM – 3652022 (23/04/2022) LM-1752023 (29/05/2023)
- Presión atmosférica				BPA11351	LM-3682022 (23/04/2022) LM-1792023 (29/05/2023)
- Precipitación				TB00015747	LM-3692022 (24/04/2022) LM-1772023 (29/05/2023)
- Radiación solar				193240	LM-3702022 (23/04/2022) LM-1782023 (29/05/2023)

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

Parámetro	Método	Técnica Empleada
Material particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM <sub>2,5</sub> )	Método automático	Dispersión de luz
Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM <sub>10</sub> )		
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )		Fluorescencia ultravioleta
Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )		Quimioluminiscencia
Sulfuro de hidrógeno (H <sub>2</sub> S)		Fluorescencia ultravioleta
Monóxido de carbono (CO)		Infrarrojo no dispersivo
Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM <sub>10</sub> )	Método manual activo	Separación inercial/filtración (gravimetría)
Velocidad de viento	Método automático	-
Dirección de viento		
Temperatura ambiente		
Humedad relativa		
Precipitación		
Presión 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.º 010-2019-MINAM)

(-): no aplica

## 2.4 Criterios de evaluación

**Tabla 2.5.** Estándares de calidad ambiental (ECA) para aire

Parámetro	Periodo	Formato del estándar		Norma
		Valor (µg/m <sup>3</sup> )	Criterio de evaluación	
Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM <sub>10</sub> )	24 horas	100	No exceder más de 7 veces al año	D.S. N.º 003-2017-MINAM «Estándares de calidad ambiental (ECA) para aire y disposiciones complementarias»
Material particulado con diámetro menor a 2.5 micras (PM <sub>2.5</sub> )	24 horas	50	No exceder más de 7 veces al año	
Sulfuro de hidrogeno (H <sub>2</sub> S)	24 horas	150	Media aritmética	
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	24 horas	250	No exceder más de 7 veces al año	
Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	1 hora	200	No exceder más de 24 veces al año	
Monóxido de carbono (CO)	1 hora	30000	No exceder más de 1 vez al año	
	8 horas	10000	Media aritmética móvil	
Plomo (Pb) en PM <sub>10</sub>	Mensual	1,5	No exceder más de 4 veces al año	
	Anual	0,5	Media aritmética de los valores mensuales	

Los ECA para aire no consideran concentraciones de metales en PM<sub>10</sub>, para un período de 24 horas; por lo que, se tomó la guía de calidad del aire de Canadá (Ontario's Ambient Air Quality Criteria - 2012) como estándares de referencia para los parámetros de metales evaluados como se detalla en la tabla 2.6. Las notas de esta norma indican que las concentraciones expresadas en µg/m<sup>3</sup> se encuentran a condiciones de 10 °C y 760 mmHg.

**Tabla 2.6.** Estándares de calidad de aire de Canadá

CASRN	Contaminante	AAQC (µg/m <sup>3</sup> )	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>

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

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

### 3 RESULTADOS

#### 3.1. PARÁMETROS METEOROLÓGICOS.

Las condiciones meteorológicas registradas en la estación de monitoreo CA-ILO-01 de enero a diciembre de 2023 son presentadas en la Tabla 4.1 y el detalle del registro de los parámetros en el Anexo 3.

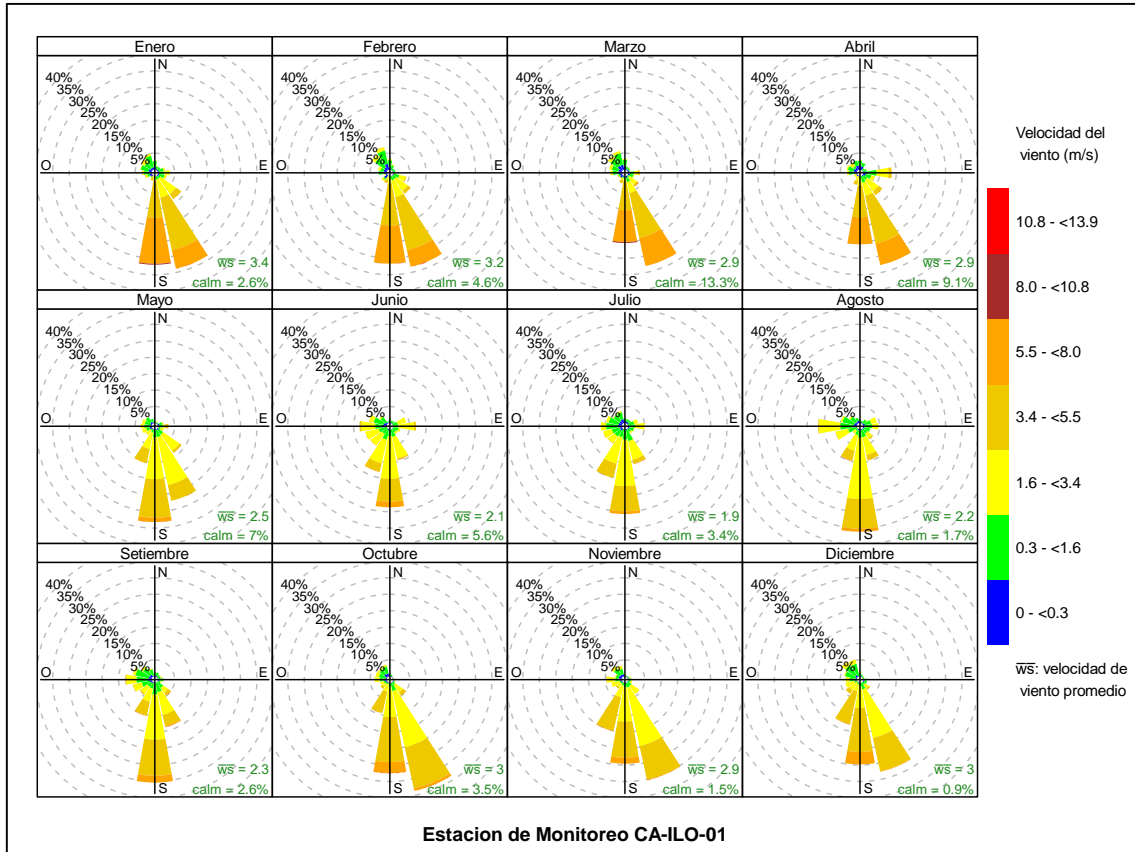
En la Tabla 4.1 se observa las condiciones meteorológicas en el distrito de Ilo, entre enero y marzo (primer trimestre) la temperatura varió entre una mínima y máxima de 19,6 y 30,3 °C respectivamente, la velocidad del viento entre 0 m/s a 8,2 m/s y sin precipitaciones registradas, entre abril y junio (segundo trimestre) la temperatura varió entre una mínima y máxima de 16,1 °C y 29,7 °C respectivamente, la velocidad del viento entre 0 m/s a 7,7 m/s y con un máximo en precipitaciones de 0,1 mm; de julio a setiembre (tercer trimestre) la temperatura varió entre una mínima y máxima de 15,3 °C y 24,0 °C respectivamente, la velocidad del viento entre 0,0 m/s a 7,2 m/s y con un máximo en precipitaciones de 2,8 mm; de octubre a diciembre la temperatura varió entre 16,0 °C a 27,0 °C, la velocidad del viento entre 0,0 m/s a 7,8 m/s y con una máxima precipitación de 0,2 mm.

**Tabla 4.1.** Parámetros meteorológicos registrados en la estación de monitoreo CA-ILO-01 de enero a diciembre de 2023

Meses	Valores	Presión barométrica (mmHg)	Precipitación <sup>1</sup> (mm)	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Velocidad del viento (m/s)	Radiación Solar (W/m <sup>2</sup> )
Enero	Mínimo	999,0	0,0	19,6	51,0	0,0	0,0
	Máximo	1009,8	0,0	28,4	87,6	8,1	1086,0
	Promedio	1004,5	0,0	23,5	67,9	3,4	--
Febrero	Mínimo	998,0	0,0	21,1	52,4	0,0	0,0
	Máximo	1007,1	0,0	30,0	88,0	8,0	1072,6
	Promedio	1002,5	0,0	25,2	69,3	3,2	--
Marzo	Mínimo	998,2	0,0	20,9	49,1	0,0	0,0
	Máximo	1007,4	0,0	30,3	90,3	8,2	1033,3
	Promedio	1003,5	0,0	24,8	71,3	2,9	--
Abril	Mínimo	997,8	0,0	19,1	55,5	0,0	0,0
	Máximo	1008,3	0,0	29,7	92,0	7,7	957,8
	Promedio	1004,1	0,0	23,3	72,5	2,9	--
Mayo	Mínimo	1002,0	0,0	18,3	59,1	0,0	0,0
	Máximo	1009,5	0,0	24,1	88,1	6,8	841,5
	Promedio	1006,0	0,0	20,5	76,2	2,5	--
Junio	Mínimo	1002,5	0,0	16,1	56,4	0,0	0,0
	Máximo	1011,2	0,1	23,5	87,1	6,4	803,0
	Promedio	1007,1	0,1	19,4	74,0	2,1	--
Julio	Mínimo	1002,3	0,0	15,5	60,2	0,0	0,0
	Máximo	1010,9	0,3	22,7	96,5	6,3	803,0
	Promedio	1007,3	0,8	18,8	77,5	1,9	---
Agosto	Mínimo	1002,4	0,0	15,3	62,4	0,0	0,0
	Máximo	1010,5	0,0	22,8	93,2	6,2	936,9
	Promedio	1007,0	0,0	19,0	77,0	2,2	---
Setiembre	Mínimo	1001,6	0,0	16,0	62,1	0,0	0,0
	Máximo	1011,2	2,8	24,0	97,3	7,2	1022,7
	Promedio	1006,7	3,3	19,4	78,5	2,3	---
Octubre	Mínimo	1001,8	0,0	16,0	62,1	0,0	0,0
	Máximo	1011,3	0,2	24,0	97,3	7,4	1091,0
	Promedio	1006,5	0,7	19,4	77,0	3,0	---
Noviembre	Mínimo	1001,4	0,0	17,8	56,3	0,0	0,0
	Máximo	1009,1	0,0	26,0	91,6	7,8	1106,4
	Promedio	1005,6	0,0	21,2	74,0	2,9	---
Diciembre	Mínimo	999,7	0,0	19,0	54,4	0,0	0,0
	Máximo	1010,0	0,0	27,0	97,5	7,4	1096,4
	Promedio	1004,7	0,0	22,7	74,4	3,0	---

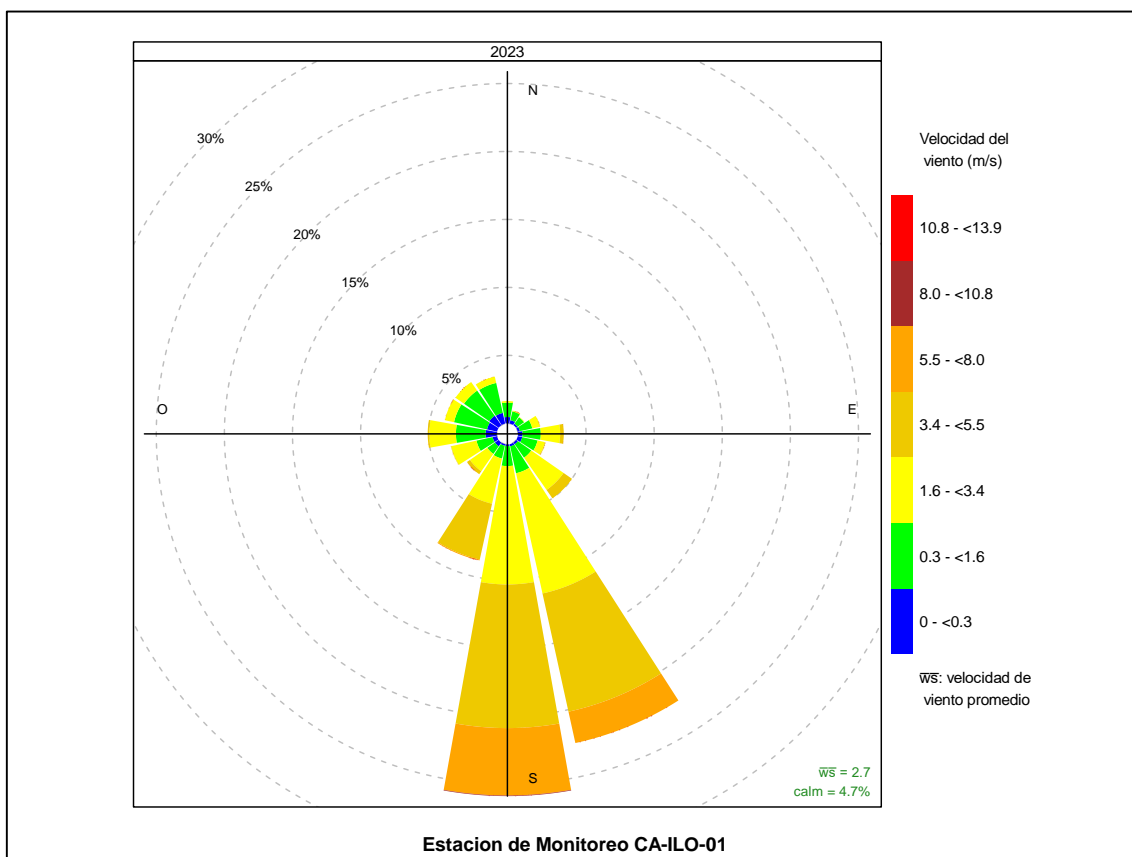
<sup>1</sup> En el caso de la precipitación se considera el total del mes en la fila promedio.

En la Figura 4.1.1. se grafican las rosas de viento mensuales en la estación de monitoreo CA-ILO-01 de enero a diciembre de 2023. Se observa que hay una predominancia sur (s) en los meses de mayo a setiembre, en los meses restantes la predominancia es sursureste y que hay una frecuencia mayor de velocidades de viento de 5,5 a 8 m/s en los meses de enero a abril y que, a su vez, coinciden con las estaciones de verano e inicios del otoño.



**Figura 4.1.1.** Rosas de viento mensuales en la estación de monitoreo CA-ILO-01, de enero a diciembre de 2023

En la Figura 4.1.2. se grafica la rosa de viento de la estación de monitoreo CA-ILO-01, correspondiente al periodo de enero a diciembre de 2023. Se observa que la rosa de viento tuvo una predominancia sur (s).



**Figura 4.1.2.** Rosa de viento de la estación de monitoreo CA-ILO-01, de enero a diciembre de 2023

Las condiciones meteorológicas registradas en la estación de monitoreo CA-ILO-02 de enero a diciembre de 2023 son presentadas en la Tabla 4.2 y el detalle del registro de los parámetros en el Anexo 3.

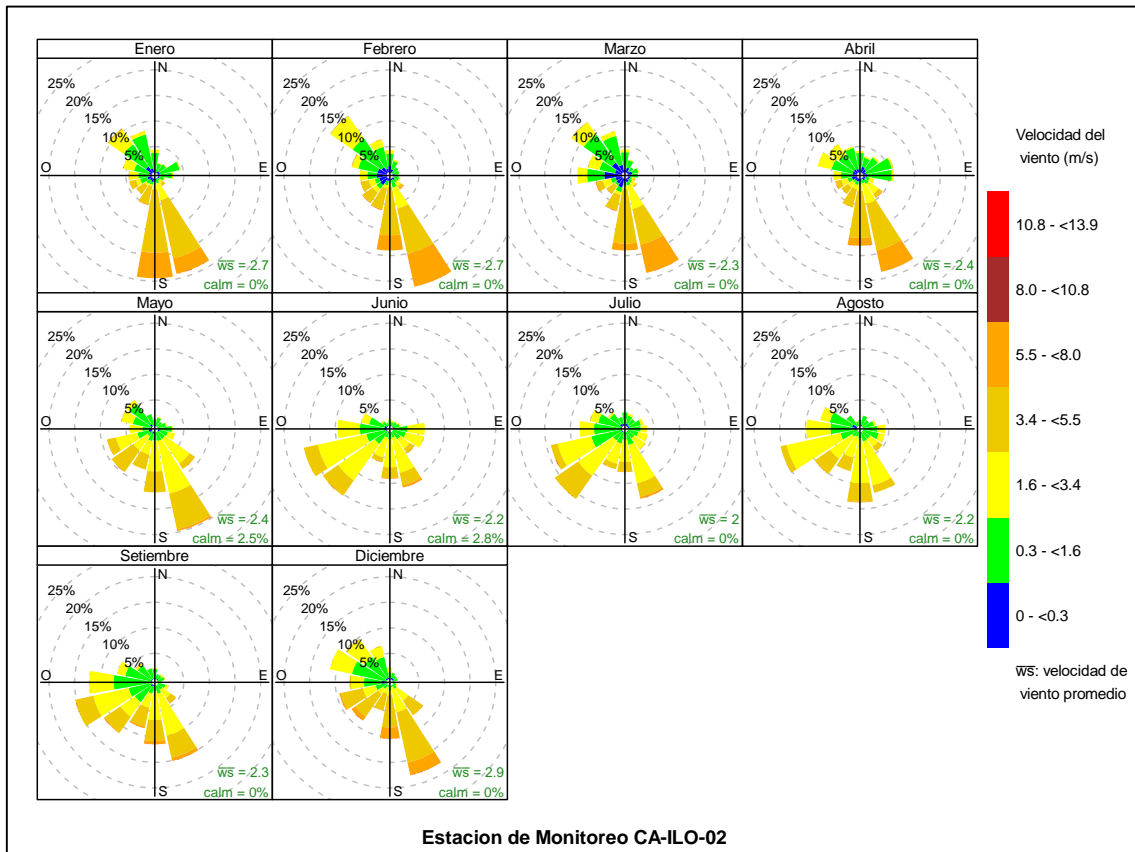
En la Tabla 4.2 se observa las condiciones meteorológicas en el distrito de Ilo, entre enero y marzo (primer trimestre) la temperatura varió entre una mínima y máxima de 18,9 y 31,1 °C respectivamente, la velocidad del viento entre 0,1 m/s a 7,7 m/s y con un máximo de precipitaciones de 0,1 mm, entre abril y junio (segundo trimestre) la temperatura varió entre una mínima y máxima de 16,0 °C y 30,0 °C respectivamente, la velocidad del viento entre 0 m/s a 7,1 m/s y sin registro de precipitaciones; de julio a setiembre (tercer trimestre) la temperatura varió entre una mínima y máxima de 15,2 °C y 22,9 °C respectivamente, la velocidad del viento entre 0,1 m/s a 6,7 m/s y con un máximo de precipitaciones de 1,3 mm; de octubre a diciembre la temperatura varió entre 16,9 °C a 27,2 °C y con un máximo de precipitaciones de 0,1 mm.

**Tabla 4.2.** Parámetros meteorológicos registrados en la estación de monitoreo CA-ILO-02 de enero a diciembre de 2023

Meses	Valores	Presión barométrica (mmHg)	Precipitación <sup>2</sup> (mm)	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Velocidad del viento (m/s)	Radiación Solar (W/m <sup>2</sup> )
Enero	Mínimo	1001,5	0,0	18,9	52,7	0,1	0,0
	Máximo	1012,0	0,0	28,9	86,7	7,6	1079,8
	Promedio	1006,5	0,0	23,3	68,9	2,7	--
Febrero	Mínimo	1000,6	0,0	20,8	56,1	0,1	0,0
	Máximo	1009,2	0,1	30,7	87,1	7,7	1047,8
	Promedio	1004,5	0,1	25,1	71,7	2,7	--
Marzo	Mínimo	1000,6	0,0	20,4	52,8	0,1	0,0
	Máximo	1009,7	0,0	31,1	89,6	7,3	1020,5
	Promedio	1005,5	0,0	24,6	72,8	2,3	--
Abril	Mínimo	1000,3	0,0	18,6	58,0	0,1	0,0
	Máximo	1010,7	0,0	30,0	87,5	7,1	925,2
	Promedio	1006,2	0,0	23,1	74,8	2,4	--
Mayo	Mínimo	1004,2	0,0	18,2	63,5	0,1	0,0
	Máximo	1011,5	0,0	24,0	85,0	5,9	821,8
	Promedio	1007,9	0,0	20,4	77,9	2,4	--
Junio	Mínimo	1004,8	0,0	16,0	62,5	0,1	0,0
	Máximo	1012,9	0,0	21,9	84,7	5,9	747,3
	Promedio	1009,1	0,0	19,1	77,1	2,2	--
Julio	Mínimo	1004,5	0,0	15,2	66,6	0,1	0,0
	Máximo	1013,0	0,1	22,1	91,4	6,2	779,8
	Promedio	1009,3	0,2	18,5	79,4	2,0	---
Agosto	Mínimo	1004,3	0,0	15,5	67,2	0,1	0,0
	Máximo	1012,6	0,0	22,0	89,8	5,7	915,2
	Promedio	1009,0	0,0	18,8	79,4	2,2	---
Setiembre	Mínimo	1003,7	0,0	15,4	69,5	0,2	0,0
	Máximo	1013,0	1,3	22,9	92,0	6,7	993,3
	Promedio	1008,7	1,8	19,0	80,7	2,3	---
Octubre	Mínimo	1003,9	0,0	16,9	63,9	---	0,0
	Máximo	1013,3	0,1	24,5	92,8	---	1068,7
	Promedio	1008,5	0,3	19,9	78,3	---	---
Noviembre	Mínimo	1003,1	0,0	17,4	63,1	---	0,0
	Máximo	1011,3	0,0	25,1	87,7	---	1070,3
	Promedio	1007,5	0,0	20,6	74,2	---	---
Diciembre	Mínimo	1001,0	0,0	18,4	59,8	0,2	0,0
	Máximo	1011,8	0,1	27,2	92,3	6,9	1064,2
	Promedio	1006,2	0,1	22,2	74,1	2,9	---

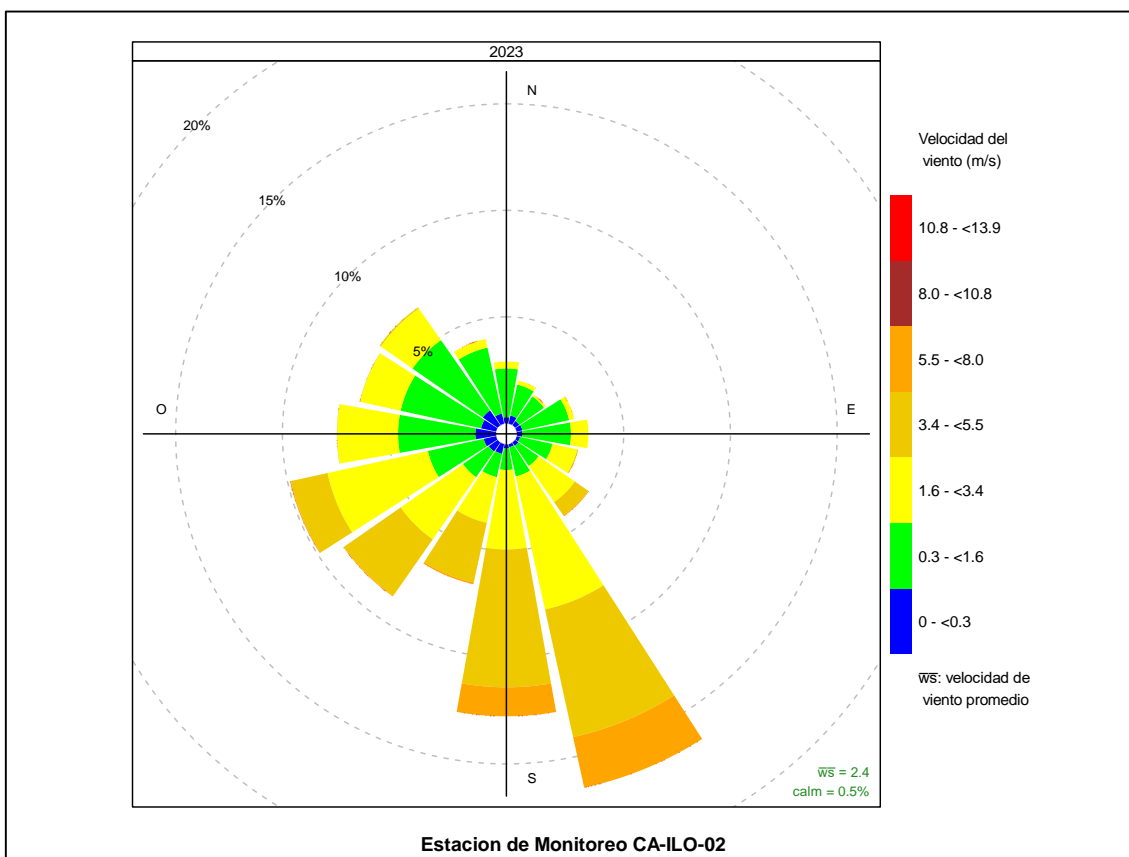
<sup>2</sup> En el caso de la precipitación se considera el total del mes en la fila promedio.

En la Figura 4.1.3 se grafican las rosas de viento mensuales en la estación de monitoreo CA-ILO-02 de enero a diciembre de 2023. Se observa que de febrero a mayo hay una predominancia sursureste y vientos del sur en enero, en los meses de junio y julio la predominancia se muestra entre el suroeste y oestesuroeste y entre agosto y setiembre tienen en común la predominancia oestesuroeste. Se observa también que las velocidades de viento de 5,5 a 8 m/s tienen una mayor frecuencia en los meses de enero a abril en las correspondientes direcciones predominantes, dichos meses coinciden con las estaciones de verano e inicios de otoño.



**Figura 4.1.3.** Rosas de viento mensuales en la estación de monitoreo CA-ILO-02, de enero a diciembre de 2023

En la Figura 4.1.4 se grafica la rosa de viento de la estación de monitoreo CA-ILO-02, correspondiente al periodo de enero a setiembre de 2023. Se observa que la rosa de viento tuvo una predominancia sursureste.



**Figura 4.1.4.** Rosa de viento de la estación de monitoreo CA-ILO-02, de enero a diciembre de 2023

Las condiciones meteorológicas registradas en la estación de monitoreo CA-ILO-03 de enero a diciembre de 2023 son presentadas en la Tabla 4.3 y el detalle del registro de los parámetros en el Anexo 3.

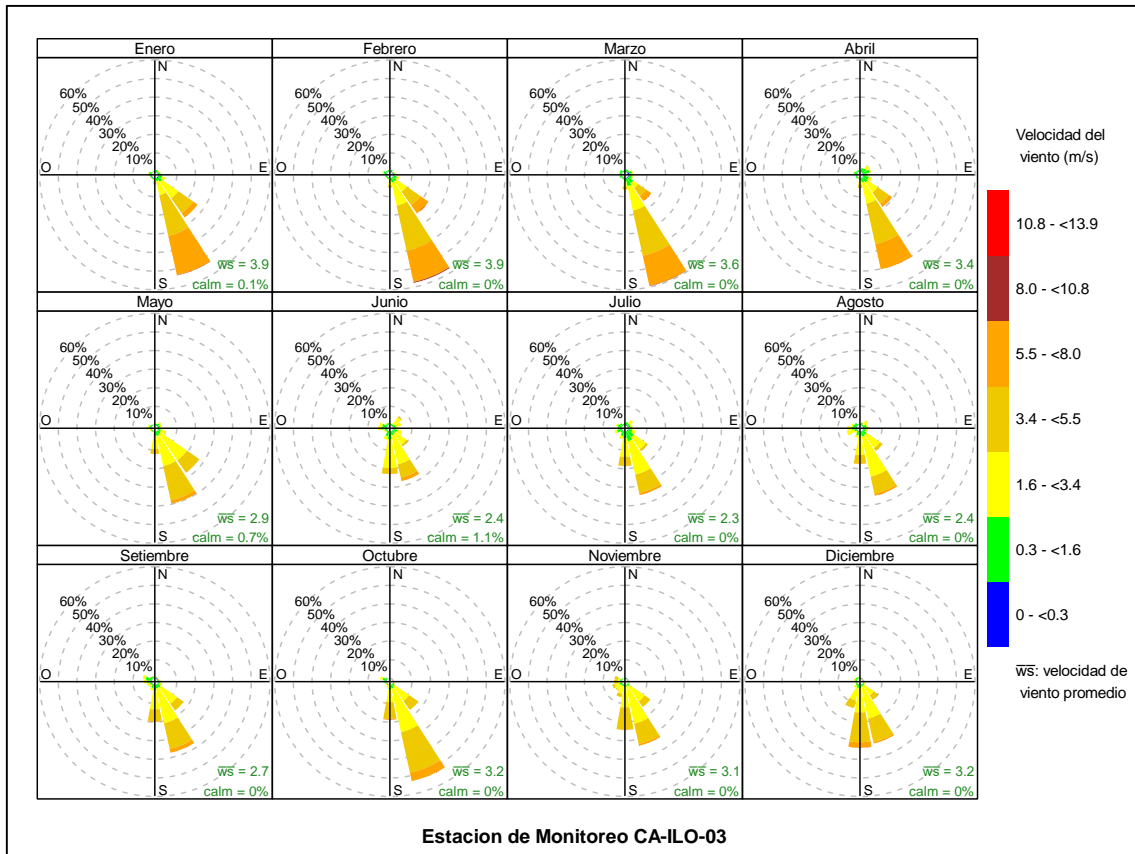
En la Tabla 4.3 se observa las condiciones meteorológicas en el distrito de Ilo, entre enero y marzo (primer trimestre) la temperatura varió entre una mínima y máxima de 18,6 y 28,6 °C respectivamente, la velocidad del viento entre 0,1 m/s a 8,3 m/s y sin precipitaciones registradas, entre abril y junio (segundo trimestre) la temperatura varió entre una mínima y máxima de 14,7 °C y 28,1 °C respectivamente, la velocidad del viento entre 0 m/s a 8,0 m/s y sin precipitaciones registradas; de julio a setiembre (tercer trimestre) la temperatura varió entre una mínima y máxima de 13,9 °C y 22,3 °C respectivamente, la velocidad del viento entre 0,1 m/s a 6,7 m/s y con una presencia de lluvias máxima de 0,3 mm; de octubre a diciembre la temperatura varió entre 16,3 °C a 25,1 °C, la velocidad del viento entre 0,1 m/s a 7,4 m/s y con una máxima precipitación de 0,5 mm.

**Tabla 4.3.** Parámetros meteorológicos registrados en la estación de monitoreo CA-ILO-03 de enero a diciembre de 2023

Meses	Valores	Presión barométrica (mmHg)	Precipitación <sup>3</sup> (mm)	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Velocidad del viento (m/s)	Radiación Solar (W/m <sup>2</sup> )
Enero	Mínimo	982,8	0,0	18,6	53,2	0,2	0,0
	Máximo	992,7	0,0	26,9	89,1	8,1	1095,2
	Promedio	987,5	0,0	22,4	70,6	3,9	--
Febrero	Mínimo	981,6	0,0	21,1	54,1	0,2	0,0
	Máximo	990,0	0,0	28,4	91,9	8,2	1047,1
	Promedio	985,6	0,0	24,1	72,7	3,9	--
Marzo	Mínimo	981,7	0,0	20,4	50,2	0,1	0,0
	Máximo	990,3	0,0	28,6	90,2	8,3	1038,8
	Promedio	986,4	0,0	23,9	73,1	3,6	--
Abril	Mínimo	981,3	0,0	18,0	57,2	0,1	0,0
	Máximo	991,3	0,0	28,1	89,7	8,0	951,8
	Promedio	987,0	0,0	22,1	74,1	3,4	--
Mayo	Mínimo	984,8	0,0	17,1	62,8	0,0	0,0
	Máximo	992,0	0,0	22,2	94,1	6,8	838,3
	Promedio	988,6	0,0	19,1	80,0	2,9	--
Junio	Mínimo	985,1	0,0	14,7	57,3	0,1	0,0
	Máximo	993,5	0,0	21,7	89,2	6,5	750,9
	Promedio	989,5	0,0	18,1	76,8	2,4	--
Julio	Mínimo	984,7	0,0	13,9	63,4	0,1	0,0
	Máximo	993,6	0,3	21,3	98,2	6,7	814,4
	Promedio	989,7	0,8	17,5	80,5	2,3	---
Agosto	Mínimo	984,5	0,0	14,0	62,0	0,2	0,0
	Máximo	992,8	0,1	21,1	96,6	6,3	923,6
	Promedio	989,4	0,1	17,8	80,0	2,4	---
Setiembre	Mínimo	984,5	0,0	14,4	63,2	0,1	0,0
	Máximo	992,8	0,2	22,3	99,6	6,7	1006,9
	Promedio	989,1	0,7	18,2	81,2	2,7	---
Octubre	Mínimo	984,9	0,0	16,3	60,0	0,2	0,0
	Máximo	993,6	0,5	23,4	98,7	7,4	1091,2
	Promedio	989,0	1,0	19,0	79,9	3,2	---
Noviembre	Mínimo	984,1	0,0	16,8	59,2	0,3	0,0
	Máximo	991,7	0,0	23,9	92,2	7,2	1076,4
	Promedio	988,1	0,0	20,0	76,0	3,1	---
Diciembre	Mínimo	982,5	0,0	17,9	57,0	0,1	0,0
	Máximo	992,2	0,0	25,1	92,8	7,0	1102,7
	Promedio	987,1	0,0	21,5	76,2	3,2	---

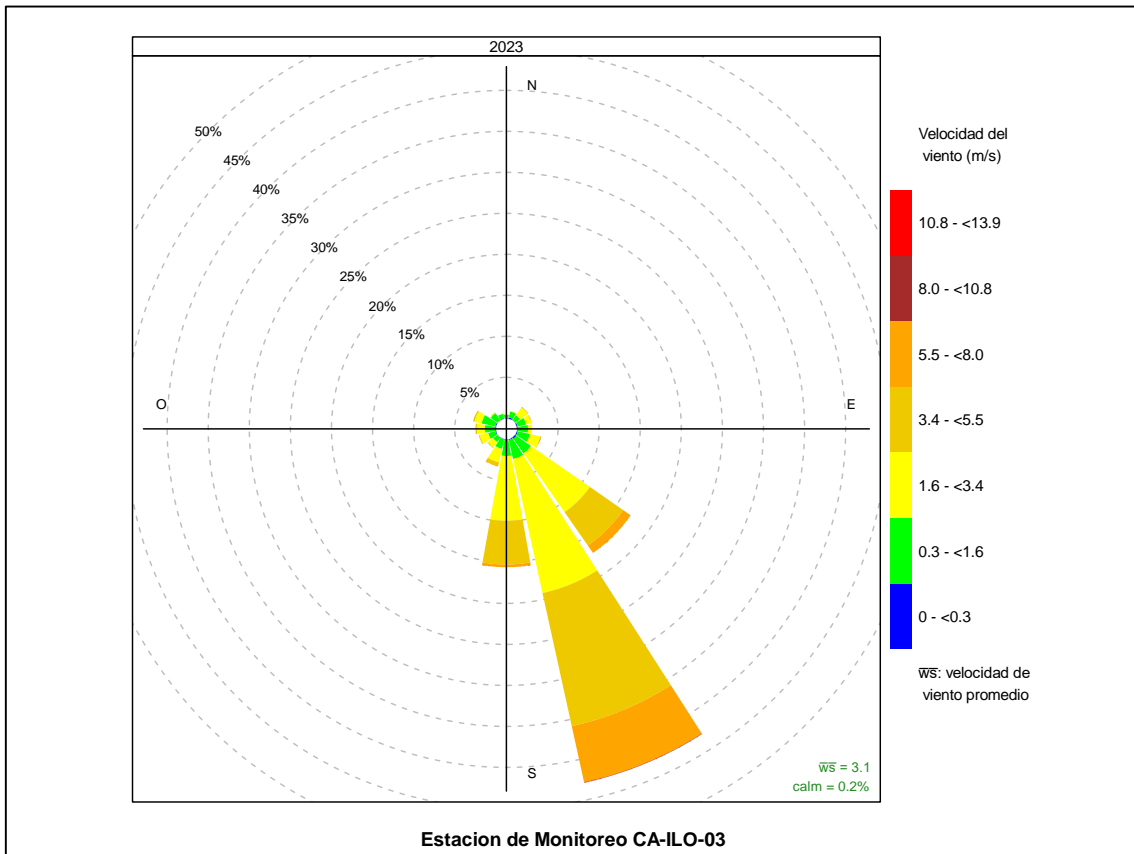
<sup>3</sup> En el caso de la precipitación se considera el total del mes en la fila promedio.

En la Figura 4.1.5 se grafican las rosas de viento mensuales en la estación de monitoreo CA-ILO-03 de enero a diciembre de 2023. Se observa que todos los meses muestran una predominancia sur sureste, a excepción de diciembre. Además, entre enero y abril hay una mayor frecuencia de velocidades de viento en el rango de 5,5 a 8 m/s, meses que coinciden con las estaciones de verano e inicios de otoño.



**Figura 4.1.5.** Rosas de viento mensuales en la estación de monitoreo CA-ILO-03, de enero a diciembre de 2023

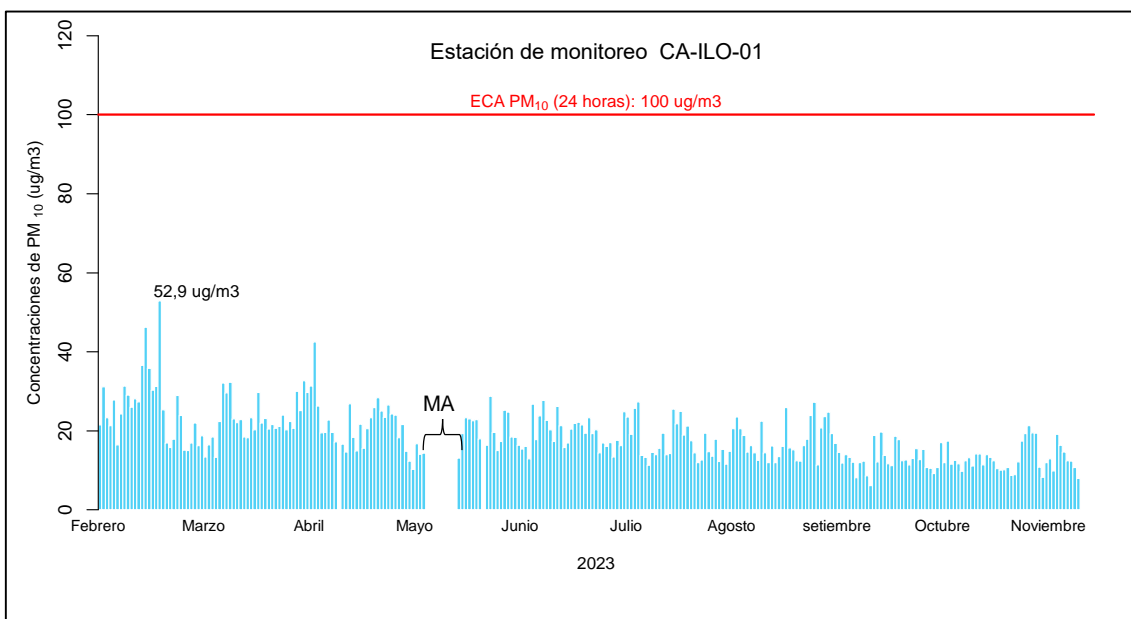
En la Figura 4.1.6 se grafica la rosa de viento de la estación de monitoreo CA-ILO-03, correspondiente al periodo de enero a diciembre de 2023. Se observa que la rosa de viento tuvo una predominancia sursureste.



**Figura 4.1.6.** Rosa de viento de la estación de monitoreo CA-ILO-03, de enero a diciembre de 2023

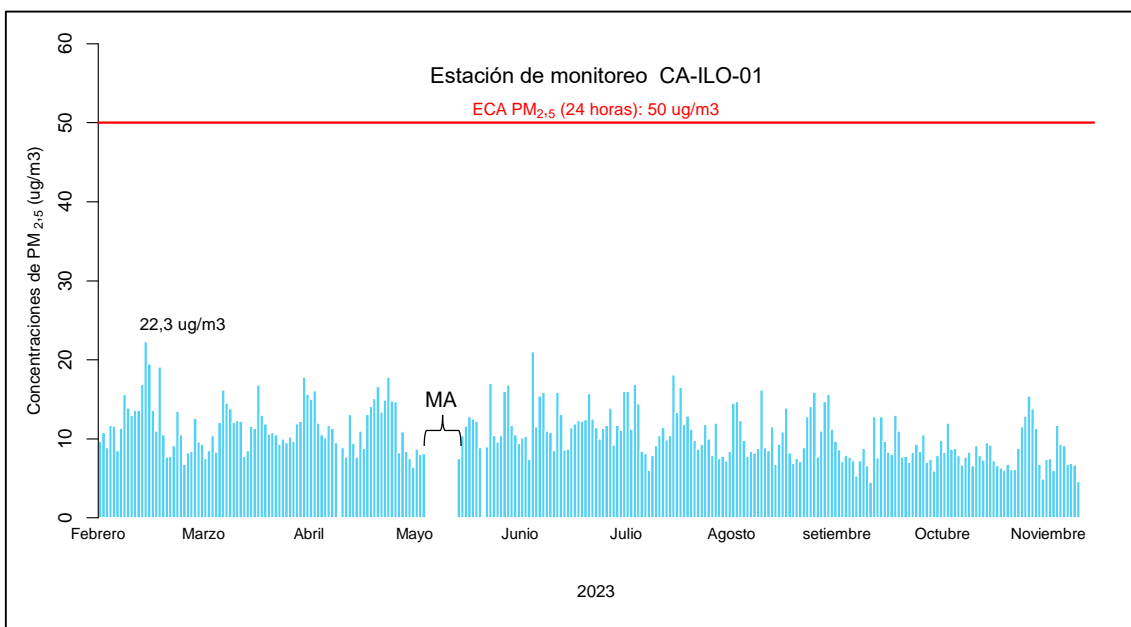
### 3.2. CONCENTRACIÓN DE PARÁMETROS DEL AIRE Y COMPARACIÓN CON LOS ECAS.

En la Figura 4.2.1. se presentan las concentraciones promedio de 24 horas de  $PM_{10}$  en la estación de monitoreo CA-ILO-01 de febrero a noviembre de 2023. Además, se observa que todas las concentraciones promedio de 24 horas no excedieron el valor del ECA nacional para  $PM_{10}$  ( $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en 24 horas).



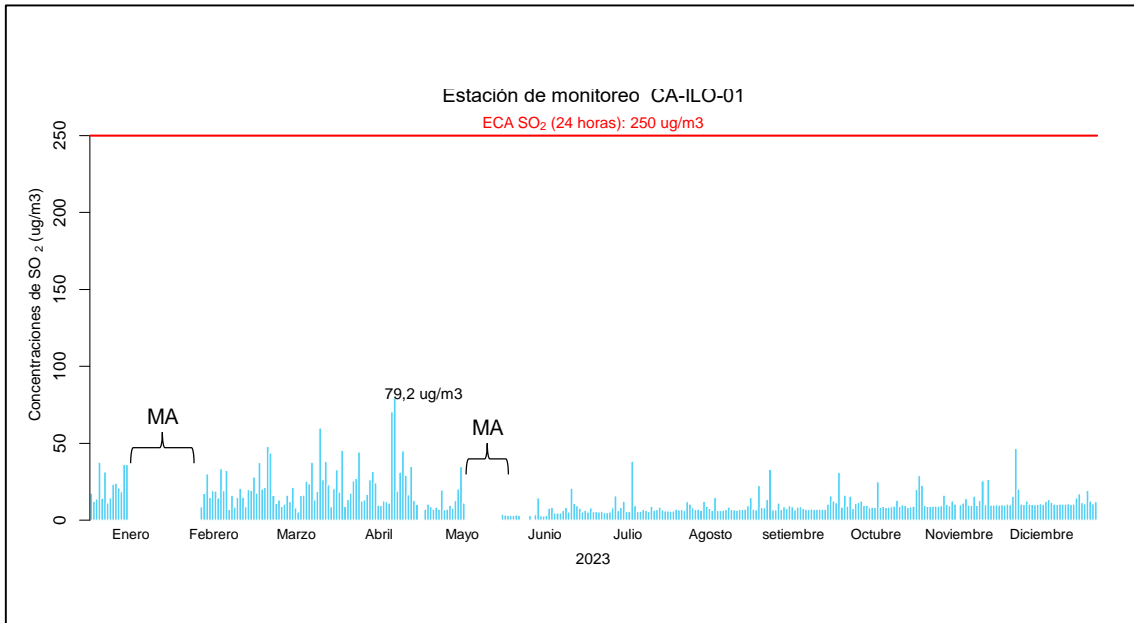
**Figura 4.2.1** Concentraciones de 24 horas de PM<sub>10</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-01, de febrero a noviembre 2023  
MA: Mantenimiento.

En la Figura 4.2.2. se presentan las concentraciones promedio de 24 horas de PM<sub>2,5</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-01 de febrero a noviembre de 2023. Además, se observa que todas las concentraciones promedio de 24 horas no excedieron el valor del ECA nacional para PM<sub>2,5</sub> (50 µg/m<sup>3</sup> en 24 horas).



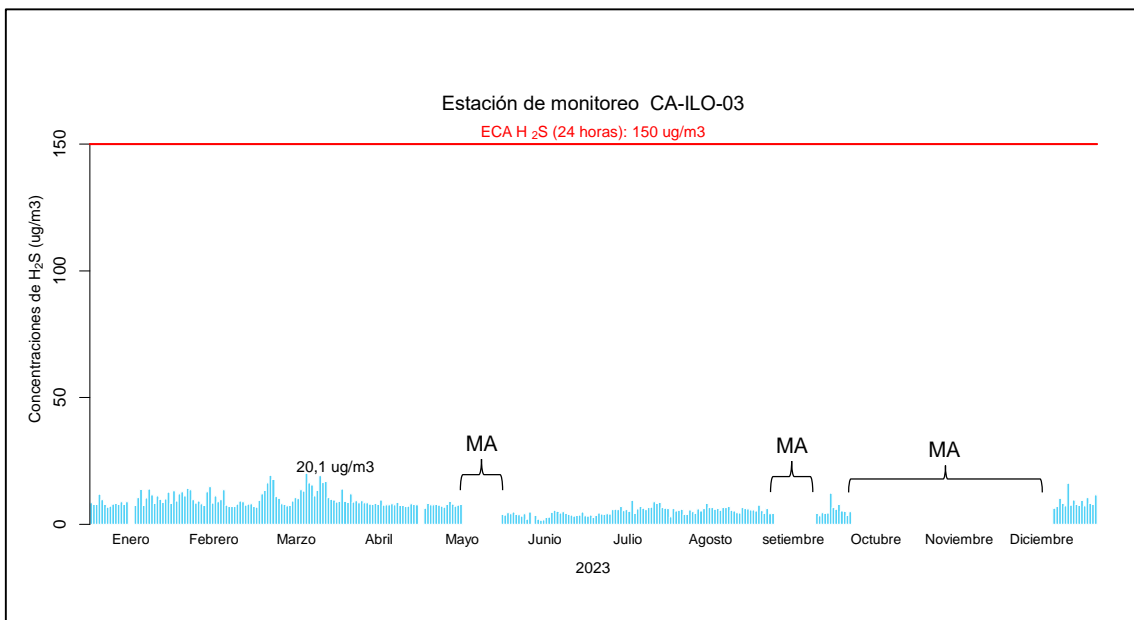
**Figura 4.2.2.** Concentraciones de 24 horas de PM<sub>2,5</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-01, de febrero a noviembre 2023  
MA: Mantenimiento.

En la Figura 4.2.3. se presentan las concentraciones promedio de 24 horas de SO<sub>2</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-01 de enero a diciembre de 2023. Además, se observa que todas las concentraciones promedio de 24 horas no excedieron el valor de los ECA nacional para SO<sub>2</sub> (250 µg/m<sup>3</sup> en 24 horas).



**Figura 4.2.3.** Concentraciones de 24 horas de SO<sub>2</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-01, de enero a diciembre 2023  
 MA: Mantenimiento.

En la Figura 4.2.4. se presentan las concentraciones promedio de 24 horas de H<sub>2</sub>S en la estación de monitoreo CA-ILO-01 de enero a diciembre de 2023. Además, se observa que todas las concentraciones promedio de 24 horas no excedieron el valor de los ECA nacional para H<sub>2</sub>S (150 µg/m<sup>3</sup> en 24 horas).



**Figura 4.2.4.** Concentraciones de 24 horas de H<sub>2</sub>S en la estación de monitoreo CA-ILO-01, de enero a diciembre 2023  
 MA: Mantenimiento.

En la Figura 4.2.5 y la Figura 4.2.6 se presentan los diagramas de cajas horario y promedio móvil de 8 horas respectivamente, de las concentraciones de CO correspondiente a la estación de monitoreo CA-ILO-01, de enero a diciembre del 2023. Además, se observa que

todas las concentraciones no excedieron el ECA para CO (30 000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 1 hora y 10 000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 8 horas móviles).

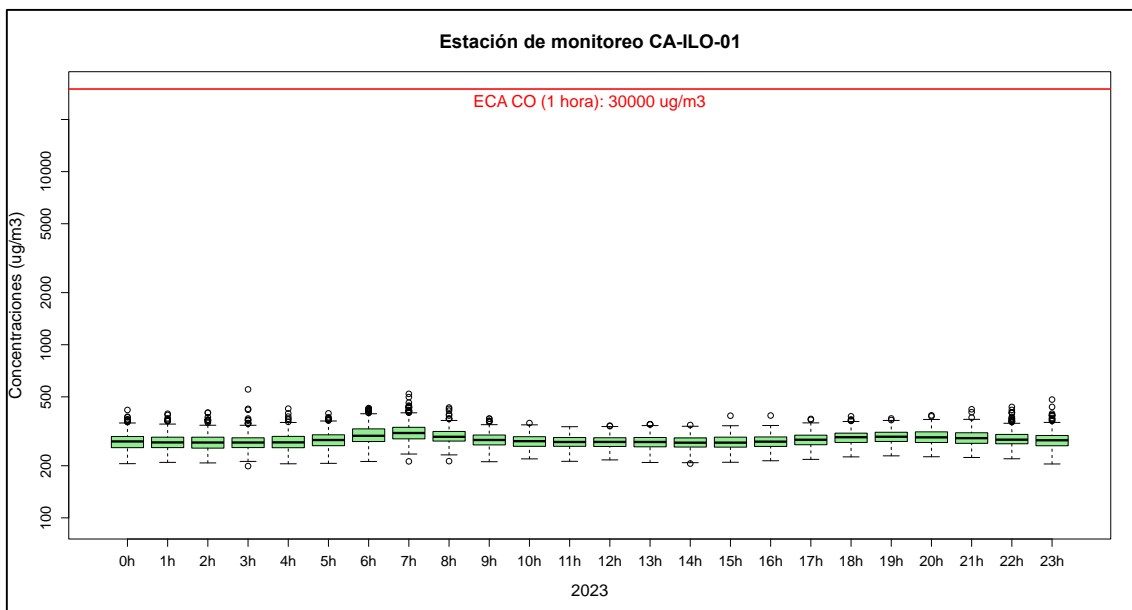


Figura 4.2.5. Concentraciones horarias de CO en la estación de monitoreo CA-ILO-01, de enero a diciembre 2023

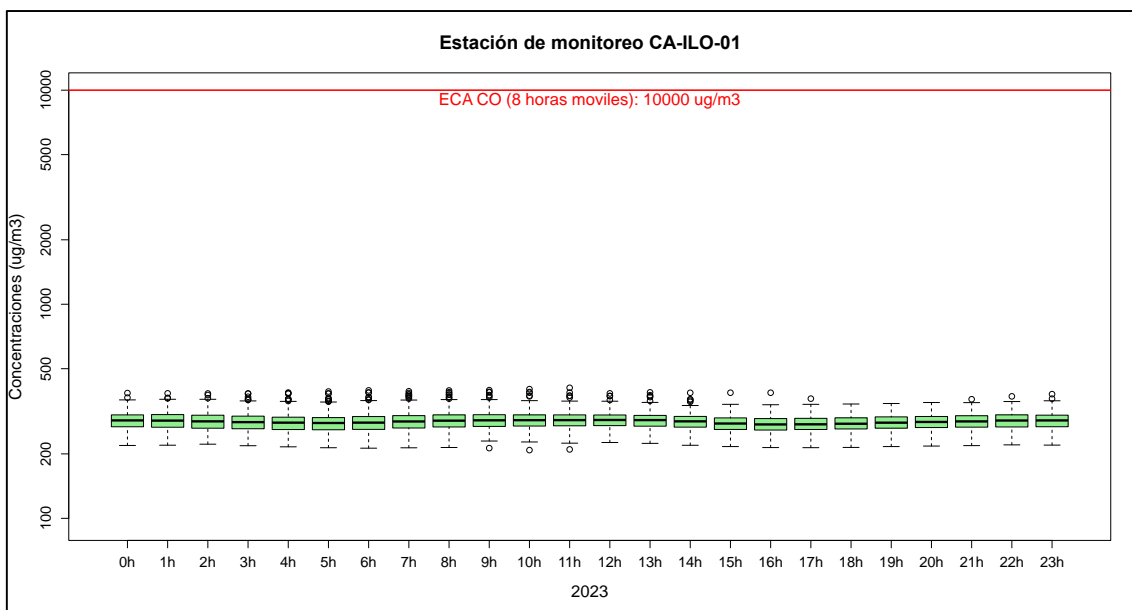
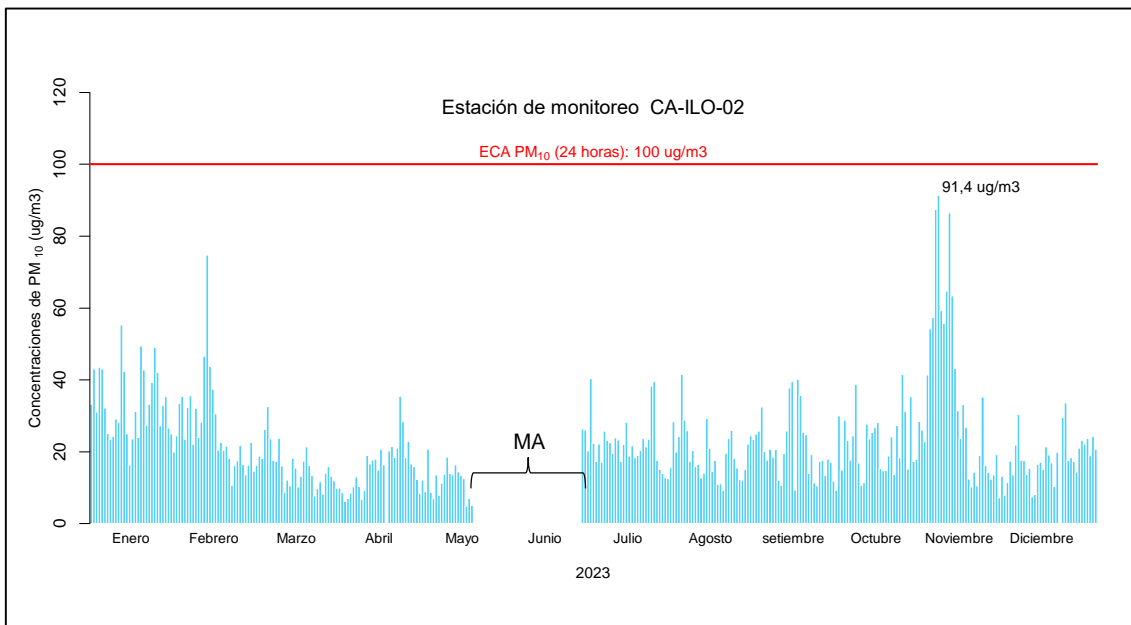


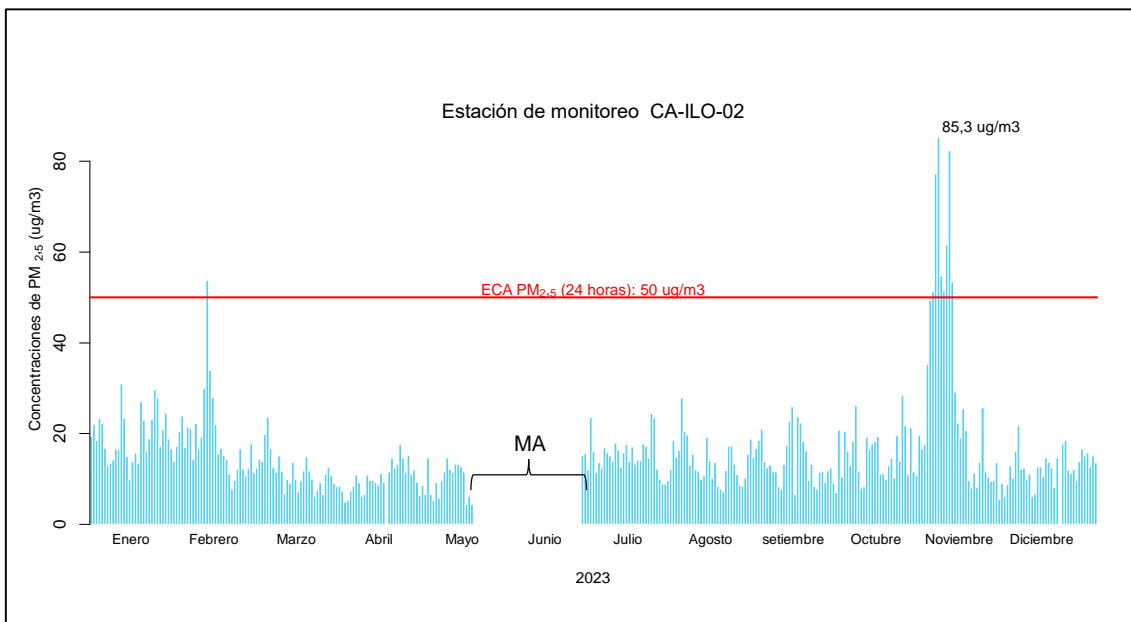
Figura 4.2.6 Concentraciones de promedio móvil de 8 horas de CO en la estación de monitoreo CA-ILO-01, de enero a diciembre 2023

En la Figura 4.2.7 se presentan las concentraciones promedio de 24 horas de  $\text{PM}_{10}$  en la estación de monitoreo CA-ILO-02 de enero a diciembre de 2023. Además, se observa que todas las concentraciones promedio de 24 horas no excedieron el valor de los ECA nacional para  $\text{PM}_{10}$  (100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 24 horas).



**Figura 4.2.7.** Concentraciones de 24 horas de PM<sub>10</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-02, de enero a diciembre 2023  
MA: Mantenimiento

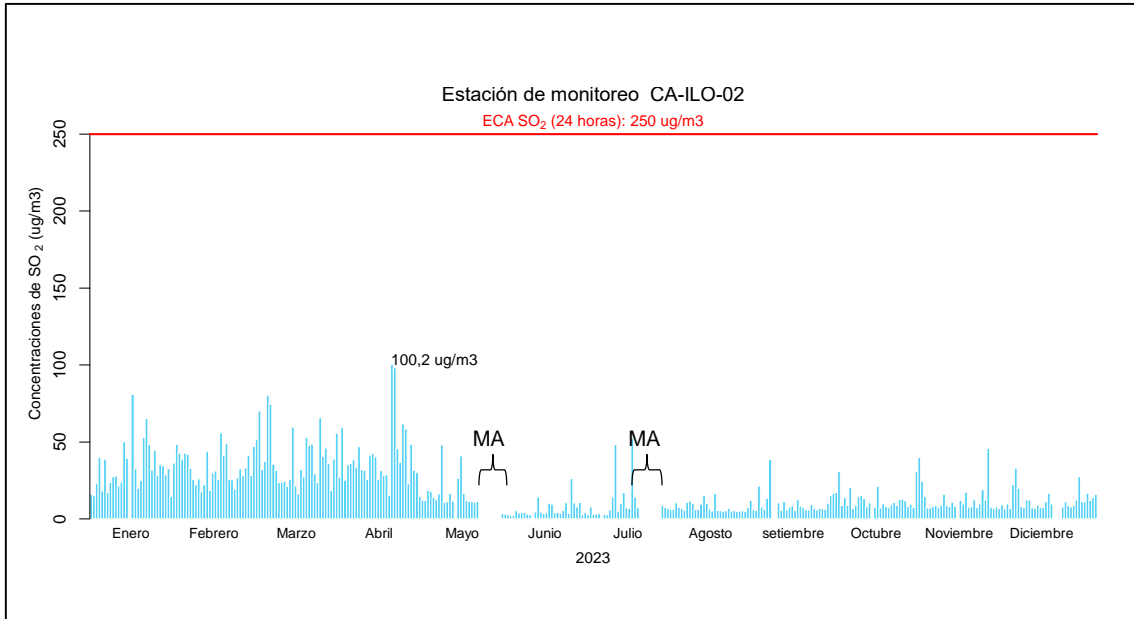
En la Figura 4.2.8 se presentan las concentraciones promedio de 24 horas de PM<sub>2.5</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-02 de enero a diciembre de 2023. Además, se observa que las concentraciones promedio reportadas el día 12 de febrero y desde el 2 al 9 de noviembre excedieron el valor de los ECA nacional para PM<sub>2.5</sub> (50 µg/m<sup>3</sup> en 24 horas) en más de siete veces al año con valores de hasta 85,3 µg/m<sup>3</sup>.



**Figura 4.2.8.** Concentraciones de 24 horas de PM<sub>2.5</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-02, de enero a diciembre 2023  
MA: Mantenimiento

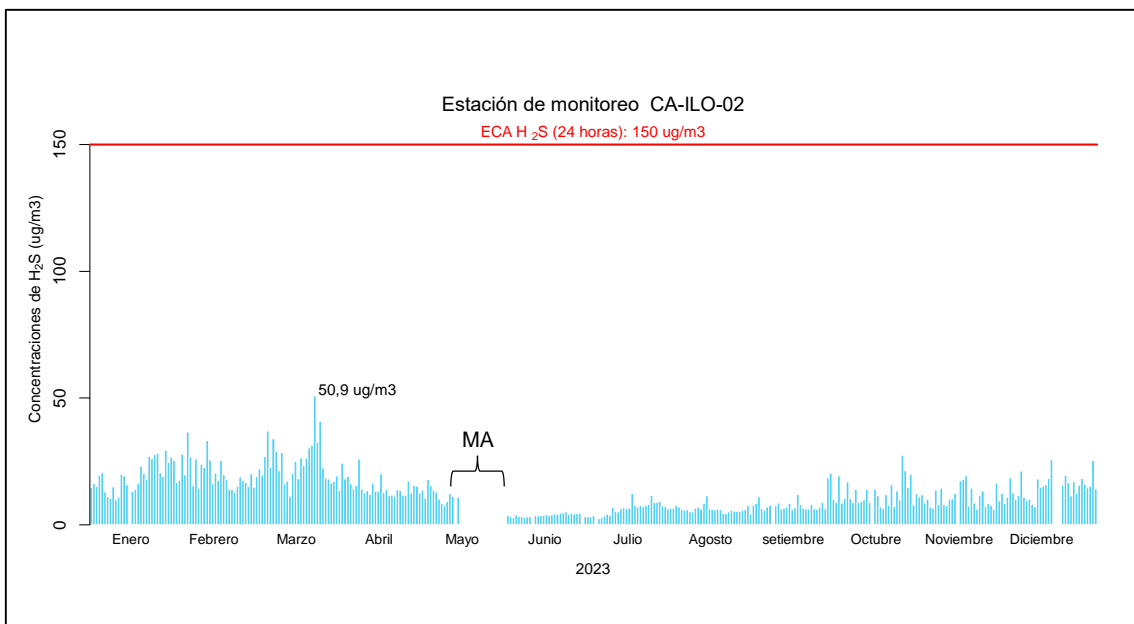
En la Figura 4.2.9 se presentan las concentraciones promedio de 24 horas de SO<sub>2</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-02 de enero a diciembre de 2023. Además, se observa que

todas las concentraciones promedio de 24 horas no excedieron el valor de los ECA nacional para  $\text{SO}_2$  ( $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en 24 horas).



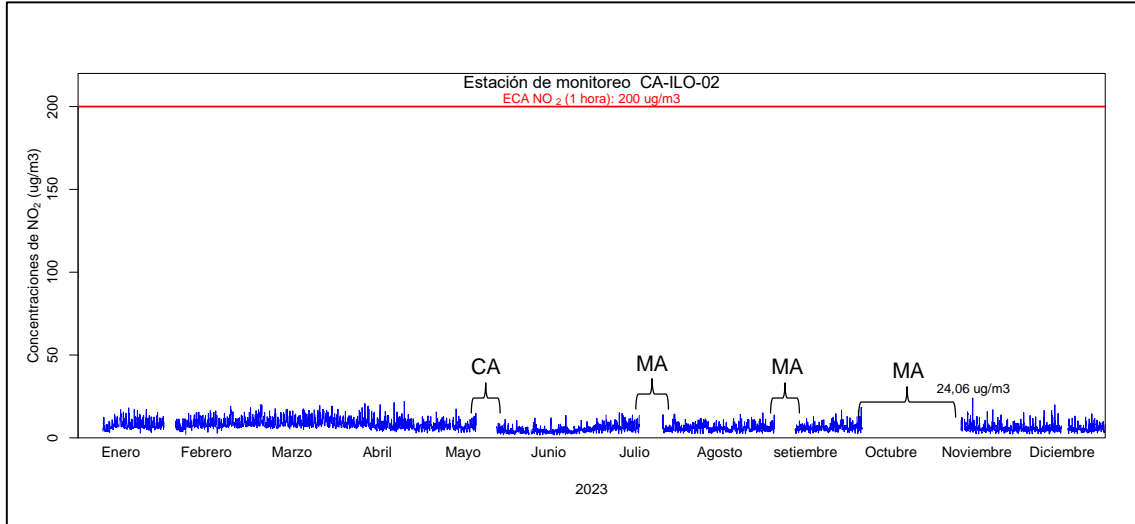
**Figura 4.2.9.** Concentraciones de 24 horas de  $\text{SO}_2$  en la estación de monitoreo CA-ILO-02, de enero a diciembre 2023  
MA: Mantenimiento.

En la Figura 4.2.10 se presentan las concentraciones promedio de 24 horas de  $\text{H}_2\text{S}$  en la estación de monitoreo CA-ILO-02 de enero a diciembre de 2023. Además, se observa que todas las concentraciones promedio de 24 horas no excedieron el valor de los ECA nacional para  $\text{H}_2\text{S}$  ( $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en 24 horas).



**Figura 4.2.10** Concentraciones de 24 horas de  $\text{H}_2\text{S}$  en la estación de monitoreo CA-ILO-02, de enero a diciembre 2023  
MA: Mantenimiento.

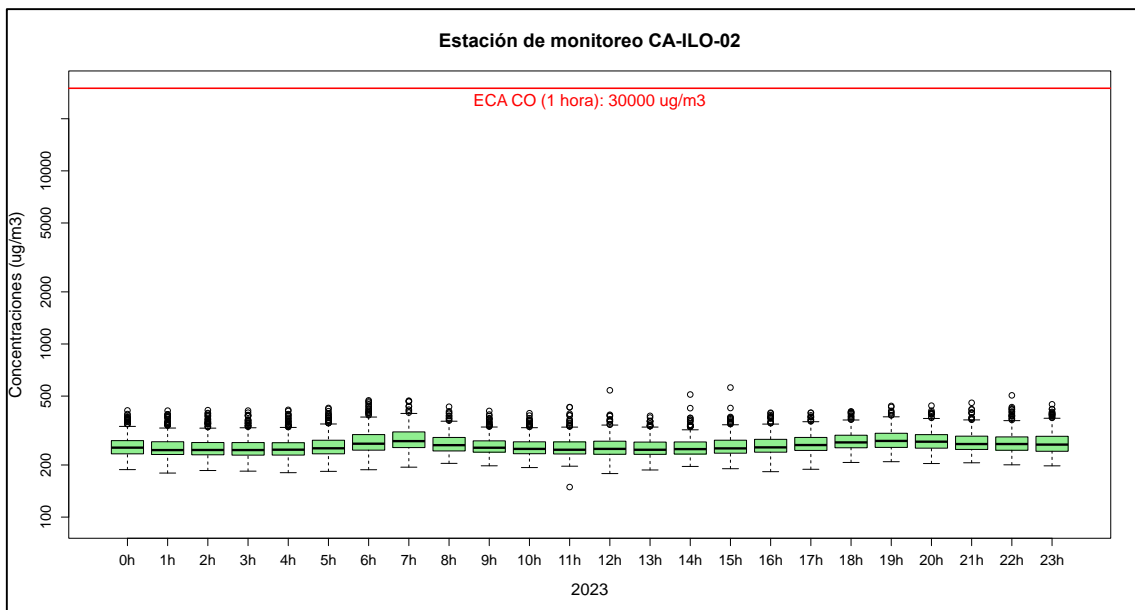
En la Figura 4.2.11 se presentan las concentraciones horarias de NO<sub>2</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-02 de enero a diciembre de 2023. Además, se observa que todas las concentraciones promedio horarias no excedieron el valor de los ECA nacional para NO<sub>2</sub> (200 µg/m<sup>3</sup> en 1 hora).



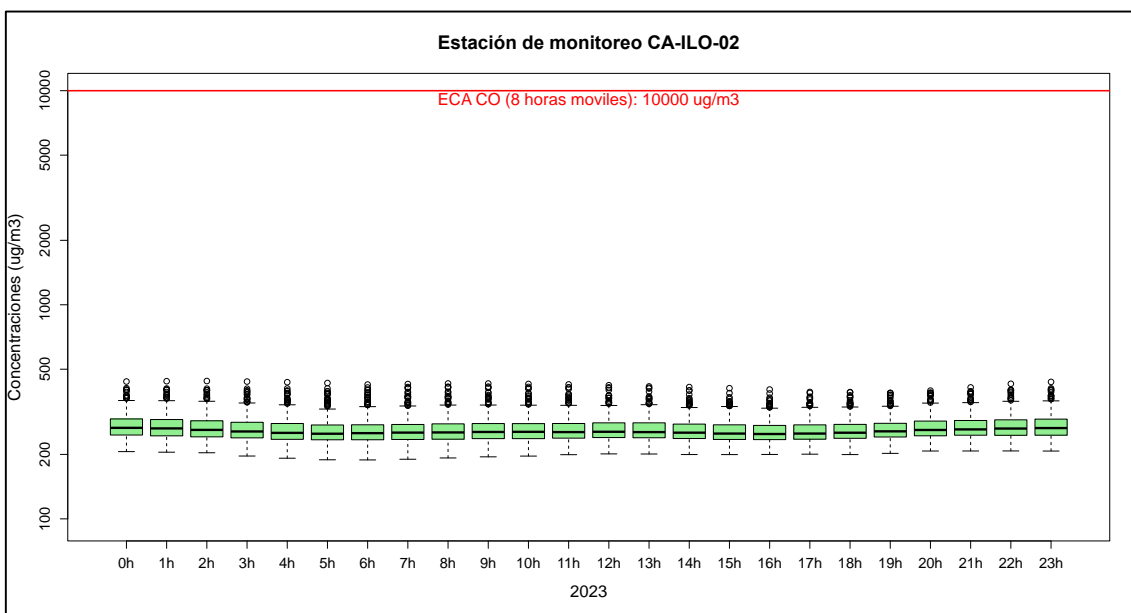
**Figura 4.2.11.** Concentraciones de horarias de NO<sub>2</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-02, de enero a diciembre 2023

CA: Calibración. MA: Mantenimiento

En la Figura 4.2.12 y la Figura 4.2.13 se presentan los diagramas de cajas horario y promedio móvil de 8 horas respectivamente, de las concentraciones de CO correspondiente a la estación de monitoreo CA-ILO-02, de enero a diciembre del 2023. Además, se observa que todas las concentraciones no excedieron el ECA para CO (30 000 µg/m<sup>3</sup> en 1 hora y 10 000 µg/m<sup>3</sup> en 8 horas móviles).

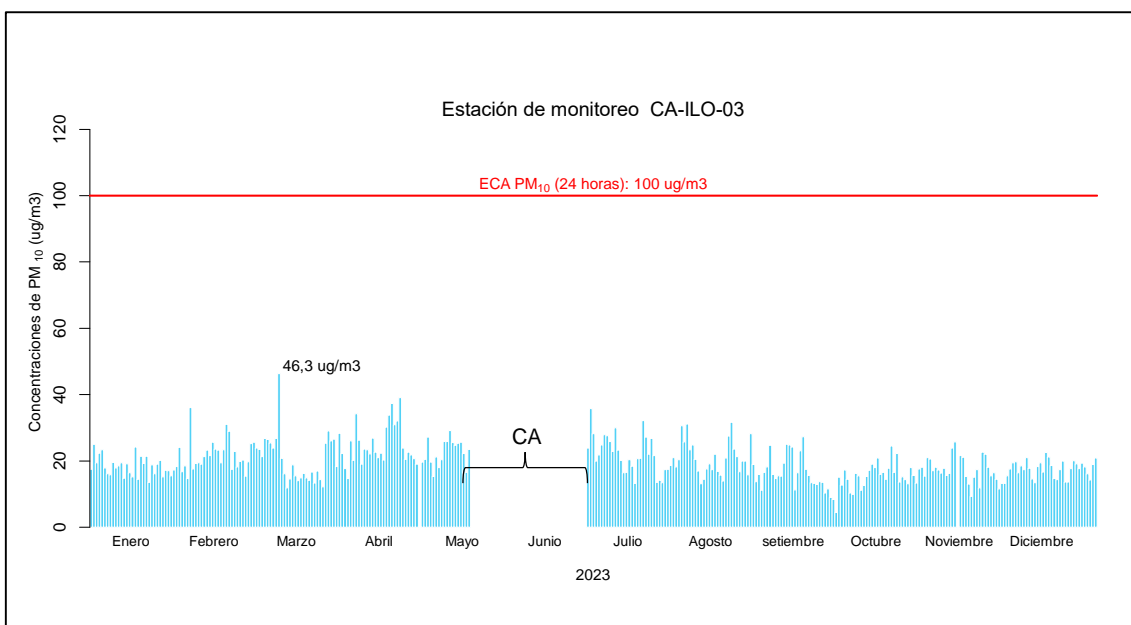


**Figura 4.2.12** Concentraciones horarias de CO en la estación de monitoreo CA-ILO-02, de enero a diciembre 2023



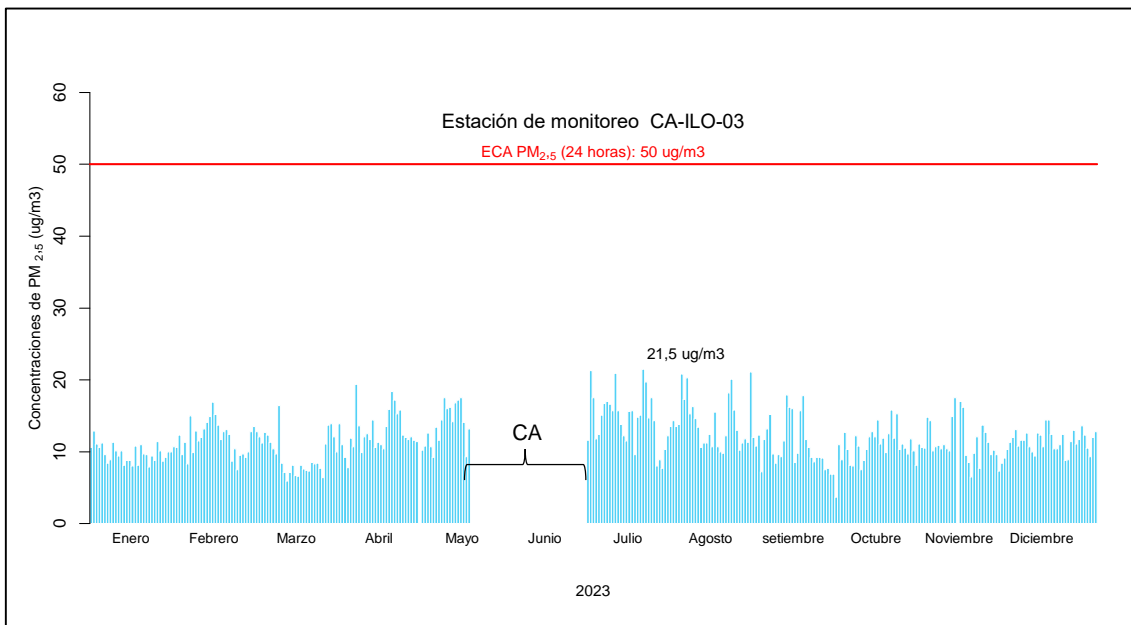
**Figura 4.2.13** Concentraciones de promedio móvil de 8 horas de CO en la estación de monitoreo CA-ILO-02, de enero a diciembre 2023

En la Figura 4.2.14 se presentan las concentraciones promedio de 24 horas de PM<sub>10</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-03 de enero a diciembre de 2023. Además, se observa que todas las concentraciones promedio de 24 horas no excedieron el valor de los ECA nacional para PM<sub>10</sub> (100 µg/m<sup>3</sup> en 24 horas).



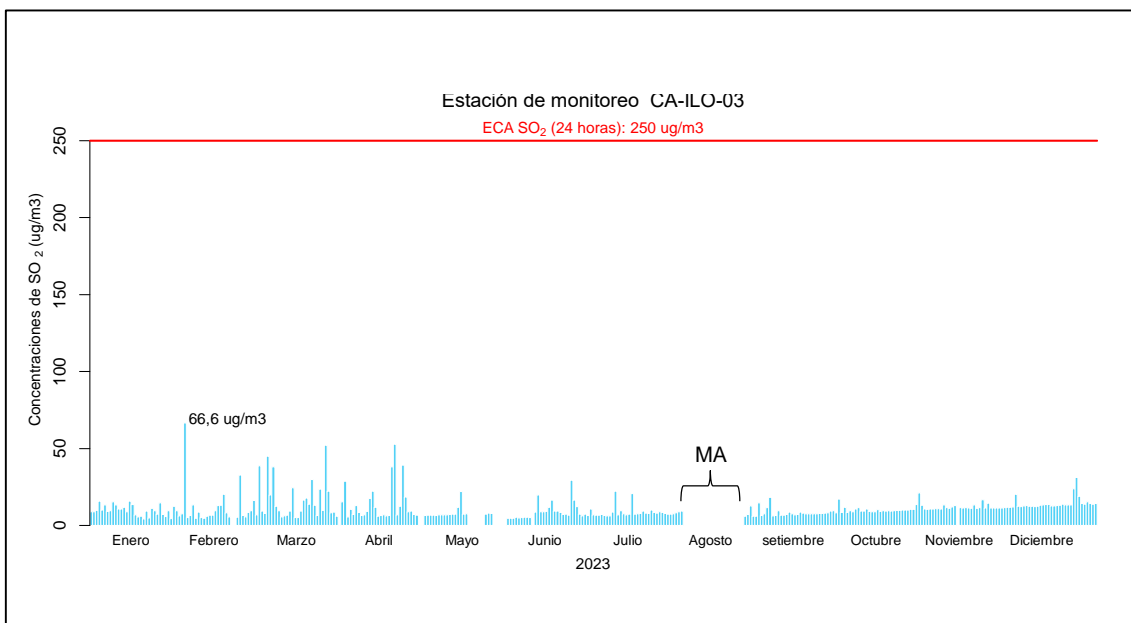
**Figura 4.2.14** Concentraciones de 24 horas de PM<sub>10</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-03, de enero a diciembre 2023  
CA: Calibración.

En la Figura 4.2.15 se presentan las concentraciones promedio de 24 horas de PM<sub>2,5</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-03 de enero a diciembre de 2023. Además, se observa que todas las concentraciones promedio de 24 horas no excedieron el valor de los ECA nacional para PM<sub>2,5</sub> (50 µg/m<sup>3</sup> en 24 horas).



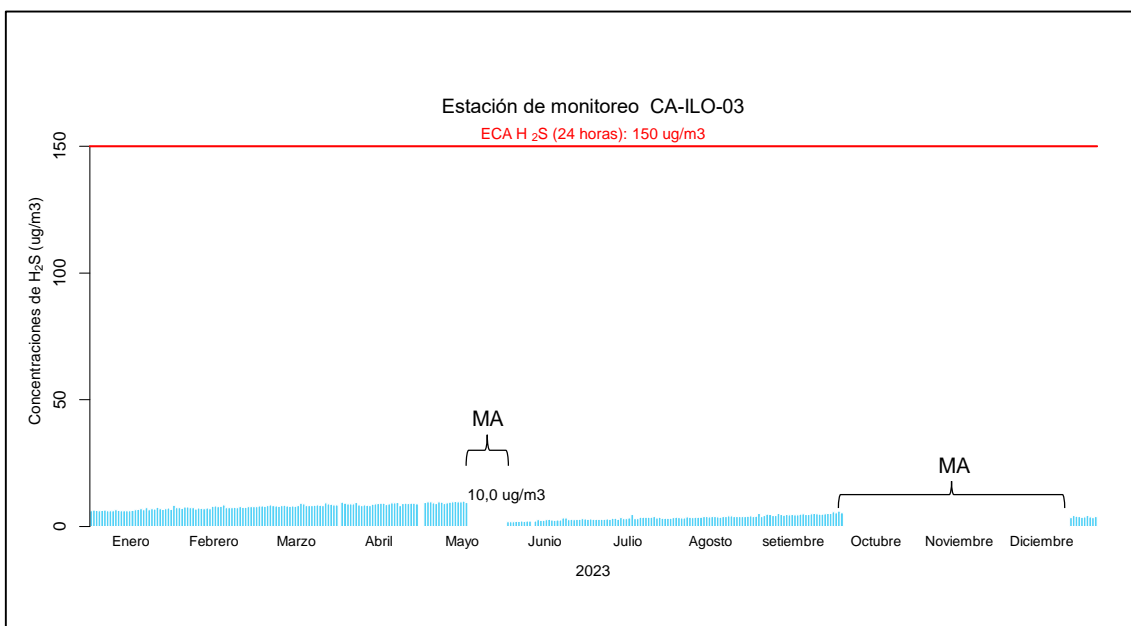
**Figura 4.2.15** Concentraciones de 24 horas de PM<sub>2.5</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-03, de enero a diciembre 2023  
CA: Calibración.

En la Figura 4.2.16 se presentan las concentraciones promedio de 24 horas de SO<sub>2</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-03 de enero a diciembre de 2023. Además, se observa que todas las concentraciones promedio de 24 horas no excedieron el valor de los ECA nacional para SO<sub>2</sub> (250 ug/m<sup>3</sup> en 24 horas).



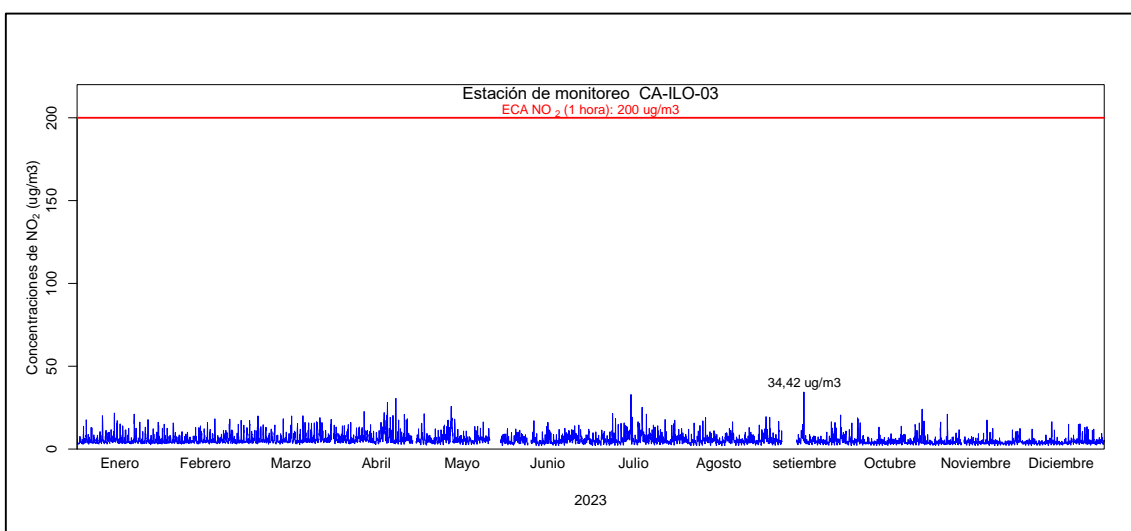
**Figura 4.2.16** Concentraciones de 24 horas de SO<sub>2</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-03, de enero a diciembre 2023  
MA: Mantenimiento.

En la Figura 4.2.17 se presentan las concentraciones promedio de 24 horas de H<sub>2</sub>S en la estación de monitoreo CA-ILO-03 de enero a diciembre de 2023. Además, se observa que todas las concentraciones promedio de 24 horas no excedieron el valor de los ECA nacional para H<sub>2</sub>S (150 ug/m<sup>3</sup> en 24 horas).



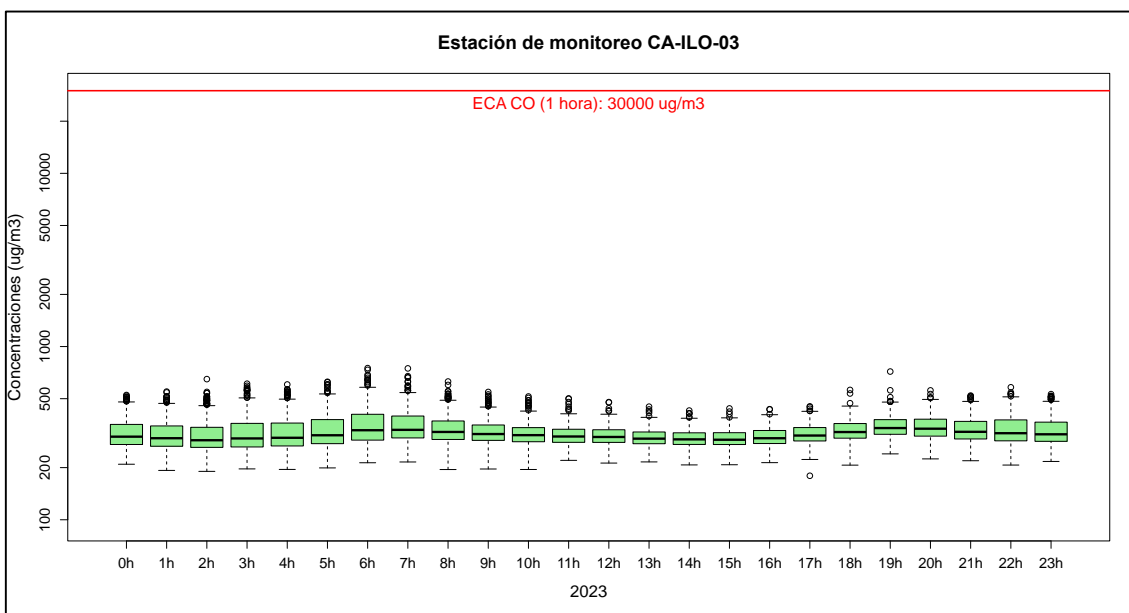
**Figura 4.2.17** Concentraciones de 24 horas de H<sub>2</sub>S en la estación de monitoreo CA-ILO-03, de enero a diciembre 2023  
 MA: Mantenimiento.

En la Figura 4.2.18 se presentan las concentraciones horarias de NO<sub>2</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-03 de enero a diciembre de 2023. Además, se observa que todas las concentraciones promedio horarias no excedieron el valor de los ECA nacional para NO<sub>2</sub> (200 µg/m<sup>3</sup> en 1 hora).

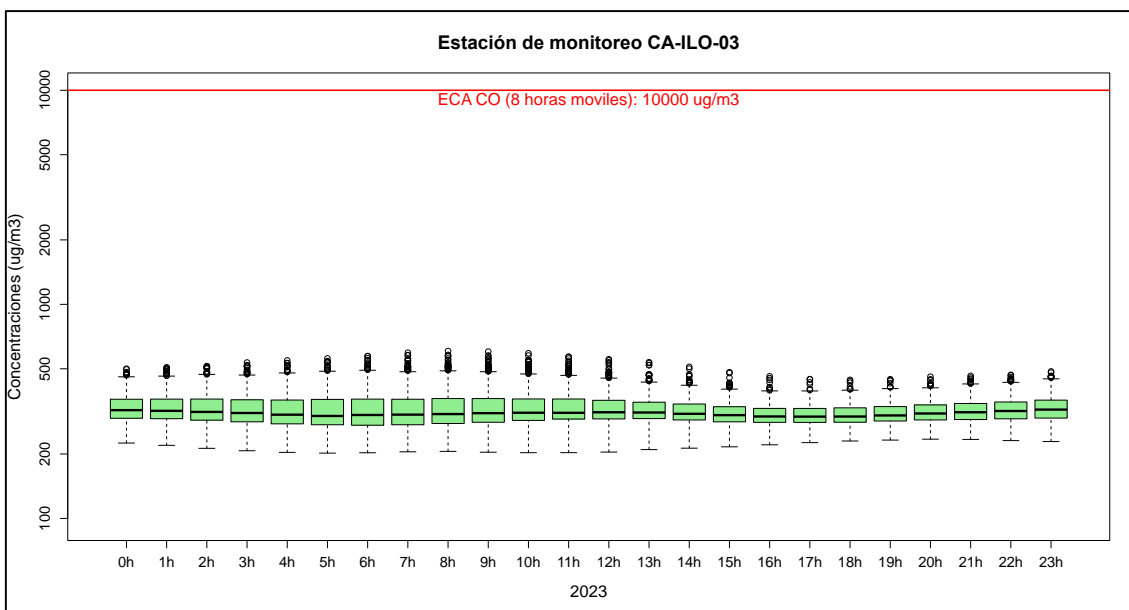


**Figura 4.2.18** Concentraciones de horarias de NO<sub>2</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-03, de enero a diciembre 2023

En la Figura 4.2.19 y la Figura 4.2.20 se presentan los diagramas de cajas horario y promedio móvil de 8 horas respectivamente, de las concentraciones de CO correspondiente a la estación de monitoreo CA-ILO-03, de enero a diciembre del 2023. Además, se observa que todas las concentraciones no excedieron el ECA para CO (30 000 µg/m<sup>3</sup> en 1 hora y 10 000 µg/m<sup>3</sup> en 8 horas móviles).



**Figura 4.2.19** Concentraciones horarias de CO en la estación de monitoreo CA-ILO-03, de enero a diciembre 2023



**Figura 4.2.20.** Concentraciones de promedio móvil de 8 horas de CO en la estación de monitoreo CA-ILO-03, de enero a diciembre 2023

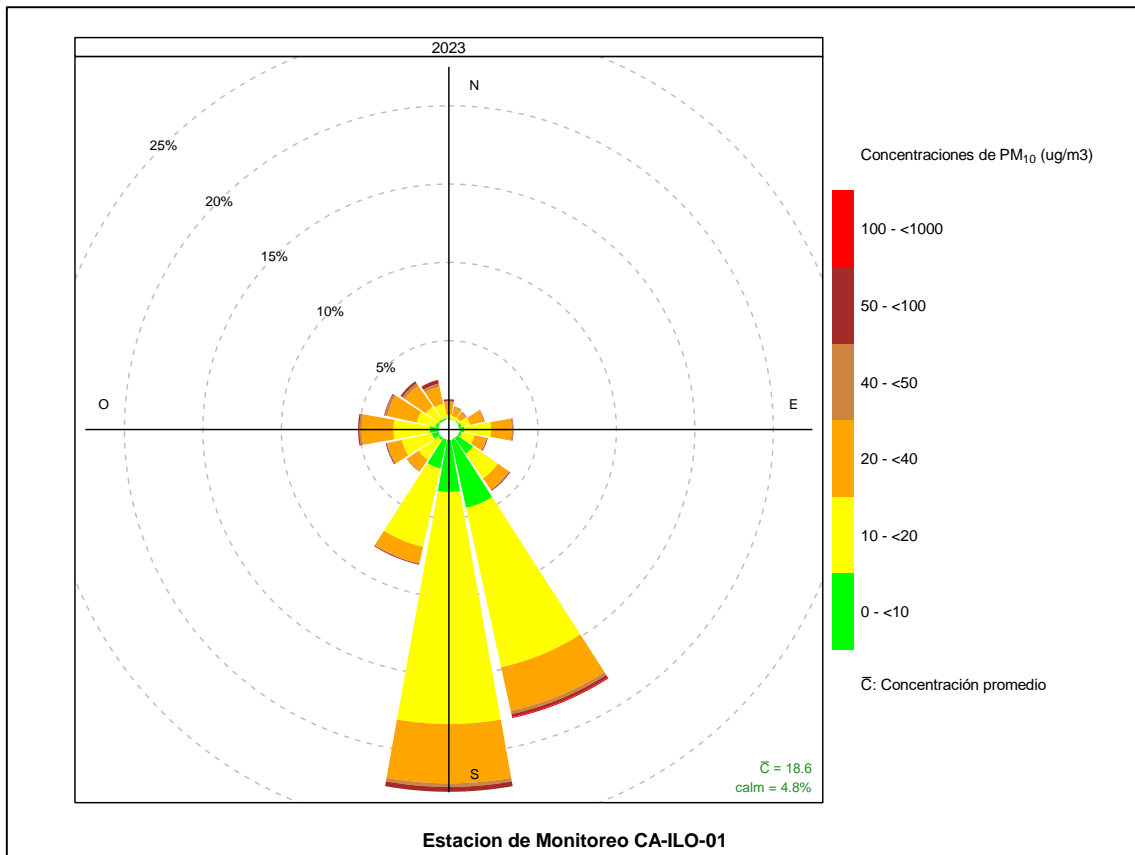
### 3.3. ROSAS DE CONCENTRACIONES.

#### 3.3.1. Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM<sub>10</sub>)

En las Figuras 4.3.1, 4.3.2 y 4.3.3 se presentan las rosas de concentraciones de PM<sub>10</sub> de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03 respectivamente.

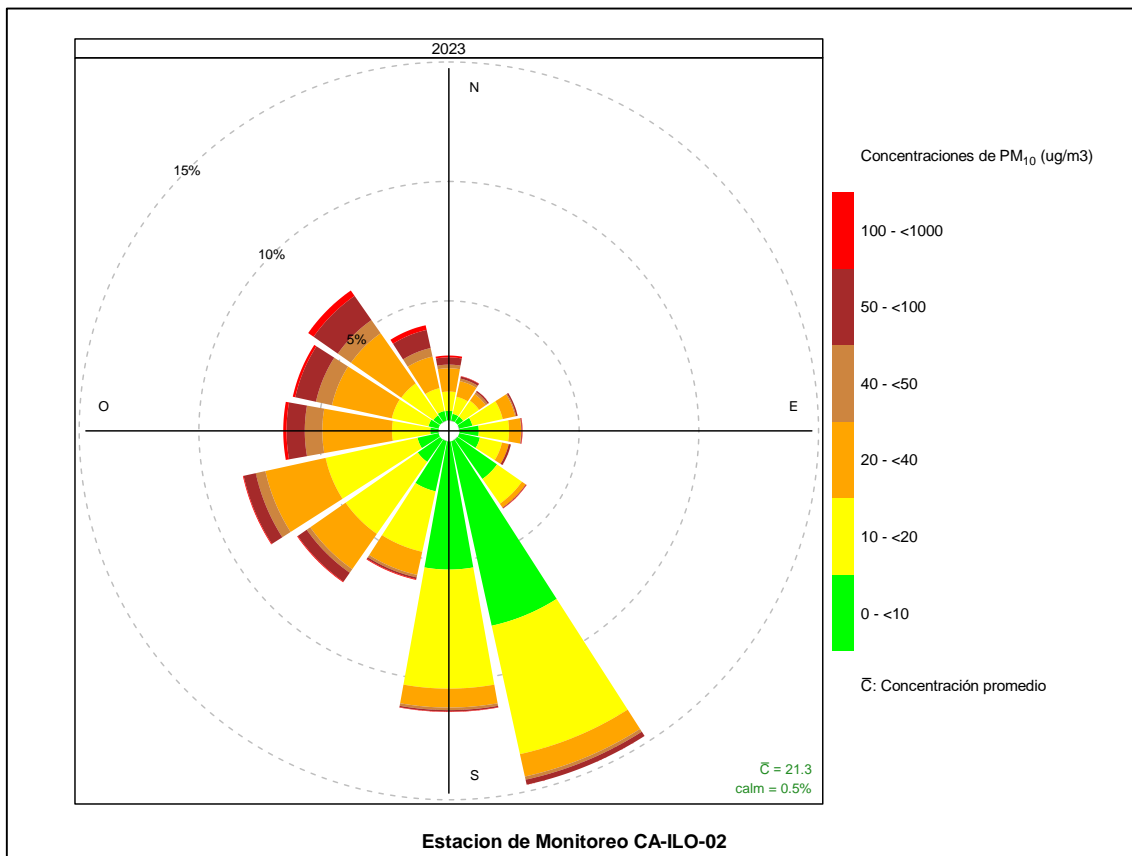
En la estación de monitoreo CA-ILO-01, sobre los vientos que vienen desde la dirección predominante sur(s): El 3,3% de los vientos están en el rango de 0 a 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 14,8% de los vientos corresponden al rango del 10 al 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 3,8% de los vientos están en el

rango del 20 al 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , un 0,2% de los vientos corresponden al rango del 40 y 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y otro 0,3% de los vientos corresponden al rango de 50 a 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .



**Figura 4.3.1** Rosa de concentración del  $\text{PM}_{10}$  en la estación de monitoreo CA-ILO-01, periodo de febrero a noviembre de 2023

En la estación de monitoreo CA-ILO-02, sobre los vientos que vienen de la dirección predominante sur sureste: un 7,9% de los vientos están en el rango de 0 a 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 5,5% de los vientos están en el rango del 10 al 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 1,0% de los vientos están en el rango de 20 a 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 0,1 % de los vientos están en el rango de 40 a 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 0,2% de los vientos están en el rango de 50 a 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Cabe mencionar que, aunque con menor predominancia, los vientos de origen noroeste y nornoroeste coinciden en los rangos de concentración mayores a 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  con una frecuencia de alrededor del 0,2% y se hace la precisión debido a que en la dirección norte se encuentra el administrado Southern Perú Copper Corporation tomando como referencia la estación en mención, tal y como se muestra en la figura 4.3.2.a. Otro aporte que se debe mencionar son los aerosoles marinos, formados por la incidencia de los vientos sobre la superficie del océano transportándolos hacia la costa y como se puede observar hay coincidencia con concentraciones mayores a 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  desde la dirección oeste, además de ser, la estación CA-ILO-02, el punto más cercano al mar respecto a las otras dos estaciones.

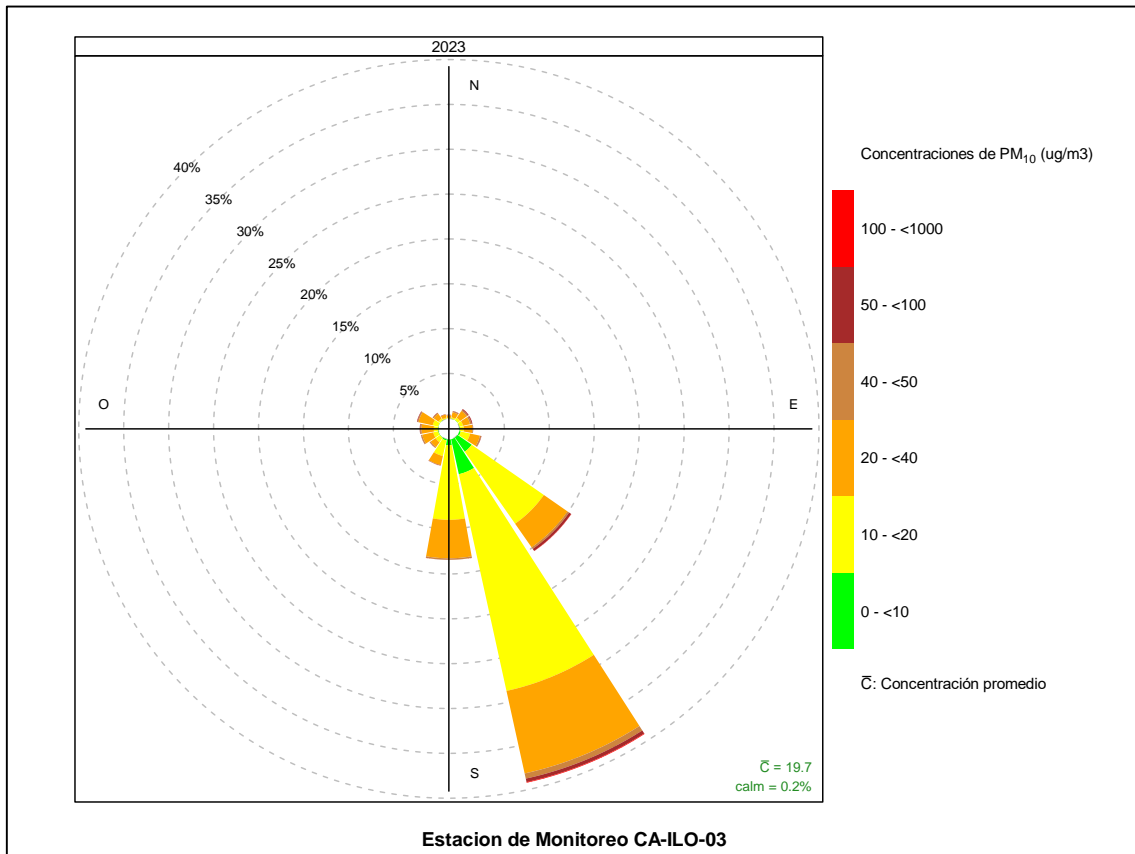


**Figura 4.3.2** Rosa de concentración del PM<sub>10</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-02, periodo de enero a diciembre de 2023



**Figura 4.3.2.a.** Ubicación de las estaciones de Vigilancia respecto al administrado Southern Peru Copper Corporation

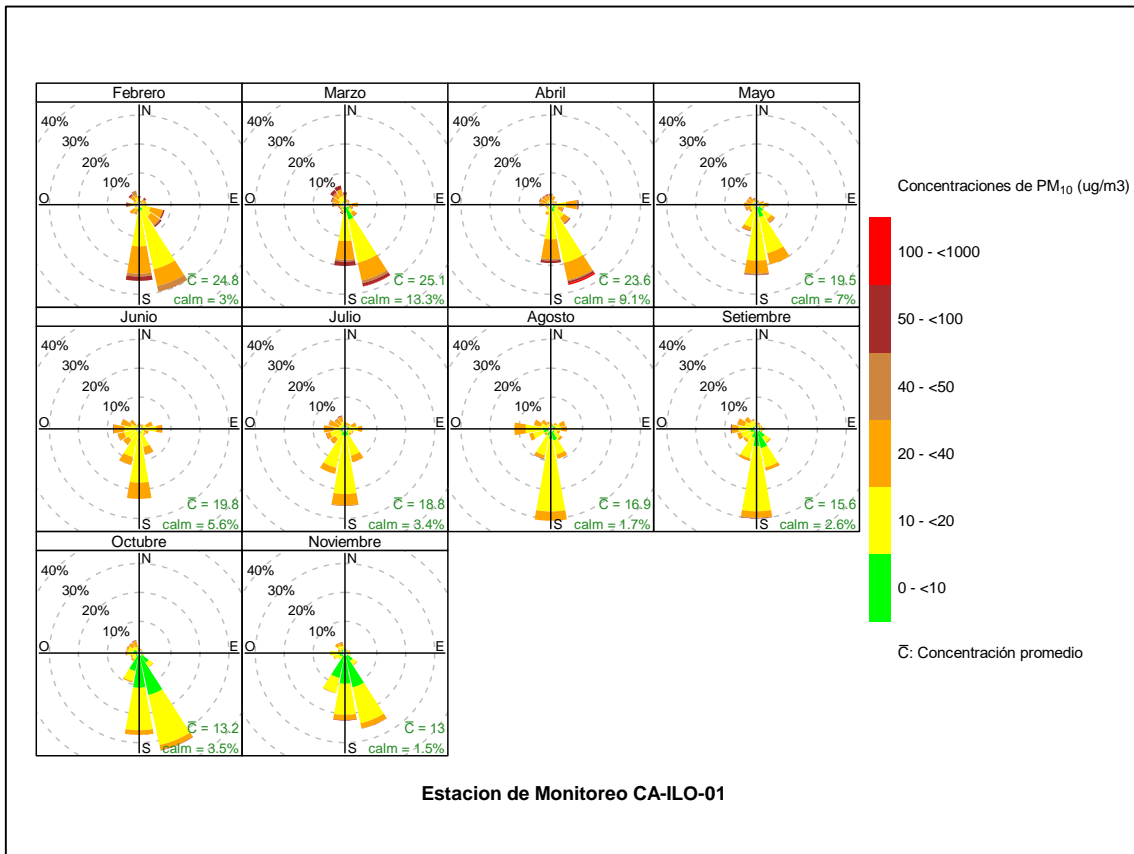
Y en la estación CA-ILO-03, para los vientos que vienen desde la dirección predominante sursureste: El 4,0% de los vientos están en el rango de 0 a 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 24,7% de los vientos están en el rango de 10 a 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 9,4% de los vientos están en el rango de 20 a 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 0,6% de los vientos están en el rango de 40 a 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 0,4% de los vientos están en el rango de 50 a 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y el 0,1% de los vientos están en el rango de concentración mayores a 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .



**Figura 4.3.3** Rosa de concentración del PM<sub>10</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-03, periodo de enero a diciembre de 2023

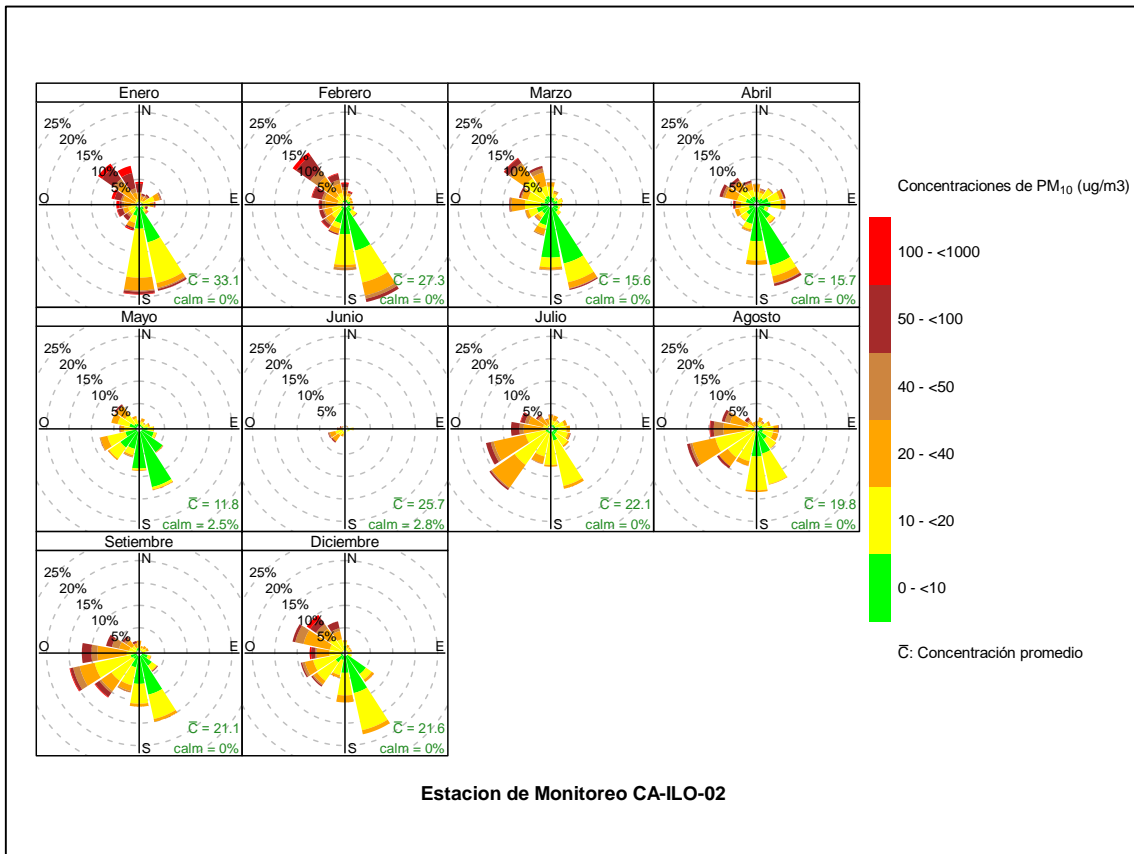
En las Figuras 4.3.4, 4.3.5 y 4.3.6 se presentan las rosas de concentraciones mensuales de PM<sub>10</sub> de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03 del año 2023.

En la estación CA-ILO-01, se observa que en los meses desde febrero hasta abril las concentraciones en el rango de 0 a 100 µg/m<sup>3</sup> coinciden con los vientos de origen sur. En los otros meses con los vientos que provienen del sur, el rango de concentraciones se encuentra entre 0 y 40 µg/m<sup>3</sup>.



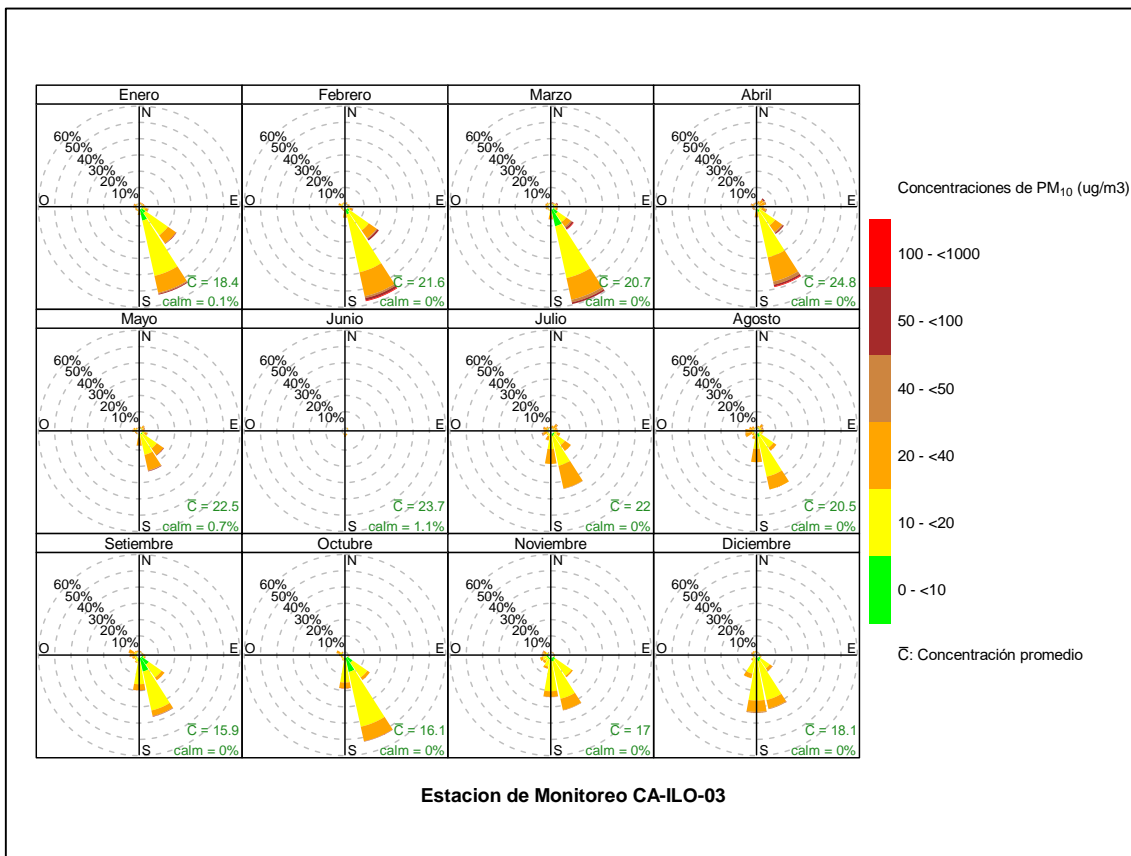
**Figura 4.3.4** Rosa de concentración mensual del PM<sub>10</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-01, periodo de febrero a noviembre de 2023

En la estación CA-ILO-02, se observa que, entre diciembre, enero y febrero, se tiende a mostrar concentraciones superiores a 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en los vientos provenientes del noroeste y nornoroeste y se hace esta precisión debido a que en la dirección norte se encuentra el administrado Southern Perú Copper Corporation tomando como referencia la estación en mención (ver figura 4.3.2.a). Entre otras, una de las razones de la concentración de partículas, es el incremento de temperaturas (verano) en la costa, esto genera un mayor movimiento de los vientos y en consecuencia mayor transporte de partículas.



**Figura 4.3.5** Rosa de concentración mensual del PM<sub>10</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-02, periodo de enero a diciembre de 2023

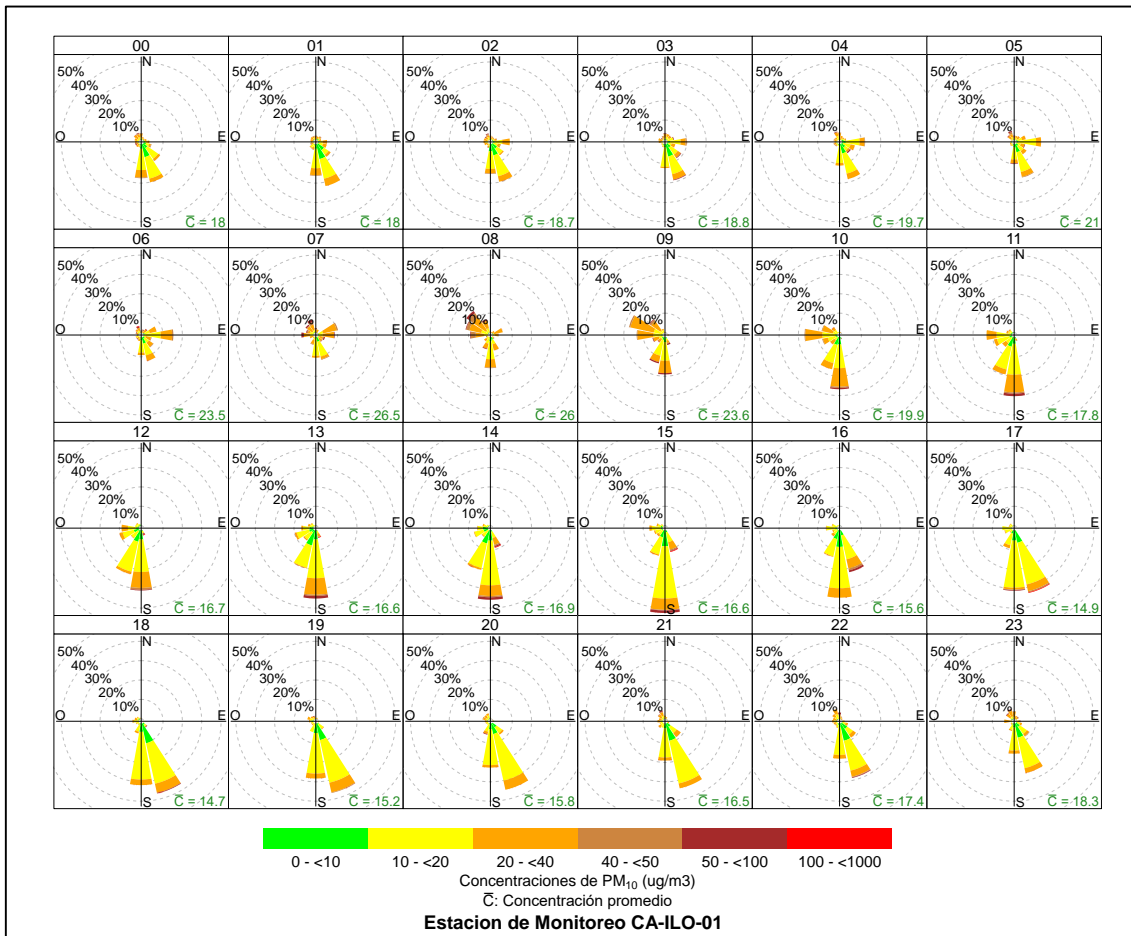
Y en la estación CA-ILO-03, se observa que las concentraciones entre 20 y 40µg/m<sup>3</sup> están presentes en todos los meses, como máximo rango en los vientos predominantes del sursureste. También es preciso mencionar que, en los meses entre febrero y abril, para los vientos que vienen desde el sursureste se muestran adicionalmente concentraciones en rangos mayores a 100 µg/m<sup>3</sup>. Estos rangos de concentraciones no se muestran en los otros meses.



**Figura 4.3.6** Rosa de concentración mensual del PM<sub>10</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-03, periodo de enero a diciembre de 2023

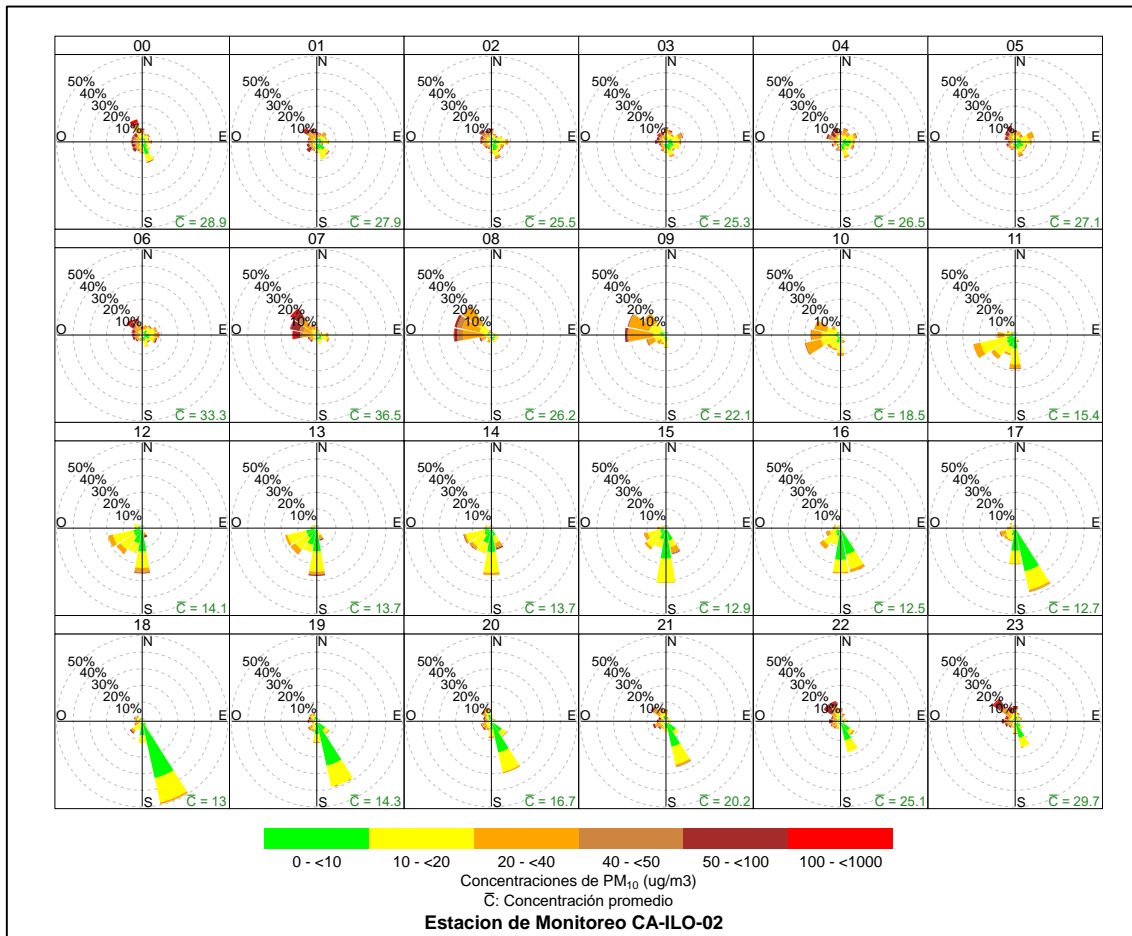
En las Figuras 4.3.7, 4.3.8 y 4.3.9 se presentan las rosas de concentraciones horarias de PM<sub>10</sub> de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del año 2023.

En la estación CA-ILO-01, se observa que entre las 7:00 y 8:00 horas las concentraciones en el rango de 40 a 50 µg/m<sup>3</sup> coinciden con los vientos que provienen del oeste, oeste noroeste y noroeste. Y en la dirección normalmente predominante sur el rango se muestra entre 0 y 40 µg/m<sup>3</sup>, a excepción de entre las 9:00 y 15:00 horas donde se muestra un rango de 50 y 100 µg/m<sup>3</sup>.



**Figura 4.3.7** Rosa de concentración horaria del PM<sub>10</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-01, periodo de febrero a noviembre de 2023

En la estación CA-ILO-02, se observa que, durante la noche, las concentraciones mayores a 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  coinciden entre otros en las direcciones noroeste, nornoroeste, ostenoroeste, oeste y este comportamiento se muestra también en la mañana entre las 6:00 y 7:00 horas. Durante el día, en las direcciones sur y sursureste hay mayor coincidencia con las concentraciones de rango menores a 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .



**Figura 4.3.8** Rosa de concentración horaria del PM<sub>10</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-02, periodo de enero a diciembre de 2023

Y en la estación CA-ILO-03, se observa que, durante la noche, las concentraciones en un rango de 0 a 40 µg/m<sup>3</sup> coinciden con los vientos que provienen del sursureste. Durante el día, las concentraciones pueden estar incluso en el rango de 50 a 100 µg/m<sup>3</sup>, aunque con baja frecuencia y coincidente con los vientos provenientes del sursureste.

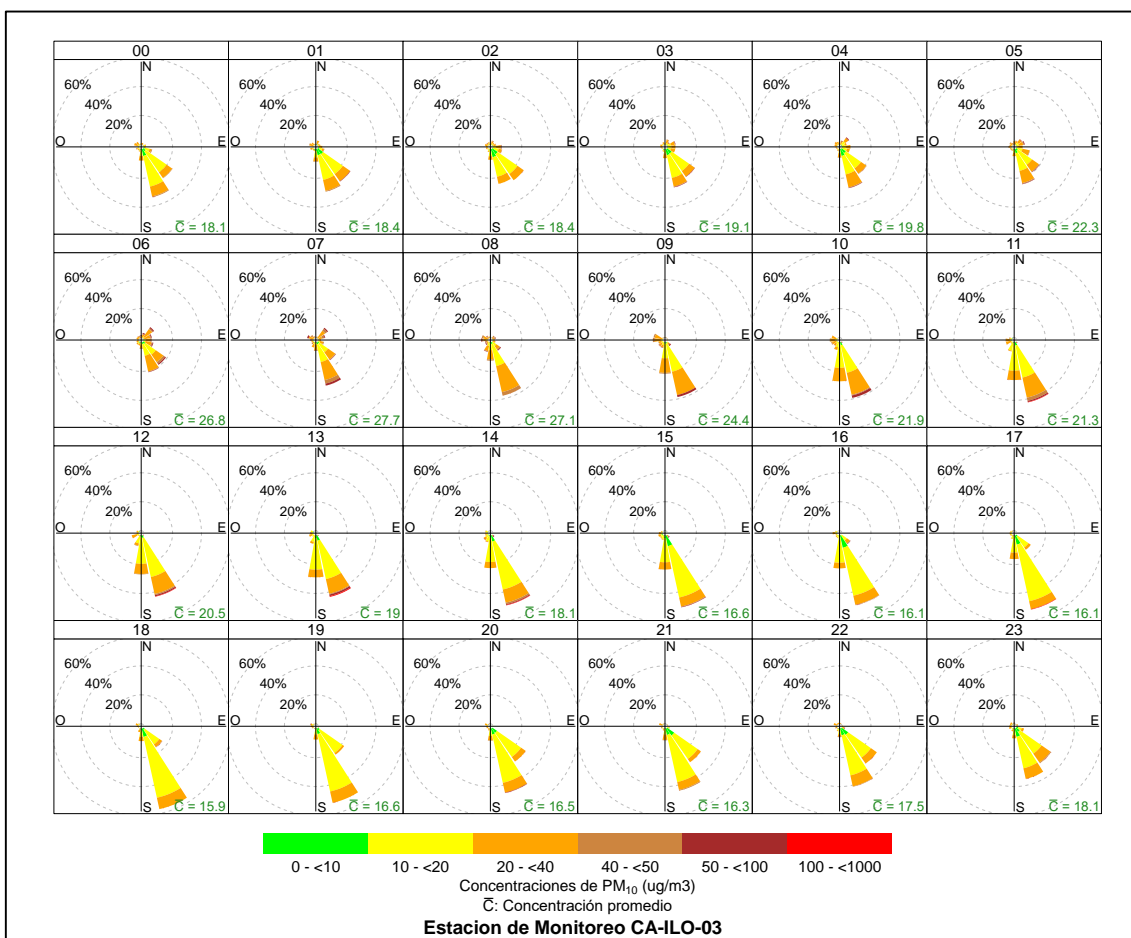
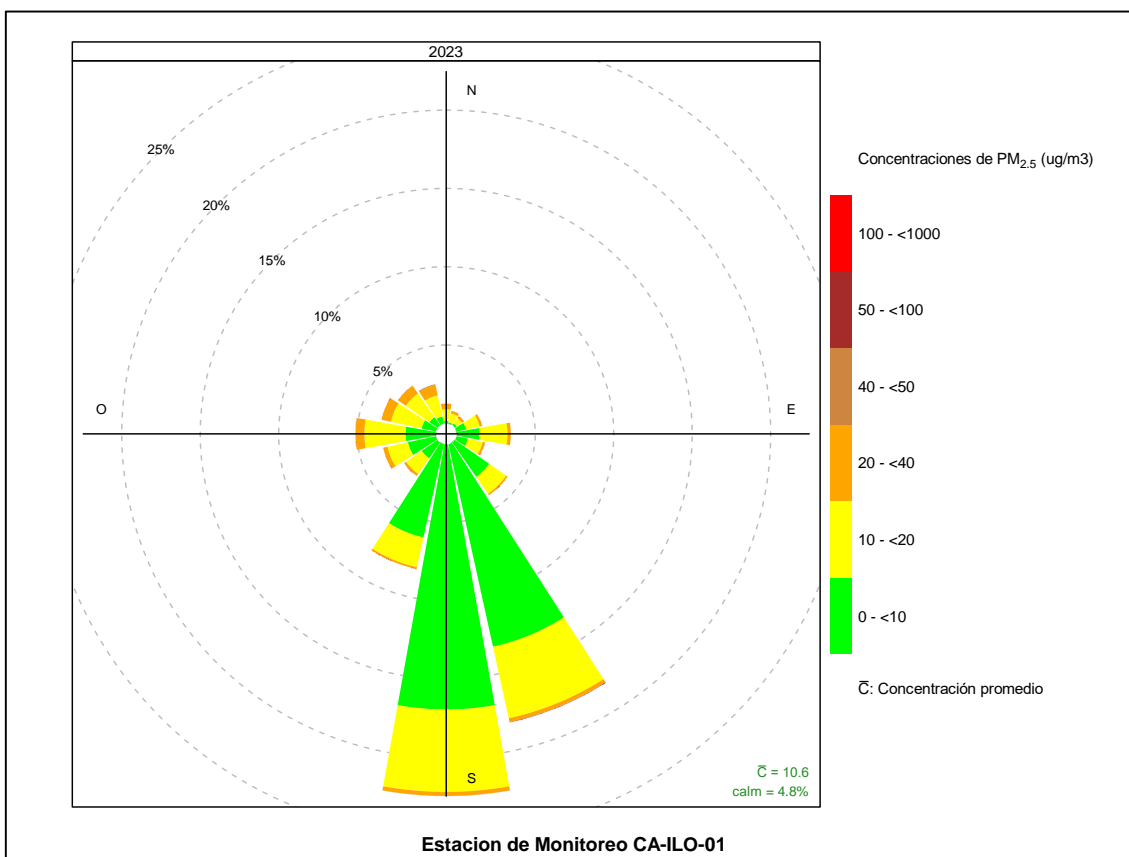


Figura 4.3.9 Rosa de concentración horaria del PM<sub>10</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-03, periodo de enero a diciembre de 2023

### 3.3.2. Material particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM<sub>2,5</sub>)

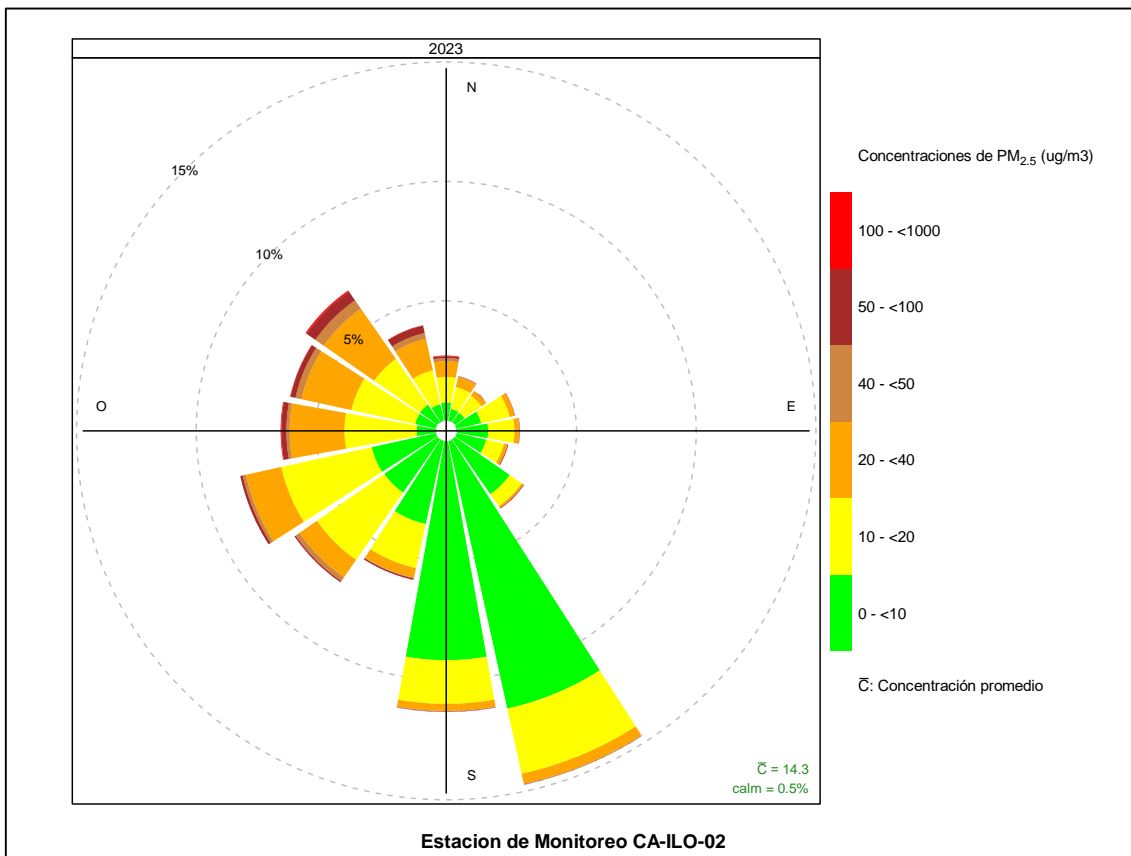
En las Figuras 4.3.10, 4.3.11 y 4.3.12 se presentan las rosas de concentraciones de PM<sub>2,5</sub> de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del año 2023.

En la estación de monitoreo CA-ILO-01, se observa que, en la dirección sur (s), que es la predominante: el 16,9% de los vientos comprende un rango de 0 a 10µg/m<sup>3</sup>, el 5,3% de los vientos están en el rango de 10 a 20µg/m<sup>3</sup>, el 0,3% de los vientos están en el rango de 20 a 40µg/m<sup>3</sup>, el 0,01% de los vientos están en el rango de 40 a 50µg/m<sup>3</sup>.



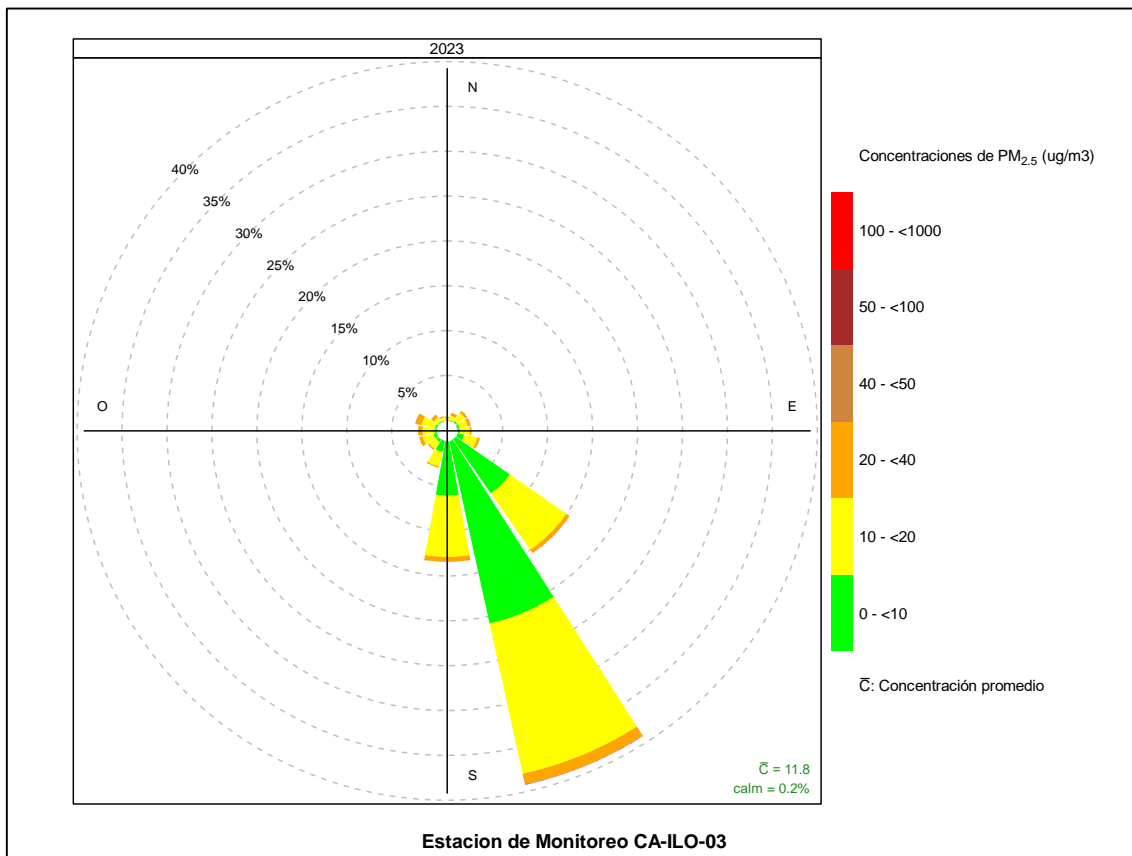
**Figura 4.3.10** Rosa de concentración del  $PM_{2.5}$  en la estación de monitoreo CA-ILO-01, periodo de febrero a noviembre de 2023

En la estación de monitoreo CA-ILO-02, se observa que, de los vientos que predominantemente provienen del sursureste: el 11,5% de los vientos están en el rango de 0 a  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 2,8% comprenden un rango de 10 a  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 0,4% están entre 20 y  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y el 0,05% están entre 40 y  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Y de la dirección noroeste: el 0,9% de los vientos caen en el rango de 0 a  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 2,3% están dentro del rango de 10 a  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 2,6% están en el rango de 20 a  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 0,4% están en el rango de 40 a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 0,4% están en el rango de 50 a  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y el 0,06% son concentraciones mayores a  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Se menciona la dirección noroeste debido a que a 14 km aproximadamente al norte se encuentran las instalaciones de la Fundición de cobre y a 4 km aproximadamente la Refinería de cobre, unidades productivas de Southern Perú Copper Corporation tomando como referencia la estación en mención (ver figura 4.3.2.a). Otro aporte que se debe mencionar son los aerosoles marinos, formados por la incidencia de los vientos sobre la superficie del océano transportándolos hacia la costa y como se puede observar hay coincidencia con concentraciones mayores a  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  desde la dirección oeste, además de ser, la estación CA-ILO-02, el punto más cercano al mar respecto a las otras dos estaciones.



**Figura 4.3.11** Rosa de concentración del PM<sub>2.5</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-02, periodo de enero a diciembre de 2023

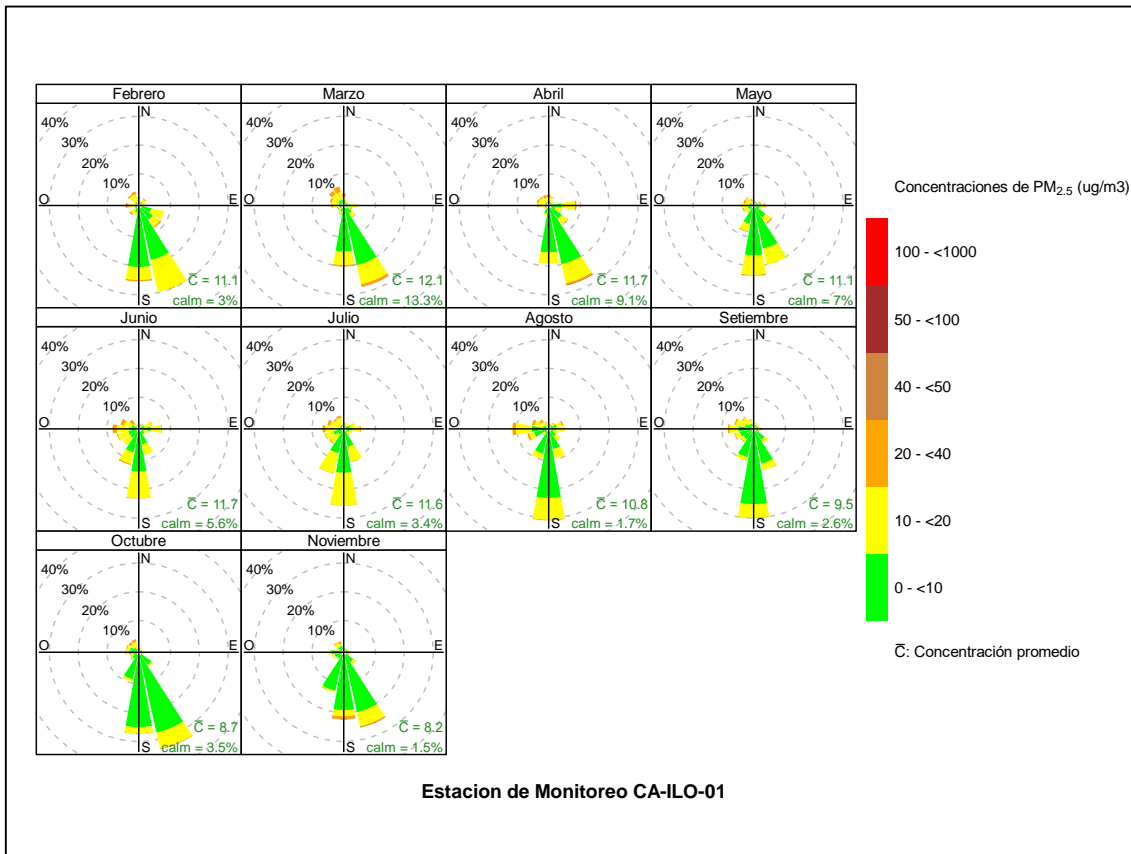
Y en la estación CA-ILO-03, se observa que, en la dirección sursureste, que es la predominante: el 20,8% de los vientos comprende un rango de 0 a 10µg/m<sup>3</sup>, el 17,2% de 10 a 20µg/m<sup>3</sup>, el 1,2% están en el rango de 20 a 40µg/m<sup>3</sup> y el 0,05% están en el rango de 40 a 50µg/m<sup>3</sup>.



**Figura 4.3.12** Rosa de concentración del PM<sub>2.5</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-03, periodo de enero a diciembre de 2023

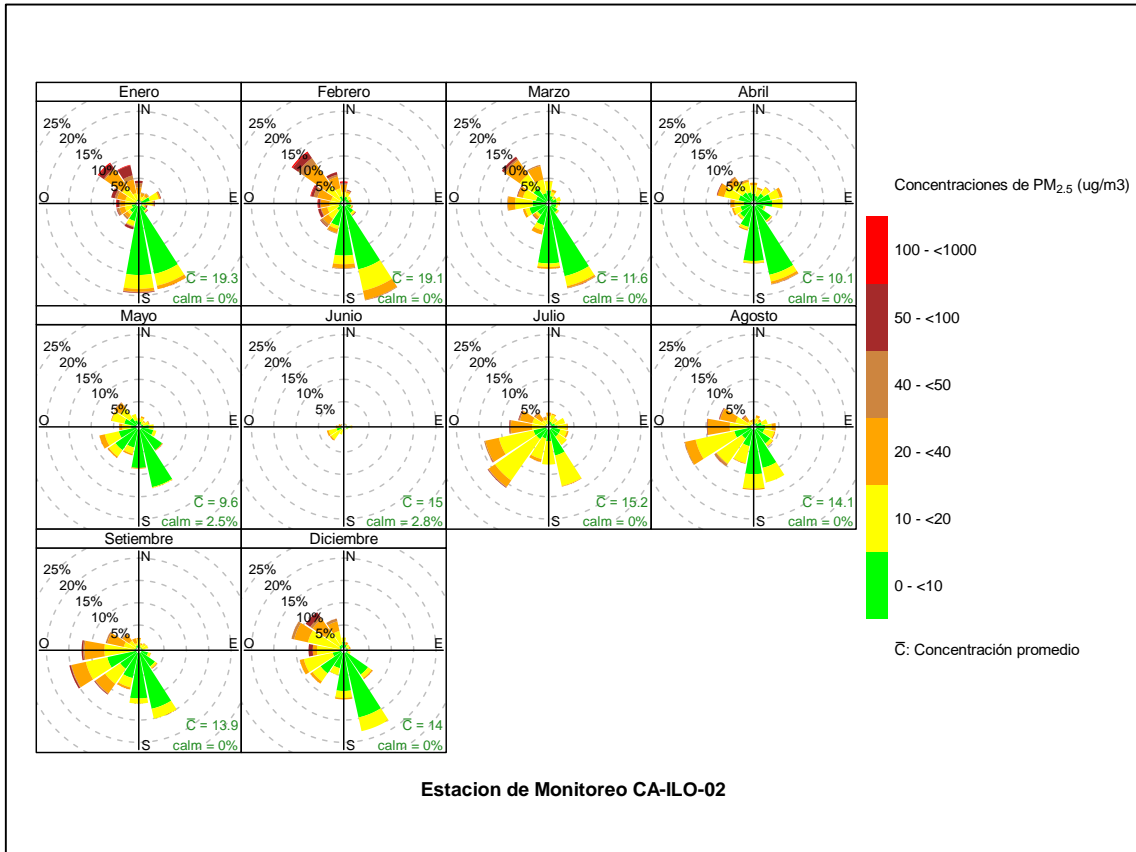
En las Figuras 4.3.13, 4.3.14 y 4.3.15 se presentan las rosas de concentraciones mensuales de PM<sub>2.5</sub> de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del año 2023.

En la estación CA-ILO-01, se observa que, en las direcciones de viento predominantes sur y sursureste, el rango de concentraciones coincidentes son de 0 a 20 µg/m<sup>3</sup> en los meses de mayo a octubre, en los meses restantes, que están bien cerca al verano, se observa el rango de concentración de 20 a 40 µg/m<sup>3</sup>.



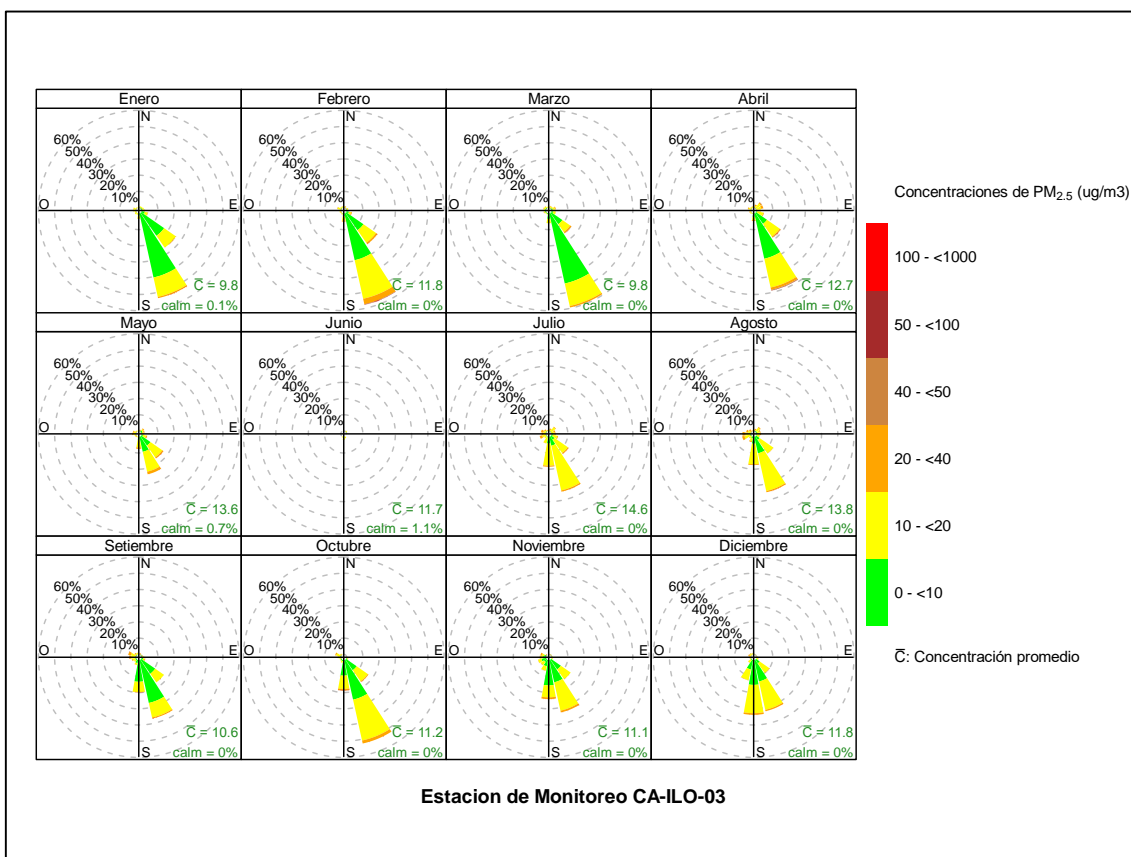
**Figura 4.3.13** Rosa de concentración mensual del PM<sub>2.5</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-01, periodo de febrero a noviembre de 2023

En la estación CA-ILO-02, se observa que en los meses de enero y febrero, las concentraciones mayores de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  coinciden con mayor frecuencia con los vientos del noroeste y nornoroeste y se hace esta precisión debido a que en la dirección norte, a 14km aproximadamente desde la estación en mención, se encuentran las instalaciones de la Fundición de cobre y a 4 km aproximadamente la Refinería de cobre, unidades productivas de Southern Perú Copper Corporation, tomando como referencia la estación en mención (ver figura 4.3.2.a). Entre otras, una de las razones de la concentración de partículas, es el incremento de temperaturas (verano) en la costa, esto genera un mayor movimiento de los vientos y en consecuencia mayor transporte de partículas.



**Figura 4.3.14** Rosa de concentración mensual del PM<sub>2,5</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-02, periodo de enero a diciembre de 2023

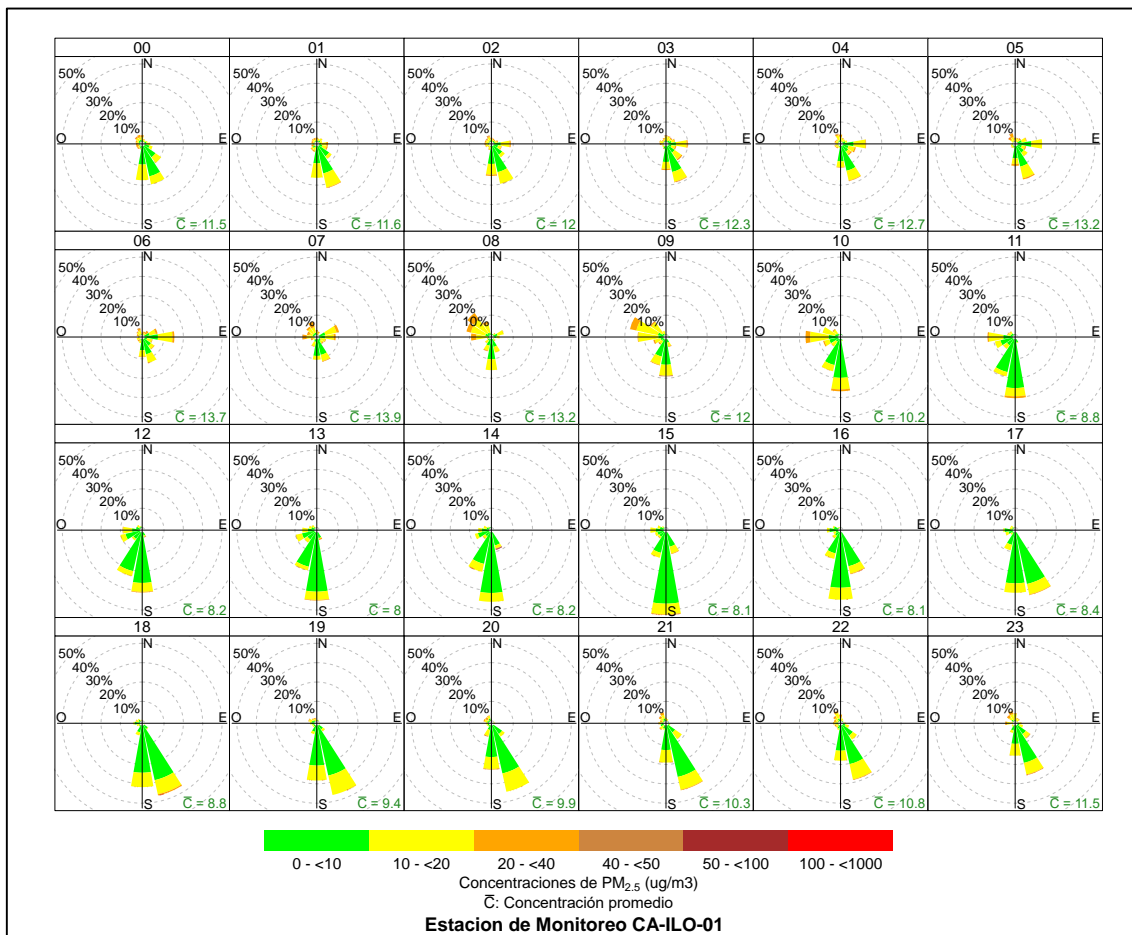
Y en la estación CA-ILO-03, se observa que, en todos los meses, las concentraciones en el rango de 0 a 40µg/m<sup>3</sup>, coinciden con la dirección predominante sursureste.



**Figura 4.3.15** Rosa de concentración mensual del PM<sub>2,5</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-03, periodo de enero a diciembre de 2023

En las Figuras 4.3.16, 4.3.17 y 4.3.18 se presentan las rosas de concentraciones horarias de PM<sub>2,5</sub> de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del año 2023.

En la estación CA-ILO-01, se observa que normalmente en cualquier hora del día las concentraciones de 0 a 20 µg/m<sup>3</sup> coinciden con las direcciones predominantes sur y sursureste. Cabe mencionar que, durante la mañana, entre las 7:00 y 10:00 horas se observa que las concentraciones en el rango de 20 a 40 µg/m<sup>3</sup>, coinciden con mayor frecuencia con los vientos que provienen del oeste, oestenoroeste y noroeste.



**Figura 4.3.16** Rosa de concentración horaria del PM<sub>2.5</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-01, periodo de febrero a noviembre de 2023

En la estación CA-ILO-02, se observa que, durante la noche hay mayor coincidencia con las concentraciones mayores a 40 µg/m<sup>3</sup> y entre las 22:00 y 1:00 horas de la noche con una mayor frecuencia con los vientos que provienen del nornoroeste y noroeste. Cabe mencionar que el mismo comportamiento se observa entre las 6:00 y 7:00 horas de la mañana.

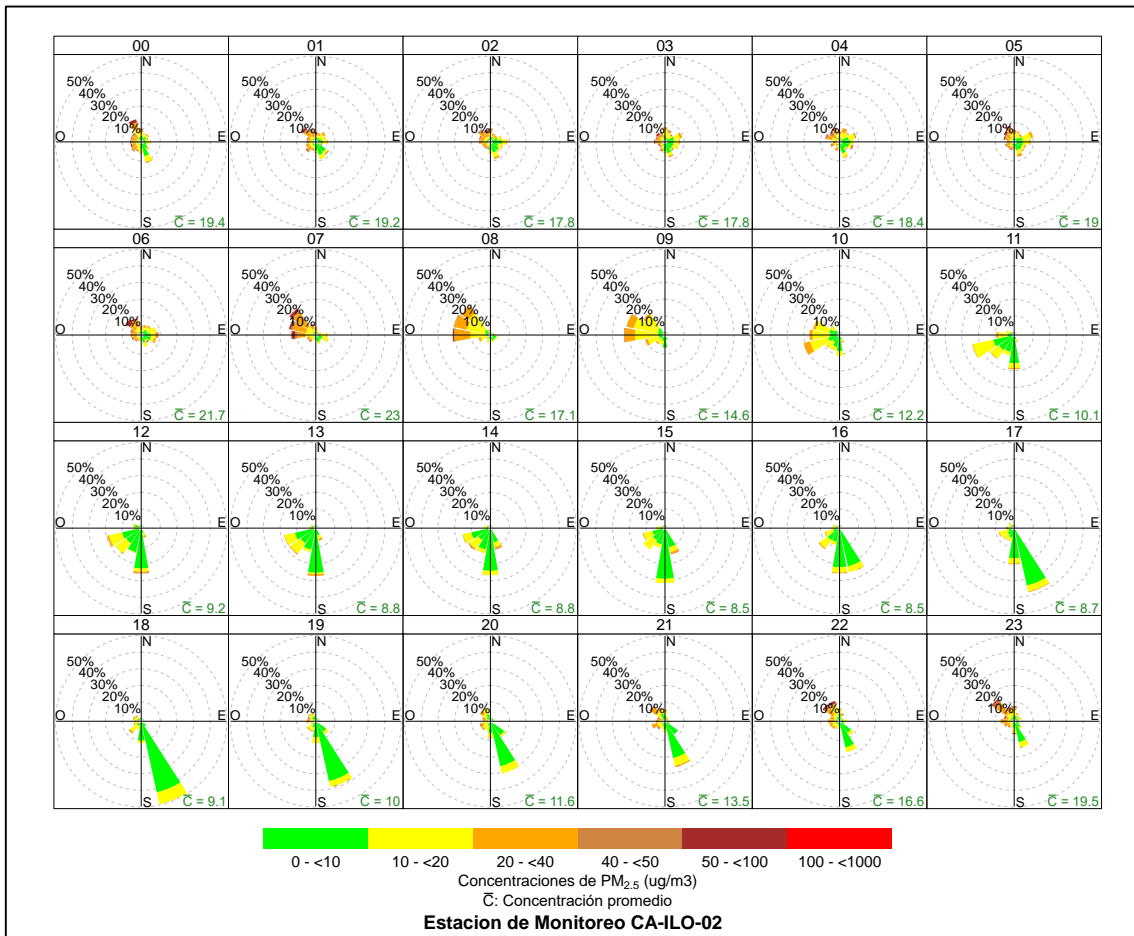


Figura 4.3.17 Rosa de concentración horaria del PM<sub>2.5</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-02, periodo de enero a diciembre de 2023

Y en la estación CA-ILO-03, se observa que, en los vientos provenientes de la dirección predominante del sursureste hay coincidencia con concentraciones entre 0 a 40 µg/m<sup>3</sup>.

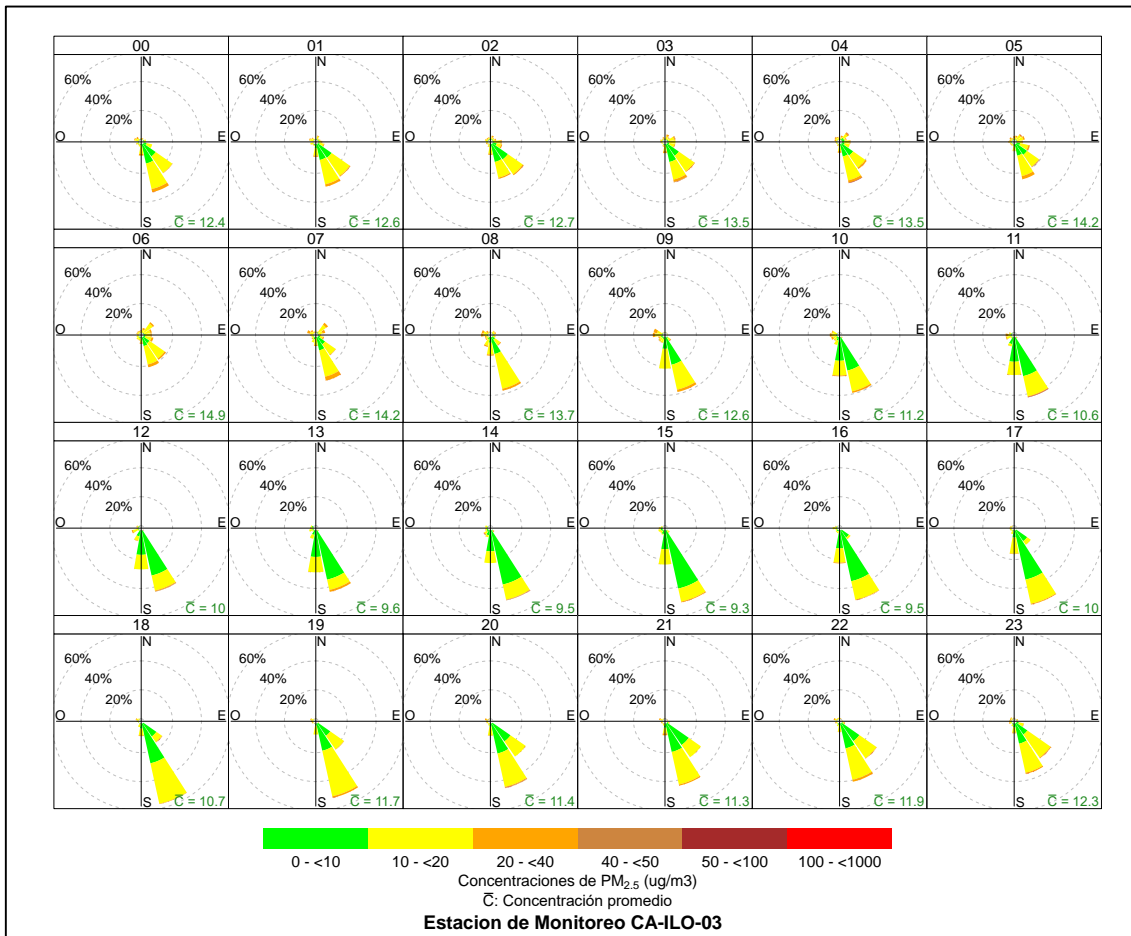
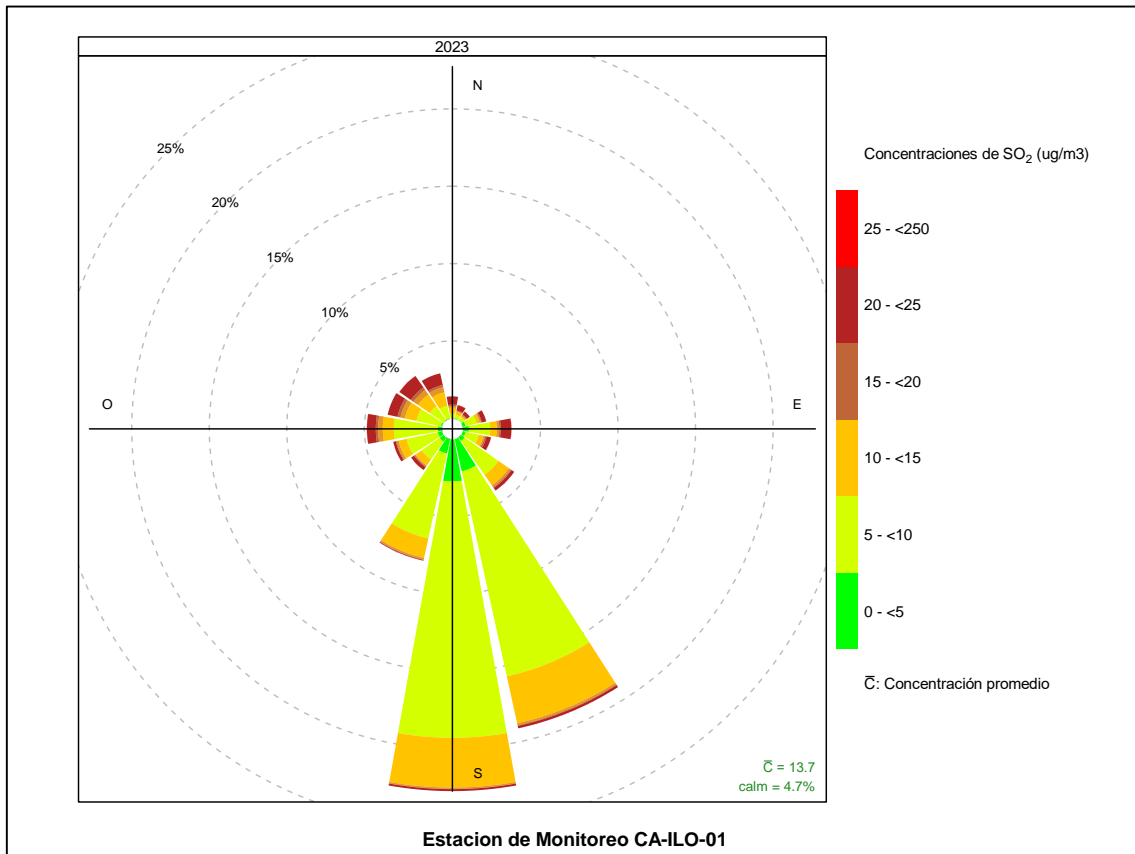


Figura 4.3.18 Rosa de concentración horaria del PM<sub>2.5</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-03, periodo de enero a diciembre de 2023

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

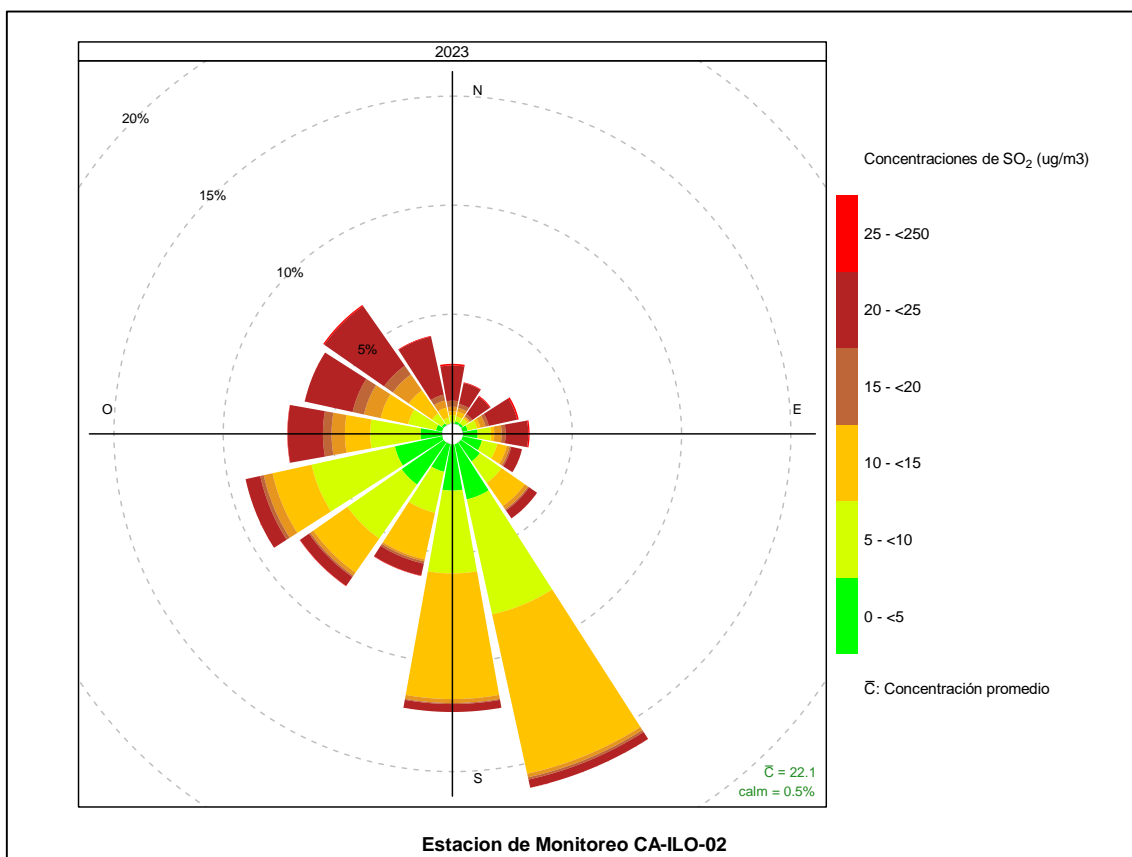
En las Figuras 4.3.19, 4.3.20 y 4.3.21 se presentan las rosas de concentraciones de SO<sub>2</sub> de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del periodo de enero a diciembre de 2023.

En la estación de monitoreo CA-ILO-01, se observa que en la dirección predominante sur: el 2,7% de los vientos están en el rango de 0 a 5µg/m<sup>3</sup>, el 16,6% de los vientos están en el rango de 5 a 10µg/m<sup>3</sup>, el 3,2% de los vientos están en el rango de 10 a 15µg/m<sup>3</sup>, el 0,1% están en el rango del 15 al 20 µg/m<sup>3</sup>, el 0,01% en el rango del 20 al 25µg/m<sup>3</sup> y el 0,1% de los vientos están en el rango de 25 a 250µg/m<sup>3</sup>, cabe mencionar que las concentraciones mayores de 250µg/m<sup>3</sup> se hacen presente en las direcciones de menor presencia de vientos, oeste, noroeste, este.



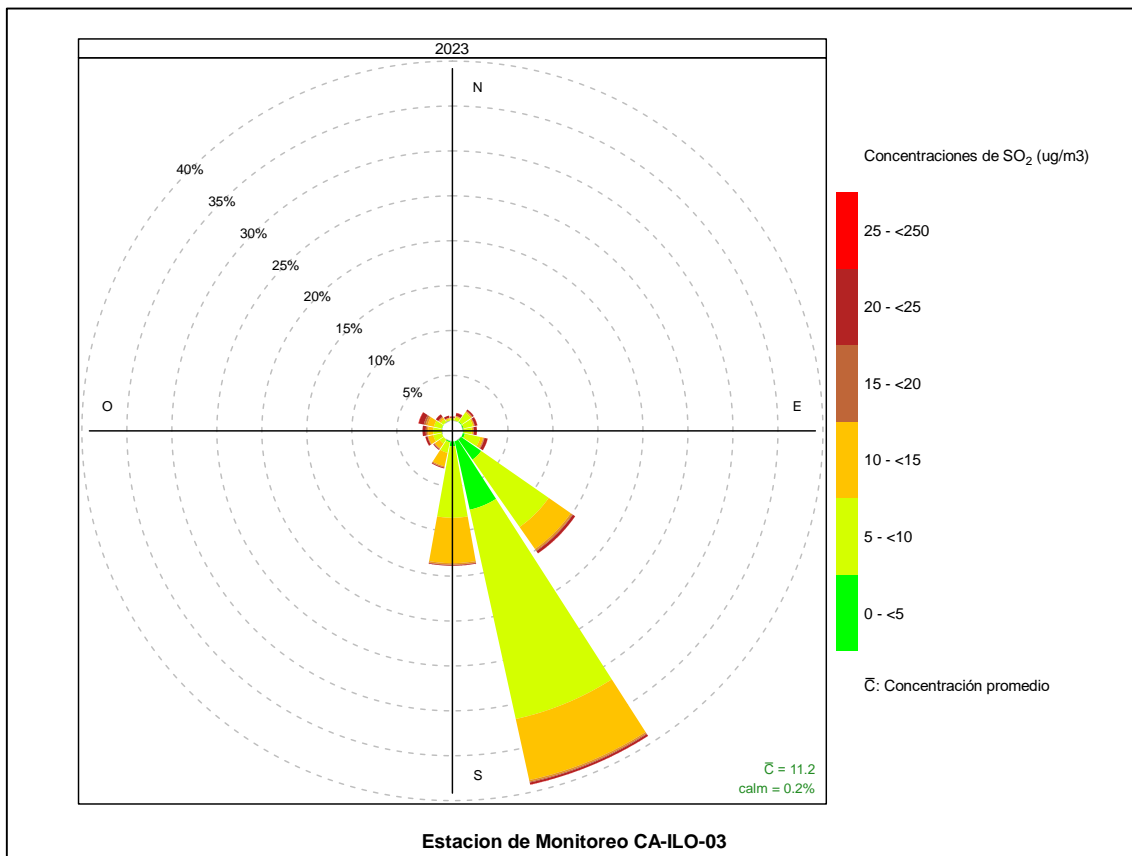
**Figura 4.3.19** Rosa de concentración del SO<sub>2</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-01, periodo de enero a diciembre de 2023

En la estación de monitoreo CA-ILO-02, se observa en la dirección de predominancia sursureste: que el 2,6% de los vientos están los rangos de 0 a 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 5,4% de los vientos están los rangos de 5 a 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 7,5% de los vientos caen en los rangos de 10 a 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , un 0,2% de los vientos están entre 15 y 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 0,1% de los vientos están los rangos de 20 a 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y el 0,4% de los vientos están los rangos de 25 a 250  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Cabe mencionar que las concentraciones horarias mayores de 250  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  se hacen presente en las direcciones de menor presencia de vientos, como el norte, dirección en la que a 14km aproximadamente desde la estación en mención, se encuentran las instalaciones de la Fundición de cobre y a 4 km aproximadamente la Refinería de cobre, unidades productivas de Southern Perú Copper Corporation (ver figura 4.3.2.a) y esta estación es la más cercana a las instalaciones del administrado mencionadas. Cabe recordar que las concentraciones no han superado el ECA nacional de 24 horas.



**Figura 4.3.20** Rosa de concentración del SO<sub>2</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-02, periodo de enero a diciembre de 2023

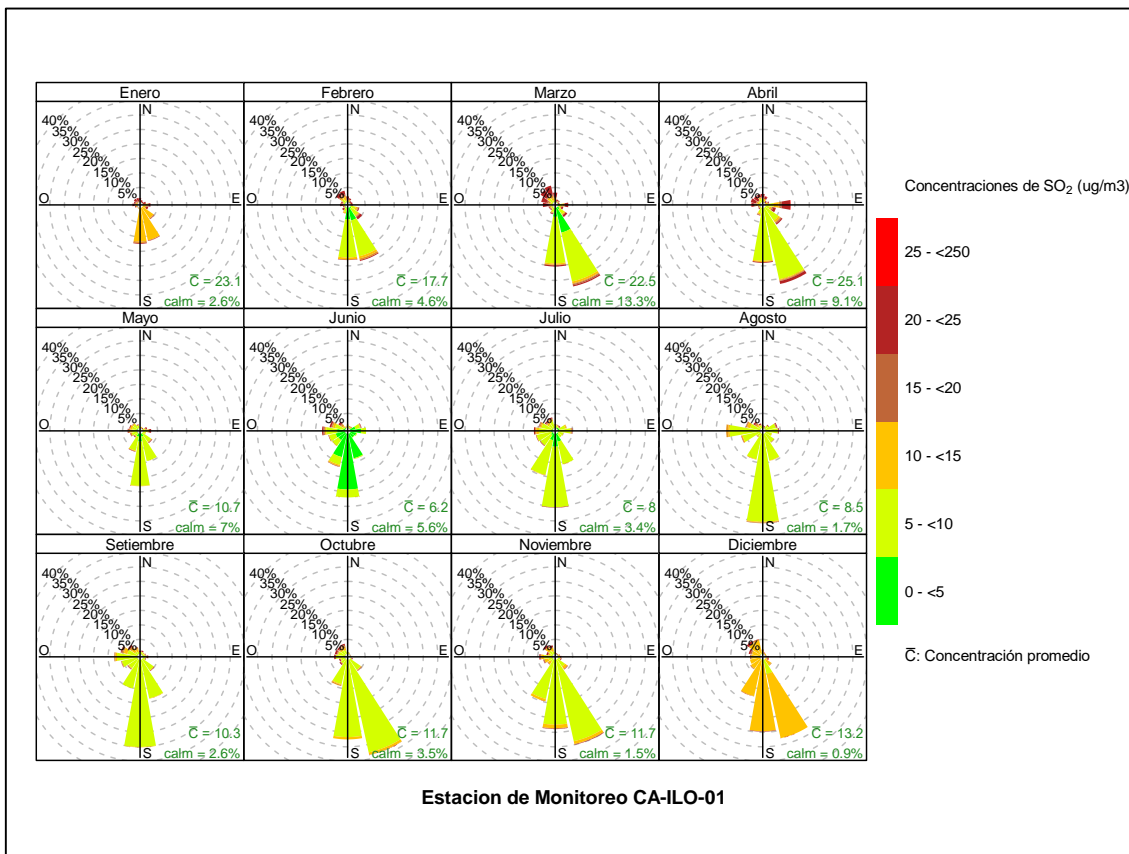
Y en la estación CA-ILO-03, se observa que desde la dirección predominante sursureste, el 7,8% de vientos están en el rango del 0 a 5 µg/m<sup>3</sup>, el 23,9% de los vientos están dentro de los 5 a 10 µg/m<sup>3</sup>, el 7,0% de los vientos están los rangos de 10 a 15 µg/m<sup>3</sup>, el 0,2% de los vientos están los rangos de 15 a 20 µg/m<sup>3</sup>, el 0,1% de los vientos están los rangos de 20 a 25 µg/m<sup>3</sup> y una pequeña frecuencia del 0,2% que representan a los vientos en el rango de concentración del 25 al 250 µg/m<sup>3</sup>.



**Figura 4.3.21** Rosa de concentración del SO<sub>2</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-03, periodo de enero a diciembre de 2023

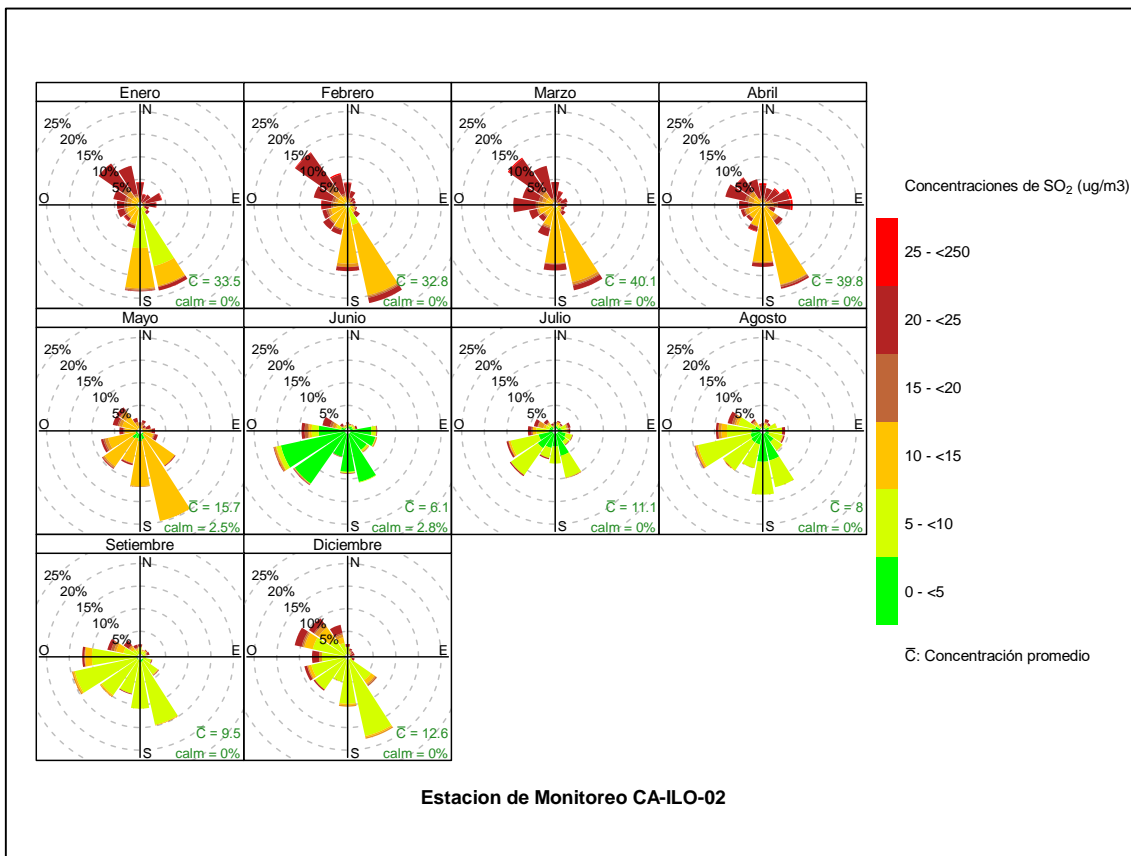
En las Figuras 4.3.22, 4.3.23 y 4.3.24 se presentan las rosas de concentraciones mensuales de SO<sub>2</sub> de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del periodo de enero a diciembre de 2023.

En la estación CA-ILO-01, se observa que en los meses de enero a abril y luego entre octubre y diciembre, las concentraciones mayores a 10 µg/m<sup>3</sup> coinciden con los vientos predominantes del sur y sursureste, en los otros meses las concentraciones que coinciden con las direcciones de vientos mencionados están en el rango de 0 a 10 µg/m<sup>3</sup>.



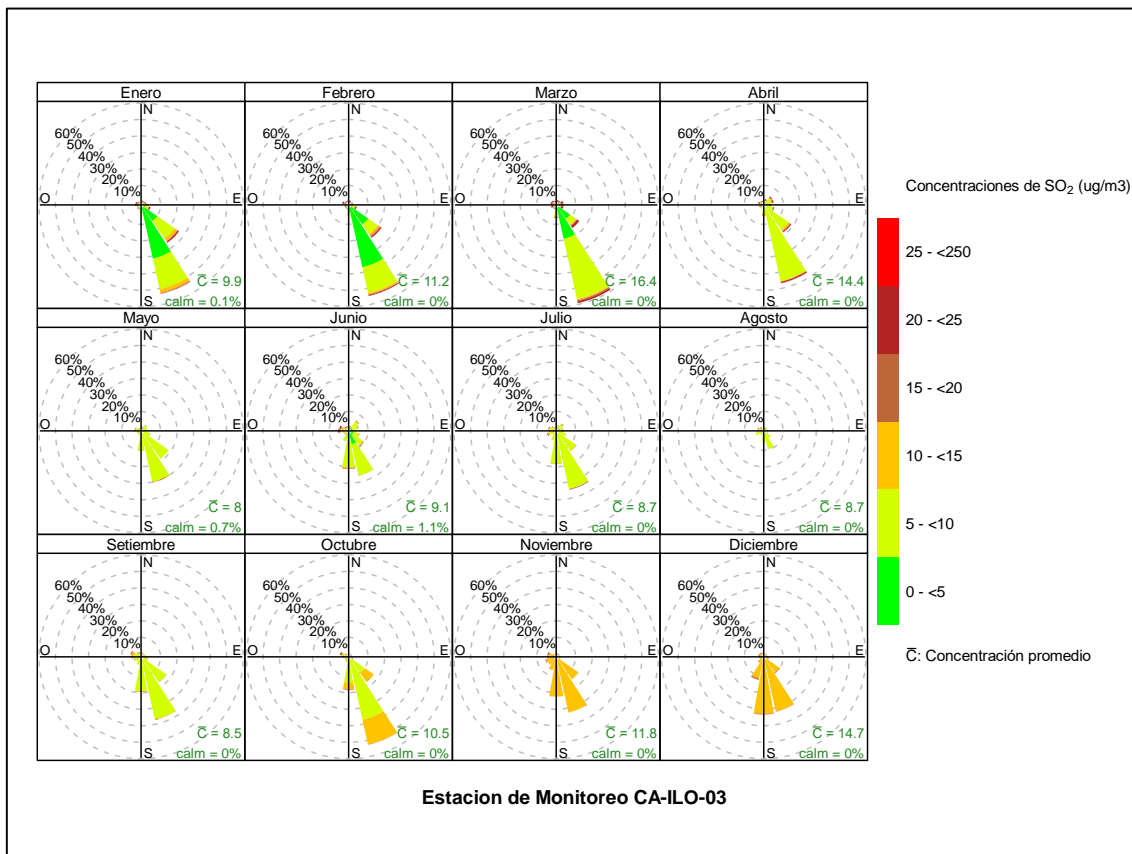
**Figura 4.3.22** Rosa de concentración mensual del SO<sub>2</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-01, periodo de enero a diciembre de 2023

En la estación CA-ILO-02, se observa que, en los meses de enero a abril, hay una mayor frecuencia en la coincidencia de las concentraciones mayores a 20µg/m<sup>3</sup> sobre todo en las direcciones noroeste, nornoroeste, oestenoeste y en otras como el norte, dirección en la que a 14km aproximadamente desde la estación en mención, se encuentran las instalaciones de la Fundición de cobre y a 4 km aproximadamente la Refinería de cobre, unidades productivas de Southern Perú Copper Corporation (ver figura 4.3.2.a) y esta estación es la más cercana a las instalaciones del administrado mencionadas. Cabe recordar que las concentraciones no han superado el ECA nacional de 24 horas.



**Figura 4.3.23** Rosa de concentración mensual del SO<sub>2</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-02, periodo de enero a diciembre de 2023

Y en la estación CA-ILO-03, se observa que las direcciones predominantes del sursureste coinciden normalmente con niveles de concentración mayores a 10 µg/m<sup>3</sup>.



**Figura 4.3.24** Rosa de concentración mensual del SO<sub>2</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-03, periodo de enero a diciembre de 2023

En las Figuras 4.3.25, 4.3.26 y 4.3.27 se presentan las rosas de concentraciones horarias de SO<sub>2</sub> de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del periodo de enero a diciembre de 2023.

En la estación CA-ILO-01, se observa que, entre las 7:00 y 9:00 horas de la mañana, las frecuencias de coincidencia con las concentraciones mayores a 20 µg/m<sup>3</sup> son más altas que en las demás horas del día, sobretodo con los vientos que provienen del oeste, noroeste y ostenoroeste.

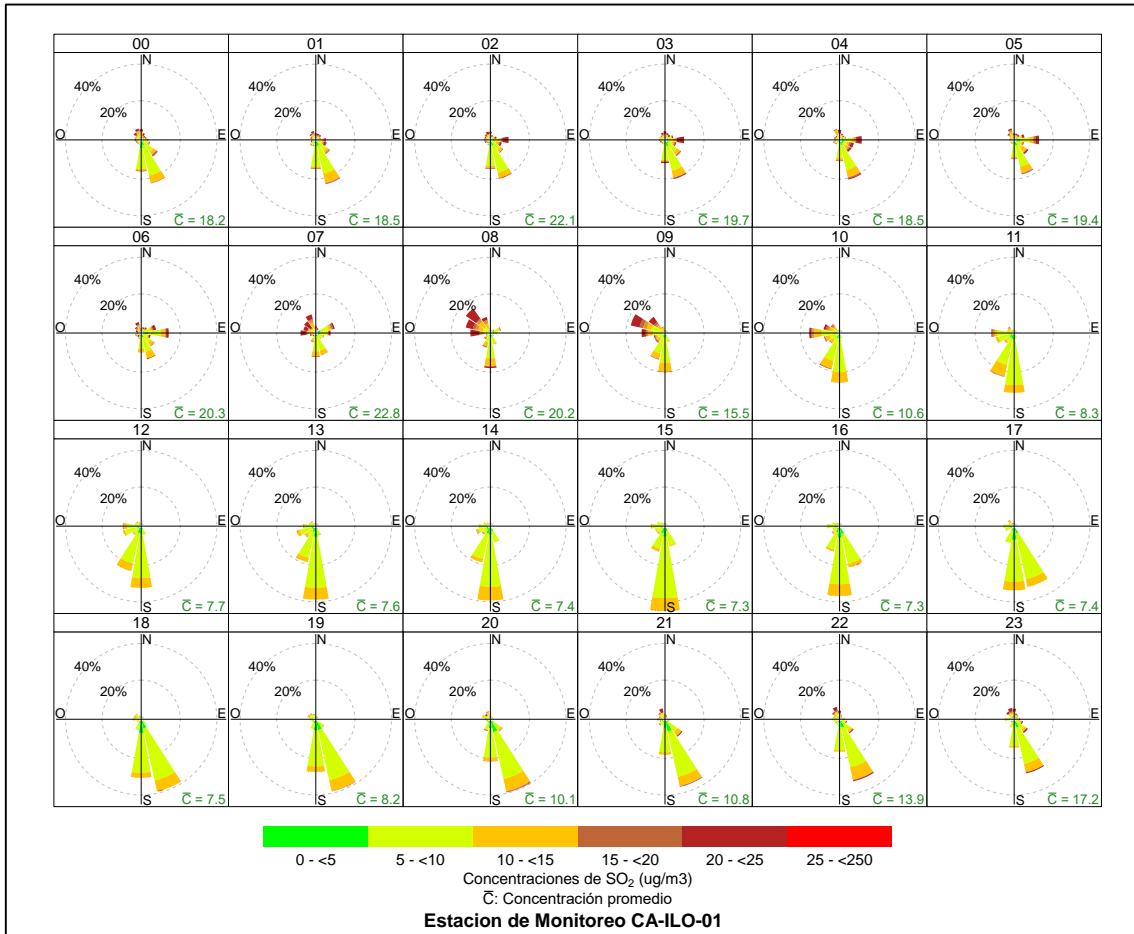
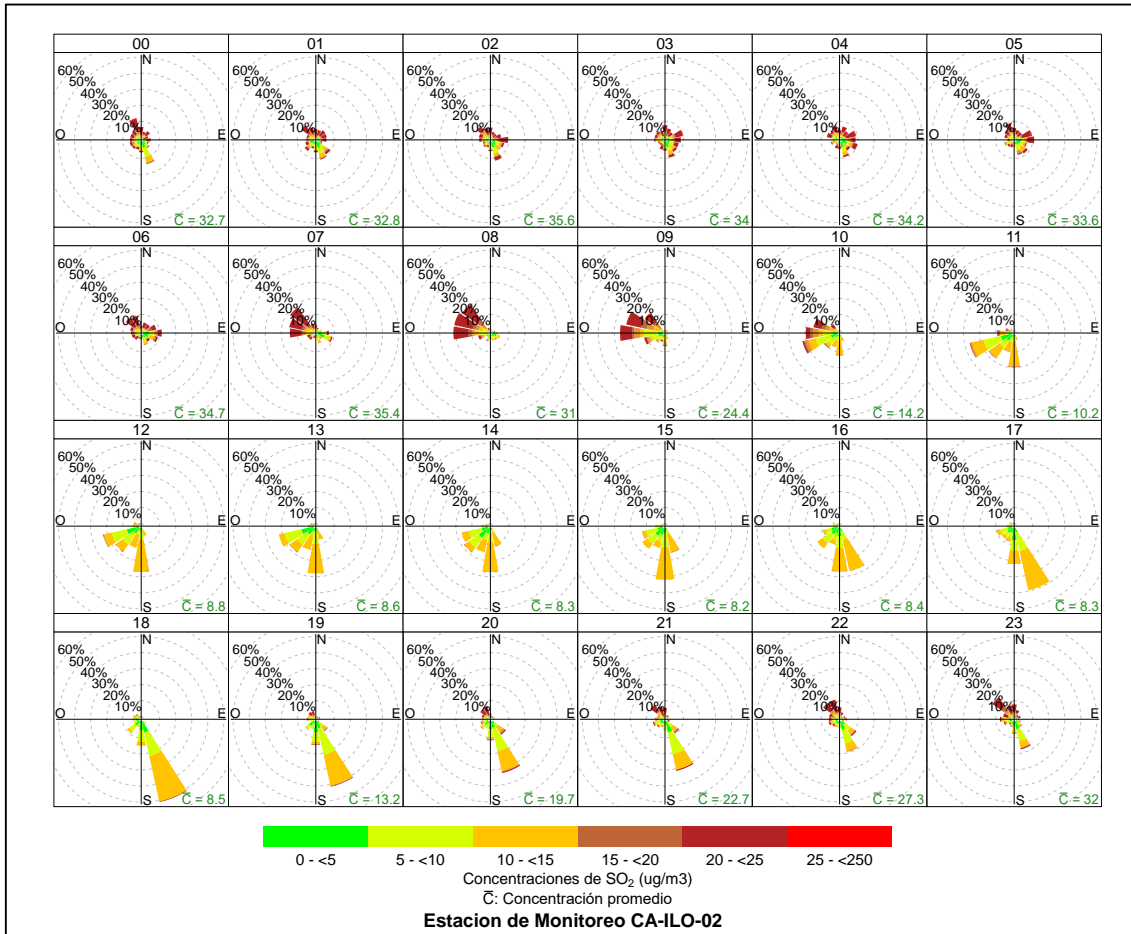


Figura 4.3.25 Rosa de concentración horaria del SO<sub>2</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-01, periodo de enero a diciembre de 2023

En la estación CA-ILO-02, se observa que hay una mayor coincidencia con concentraciones mayores a 20µg/m<sup>3</sup> durante la noche, sin embargo, se observa una mayor frecuencia entre las 7:00 y 9:00 horas de la mañana sobretodo con los vientos provenientes del oeste, noroeste y oestenoeste.



**Figura 4.3.26** Rosa de concentración horaria del SO<sub>2</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-02, periodo de enero a diciembre de 2023

Y en la estación CA-ILO-03, se observa que normalmente los vientos que provienen de la dirección sursureste coinciden con rangos de concentración de 0 a 15 µg/m<sup>3</sup>. Cabe mencionar que durante la mañana, alrededor de las 7:00 horas, se observan rangos de concentración mayores a 20 µg/m<sup>3</sup> con una mayor frecuencia respecto a las demás horas del día.

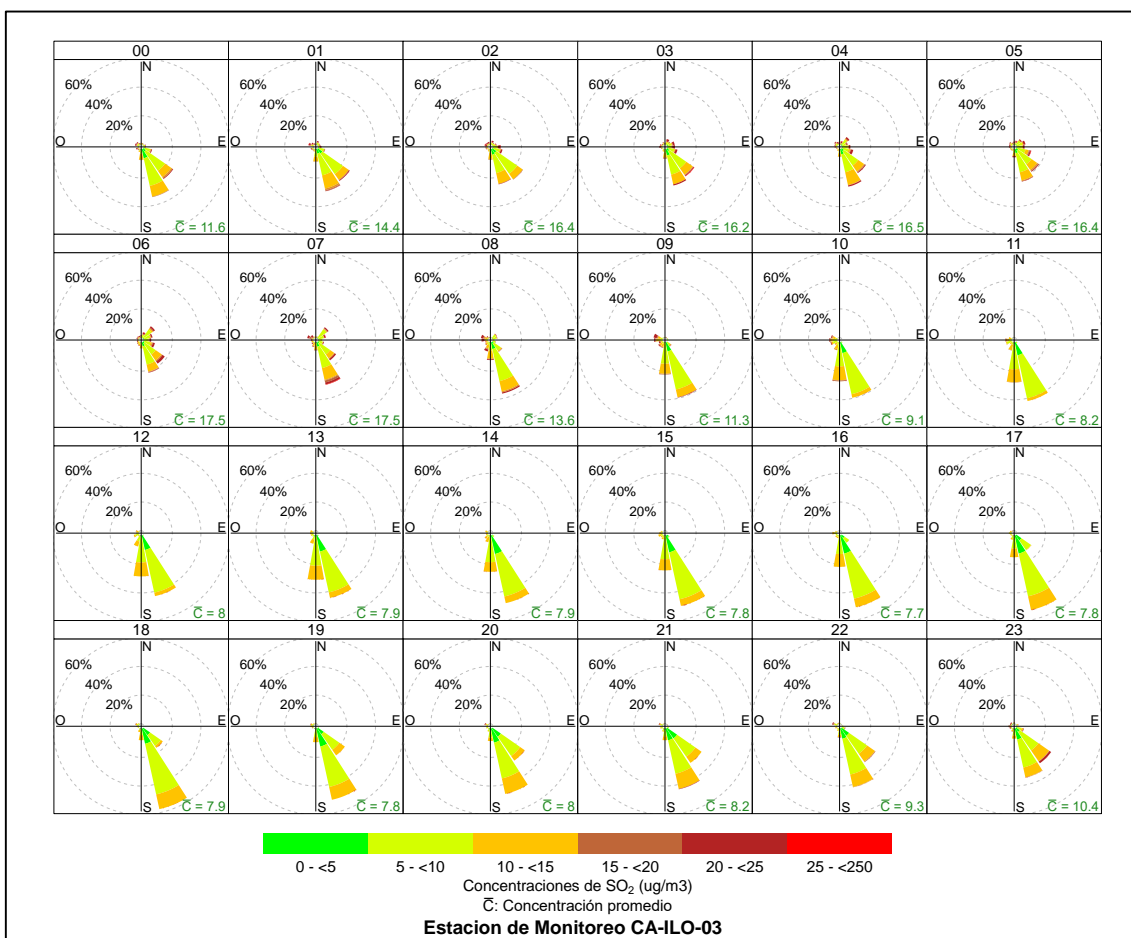
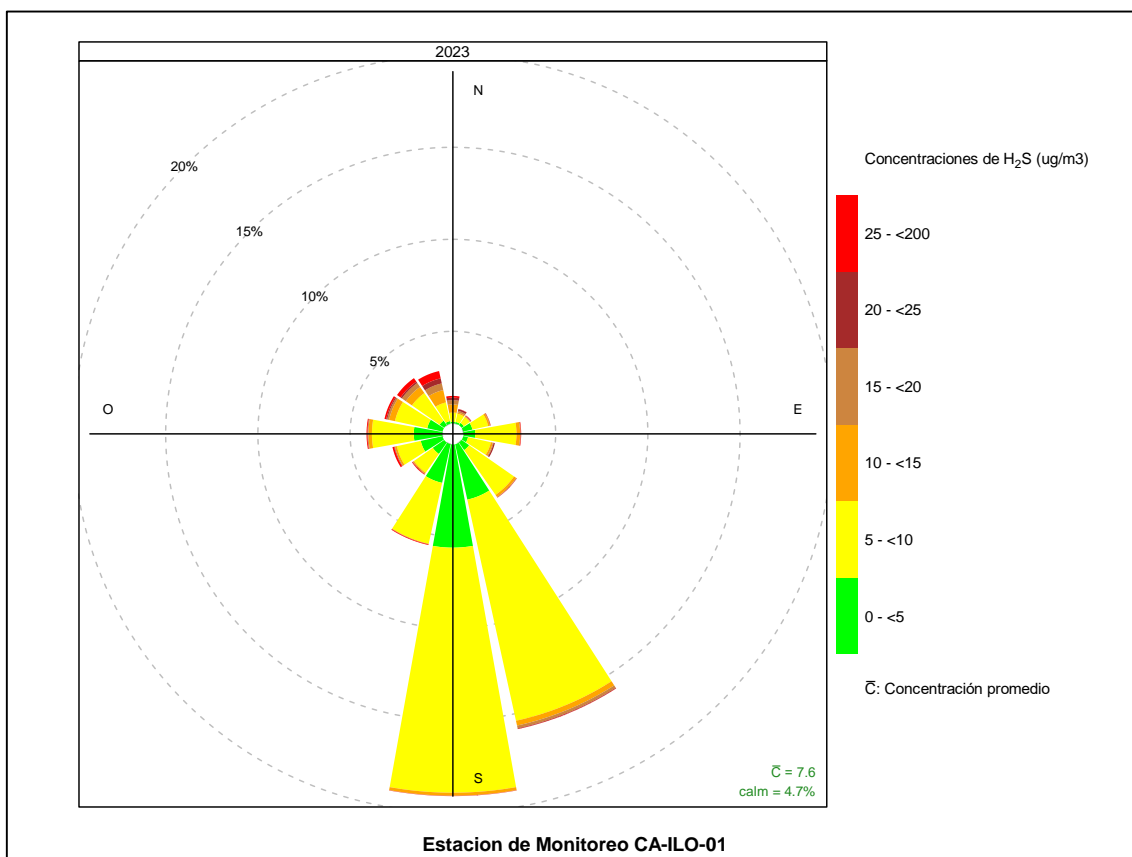


Figura 4.3.27 Rosa de concentración horaria del SO<sub>2</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-03, periodo de enero a diciembre de 2023

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

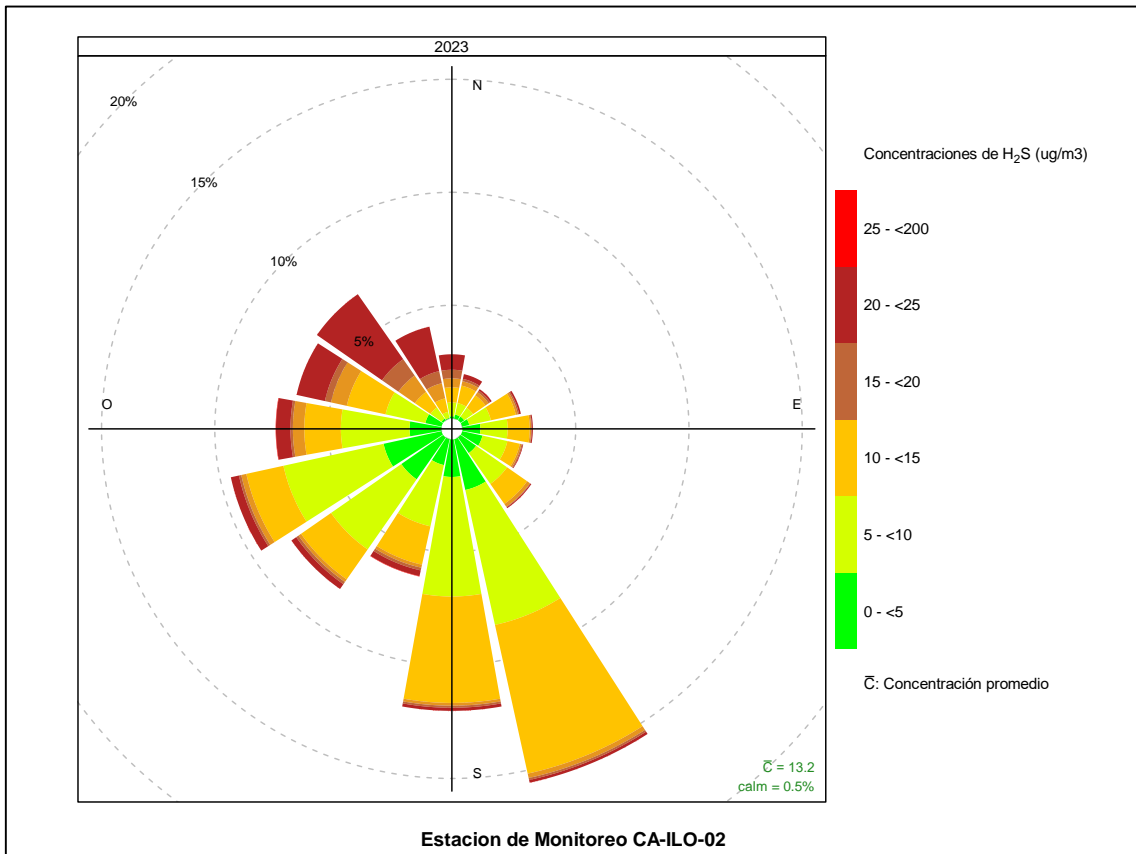
En las Figuras 4.3.28, 4.3.29 y 4.3.30 se presentan las rosas de concentraciones de H<sub>2</sub>S de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del periodo de enero a diciembre de 2023.

En la estación de monitoreo CA-ILO-01, se observa en la dirección sur (s) que el 5,6% de los vientos están en el rango de 0 a 5µg/m<sup>3</sup>, el 13,3% de los vientos están en el rango del 5 a 10 µg/m<sup>3</sup>, un 0,2% de los vientos se encuentran entre 10 y 15 µg/m<sup>3</sup>, el 0,01% de los vientos están en el rango del 20 a 25 µg/m<sup>3</sup> y el 0,01% de los vientos están en el rango del 25 a 200 µg/m<sup>3</sup>. Cabe mencionar que hay una mayor frecuencia entre las concentraciones de 25 a 200 µg/m<sup>3</sup> y los vientos que provienen del nornoroeste y noroeste.



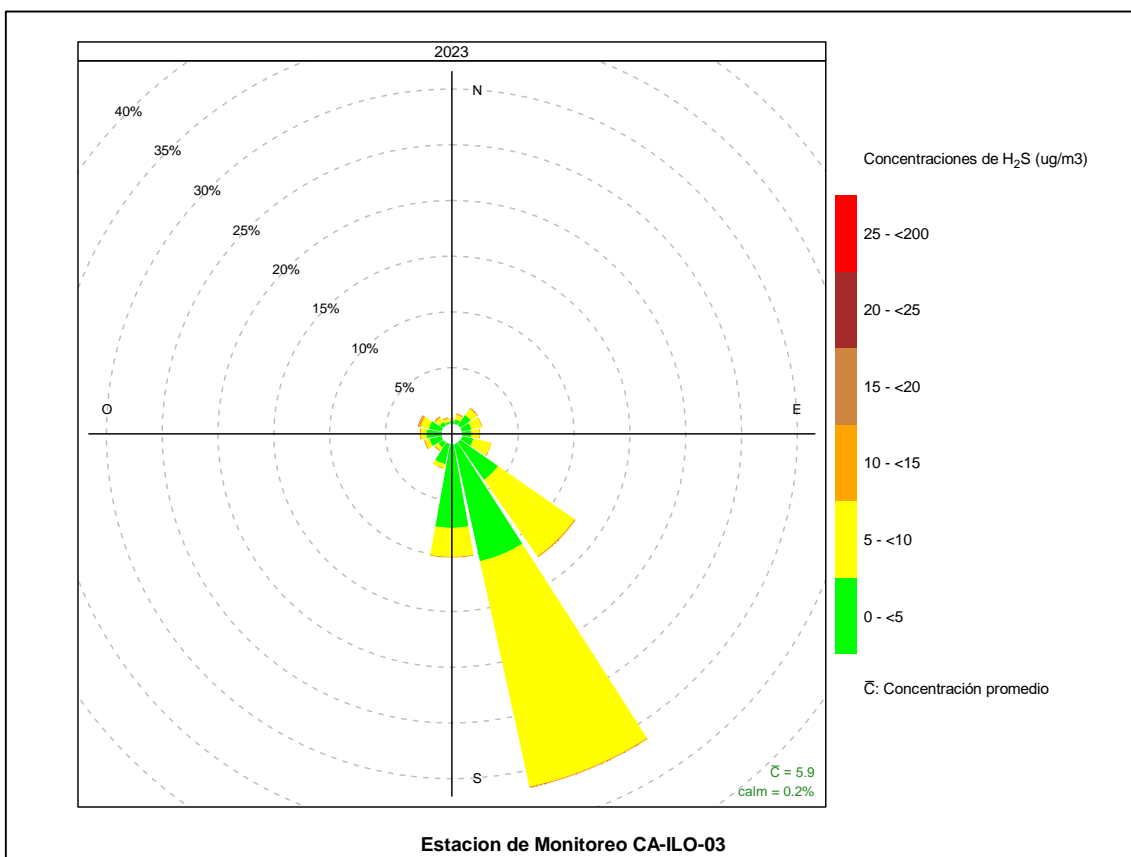
**Figura 4.3.28** Rosa de concentración del H<sub>2</sub>S en la estación de monitoreo CA-ILO-01, periodo de enero a diciembre de 2023

En la estación de monitoreo CA-ILO-02, se observa para la dirección predominante sursureste: que un 2,3% de los vientos coinciden con el rango de 0 a 5 µg/m<sup>3</sup>, un 6,1% de los vientos coinciden con el rango de 5 a 10µg/m<sup>3</sup>, un 6,7% de los vientos están entre 10 a 15 µg/m<sup>3</sup>, un 0,2% de los vientos coinciden con el rango de 15 a 20µg/m<sup>3</sup>, un 0,1% de los vientos coinciden con el rango de 20 a 25 µg/m<sup>3</sup> y un 0,1% de los vientos coinciden con el rango de 25 a 200µg/m<sup>3</sup>. Cabe mencionar que hay una mayor frecuencia de vientos que coinciden con las concentraciones entre 25 a 200 µg/m<sup>3</sup> y son los vientos que provienen del noroeste y el nornoroeste.



**Figura 4.3.29** Rosa de concentración del H<sub>2</sub>S en la estación de monitoreo CA-ILO-02, periodo de enero a diciembre de 2023

Y en la estación CA-ILO-03, se observa desde la dirección predominante sursureste: que el 10,8% de los vientos están en el rango de 0 a 5 µg/m<sup>3</sup>, el 20,7% de los vientos están entre las concentraciones de 5 a 10 µg/m<sup>3</sup> y un 0,1% de los vientos se encuentran en el rango del 10 al 15 µg/m<sup>3</sup>.



**Figura 4.3.30** Rosa de concentración del H<sub>2</sub>S en la estación de monitoreo CA-ILO-03, periodo de enero a diciembre de 2023

En las Figuras 4.3.31, 4.3.32 y 4.3.33 se presentan las rosas de concentraciones mensuales de H<sub>2</sub>S de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del periodo de enero a diciembre de 2023.

En la estación CA-ILO-01, se observa que, durante los meses de mayo a setiembre, desde la dirección predominante sur (s), los vientos coinciden con un rango de concentraciones desde 0 hasta 10 µg/m<sup>3</sup>. En los meses de enero a abril, los vientos de procedencia predominantemente del sur sureste coinciden principalmente con un rango de concentraciones de 0 hasta 15 µg/m<sup>3</sup>. Cabe mencionar que, durante los meses de enero a marzo, las concentraciones mayores a 25 µg/m<sup>3</sup> muestran una mayor frecuencia de coincidencia con los vientos que provienen del nornoroeste principalmente.

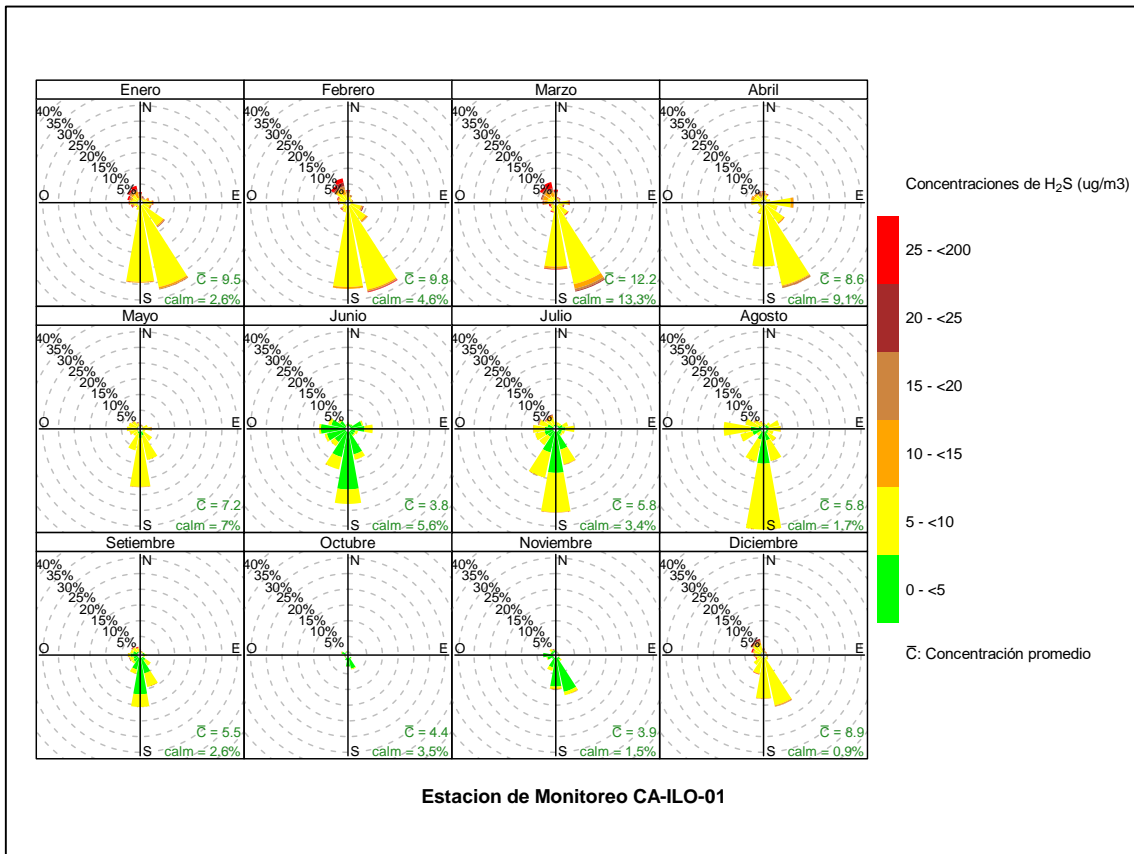
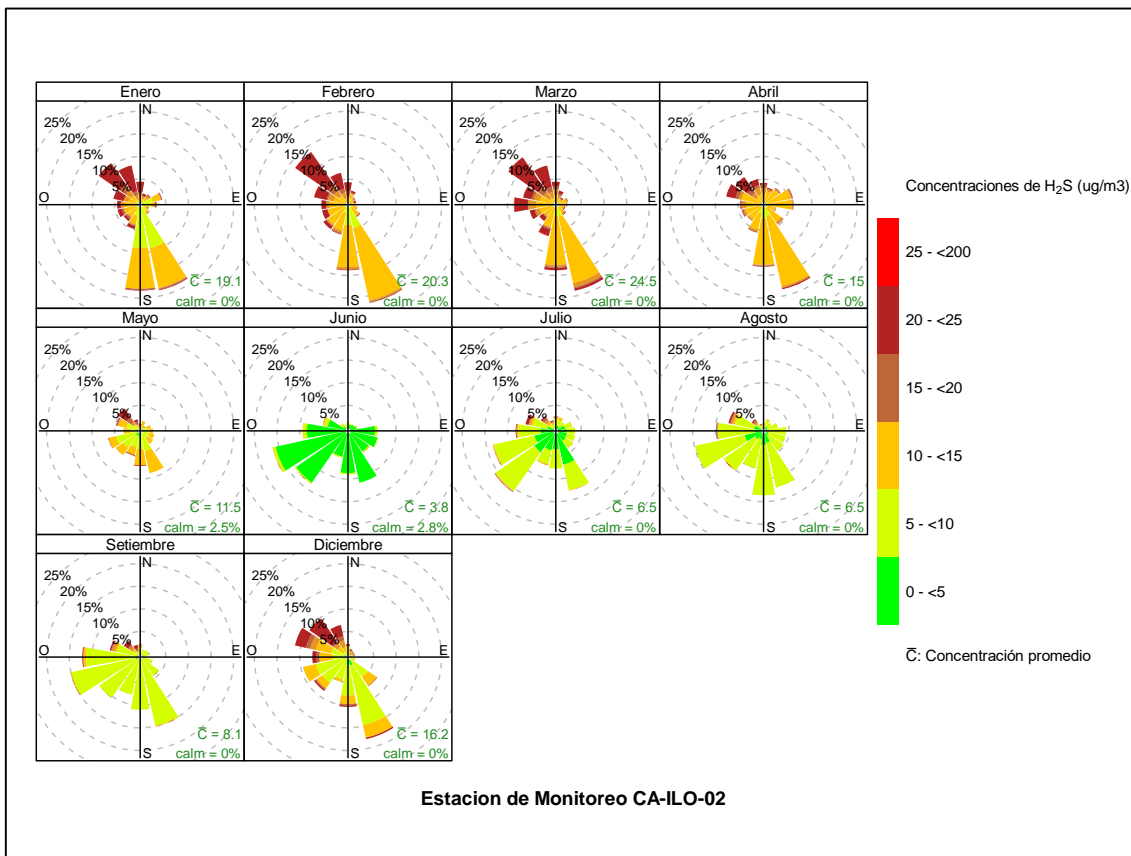


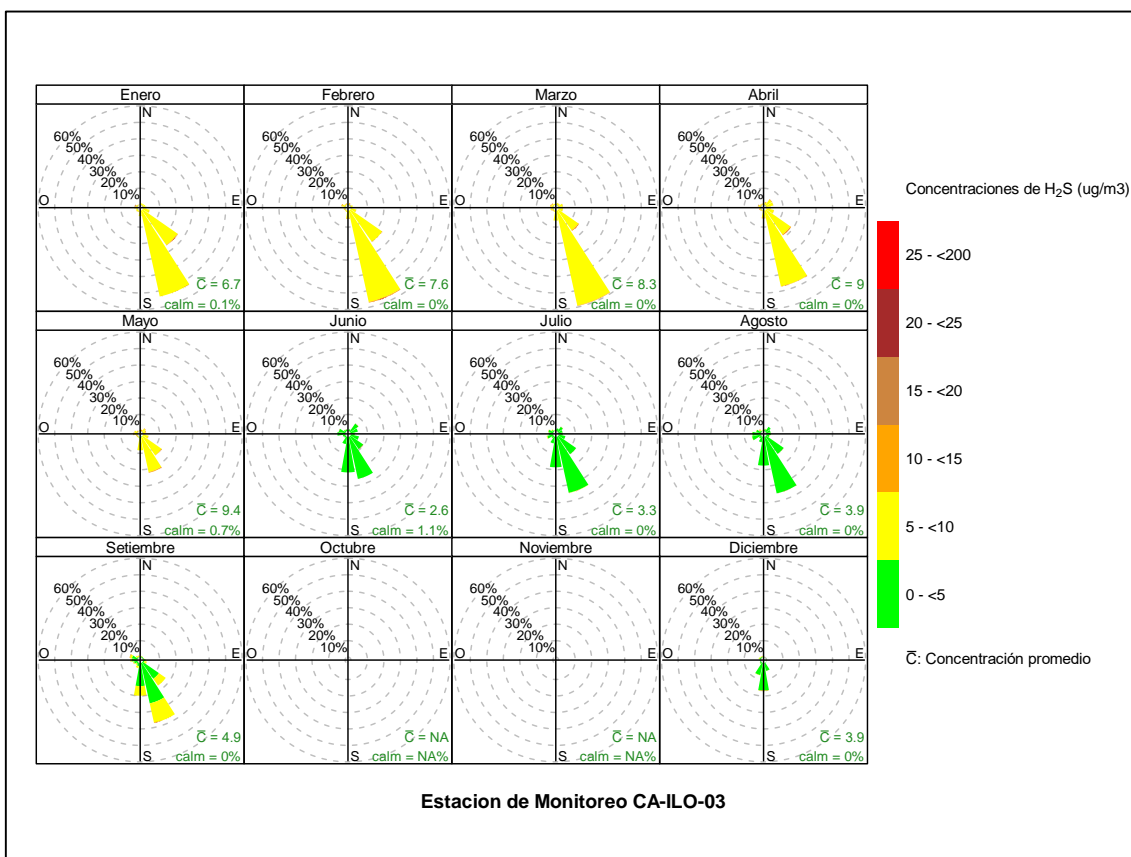
Figura 4.3.31 Rosa de concentración mensual del H<sub>2</sub>S en la estación de monitoreo CA-ILO-01, periodo de enero a diciembre de 2023

En la estación CA-ILO-02, se observa que, en los meses de enero a mayo y diciembre, las mayores frecuencias de coincidencia de los vientos que provienen del noroeste, nornoroeste y oeste noroeste están en el rango de concentración de 20 a 25µg/m<sup>3</sup>.



**Figura 4.3.32** Rosa de concentración mensual del H<sub>2</sub>S en la estación de monitoreo CA-ILO-02, periodo de enero a diciembre de 2023

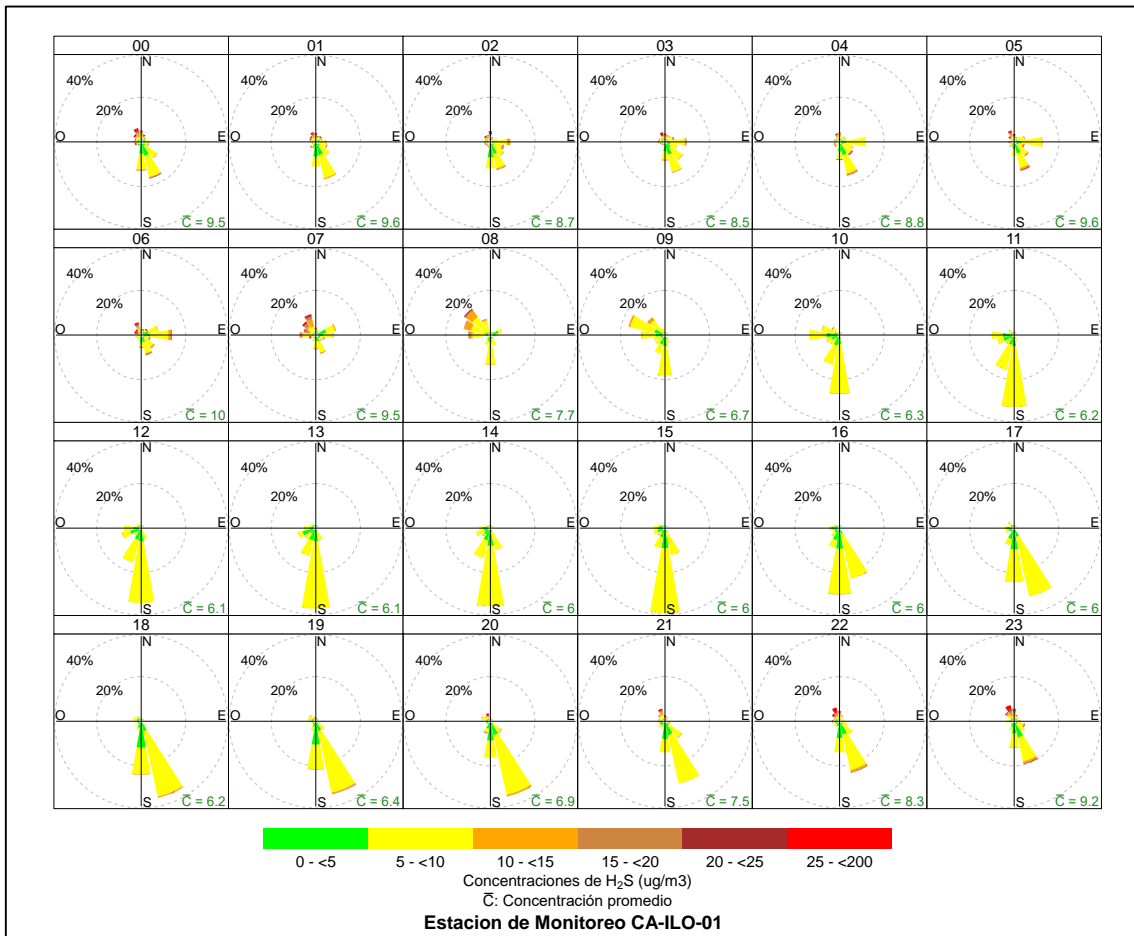
Y en la estación CA-ILO-03, se observa que en general, en todos los meses, los vientos predominantes del sursureste coinciden con rangos de concentración de 0 a 10 µg/m<sup>3</sup>.



**Figura 4.3.33** Rosa de concentración mensual del H<sub>2</sub>S en la estación de monitoreo CA-ILO-03, periodo de enero a diciembre de 2023

En las Figuras 4.3.34, 4.3.35 y 4.3.36 se presentan las rosas de concentraciones horarias de H<sub>2</sub>S de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del periodo de enero a diciembre de 2023.

En la estación CA-ILO-01, se observa que, durante la noche, se muestran frecuencias de coincidencia de los vientos que provienen sobre todo del nornoroeste con concentraciones mayores a 25µg/m<sup>3</sup>. Este comportamiento se observa también en las mañanas entre las 6:00 y 7:00 horas.



**Figura 4.3.34** Rosa de concentración horaria del H<sub>2</sub>S en la estación de monitoreo CA-ILO-01, periodo de enero a diciembre de 2023

En la estación CA-ILO-02, se observa que, durante la noche, se muestran frecuencias de coincidencia de los vientos que provienen sobre todo del nornoroeste con concentraciones mayores a 20µg/m<sup>3</sup>. Este comportamiento se observa también en las mañanas entre las 6:00 y 8:00 horas.

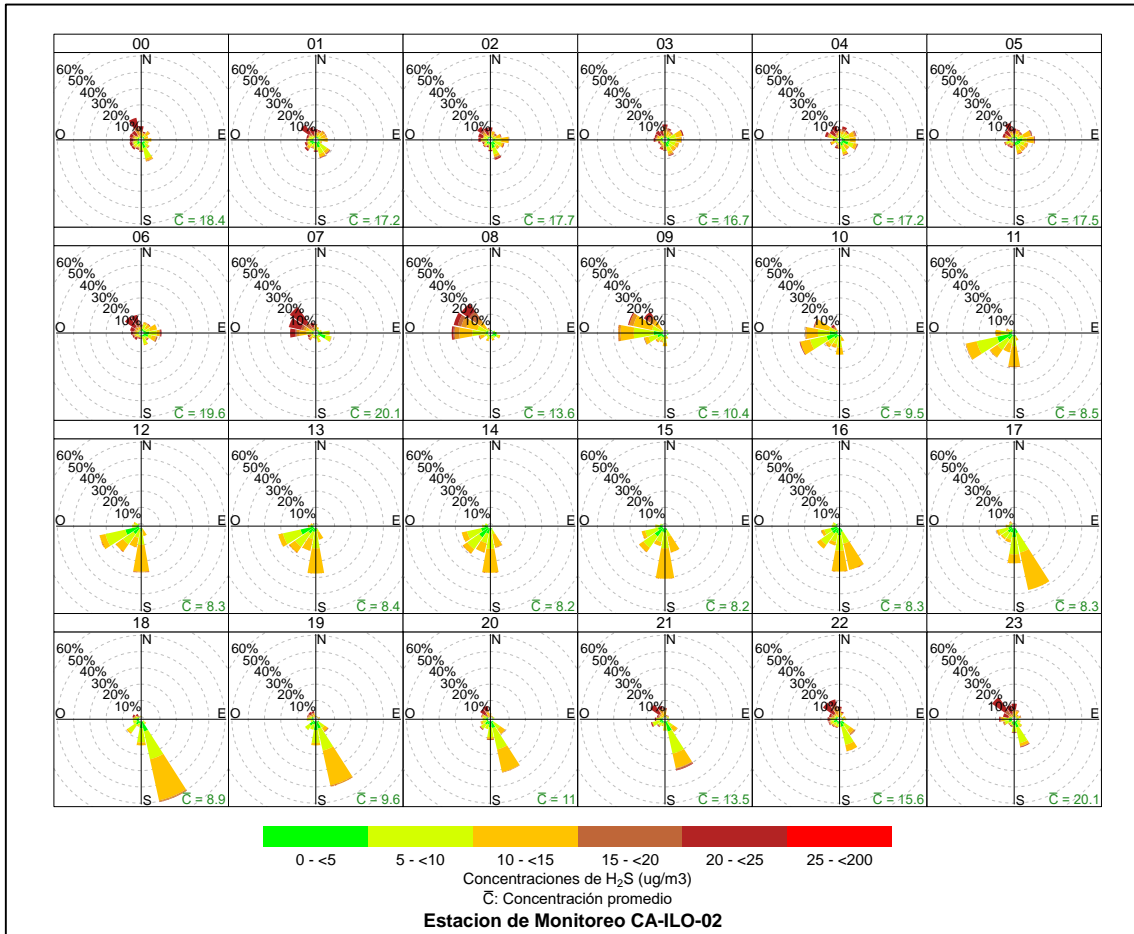


Figura 4.3.35 Rosa de concentración horaria del H<sub>2</sub>S en la estación de monitoreo CA-ILO-02, periodo de enero a diciembre de 2023

Y en la estación CA-ILO-03, se observa que, en los vientos predominantes del sursureste y sureste, la coincidencia mayormente es con las concentraciones en el rango de 0 a 10 µg/m<sup>3</sup>, en cualquier hora del día.

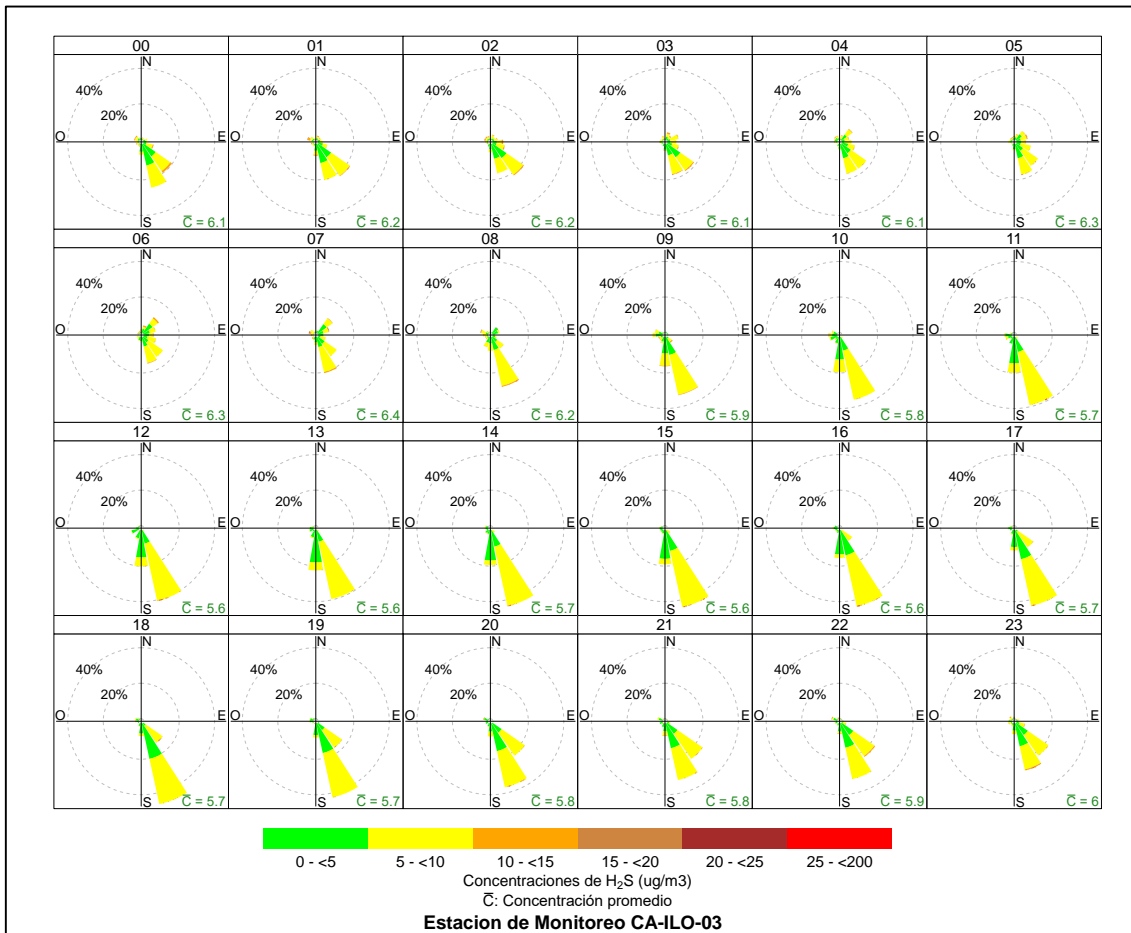
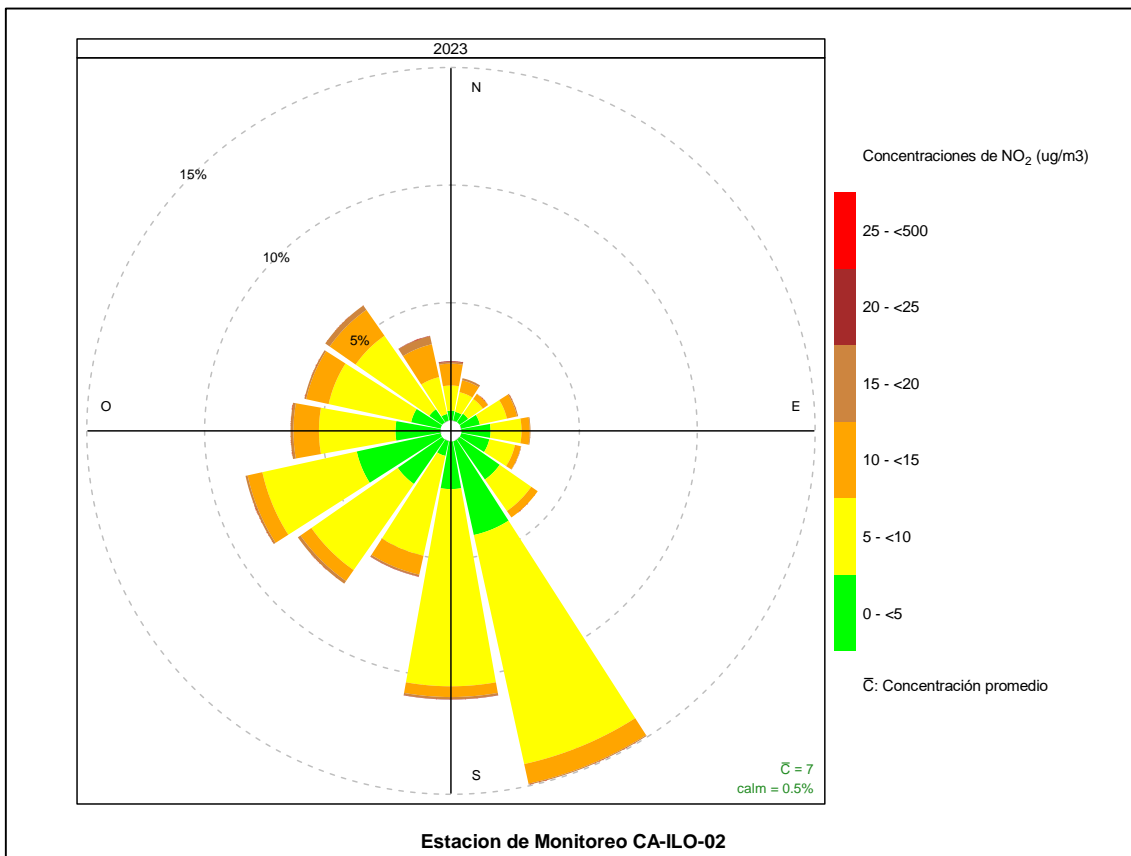


Figura 4.3.36 Rosa de concentración horaria del H<sub>2</sub>S en la estación de monitoreo CA-ILO-03, periodo de enero a diciembre de 2023

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

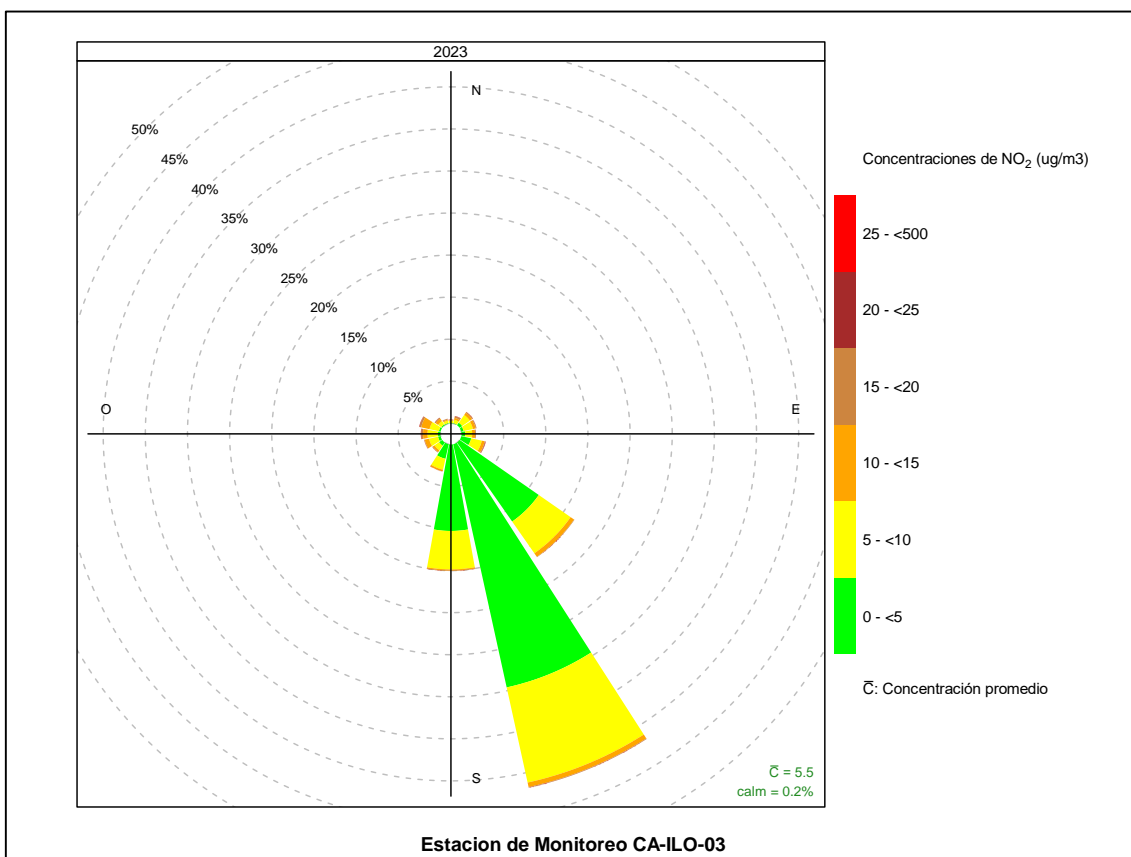
En las Figuras 4.3.37 y 4.3.38 se presentan las rosas de concentraciones de NO<sub>2</sub> de las estaciones de monitoreo CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del año 2023.

En la estación de monitoreo CA-ILO-02, se observa, en los vientos predominantes que vienen desde el sursureste: el 4,1% de los vientos están en el rango de 0 a 5 µg/m<sup>3</sup>, el 10,0% de los vientos caen en el rango de 5 a 10 µg/m<sup>3</sup>, un 0,9% de los vientos están entre los 10 a 15 µg/m<sup>3</sup> y un 0,05% de los vientos están entre los 15 a 20 µg/m<sup>3</sup>.



**Figura 4.3.37** Rosa de concentración del NO<sub>2</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-02, periodo de enero a diciembre de 2023

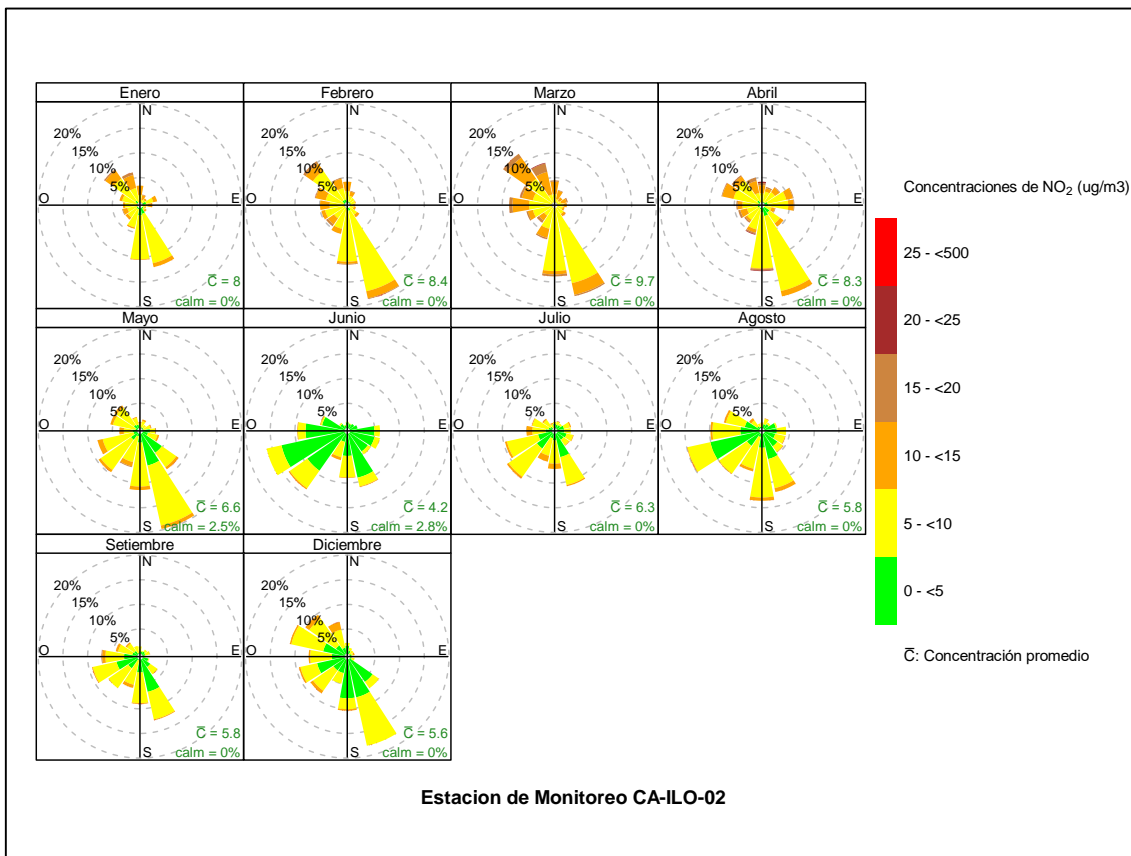
Y en la estación CA-ILO-03, en los vientos que vienen desde el sursureste (sse): un 29,6% de los vientos están en el rango de 0 a 5 µg/m<sup>3</sup>, el 11,6% de los vientos están en el rango de 5 a 10 µg/m<sup>3</sup>, un 0,5% de esos vientos están en el rango de 10 a 15 µg/m<sup>3</sup>, un 0,1% de esos vientos están en el rango de 15 a 20 µg/m<sup>3</sup> y un 0,01% de esos vientos están en el rango de 20 a 25 µg/m<sup>3</sup>.



**Figura 4.3.38** Rosa de concentración del NO<sub>2</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-03, periodo de enero a diciembre de 2023

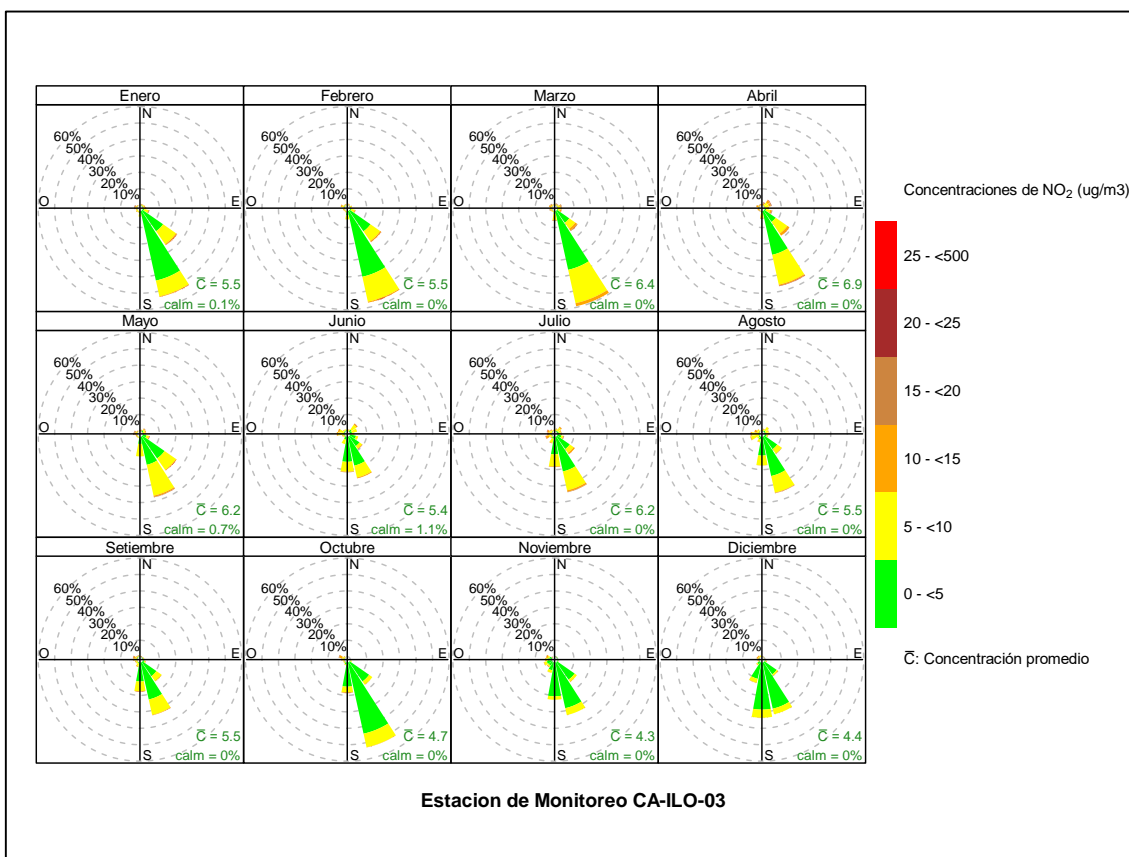
En las Figuras 4.3.39 y 4.3.40 se presentan las rosas de concentraciones mensuales de NO<sub>2</sub> de las estaciones de monitoreo CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del año 2023.

En la estación CA-ILO-02, en los meses de enero a abril, se observa una mayor frecuencia de coincidencia entre los vientos provenientes del noroeste, nornoroeste y oestenoroeste con concentraciones mayores a 10 µg/m<sup>3</sup>.



**Figura 4.3.39** Rosa de concentración mensual del NO<sub>2</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-02, periodo de enero a diciembre de 2023

Y en la estación CA-ILO-03, se observa que los vientos que vienen desde la dirección predominante sursureste, coinciden con los rangos de concentración de 0 a 15 µg/m<sup>3</sup>.



**Figura 4.3.40** Rosa de concentración mensual del NO<sub>2</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-03, periodo de enero a diciembre de 2023

En las Figuras 4.3.41 y 4.3.42 se presentan las rosas de concentraciones horarias de NO<sub>2</sub> de las estaciones de monitoreo CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del año 2023.

En la estación CA-ILO-02, se observa entre las 6:00 y 8:00 horas, una mayor frecuencia de ocurrencia de concentraciones mayores a 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  con los vientos que provienen sobretodo del noroeste, oeste y oestenoeste.

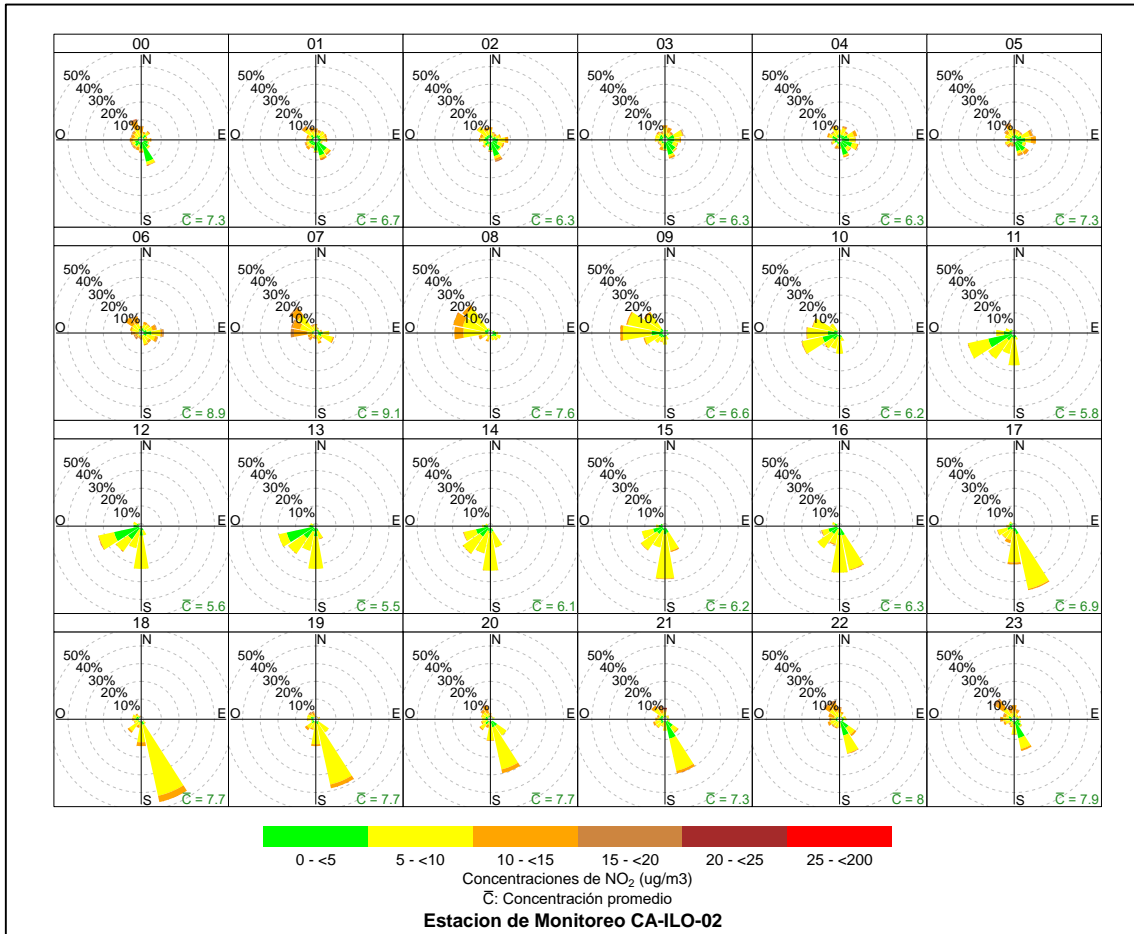


Figura 4.3.41 Rosa de concentración horaria del NO<sub>2</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-02, periodo de enero a diciembre de 2023

Y en la estación CA-ILO-03, se observa entre las 6:00 y 7:00 horas, una mayor frecuencia de ocurrencia de concentraciones mayores a 10 µg/m<sup>3</sup> con los vientos que provienen sobretodo del sursureste, sureste y noreste.

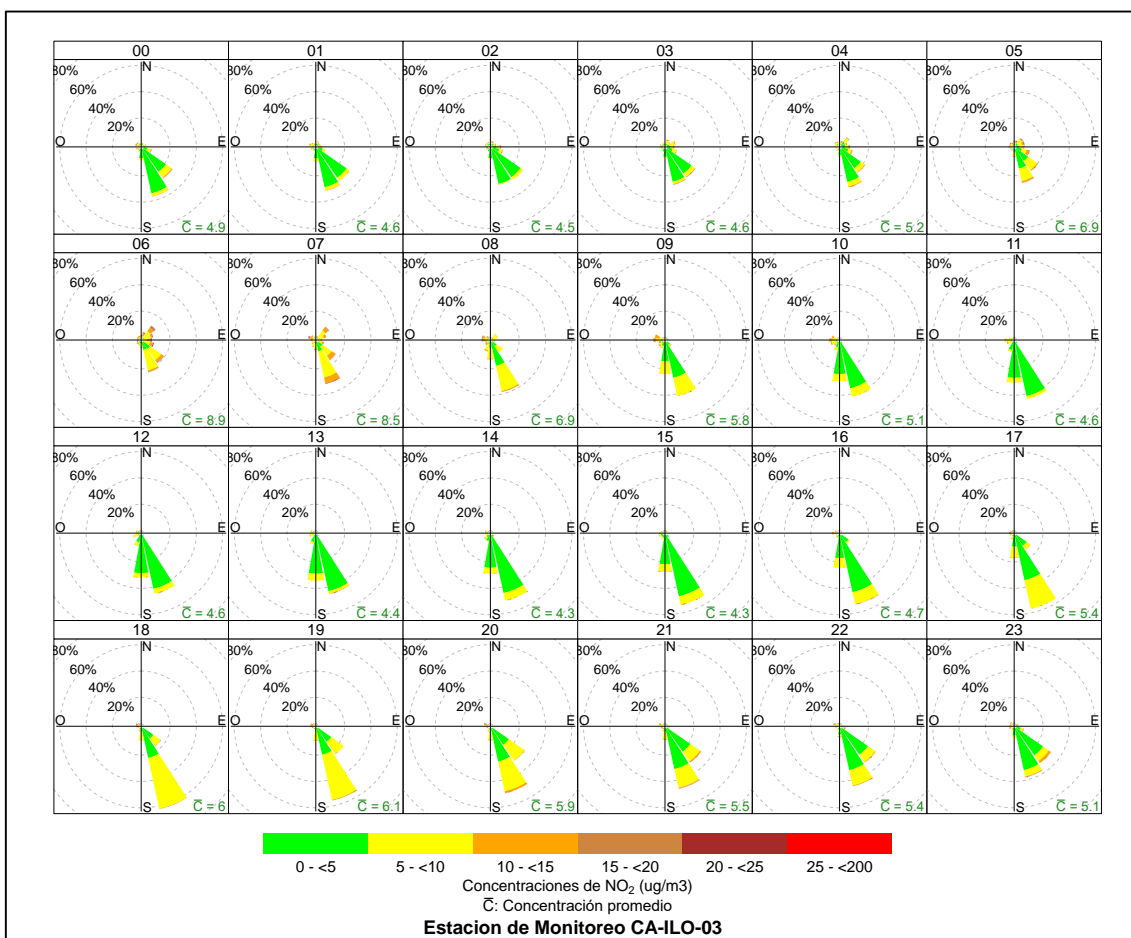
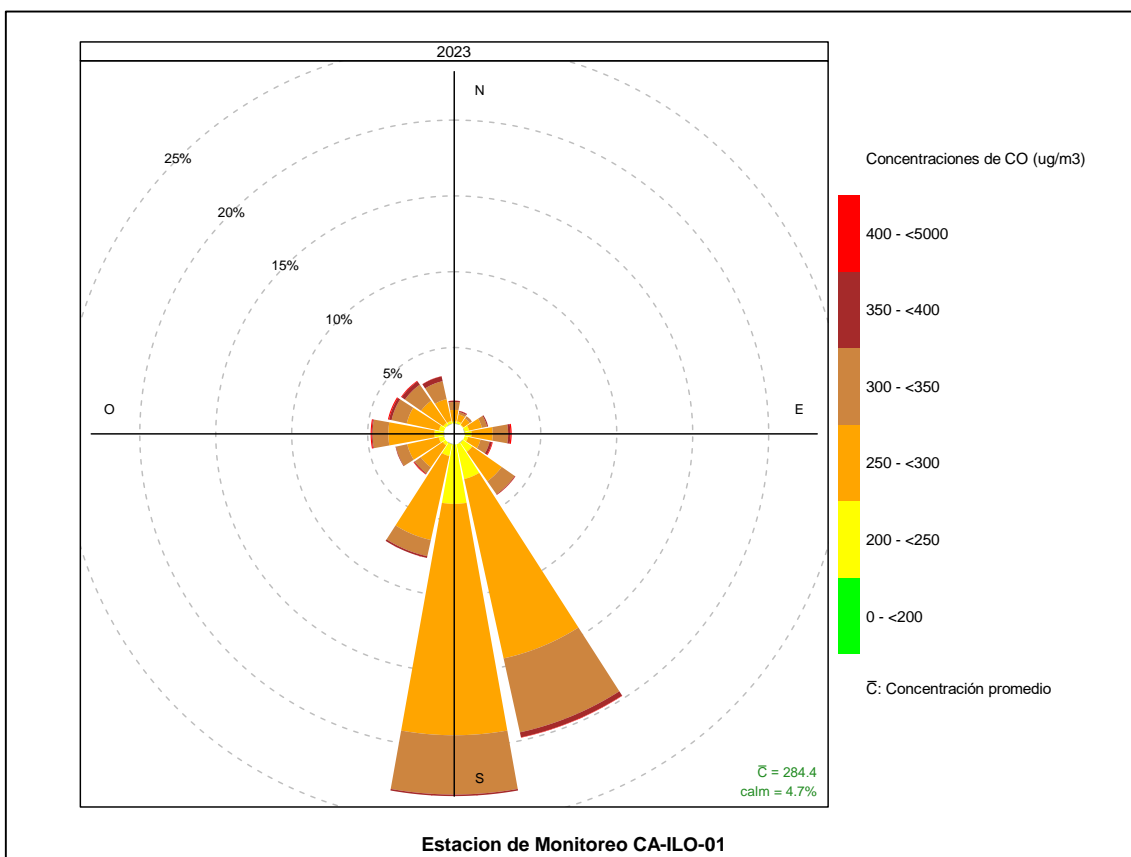


Figura 4.3.42 Rosa de concentración horaria del NO<sub>2</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-03, periodo de enero a diciembre de 2023.

### 3.3.6. Monóxido de carbono (CO)

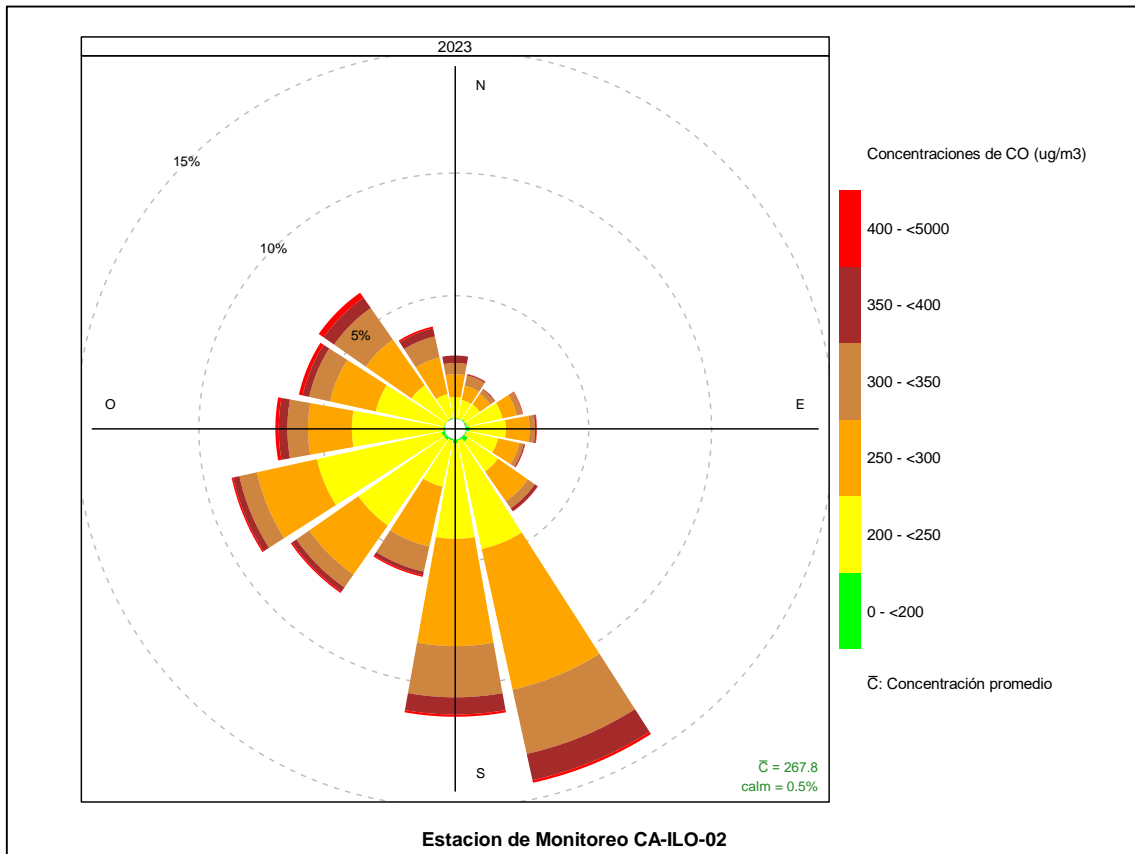
En las Figuras 4.3.43, 4.3.44 y 4.3.45 se presentan las rosas de concentraciones de CO de las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del periodo de enero a diciembre de 2023.

En la estación de monitoreo CA-ILO-01, se observa en la dirección de predominancia de vientos del sur: un 0,01% de los vientos están en el rango del 0 a 200 µg/m<sup>3</sup>, el 3,9% de los vientos están en el rango de 200 a 250 µg/m<sup>3</sup>, el 15,3% de los vientos están en el rango del 250 a 300 µg/m<sup>3</sup>, el 3,9% de los vientos están en el rango de 300 a 350 µg/m<sup>3</sup> y el 0,1% de los vientos están en el rango de 350 a 400 µg/m<sup>3</sup>.



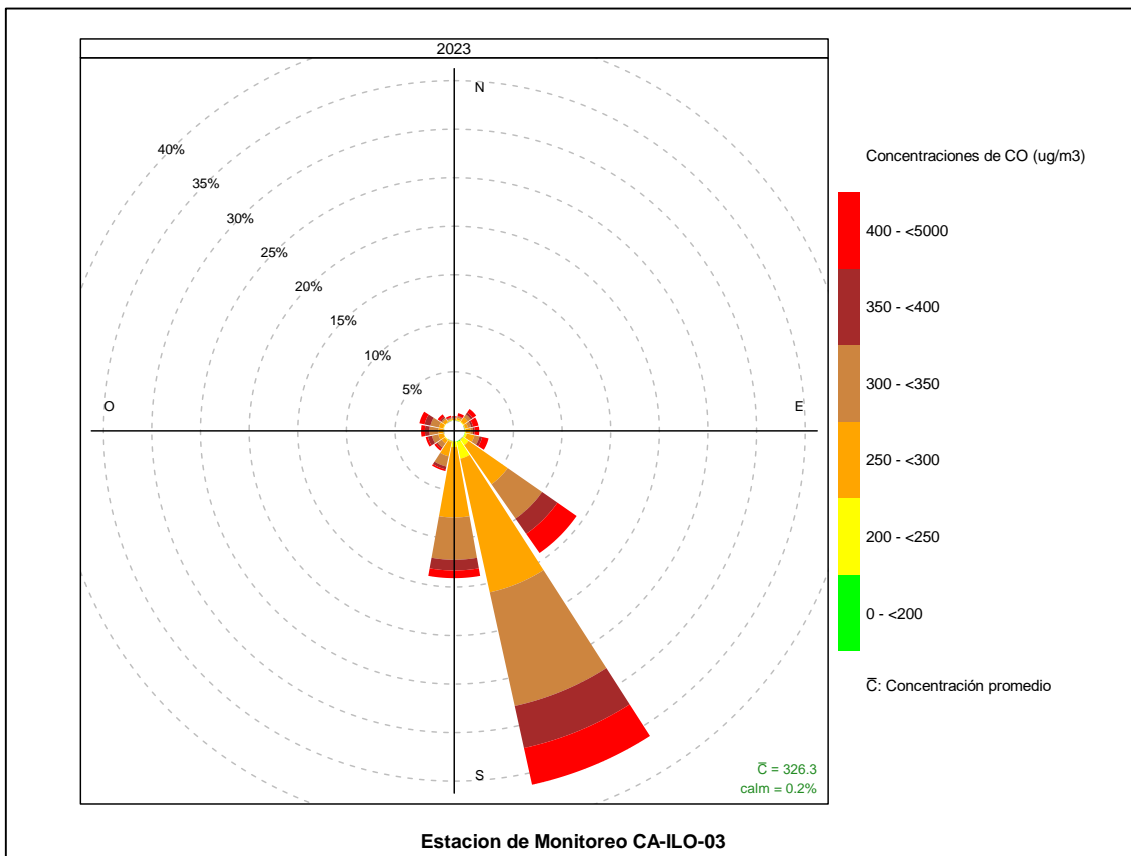
**Figura 4.3.43** Rosa de concentración del CO en la estación de monitoreo CA-ILO-01, periodo de enero a diciembre de 2023

En la estación de monitoreo CA-ILO-02, se observa en la predominancia de los vientos que vienen desde el sursureste (sse): El 0,05% de los vientos corresponden a un rango del 0 a 200 µg/m<sup>3</sup>, el 4,5% de los vientos caen en el rango de 200 a 250 µg/m<sup>3</sup>, el 5,9% de los vientos pertenecen al rango de 250 a 300 µg/m<sup>3</sup>, un 2,7% de los vientos están en el rango de 300 a 350 µg/m<sup>3</sup>, el 1,1% de los vientos están en el rango de 350 a 400 µg/m<sup>3</sup> y el 0,1% de los vientos están en el rango de 400 a 5000 µg/m<sup>3</sup>.



**Figura 4.3.44** Rosa de concentración del CO en la estación de monitoreo CA-ILO-02, periodo de enero a diciembre de 2023

Y en la estación CA-ILO-03, sobre los vientos de predominancia en la dirección sursureste: un 0,1% de los vientos están entre 0 a 200 µg/m<sup>3</sup>, el 1,8% de los vientos están en el rango de 200 a 250 µg/m<sup>3</sup>, un 14,1% de los vientos están en el rango de 250 a 300 µg/m<sup>3</sup>, el 12,0% de los vientos están en el rango del 300 a 350 µg/m<sup>3</sup>, un 4,4% de los vientos están entre 350 a 400 µg/m<sup>3</sup> y un 3,9% de los vientos están entre 400 a 5000 µg/m<sup>3</sup>.



**Figura 4.3.45** Rosa de concentración del CO en la estación de monitoreo CA-ILO-03, periodo de enero a diciembre de 2023

En las Figuras 4.3.46, 4.3.47 y 4.3.48 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 2023.

En la estación CA-ILO-01, se observa que, en los meses de febrero y marzo, hay una mayor frecuencia en la coincidencia de las concentraciones mayores a 350  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  con los vientos que provienen principalmente del noroeste y nornoroeste.

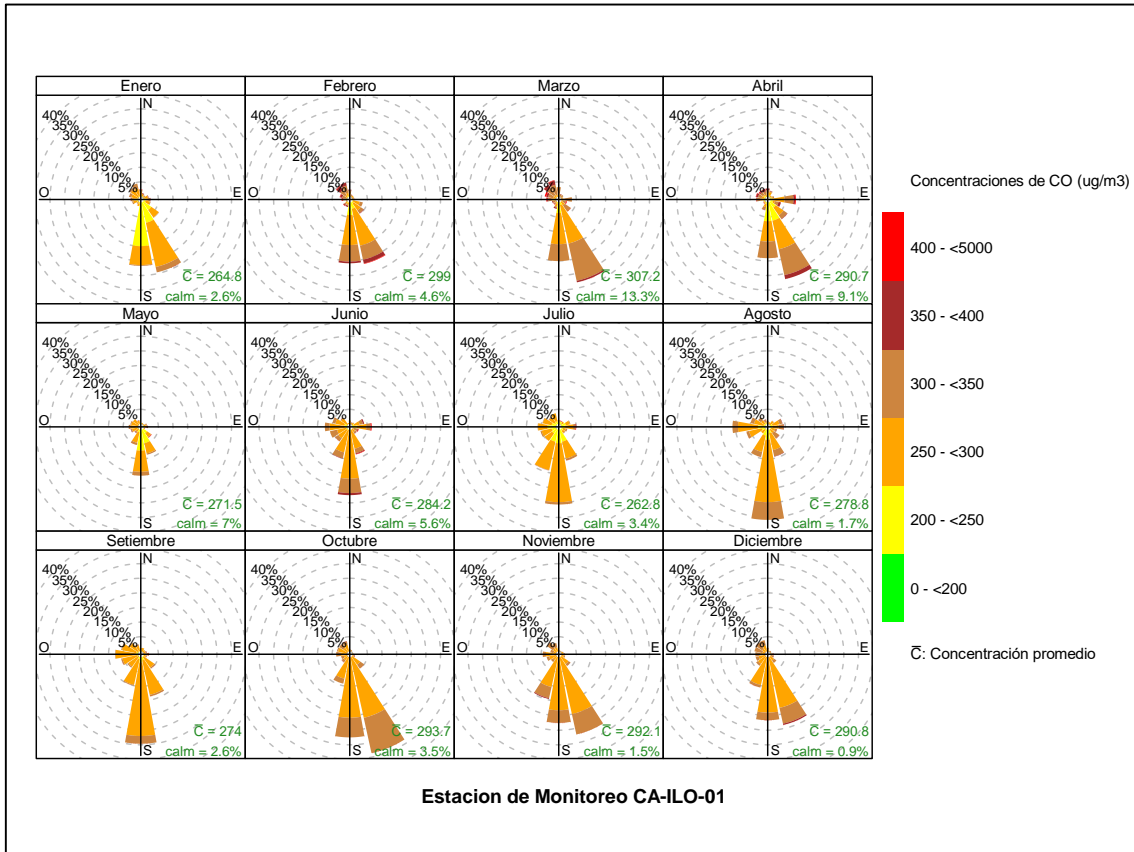
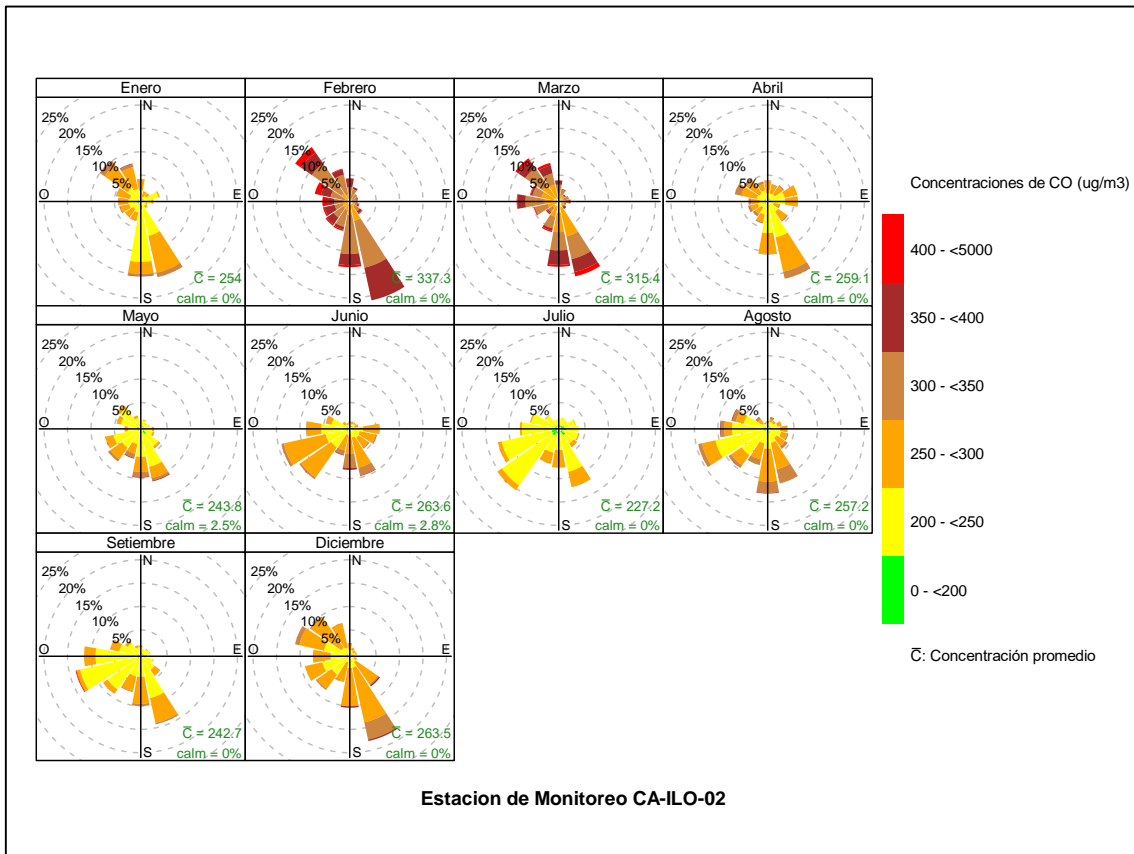


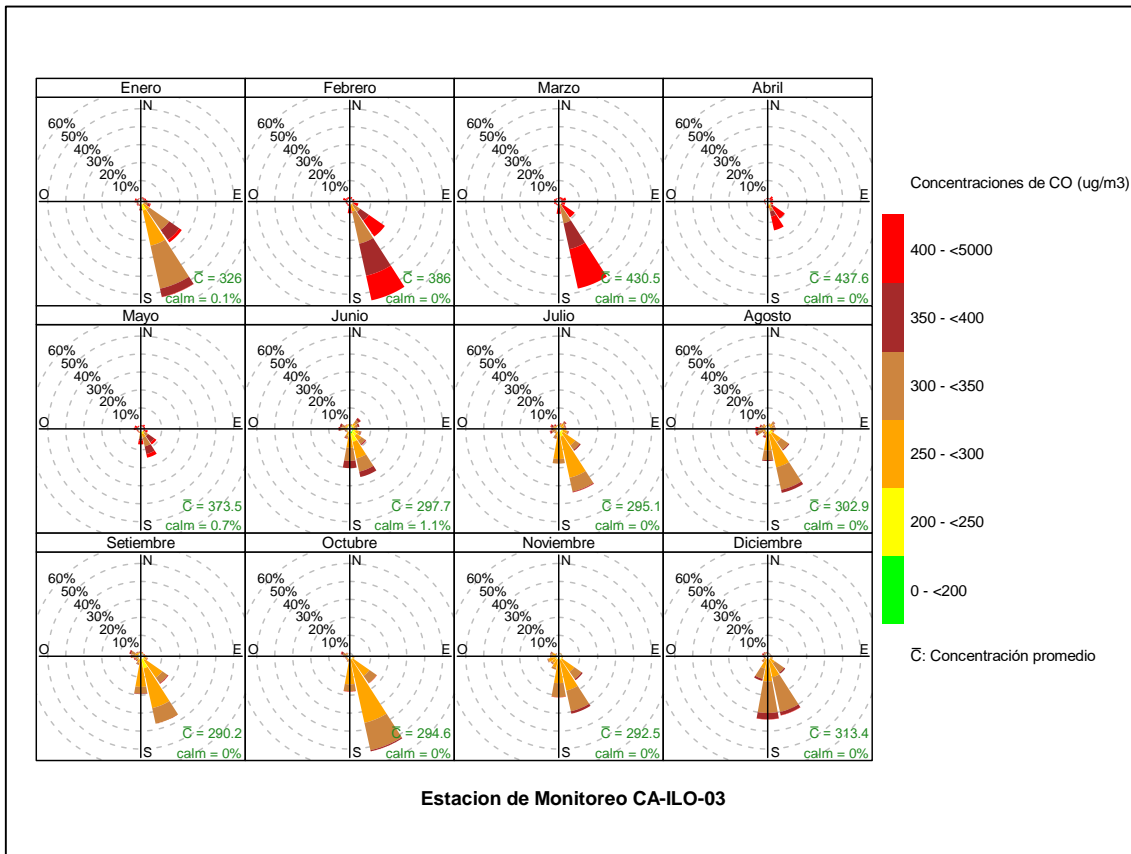
Figura 4.3.46 Rosa de concentración mensual del CO en la estación de monitoreo CA-ILO-01, periodo de enero a diciembre de 2023

En la estación CA-ILO-02, se observa que en los meses de febrero y marzo hay una mayor coincidencia en las concentraciones mayores a 350  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sobretodo en los vientos que provienen del noroeste.



**Figura 4.3.47** Rosa de concentración mensual del CO en la estación de monitoreo CA-ILO-02, periodo de enero a diciembre de 2023

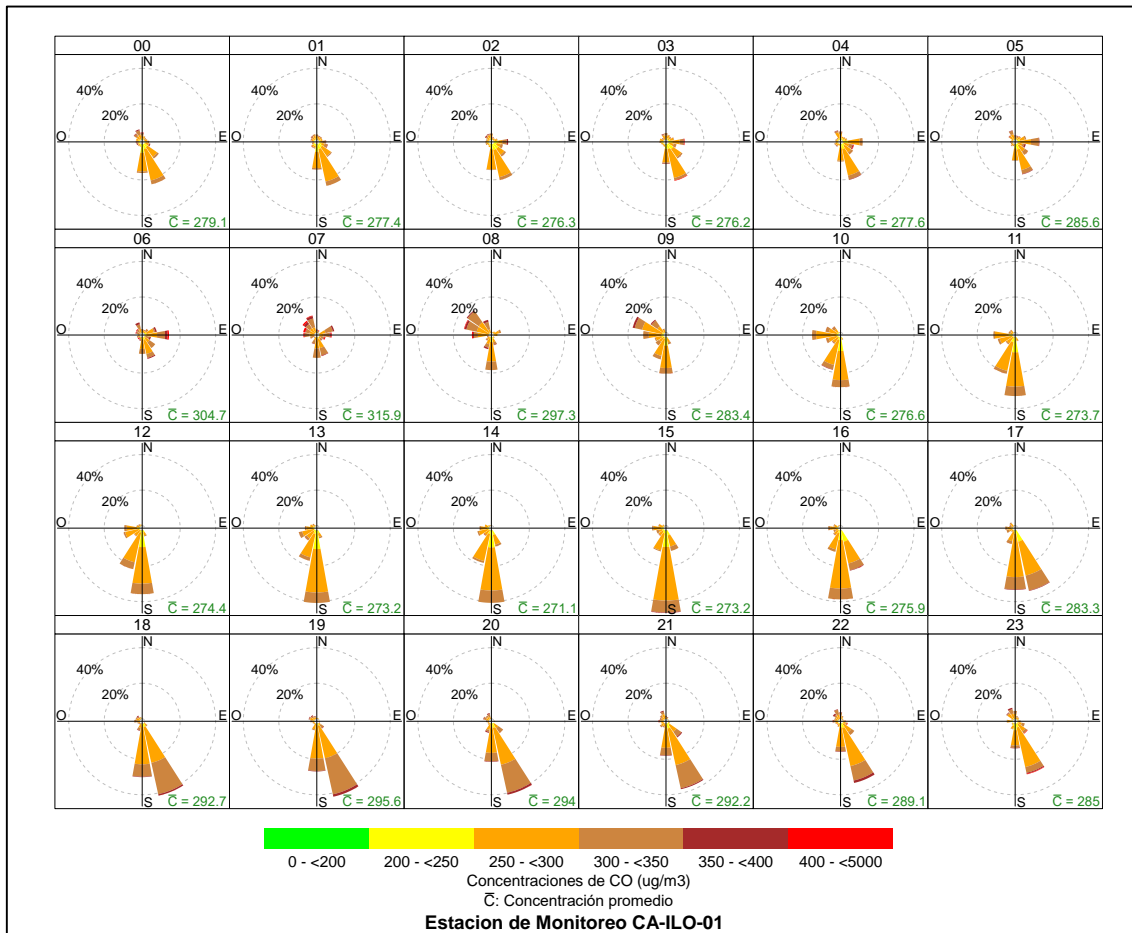
Y en la estación CA-ILO-03, se destaca que en los meses de enero a marzo hay una mayor frecuencia en la coincidencia de las concentraciones mayores a 350  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  con los vientos sobretodo del sursureste.



**Figura 4.3.48** Rosa de concentración mensual del CO en la estación de monitoreo CA-ILO-03, periodo de enero a diciembre de 2023

En las Figuras 4.3.49, 4.3.50 y 4.3.51 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 2023.

En la estación CA-ILO-01, se destaca que en las direcciones de vientos provenientes del sur y sursureste los rangos de concentraciones coincidentes están normalmente entre 0 a 350  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Sin embargo, se observa la coincidencia con las concentraciones mayores a 350  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  entre las 7:00 y 8:00 horas sobretodo con los vientos que provienen del noroeste, nornoroeste y oestenoeste.



**Figura 4.3.49** Rosa de concentración horaria del CO en la estación de monitoreo CA-ILO-01, periodo de enero a diciembre de 2023

En la estación CA-ILO-02, se observa que, durante la mañana, entre las 6:00 y 7:00 horas hay mayor coincidencia entre los vientos que provienen del nornoroeste y noroeste con concentraciones mayores a 350  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Y posterior a ello, en las tardes entre las 18:00 y 20:00 horas, hay mayor coincidencia entre los vientos del sursureste con las concentraciones mayores a 350  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

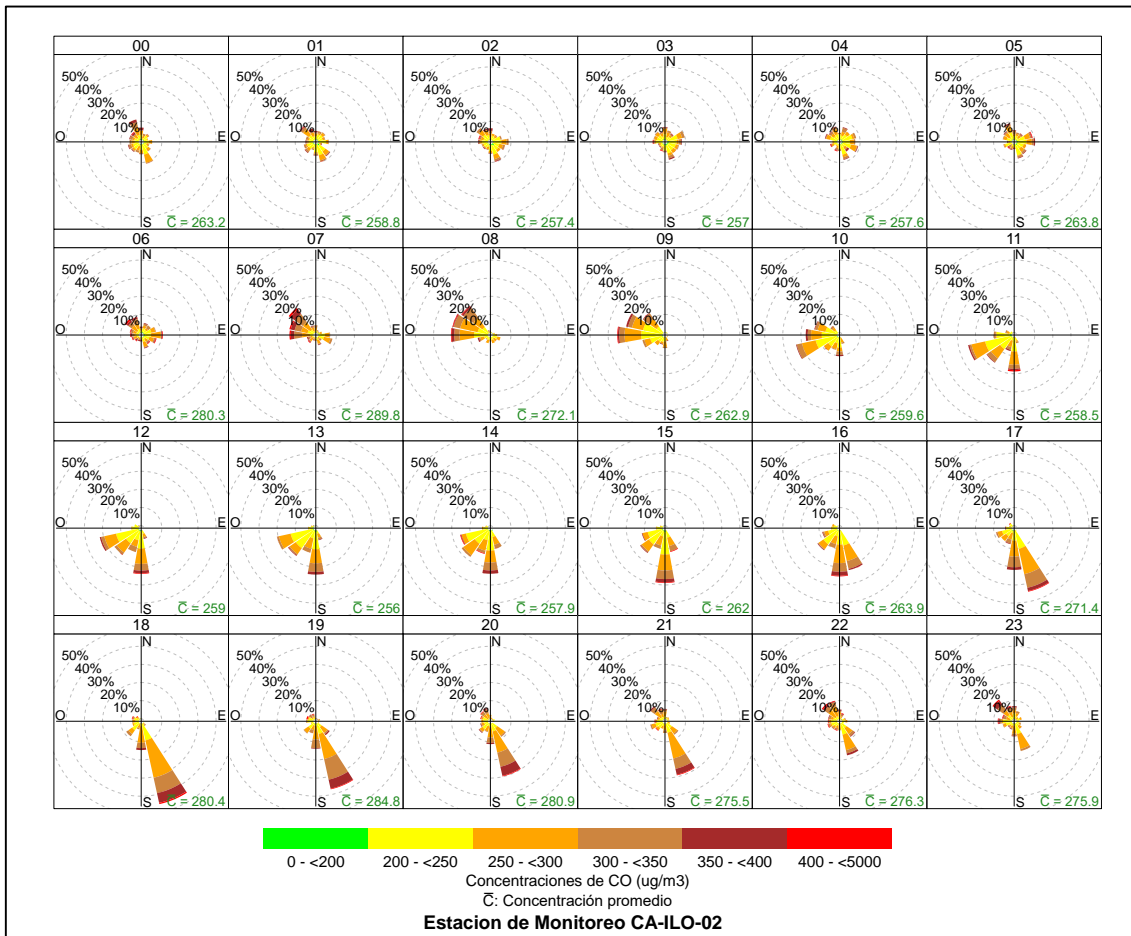


Figura 4.3.50 Rosa de concentración horaria del CO en la estación de monitoreo CA-ILO-02, periodo de enero a diciembre de 2023

Y en la estación CA-ILO-03, se observa que, en cualquier hora del día, las concentraciones mayores a 400  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  coinciden con los vientos que provienen predominantemente del sursureste y del sureste.

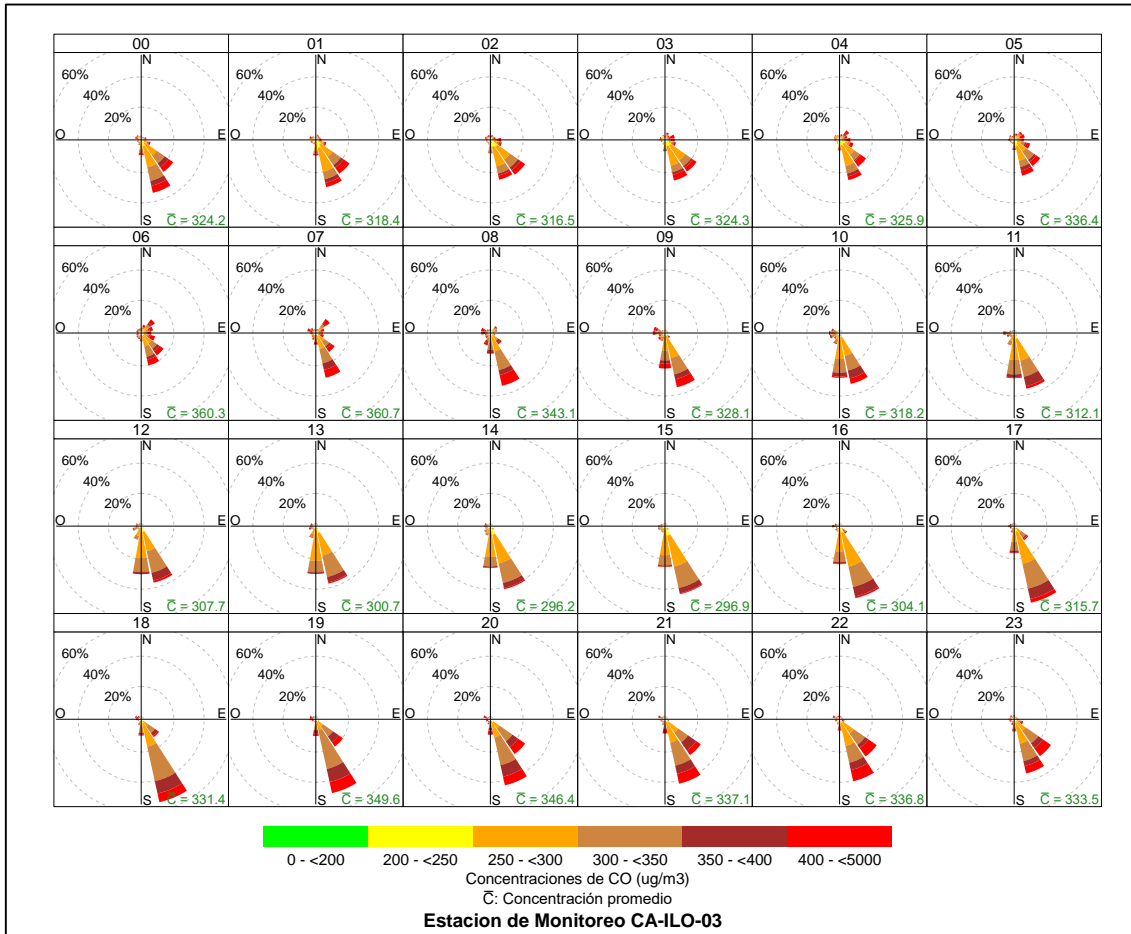


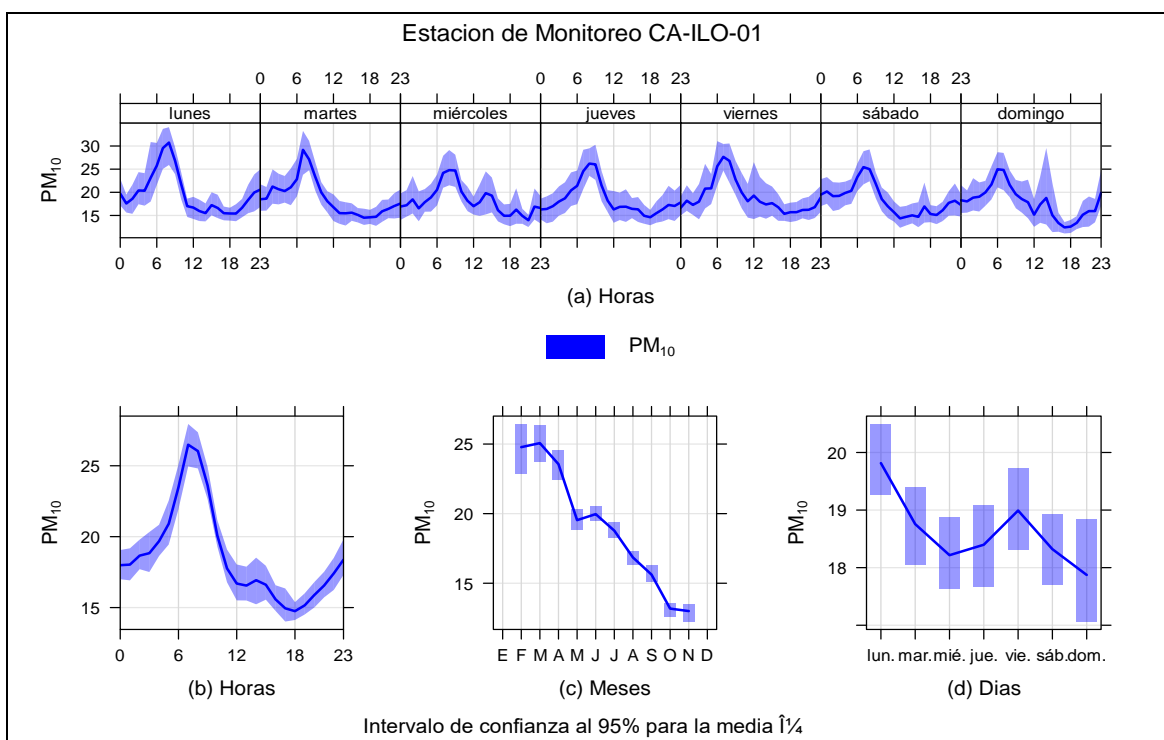
Figura 4.3.51 Rosa de concentración horaria del CO en la estación de monitoreo CA-ILO-03, periodo de enero a diciembre de 2023

### 3.4. EVOLUCIÓN TEMPORAL DE CONCENTRACIONES DE LOS PARÁMETROS DEL AIRE.

#### 3.4.1. Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM<sub>10</sub>)

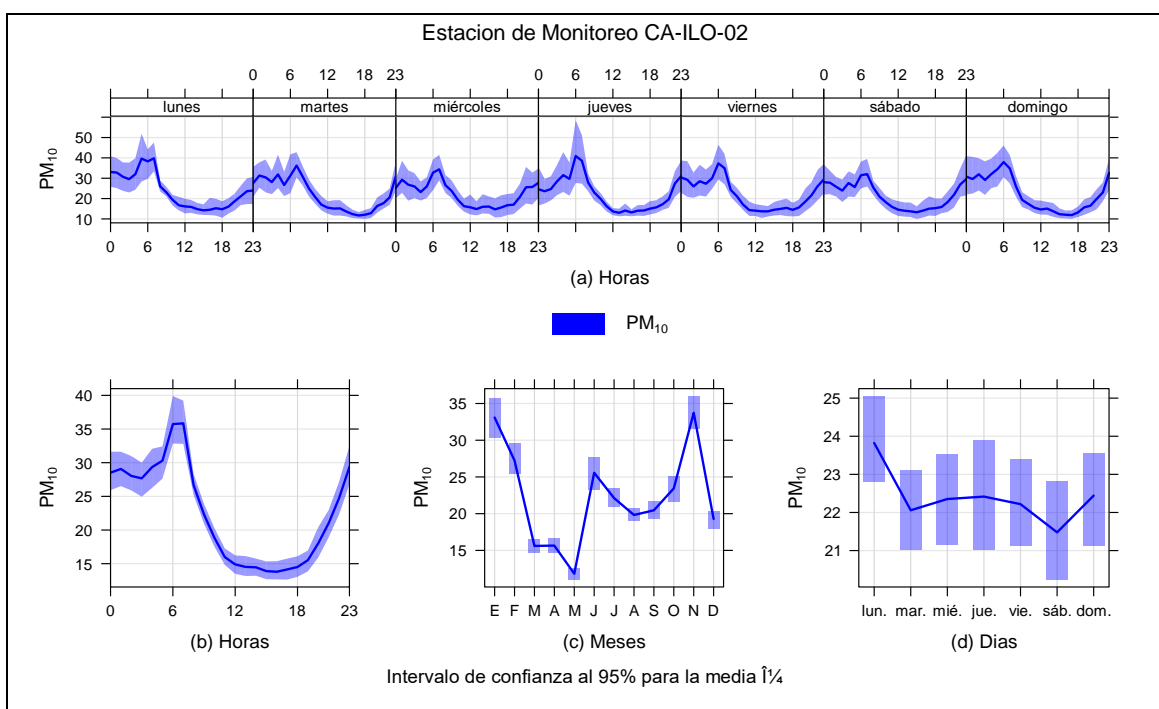
En la Figura 4.4.1, 4.4.2 y 4.4.3 se grafican las medias de las concentraciones horarias, mensuales y por día en relación con las concentraciones de PM<sub>10</sub>, para las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del periodo enero a diciembre.

En la estación de monitoreo CA-ILO-01, la representación gráfica por días de monitoreo (d) muestra que en los lunes se registraron las mayores concentraciones de PM<sub>10</sub> y en los promedios mensuales (c) se observan dos picos a inicios del año, febrero y marzo. En el caso de las medias horarias (b), se observa que las concentraciones de PM<sub>10</sub> tienen valores elevados alrededor de las 7:00 horas y en la gráfica por días de la semana (a) se observa que el pico de las 7:00 horas coincide normalmente de lunes a domingo.



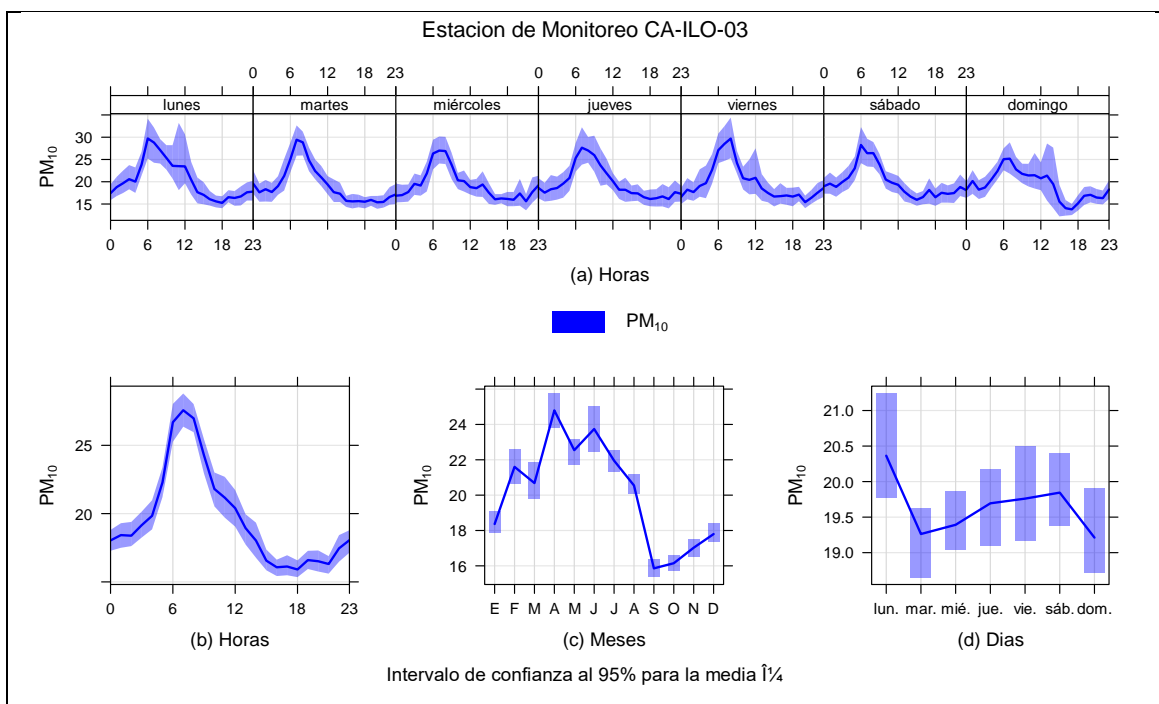
**Figura 4.4.1** Concentraciones promedio horarias de  $PM_{10}$  en la estación de monitoreo CA-ILO-01, de febrero a diciembre de 2023

En la estación de monitoreo CA-ILO-02, la representación gráfica por días de monitoreo (d) muestra que en los lunes se registraron las mayores concentraciones de  $PM_{10}$  y en los promedios mensuales (c) se observan dos picos en enero y noviembre. En el caso de las medias horarias (b), se observa que las concentraciones de  $PM_{10}$  tienen valores elevados alrededor de las 6:00 horas y en la gráfica por días de la semana (a) se observa que el pico de las 6:00 horas coincide normalmente de lunes a domingo.



**Figura 4.4.2** Concentraciones promedio horarias de  $PM_{10}$  en la estación de monitoreo CA-ILO-02, de enero a diciembre de 2023

En la estación de monitoreo CA-ILO-03, la representación gráfica por días de monitoreo (d) muestra que en los lunes se registraron las mayores concentraciones de  $PM_{10}$  y en los promedios mensuales (c) se observa un pico en el mes de abril. En el caso de las medias horarias (b), se observa que las concentraciones de  $PM_{10}$  tienen valores elevados alrededor de las 7:00 horas y en la gráfica por días de la semana (a) se observa que el pico de las 7:00 horas coincide normalmente de lunes a domingo.

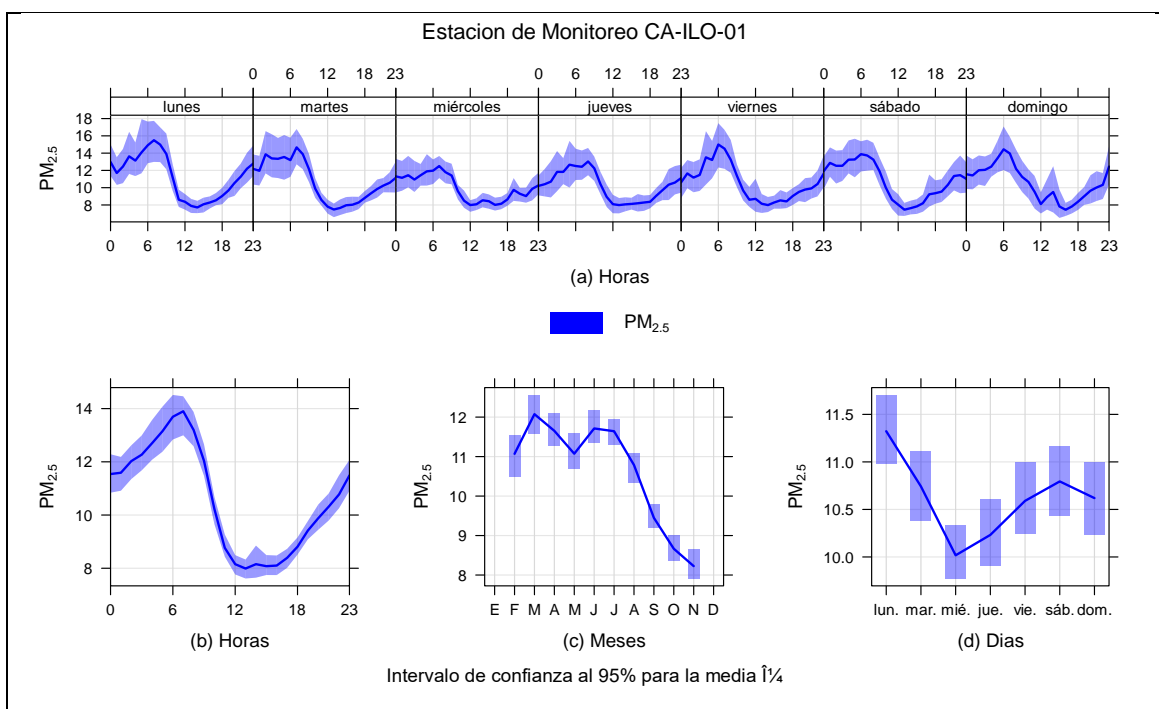


**Figura 4.4.3** Concentraciones promedio horarias de  $PM_{10}$  en la estación de monitoreo CA-ILO-03, de enero a diciembre de 2023

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

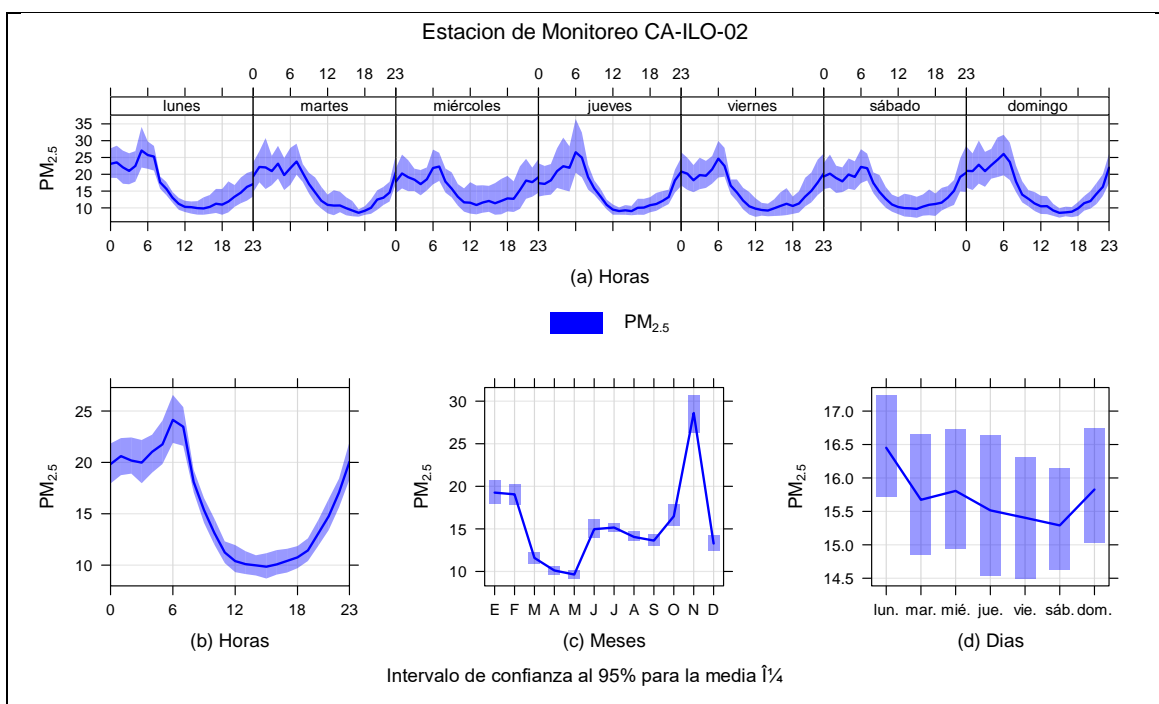
En la Figura 4.4.4, 4.4.5 y 4.4.6 se grafican las medias de las concentraciones horarias, mensuales y por día en relación con las concentraciones de  $PM_{2,5}$ , para las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del periodo enero a diciembre.

En la estación de monitoreo CA-ILO-01, la representación gráfica por días (d) de monitoreo muestra que en los lunes se registraron las mayores concentraciones de  $PM_{2,5}$  y en los promedios mensuales (c) se observa un pico en el mes de marzo. En el caso de las medias horarias (b), se observa que las concentraciones de  $PM_{2,5}$  tienen valores elevados alrededor de las 7:00 horas y en la gráfica por días de la semana (a) se observa que el pico de las 7:00 horas coincide normalmente de lunes a domingo.



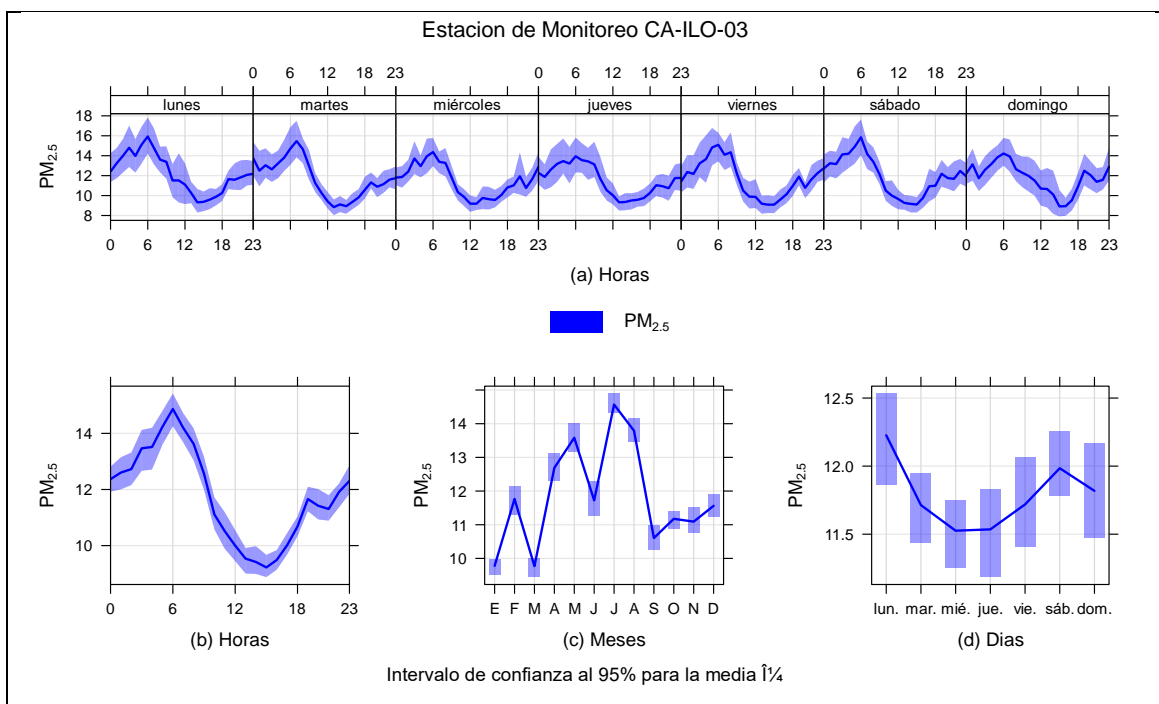
**Figura 4.4.4** Concentraciones promedio horarias de  $PM_{2.5}$  en la estación de monitoreo CA-ILO-01, de febrero a diciembre de 2023

En la estación de monitoreo CA-ILO-02, la representación gráfica por días (d) de monitoreo muestra que en los días lunes se registraron las mayores concentraciones de  $PM_{2.5}$  y en los promedios mensuales (c) hay un pico en el mes de noviembre. En el caso de las medias horarias (b), se observa que las concentraciones de  $PM_{2.5}$  tienen valores elevados alrededor de las 6:00 horas y en la gráfica por días de la semana (a) se observa que el pico de las 6:00 horas coincide normalmente de lunes a domingo.



**Figura 4.4.5** Concentraciones promedio horarias de  $PM_{2.5}$  en la estación de monitoreo CA-ILO-02, de enero a diciembre de 2023

En la estación de monitoreo CA-ILO-03, la representación gráfica por días (d) de monitoreo muestra que en los lunes se registraron las mayores concentraciones de  $PM_{2.5}$  y los promedios mensuales (c) muestran un pico en el mes de julio. En el caso de las medias horarias (b) se aprecia que las concentraciones de  $PM_{2.5}$  tiene valores elevados alrededor de las 6:00 horas y en la gráfica por días de la semana (a) se observa que el pico de las 6:00 horas coincide normalmente de lunes a domingo.

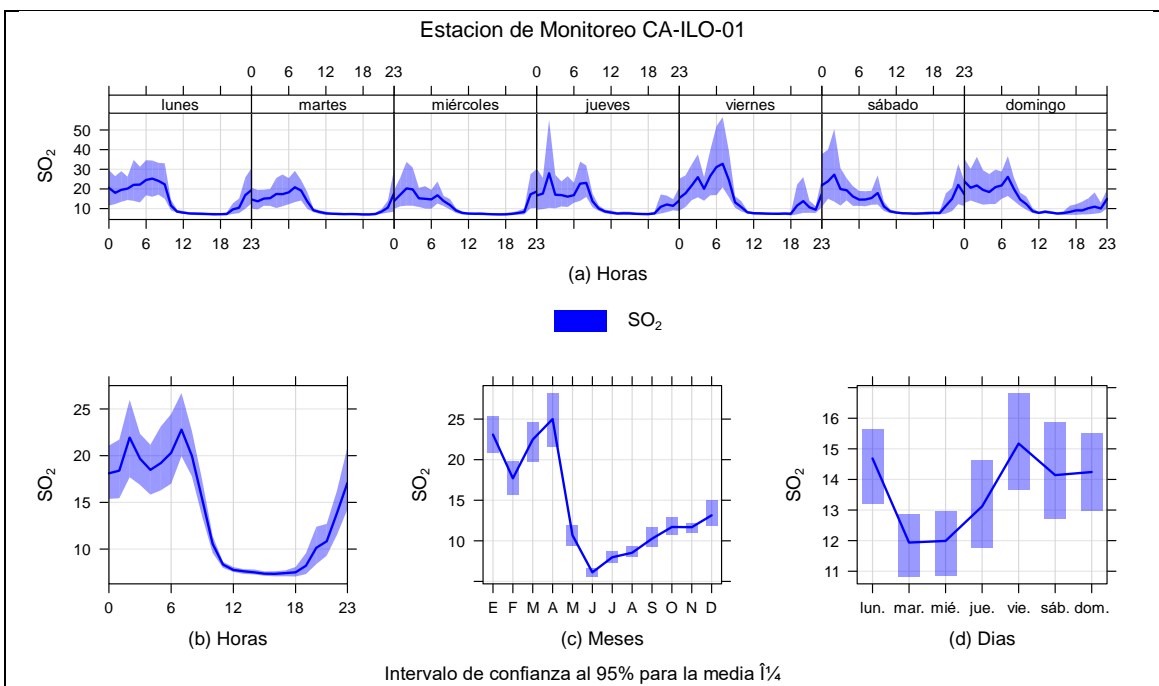


**Figura 4.4.6** Concentraciones promedio horarias de  $PM_{2.5}$  en la estación de monitoreo CA-ILO-03, de enero a diciembre de 2023

### 3.4.3. Dióxido de azufre ( $SO_2$ )

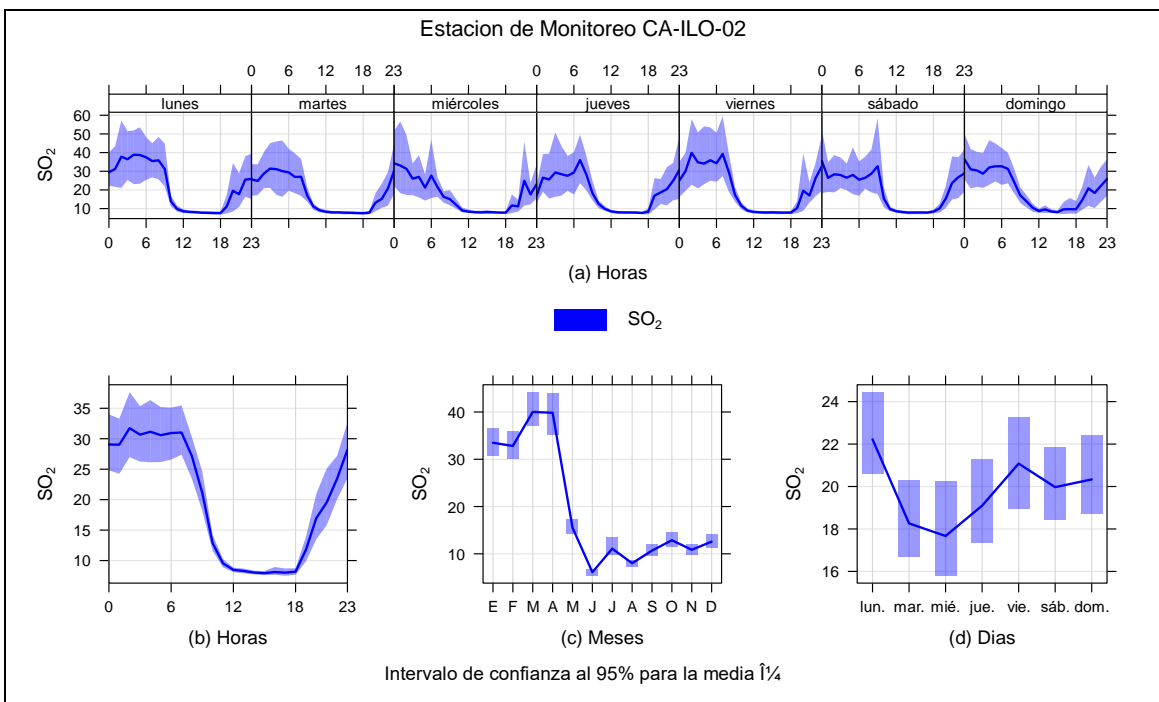
En la Figura 4.4.7, 4.4.8 y 4.4.9 se grafican las medias de las concentraciones horarias, mensuales y por día en relación con las concentraciones de  $SO_2$ , para las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del periodo enero a diciembre.

En la estación de monitoreo CA-ILO-01, la representación gráfica por días (d) de monitoreo muestra que en los viernes se registraron las mayores concentraciones de  $SO_2$  y los promedios mensuales (c) se observa su mayor valor en el mes de abril. En el caso de las medias horarias (b), se observa que las concentraciones de  $SO_2$  tienen valores elevados alrededor de las 7:00 horas y en la gráfica por días de la semana (a) se observa que el pico de las 7:00 horas coincide normalmente de lunes a domingo.



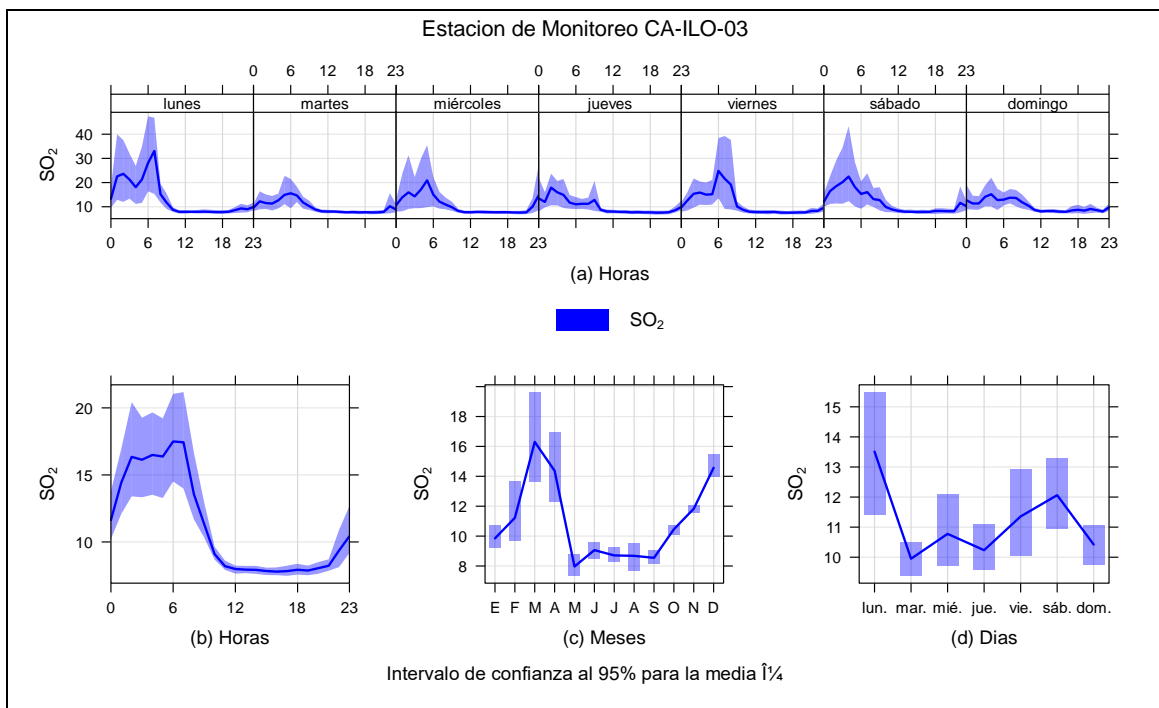
**Figura 4.4.7** Concentraciones promedio horarias de  $SO_2$  en la estación de monitoreo CA-ILO-01, de enero a diciembre de 2023

En la estación de monitoreo CA-ILO-02, la representación gráfica por días (d) de monitoreo muestra que los lunes se registraron las mayores concentraciones de  $SO_2$  y en los promedios mensuales (c) se observa su mayor valor en el mes de marzo y abril. En el caso de las medias horarias (b), se observa que las concentraciones de  $SO_2$  tienen valores elevados desde las 23:00 hasta las 6:00 horas.



**Figura 4.4.8** Concentraciones promedio horarias de  $SO_2$  en la estación de monitoreo CA-ILO-02, de enero a diciembre de 2023

En la estación de monitoreo CA-ILO-03, la representación gráfica por días (d) de monitoreo muestra que en los días lunes se registraron las mayores concentraciones de SO<sub>2</sub> y en los promedios mensuales (c) se observa un mayor valor en el mes de marzo. En el caso de las medias horarias (b) se aprecia que las concentraciones de SO<sub>2</sub> tiene valores elevados entre las 2:00 y 6:00 horas.

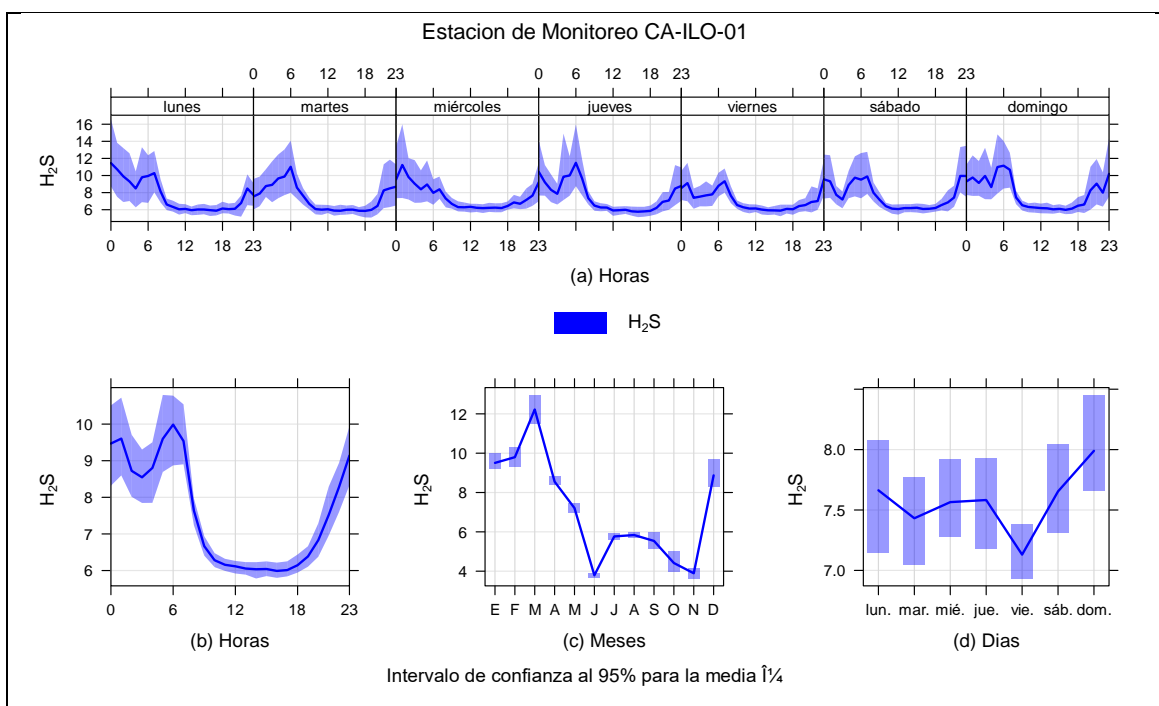


**Figura 4.4.9** Concentraciones promedio horarias de SO<sub>2</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-03, de enero a diciembre de 2023

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

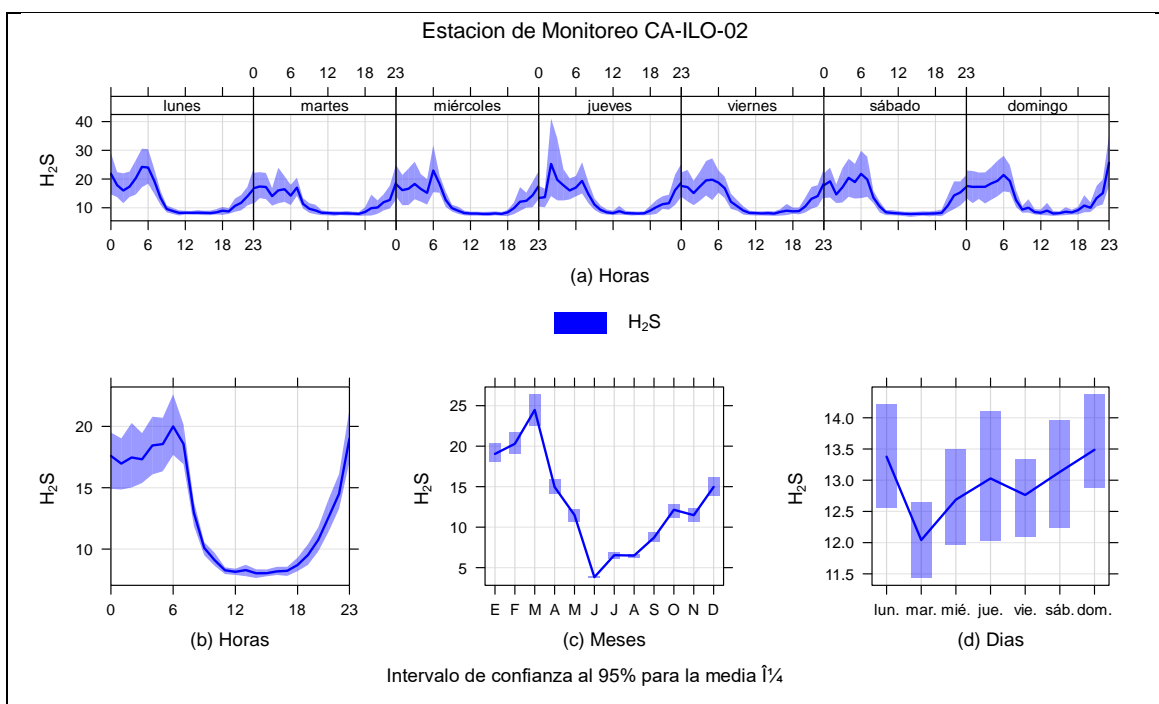
En la Figura 4.4.10, 4.4.11 y 4.4.12 se grafican las medias de las concentraciones horarias, mensuales y por día en relación con las concentraciones de H<sub>2</sub>S, para las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del periodo enero a diciembre.

En la estación de monitoreo CA-ILO-01, la representación gráfica por días (d) de monitoreo muestra que en los días domingo se registraron las mayores concentraciones de H<sub>2</sub>S y los promedios mensuales (c) muestran un máximo valor en el mes de marzo. En el caso de las medias horarias (b), se observa que las concentraciones de H<sub>2</sub>S tienen valores elevados alrededor de la 1:00 y luego a las 6:00 horas y estos picos pueden observarse también en la gráfica por días de la semana (a) y suceden normalmente de lunes a domingo, sin embargo, los miércoles se muestran con menos agudez.



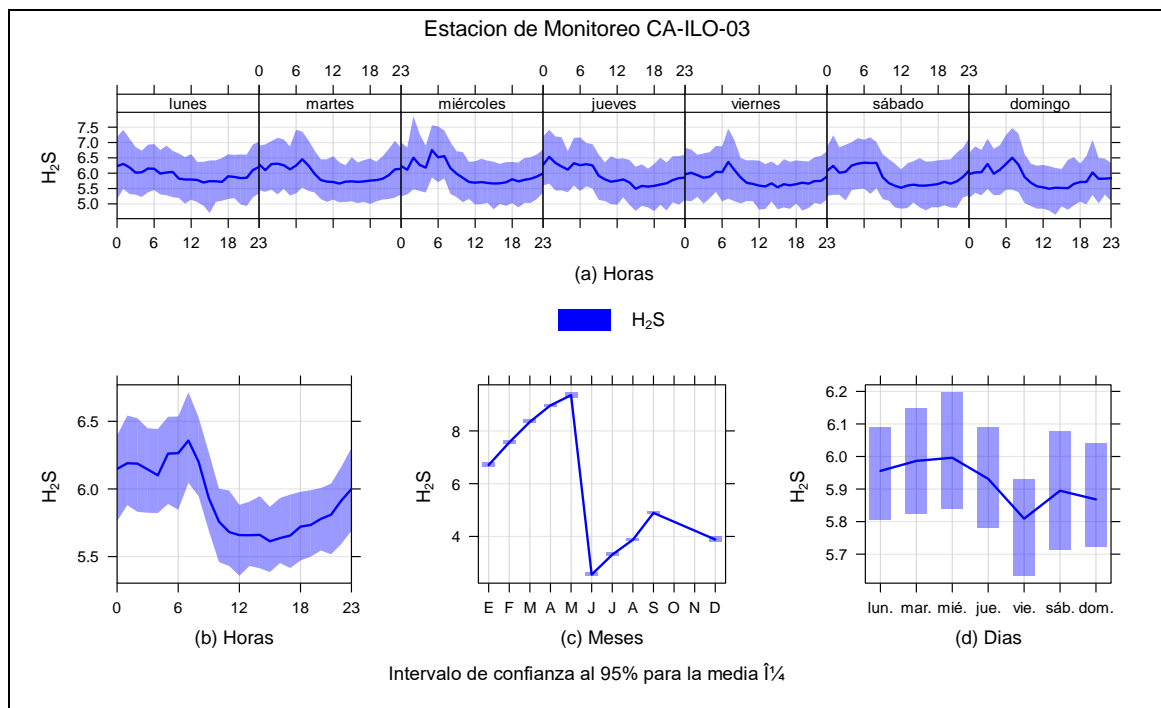
**Figura 4.4.10** Concentraciones promedio horarias de  $H_2S$  en la estación de monitoreo CA-ILO-01, de enero a diciembre de 2023

En la estación de monitoreo CA-ILO-02, la representación gráfica por días (d) de monitoreo muestra que en los domingos se registraron las mayores concentraciones de  $H_2S$  y los promedios mensuales (c) muestran un máximo valor en el mes de marzo. En el caso de las medias horarias (b), se observa que las concentraciones de  $H_2S$  tienen valores elevados alrededor de las 00:00 horas y 6:00 horas y esos picos pueden observarse también en la gráfica por días de la semana (a) y suceden normalmente de lunes a domingo.



**Figura 4.4.11** Concentraciones promedio horarias de  $H_2S$  en la estación de monitoreo CA-ILO-02, de enero a diciembre de 2023

En la estación de monitoreo CA-ILO-03, la representación gráfica por días (d) de monitoreo muestra que en los miércoles se registraron las mayores concentraciones de H<sub>2</sub>S y en los promedios mensuales (c) se muestra un máximo valor en el mes de mayo. En el caso de las medias horarias (b) se aprecia que las concentraciones de H<sub>2</sub>S tiene valores elevados alrededor de las 7:00 horas.

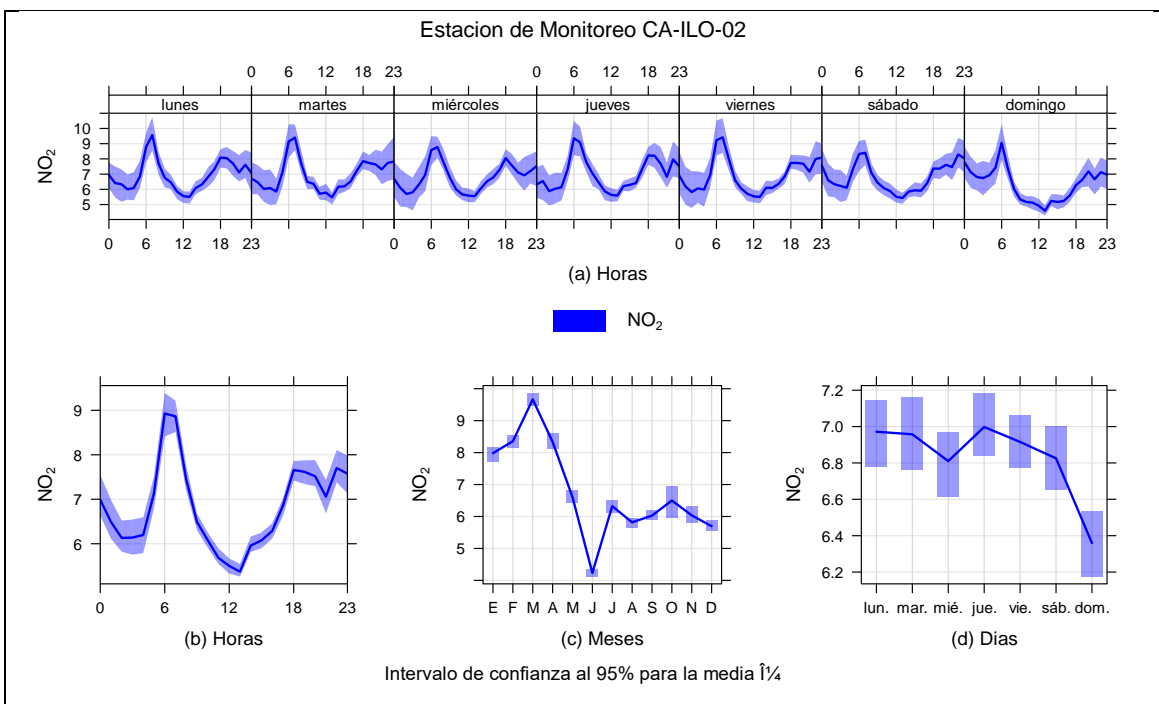


**Figura 4.4.12** Concentraciones promedio horarias de H<sub>2</sub>S en la estación de monitoreo CA-ILO-03, de enero a setiembre de 2023

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

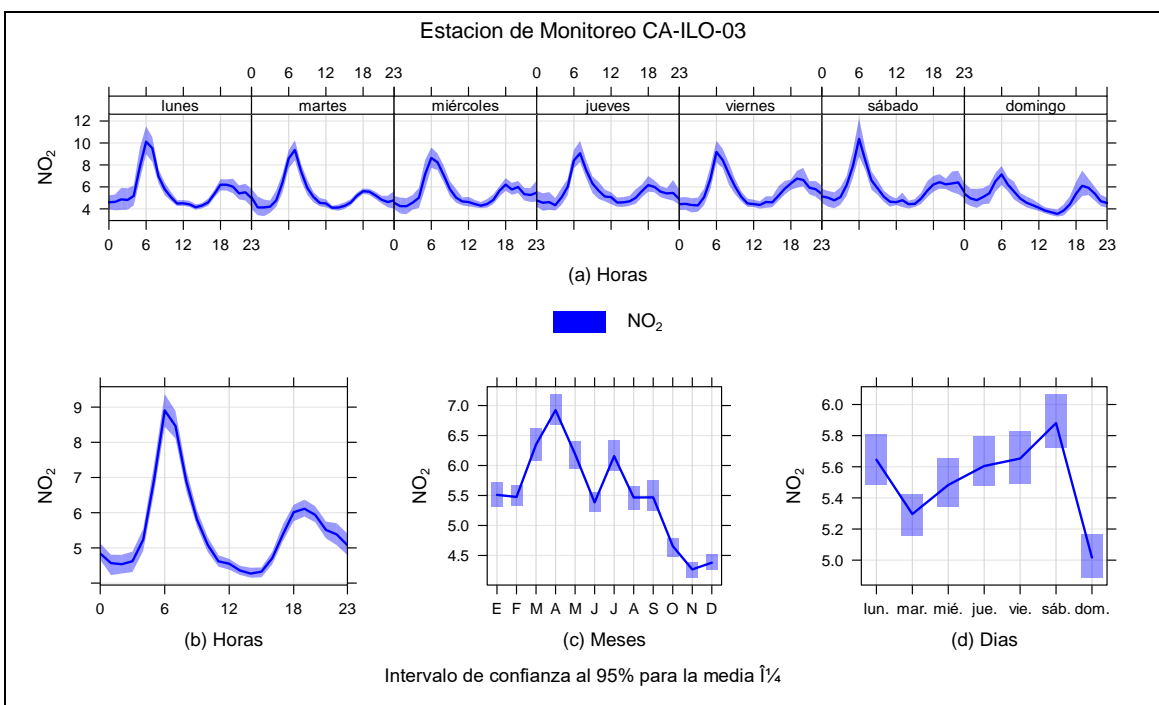
En la Figura 4.4.13 y 4.4.14 se grafican las medias de las concentraciones horarias, mensuales y por día en relación con las concentraciones de NO<sub>2</sub>, para las estaciones de monitoreo CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del periodo enero a diciembre.

En la estación de monitoreo CA-ILO-02, la representación gráfica por días (d) de monitoreo muestra que de lunes a sábado se registraron las mayores concentraciones de NO<sub>2</sub> y en los promedios mensuales (c) se registra su máximo valor en el mes de marzo. En el caso de las medias horarias (b), se observa que las concentraciones de NO<sub>2</sub> tienen valores elevados alrededor de las 6:00 horas, dicho pico puede tener su origen en las emisiones generadas por el tráfico vehicular.



**Figura 4.4.13** Concentraciones promedio horarias de NO<sub>2</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-02, de enero a diciembre de 2023

En la estación de monitoreo CA-ILO-03, la representación gráfica por días (d) de monitoreo muestra que en los sábados se registraron las mayores concentraciones de NO<sub>2</sub> y en los promedios mensuales (c) se registra un valor máximo en el mes de abril. En el caso de las medias horarias (b) se aprecia que las concentraciones de NO<sub>2</sub> 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 y en la gráfica por días de la semana (a) se observan que los picos antes mencionados suceden normalmente de lunes a domingo.

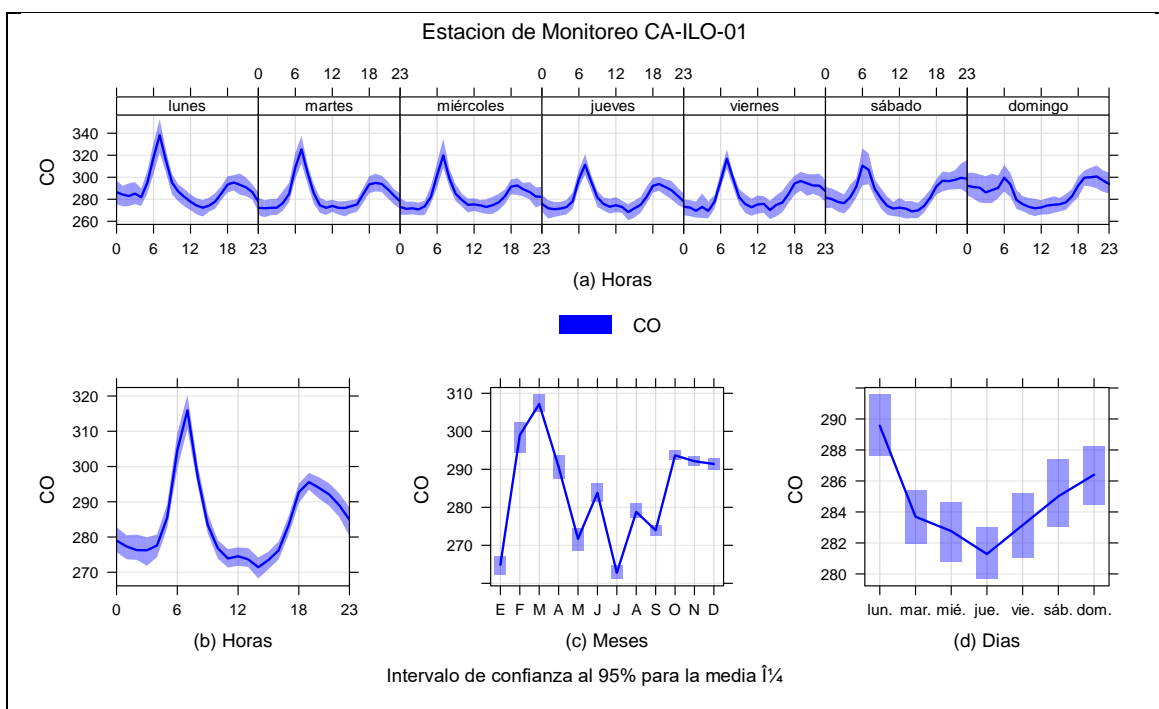


**Figura 4.4.14** Concentraciones promedio horarios de NO<sub>2</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-03, de enero a diciembre de 2023

### 3.4.6. Monóxido de carbono (CO)

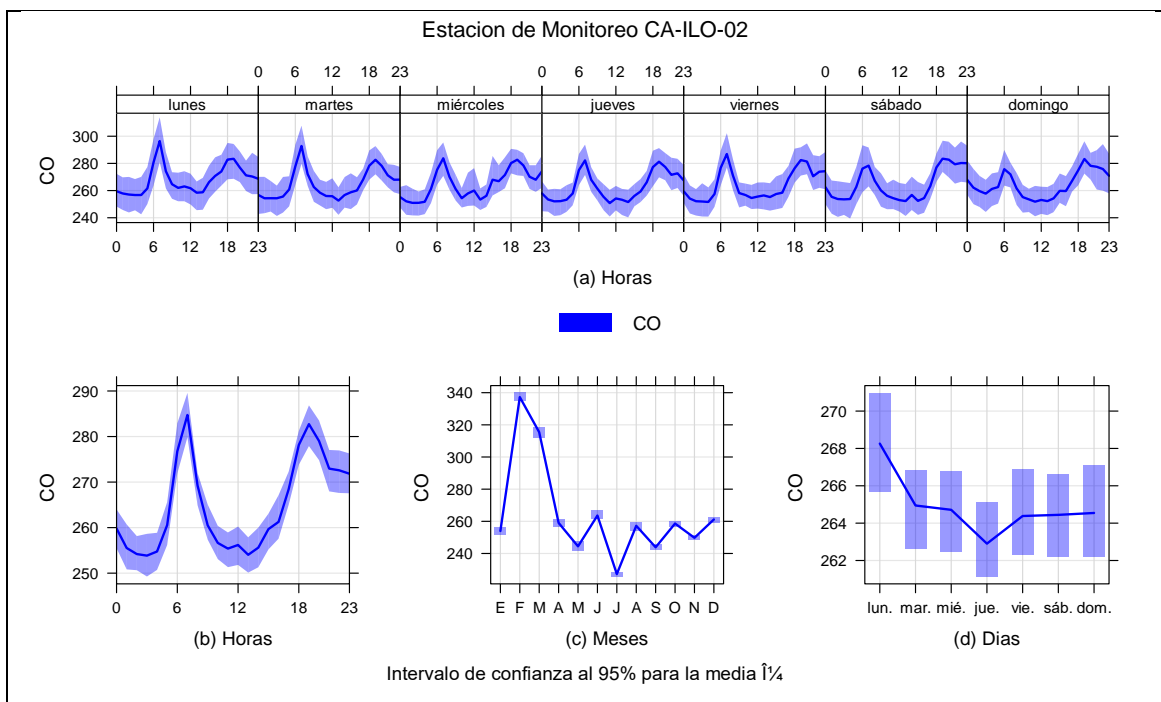
En la Figura 4.4.15, 4.4.16 y 4.4.17 se grafican las medias de las concentraciones horarias, mensuales y por día en relación con las concentraciones de CO, para las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, del periodo enero a diciembre.

En la estación de monitoreo CA-ILO-01, la representación gráfica por días (d) de monitoreo muestra que en los lunes se registraron las mayores concentraciones de CO y en los promedios mensuales (c) se muestra un pico en marzo. En el caso de las medias horarias (b), 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 y en la gráfica por días de la semana (a) se observan que los picos antes mencionados suceden normalmente de lunes a domingo.



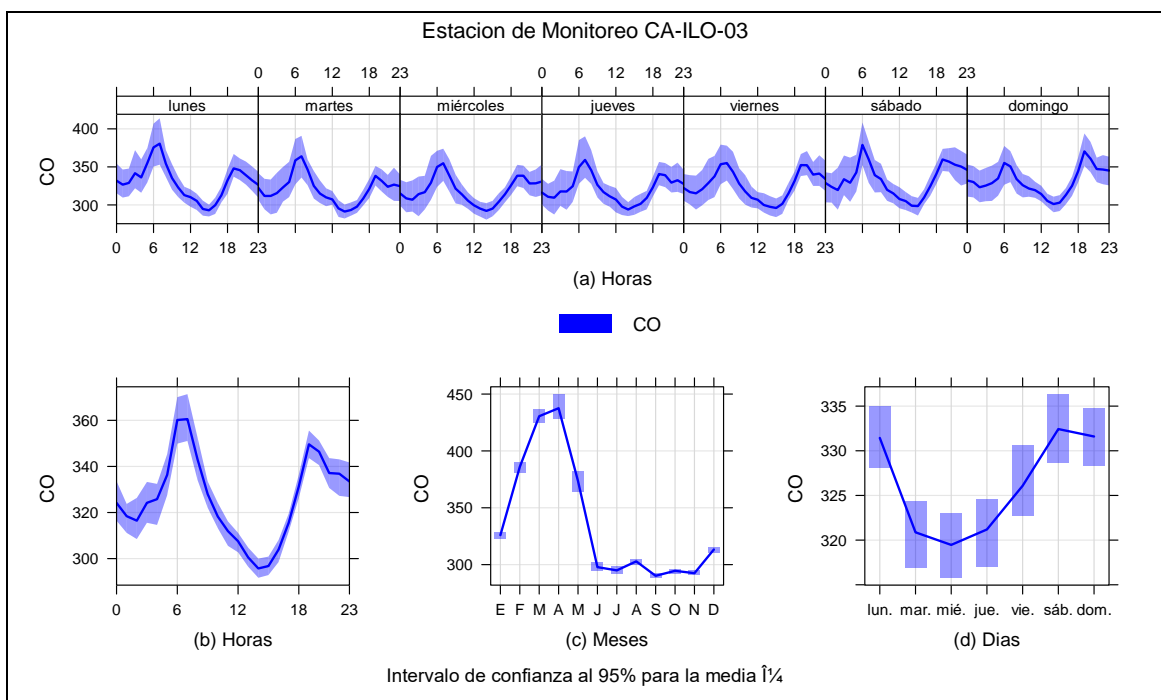
**Figura 4.4.15** Concentraciones promedio horarias de CO en la estación de monitoreo CA-ILO-01, de enero a diciembre de 2023

En la estación de monitoreo CA-ILO-02, la representación gráfica por días (d) de monitoreo muestra que en los lunes se registraron las mayores concentraciones de CO y los promedios mensuales (c) muestra un valor mayor en el mes de febrero. En el caso de las medias horarias (b), 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 y en la gráfica por días de la semana (a) se observan que los picos antes mencionados suceden normalmente de lunes a domingo



**Figura 4.4.16** Concentraciones promedio horarias de CO en la estación de monitoreo CA-ILO-02, de enero a diciembre de 2023

En la estación de monitoreo CA-ILO-03, la representación gráfica por días (d) de monitoreo muestra que en los sábados se registraron las mayores concentraciones de CO y en los promedios mensuales (c) se observa un máximo valor en los meses marzo y abril. En el caso de las medias horarias (b), 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 y en la gráfica por días de la semana (a) se observan que los picos antes mencionados suceden normalmente de lunes a domingo.



**Figura 4.4.17** Concentraciones promedio horarias de CO en la estación de monitoreo CA-ILO-03, de enero a diciembre de 2023

### 3.5. CONCENTRACIÓN DE METALES EN PM<sub>10</sub>.

En la Tabla 4.4 se presentan las concentraciones de metales contenidos en el material particulado PM<sub>10</sub> de la estación de monitoreo CA-ILO-01 de los meses febrero (del 13 al 17), marzo (del 20 al 24) y julio (del 17 al 21) de 2023. El monitoreo se realizó con el 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/m<sup>3</sup> 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.

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 1,4144 y 5,2328 µg/m<sup>3</sup>, para el calcio de 0,4519 y 0,6810 µg/m<sup>3</sup> y para el magnesio los niveles fluctúan entre 0,2962 y 0,8102 µg/m<sup>3</sup>.

**Tabla 4.4.** Concentración de metales registrados en la estación de monitoreo CA-ILO-01 en los meses de febrero, marzo y julio de 2023

CONCENTRACIÓN DE METALES						
Metal medido en PM <sub>10</sub>	Unidad	CA-ILO-01				ECA Nacional Mensual <sup>4</sup>
		Febrero	Marzo	Julio		
Aluminio	Al	µg/m <sup>3</sup>	0,1584	0,1210	0,0981	-
Antimonio	Sb	µg/m <sup>3</sup>	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Arsénico	As	µg/m <sup>3</sup>	0,0088	0,0162	0,0035	-
Bario	Ba	µg/m <sup>3</sup>	0,0039	0,0041	0,0028	-
Berilio	Be	µg/m <sup>3</sup>	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Bismuto	Bi	µg/m <sup>3</sup>	0,0051	0,0161	<L.C.	-
Boro	B	µg/m <sup>3</sup>	0,0120	0,0014	0,0031	-
Cadmio	Cd	µg/m <sup>3</sup>	0,0025	0,0113	<L.C.	-
Calcio	Ca	µg/m <sup>3</sup>	0,7657	0,6810	0,4519	-
Cobalto	Co	µg/m <sup>3</sup>	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Cobre	Cu	µg/m <sup>3</sup>	0,0549	0,0788	0,0168	-
Cromo	Cr	µg/m <sup>3</sup>	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Estaño	Sn	µg/m <sup>3</sup>	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Estroncio	Sr	µg/m <sup>3</sup>	0,0069	0,0040	0,0035	-
Fósforo	P	µg/m <sup>3</sup>	0,0648	<L.C.	<L.C.	-
Hierro	Fe	µg/m <sup>3</sup>	0,2440	0,2573	0,2115	-
Litio	Li	µg/m <sup>3</sup>	0,0005	<L.C.	<L.C.	-
Magnesio	Mg	µg/m <sup>3</sup>	0,8102	0,5197	0,2962	-
Manganeso	Mn	µg/m <sup>3</sup>	0,0053	0,0044	0,0039	-
Mercurio	Hg	µg/m <sup>3</sup>	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Molibdeno	Mo	µg/m <sup>3</sup>	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Níquel	Ni	µg/m <sup>3</sup>	0,0026	0,0047	<L.C.	-
Plata	Ag	µg/m <sup>3</sup>	0,0017	0,0090	<L.C.	-
Plomo	Pb	µg/m <sup>3</sup>	0,0254	0,0432	0,0073	1,5
Potasio	K	µg/m <sup>3</sup>	0,3883	0,1433	0,1355	-
Selenio	Se	µg/m <sup>3</sup>	0,0032	0,0219	<L.C.	-
Silicio	Si	µg/m <sup>3</sup>	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Sodio	Na	µg/m <sup>3</sup>	5,2328	3,8890	1,4144	-

<sup>4</sup> En el caso del Plomo se usa el Estándar de Calidad de Aire (ECA) Nacional, D.S. N° 003-2017 MINAM.

CONCENTRACIÓN DE METALES						
Metal medido en PM <sub>10</sub>		Unidad	CA-ILO-01			
			Febrero	Marzo	Julio	ECA Nacional Mensual <sup>4</sup>
Talio	Tl	µg/m <sup>3</sup>	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Titanio	Ti	µg/m <sup>3</sup>	0,0060	0,0040	0,0039	-
Vanadio	V	µg/m <sup>3</sup>	0,0044	0,0121	<L.C.	-
Zinc	Zn	µg/m <sup>3</sup>	0,0265	0,0395	0,0099	-

< 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 la Tabla 4.5 se presentan las concentraciones de metales contenidos en el material particulado PM<sub>10</sub> de la estación de monitoreo CA-ILO-03, de los meses febrero (del 13 al 17), marzo (del 20 al 24) y julio (del 17 al 21) de 2023. El monitoreo se realizó con el 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/m<sup>3</sup> 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.

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 1,3167 y 5,0870 µg/m<sup>3</sup>, para el calcio de 0,4885 y 1,0988 µg/m<sup>3</sup> y para el magnesio los niveles fluctúan entre 0,2872 y 0,8775 µg/m<sup>3</sup>.

**Tabla 4.5.** Concentración de metales registrados en la estación de monitoreo CA-ILO-03 en los meses de febrero, marzo y julio de 2023

CONCENTRACIÓN DE METALES						
Metal medido en PM <sub>10</sub>		Unidad	CA-ILO-03			
			Febrero	Marzo	Julio	ECA Nacional Mensual <sup>5</sup>
Aluminio	Al	µg/m <sup>3</sup>	0,2378	0,1964	0,1124	-
Antimonio	Sb	µg/m <sup>3</sup>	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Arsénico	As	µg/m <sup>3</sup>	0,0061	0,0116	0,0027	-
Bario	Ba	µg/m <sup>3</sup>	0,0044	0,0045	0,0020	-
Berilio	Be	µg/m <sup>3</sup>	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Bismuto	Bi	µg/m <sup>3</sup>	0,0037	0,0071	<L.C.	-
Boro	B	µg/m <sup>3</sup>	0,0160	<L.C.	0,0032	-
Cadmio	Cd	µg/m <sup>3</sup>	0,0017	<L.C.	<L.C.	-
Calcio	Ca	µg/m <sup>3</sup>	1,0863	1,0988	0,4885	-
Cobalto	Co	µg/m <sup>3</sup>	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Cobre	Cu	µg/m <sup>3</sup>	0,0451	0,0499	0,0124	-
Cromo	Cr	µg/m <sup>3</sup>	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Estaño	Sn	µg/m <sup>3</sup>	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Estroncio	Sr	µg/m <sup>3</sup>	0,0082	0,0057	0,0031	-
Fósforo	P	µg/m <sup>3</sup>	0,0734	0,0133	0,0195	-
Hierro	Fe	µg/m <sup>3</sup>	0,3107	0,3111	0,2071	-
Litio	Li	µg/m <sup>3</sup>	0,0005	0,0003	0,0004	-
Magnesio	Mg	µg/m <sup>3</sup>	0,8775	0,6004	0,2872	-

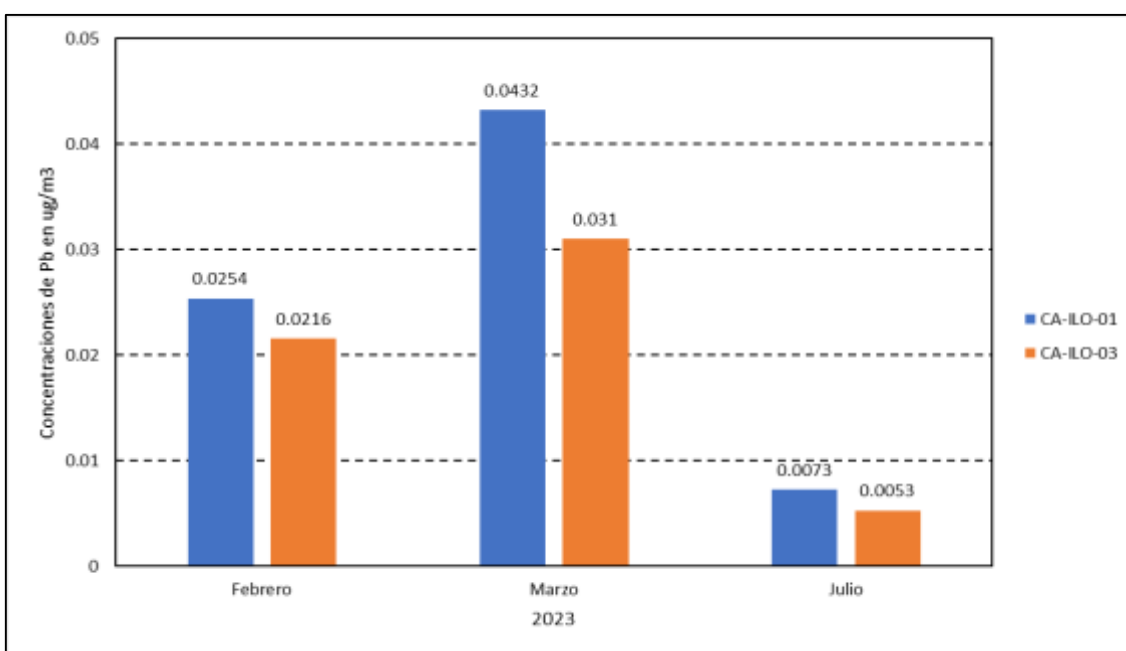
<sup>5</sup> En el caso del Plomo se usa el Estándar de Calidad de Aire (ECA) Nacional, D.S. N° 003-2017 MINAM.

CONCENTRACIÓN DE METALES						
Metal medido en PM <sub>10</sub>	Unidad	CA-ILO-03				ECA Nacional Mensual <sup>5</sup>
		Febrero	Marzo	Julio		
Manganeso	Mn	µg/m <sup>3</sup>	0,0071	0,0063	0,0041	-
Mercurio	Hg	µg/m <sup>3</sup>	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Molibdeno	Mo	µg/m <sup>3</sup>	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Níquel	Ni	µg/m <sup>3</sup>	0,0018	0,0020	<L.C.	-
Plata	Ag	µg/m <sup>3</sup>	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Plomo	Pb	µg/m <sup>3</sup>	0,0216	0,0310	0,0053	1,5
Potasio	K	µg/m <sup>3</sup>	0,4205	0,1576	0,1288	-
Selenio	Se	µg/m <sup>3</sup>	0,0030	<L.C.	<L.C.	-
Silicio	Si	µg/m <sup>3</sup>	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Sodio	Na	µg/m <sup>3</sup>	5,0870	3,0715	1,3167	-
Talio	Tl	µg/m <sup>3</sup>	<L.C.	<L.C.	<L.C.	-
Titanio	Ti	µg/m <sup>3</sup>	0,0087	0,0061	0,0044	-
Vanadio	V	µg/m <sup>3</sup>	0,0031	0,0057	<L.C.	-
Zinc	Zn	µg/m <sup>3</sup>	0,0218	0,0345	0,0086	-

< 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).

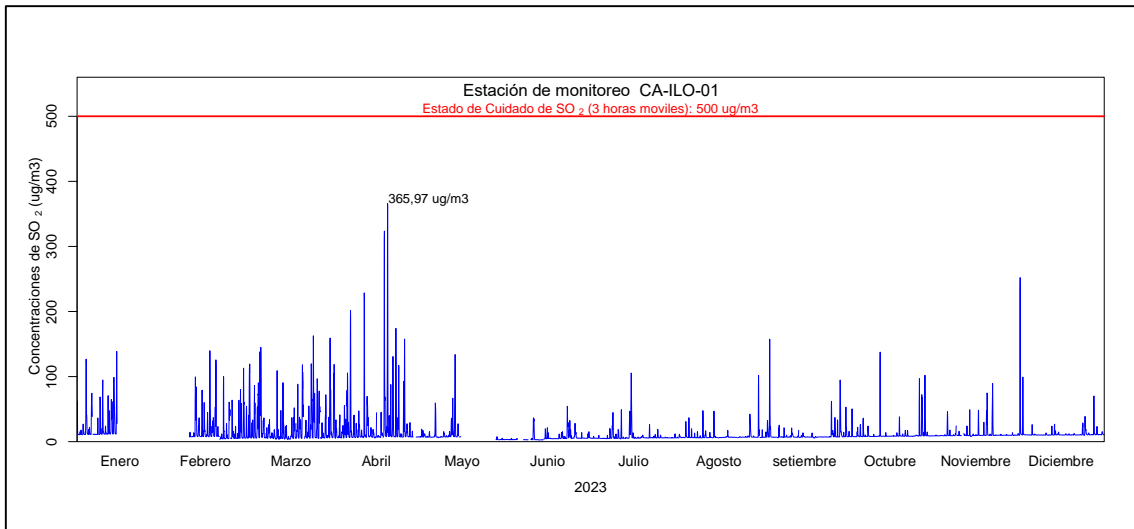
En la gráfica 4.5.1. se muestran las concentraciones promedio mensual en las estaciones CA-ILO-01 y CA-ILO-03. De donde se puede analizar por separado, por estación de vigilancia, se observa que la estación CA-ILO-01 siempre mantiene un nivel superior al de la estación CA-ILO-03 y hay que tomar en cuenta que la estación CA-ILO-01 se encuentra más cerca relativamente, de las instalaciones de la Fundición de cobre y de la Refinería de cobre, unidades productivas de Southern Perú Copper Corporation (ver figura 4.3.2.a). El segundo análisis por estación del año, en los meses veraniegos (febrero y marzo), los niveles son mayores, entre otras, una de las razones de la concentración de partículas, es el incremento de temperaturas en la costa, esto genera un mayor movimiento de los vientos y en consecuencia mayor transporte de partículas.



**Figura 4.5.1** Concentraciones de Plomo en PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) por estación CA-ILO-01 y CA-ILO-3 2023 monitoreado en los meses febrero, marzo y julio.

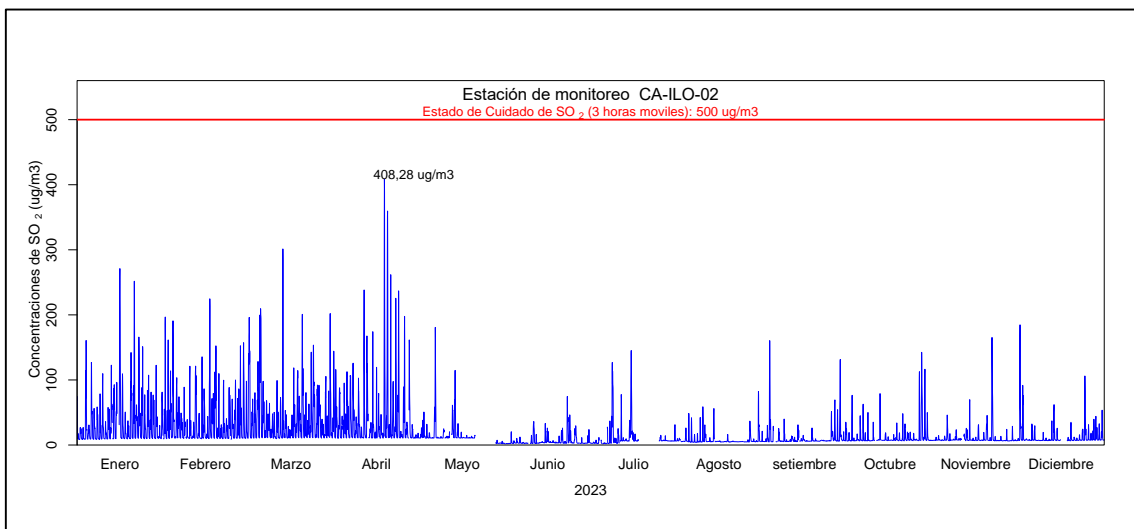
### 3.6. NIVELES DE ESTADOS DE ALERTA.

En la Figura 4.6.1 se presentan las concentraciones móviles de 3 horas de  $\text{SO}_2$  correspondiente a la estación de monitoreo CA-ILO-01 de enero a diciembre de 2023. Además, se observa que todas las concentraciones de promedio móvil de 3 horas no excedieron el estado de cuidado para  $\text{SO}_2$  ( $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) según el Decreto Supremo N°009-2003-SA.



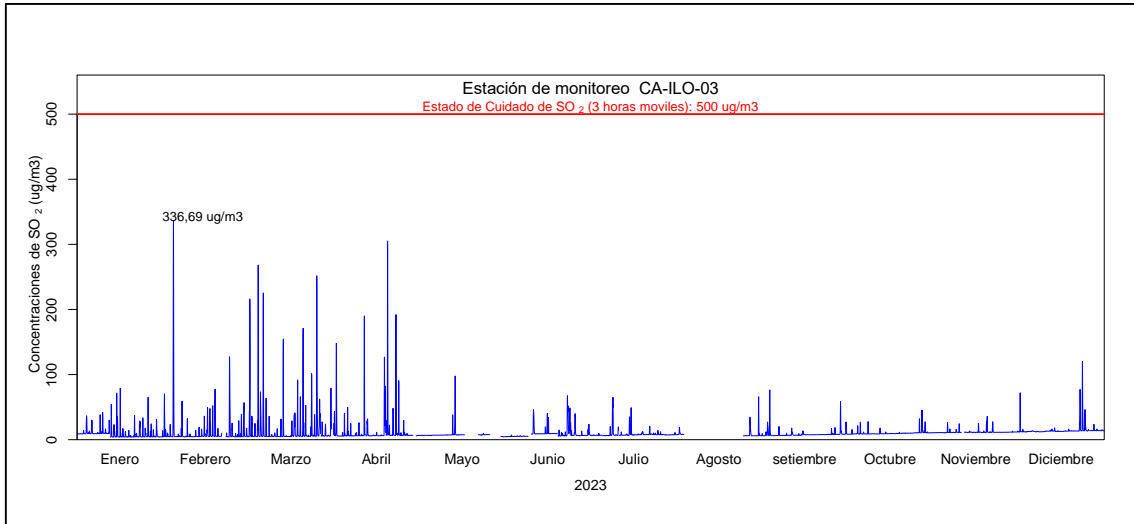
**Figura 4.6.1** Concentraciones de promedio móvil de 3 horas móviles de  $\text{SO}_2$  en la estación de monitoreo CA-ILO-01, de enero a diciembre 2023

En la Figura 4.6.2 se presentan las concentraciones móviles de 3 horas de  $\text{SO}_2$  correspondiente a la estación de monitoreo CA-ILO-02 de enero a diciembre de 2023. Además, se observa que todas las concentraciones de promedio móvil de 3 horas no excedieron el estado de cuidado para  $\text{SO}_2$  ( $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) según el Decreto Supremo N°009-2003-SA.



**Figura 4.6.2** Concentraciones de promedio móvil de 3 horas móviles de  $\text{SO}_2$  en la estación de monitoreo CA-ILO-02, de enero a diciembre 2023

En la Figura 4.6.3 se presentan las concentraciones móviles de 3 horas de SO<sub>2</sub> correspondiente a la estación de monitoreo CA-ILO-03 de enero a diciembre de 2023. Además, se observa que todas las concentraciones de promedio móvil de 3 horas no excedieron el estado de cuidado para SO<sub>2</sub> (500 µg/m<sup>3</sup>) según el Decreto Supremo N°009-2003-SA.



**Figura 4.6.3** Concentraciones de promedio móvil de 3 horas móviles de SO<sub>2</sub> en la estación de monitoreo CA-ILO-03, de enero a diciembre 2023

#### 4 CONCLUSIONES

- Respecto a los niveles de concentración de material particulado, los días 12 (53,8 µg/m<sup>3</sup>) de febrero, 2 (51,3 µg/m<sup>3</sup>), 3 (77,3 µg/m<sup>3</sup>), 4 (85,3 µg/m<sup>3</sup>), 5 (54,8 µg/m<sup>3</sup>), 6 (51,5 µg/m<sup>3</sup>), 7 (61,6 µg/m<sup>3</sup>), 8 (82,4 µg/m<sup>3</sup>) y 9 (53,4 µg/m<sup>3</sup>) de noviembre de 2023, en la estación de monitoreo CA-ILO-02, excedieron el valor del ECA de 24 horas de material particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM<sub>2,5</sub>) en más de siete veces al año. En las estaciones de monitoreo CA-ILO-01 y CA-ILO-03, las concentraciones de 24 horas de material particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM<sub>2,5</sub>) no excedieron su respectivo ECA, en los meses de enero a diciembre del 2023.
- En las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03 las concentraciones de 24 horas de material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM<sub>10</sub>) no excedieron su respectivo ECA, en los meses de enero a diciembre del 2023.
- En las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, las concentraciones de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) no excedieron su respectivo ECA, en los meses de enero a diciembre del 2023.
- En las estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, las concentraciones de sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) no excedieron su respectivo ECA, en los meses de enero a diciembre del 2023.
- En las tres estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, las concentraciones horarias de monóxido de carbono (CO) no excedieron su respectivo

ECA, así como los promedios móviles de 8 horas de CO, durante el periodo evaluado de enero a diciembre del 2023.

- En las dos estaciones de monitoreo CA-ILO-02 y CA-ILO-03, las concentraciones horarias de dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) no excedieron su respectivo ECA, durante el periodo evaluado de enero a diciembre del 2023. En la estación CA-ILO-01 no se muestran resultados debido a que el equipo fue retirado en febrero del 2023 para mantenimiento.
- No se presentaron estados de alerta sobre los niveles de cuidado de SO<sub>2</sub> (500 µg/m<sup>3</sup>, 3 horas promedio móvil), durante la evaluación ambiental de seguimiento de la calidad del aire en las tres estaciones de monitoreo CA-ILO-01, CA-ILO-02 y CA-ILO-03, ubicadas en la provincia de Ilo (enero a diciembre de 2023).
- Las concentraciones de los metales: antimonio, arsénico, berilio, boro, cadmio, cobalto, cobre, cromo, estaño, estroncio, hierro, manganeso, mercurio, molibdeno, níquel, plata, selenio, titanio, vanadio y zinc, monitoreadas en febrero (del 13 al 17), marzo (del 20 al 24) y julio (del 17 al 21) de 2023 en las estaciones CA-ILO-01 y CA-ILO-03, no excedieron los valores establecidos en la norma de referencia canadiense Air Ambient Quality Criteria 2020 (AAQC).
- La concentración mensual de plomo en PM<sub>10</sub> registrada en febrero (del 13 al 17), marzo (del 20 al 24) y julio (del 17 al 21) de 2023 en las estaciones CA-ILO-01 y CA-ILO-03 no excedieron el valor establecido en los ECA para aire de 1,5 µg/m<sup>3</sup> mensual, aprobado mediante Decreto Supremo N.º 003- 2017-MINAM.

## 5 ANEXOS

Anexo 1: Mapa de ubicación.

Anexo 2: Datos crudos.

Anexo 3: Sistematización de datos válidos.

Anexo 4: Certificados de Calibración.

Anexo 5: Fichas de verificación

Anexo 6: Resultados de laboratorio-análisis de metales en PM<sub>10</sub>.

Atentamente