

**INFORME N° 00009-2020-OEFA/DEAM-STEC**

A : **FRANCISCO GARCÍA ARAGÓN**
Director de Evaluación Ambiental

DE : **LÁZARO WALTHER FAJARDO VARGAS**
Ejecutivo de la Subdirección Técnica Científica

ANDRÉS DANIEL BRIOS ABANTO
Especialista de Evaluaciones Ambientales

JORGE IVÁN GARCÍA RIEGA
Especialista en Monitoreo y Vigilancia Ambiental

ASUNTO : Vigilancia ambiental de la calidad del aire, en el sector La Oroya Antigua, distrito La Oroya, provincia Yauli, departamento Junín, de enero a diciembre de 2019.

C.U.E. : 2019-02-0007

CÓDIGO DE ACCIÓN : 0001-1-2019-401, 0010-3-2019-401, 0008-4-2019-401,
0012-5-2019-401, 0010-6-2019-401, 0003-7-2019-401,
0005-8-2019-401, 0011-9-2019-412, 0006-10-2019-412,
0005-11-2019-412, 0003-12-2019-412

REFERENCIA : Planefa 2019

FECHA : Lima, 13 de febrero de 2020

Tenemos el agrado de dirigirnos a usted para informar lo siguiente:

1. INFORMACIÓN GENERAL

Los aspectos generales de la vigilancia ambiental realizada en la ciudad de La Oroya son presentados en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1. Información general respecto de la actividad realizada

a.	Ubicación general	Sector La Oroya Antigua, distrito La Oroya, provincia Yauli, departamento Junín
b.	Unidades fiscalizables en la zona de estudio o actividades económicas	Complejo Metalúrgico de La Oroya
c.	Problemática	Presunta afectación de la calidad del aire debido a las emisiones del Complejo Metalúrgico de La Oroya
d.	Antecedentes	Planefa 2019
e.	Tipo de evaluación	Vigilancia ambiental
f.	Periodo de ejecución	Enero a diciembre de 2019



Profesionales que aportaron a este documento:

N.º	Nombres y apellidos	Profesión	Actividad desarrollada
1	Lázaro Walther Fajardo Vargas	Ingeniero químico	Gabinete
2	Rina Torres Pereira	Bióloga	Gabinete
3	Andrés Daniel Bríos Abanto	Ingeniero ambiental	Gabinete
4	Jorge Iván García Riega	Ingeniero electrónico	Gabinete
5	Xiomara Solanch Mandujano Reyes	Ingeniera ambiental	Gabinete/campo

2. DATOS DE LA ACTIVIDAD REALIZADA

Los parámetros y cantidad de estaciones evaluadas en la vigilancia ambiental de la calidad del aire realizada en el área de influencia del Complejo Metalúrgico La Oroya (en adelante, CMLO), se presentan en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Parámetros y cantidad de estaciones evaluadas de enero a diciembre de 2019

Parámetros evaluados	Cantidad de estaciones
Dióxido de azufre (SO ₂)	1
Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)	
Metales en PM ₁₀	

Los parámetros que excedieron la normativa para la estación de vigilancia ambiental en el área de influencia del CMLO, se presenta en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2. Parámetros que exceden normativa ambiental para la estación de vigilancia ambiental

Meses de monitoreo	Frecuencia de excedencia	Parámetros de exceden la norma ambiental ¹
Enero	9 veces	Promedio móvil de 3 horas de SO ₂ : estado de cuidado
Febrero	1 vez	Promedio móvil de 3 horas de SO ₂ : estado de cuidado
Marzo	-	-
Abril	-	-
Mayo	5 veces	Promedio móvil de 3 horas de SO ₂ : estado de cuidado
Junio	12 veces	Promedio móvil de 3 horas de SO ₂ : estado de cuidado
Julio	12 veces	Promedio móvil de 3 horas de SO ₂ : estado de cuidado
Agosto	12 veces	Promedio móvil de 3 horas de SO ₂ : estado de cuidado
Setiembre	16 veces	Promedio móvil de 3 horas de SO ₂ : estado de cuidado
Octubre	13 veces	Promedio móvil de 3 horas de SO ₂ : estado de cuidado
	1 vez	Promedio móvil de 3 horas de SO ₂ : estado de peligro
Noviembre	27 veces	Promedio móvil de 3 horas de SO ₂ : estado de cuidado
Diciembre	20 veces	Promedio móvil de 3 horas de SO ₂ : estado de cuidado

(1) Reglamento de los niveles de estados de alerta nacionales para contaminantes del aire, aprobado mediante Decreto Supremo N.º 009-2003-SA

(--) No superó la norma

3. ANTECEDENTES

En el 2011, la Dirección de Evaluación¹ del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (en adelante, OEFA), como parte de su Plan Operativo Institucional (en adelante, POI), realizó dos monitoreos de calidad del aire en la ciudad de La Oroya, analizándose parámetros como dióxido de azufre (en adelante, SO₂) y material particulado con diámetro menor a 10 micras (en adelante, PM₁₀). El primer monitoreo se efectuó del 16 al 23 de febrero de 2011 (época húmeda) y el segundo monitoreo del 19 al 24 de setiembre de 2011 (época seca), ambos monitoreos concluyeron que, no se excedieron los estándares

¹ Actualmente Dirección de Evaluación Ambiental, según el Reglamento de Organización y Funciones del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), aprobado mediante Decreto Supremo N.º 013-2017-MINAM.



nacionales de calidad ambiental del aire vigentes en el 2011. Cabe mencionar que, durante las actividades de los monitoreos, el CMLO se encontraba paralizado.

Del 5 al 9 de junio de 2012, la Dirección de Evaluación del OEFA, como parte del POI, realizó un tercer monitoreo de calidad del aire de los parámetros SO_2 y PM_{10} , cuando el CMLO se encontraba inoperativo, cuyos resultados no excedieron con los estándares nacionales de calidad ambiental del aire vigentes en el 2012.

Mediante la Resolución Directoral N.º 251-2012-MEM-DGM/V del 26 de julio de 2012, el Ministerio de Energía y Minas (en adelante, Minem) autorizó la continuidad de las operaciones de los circuitos de zinc y plomo del CMLO. Debido a lo anterior, el 28 de julio de 2012, se reiniciaron las actividades operativas en el CMLO correspondientes al circuito de zinc, con la posterior reactivación del circuito de plomo.

El 30 de julio de 2012, la Dirección de Evaluación del OEFA, trasladó una unidad móvil para la vigilancia de la calidad del aire que incluyó la medición continua de SO_2 y PM_{10} , ubicándose desde el 1 de agosto de 2012 en la segunda cuadra de la calle Arequipa (al costado del mercado «3 de febrero»), donde se realizó la evaluación de los referidos parámetros, finalizando dicha evaluación el 10 de julio de 2014. En dicho periodo de evaluación, las concentraciones de PM_{10} no excedieron los estándares nacionales de calidad ambiental del aire vigentes entre el 2012 y 2014; mientras que para el caso del SO_2 , las concentraciones sí presentaron excedencias en determinados días.

El 2015, se ejecutaron en la ciudad de La Oroya cuatro evaluaciones puntuales de calidad del aire, las cuales se llevaron a cabo del 7 al 12 de abril, del 2 al 7 de julio, del 25 al 30 de octubre y del 2 al 7 de diciembre, respectivamente.

El 10 de julio de 2015, el Minem aprobó el instrumento de gestión ambiental correctivo del CMLO, así como el Plan de Adecuación de las Actividades Minero - Metalúrgicas a los Estándares nacionales de calidad ambiental del aire, estableciendo estándares de calidad ambiental del aire específicos para el CMLO, ello mediante Resolución Directoral N.º 72-2015-MEM-DGAAM sustentada en el informe N.º 581-2015-MEMDGAAM/DNAM/DGAM/CMLO.

El 24 de setiembre de 2015, el OEFA suscribió un Convenio de Cooperación Interinstitucional con la Municipalidad Provincial de Yauli por un periodo de tres años, mediante el cual se concedió al OEFA el espacio físico necesario para el funcionamiento de una caseta de vigilancia ambiental en un local municipal ubicado en la ciudad de La Oroya (sector de La Oroya Antigua).

Debido a lo anterior, la Dirección de Evaluación del OEFA reanudó la vigilancia ambiental de la calidad del aire en La Oroya, mediante la instalación de una unidad móvil de vigilancia en las cercanías de la ubicación especificada en el párrafo anterior, considerando la evaluación de los parámetros SO_2 y PM_{10} , ello entre el 2 de noviembre de 2015 hasta el 21 de enero de 2016.

El 22 de enero de 2016, se instaló e implementó una estación en la azotea de la Casa de la Cultura de la Municipalidad Provincial de Yauli (cuarto piso), continuando la labor de vigilancia ambiental que había sido ejecutada con la unidad móvil hasta el 21 de enero de 2016, manteniendo la evaluación de los parámetros SO_2 y PM_{10} .

De la vigilancia de la calidad del aire en la estación de La Oroya durante el 2016, las concentraciones de PM_{10} no excedieron los estándares nacionales de calidad ambiental del aire vigentes para ese entonces; sin embargo, para el parámetro SO_2 , los días 10 y 11 de diciembre de 2016, las concentraciones obtenidas excedieron los estándares nacionales de calidad ambiental del aire aprobados para el CMLO.



En cumplimiento del POI 2016 del OEFA, se realizaron dos evaluaciones de la calidad del aire en la ciudad de La Oroya, analizándose los parámetros SO₂, PM₁₀ y material particulado con diámetro menor a 2,5 micras (en adelante, PM_{2,5}). Las evaluaciones se realizaron del 18 al 23 de abril y del 27 de junio al 2 de julio de 2016. Los resultados obtenidos en ambas evaluaciones no excedieron los estándares nacionales de calidad ambiental del aire vigentes en el 2016.

El 2017, la Dirección de Evaluación Ambiental del OEFA, en cumplimiento del Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental - 2017, se realizó el monitoreo de calidad de aire durante los días 17 y 21 de enero², y 2 de febrero³ de 2017, detectando concentraciones de SO₂ (promedios diarios) que excedieron los estándares de calidad ambiental para aire aprobados para el CMLO.

En los informes de vigilancia ambiental emitidos el 2018, de enero (informe N.º 80-2018-OEFA/DEAM-STEC), febrero (informe N.º 83-2018-OEFA/DEAM-STEC), marzo (informe N.º 130-2018-OEFA/DEAM-STEC), abril (informe N.º 171-2018-OEFA/DEAM-STEC), mayo (informe N.º 202-2018-OEFA/DEAM-STEC), junio (informe N.º 228-2018-OEFA/DEAM-STEC), julio (informe N.º 270-2018-OEFA/DEAM-STEC), agosto (informe N.º 291-2018-OEFA/DEAM-STEC), setiembre (informe N.º 316-2018-OEFA/DEAM-STEC), octubre (informe N.º 357-2018-OEFA/DEAM-STEC), noviembre (informe N.º 376-2018-OEFA/DEAM-STEC), diciembre (informe N.º 007-2019-OEFA/DEAM-STEC), en los cuales se indica que las concentraciones promedio diarias de SO₂ no excedieron el estándar de calidad ambiental para aire en la zona adyacente a las operaciones del CMLO (365 µg/m³ para promedio de 24 horas).

Por ello, durante el 2019, la Dirección de Evaluación Ambiental del OEFA, en cumplimiento del Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental - 2019, continuó ejecutando el monitoreo de la calidad del aire en la estación de La Oroya (CA-CC-01); emitiendo informes de vigilancia ambiental correspondientes a los monitoreos realizados desde enero hasta noviembre 2019 (Tabla 3.1), ya que en el presente informe se incorpora los resultados obtenidos de la vigilancia realizada en diciembre 2019.

Tabla 3.1. Informes de vigilancia de enero a noviembre de 2019

Título del informe	Número de aprobación	Fecha de aprobación
Vigilancia ambiental de la calidad del aire, en el sector La Oroya Antigua, distrito La Oroya, provincia Yauli, departamento Junín en enero de 2019	N.º 0018-2019-OEFA/DEAM-STEC	28 de febrero de 2019
Vigilancia ambiental de la calidad del aire, en el sector La Oroya Antigua, distrito La Oroya, provincia Yauli, departamento Junín en febrero de 2019	N.º 0044-2019-OEFA/DEAM-STEC	26 de marzo de 2019
Vigilancia ambiental de la calidad del aire, en el sector La Oroya Antigua, distrito La Oroya, provincia Yauli, departamento Junín en marzo de 2019	N.º 0066-2019-OEFA/DEAM-STEC	16 de abril de 2019
Vigilancia ambiental de la calidad del aire, en el sector La Oroya Antigua, distrito La Oroya, provincia Yauli, departamento Junín en abril de 2019	N.º 0100-2019-OEFA/DEAM-STEC	17 de mayo de 2019

² Informe N.º 014-2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA

³ Informe N.º 015-2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA



Título del informe	Número de aprobación	Fecha de aprobación
Vigilancia ambiental de la calidad del aire, en el sector La Oroya Antigua, distrito La Oroya, provincia Yauli, departamento Junín en mayo de 2019	N.º 0138-2019-OEFA/DEAM-STEC	25 de junio de 2019
Vigilancia ambiental de la calidad del aire, en el sector La Oroya Antigua, distrito La Oroya, provincia Yauli, departamento Junín en junio de 2019	N.º 0162-2019-OEFA/DEAM-STEC	23 de julio de 2019
Vigilancia ambiental de la calidad del aire, en el sector La Oroya Antigua, distrito La Oroya, provincia Yauli, departamento Junín en julio de 2019	N.º 0193-2019-OEFA/DEAM-STEC	28 de Agosto de 2019
Vigilancia ambiental de la calidad del aire, en el sector La Oroya Antigua, distrito La Oroya, provincia Yauli, departamento Junín en agosto de 2019	N.º 0217-2019-OEFA/DEAM-STEC	20 de setiembre de 2019
Vigilancia ambiental de la calidad del aire, en el sector La Oroya Antigua, distrito La Oroya, provincia Yauli, departamento Junín en setiembre de 2019	N.º 0265-2019-OEFA/DEAM-STEC	28 de octubre de 2019
Vigilancia ambiental de la calidad del aire, en el sector La Oroya Antigua, distrito La Oroya, provincia Yauli, departamento Junín en el 2019	N.º 0322-2019-OEFA/DEAM-STEC	29 de noviembre de 2019
Vigilancia ambiental de la calidad del aire, en el sector La Oroya Antigua, distrito La Oroya, provincia Yauli, departamento Junín en noviembre de 2019	N.º 0336-2019-OEFA/DEAM-STEC	13 de diciembre de 2019

4. OBJETIVO

Evaluar el comportamiento y la calidad ambiental del aire en el área de influencia de las operaciones del Complejo Metalúrgico La Oroya, en el distrito La Oroya, provincia Yauli, departamento Junín, durante el 2019.

5. AREA DE ESTUDIO

El CMLO se ubica en el distrito La Oroya, provincia Yauli, departamento Junín. Geográficamente se ubica hacia la margen derecha del río Mantaro, a una altitud media de 3762 m s. n. m. (Figura 5.1), para una mejor visualización ver Anexo 1. Mapa de ubicación de la estación de vigilancia ambiental CA-CC-01.

El área de influencia ambiental directa (AIAD) del CMLO, ha sido determinada en base a la distribución espacial (amplitud geográfica) de los principales impactos ambientales directos existentes y aquellos que se podían producir a causa de la construcción e implementación de las actividades de mejora del CMLO. El área de influencia ambiental indirecta (AIAI) abarca 2755,42 ha y, se desarrolla alrededor del AIAD, a manera de una zona de amortiguamiento, incluyendo afluentes del río Mantaro, en su porción cercana a la ciudad de La Oroya. Presenta como límites por el norte los cerros Pichcapuquio, Putaca y Ushpash; por el este los cerros Airajaja, Cuncán, Callachayoc, Contadera y la Pampa Tambo Zavala; por el sur los cerros Quintupa y Quiscash, las Pampas de Gallohuajanan y Yanac Larapampa; y por el oeste los cerros Piruyoc y Carachuco⁴.

⁴ Instrumento de gestión ambiental correctivo de la U.P. La Oroya – Complejo Metalúrgico de la Oroya, elaborado en marzo de 2015.



El área de influencia social directa (AISD), incluye a la población urbana comprendida en las zonas denominadas La Oroya Antigua, Oroya Nueva (C.P. La Oroya), centro poblado de Sacco (población urbana comprendida entre Marcavalle y Chucchis del distrito Santa Rosa de Sacco y las poblaciones ubicadas a lo largo de la carretera central desde el C.P. Inka hasta el Paccha).



Figura 5.1. Ubicación de la estación CA-CC-01 en relación al CMLO

6. METODOLOGÍA

6.1. Protocolo de monitoreo

El protocolo de monitoreo utilizado se describe en la Tabla 6.1.

Tabla 6.1. Protocolo de monitoreo utilizado para el monitoreo ambiental de la calidad del aire

Protocolo	Sección	País	Institución	Dispositivo legal	Año
Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de los Datos	Todo el documento	Perú	Dirección General de Salud Ambiental* (Digesa)	Resolución Directoral N.º 1404-2005-DIGESA	2005

*: Actualmente Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria.

6.2. Ubicación de la estación de monitoreo

El monitoreo ambiental de la calidad del aire se realizó en la estación identificada con código CA-CC-01. El código, coordenadas y descripción de la estación se visualizan en la Tabla 6.2.

Tabla 6.2. Estación de vigilancia ambiental de calidad del aire

Lugar	Código	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 18L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		



Calle Comandante Zárate S/N, cuadra N.º 1 - sector La Oroya Antigua	CA-CC-01	401757	8726374	3728	Azotea de la Casa de la Cultura de la Municipalidad Provincial de Yauli aproximadamente 700 m del CMLO.
---	----------	--------	---------	------	---

6.3. Equipos utilizados y metodologías de análisis

Los equipos, y métodos y técnicas empleadas en el monitoreo ambiental de la calidad del aire, se presentan en las Tablas 6.3 y 6.4 respectivamente.

Tabla 6.3. Equipos utilizados en el monitoreo de aire

Parámetro	Equipos	Marca	Modelo	Serie
Dióxido de azufre (SO ₂)	Analizador continuo de gases	Thermo Scientific	43i	825231928
	Analizador continuo de gases		450i	1009241444
Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)	Muestreador manual de alto volumen de material particulado	Thermo Scientific	G10557	P9307X
Metales en PM ₁₀				
- Velocidad del viento - Dirección del viento - Temperatura ambiente - Humedad relativa - Precipitación - Presión barométrica	Estación meteorológica	Campbell Scientific	CR 1000	25511

Tabla 6.4. Métodos para el análisis de aire

Parámetros	Métodos	Técnica empleada
Dióxido de azufre (SO ₂)	Método automático	Fluorescencia ultravioleta
Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)	NTP 900.030.2018. Monitoreo de Calidad Ambiental. Calidad de Aire. Método de referencia para la determinación de material particulado respirable como PM ₁₀ en la atmósfera.	Determinación de Peso: Filtro PM ₁₀ Alto Volumen
Metales en PM ₁₀ (*)	EPA Compendium Method IO-3 4. 1999. Determination of Metals in Ambient Particulate Matter Using Inductively Coupled Plasma (ICP) Spectroscopy. Excepto Muestreo	Metales por ICP OES Filtro PM ₁₀ Alto Volumen
- Velocidad de viento - Dirección de viento - Temperatura ambiente - Humedad relativa - Precipitación - Presión barométrica	Método automático	-

(*) Fuente: Informes de ensayo N°: MAY1164.R19, SEP1249.R19, OCT1177.R19, del Laboratorio CERTIMIN S.A.

(-): No aplica



6.4. Procesamiento de datos

Los datos meteorológicos fueron procesados para la elaboración de los diagramas denominados rosas de vientos. Estos diagramas representan la dirección y velocidad de viento en un plano polar con las coordenadas geográficas de la estación de vigilancia ambiental de la calidad del aire, para evaluar la influencia de la meteorología local sobre los parámetros ambientales y su posible procedencia.

Los datos meteorológicos fueron procesados en base a las horas diurnas (07:00 h - 11:00 h), horas vespertinas (12:00 h - 18:00 h) y horas nocturnas (00:00 h - 6:00 h y 19:00 h - 23:00 h) con el fin de analizar y evaluar la influencia de la meteorología local sobre los contaminantes monitoreados y su posible procedencia, evolución y transporte local durante la mañana, tarde y noche.

Los datos del parámetro dióxido de azufre (SO₂) son transmitidos vía internet a la base de datos del OEFA donde, a través, de un sistema de control de calidad, se obtiene como producto los datos validados. Cabe resaltar que, estos datos son registrados en partes por billón (ppb); por lo que, se realizó la conversión de unidades a microgramo por metro cúbico (µg/m³) a condiciones estándar de temperatura y presión (298,15 K y 760 mmHg).

Los datos del dióxido de azufre (SO₂) se procesaron para obtener concentraciones de 24 horas y promedios móviles de 3 horas, en base a su criterio de evaluación, para ser comparados con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire (en adelante, ECA para aire) y con los niveles de estados de alerta establecido para el CMLO.

Las muestras de material particulado contenidos en los filtros de PM₁₀ fueron enviadas a un laboratorio acreditado para la determinación de su peso y el análisis de metales. Adicionalmente, para la determinación de PM₁₀ se calculó el flujo según la siguiente ecuación:

$$Q_{std} = Q_a \left(\frac{P_{av}}{T_{av}} \right) \left(\frac{T_{std}}{P_{std}} \right) \quad (6-1)$$

Dónde:

Q_{std} = Flujo promedio (m³/min) a condiciones de referencia indicadas (i.e. 25 °C y 101,3 kPa).

Q_a = Flujo promedio (m³/min) a condiciones ambientales.

P_{av} = Presión barométrica promedio durante el período de muestreo o presión barométrica promedio para el lugar de muestreo (KPa o mmHg).

T_{av} = Temperatura ambiente promedio durante el período de muestreo o temperatura ambiente estacional promedio para el lugar de muestro (K).

T_{std} = Temperatura estándar para PM₁₀ a 25 °C (i.e. 298 K) y metales a 10°C (i.e. 283 K)

P_{std} = Presión estándar (i.e. 101,3 kPa o 760 mmHg).

Una vez calculado el flujo promedio se procedió a calcular el volumen total de aire muestreado, el cual se obtuvo de la ecuación 6-2.

$$V_{std} = (Q_{std})(t) \quad (6-2)$$

Dónde:

V_{std} = Total de aire muestreado en unidades patrón de volumen (m³).

t = Tiempo de muestreo (min).



Sobre la base de la diferencia de pesos (muestra/filtro) reportados por el laboratorio y los parámetros meteorológicos de presión y temperatura registrados en el lugar de muestreo, se calculó la concentración de material particulado en unidades de masa por unidad de volumen, de acuerdo con la ecuación 6-3.

$$C_{PM_{10}} = 10^{-6} \cdot (W_f - W_i) / V_{std} \quad (6-3)$$

Dónde:

$C_{PM_{10}}$ = Concentración de PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

$W_f - W_i$ = Diferencia de pesos final e inicial del filtro (g).

V_{std} = Volumen de aire muestreado a condiciones estándar (m^3)⁵.

De manera análoga se determinó las concentraciones de metales totales en material particulado con diámetro menor a 10 micras con los resultados emitidos por el laboratorio acreditado, de acuerdo con la ecuación 6-4.

$$C_{Metal} = 10^{-6} \cdot (W_{metal}) / V_{std} \quad (6-4)$$

Dónde:

C_{metal} = Concentración del metal ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

W_{metal} = Peso del metal en gramos (g).

V_{std} = Volumen total de aire muestreado a condiciones estándar en (m^3)

Para el cálculo del volumen de aire muestreado de PM_{10} se realizó a una temperatura de 25 °C, y de los metales en PM_{10} se calculó a 10 °C como temperatura estándar, para su comparación con la norma de referencia *Ontrario's Ambient Air Quality Criteria Standards* (AAQC), el detalle de los cálculos se encuentra en el informe N.º 0322-2019-OEFA/DEAM-STEC.

6.5. Criterios de evaluación

Las concentraciones de SO_2 fueron comparadas con el valor promedio diario de $365 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (criterio de evaluación, no exceder más de una vez al año), establecido mediante el Decreto Supremo N.º 074-2001-PCM (Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, en adelante, ECA del aire), específico para el CMLO, de acuerdo con lo dispuesto en la Resolución Directoral N.º 272-2015-MEM-DGAAM del Ministerio de Energía y Minas, que aprobó el Instrumento de Gestión Ambiental Correctivo del CMLO y su Anexo 1 que comprende el Plan de Adecuación de las Actividades Minero-Metalúrgicas a los Estándares de Calidad Ambiental del Aire.

Al ser La Oroya declarada una de las Zonas de Atención Prioritaria, las concentraciones promedio móvil de 3 horas de SO_2 y las concentraciones de 24 horas de PM_{10} fueron comparadas con los niveles de estado de alerta aprobados por el Ministerio de Salud mediante Decreto Supremo N.º 009-2003-SA, según se indica en la Tabla 6.5.

Tabla 6.5. Niveles de estado de alerta nacionales respecto al SO_2 y PM_{10}

Parámetro	Tipos de alerta	Criterio de evaluación
SO_2	Cuidado	$>500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ promedio móvil 3 horas
	Peligro	$>1500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ promedio móvil 3 horas

⁵ Condición estándar: 1 atmósfera de presión y 25 °C de temperatura para la medición de volúmenes de los gases.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

Parámetro	Tipos de alerta	Criterio de evaluación
	Emergencia	>2500 µg/m ³ promedio móvil 3 horas
PM ₁₀	Cuidado	>250 µg/m ³ promedio aritmético 24 horas
	Peligro	>350 µg/m ³ promedio aritmético 24 horas
	Emergencia	>420 µg/m ³ promedio aritmético 24 horas

Además, las concentraciones de PM₁₀ y plomo en PM₁₀ fueron comparadas, referencialmente, con los Estándares de calidad ambiental para aire (en adelante, ECA para aire) aprobados mediante Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM, según se indica en la Tabla 6.6.

Tabla 6.6. Estándares de calidad ambiental para aire de acuerdo con el Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM

Parámetro	Periodo	Valor (µg/m ³)	Criterio de evaluación
Material particulado menor a 10 micras (PM ₁₀)	24 horas	100	NE más de 7 veces al año
Plomo (Pb) en (PM ₁₀)	Mensual	1,5	NE más de 4 veces al año

NE: No exceder

Los ECA para aire no consideran concentraciones de metales en PM₁₀, para un periodo 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 evaluados, según se indica en la Tabla 6.7. Las notas de esta norma indican que las concentraciones expresadas en µg/m³ se encuentran a condiciones de 10 °C y 760 mmHg.

Tabla 6.7. Estándares de calidad de aire de Canadá para los contaminantes

CASRN	Contaminante	AAQC (µg/m ³)	Tiempo promedio (h)
7440-36-0	Antimonio y compuestos de antimonio	25	24
7784-42-1	Arsénico y compuestos de arsénico	0,3	24
7440-41-7	Berilio y compuestos de berilio	0,01	24
7440-42-8	Boro	120	24
7440-43-9	Cadmio y compuestos de cadmio	0,025	24
7440-48-4	Cobalto	0,1	24
7440-50-8	Cobre	50	24
7440-47-3	Cromo y compuestos	0,5	24
15438-31-0	Hierro (metálico)	4	24
7439-92-1	Plomo y compuestos de plomo	0,5	24
7439-96-5	Manganeso y compuestos de manganeso	0,2	24
7439-97-6	Mercurio (Hg)	2	24
7439-98-7	Molibdeno	120	24
7440-02-0	Níquel y compuestos de níquel	0,1	24
7782-49-2	Selenio	10	24
7440-22-4	Plata	1	24
7440-24-6	Estroncio	120	24
7440-31-5	Estaño	10	24
7440-32-6	Titanio	120	24
7440-61-1	Uranio y compuestos de uranio	0,15	24
7440-62-2	Vanadio	2	24
7440-66-6	Zinc	120	24

CASRN: *Chemical Abstracts Services Registry Number* o Número de Registro CAS.Fuente: *Ontario's Ambient Air Quality Criteria Standards* (AAQC) - abril 2012:
www.airqualityontario.com/downloads/AmbientAirQualityCriteria.pdf

7. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE DICIEMBRE 2019

En esta sección se analizan los resultados obtenidos de los parámetros meteorológicos, concentraciones horarias, concentraciones de 24 horas y promedio móvil de 3 horas del parámetro SO₂ de diciembre de 2019, en la estación de vigilancia ambiental ubicada en el sector de La Oroya Antigua (CA-CC-01).

7.1. Condiciones meteorológicas

Las condiciones meteorológicas registradas en la estación de vigilancia ambiental de la calidad del aire CA-CC-01 son presentadas en la Tabla 7.1, y el detalle del registro de los parámetros en el Anexo 2 (Tabla 25. Datos meteorológicos).

Tabla 7.1. Parámetros meteorológicos registrados en la estación de monitoreo ambiental CA-CC-01 en diciembre 2019

Valores	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Presión barométrica (mmHg)	Velocidad del viento (m/s)
Mínimo	4,6	29,5	487,2	0,1
Máximo	18,8	98,8	492	3,1
Promedio	10,1	74,3	489,8	1,1

En cuanto a la velocidad y dirección del viento, en la Figura 7.1 se observa las rosas de vientos para el periodo del 1 al 31 de diciembre, elaboradas con el fin de obtener información estadística de la estación CA-CC-01.

En la Figura 7.1a se presenta la rosa de vientos en horario diurno; donde se muestra vientos del tipo ventolina (paleta verde) y brisas ligeras (paleta amarilla), predominantemente del sursureste (SSE) con una frecuencia de 18,4 %. En la Figura 7.1b se presenta la rosa de vientos en horario vespertino; donde se observa vientos del tipo ventolina y brisas ligeras, predominantemente del noreste (NE) y este-noreste (ENE) con frecuencias de 13,5 % cada una.

En la Figura 7.1c se presenta la rosa de vientos en horario nocturno; donde se muestra vientos del tipo ventolina y calma procedentes, predominantemente, del oeste (W) con una frecuencia de 42,8 %. En la Figura 7.1d se presenta la rosa de vientos de todas las horas; donde se observa vientos del tipo ventolina y brisas ligeras, procedentes predominantemente del oeste (W) con una frecuencia de 27,9 %.



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

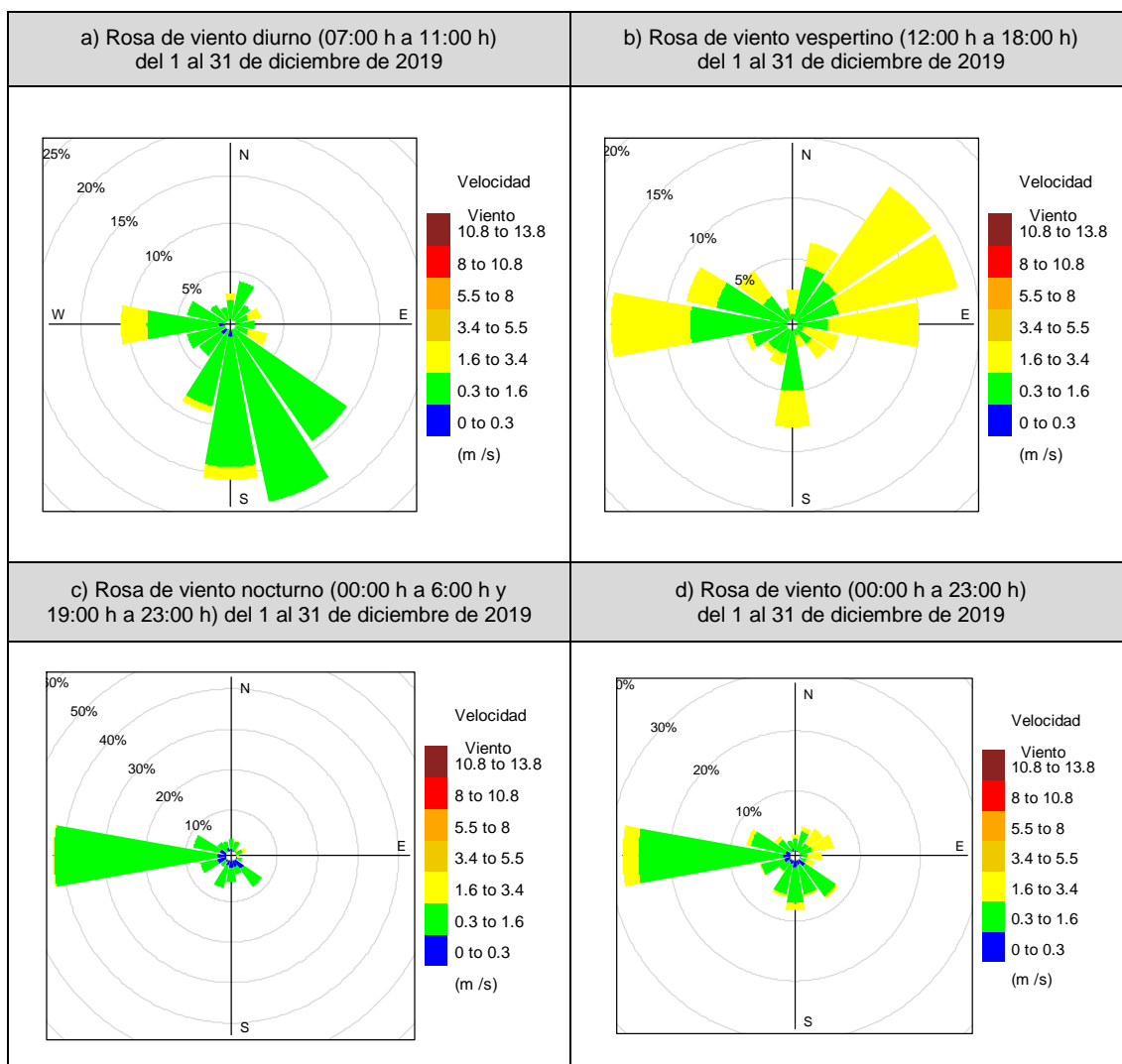


Figura 7.1. Representación gráfica de las rosas de vientos en la estación de vigilancia ambiental CA-CC-01, en diciembre 2019 a) en horario diurno, b) en horario vespertino, c) en horario nocturno, d) en todas las horas del mes

Nota: Las paletas indican la dirección desde donde provienen los vientos

La Figura 7.2 muestra la ubicación de la estación de vigilancia ambiental CA-CC-01, con respecto al CMLO y la distribución de los vientos registrados en la vigilancia. Durante los días monitoreados, además, de los vientos predominantes (W), se registraron vientos del tipo ventolina y brisas ligeras, provenientes de las direcciones donde está ubicado el CMLO, desde el sur (S), sur-sureste (SSE) y sureste (SE) con frecuencias de 8,2 %, 6 % y 7,9 % respectivamente.



Figura 7.2. Ubicación de la estación de vigilancia ambiental CA-CC-01 y rosa de vientos en diciembre 2019

Referencia: Imágenes satelital extraídas de Google Earth

7.2. Dióxido de azufre (SO₂)

En la Figura 7.3 se presenta las concentraciones de 24 horas de SO₂ de la estación de vigilancia ambiental CA-CC-01, en diciembre 2019, las cuales no excedieron el valor de los ECA para aire establecido para el CMLO (365 µg/m³). La menor concentración se registró el 25 de diciembre (17,4 µg/m³) y la mayor concentración el 17 de diciembre (352,1 µg/m³). Cabe señalar que, los días 10, 11, 12 y 13 de diciembre se tuvo interrupción de fluido eléctrico, siendo los datos registrados insuficientes para el mínimo requerido (75 %) para obtener el promedio de 24 horas.

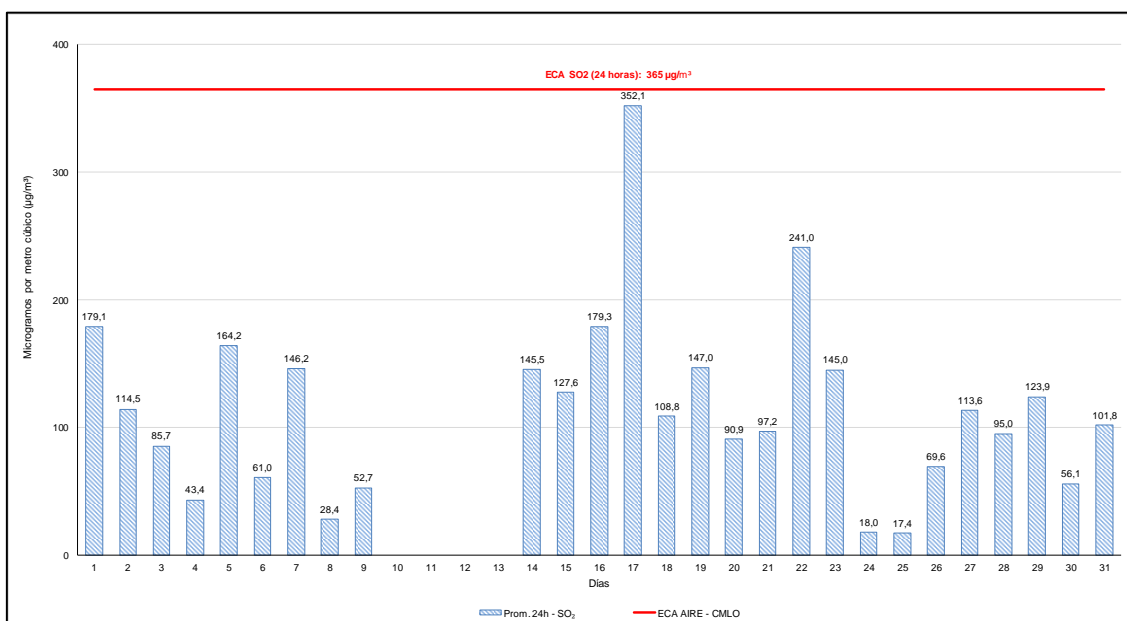


Figura 7.3. Concentraciones de 24 horas de SO₂ en la estación de vigilancia ambiental CA-CC-01, en diciembre 2019

ECA SO₂ (24 horas): Estándar de calidad ambiental de SO₂ establecido para el CMLO, según Resolución Directoral N.º 272-2015-MEM-DGAAM del Minem



En la Figura 7.4 se presentan las concentraciones horarias de SO₂, reportadas en la estación de vigilancia ambiental CA-CC-01 en diciembre 2019. La máxima concentración horaria se registró a las 10:00 horas del 31 de diciembre, con un valor de 1522 µg/m³. Cabe precisar que, las concentraciones horarias de SO₂ no fueron comparados con los ECA para aire, específico para el CMLO, porque esta norma no contempla concentraciones de SO₂ para periodo de 1 hora. Ver detalle en el Anexo 2 (Tabla 12. Concentraciones horarias de SO₂).

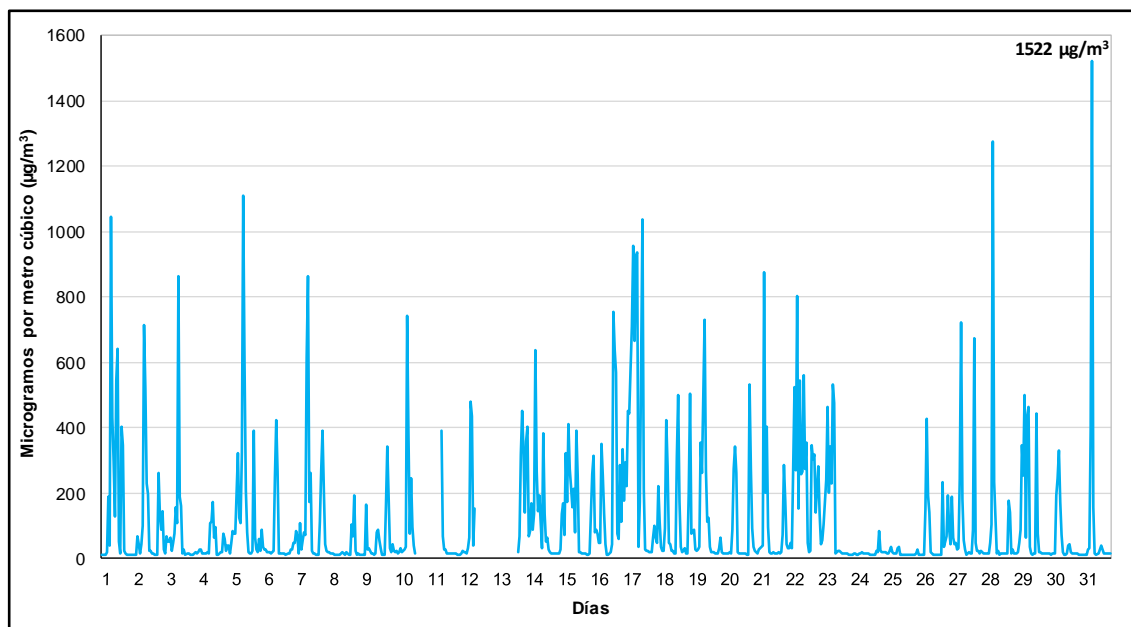


Figura 7.4. Concentraciones horarias de SO₂ en la estación de vigilancia ambiental CA-CC-01 en diciembre 2019

En la Figura 7.5 se grafican las rosas de concentración por horas para el SO₂, desde las 00:00 hasta las 23:00 horas, correspondientes a diciembre 2019. Se puede apreciar que a las 10:00 horas se alcanzó el rango de concentración de SO₂ más alto (paleta marrón, 1500 µg/m³ – 1522 µg/m³) provenientes del sureste (SE), en cuya dirección se encuentra el CMLO, existiendo una relación directa entre las emisiones de la empresa y las concentraciones de SO₂ en la hora indicada. Cabe mencionar que, entre las 07:00 y las 09:00 horas, se alcanzó el rango de concentración de SO₂ de 1000 µg/m³ – 1500 µg/m³ (paleta púrpura) proveniente del sureste (SE) y del sur-sureste (SSE).



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

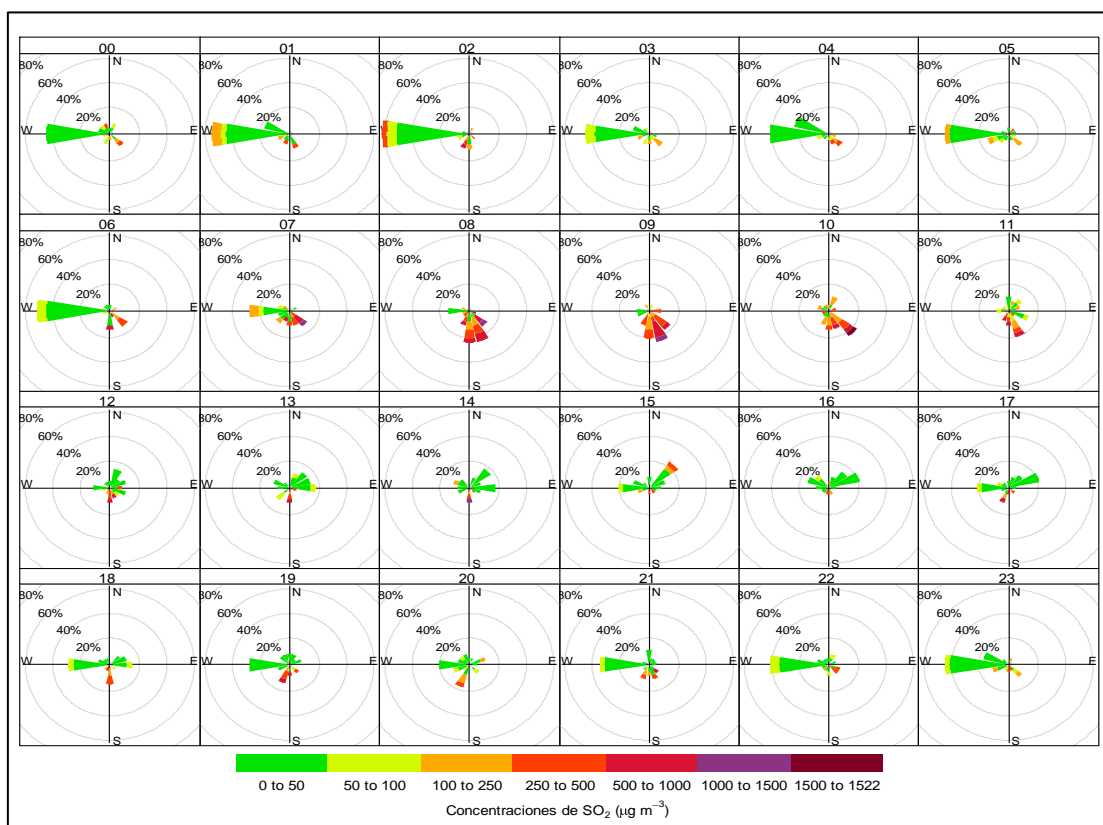


Figura 7.5. Rosas de concentración por horas para el SO₂ en la estación de vigilancia ambiental CA-CC-01, desde las 00:00 hasta las 23:00 horas en diciembre 2019
Nota: Las paletas indican la dirección de donde provienen las concentraciones de SO₂

7.3. Comparación con los niveles de estados de alerta para SO₂

En la Figura 7.6 se presenta la comparación de las concentraciones promedio móviles de 3 horas de SO₂ en diciembre 2019, con los niveles de estados de alerta, aprobado por el Ministerio de Salud mediante Decreto Supremo N.º 009-2003-SA. En 20 oportunidades se alcanzó el **nivel de estado de cuidado** (> 500 µg/m³); el día 1 a las 08:00 y 09:00 horas; el día 5 a las 08:00, 09:00 y 10:00 horas; el día 7 a las 08:00 y 09:00 horas; el día 16 a las 19:00; el día 17 a las 07:00, 08:00, 09:00, 10:00, 11:00 y 12:00 horas; el día 22 a las 08:00 horas; el día 28 a las 10:00 y 11:00 horas; y el día 31 a las 10:00, 11:00 y 12:00 horas. La máxima concentración se registró el día 17 a las 10:00 horas, siendo un valor de 848,4 µg/m³. Ver detalle en el Anexo 2 (Tabla 24. Concentración promedio móvil de 3 horas de SO₂).

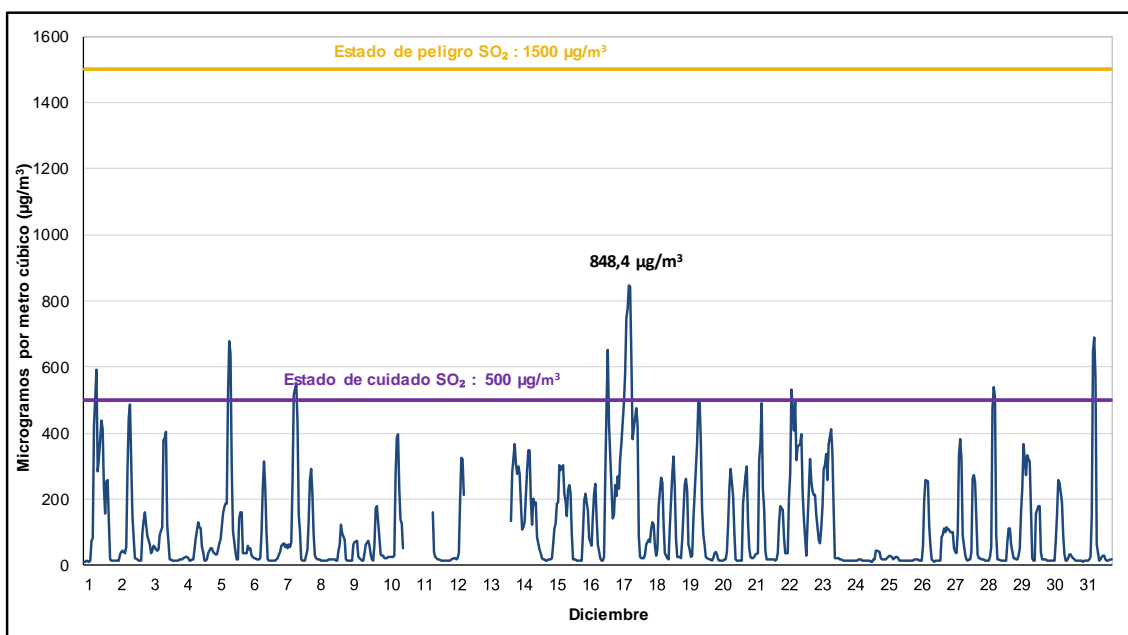


Figura 7.6. Promedios móviles de 3 horas de las concentraciones de SO₂ comparados con los niveles de estado de alerta, en la estación de vigilancia ambiental CA-CC-01, correspondiente a diciembre 2019

8. DISCUSIÓN

En esta sección se presenta los registros de las condiciones meteorológicas, así como, de las concentraciones de SO₂, PM₁₀ y metales en PM₁₀ de la estación de vigilancia ambiental CA-CC-01, en sector La Oroya Antigua, distrito La Oroya, provincia Yauli, departamento Junín, durante el período de enero a diciembre de 2019.

Cabe señalar que, en mayo y setiembre de 2019 se registró concentraciones de PM₁₀, y en mayo, setiembre y octubre 2019 se reportó concentraciones de metales en PM₁₀.

8.1. Condiciones meteorológicas

Las condiciones meteorológicas registradas en la estación de vigilancia ambiental de la calidad del aire CA-CC-01 de enero a diciembre de 2019 son presentadas en la Tabla 8.1, y el detalle del registro de los parámetros en el Anexo 2 (Tabla 25. Datos meteorológicos).

En el distrito de La Oroya, en verano (enero-marzo), la temperatura varió entre una mínima y máxima de 3,5 °C y 19,0 °C respectivamente, la velocidad del viento entre 0,1 m/s a 3,9 m/s y con presencia de precipitación máxima de 15,1 mm; en otoño (abril-junio), la temperatura varió entre una mínima y máxima de -4,0 °C y 20,1 °C respectivamente, la velocidad del viento entre 0,1 m/s a 3,3 m/s y con presencia de lluvias máxima de 16,8 mm; en invierno (julio-setiembre), la temperatura descendió ligeramente respecto a otoño variando entre -5,7 °C a 20,3 °C, la velocidad del viento entre 0,1 m/s a 3,3 m/s y con precipitaciones; en primavera (octubre-diciembre) la temperatura varió entre 0,4 °C a 19,1 °C y la velocidad de viento entre 0,1 m/s a 4,1 m/s (Tabla 8.1).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud**Tabla 8.1.** Parámetros meteorológicos registrados en la estación de vigilancia ambiental CA-CC-01, de enero a diciembre de 2019

Valores	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Presión barométrica (mmHg)	Velocidad del viento (m/s)	Precipitación (mm)
Enero					
Mínimo	4,8	19,8	486,7	0,1	0
Máximo	19,0	78,8	492,2	3,6	0,3
Promedio	10,6	55,5	490,3	1,3	0,002
Febrero					
Mínimo	5,0	27,7	487,9	0,1	0
Máximo	17,6	60,6	492,9	3,9	0,3
Promedio	9,9	79,9	490,3	1,1	0,003
Marzo					
Mínimo	3,5	28,9	487,7	0	0
Máximo	17,7	80,4	492,6	3,9	15,1
Promedio	10,5	58,5	490,5	1,2	0,2
Abril					
Mínimo	1,4	9,3	487,8	0,1	0,0
Máximo	20,1	77,2	493,0	3,3	16,7
Promedio	10,0	55,3	490,8	1,2	0,1
Mayo					
Mínimo	-0,2	10,1	488,2	0,1	0
Máximo	18,5	80,7	493,2	3,0	16,8
Promedio	9,3	53,3	490,9	1,1	0,1
Junio					
Mínimo	-4,0	5,4	488,0	0	0,
Máximo	18,9	76,3	494,3	3,1	2,2
Promedio	7,3	46,8	491,6	1,2	0,006
Julio					
Mínimo	-5,4	3,8	487,6	0,1	0
Máximo	20,3	75,7	493,4	3,3	3,7
Promedio	7,2	47,9	491,1	1,3	0,02
Agosto					
Mínimo	-5,7	5,0	488,8	0,1	0
Máximo	18,1	70,8	494,0	3,3	0,2
Promedio	7,2	42,9	491,7	1,4	0,001
Setiembre					
Mínimo	0,5	16,0	487,5	0,1	0
Máximo	19,8	80,7	493,7	3,3	3,9
Promedio	9,1	51,3	490,9	1,4	0,03
Octubre					
Mínimo	0,4	13,7	486,9	0,1	0,0
Máximo	18,8	91,7	492,3	4,1	0,1
Promedio	9,3	57,2	490,1	1,4	0,001
Noviembre					
Mínimo	4	16,4	486,9	0,2	-
Máximo	19,1	97,2	492	3,3	-
Promedio	10,3	66,6	489,7	1,3	-
Diciembre					
Mínimo	4,6	29,5	487,2	0,1	-
Máximo	18,8	98,8	492	3,1	-
Promedio	10,1	74,3	489,8	1,1	-

-: No disponible

En la Figura 8.1, se representa las rosas de vientos mensuales para el intervalo de tiempo de enero a diciembre de 2019. Las rosas de vientos correspondientes a abril, mayo, junio, julio, noviembre y diciembre de 2019, tiene una dirección predominante del oeste (W), para los otros meses la predominancia de los vientos fue oeste-suroeste (WSW).



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

Durante el referido intervalo de tiempo, también se registraron vientos provenientes desde el CMLO hacia la ciudad de La Oroya, desde el sur(S), este-sureste (ESE) y sureste (SE), las cuales tuvieron frecuencias relativas alrededor de 18 %.

El común denominador en todas las rosas de vientos mensuales de enero a diciembre fue que tienen una velocidad de viento predominante de tipo ventolina (0,3 m/s - 1,6 m/s), seguido de los vientos tipo brisa ligera (1,6 m/s - 3,4 m/s).

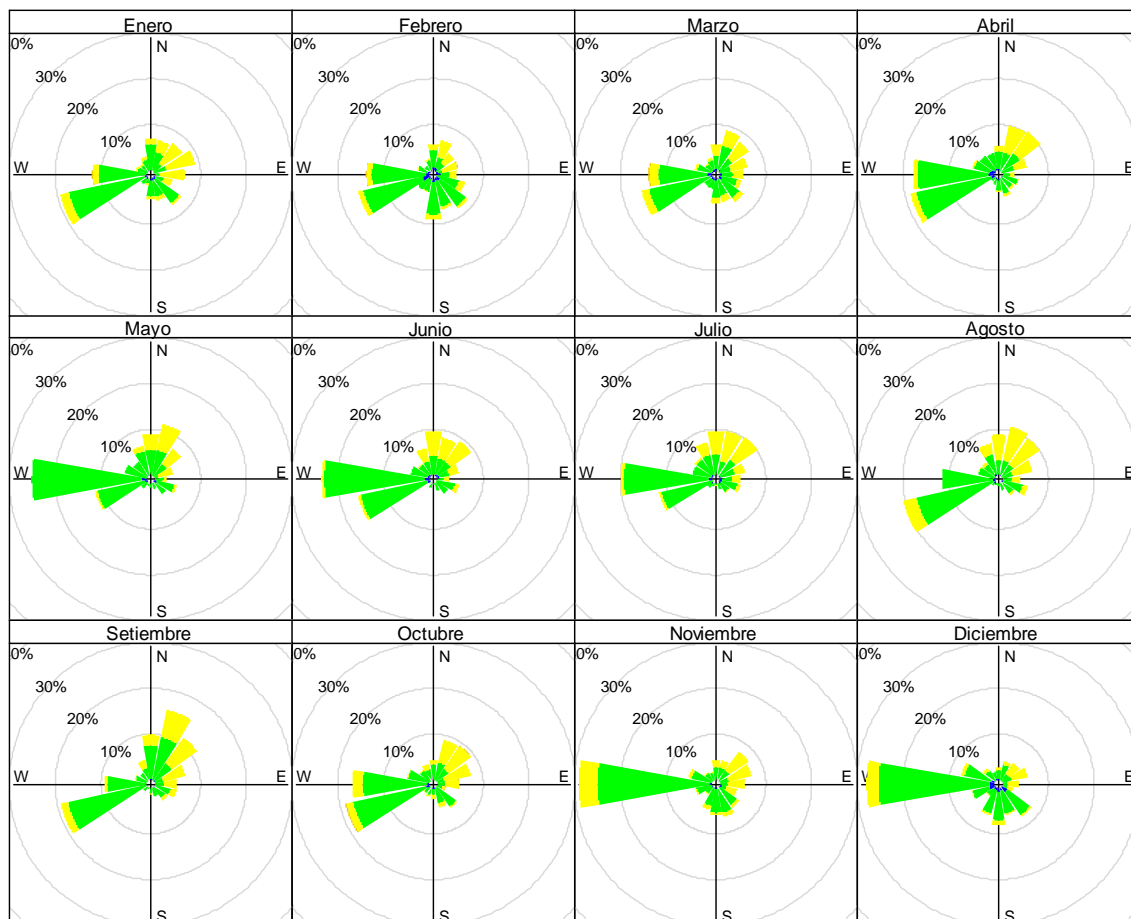


Figura 8.1. Rosas de vientos en la estación de vigilancia ambiental CA-CC-1, por periodos mensuales, enero a diciembre de 2019

Nota: Las paletas indican la dirección de donde provienen los vientos

En la Figura 8.2, se presentan las rosas de viento en intervalos de tiempo por horas (de 0:00 a 23:00 horas), de enero a diciembre de 2019, donde se observa que, durante las primeras horas de la mañana, desde las 00:00 hasta 05:00 horas, la dirección de viento predominante fue del oeste (W), siendo constante en dicho intervalo de horas. En la misma figura, se visualiza que conforme transcurre las horas la dirección predominante cambia, es así, que entre las 06:00 y 11:00 horas, empiezan a aparecer vientos de dirección sureste (SE), marcándose la predominancia entre las 07:00 y las 10:00 horas, es decir, los vientos tienen una mayor incidencia desde el CMLO hacia la ciudad de La Oroya.

En el intervalo de 12:00 y 19:00 horas, la dirección del viento presenta cambios y comienza a tener predominancia de nor-noreste (NNE) y noreste (NE). En el último intervalo de 20:00 a 23:00 horas, la dirección predominante regresó a la dirección de oeste (W), característico en las primeras horas del día (de 00:00 a 05:00 horas).

Otro de los aspectos que se puede analizar en la Figura 8.2, son los tipos de velocidades de viento, para el intervalo de 00:00 a 11:00 horas, predominó el tipo de viento ventolina, para



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

el intervalo de 12:00 a 19:00 horas, predominó el viento de tipo brisa ligera, y para el último tramo de horas del día, retornó al tipo viento ventolina.

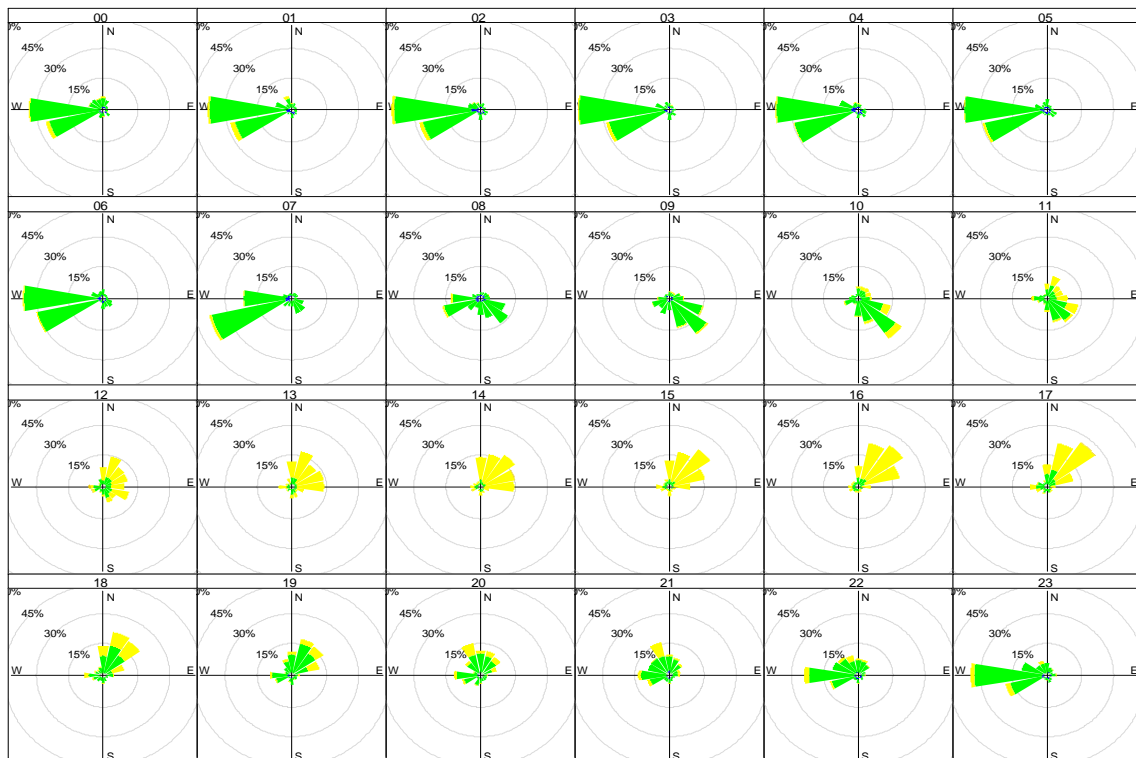


Figura 8.2. Rosa de vientos en la estación de vigilancia ambiental CA-CC-01, por periodos horarios, enero a diciembre de 2019
Nota: Las paletas indican la dirección de donde provienen los vientos

8.2. Dióxido de azufre (SO₂)

En la Figura 8.3, se aprecian las concentraciones promedio de 24 horas de SO₂ en la estación de vigilancia ambiental CA-CC-01, de enero a diciembre de 2019. Además, se observa que las concentraciones promedio de 24 horas no excedieron los estándares nacionales de calidad ambiental establecido para el CMLO (365 µg/m³). La mayor concentración (352,7 µg/m³) se presentó en diciembre, en comparación con el resto de los meses.

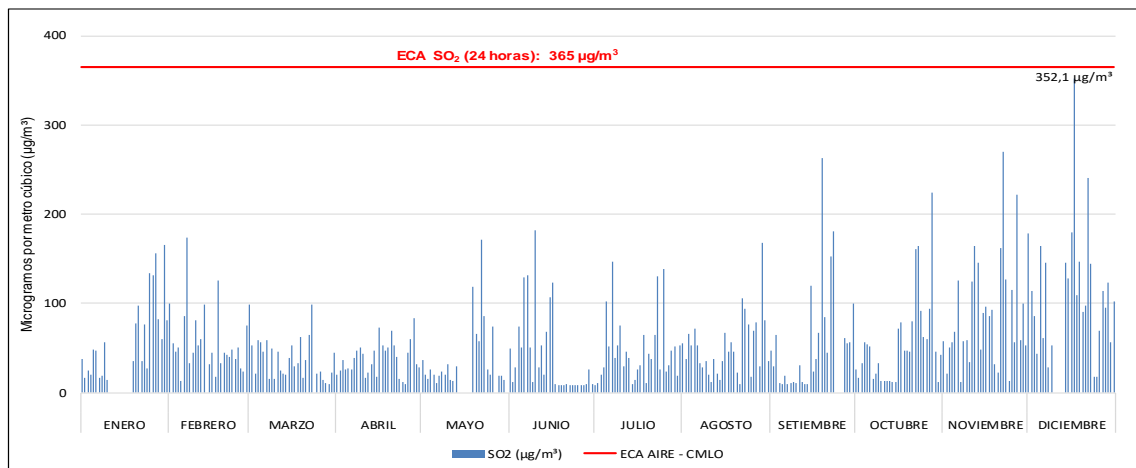


Figura 8.3. Concentraciones promedio de 24 horas de SO₂ en la estación de vigilancia ambiental CA-CC-01 de enero a diciembre de 2019
ECA SO₂ (24 horas): Estándar de calidad ambiental de SO₂ establecido para el CMLO



En la Figura 8.4, se grafican las medias de las concentraciones de SO₂ por día de semanas (Figura 8.4a), el comportamiento horario (Figura 8.4b), diario (Figura 8.4c) y mensual (Figura 8.4d), desde enero a diciembre de 2019. En la representación por días de la semana se observa que los lunes, en promedio, es donde se registraron las mayores concentraciones de SO₂; mientras que, las menores se registraron los miércoles. En el caso de los promedios horarios (Figura 8.4b), se aprecia que las concentraciones de SO₂ a partir de las 06:00 hasta las 12:00 horas se incrementaron de forma significativa, para luego regresar a su comportamiento habitual.

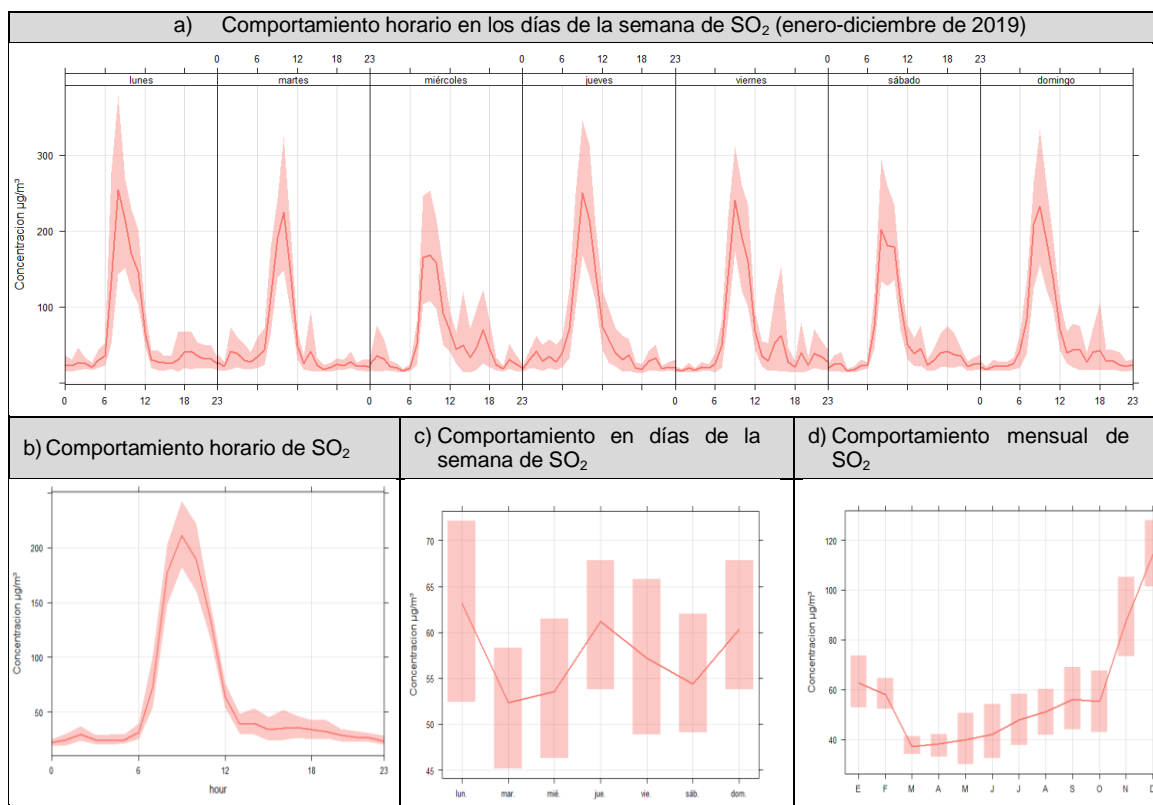


Figura 8.4. Concentraciones promedio a) horario por día de semana, b) horarios, c) diarios, y d) mensuales de SO₂ en la estación de vigilancia ambiental CA-CC-01 (de enero a diciembre de 2019)

En la Figura 8.6, se gráfica las rosas de concentración por horas para el SO₂, desde las 00:00 hasta las 23:00 horas, de enero a diciembre de 2019. En base a la escala de colores de las concentraciones de SO₂, se puede apreciar que la rosa de concentración desde las 07:00 hasta las 11:00 horas alcanzaron los rangos más alto de concentración (los rangos que comprenden entre 1500 µg/m³ y 2964,8 µg/m³ de SO₂); por lo que, se puede inferir que las mayores concentraciones provinieron del sudeste (SE), dirección en la cual se encuentra el CMLO, existiendo una relación directa entre las emisiones del CMLO y las concentraciones de SO₂.

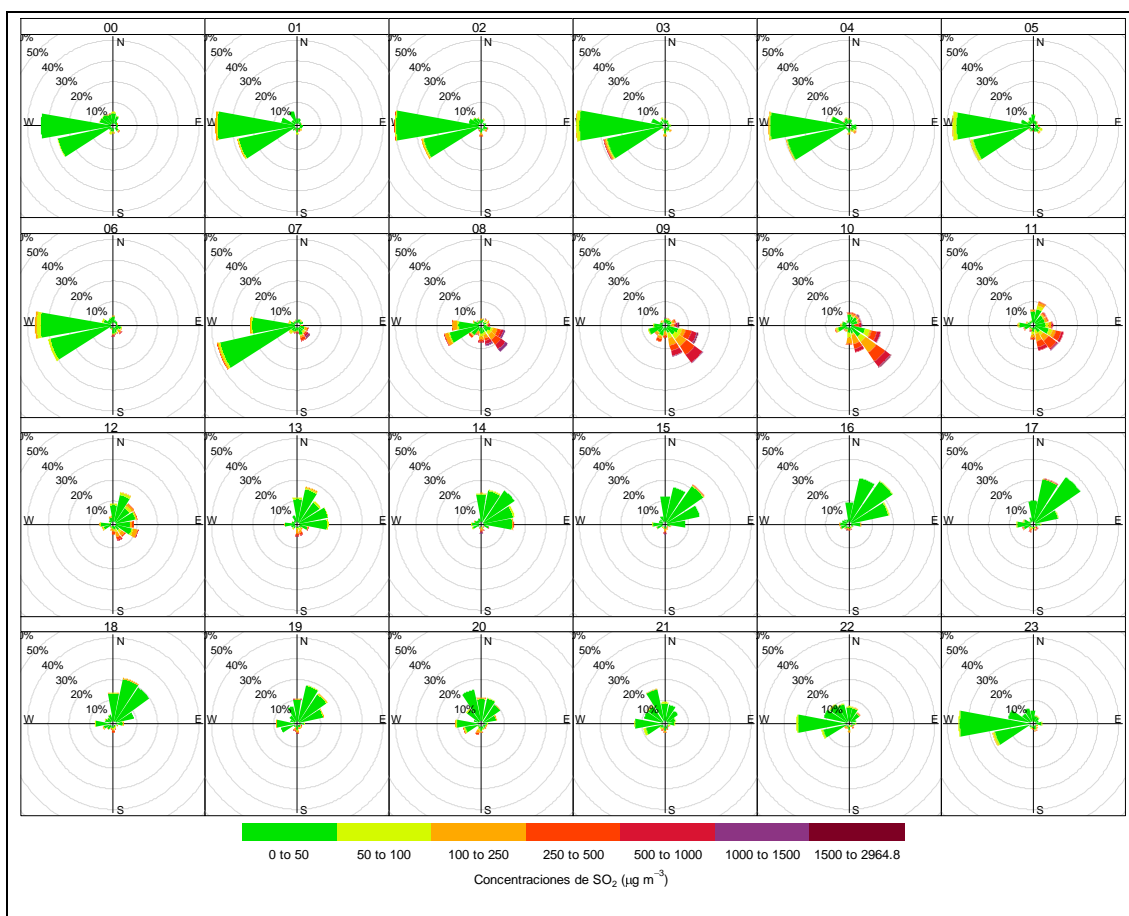


Figura 8.6. Rosas de concentración por horas para SO₂, desde las 00:00 a 23:00 horas, de enero a diciembre de 2019

8.3. Comparación con los niveles de estados de alerta para SO₂

En las Figuras 8.7, 8.8, 8.9 y 8.10, se presenta la comparación de las concentraciones de SO₂ con los niveles de estados de alerta aprobados por el Ministerio de Salud mediante Decreto Supremo N.º 009-2003-SA, de las concentraciones promedio móviles de 3 horas de SO₂ en la estación de vigilancia ambiental CA-CC-01, de enero a diciembre de 2019, en los cuales se observa que en enero, febrero, mayo, junio, julio, agosto, setiembre, octubre, noviembre y diciembre se alcanzó el **nivel de estado de cuidado**, y solamente en octubre las concentraciones promedio móviles de 3 horas de SO₂ alcanzaron el **nivel de estado de peligro**. Ver detalle en Anexo 2 (Tablas 13 al 24. Concentración promedio móvil de 3 horas de SO₂, desde enero hasta diciembre de 2019).

Fueron 127 veces que las concentraciones promedio móvil de 3 horas del SO₂, de enero a diciembre de 2019, excedieron los **niveles de estado de cuidado**: enero (9 veces), febrero (1 veces), mayo (5 veces), junio (12 veces), julio (12 veces), agosto (12 veces), setiembre (16 veces) octubre (13 veces), noviembre (27 veces) y diciembre (20 veces).

En el caso del **nivel de estado de peligro** (>1500 µg/m³), fue alcanzado en una ocasión en octubre 2019.

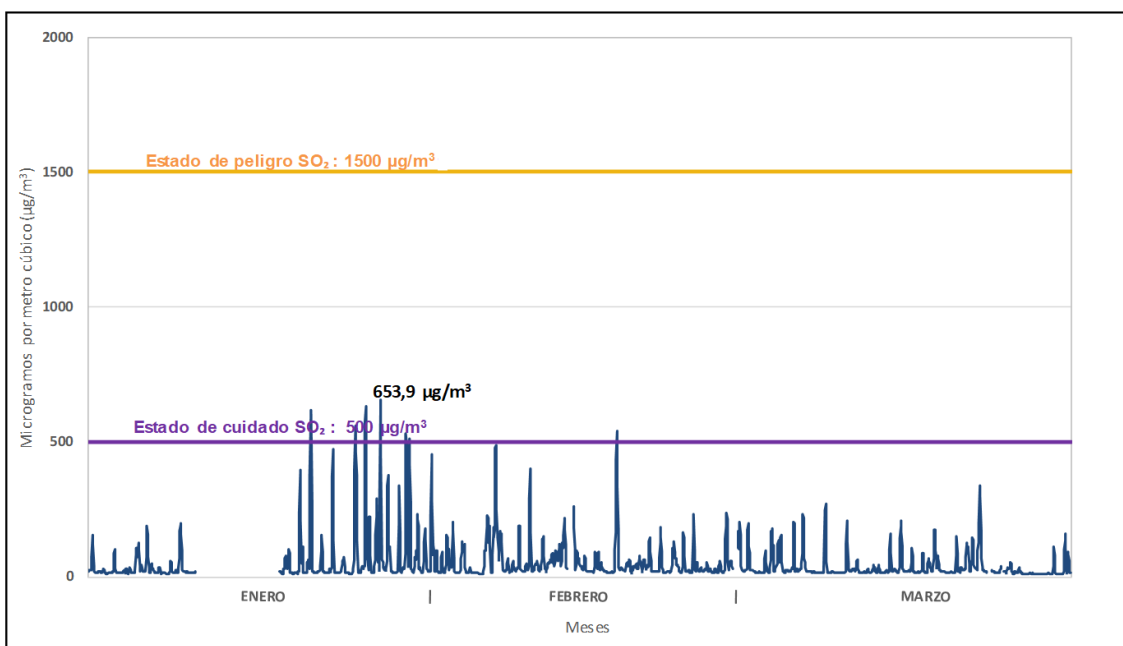


Figura 8.7. Promedios móviles de 3 horas de las concentraciones de SO₂ comparados con los niveles de estado de alerta, en la estación de vigilancia ambiental CA-CC-01, correspondiente de enero a marzo de 2019

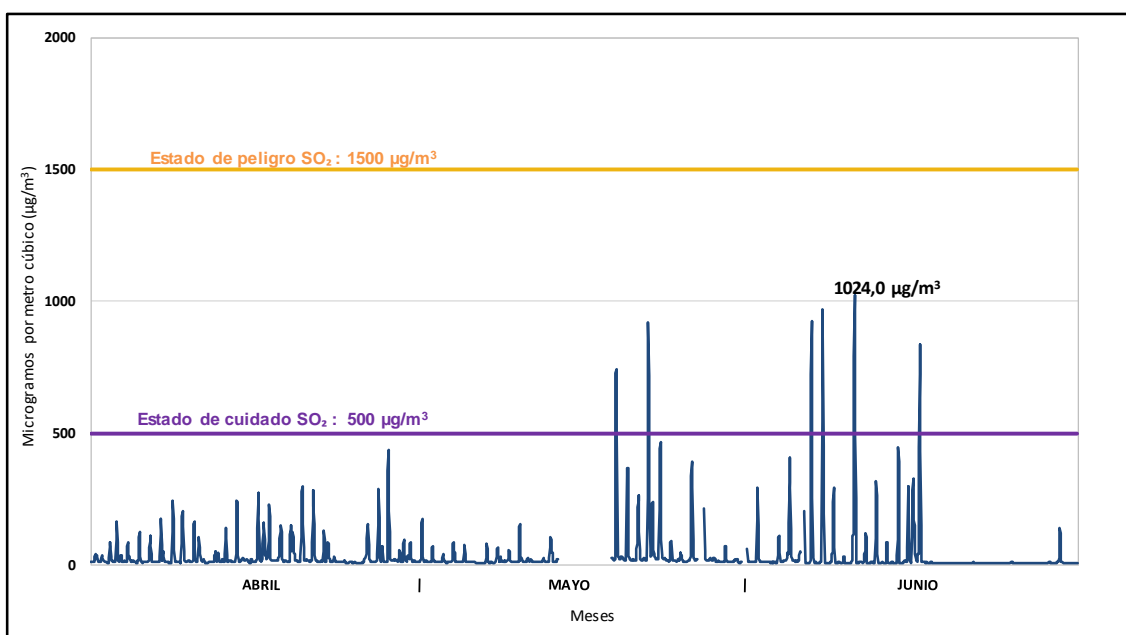


Figura 8.8. Promedios móviles de 3 horas de las concentraciones de SO₂ comparados con los niveles de estado de alerta, en la estación de vigilancia ambiental CA-CC-01, correspondiente de abril a junio de 2019

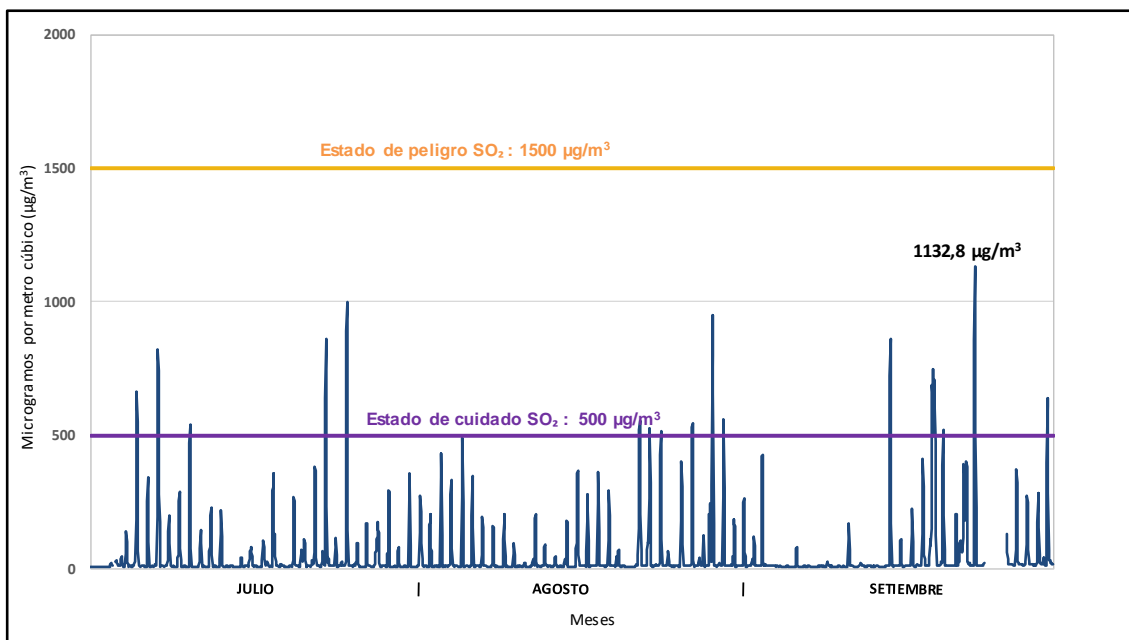


Figura 8.9. Promedios móviles de 3 horas de las concentraciones de SO₂ comparados con los niveles de estado de alerta, en la estación de vigilancia ambiental CA-CC-01, correspondiente de julio a setiembre de 2019

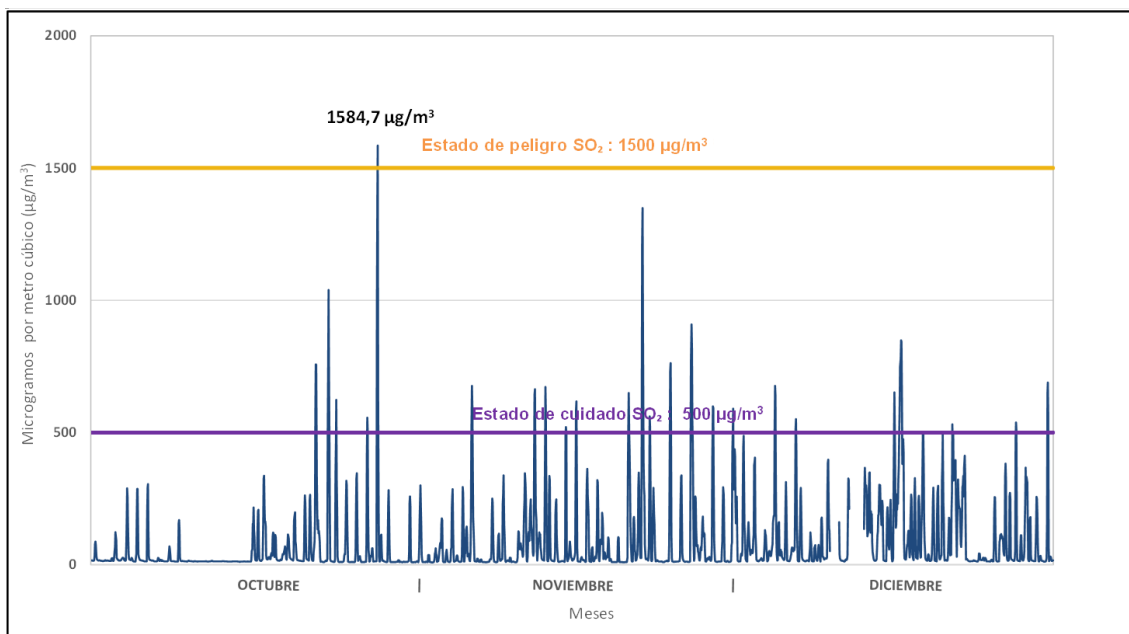


Figura 8.10. Promedios móviles de 3 horas de las concentraciones de SO₂ comparados con los niveles de estado de alerta, en la estación de vigilancia ambiental CA-CC-01, correspondiente de octubre a diciembre de 2019



8.4. Concentración de material particulado menor 10 micras (PM₁₀)

En la Figura 8.11 se observa los resultados de los monitoreos realizados en mayo y setiembre de 2019, donde las concentraciones de 24 horas de PM₁₀ en la estación de vigilancia ambiental CA-CC-01 no excedieron, referencialmente, los estándares de calidad ambiental para aire (100 µg/m³ para periodo de 24 horas) ni los estados de alerta nacionales para PM₁₀. Las concentraciones oscilaron entre 36,4 µg/m³ y 51,4 µg/m³.

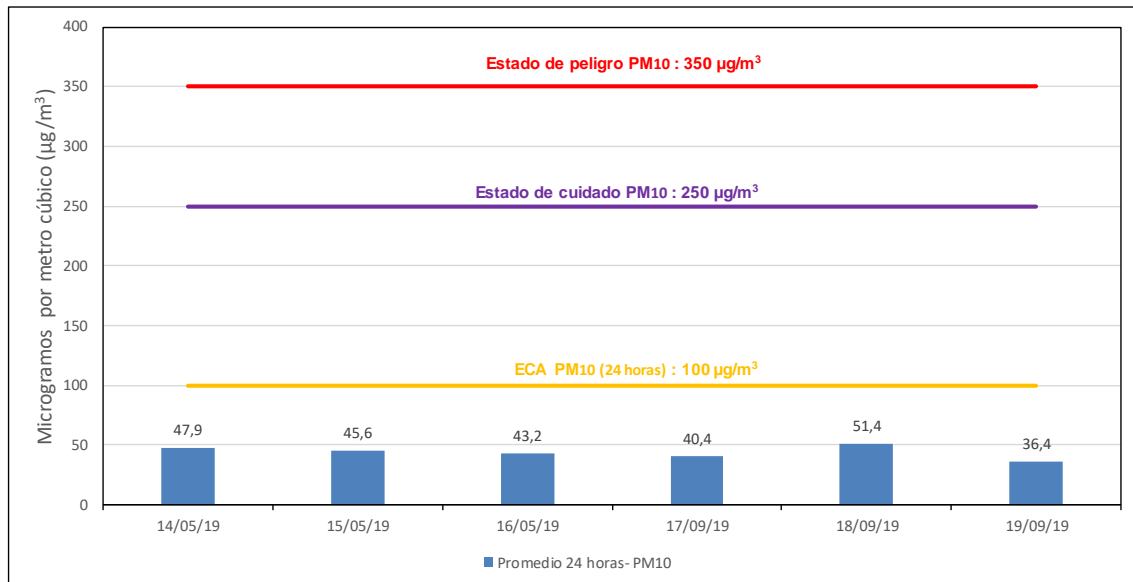


Figura 8.11. Concentraciones de PM₁₀ en mayo y setiembre de 2019

8.5. Concentraciones de metales en PM₁₀

El material particulado PM₁₀ se ha caracterizado químicamente, es así que se han reportado los metales⁶: aluminio (Al), antimonio (Sb), arsénico (As), bario (Ba), berilio (Be), bismuto (Bi), boro (B), cadmio (Cd), calcio (Ca), cobalto (Co), cobre (Cu), cromo (Cr), estaño (Sn), estroncio (Sr), fósforo (P), hierro (Fe), mercurio (Hg), litio (Li), magnesio (Mg), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), níquel (Ni), plata (Ag), plomo (Pb), potasio (K), selenio (Se), silicio (Si), sodio (Na), talio (Tl), titanio (Ti), vanadio (V), y zinc (Zn) además de los metaloides boro, (B), silicio (Si) y arsénico (As).

En vista que, en los ECA para aire, no contempla un valor para periodo de 24 horas, para metales y metaloides, se ha realizado la comparación referencial, con los valores establecidos por la normativa de la provincia de Ontario – Canadá, la *Ontario's Ambient Air Quality Criteria* (2012)⁷.

Los resultados de las concentraciones obtenidos de Sb, As, Be, B, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Hg, Pb, Mn, Mo, Ni, Se, Ag, Sr, Sn, Ti, V y Zn, se encontraron por debajo de sus valores establecidos en la normativa referencial canadiense, los cuales se presentan en las Tablas 8.2, 8.3 y 8.4, que corresponden a los monitores realizados en mayo, setiembre y octubre respectivamente. Para el parámetro Pb se analiza sus resultados con detalle en la siguiente sección, resaltando sus valores de color gris claro, en las tablas en mención.

⁶ Para fines del presente informe tanto los metales como metaloides se les denominarán metales.

⁷ *Ontario's Ambient Air Quality Criteria (Sorted by Contaminant Name). Standards Development Branch. Ontario Ministry of the Environment – April 2012.*



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

Tabla 8.2. Concentraciones de metales en PM₁₀ a 10 °C y 1 atmósfera, en la estación de vigilancia ambiental CA-CC-01, durante mayo 2019

Metales en PM ₁₀		Unidad	Concentración de metales – Volumen a 10 °C			AAQC Ontario (µg/m ³)
			CA-CC-01			
			14/05/2019	15/05/2019	16/05/2019	
			1018,7	1014,3	1016,1	
Plata	Ag	µg/m ³	0,0020	<LC	0,0010	1
Aluminio	Al	µg/m ³	0,1522	0,0947	0,0905	-
Arsénico	As	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	0,3
Boro	B	µg/m ³	0,0118	0,0286	0,0167	120
Bario	Ba	µg/m ³	0,0157	0,0108	0,0128	-
Berilio	Be	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	0,01
Bismuto	Bi	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	-
Calcio	Ca	µg/m ³	2,4020	1,4089	1,3059	-
Cadmio	Cd	µg/m ³	<LC	0,0434	<LC	0,025
Cobalto	Co	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	0,1
Cromo	Cr	µg/m ³	0,0766	0,0582	0,1023	0,5
Cobre	Cu	µg/m ³	0,0510	0,0444	0,0492	50
Hierro	Fe	µg/m ³	0,9070	0,5925	0,8188	4
Potasio	K	µg/m ³	0,1777	0,1262	0,2008	-
Litio	Li	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	-
Magnesio	Mg	µg/m ³	0,1924	0,0996	0,0856	-
Manganeso	Mn	µg/m ³	0,0236	0,0128	0,0108	0,2
Mercurio	Hg	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	2
Molibdeno	Mo	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	120
Sodio	Na	µg/m ³	0,216	0,138	0,147	-
Níquel	Ni	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	0,1
Fosforo	P	µg/m ³	0,041	<LC	<LC	-
Plomo	Pb	µg/m ³	0,036	0,135	<LC	0,5
Antimonio	Sb	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	25
Selenio	Se	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	10
Silicio	Si	µg/m ³	0,567	0,556	0,542	-
Estaño	Sn	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	10
Estroncio	Sr	µg/m ³	0,0053	0,0038	0,0042	120
Titanio	Ti	µg/m ³	0,0039	0,0020	0,0030	120
Talio	Tl	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	-
Vanadio	V	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	2
Zinc	Zn	µg/m ³	0,152	0,467	0,081	120

<LC: Debajo del límite de cuantificación del método de ensayo de laboratorio

Tabla 8.3. Concentraciones de metales en PM₁₀ a 10 °C y 1 atmósfera, en la estación de vigilancia ambiental CA-CC-01, durante setiembre 2019

Metales en PM ₁₀		Unidad	Concentración de metales - Volumen a 10 °C			AAQC- Ontario (µg/m ³)
			CA-CC-01			
			17/09/2019	18/09/2019	19/09/2019	
			1062,6	1053,3	1005,0	
Plata	Ag	µg/m ³	<LC	<LC	0,002	1
Aluminio	Al	µg/m ³	0,136	0,126	0,083	-
Arsénico	As	µg/m ³	<LC	<LC	0,018	0,3
Boro	B	µg/m ³	0,016	0,025	0,024	120
Bario	Ba	µg/m ³	0,012	0,010	0,012	-
Berilio	Be	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	0,01
Bismuto	Bi	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	-
Calcio	Ca	µg/m ³	1,572	1,297	1,112	-
Cadmio	Cd	µg/m ³	<LC	<LC	0,004	0,025
Cobalto	Co	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	0,1

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

Metales en PM ₁₀		Unidad	Concentración de metales - Volumen a 10 °C			AAQC- Ontario (µg/m ³)
			CA-CC-01			
			17/09/2019	18/09/2019	19/09/2019	
			1062,6	1053,3	1005,0	
Cromo	Cr	µg/m ³	0,004	0,004	<LC	0,5
Cobre	Cu	µg/m ³	0,023	0,039	0,052	50
Hierro	Fe	µg/m ³	0,288	0,288	0,347	4
Potasio	K	µg/m ³	0,496	0,788	0,337	-
Litio	Li	µg/m ³	0,003	<LC	<LC	-
Magnesio	Mg	µg/m ³	0,147	0,130	0,090	-
Manganeso	Mn	µg/m ³	0,017	0,020	0,027	0,2
Mercurio	Hg	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	2
Molibdeno	Mo	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	120
Sodio	Na	µg/m ³	0,210	0,248	0,196	-
Níquel	Ni	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	0,1
Fosforo	P	µg/m ³	0,056	0,047	<LC	-
Plomo	Pb	µg/m ³	0,057	0,117	0,273	0,5
Antimonio	Sb	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	25
Selenio	Se	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	10
Silicio	Si	µg/m ³	0,626	0,574	0,567	-
Estaño	Sn	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	10
Estroncio	Sr	µg/m ³	0,005	0,005	0,005	120
Titanio	Ti	µg/m ³	0,004	0,004	0,002	120
Talio	Tl	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	-
Vanadio	V	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	2
Zinc	Zn	µg/m ³	0,112	0,166	0,555	120

<LC: Debajo del límite de cuantificación del método de ensayo de laboratorio

Tabla 8.4. Concentraciones de metales en PM₁₀ a 10 °C y 1 atmósfera, en la estación de vigilancia ambiental CA-CC-01, durante octubre 2019

Metales en PM ₁₀		Unidad	Concentración de metales - Volumen a 10 °C			AAQC- Ontario (µg/m ³)
			CA-CC-01			
			09/10/2019	10/10/2019	11/10/2019	
			1010,3	1006,1	1011,5	
Plata	Ag	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	1
Aluminio	Al	µg/m ³	0,112	0,090	0,097	-
Arsénico	As	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	0,3
Boro	B	µg/m ³	0,059	0,016	0,012	120
Bario	Ba	µg/m ³	0,011	0,008	0,012	-
Berilio	Be	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	0,01
Bismuto	Bi	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	-
Calcio	Ca	µg/m ³	1,368	1,332	1,611	-
Cadmio	Cd	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	0,025
Cobalto	Co	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	0,1
Cromo	Cr	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	0,5
Cobre	Cu	µg/m ³	0,025	0,016	0,026	50
Hierro	Fe	µg/m ³	0,244	0,182	0,171	4
Potasio	K	µg/m ³	0,131	0,166	0,226	-
Litio	Li	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	-
Magnesio	Mg	µg/m ³	0,086	0,082	0,099	-
Manganeso	Mn	µg/m ³	0,009	0,008	0,008	0,2
Mercurio	Hg	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	2
Molibdeno	Mo	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	120
Sodio	Na	µg/m ³	0,174	0,093	0,118	-
Níquel	Ni	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	0,1
Fosforo	P	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	-
Plomo	Pb	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	0,5
Antimonio	Sb	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	25



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

Metales en PM ₁₀		Unidad	Concentración de metales - Volumen a 10 °C			AAQC- Ontario (µg/m ³)
			CA-CC-01			
			09/10/2019	10/10/2019	11/10/2019	
			1010,3	1006,1	1011,5	
Selenio	Se	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	10
Silicio	Si	µg/m ³	0,655	0,491	0,492	-
Estaño	Sn	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	10
Estroncio	Sr	µg/m ³	0,004	0,004	0,006	120
Titanio	Ti	µg/m ³	0,003	0,003	0,003	120
Talio	Tl	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	-
Vanadio	V	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	2
Zinc	Zn	µg/m ³	0,057	<LC	<LC	120

<LC: Debajo del límite de cuantificación del método de ensayo de laboratorio

8.6. Concentración de plomo en material particulado con diámetro menor a 10 micras (Pb en PM₁₀)

Los ECA para aire establecen el nivel de concentración de Pb en PM₁₀, para un periodo mensual y anual, pero no contempla un valor para un periodo de 24 horas; por lo que, sus concentraciones de plomo fueron comparados de manera referencial con la norma canadiense *Air Ambient Quality Criteria* (AAQC)-2012.

En la Figura 8.12 se presentan las concentraciones de Pb determinados en PM₁₀, que se obtuvieron de los monitoreos realizados en la estación de vigilancia ambiental CA-CC-01, en mayo, setiembre y octubre de 2019; las cuales no excedieron el valor del estándar referencial canadiense AAQC-2012 de 0,5 µg/m³. La mayor concentración fue 0,273 µg/m³ y se registró el 19 de setiembre.

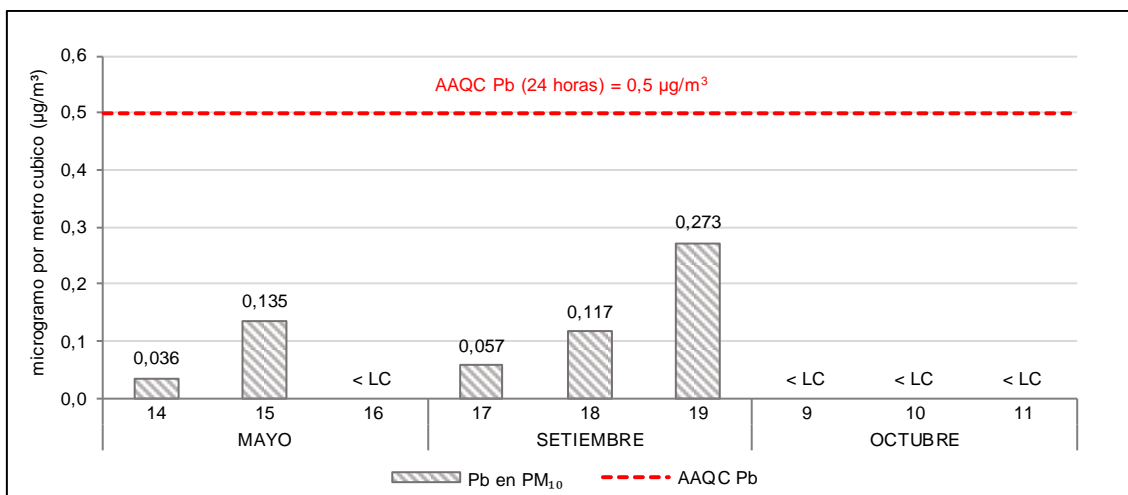


Figura 8.12. Concentraciones de plomo en material particulado con diámetro menor a 10 micras de 24 horas, en la estación de vigilancia ambiental de la calidad del aire CA-CC-01, de mayo, setiembre y octubre de 2019 comparadas de manera referencial con la normativa canadiense AAQC

<LC: debajo del límite de cuantificación del método de ensayo de laboratorio

En la Figura 8.13 se presentan las concentraciones mensuales de plomo en PM₁₀ (a 25 °C y 760 mmHg) en la estación de vigilancia ambiental de la calidad del aire CA-CC-01, donde se observa que no excedieron el valor referencial establecido en los ECA para aire de 1,5 µg/m³ en ninguno de los meses monitoreados. El detalle de las concentraciones de metales se presenta en el Anexo 2 (Tablas 32 al 34). Cabe precisar que, las concentraciones mensuales fueron calculadas con los datos disponibles.

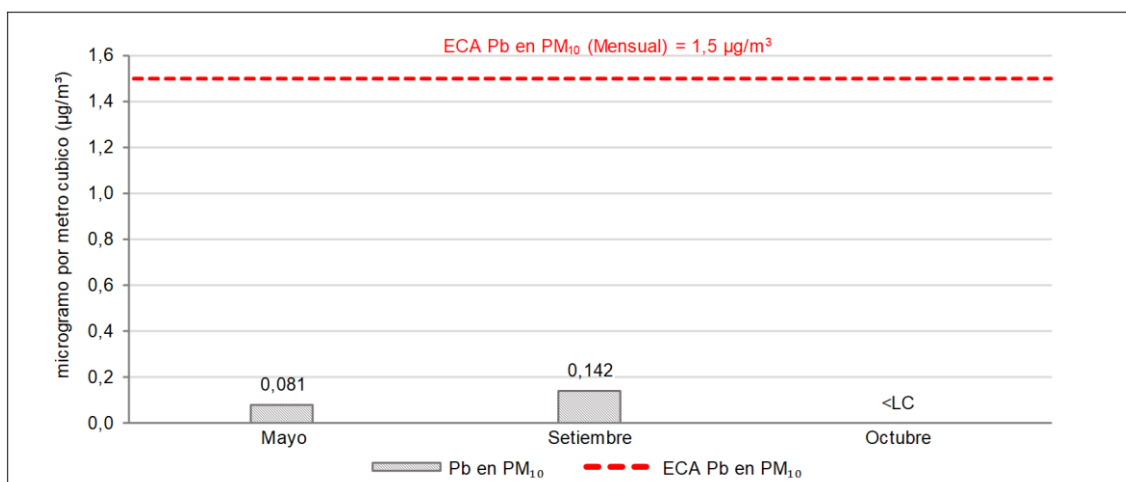


Figura 8.13. Comportamiento de las concentraciones mensual de plomo en PM₁₀ en la estación de vigilancia ambiental CA-CC-01 durante el 2019

< LC: Debajo del límite de cuantificación del método de ensayo de laboratorio

9. CONCLUSIONES

- El comportamiento de la dirección del viento de enero a diciembre de 2019, en mayo, junio y julio, noviembre y diciembre presentaron una predominancia de la dirección de viento desde el oeste (W); en enero, febrero, marzo, abril, agosto, setiembre y octubre, presentaron un ligero cambio a oeste-suroeste (WSW). También se registraron vientos provenientes de la dirección del Complejo Metalúrgico La Oroya hacia la ciudad de La Oroya, desde el este-sudeste (ESE), sureste (SE) y sur (S).
- Las rosas de vientos en intervalo de tiempo por hora de enero a diciembre de 2019 determinaron que, entre las 00:00 y 05:00 horas, la dirección de viento predominante fue del oeste (W); entre las 06:00 y 11:00 horas, la dirección de viento predominante fue del sureste (SE); es decir, los vientos tienen una mayor incidencia desde el Complejo Metalúrgico La Oroya hacia la ciudad de La Oroya. Asimismo, entre las 12:00 y 19:00 horas la dirección de viento predominante fue del nor-noreste (NNE) y noreste (NE), y entre las 20:00 y 23:00 horas la dirección de viento predominante fue del oeste (W).
- En el intervalo entre las 12:00 y 19:00 horas, la dirección del viento presenta cambios y comenzó a tener predominancia de nor-noreste (NNE) y noreste (NE). En el último intervalo de 20:00 a 23:00 horas, la dirección predominante regresó a la dirección de oeste (W), característico en las primeras horas del día (desde 00:00 hasta 05:00 horas).
- Las concentraciones de 24 horas de dióxido de azufre (SO₂) obtenidas de enero a diciembre de 2019, no excedieron los Estándares nacionales de calidad ambiental del aire establecido para el Complejo Metalúrgico La Oroya, según el Decreto Supremo N.º 074-2001-PCM (365 µg/m³ para promedio de 24 horas), de acuerdo con lo dispuesto en la Resolución Directoral N.º 272-2015-MEM-DGAAM del Ministerio de Energía y Minas.
- Las concentraciones promedio móviles de 3 horas de SO₂, fueron comparadas con los niveles de estado de alerta, aprobado por el Ministerio de Salud mediante Decreto Supremo N.º 009-2003-SA, excediendo el **nivel de estado de cuidado** (>500 µg/m³) durante enero (9 veces), febrero (1 vez), mayo (5 veces), junio (12 veces), julio (12 veces), agosto (12 veces), setiembre (16), octubre (13 veces), noviembre (27 veces) y diciembre (20 veces), sumando un total de 127 veces durante el 2019; además, en octubre (1 vez) se excedió el **nivel de estado de peligro** (>1500 µg/m³).



- Las rosas de concentraciones por horas para SO₂ determinaron que, desde las 07:00 hasta las 11:00 horas alcanzaron los rangos más altos de concentración (rangos que comprenden entre 1500 µg/m³ y 2964,8 µg/m³ de SO₂ provenientes del sudeste), dirección en la cual se encuentra el Complejo Metalúrgico La Oroya (CMLO), existiendo una relación directa entre las emisiones del CMLO y las concentraciones de SO₂.
- Las concentraciones de 24 horas de material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM₁₀), de los días monitoreados en mayo y setiembre de 2019, no excedieron los Estándares de calidad ambiental para aire (100 µg/m³ para promedio de 24 horas), referencialmente, establecidos en el Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM.
- Las concentraciones de 24 horas de material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM₁₀), de los días monitoreados en mayo y setiembre de 2019, no excedieron los niveles de estados de alerta nacionales para contaminantes del aire, establecidos en el Decreto Supremo N.º 009-2003-SA.
- Las concentraciones de los metales: antimonio, arsénico, berilio, boro, cobalto, cobre, cromo, hierro, mercurio, manganeso, molibdeno, níquel, selenio, plata, estroncio, estaño, titanio, uranio, vanadio y zinc, en material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM₁₀), monitoreados en mayo, setiembre y octubre de 2019, no excedieron los valores establecidos en la norma de referencia canadiense *Air Ambient Quality Criteria* (AAQC)-2012.
- Las concentraciones promedio de 24 horas de plomo en PM₁₀ durante el 2019, no excedieron el valor de la normativa referencial canadiense establecidos en 0,5 µg/m³, según *Air Ambient Quality Criteria* (AAQC)-2012.
- Las concentraciones mensuales de plomo en PM₁₀ registradas en la estación de vigilancia ambiental de la calidad del aire CA-CC-01 durante mayo, setiembre y octubre de 2019, no excedieron el valor establecido en los ECA para aire de 1,5 µg/m³, de manera referencial, aprobado mediante Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM.

10. RECOMENDACIONES

- Informar para conocimiento y fines pertinentes a los siguientes:
 - Dirección de Supervisión Ambiental en Energía y Minas del OEFA.
 - Oficina Desconcentrada de Junín.
 - Municipalidad Provincial de Yauli.
 - Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria (Digesa)
 - Dirección Regional de Salud de Junín.
- Continuar con la vigilancia ambiental de la calidad del aire en el sector de La Oroya Antigua, distrito La Oroya, provincia Yauli, departamento Junín.

11. ANEXOS

Anexo N.º 1: Mapa de ubicación de la estación de vigilancia ambiental CA-CC-01

Anexo N.º 2: Sistematización de resultados

Anexo N.º 3: Certificados de calibración

Anexo N.º 4: Cadenas de custodia

Anexo N.º 5: Informes de ensayos de laboratorio



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección
Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

Es cuanto informamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente:

[LFAJARDO]

[ABRIOS]

[JGARCIA]

Visto el informe la Dirección de Evaluación Ambiental ha dispuesto su aprobación.

Atentamente:

[DRAMOS]



"Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por el OEFA, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. N° 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: <https://sistemas.oefa.gob.pe/verifica> e ingresando la siguiente clave: 04297858"



04297858