

**INFORME N° 00011-2020-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 realizada en el centro poblado Paragsha, distrito Simón Bolívar, provincia y departamento Pasco, de enero a diciembre del 2019.

C.U.E. : 2019-02-0009

CÓDIGO DE ACCIÓN : 0003-1-2019-401, 0010-2-2019-401, 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 el distrito de Simón Bolívar, provincia y departamento de Pasco, son presentados en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1. Información general respecto de la actividad realizada

a.	Ubicación general	Distrito de Simón Bolívar, provincia y departamento de Pasco
b.	Unidades fiscalizables en la zona de estudio o actividades económicas	Unidad minera Cerro de Pasco de la Empresa Administradora Cerro S.A.C.
c.	Problemática	Presunta afectación de la calidad del aire en la zona aledaña al parque infantil, debido a actividades de remoción de material particulado por parte de la Empresa Administradora Cerro S.A.C.
d.	Antecedentes	Planefa 2019
e.	Tipo de evaluación	Vigilancia ambiental
f.	Periodo de ejecución	Enero – 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	Rulman Raphael Aliaga Martínez	Bachiller en ingeniería ambiental	Campo/Gabinete
5	Jorge Iván García Riega	Ingeniero electrónico	Gabinete
6	James Manolo Tamara Trinidad	Ingeniero ambiental	Campo
7	Xiomara Solanch Mandujano Reyes	Ingeniera ambiental	Gabinete

2. DATOS DE LA ACTIVIDAD REALIZADA

El componente ambiental y los parámetros evaluados en la vigilancia ambiental, realizada en el centro poblado Paragsha, distrito Simón Bolívar, se presentan en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Parámetros evaluados

Matriz evaluada	Parámetros Evaluados	Cantidad de estaciones
Aire	Material particulado con diámetro menor a 10 micras - PM ₁₀	1
	Metales en PM ₁₀	

3. ANTECEDENTES

En el 2018, inició la vigilancia ambiental de la calidad del aire a tiempo real de los parámetros: SO₂ (enero - diciembre) y PM₁₀ (abril, mayo - diciembre), cuyos resultados de las concentraciones no excedieron los ECA para aire (D.S. N.º 003-2017-MINAM), en ninguno de los meses monitoreados. También se evaluó metales en PM₁₀ (mayo, julio - diciembre) cuyos resultados de las concentraciones no excedieron la normativa referencial canadiense (Air Ambient Quality Criteria (AAQC 2012)). Se generó los siguientes informes detallados en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Informes de vigilancia ambiental de calidad del aire 2018.

Título del informe	Número de aprobación	Fecha de aprobación
Vigilancia ambiental de la calidad del aire, realizado del 4 de octubre 2017 al 04 de enero 2018, en el centro poblado de Paragsha, distrito de Simon Bolivar, provincia y departamento de Pasco.	N.º 0082-2018-OEFA-DEAM-STEC	1 al 31 de enero de 2018
Vigilancia ambiental de la calidad de aire realizado del 1 al 28 de febrero de 2018, en el distrito de Simon Bolivar, provincia y departamento de Pasco	N.º 0083-2018-OEFA-DEAM-STEC	1 al 28 de febrero de 2018
Vigilancia ambiental de la calidad de aire realizada en el distrito de Simon Bolivar, provincia y departamento de Pasco, realizado del 1 al 31 de marzo de 2018	N.º 0161-2018-OEFA-DEAM-STEC	1 al 31 de marzo de 2018
Vigilancia ambiental de la calidad de aire realizada en el distrito de Simon Bolivar, provincia y departamento de Pasco, abril de 2018	N.º 0181-2018-OEFA-DEAM-STEC	1 al 30 de abril de 2018
Vigilancia ambiental de la calidad de aire realizada en el distrito de Simon Bolivar, provincia y departamento de Pasco, mayo de 2018	N.º 0215-2018-OEFA-DEAM-STEC	1 al 31 de mayo de 2018
Vigilancia ambiental de la calidad de aire realizada en el distrito de Simon Bolivar, provincia y departamento de Pasco, junio de 2018	N.º 0229-2018-OEFA-DEAM-STEC	1 al 30 de junio de 2018
Vigilancia ambiental de la calidad de aire realizada en el distrito de Simon Bolivar, provincia y departamento de Pasco, julio de 2018	N.º 0265-2018-OEFA-DEAM-STEC	1 al 31 de julio de 2018



Título del informe	Número de aprobación	Fecha de aprobación
Vigilancia ambiental de la calidad de aire realizada en el distrito de Simon Bolivar, provincia y departamento de Pasco, del 1 al 9, 20, 21 y 22 de agosto de 2018	N.º 0296-2018-OEFA-DEAM-STECC	1 al 9 y 20 al 22 de agosto de 2018
Vigilancia ambiental de la calidad de aire realizada en el distrito de Simon Bolivar, provincia y departamento de Pasco, del 1 al 30 de setiembre de 2018	N.º 0321-2018-OEFA-DEAM-STECC	1 al 30 de setiembre de 2018
Vigilancia ambiental de la calidad de aire realizada en el distrito de Simon Bolivar, provincia y departamento de Pasco, en el 2018	N.º 0359-2018-OEFA-DEAM-STECC	1 al 31 de octubre de 2018
Vigilancia ambiental de la calidad de aire realizada en el distrito de Simon Bolivar, provincia y departamento de Pasco, noviembre de 2018	N.º 0370-2018-OEFA-DEAM-STECC	1 al 11 de noviembre de 2018
Vigilancia ambiental de la calidad del aire realizada en el distrito de Simón Bolívar, provincia y departamento de Pasco, diciembre de 2018	N.º 0010-2019-OEFA-DEAM-STECC	6 al 31 de diciembre de 2019

En el 2019, la Dirección de Evaluación Ambiental del OEFA en cumplimiento del Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental - 2019 (en adelante, Planefa 2019), continuó ejecutando la vigilancia ambiental de la calidad del aire en la estación de vigilancia ubicado en el centro poblado Paragsha, distrito Simón Bolívar, provincia y departamento Pasco (CA-SB-01); emitiendo informes de vigilancia ambiental correspondientes a los monitoreos realizados desde enero hasta noviembre 2019 (Tabla 3.2), ya que en el presente informe se incorpora los resultados obtenidos de la vigilancia realizada en diciembre 2019.

Tabla 3.2. 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 realizada en el centro poblado Paragsha, distrito Simón Bolívar, provincia y departamento Pasco, en enero de 2019	N.º 0019-2019-OEFA-DEAM-STECC	28 de febrero de 2019
Vigilancia ambiental de la calidad del aire realizada en el centro poblado Paragsha, distrito Simón Bolívar, provincia y departamento Pasco, en febrero de 2019	N.º 0048-2019-OEFA-DEAM-STECC	26 de marzo de 2019
Vigilancia ambiental de la calidad del aire realizada en el centro poblado Paragsha, distrito Simón Bolívar, provincia y departamento Pasco, en marzo de 2019	N.º 0068-2019-OEFA-DEAM-STECC	16 de abril de 2019
Vigilancia ambiental de la calidad del aire realizada en el centro poblado Paragsha, distrito Simón Bolívar, provincia y departamento Pasco, en abril de 2019	N.º 0101-2019-OEFA-DEAM-STECC	20 de mayo de 2019
Vigilancia ambiental de la calidad del aire realizada en el centro poblado Paragsha, distrito Simón Bolívar, provincia y departamento Pasco, en mayo de 2019	N.º 0146-2019-OEFA/DEAM-STECC	26 de junio de 2019
Vigilancia ambiental de la calidad del aire realizada en el centro poblado Paragsha, distrito Simón Bolívar, provincia y departamento Pasco, en junio de 2019	N.º 0168-2019-OEFA/DEAM-STECC	25 de julio de 2019
Vigilancia ambiental de la calidad del aire realizada en el centro poblado Paragsha, distrito Simón Bolívar, provincia y departamento Pasco, en julio de 2019	N.º 0190-2019-OEFA/DEAM-STECC	28 de agosto de 2019
Vigilancia ambiental de la calidad del aire realizada en el centro poblado Paragsha, distrito Simón Bolívar, provincia y departamento Pasco, en agosto de 2019	N.º 0205-2019-OEFA/DEAM-STECC	13 de setiembre de 2019



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

Título del informe	Número de aprobación	Fecha de aprobación
Vigilancia ambiental de la calidad del aire realizada en el centro poblado Paragsha, distrito Simón Bolívar, provincia y departamento Pasco, en setiembre de 2019	N.º 0263-2019-OEFA/DEAM-STECC	28 de octubre de 2019
Vigilancia ambiental de la calidad de aire realizada en el distrito de Simón Bolívar, provincia y departamento de Pasco en el 2019	N.º 09316-2019-OEFA/DEAM-STECC	29 de noviembre de 2019
Vigilancia ambiental de la calidad del aire realizada en el centro poblado Paragsha, distrito Simón Bolívar, provincia y departamento Pasco, en noviembre de 2019	N.º 0344-2019-OEFA/DEAM-STECC	19 de diciembre de 2019

4. OBJETIVO

Evaluar el comportamiento y la calidad ambiental del aire en el centro poblado Paragsha ubicado en el área de influencia de la unidad minera Cerro de Pasco, de enero a diciembre de 2019.

5. AREA DE ESTUDIO

La zona de estudio se enmarca en el área de influencia de la unidad minera Cerro de Pasco del administrado Empresa Administradora Cerro S.A.C., por lo cual la ubicación de la estación de vigilancia ambiental de la calidad del aire está situada en el centro poblado Paragsha, distrito de Simón Bolívar, provincia y departamento de Pasco.

El centro poblado Paragsha se encuentra ubicado en el extremo noreste del distrito de Simón Bolívar; limita al norte con el distrito de San Francisco de Asís de Yarusyacan, al este con los distritos de Yanacancha y Chaupimarca, y al sur con el distrito Tinyahuarco, de la provincia y departamento de Pasco. (Anexo 1).

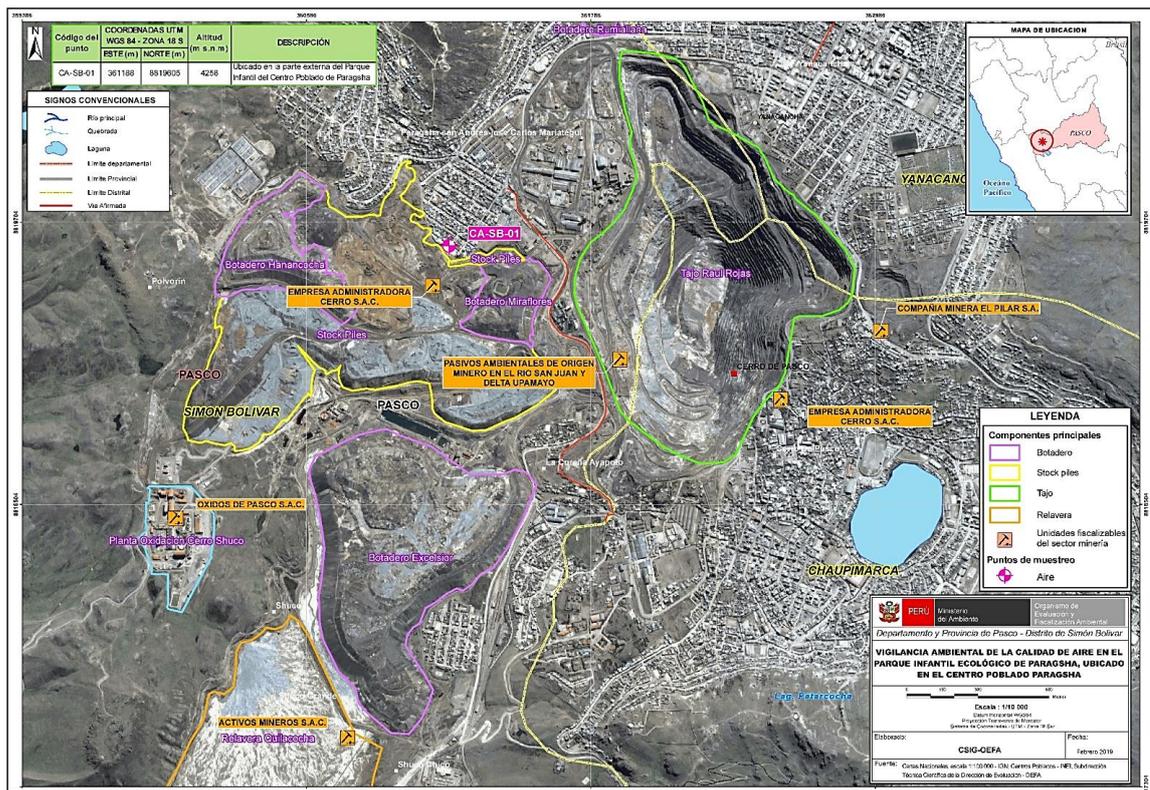


Figura 5.1. Mapa de ubicación geográfica de la unidad minera Cerro de Pasco



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 la vigilancia ambiental de la calidad del aire

Matriz	Protocolo	Sección	País	Institución	Dispositivo legal	Año
Aire	Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de los Datos	Todo el documento	Perú	Dirección General de Salud Ambiental ¹ (Digesa)	Resolución Directoral N.º 1404-2005-DIGESA	2005

6.2. Ubicación de la estación de vigilancia ambiental

La vigilancia ambiental de la calidad del aire se realizó en la estación identificada con código CA-SB-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

Código	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 18L		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
	Este (m)	Norte (m)		
CA-SB-01	361188	8819605	4258	A lado del parque infantil Ecológico. Aproximadamente a 100 m de los <i>Stockpiles</i>

6.3. Equipos utilizados y metodologías de análisis

Los equipos, métodos y técnicas empleadas en la vigilancia ambiental de la calidad del aire, se presenta en la Tabla 6.3 y Tabla 6.4.

Tabla 6.3. Equipos utilizados en el monitoreo de aire

Parámetro	Equipos	Marca	Modelo	Serie
Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)	Monitor automático de partículas	<i>Thermo Scientific</i>	TEOM 1405	1405A208441003
Metales en PM ₁₀	Muestreador manual de alto volumen de material particulado	<i>Thermo Scientific</i>	G10557	P9319
				P9308X
- Velocidad del viento - Dirección del viento - Temperatura ambiente - Humedad relativa - Precipitación - Presión barométrica	Estación meteorológica	<i>Campbell Scientific</i>	CR1000	25509
		<i>Davis Instruments</i>	Vantage Pro 2	BE181010021

Tabla 6.4. Métodos para el análisis de aire

Parámetro	Método de Referencia	Técnica Empleada
Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)	Método automático	<i>Micro balanza oscilante de elementos cónicos (*)</i>

¹ Actualmente Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria.



Parámetro	Método de Referencia	Técnica Empleada
Metales en PM ₁₀ (**)	EPA Compendium Method IO-3 4. 1999. Determination of Metals in Ambient Particulate Matter Using Inductively Coupled Plasma (ICP) Spectroscopy	Metales por ICP OES Filtro PM10 Alto Volumen
- Velocidad de viento - Dirección de viento - Temperatura ambiente - Humedad relativa - Precipitación - Presión barométrica	Método automático	-

(*) Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de los Datos, de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA)

(**) Fuente: Informes de ensayo N°: FEB1088.R19, FEB1174.R19, ABR1083.R19, ABR1182.R19, MAY1168.R19, JUL1099.R19, AGO1010.R19, AGO1165.R19, SEP1252.R19, OCT1224.R19, NOV1328.R19, DIC1358.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, con el fin de evaluar la influencia de la meteorología local sobre los parámetros ambientales y su posible procedencia, evolución y transporte local.

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)² 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 de calidad de aire son transmitidos vía internet a la base de datos del OEFA, donde se realiza la validación de las concentraciones de los parámetros ambientales a través de un sistema de validación de datos, obteniéndose como producto los datos validados. Estos resultados se encuentran expresados en microgramo por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) a condiciones estándar de temperatura y presión (298,15 K y 1 atm).

El procesamiento de datos de 24 horas obtenidos de PM₁₀ consistió en promediar las concentraciones horarias con un 75% de datos válidos (18 horas como mínimo) de las 24 horas los cuales fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental para Aire (en adelante, ECA para aire).

6.5. Cálculo de las concentraciones de metales en PM₁₀

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

$$Q_{std} = Q_a \left(\frac{P_{av}}{T_{av}} \right) \left(\frac{T_{std}}{P_{std}} \right) \quad (6.1)$$

Donde:

Q_{std} = Flujo promedio (m^3/min) a condiciones de referencia indicadas (i.e. 10 °C, 25°C y 101,3 kPa).

Q_a = Flujo promedio (m^3/min) a condiciones ambientales.

² Guía del Sistema Mundial de Observación de la OMM, pág. 180 y 181



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 muestreo (K).

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

P_{std} = Presión estándar (i.e. 101,3 kPa o 1 atm).

Una vez calculado el flujo promedio se procedió a calcular el volumen total de aire muestreado, el cual se obtiene de la ecuación 6.2.

$$V_{std} = (Q_{std})(t) \quad (6.2)$$

Donde:

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

t = Tiempo de muestreo (min).

A partir del análisis de metales en los filtros de PM₁₀ se obtuvieron las concentraciones de metales en el aire, de acuerdo con la ecuación 6.3.

$$C_{Metal} = 10^{-6} \cdot (W_{metal})/V_{std} \quad (6.3)$$

Dónde:

C_{metal} = Concentración del metal (µg/m³).

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

V_{std} = Volumen total de aire muestreado a condiciones estándar en (m³)

Para el cálculo del volumen de aire muestreado de los metales en PM₁₀ se empleó la temperatura de 10°C como temperatura estándar, para su comparación con la norma de referencia *Ontario's Ambient Air Quality Criteria Standards (AAQC)* - abril 2012 (Anexo 2, Tablas 14 hasta la Tabla 25, Cálculo de volumen muestreado a 10°C y 25°C).

6.6. Criterios de evaluación

Las concentraciones obtenidas de PM₁₀ fueron comparadas con los ECA para aire, aprobados mediante Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM, según se indica en la Tabla 6.5.

Tabla 6.5. Valores de ECA para aire

Parámetro	Periodo	Valor (µg/m ³)	Criterio de evaluación
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras	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

ECA para aire - Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM

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 (Tabla 6.6). Las notas de esta norma indican que las concentraciones expresadas en µg/m³ se encuentran a condiciones de 10 °C y 1 atm.

Tabla 6.6. Estándares referenciales de metales en material particulado

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

Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres
Año de la Universalización de la Salud

CASRN	Contaminante	AAQC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tiempo promedio (h)
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 DE DICIEMBRE

En esta sección se presenta el registro de las condiciones meteorológicas, los resultados promedio de las concentraciones de PM_{10} en 24 horas, concentraciones de metales en PM_{10} y el análisis de la calidad de aire, durante el periodo de monitoreo de diciembre de 2019 en la estación de vigilancia ambiental CA-SB-01.

7.1. Condiciones meteorológicas

Las condiciones meteorológicas registradas en la estación de vigilancia ambiental de la calidad del aire CA-SB-01 son presentadas en la Tabla 7.1, mientras que, el detalle del registro de los parámetros meteorológicos se presenta en el Anexo 2. (Tabla 13. Datos meteorológicos).

Tabla 7.1. Parámetros meteorológicos registrados en la estación de vigilancia ambiental CA-SB-01, en diciembre de 2019.

Valores	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Presión barométrica (mmHg)	Velocidad del viento (m/s)	Precipitación (mm)
Mínimo	0,9	43,0	451,4	0,0	0,0
Máximo	15,3	95,0	460,2	3,1	8,6
Promedio	6,6	81,2	455,8	0,9	0,4

En cuanto a la velocidad y dirección del viento, en la Figura 7.1 se observan las rosas de vientos para el periodo de diciembre de 2019, elaboradas con el fin de obtener información estadística de la estación CA-SB-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 brisa ligera (paleta amarilla) procedentes, predominantemente del este-noreste (ENE) y noreste (NE) con frecuencias de 20% y 19%, respectivamente. En la figura 7.1b se presenta la rosa de vientos en el horario vespertino; donde se observa vientos del tipo ventolina y brisa ligera, procedentes predominantemente del noreste (NE) con frecuencia de 38%. En la Figura 7.1c se presenta la rosa de vientos en horario nocturno; donde se observa principalmente vientos del tipo ventolina y brisa ligera del suroeste (SW) con una frecuencia de 14%.



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

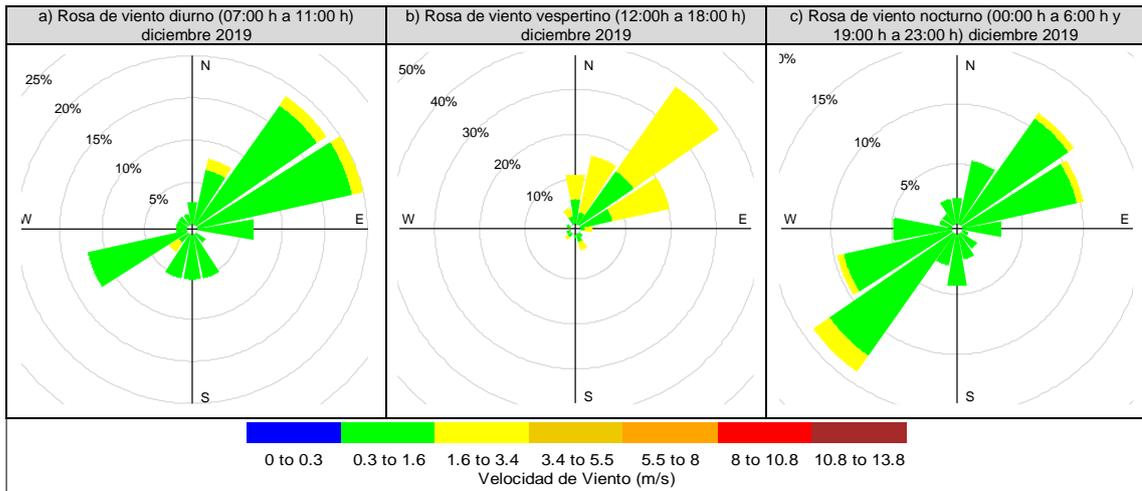


Figura 7.1. Representación gráfica de las rosas de vientos en la estación de vigilancia ambiental CA-SB-01, en diciembre de 2019 a) en horario diurno, b) en horario vespertino y c) en horario nocturno. Nota: Las paletas indican la dirección desde donde provienen los vientos.

La Figura 7.2 muestra la ubicación de la estación de vigilancia ambiental CA-SB-01, con respecto a los *stocks piles* de la Empresa Administradora Cerro S.A.C., y la distribución de los vientos registrados en la vigilancia. Durante los días de monitoreo, además, de los vientos predominantes (NE y ENE), se registraron también vientos del tipo ventolina y brisa ligera, provenientes de las direcciones donde están ubicados los *stocks piles*, es decir desde el suroeste (SW) y oeste-suroeste (WSW) con frecuencias de 8% y 7%, respectivamente, principalmente en horas nocturnas.

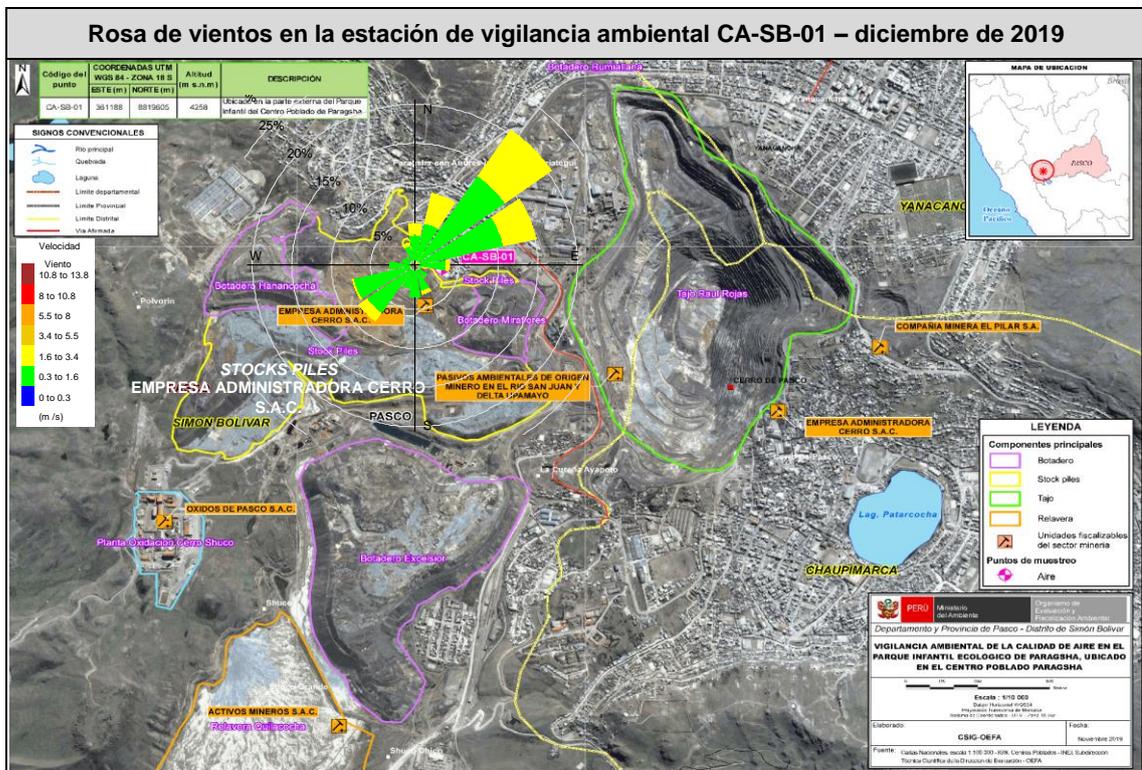


Figura 7.2. Ubicación de la estación de vigilancia ambiental CA-SB-01 y rosa de vientos en diciembre de 2019

Referencia: Imagen satelital extraída de Google Earth.



7.2. Concentración de material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM₁₀)

En la Figura 7.3 se observa que, las concentraciones de PM₁₀ en 24 horas, en la estación de vigilancia CA-SB-01, no excedieron el valor establecido en los ECA para aire (100 µg/m³). Las concentraciones oscilaron entre una mínima de 6 µg/m³ (22 de diciembre) y máxima de 26,1 µg/m³ (19 de diciembre). El detalle del registro de concentraciones se presenta en el Anexo 2. (Tabla 12. Concentración de PM₁₀).

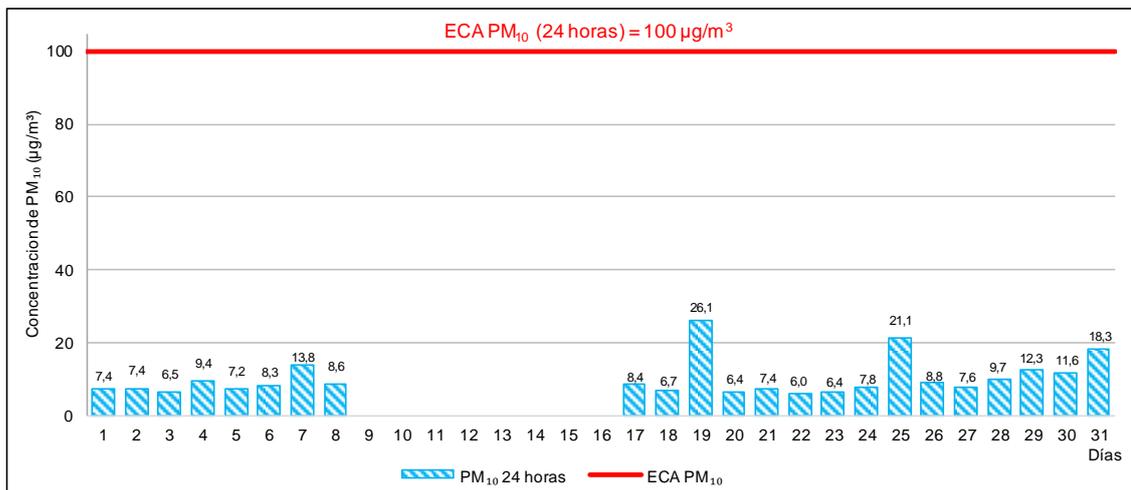


Figura 7.3. Concentraciones de PM₁₀ en 24 horas, diciembre de 2019.

Nota: Del 9 al 16 sin datos por mantenimiento preventivo y correctivo de la estructura de la unidad móvil.

En la Figura 7.4. se presentan las concentraciones horarias de PM₁₀, en la estación de vigilancia CA-SB-01, cuyo valor más alto fue 337,4 µg/m³ y se registró el 19 de diciembre a las 11:00 horas. Cabe precisar que, las concentraciones horarias de PM₁₀ no fueron comparados con los ECA para Aire, debido a que esta norma no contempla concentraciones de PM₁₀ para periodo de 1 hora.

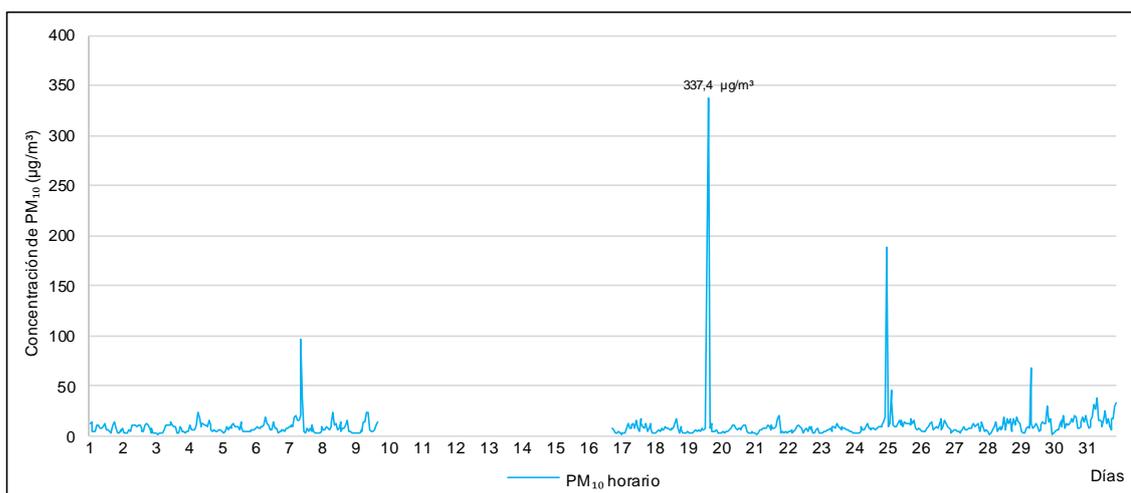


Figura 7.4. Concentraciones horarias de PM₁₀ en la estación de vigilancia ambiental CA-SB-01 en diciembre de 2019.

En la Figura 7.5 se presentan las rosas de concentración por horas (desde las 00:00 horas hasta las 23:00 horas) para PM₁₀, correspondientes a los 31 días de diciembre de 2019. Se puede apreciar que entre las 14:00 horas y 15:00 horas se alcanzó el rango de concentración de PM₁₀ más alto (paleta morada y marrón) provenientes del noreste (NE) y este-noreste (ENE), en cuya dirección no se encuentran los *stocks piles* de la Empresa Administradora Cerro S.A.C.; no existiendo una relación directa entre los trabajos de la empresa y las concentraciones de PM₁₀ en las horas indicadas.



Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres
Año de la Universalización de la Salud

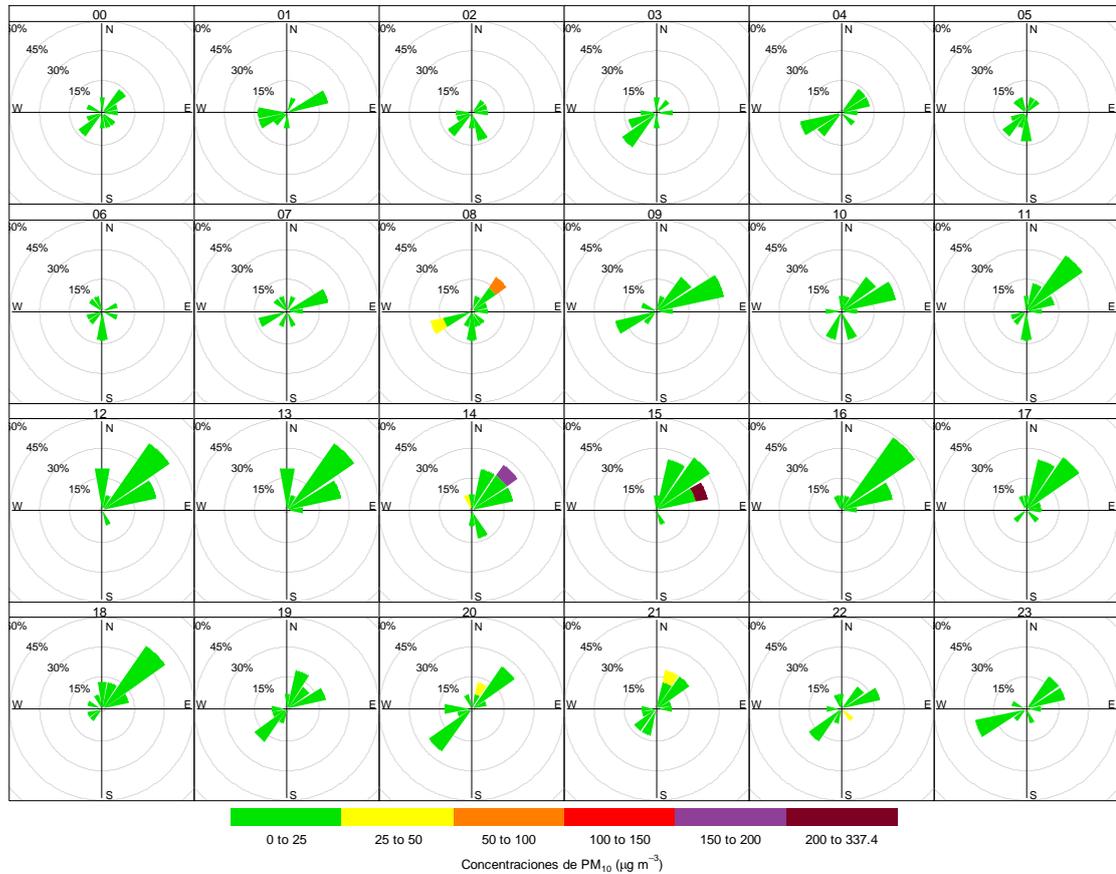


Figura 7.5. Rosas de concentración por horas de PM₁₀ en la estación de vigilancia CA-SB-01, desde las 00:00 horas hasta las 23:00 horas, en diciembre de 2019.

Nota: Las paletas indican la dirección de donde provienen las concentraciones de PM₁₀

7.3. Concentraciones de metales en material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM₁₀)

El material particulado PM₁₀ se caracterizó químicamente, es así que, se han reportado los metales³: 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), 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).

Los resultados de las concentraciones de los metales: Sb, As, Be, B, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Pb, Mn, Hg, Mo, Ni, Se, Ag, Sr, Sn, Ti, U, V y Zn, no excedieron los valores establecidos en la norma canadiense de referencia (Tabla 7.2).

Tabla 7.2. Concentraciones de metales en PM₁₀ a 10° C y 1 atmósfera, en la estación de vigilancia ambiental CA-SB-01.

Metales en PM ₁₀		Unidad	Concentración de metales – Volumen a 10 °C					AAQC Ontario (µg/m ³)
			16/12/19	17/12/19	18/12/19	19/12/19	23/12/19	
Plata	Ag	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	1
Aluminio	Al	µg/m ³	0,063	0,091	0,045	0,040	0,041	-
Arsénico	As	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,3
Bario	Ba	µg/m ³	0,006	0,006	0,006	0,005	0,006	120

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



Metales en PM ₁₀		Unidad	Concentración de metales – Volumen a 10 °C					AAQC Ontario (µg/m ³)
			16/12/19	17/12/19	18/12/19	19/12/19	23/12/19	
Berilio	Be	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Bismuto	Bi	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,01
Boro	B	µg/m ³	0,084	0,054	0,050	0,020	0,040	-
Calcio	Ca	µg/m ³	1,218	0,947	0,860	0,891	0,866	-
Cadmio	Cd	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,025
Cobalto	Co	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,1
Cromo	Cr	µg/m ³	<LC	<LC	0,005	<LC	0,004	0,5
Cobre	Cu	µg/m ³	0,030	0,033	0,036	0,031	0,032	50
Hierro	Fe	µg/m ³	0,356	0,347	0,243	0,238	0,363	4
Potasio	K	µg/m ³	<LC	0,099	<LC	<LC	<LC	-
Litio	Li	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Magnesio	Mg	µg/m ³	0,112	0,102	0,076	0,071	0,087	-
Manganeso	Mn	µg/m ³	0,043	0,043	0,021	0,018	0,035	0,2
Mercurio	Hg	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	2
Molibdeno	Mo	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	120
Sodio	Na	µg/m ³	0,269	0,245	0,218	0,167	0,185	-
Níquel	Ni	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,1
Fosforo	P	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Plomo	Pb	µg/m ³	0,016	<LC	<LC	<LC	<LC	0,5
Antimonio	Sb	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	25
Selenio	Se	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	10
Silicio	Si	µg/m ³	0,383	0,444	0,434	0,404	0,340	-
Estaño	Sn	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	10
Estroncio	Sr	µg/m ³	0,005	0,005	0,005	0,004	0,005	120
Titanio	Ti	µg/m ³	<LC	0,001	0,001	0,001	0,001	120
Talio	Tl	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Vanadio	V	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	2
Zinc	Zn	µg/m ³	0,052	0,054	<LC	<LC	0,049	120

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

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

Los ECA para aire establece 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, el resultado de la concentración de plomo fue comparado de manera referencial con la norma canadiense Air Ambient Quality Criteria 2012 (AAQC).

En la Figura 7.6 se presentan las concentraciones de plomo en PM₁₀ en 24 horas, en la estación de vigilancia ambiental CA-SB-01, donde se observa que los días monitoreados, del 16 al 20 y del 23 al 24 de diciembre, los valores de Pb en PM₁₀ no excedieron referencialmente el valor del estándar canadiense (0,5 µg/m³).

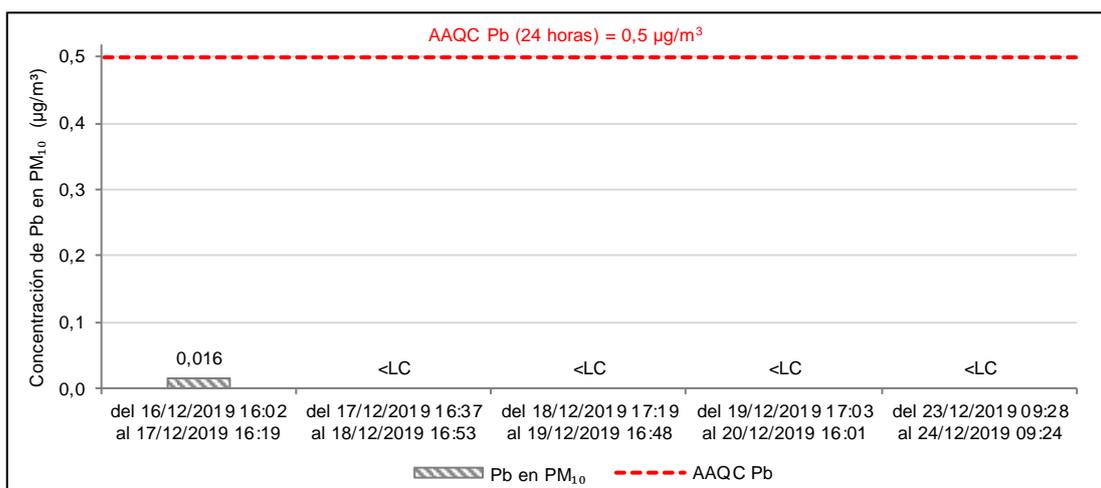


Figura 7.6. Concentraciones de Pb en PM₁₀

La concentración mensual de plomo en PM₁₀⁴ fue de 0,015 µg/m³ y no excedió el valor establecido en los ECA para aire de 1,5 µg/m³, el detalle de las concentraciones de metales se presenta en el Anexo 2 (Tabla 62. Concentración mensual de plomo en PM₁₀ a 25°C y 1 atmósfera). Cabe precisar que la concentración mensual fue calculada con los datos de 24 horas disponibles.

8. DISCUSIONES

8.1. Condiciones meteorológicas

Las condiciones meteorológicas registradas en la estación de vigilancia ambiental de la calidad del aire CA-SB-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 13. Datos meteorológicos).

Tabla 8.1. Parámetros meteorológicos registrados en la estación de vigilancia ambiental CA-SB-01, entre enero y diciembre de 2019.

Valores	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Presión barométrica (mmHg)	Velocidad del viento (m/s)	Precipitación (mm)
Enero					
Mínimo	0,5	40,4	455,8	0,0	0,0
Máximo	13,3	99,3	460,0	2,6	0,3
Promedio	5,7	83,0	458,3	0,9	0,0
Febrero					
Mínimo	1,0	50,6	456,2	0,0	0,0
Máximo	13,8	99,3	460,5	3,0	0,3
Promedio	6,0	84,3	458,3	0,9	0,0
Marzo					
Mínimo	0,6	50,7	456,2	0,0	0,0
Máximo	13,7	99,3	460,2	2,8	10,8
Promedio	6,2	84,7	458,6	0,9	0,5
Abril					
Mínimo	-0,3	25,9	456,5	0,0	0,0
Máximo	14,1	99,3	460,7	2,6	16,3
Promedio	6,3	81,0	458,8	0,8	0,2
Mayo					
Mínimo	-1,4	20,2	457,1	0,0	0,0
Máximo	13,3	99,4	460,7	2,6	9,6
Promedio	5,61	78,3	458,9	0,8	0,1

⁴ Para la comparación con los ECA para aire se realizó el cálculo a 25°C y 1 atm

Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres
Año de la Universalización de la Salud

Valores	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Presión barométrica (mmHg)	Velocidad del viento (m/s)	Precipitación (mm)
Junio					
Mínimo	-4,0	9,5	456,7	0,0	0,0
Máximo	13,8	99,4	461,2	2,7	3,4
Promedio	4,8	71,4	459,3	0,9	0,03
Julio					
Mínimo	-4,2	5,8	456,9	0,0	0,0
Máximo	13,0	99,4	460,3	2,6	3,5
Promedio	4,1	75,2	458,9	1,0	0,1
Agosto					
Mínimo	-5,2	5,4	457,4	0,0	0,0
Máximo	13,7	99,4	461,2	3,0	3,4
Promedio	4,1	64,4	459,3	1,0	0,03
Setiembre					
Mínimo	-2,9	17,0	456,0	0,0	0,0
Máximo	15,4	99,4	461,4	3,2	5,3
Promedio	5,3	72,9	458,9	1,2	0,1
Octubre					
Mínimo	-1,8	16,0	453,0	0,0	0,0
Máximo	15,0	92,0	459,7	2,7	6,4
Promedio	5,5	71,7	457,8	0,9	0,1
Noviembre					
Mínimo	0,3	42,0	450,6	0,0	0,0
Máximo	15,6	97,0	460,8	2,7	4,1
Promedio	6,1	79,8	456,3	0,8	0,1
Diciembre					
Mínimo	0,9	43,0	451,4	0,0	0,0
Máximo	15,3	95,0	460,2	3,1	8,6
Promedio	6,6	81,2	455,8	0,9	0,4

En cuanto a la velocidad y dirección del viento, en la Figura 8.1. se presentan las rosas de vientos en las temporadas estacionales de verano (enero-marzo), otoño (abril-junio), invierno (julio-setiembre) y primavera (octubre-diciembre) correspondiente al 2019, elaboradas con el fin de obtener información estadística de la estación CA-SB-01.

En la Figura 8.1a se observa que la rosa de vientos en verano presento vientos de calma (paleta azul), ventolina (paleta verde) y brisa ligera (paleta amarilla) con procedencia principalmente del norte-noreste (NNE) y noreste (NE) con frecuencias de 21% y 15% respectivamente. En la Figura 8.1b la rosa de vientos en otoño con vientos de calma, ventolina y brisa ligera que provienen de la dirección norte-noreste (NNE) y noreste (NE) con frecuencias de 24% y 13% respectivamente. En la Figura 8.1c la rosa de vientos de invierno con vientos de ventolina y brisa ligera provinieron del norte-noreste (NNE) y noreste (NE) con frecuencias de 27% y 14% respectivamente. En la Figura 8.1d la rosa de vientos en primavera con vientos ventolina y brisa ligera, con predominancia del noreste (NE) y norte-noreste (NNE) con frecuencias de 19% y 11% respectivamente.

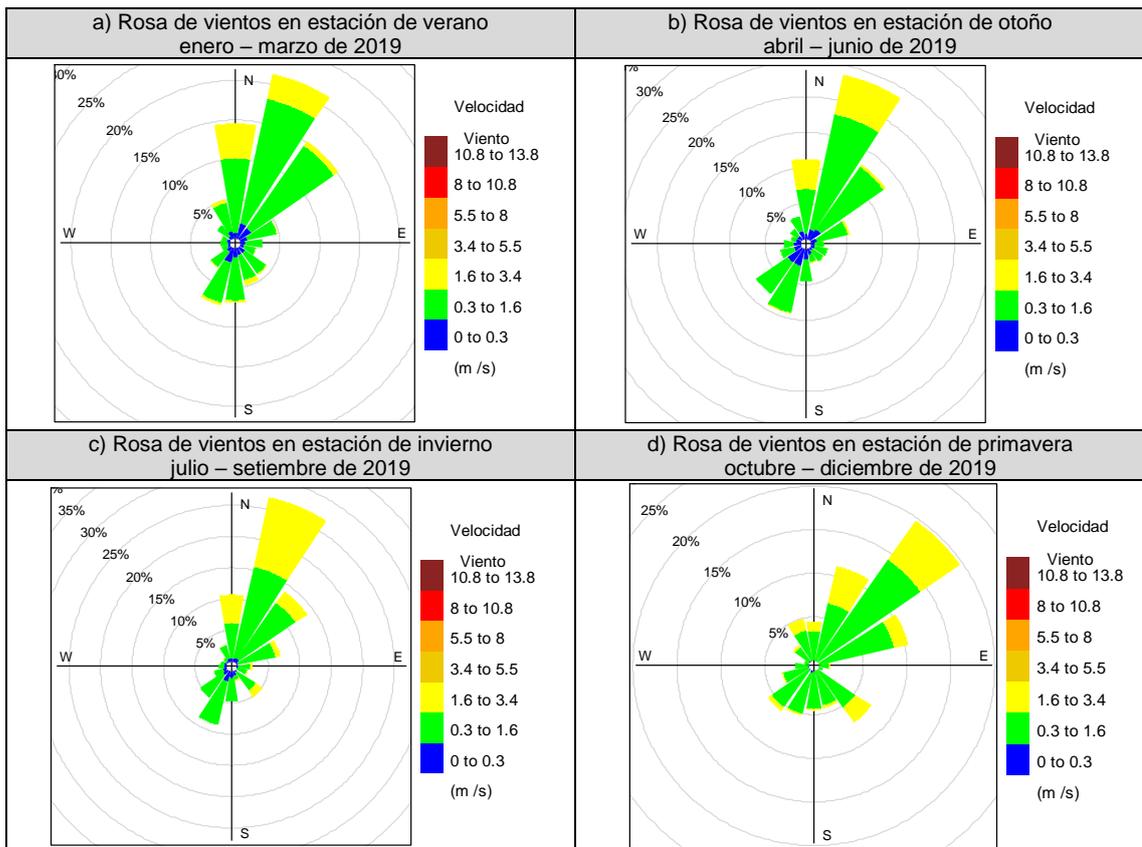


Figura 8.1. Representación gráfica de las rosas de vientos en la estación de vigilancia ambiental CA-SB-01, divididos en las estaciones del 2019 a) verano, b) otoño, c) invierno y d) primavera.
Nota: Las paletas indican la dirección desde donde provienen los vientos

En la figura 8.2a, la rosa de viento diurno muestra vientos del tipo ventolina y brisa ligera con predominancia del norte-noreste (NNE) y noreste (NE) con frecuencias de 19% y 16% respectivamente; en la figura 8.2b, en horario vespertino se presentó vientos ventolina y brisa ligera provienen del norte-noreste (NNE) y noreste (NE) con frecuencias de 33% y 18% respectivamente; en la figura 8.2c, en horario nocturno los vientos fueron del tipo ventolina con predominancia del norte-noreste (NNE) y noreste (NE), con frecuencias de 16% y 14% respectivamente.

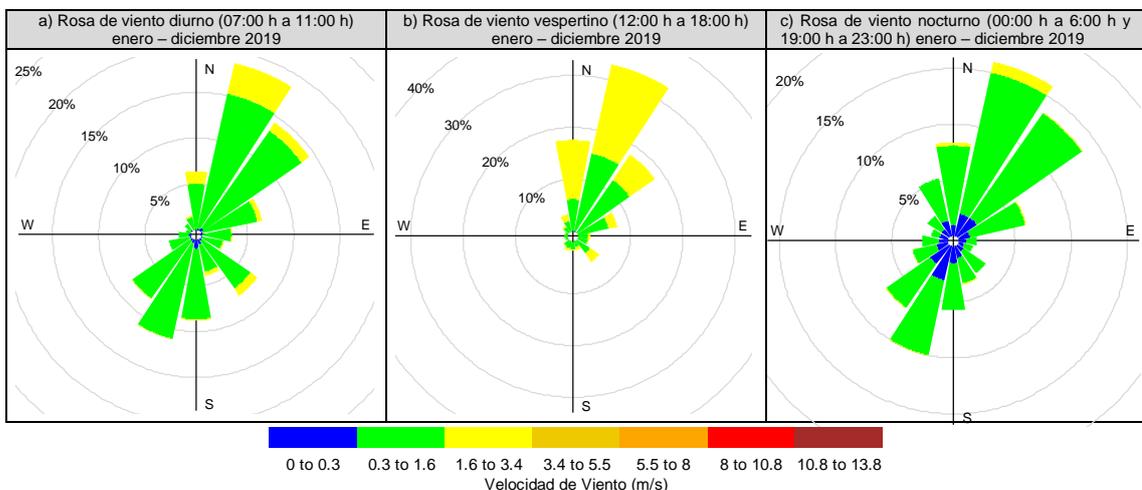


Figura 8.2. Rosa de viento en el distrito de Simón Bolívar, durante el periodo de evaluación enero – diciembre 2019, clasificados en a) En horario diurno (07:00 h a 11:00 h), b) En horario vespertino (12:00 h a 18:00 h), c) En horario nocturno (00:00 h a 6:00 h y 19:00 h a 23:00 h)

8.2. Concentración de material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM₁₀)



En la Figura 8.3., se presentan las concentraciones de 24 horas de material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM_{10}) de la estación de vigilancia ambiental de la calidad del aire CA-SB-01, de enero – diciembre de 2019, donde se observa que no excedió el valor del ECA para aire ($100 \mu g/m^3$). Las concentraciones oscilaron de una mínima de $6,0 \mu g/m^3$ que fue el 22 de diciembre y una máxima de $53,1 \mu g/m^3$ el 5 de abril; sin embargo, en el mes de agosto se presentaron un incremento de PM_{10} respecto a los demás meses. El detalle del registro de concentraciones se presenta en el Anexo N.º 2. (Tablas 1 al 12: Resultados del PM_{10}).

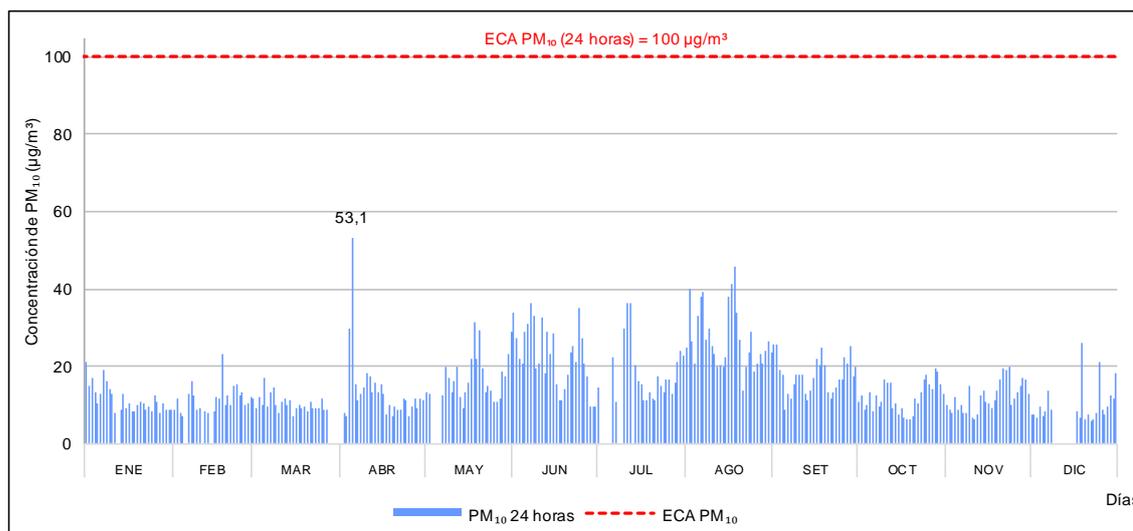


Figura 8.3. Concentraciones de 24 horas de PM_{10} en la estación de vigilancia ambiental CA-SB-01, en los meses de enero – diciembre de 2019.

En la Figura 8.4. se presenta la evolución semanal dividida por días de la semana y a su vez en horas del día de PM_{10} en la estación de vigilancia CA-SB-01 de enero a diciembre de 2019; se observa que el comportamiento en los días de la semana oscilo principalmente entre $8,0 \mu g/m^3$ y $27,7 \mu g/m^3$; la evolución horaria del PM_{10} presenta un comportamiento similar en todos los días de la semana, los incrementos se dieron aproximadamente en horas de la mañana entre las 5:00 a 9:00 y en horas de la tarde de 12:00 a 18:00 horas.

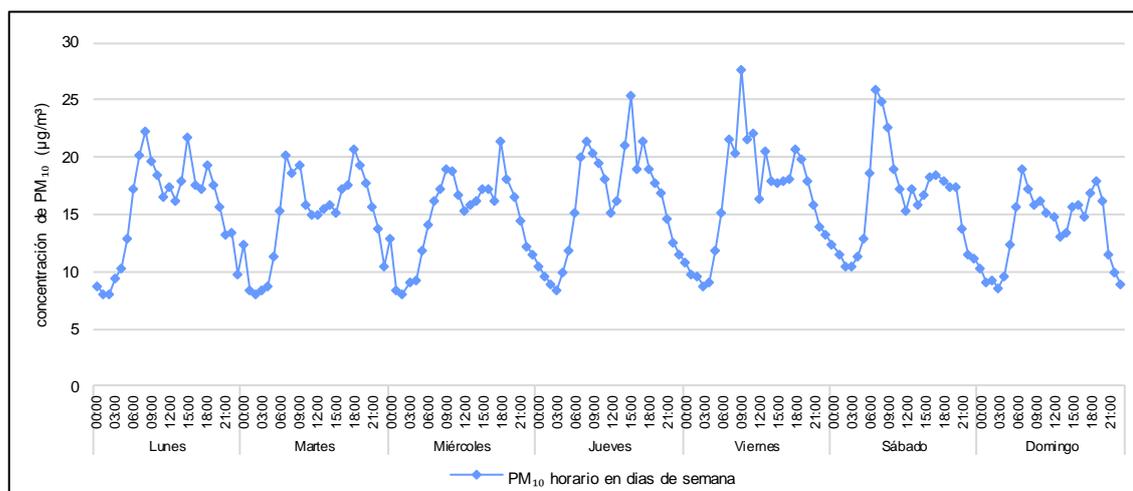


Figura 8.4. Concentraciones horarias promediadas en los días de semana, en la estación de vigilancia ambiental CA-SB-01 de enero – diciembre 2019.

En la Figura 8.5 se grafican las rosas de concentración por horas (desde las 00:00 horas hasta las 23:00 horas) para PM_{10} , correspondientes a enero – diciembre de 2019. Se puede apreciar que generalmente entre las 07:00 horas y 09:00 horas se alcanzó los rangos de concentraciones de PM_{10} más altos (paleta roja, morada y marrón)



provenientes del sureste (SE) y sur-suroeste (SSW), en cuya dirección se encuentran los *stocks piles* de la Empresa Administradora Cerro S.A.C.; existiendo una relación directa entre los trabajos de la empresa y las concentraciones de PM₁₀ en las horas indicadas.

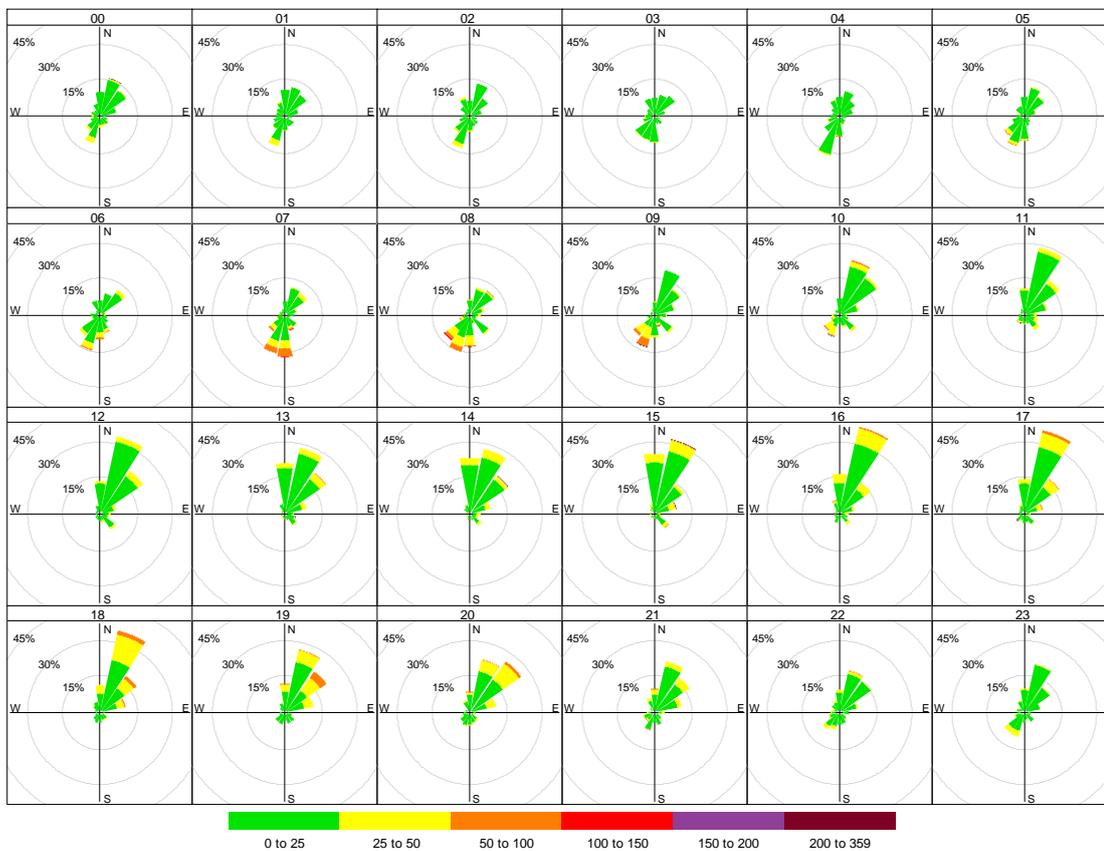


Figura 8.5. Rosas de concentración por horas de PM₁₀ en la estación de vigilancia CA-SB-01, desde las 00:00 horas hasta las 23:00 horas, de enero – diciembre de 2019.

Nota: Las paletas indican la dirección de donde provienen las concentraciones de PM₁₀

8.3. Concentraciones de metales en material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM₁₀)

El material particulado PM₁₀ se caracterizó químicamente, es así que, se han reportado los metales⁵: 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), 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), monitoreado de manera mensual de enero a diciembre de 2019.

Los resultados de las concentraciones de los metales Sb, As, Be, B, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Pb, Mn, Mo, Ni, Se, Ag, Sr, Sn, Ti, V y Zn no excedieron los valores establecidos en la norma canadiense de referencia, en ninguno de los meses monitoreados y se pueden cotejar en la Tabla 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6, 8.7, 8.8, 8.9, 8.10, 8.11, 8.12 y 8.13.

Tabla 8.2. Concentraciones de metales en PM₁₀ a 10° C y 1 atmósfera, en la estación de vigilancia ambiental CA-SB-01, el 23, 24, 25, 28, 29 y 30 de enero de 2019.

⁵ Para fines del presente informe tanto los metales como metaloides se les denominarán metales.

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 10 °C						AAQC Ontario (µg/m ³)
			CA-SB-01						
			23/01/19	24/01/19	25/01/19	28/01/19	29/01/19	30/01/19	
Plata	Ag	µg/m ³	0,0101	0,0152	0,0060	0,0021	0,0010	<LC	1
Aluminio	Al	µg/m ³	0,034	0,051	0,055	0,041	0,034	0,038	-
Arsénico	As	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,3
Boro	B	µg/m ³	0,0172	0,0112	<LC	<LC	0,0233	<LC	120
Bario	Ba	µg/m ³	0,0020	0,0030	0,0040	0,0021	0,0020	0,0020	-
Berilio	Be	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,01
Bismuto	Bi	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Calcio	Ca	µg/m ³	0,56	0,87	1,02	1,39	0,94	0,97	-
Cadmio	Cd	µg/m ³	<LC	0,0020	<LC	<LC	<LC	<LC	0,025
Cobalto	Co	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,1
Cromo	Cr	µg/m ³	0,0304	0,0315	0,0272	0,0226	0,0172	0,0251	0,5
Cobre	Cu	µg/m ³	0,0294	0,0284	0,0191	0,0113	0,0152	0,0100	50
Hierro	Fe	µg/m ³	0,359	0,637	0,712	0,235	0,265	0,259	4
Potasio	K	µg/m ³	0,079	0,086	0,095	0,084	0,102	<LC	-
Litio	Li	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Magnesio	Mg	µg/m ³	0,034	0,086	0,093	0,043	0,036	0,036	-
Manganeso	Mn	µg/m ³	0,021	0,075	0,084	0,009	0,011	0,011	0,2
Mercurio	Hg	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	2
Molibdeno	Mo	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	120
Sodio	Na	µg/m ³	0,108	0,137	0,151	0,097	0,140	0,090	-
Níquel	Ni	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,1
Fosforo	P	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Plomo	Pb	µg/m ³	<LC	0,016	0,013	<LC	<LC	<LC	0,5
Antimonio	Sb	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	25
Selenio	Se	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	10
Silicio	Si	µg/m ³	0,519	0,479	0,561	0,498	0,483	0,482	-
Estaño	Sn	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	10
Estroncio	Sr	µg/m ³	0,0020	0,0030	0,0028	0,0039	0,0030	0,0024	120
Titanio	Ti	µg/m ³	0,0010	<LC	0,0010	0,0010	<LC	<LC	120
Talio	Tl	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Vanadio	V	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	2
Zinc	Zn	µg/m ³	<LC	0,049	0,050	<LC	<LC	<LC	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-SB-01, el 14, 15, 18, 19 y 20 de febrero.

Metales en PM ₁₀		Unidad	Concentración de metales - Volumen 10 °C					AAQC Ontario (µg/m ³)
			CA-SB-01					
			14/02/2019	15/02/2019	18/02/2019	19/02/2019	20/02/2019	
			991,9	997,1	994,2	958,0	1001,5	
Plata	Ag	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	1
Aluminio	Al	µg/m ³	0,073	0,044	0,098	0,084	0,082	-
Arsénico	As	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,3
Boro	B	µg/m ³	<LC	0,0241	<LC	<LC	<LC	120
Bario	Ba	µg/m ³	0,0040	0,0020	0,0040	0,0031	0,0040	-
Berilio	Be	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,01
Bismuto	Bi	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Calcio	Ca	µg/m ³	1,14	0,69	1,39	1,18	1,14	-
Cadmio	Cd	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,025
Cobalto	Co	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,1
Cromo	Cr	µg/m ³	0,052	0,039	0,021	0,026	0,024	0,5
Cobre	Cu	µg/m ³	0,013	0,011	0,023	0,015	0,011	50
Hierro	Fe	µg/m ³	0,541	0,407	0,575	0,511	0,490	4
Potasio	K	µg/m ³	0,077	<LC	0,086	0,094	0,087	-
Litio	Li	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Magnesio	Mg	µg/m ³	0,080	0,044	0,108	0,089	0,088	-
Manganeso	Mn	µg/m ³	0,022	0,020	0,050	0,052	0,047	0,2

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 10 °C					AAQC Ontario (µg/m ³)
			CA-SB-01					
			14/02/2019	15/02/2019	18/02/2019	19/02/2019	20/02/2019	
			991,9	997,1	994,2	958,0	1001,5	
Mercurio	Hg	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	2
Molibdeno	Mo	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	120
Sodio	Na	µg/m ³	0,134	0,119	0,127	0,169	0,115	-
Níquel	Ni	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,1
Fosforo	P	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Plomo	Pb	µg/m ³	0,027	0,026	0,027	0,018	0,024	0,5
Antimonio	Sb	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	25
Selenio	Se	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	10
Silicio	Si	µg/m ³	1,242	0,649	1,028	0,822	0,893	-
Estaño	Sn	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	0,0209	<LC	10
Estroncio	Sr	µg/m ³	0,0043	0,0028	0,0033	0,0038	0,0039	120
Titanio	Ti	µg/m ³	0,0020	0,0010	0,0030	0,0021	0,0020	120
Talio	Tl	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Vanadio	V	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	2
Zinc	Zn	µg/m ³	<LC	<LC	0,047	<LC	0,047	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-SB-01, el 25, 26, 27 y 28 de marzo de 2019.

Metales en PM ₁₀		Unidad	Concentración de metales - Volumen 10 °C				AAQC Ontario (µg/m ³)
			CA-SB-01				
			25/03/2019	26/03/2019	27/03/2019	28/03/2019	
			990,9	981,5	974,5	958,9	
Plata	Ag	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	1
Aluminio	Al	µg/m ³	0,067	0,026	0,023	0,059	-
Arsénico	As	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	0,3
Boro	B	µg/m ³	0,0696	0,0540	0,0133	0,0594	120
Bario	Ba	µg/m ³	0,0030	0,0020	0,0021	0,0031	-
Berilio	Be	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	0,01
Bismuto	Bi	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Calcio	Ca	µg/m ³	1,386	0,828	0,559	1,536	-
Cadmio	Cd	µg/m ³	<LC	0,005	<LC	<LC	0,025
Cobalto	Co	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	0,1
Cromo	Cr	µg/m ³	0,025	0,029	0,031	0,037	0,5
Cobre	Cu	µg/m ³	0,022	0,012	0,010	0,016	50
Hierro	Fe	µg/m ³	0,421	0,311	0,308	0,897	4
Potasio	K	µg/m ³	0,105	<LC	<LC	<LC	-
Litio	Li	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Magnesio	Mg	µg/m ³	0,083	0,053	0,042	0,165	-
Manganeso	Mn	µg/m ³	0,028	0,014	0,014	0,097	0,2
Mercurio	Hg	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	2
Molibdeno	Mo	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	120
Sodio	Na	µg/m ³	0,225	0,133	0,073	0,123	-
Níquel	Ni	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	0,1
Fosforo	P	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Plomo	Pb	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	0,024	0,5
Antimonio	Sb	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	25
Selenio	Se	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	10
Silicio	Si	µg/m ³	0,981	0,704	0,890	0,734	-
Estaño	Sn	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	10
Estroncio	Sr	µg/m ³	0,0046	0,0033	0,0027	0,0046	120
Titanio	Ti	µg/m ³	0,0030	0,0010	<LC	0,0021	120
Talio	Tl	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Vanadio	V	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	2

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 10 °C				AAQC Ontario (µg/m ³)
			CA-SB-01				
			25/03/2019	26/03/2019	27/03/2019	28/03/2019	
Zinc	Zn	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	0,073	120

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

Tabla 8.5. Concentraciones de metales en PM₁₀ a 10° C y 1 atmósfera, en la estación de vigilancia ambiental CA-SB-01, el 9, 10, 11, 12 y 15 de abril de 2019.

Metales en PM ₁₀		Unidad	Concentración de metales – Volumen a 10 °C					AAQC Ontario (µg/m ³)
			9/04/2019	10/04/2019	11/04/2019	12/04/2019	15/04/2019	
			988,2	992,3	993,3	990,2	995,9	
Plata	Ag	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	0,0020	1
Aluminio	Al	µg/m ³	0,163	0,101	0,111	0,127	0,094	-
Arsénico	As	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,3
Boro	B	µg/m ³	0,0273	<LC	0,0554	<LC	0,0311	120
Bario	Ba	µg/m ³	0,0061	0,0060	0,0040	0,0050	0,0050	-
Berilio	Be	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,01
Bismuto	Bi	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Calcio	Ca	µg/m ³	2,801	2,479	1,935	1,839	1,577	-
Cadmio	Cd	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,025
Cobalto	Co	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,1
Cromo	Cr	µg/m ³	0,037	0,043	0,056	0,036	0,037	0,5
Cobre	Cu	µg/m ³	0,027	0,025	0,027	0,032	0,038	50
Hierro	Fe	µg/m ³	1,033	0,886	0,802	0,869	0,859	4
Potasio	K	µg/m ³	0,162	0,099	0,113	0,134	0,127	-
Litio	Li	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Magnesio	Mg	µg/m ³	0,234	0,194	0,195	0,212	0,172	-
Manganeso	Mn	µg/m ³	0,078	0,074	0,051	0,074	0,084	0,2
Mercurio	Hg	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	2
Molibdeno	Mo	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	120
Sodio	Na	µg/m ³	0,245	0,180	0,194	0,146	0,192	-
Níquel	Ni	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,1
Fosforo	P	µg/m ³	0,040	<LC	<LC	<LC	0,040	-
Plomo	Pb	µg/m ³	0,032	0,036	0,021	0,033	0,038	0,5
Antimonio	Sb	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	25
Selenio	Se	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	10
Silicio	Si	µg/m ³	0,806	0,657	0,920	0,724	0,773	-
Estaño	Sn	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	10
Estroncio	Sr	µg/m ³	0,0068	0,0064	0,0048	0,0047	0,0050	120
Titanio	Ti	µg/m ³	0,0040	0,0030	0,0030	0,0030	0,0020	120
Talio	Tl	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Vanadio	V	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	2
Zinc	Zn	µg/m ³	0,086	0,077	0,057	0,093	0,077	120

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

Tabla 8.6. Concentraciones de metales en PM₁₀ a 10° C y 1 atmósfera, en la estación de vigilancia ambiental CA-SB-01, el 20, 21, 22, 23 y 24 de mayo de 2019.

Metales en PM ₁₀		Unidad	Concentración de metales – Volumen a 10 °C					AAQC Ontario (µg/m ³)
			20/05/2019	21/05/2019	22/05/2019	23/05/2019	24/05/2019	
			960,8	994,2	995,3	989,8	993,4	
Plata	Ag	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	1
Aluminio	Al	µg/m ³	0,129	0,148	0,110	0,087	0,081	-
Arsénico	As	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,3
Boro	B	µg/m ³	0,0146	0,0201	0,0121	<LC	0,0211	120
Bario	Ba	µg/m ³	0,0042	0,0050	0,0040	0,0040	0,0030	-
Berilio	Be	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,01

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)
			20/05/2019	21/05/2019	22/05/2019	23/05/2019	24/05/2019	
			960,8	994,2	995,3	989,8	993,4	
Bismuto	Bi	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Calcio	Ca	µg/m ³	2,041	1,623	1,899	1,348	1,155	-
Cadmio	Cd	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,025
Cobalto	Co	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,1
Cromo	Cr	µg/m ³	0,031	0,019	0,028	0,032	0,040	0,5
Cobre	Cu	µg/m ³	0,025	0,108	0,058	0,119	0,046	50
Hierro	Fe	µg/m ³	0,617	0,552	0,513	0,663	0,560	4
Potasio	K	µg/m ³	0,137	0,130	0,131	0,084	0,129	-
Litio	Li	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Magnesio	Mg	µg/m ³	0,157	0,150	0,148	0,117	0,092	-
Manganeso	Mn	µg/m ³	0,042	0,036	0,029	0,047	0,028	0,2
Mercurio	Hg	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	2
Molibdeno	Mo	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	120
Sodio	Na	µg/m ³	0,271	0,178	0,223	0,119	0,161	-
Níquel	Ni	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,1
Fosforo	P	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Plomo	Pb	µg/m ³	0,016	<LC	<LC	0,022	<LC	0,5
Antimonio	Sb	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	25
Selenio	Se	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	10
Silicio	Si	µg/m ³	0,646	0,712	0,617	0,491	0,721	-
Estaño	Sn	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	10
Estroncio	Sr	µg/m ³	0,0062	0,0035	0,0059	0,0037	0,0034	120
Titanio	Ti	µg/m ³	0,0031	0,0040	0,0030	0,0020	0,0020	120
Talio	Tl	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Vanadio	V	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	2
Zinc	Zn	µg/m ³	0,057	<LC	<LC	0,051	<LC	120

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

Tabla 8.7. Concentraciones de metales en PM₁₀ a 10° C y 1 atmósfera, en la estación de vigilancia ambiental CA-SB-01, el 24, 25, 26, 27 y 28 de junio de 2019.

Metales en PM ₁₀		Unidad	Concentración de metales – Volumen a 10 °C					AAQC Ontario (µg/m ³)
			24/06/2019	25/06/2019	26/06/2019	27/06/2019	28/06/2019	
			999,0	988,5	996,2	991,3	1001,1	
Plata	Ag	µg/m ³	0,0010	<LC	<LC	<LC	<LC	1
Aluminio	Al	µg/m ³	0,305	0,182	0,147	0,121	0,049	-
Arsénico	As	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,3
Boro	B	µg/m ³	0,0160	0,0121	0,0130	0,0111	0,0380	120
Bario	Ba	µg/m ³	0,0741	0,0071	0,0050	0,0050	0,0030	-
Berilio	Be	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,01
Bismuto	Bi	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Calcio	Ca	µg/m ³	3,033	1,762	1,255	1,331	0,670	-
Cadmio	Cd	µg/m ³	0,002	<LC	<LC	<LC	<LC	0,025
Cobalto	Co	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,1
Cromo	Cr	µg/m ³	<LC	<LC	0,007	0,007	<LC	0,5
Cobre	Cu	µg/m ³	0,114	0,196	0,127	0,106	0,105	50
Hierro	Fe	µg/m ³	1,300	0,595	0,477	0,439	0,152	4
Potasio	K	µg/m ³	1,389	0,174	0,202	0,123	0,152	-
Litio	Li	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Magnesio	Mg	µg/m ³	0,446	0,188	0,128	0,117	0,045	-
Manganeso	Mn	µg/m ³	0,129	0,054	0,040	0,039	0,014	0,2
Mercurio	Hg	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	2
Molibdeno	Mo	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	120
Sodio	Na	µg/m ³	0,304	0,082	0,141	0,095	0,205	-
Níquel	Ni	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,1
Fosforo	P	µg/m ³	0,041	<LC	<LC	<LC	<LC	-

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)
			24/06/2019	25/06/2019	26/06/2019	27/06/2019	28/06/2019	
			999,0	988,5	996,2	991,3	1001,1	
Plomo	Pb	µg/m ³	0,094	0,032	0,029	0,020	<LC	0,5
Antimonio	Sb	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	25
Selenio	Se	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	10
Silicio	Si	µg/m ³	0,855	0,565	0,601	0,519	0,599	-
Estaño	Sn	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	10
Estroncio	Sr	µg/m ³	0,0487	0,0038	0,0029	0,0032	0,0022	120
Titanio	Ti	µg/m ³	0,0130	0,0040	0,0030	0,0030	0,0010	120
Talio	Tl	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Vanadio	V	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	2
Zinc	Zn	µg/m ³	0,124	<LC	<LC	<LC	<LC	120

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

Tabla 8.8. Concentraciones de metales en PM₁₀ a 10° C y 1 atmósfera, en la estación de vigilancia ambiental CA-SB-01, el 22, 23, 24 y 25 de julio de 2019.

Metales en PM ₁₀		Unidad	Concentración de metales – Volumen a 10 °C				AAQC Ontario (µg/m ³)
			22/07/2019	23/07/2019	24/07/2019	25/07/2019	
			998,2	988,9	1001,1	979,3	
Plata	Ag	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	1
Aluminio	Al	µg/m ³	0,1813	0,1456	0,1179	0,1297	-
Arsénico	As	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	0,3
Boro	B	µg/m ³	0,0250	0,0233	0,0170	0,0143	120
Bario	Ba	µg/m ³	0,0050	0,0051	0,0050	0,0061	-
Berilio	Be	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	0,01
Bismuto	Bi	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Calcio	Ca	µg/m ³	1,4867	1,6615	2,0358	1,7207	-
Cadmio	Cd	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	0,025
Cobalto	Co	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	0,1
Cromo	Cr	µg/m ³	0,0200	0,0324	0,0200	0,0194	0,5
Cobre	Cu	µg/m ³	0,2154	0,4288	0,4006	0,3298	50
Hierro	Fe	µg/m ³	0,5760	0,6027	0,6273	0,5974	4
Potasio	K	µg/m ³	0,3056	0,2073	0,1169	0,1164	-
Litio	Li	µg/m ³	0,0130	0,0071	0,0060	0,0061	-
Magnesio	Mg	µg/m ³	0,1733	0,1578	0,1718	0,1552	-
Manganeso	Mn	µg/m ³	0,0351	0,0354	0,0460	0,0439	0,2
Mercurio	Hg	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	2
Molibdeno	Mo	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	120
Sodio	Na	µg/m ³	0,3937	0,3378	0,2487	0,1746	-
Níquel	Ni	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	0,1
Fosforo	P	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Plomo	Pb	µg/m ³	0,0150	<LC	0,0320	0,0235	0,5
Antimonio	Sb	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	25
Selenio	Se	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	10
Silicio	Si	µg/m ³	1,2994	0,9526	0,7412	0,8966	-
Estaño	Sn	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	10
Estroncio	Sr	µg/m ³	0,0066	0,0075	0,0077	0,0058	120
Titanio	Ti	µg/m ³	0,0050	0,0040	0,0030	0,0031	120
Talio	Tl	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Vanadio	V	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	2
Zinc	Zn	µg/m ³	<LC	<LC	0,0519	0,0551	120

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

Tabla 8.9. Concentraciones de metales en PM₁₀ a 10° C y 1 atmósfera, en la estación de vigilancia ambiental CA-SB-01, el 12, 13, 14, 15 y 16 de agosto de 2019.

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)
			12/08/2019	13/08/2019	14/08/2019	15/08/2019	16/08/2019	
			998,6	989,4	1006,8	989,6	1000,8	
Plata	Ag	µg/m ³	<LC	<LC	0,0020	0,0202	0,0030	1
Aluminio	Al	µg/m ³	0,190	0,131	0,155	0,296	0,393	-
Arsénico	As	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,3
Boro	B	µg/m ³	0,051	0,055	0,076	0,096	0,049	120
Bario	Ba	µg/m ³	0,008	0,007	0,009	0,014	0,016	-
Berilio	Be	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,01
Bismuto	Bi	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Calcio	Ca	µg/m ³	1,844	1,629	2,558	4,359	4,208	-
Cadmio	Cd	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	0,006	<LC	0,025
Cobalto	Co	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,1
Cromo	Cr	µg/m ³	0,015	<LC	<LC	<LC	<LC	0,5
Cobre	Cu	µg/m ³	0,099	0,106	0,132	0,214	0,151	50
Hierro	Fe	µg/m ³	0,892	0,941	1,304	2,392	2,748	4
Potasio	K	µg/m ³	0,302	0,228	0,168	0,220	0,450	-
Litio	Li	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Magnesio	Mg	µg/m ³	0,243	0,218	0,336	0,678	0,695	-
Manganeso	Mn	µg/m ³	0,085	0,129	0,167	0,316	0,302	0,2
Mercurio	Hg	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	2
Molibdeno	Mo	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	120
Sodio	Na	µg/m ³	0,194	0,221	0,286	0,294	0,237	-
Níquel	Ni	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,1
Fosforo	P	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	0,044	-
Plomo	Pb	µg/m ³	0,054	0,052	0,106	0,207	0,230	0,5
Antimonio	Sb	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	25
Selenio	Se	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	10
Silicio	Si	µg/m ³	0,697	0,646	0,721	0,885	1,186	-
Estaño	Sn	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	0,018	0,016	10
Estroncio	Sr	µg/m ³	0,0061	0,0064	0,0079	0,0117	0,0102	120
Titanio	Ti	µg/m ³	0,0040	0,0030	0,0030	0,0040	0,0080	120
Talio	Tl	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Vanadio	V	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	2
Zinc	Zn	µg/m ³	0,086	0,091	0,172	0,312	0,381	120

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

Tabla 8.10. Concentraciones de metales en PM₁₀ a 10° C y 1 atmósfera, en la estación de vigilancia ambiental CA-SB-01, el 18, 19, 20, 23 y 24 de setiembre de 2019.

Metales en PM ₁₀		Unidad	Concentración de metales – Volumen a 10 °C					AAQC Ontario (µg/m ³)
			18/09/2019	19/09/2019	20/09/2019	23/09/2019	24/09/2019	
			989,1	980,8	987,9	996,8	990,6	
Plata	Ag	µg/m ³	<LC	0,006	<LC	0,001	<LC	1
Aluminio	Al	µg/m ³	0,144	0,109	0,072	0,095	0,123	-
Arsénico	As	µg/m ³	0,010	<LC	<LC	<LC	<LC	0,3
Boro	B	µg/m ³	0,032	0,052	0,016	0,015	0,021	120
Bario	Ba	µg/m ³	0,007	0,006	0,004	0,006	0,006	-
Berilio	Be	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,01
Bismuto	Bi	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Calcio	Ca	µg/m ³	1,982	1,117	1,025	1,547	1,596	-
Cadmio	Cd	µg/m ³	<LC	0,003	<LC	<LC	<LC	0,025
Cobalto	Co	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,1
Cromo	Cr	µg/m ³	0,005	0,006	0,007	0,004	0,005	0,5
Cobre	Cu	µg/m ³	0,038	0,046	0,026	0,031	0,036	50
Hierro	Fe	µg/m ³	0,818	0,695	0,861	0,961	1,199	4
Potasio	K	µg/m ³	0,436	0,257	0,189	0,128	0,213	-
Litio	Li	µg/m ³	0,003	<LC	<LC	0,003	<LC	-
Magnesio	Mg	µg/m ³	0,267	0,153	0,166	0,260	0,301	-

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)
			18/09/2019	19/09/2019	20/09/2019	23/09/2019	24/09/2019	
			989,1	980,8	987,9	996,8	990,6	
Manganeso	Mn	µg/m ³	0,124	0,074	0,141	0,149	0,184	0,2
Mercurio	Hg	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	2
Molibdeno	Mo	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	120
Sodio	Na	µg/m ³	0,181	0,219	0,188	0,122	0,144	-
Níquel	Ni	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,1
Fosforo	P	µg/m ³	0,054	0,041	0,036	0,040	0,042	-
Plomo	Pb	µg/m ³	0,049	0,050	0,038	0,050	0,069	0,5
Antimonio	Sb	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	25
Selenio	Se	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	10
Silicio	Si	µg/m ³	0,370	0,655	0,462	0,341	0,451	-
Estaño	Sn	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	10
Estroncio	Sr	µg/m ³	0,006	0,004	0,004	0,005	0,005	120
Titanio	Ti	µg/m ³	0,003	0,002	0,001	0,001	0,002	120
Talio	Tl	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Vanadio	V	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	2
Zinc	Zn	µg/m ³	0,104	0,090	0,111	0,183	0,204	120

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

Tabla 8.11. Concentraciones de metales en PM₁₀ a 10° C y 1 atmósfera, en la estación de vigilancia ambiental CA-SB-01, el 15, 16, 17, 21 y 22 de octubre de 2019

Metales en PM ₁₀		Unidad	Concentración de metales – Volumen a 10 °C					AAQC Ontario (µg/m ³)
			15/10/2019	16/10/2019	17/10/2019	21/10/2019	22/10/2019	
			997,4	1002,7	995,8	995,6	999,6	
Plata	Ag	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	1
Aluminio	Al	µg/m ³	0,100	0,088	0,052	0,072	0,083	-
Arsénico	As	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,3
Boro	B	µg/m ³	0,038	0,028	0,022	0,048	0,037	120
Bario	Ba	µg/m ³	0,006	0,006	0,013	0,005	0,005	-
Berilio	Be	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,01
Bismuto	Bi	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Calcio	Ca	µg/m ³	2,092	1,380	0,582	1,014	0,882	-
Cadmio	Cd	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,025
Cobalto	Co	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,1
Cromo	Cr	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,5
Cobre	Cu	µg/m ³	0,036	0,039	0,032	0,029	0,029	50
Hierro	Fe	µg/m ³	0,606	0,516	0,145	0,426	0,333	4
Potasio	K	µg/m ³	0,229	0,104	0,204	<LC	0,106	-
Litio	Li	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Magnesio	Mg	µg/m ³	0,169	0,148	0,049	0,095	0,102	-
Manganeso	Mn	µg/m ³	0,078	0,057	0,016	0,050	0,040	0,2
Mercurio	Hg	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	2
Molibdeno	Mo	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	120
Sodio	Na	µg/m ³	0,315	0,158	0,139	0,187	0,213	-
Níquel	Ni	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,1
Fosforo	P	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Plomo	Pb	µg/m ³	0,036	0,031	<LC	0,046	<LC	0,5
Antimonio	Sb	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	25
Selenio	Se	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	10
Silicio	Si	µg/m ³	0,889	0,594	0,497	0,412	0,618	-
Estaño	Sn	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	10
Estroncio	Sr	µg/m ³	0,010	0,005	0,006	0,004	0,004	120
Titanio	Ti	µg/m ³	0,002	0,002	0,002	0,001	0,003	120
Talio	Tl	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Vanadio	V	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	2
Zinc	Zn	µg/m ³	0,100	0,071	<LC	0,068	0,063	120

Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres
Año de la Universalización de la Salud

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

Tabla 8.12. Concentraciones de metales en PM₁₀ a 10° C y 1 atmósfera, en la estación de vigilancia ambiental CA-SB-01, del 19 al 22 y 25 al 27 de noviembre de 2019.

Metales en PM ₁₀		Unidad	Concentración de metales – Volumen a 10 °C					AAQC Ontario (µg/m ³)
			19/11/19 15:27 20/11/19 15:29	20/11/19 15:41 21/11/19 15:45	21/11/19 16:00 22/11/19 16:14	25/11/19 09:24 26/11/19 09:42	26/11/19 09:55 27/11/19 10:10	
			998,6	1001,4	996,6	994,9	991,1	
Plata	Ag	µg/m ³	<LC	0,003	0,001	<LC	<LC	1
Aluminio	Al	µg/m ³	0,137	0,211	0,161	0,091	0,155	-
Arsénico	As	µg/m ³	0,011	0,009	0,011	<LC	<LC	0,3
Boro	B	µg/m ³	0,007	0,007	0,009	0,005	0,007	120
Bario	Ba	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Berilio	Be	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,01
Bismuto	Bi	µg/m ³	0,057	0,081	0,041	0,035	0,049	-
Calcio	Ca	µg/m ³	2,125	2,748	1,944	1,140	1,706	-
Cadmio	Cd	µg/m ³	<LC	<LC	0,002	<LC	<LC	0,025
Cobalto	Co	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,1
Cromo	Cr	µg/m ³	0,013	<LC	<LC	<LC	0,005	0,5
Cobre	Cu	µg/m ³	0,046	0,064	0,047	0,031	0,033	50
Hierro	Fe	µg/m ³	1,340	1,598	1,353	0,400	0,784	4
Potasio	K	µg/m ³	0,096	0,174	0,131	<LC	0,185	-
Litio	Li	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Magnesio	Mg	µg/m ³	0,295	0,344	0,289	0,119	0,195	-
Manganeso	Mn	µg/m ³	0,182	0,189	0,171	0,042	0,080	0,2
Mercurio	Hg	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	2
Molibdeno	Mo	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	120
Sodio	Na	µg/m ³	0,168	0,225	0,244	0,130	0,246	-
Níquel	Ni	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,1
Fosforo	P	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Plomo	Pb	µg/m ³	0,080	0,085	0,196	0,034	0,057	0,5
Antimonio	Sb	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	25
Selenio	Se	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	10
Silicio	Si	µg/m ³	0,430	0,798	0,810	0,510	0,737	-
Estaño	Sn	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	10
Estroncio	Sr	µg/m ³	0,006	0,007	0,005	0,004	0,005	120
Titanio	Ti	µg/m ³	0,002	0,004	0,003	0,003	0,004	120
Talio	Tl	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Vanadio	V	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	2
Zinc	Zn	µg/m ³	0,196	0,161	0,174	<LC	0,072	120

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

Tabla 8.13. Concentraciones de metales en PM₁₀ a 10° C y 1 atmósfera, en la estación de vigilancia ambiental CA-SB-01, del 16 al 20 y 23 al 24 de diciembre de 2019.

Metales en PM ₁₀		Unidad	Concentración de metales – Volumen a 10 °C					AAQC Ontario (µg/m ³)
			16/12/19 16:02 17/12/19 16:19	17/12/19 16:37 18/12/19 16:53	18/12/19 17:19 19/12/19 16:48	19/12/19 17:03 20/12/19 16:01	23/12/19 09:28 24/12/19 09:24	
			1004,2	1001,7	971,4	946,1	988,9	
Plata	Ag	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	1
Aluminio	Al	µg/m ³	0,063	0,091	0,045	0,040	0,041	-
Arsénico	As	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,3
Boro	B	µg/m ³	0,006	0,006	0,006	0,005	0,006	120
Bario	Ba	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Berilio	Be	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,01
Bismuto	Bi	µg/m ³	0,084	0,054	0,050	0,020	0,040	-
Calcio	Ca	µg/m ³	1,218	0,947	0,860	0,891	0,866	-
Cadmio	Cd	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,025
Cobalto	Co	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,1
Cromo	Cr	µg/m ³	<LC	<LC	0,005	<LC	0,004	0,5

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)
			16/12/19 16:02 17/12/19 16:19	17/12/19 16:37 18/12/19 16:53	18/12/19 17:19 19/12/19 16:48	19/12/19 17:03 20/12/19 16:01	23/12/19 09:28 24/12/19 09:24	
			1004,2	1001,7	971,4	946,1	988,9	
Cobre	Cu	µg/m ³	0,030	0,033	0,036	0,031	0,032	50
Hierro	Fe	µg/m ³	0,356	0,347	0,243	0,238	0,363	4
Potasio	K	µg/m ³	<LC	0,099	<LC	<LC	<LC	-
Litio	Li	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Magnesio	Mg	µg/m ³	0,112	0,102	0,076	0,071	0,087	-
Manganeso	Mn	µg/m ³	0,043	0,043	0,021	0,018	0,035	0,2
Mercurio	Hg	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	2
Molibdeno	Mo	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	120
Sodio	Na	µg/m ³	0,269	0,245	0,218	0,167	0,185	-
Níquel	Ni	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,1
Fosforo	P	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Plomo	Pb	µg/m ³	0,016	<LC	<LC	<LC	<LC	0,5
Antimonio	Sb	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	25
Selenio	Se	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	10
Silicio	Si	µg/m ³	0,383	0,444	0,434	0,404	0,340	-
Estaño	Sn	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	10
Estroncio	Sr	µg/m ³	0,005	0,005	0,005	0,004	0,005	120
Titanio	Ti	µg/m ³	<LC	0,001	0,001	0,001	0,001	120
Talio	Tl	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Vanadio	V	µg/m ³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	2
Zinc	Zn	µg/m ³	0,052	0,054	<LC	<LC	0,049	120

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

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

Los ECA para aire establece 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, el resultado de la concentración de plomo fue comparado de manera referencial con la norma canadiense Air Ambient Quality Criteria 2012 (AAQC).

En la Figura 8.6 se presentan los resultados de la concentración de 24 horas de plomo en PM₁₀ en la estación de vigilancia ambiental de la calidad del aire CA-SB-01 de enero a diciembre de 2019, donde se observa que los valores de Pb en PM₁₀ no excedieron el valor del estándar canadiense referencial de 0,5 µg/m³ en ninguno de los meses monitoreados; sin embargo, en el mes de agosto se presentó un incremento de Pb en comparación con los demás meses.



Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres
Año de la Universalización de la Salud

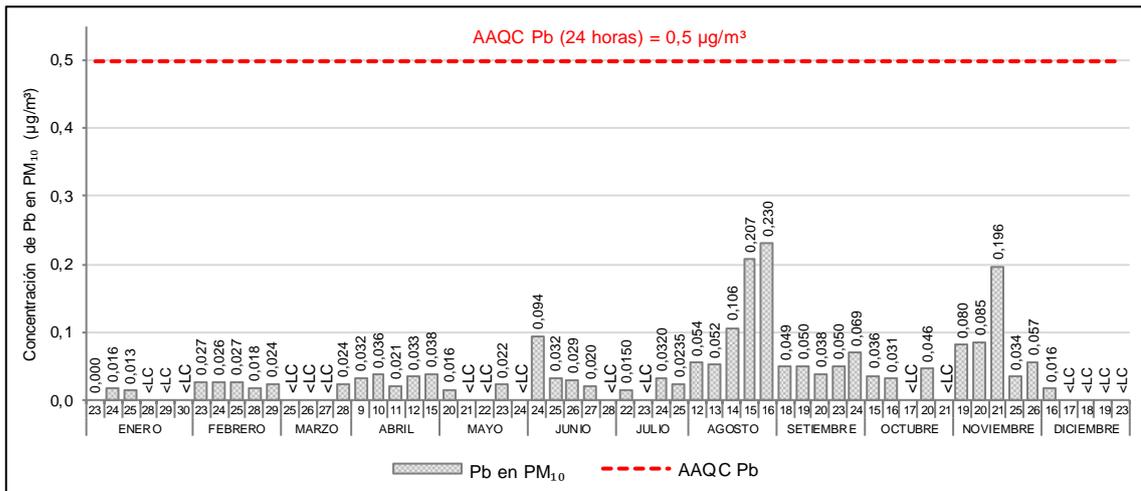


Figura 8.6. Concentraciones de Pb en PM₁₀ en 24 horas, de enero a diciembre de 2019
<LC: debajo del límite de cuantificación del método de ensayo de laboratorio

En la Figura 8.7. se observa las concentraciones mensuales de plomo en material particulado con diámetro menor a 10 micras (Pb en PM₁₀) en la estación de vigilancia ambiental de la calidad del aire CA-SB-01, de enero a diciembre, donde se aprecia que no excedió el valor del ECA para aire de 1,5 µg/m³. El detalle del registro de concentraciones se presenta en el Anexo N.º 2. (Tabla 62. Concentraciones de plomo en PM₁₀ a 25°C y 1 atmosfera).

Cabe precisar que, las concentraciones mensuales fueron calculadas con los datos de 24 horas disponibles.

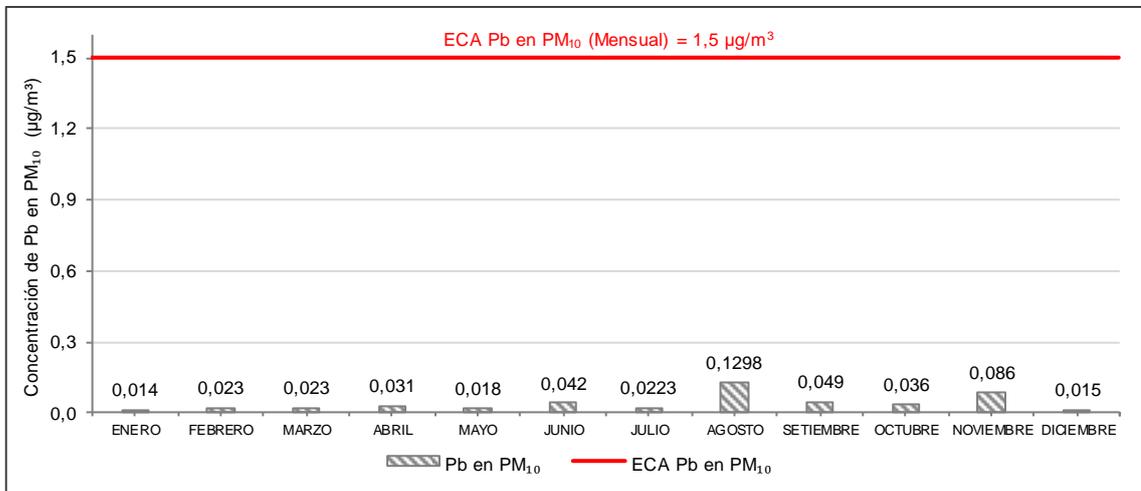


Figura 8.7. Concentraciones mensuales de Pb en PM₁₀, de enero a diciembre de 2019

9. CONCLUSIONES

- Los vientos, durante el periodo de vigilancia ambiental, en la temporada de verano (enero-marzo), otoño, invierno y primavera (octubre - diciembre) durante el 2019, fueron de tipo calma, ventolina y brisa ligera, procedentes predominantemente, del norte-noreste (NNE), noreste (NE) y norte (N), además, se registraron vientos del tipo ventolina y brisa ligera, provenientes de las direcciones donde están ubicados los *stocks piles* de la Empresa Administradora Cerro S.A.C., es decir desde el sur-suroeste (SSW), sur (S) y suroeste (SW) en las horas de la mañana entre las 7:00 y 11:00 horas.
- Las concentraciones material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM₁₀) en 24 horas de registradas en la estación de vigilancia ambiental de la calidad del aire CA-SB-01 de enero a diciembre de 2019, no excedieron el valor establecido en los ECA



para aire de PM₁₀ de 100 µg/m³, aprobado mediante Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM.

- Las rosas de concentraciones horarias de PM₁₀ de enero a diciembre de 2019 alcanzó los rangos más altos (100 µg/m³ – 359 µg/m³) entre las 07:00 horas y 09:00 horas provenientes del sur (S), sur-suroeste (SSW) y suroeste (SW), en cuyas direcciones se encuentran los *stocks piles* de la Empresa Administradora Cerro S.A.C.; existiendo una relación directa entre los trabajos de la empresa y las concentraciones de PM₁₀ en las horas indicadas.
- Las concentraciones de los metales: plata, arsénico, boro, berilio, cadmio, cobalto, cromo, cobre, hierro, mercurio, manganeso, molibdeno, níquel, antimonio, selenio, estaño, estroncio, titanio, uranio, vanadio y zinc, monitoreados de enero a diciembre de 2019, no excedieron los valores establecidos en la norma de referencia canadiense *Air Ambient Quality Criteria* 2012 (AAQC).
- Las concentraciones de plomo en PM₁₀ en 24 horas registradas de enero a diciembre de 2019, en la estación de vigilancia ambiental de la calidad del aire CA-SB-01, no excedieron el valor establecido en la normativa referencial canadiense *Air Ambient Quality Criteria* 2012 (AAQC) de 0,5 µg/m³.
- Las concentraciones mensuales de plomo en PM₁₀ registradas en la estación de vigilancia ambiental de la calidad del aire CA-SB-01 durante enero a diciembre de 2019, no excedieron el valor establecido en los ECA para aire de 1,5 µg/m³, aprobado mediante Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM. Las concentraciones mensuales fueron calculadas con datos de 24 horas disponibles.

10. RECOMENDACIONES

- Informar para conocimiento y fines pertinentes a los siguientes:
 - Dirección de Supervisión Ambiental en Energía y Minas del OEFA.
 - Oficina Desconcentrada de Pasco del OEFA.
 - Municipalidad Distrital de Simón Bolívar.
- Continuar con la vigilancia ambiental de la calidad del aire, en el centro poblado de Paragsha, distrito Simón Bolívar, provincia y departamento de Pasco.

11. ANEXOS

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

Anexo N.º 2: Sistematización de resultados

Anexo N.º 3: Certificados de calibración de equipos

Anexo N.º 4: Cadenas de custodia

Anexo N.º 5: Informes de ensayo 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: 09433776"



09433776