

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASubdirección Técnica
Científica -STECDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

2019-I01-056730

INFORME N° 00358-2019-OEFA/DEAM-STEC

A : **FRANCISCO GARCIA ARAGON**
Director de Evaluación Ambiental

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

JULIO ANDRES GONZALES ROSSEL
Coordinador de evaluaciones ambientales en pesquería,
industria y otros

ASUNTO : Vigilancia ambiental de calidad del aire realizado en el ámbito
de la zona industrial de Ventanilla y distrito de Mi Perú, 2019

CUE : 2019-02-0013

CÓDIGO DE ACCIÓN : 007-1-2019-401, 008-2-2019-401, 001-3-2019-401,
002-4-2019-401, 002-5-2019-401, 004-6-2019-401,
001-7-2019-401, 001-8-2019-401, 003-9-2019-411,
002-10-2019-411,

REFERENCIA : Planefa 2019

FECHA : Lima, 31 de diciembre de 2019

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

1. INFORMACIÓN GENERAL

Los aspectos generales de la vigilancia ambiental realizada en el área de influencia de la zona Industrial de Ventanilla son presentados en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1. Datos generales de la actividad realizada

| | | |
|----|---|--|
| a. | Zona evaluada | Zona Industrial de Ventanilla y distrito de Mi Perú, provincia Constitucional del Callao. |
| b. | Unidades fiscalizables en la zona de estudio o actividades económicas | Consorcio Matrix Technology S.A.C, Metalexacto S.R.L., Sol del Perú Alloys S.A.C., Fábrica Nacional de Acumuladores ETNA S.A., Envases Ventanilla S.A., Sulfato de Cobre del Perú SAC – SULCOPER, IC – Industrial S.R.L., Sulfato de Cobre S.A., Industrias Nacol S.A.C. (Ex Corporación Ferrol S.A.C.), Envasadora San Gabriel SRL, Intradevco Industrial S.A., Sociedad Química Alemana S.A., ConfiPeru S.A., Corporación Jeshua S.A.C |
| c. | Problemática identificada | Presunta contaminación del aire debido a las emisiones de la zona industrial de Ventanilla |
| d. | La actividad se realizó en el marco de | Planefa 2019 / POI 2019 |
| e. | Tipo de evaluación | Vigilancia Ambiental |
| f. | Periodo de ejecución | Del 25 de enero al 17 de octubre de 2019 |

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Profesionales que aportaron a este documento:

Tabla 1.2. Listado de profesionales

| N.º | Nombres y Apellidos | Profesión | Actividad desarrollada |
|-----|-----------------------------------|---|------------------------|
| 1 | Lázaro Walther Fajardo Vargas | Ingeniero Químico | Gabinete |
| 2 | Julio Andrés Gonzales Rossel | Ingeniero Ambiental | Gabinete |
| 3 | Mariella Rossana Atala Alvarez | Ingeniero Ambiental | Gabinete/campo |
| 4 | Cindy Aurora Alfaro Goicochea | Bachiller en Ciencias - Ingeniería Ambiental | Gabinete/campo |
| 5 | Ronald Antonio Rodriguez Roriguez | Bachiller en Ingeniería Ambiental | Gabinete/campo |
| 6 | Roxana Gueivi Peña Neyra | Bachiller en Ingeniería Ambiental | Gabinete |
| 7 | Gady Janine Ascencio Jurado | Ingeniero Químico | Gabinete |

2. DATOS DE LA ACTIVIDAD REALIZADA

Los parámetros evaluados en la vigilancia realizada en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla y distrito Mi Perú se presentan en las Tabla 2.1. y 2.2.

Tabla 2.1. Parámetros evaluados

| Matriz | Fecha (Mes/Periodo) | Parámetros | Cantidad de puntos/estaciones |
|--------|--------------------------------------|--|-------------------------------|
| Suelo | 17al 27 de setiembre de 2019 | pH y análisis granulométrico | 13 |
| | | metales totales | 89 |
| Aire | 25 de enero al 17 de octubre de 2019 | PM ₁₀ y metales en PM ₁₀ . | 218 |
| | | PM _{2,5} | 85 |
| | | iones y cationes | 104 |
| | | Carbono Orgánico y Elemental | 20 ¹ |

Parámetros que excedieron la normativa nacional y referencial en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla y distrito de Mi Perú, durante el 2019.

¹ Los resultados de carbono orgánico y elemental no forman parte del análisis del presente informe debido a que no se obtuvo relación matemática con el material particulado de las muestras. Los informes de ensayo se presentan en el Anexo 6

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Tabla 2.2. Parámetros que excedieron la normativa ambiental de calidad de aire, durante el 2019

| Matriz | Zona | Código OEFA | Parámetros que excedieron la normativa ambiental | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|--------------------------------|-------------|--|------------------|------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|----------|------------------------|------------------------|----------|---|---|
| | | | ECA aire ¹ | | | | | | | | | | AQCC ² | | | | | | | | | | |
| | | | Ene 2019 | Feb 2019 | Mar 2019 | Abr 2019 | May 2019 | Jun 2019 | Jul 2019 | Ago 2019 | Sep 2019 | Oct 2019 | Ene 2019 | Feb 2019 | Mar 2019 | Abr 2019 | May 2019 | Jun 2019 | Jul 2019 | Ago 2019 | Sep 2019 | Oct 2019 | |
| Aire | A.H. Virgen de Guadalupe | CA-VMP-1 | PM ₁₀ | PM ₁₀ | PM ₁₀ | PM ₁₀ | PM _{2,5} | PM ₁₀ | PM ₁₀ | PM ₁₀ | PM ₁₀ | PM _{2,5} | PM _{2,5} | Pb en PM ₁₀ | Pb en PM ₁₀ | Pb en PM ₁₀ | Pb en PM ₁₀ | - | Pb en PM ₁₀ | - | - | Pb en PM ₁₀ | - |
| | I.E.P. Arturo Padilla Espinoza | CA-VMP-2 | PM ₁₀ | PM ₁₀ | PM ₁₀ | PM ₁₀ | PM ₁₀ | PM ₁₀ | PM ₁₀ | PM ₁₀ | PM ₁₀ | PM _{2,5} | PM _{2,5} | - | Pb en PM ₁₀ | - | Pb en PM ₁₀ | - | Pb en PM ₁₀ | Pb en PM ₁₀ | - | Pb en PM ₁₀ y Cd en PM ₁₀ | - |
| | Hospital de Ventanilla | CA-VMP-6 | - | - | - | - | No se realizó monitoreo | No se realizó monitoreo | - | PM ₁₀ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | A.H. Virgen de Guadalupe | CA-VMP-7 | PM ₁₀ | PM ₁₀ | PM ₁₀ | PM ₁₀ | PM ₁₀ | PM ₁₀ | - | PM ₁₀ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

(1) ECA aire: Estándares de Calidad Ambiental para aire aprobado mediante el D. S. N.º 003-2017-MINAM

(2) AAQC: Ontario's Ambient Air Quality Criteria Standards – Standards Development Branch Ontario Ministry of the Environment - abril 2012

A.H.: Asentamiento humano

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Tabla 2.3. Parámetros que exceden normativa ambiental de calidad de suelo, del 17 al 27 de setiembre de 2019

| Matriz | Zona | Código OEFA | Parámetros que excedieron la normativa ambiental | | | |
|--------|---|-------------|--|--------------------------------------|-------------------------|------------|
| | | | ECA suelo ³ | | CEQG-SQG ⁴ | |
| | | | Residencial / Parques | Comercial / Industrial / Extractivos | Residencial / Parques | Industrial |
| Suelo | A.H. Las Casuarinas | CS-CA-1 | - | - | Co, Cu, Mo, Ni y Zn | - |
| | | CS-CA-2 | - | - | Cu | - |
| | | CS-CA-3 | - | - | Cu, Ni y Zn | - |
| | | CS-CA-4 | Pb | - | Cu y Zn | - |
| | A.H. Virgen de Guadalupe | CS-VG-1 | - | - | Cu y Ni | - |
| | | CS-VG-2 | - | - | Cu y Zn | - |
| | | CS-VG-3 | - | - | Cu | - |
| | | CS-VG-4 | - | - | Cu, Mn, Ni, V y Zn | - |
| | | CS-VG-5 | - | - | Cu | - |
| | | CS-VG-9 | - | - | Cu y Ni | - |
| | | CS-VG-11 | - | - | Cu y Zn | - |
| | | CS-VG-13 | - | - | Cu | - |
| | | CS-VG-14 | - | - | Cu | - |
| | | CS-VG-15 | - | - | Cu | - |
| | | CS-VG-17 | - | - | Cu | - |
| | | CS-VG-18 | - | - | Cu | - |
| | CS-VG-20 | - | - | Cu | - | |
| | Terreno adyacente al mercado Virgen de Guadalupe | CS-TAMVG-3 | Pb | - | Cu | - |
| | Mercado Virgen de Guadalupe | CS-MEVG-1 | Pb | - | Cu | - |
| | | CS-MEVG-2 | Cd y Pb | - | Cu | - |
| | | CS-MEVG-3 | Pb | - | Cu | - |
| | Institución Educativa Privada Arturo Padilla Espinoza | CS-AP-1 | - | - | Cu | - |
| | | CS-AP-2 | Cd | - | Cu | - |
| | | CS-AP-3 | Pb | - | Cu y Zn | - |
| | | CS-AP-4 | Cd y Pb | - | Cu y Zn | - |
| | | CS-AP-5 | Cd y Pb | - | Cu y Zn | - |
| | | CS-AP-6 | - | - | Cu | - |
| | Estadio Municipal de Mi Perú | CS-EM-1 | - | - | Cu | - |
| | | CS-EM-2 | - | - | Cu | - |
| | A. H. Mi Perú – Sector K4 | CS-K4-1 | - | - | Cu | - |
| | | CS-K4-2 | - | - | Cu | - |
| | Polvo sedimentable (techos de viviendas) | PS-4 | As, Cd y Pb | - | Cu, Mo, Sn y Zn | - |
| | | PS-5 | As, Cd y Pb | - | Cu, Mo, Ni, Sb, Sn y Zn | - |
| | CA-ZI-1 | - | - | - | Cu | |
| | CA-ZI-2 | - | Cd | - | Cu y Ni | |

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

| Matriz | Zona | Código OEFA | Parámetros que excedieron la normativa ambiental | | | | |
|--------|-------------------------------|---------------------------------------|--|--------------------------------------|-----------------------|------------|------------|
| | | | ECA suelo ³ | | CEQG-SQG ⁴ | | |
| | | | Residencial / Parques | Comercial / Industrial / Extractivos | Residencial / Parques | Industrial | |
| | Zona Industrial de Ventanilla | CA-ZI-3 | - | Pb | - | Cu | |
| | | CA-ZI-4 | - | Cd y Pb | - | Cu | |
| | | CA-ZI-5 | - | Cd | - | Cu | |
| | | CA-ZI-6 | - | - | - | Cu y Zn | |
| | | CA-ZI-7 | - | - | - | Cu y Zn | |
| | | CA-ZI-8 | - | Pb | - | Cu | |
| | | CA-ZI-10 | - | - | - | Cu y Zn | |
| | | CA-ZI-11 | - | Cd y Pb | - | Cu y Zn | |
| | | CA-ZI-12 | - | Pb | - | Cu | |
| | | CA-ZI-13 | - | - | - | Zn | |
| | | CA-ZI-14 | - | - | - | Cu | |
| | | CA-ZI-15 | - | - | - | Cu | |
| | | CA-ZI-16 | - | Pb | - | Cu | |
| | | CA-ZI-17 | - | Pb | - | - | |
| | | CA-ZI-19 | - | - | - | Cu | |
| | | CA-ZI-22 | - | Pb | - | Cu | |
| | | CA-ZI-23 | - | As y Pb | - | Cu y Zn | |
| | | CA-ZI-24 | - | Pb | - | Cu | |
| | | CA-ZI-25 | - | Pb | - | Cu y Zn | |
| | | CA-ZI-26 | - | As y Pb | - | - | |
| | | CA-ZI-27 | - | Pb | - | Sb | |
| | | CA-ZI-29 | - | Pb | - | Cu | |
| | | CA-ZI-30 | - | - | - | Cu y Zn | |
| | | CA-ZI-32 | - | - | - | Cu y Zn | |
| | | CA-ZI-33 | - | - | - | Zn | |
| | | CA-ZI-34 | - | Cd y Pb | - | Cu y Zn | |
| | | CA-ZI-35 | - | Cd | - | Cu y Zn | |
| | | Polvo sedimentable (hojas de árboles) | PS-1 | - | Cd y Pb | - | Cu y Zn |
| | | | PS-2 | - | Pb | - | Cu, V y Zn |
| | | | PS-3 | - | Cd y Pb | - | Cu y Zn |

(3) ECA suelo: Estándares de Calidad Ambiental para suelo, aprobado mediante el D. S. N.º 011-2017-MINAM

(4) CEQG-SQG: Canadian Environmental Quality Guidelines - Soil Quality Guidelines-Commercial / Industrial, for the Protection of Environmental and Human Health - Guía de Calidad Ambiental de Canadá para Suelo.

A.H.: Asentamiento humano

3. ANTECEDENTES

La zona industrial de Ventanilla se ubica en la parte céntrica del distrito Ventanilla y sus alrededores (asentamiento humano Virgen de Guadalupe y A.H Las Casuarinas), es colindante con el distrito Mi Perú. En dicha zona se encuentran diversas actividades industriales como de fundición de metales no ferrosos, reciclaje de baterías, fabricación de sustancias químicas, insumos de limpieza, golosinas, procesamiento de alimentos, entre otros, los cuales podrían estar influenciando en la calidad ambiental de las zonas aledañas.

En el 2011, a través de una denuncia verbal a la Dirección Regional de Salud Ambiental (Diresa), los pobladores del asentamiento humano Virgen de Guadalupe del distrito de Ventanilla (hoy Mi Perú), indicaron la presencia de contaminantes en el aire generados por las actividades de las empresas industriales colindantes. En respuesta a ello se creó un

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Grupo de Trabajo para atender la queja, el cual realizó un monitoreo de calidad de aire en la zona afectada, los resultados obtenidos evidenciaron la presencia de plomo y cadmio. En esa oportunidad se identificó a las empresas generadoras de emisiones de gases que tienen como materia prima el plomo.

En el 2013 la Diresa y la Municipalidad Distrital de Ventanilla efectuaron un monitoreo de la calidad del aire en la zona industrial de Ventanilla, identificando la presencia de plomo y cadmio en el aire.

En el 2015, mediante Decreto Regional N.º 000003-2015-GOBIERNO REGIONAL DEL CALLAO, se aprobó la creación del Grupo Técnico Regional para la prevención de la contaminación por metales pesados en el distrito Ventanilla. Dicho Grupo Técnico está conformado por diferentes entidades del Estado, entre ellos el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA).

El 17 de diciembre de 2015, a través del Servicio de Información Nacional de Denuncias Ambiental (Sinada) del OEFA, se presentó una denuncia (código SC-0514-2015) sobre contaminación ambiental de la calidad del aire generada por las actividades de las empresas dedicadas a la fabricación de sustancias químicas, baterías, entre otros, las cuales estarían generando emisiones de gases con presencia de dióxido de azufre y material particulado con presencia de plomo y cadmio, en los distritos Ventanilla y Mi Perú.

Cabe mencionar que los resultados de los monitoreos de calidad del aire realizados por los miembros del Grupo Técnico Regional evidenciaron que la población ubicada al norte y noroeste del parque industrial del distrito Ventanilla (actualmente Mi Perú), se encontraban expuestos a concentraciones de plomo y cadmio en material particulado menor con diámetro a 10 micras (PM₁₀), con concentraciones que excedieron los estándares internacionales de referencia².

El 7 de abril de 2016, la Municipalidad de Ventanilla realizó una denuncia a través del Sinada (código SC-0231-2016), sobre contaminación ambiental en la zona industrial de Ventanilla³, por fabricación de motores, generadores y transformadores eléctricos; fabricación de productos químicos de uso agropecuario (plaguicidas, abono, etc.); fabricación de hierro y acero (fundición de metales no ferrosos); y fabricación de cemento, cal y yeso.

El 5 de diciembre de 2016, el Grupo Técnico Regional para la prevención de la contaminación por metales pesados en Ventanilla, emitió el Informe N.º 01-2016-CAR-GTRMPV, el cual menciona que dada la situación de exposición de la población en la zona de influencia de presunta contaminación ambiental, la Diresa Callao, implementó el Plan de intervención para la atención de personas expuestas a contaminación con metales pesados en dichos asentamientos humanos, en los distritos Mi Perú y Ventanilla.

En marzo de 2017 se llevó a cabo la evaluación ambiental en la zona industrial de Ventanilla y distrito Mi Perú con Informe N.º 000031-2017-OEFA/DE-SDLB-CEAPIO, evaluándose el

² *Ontrario's Ambient Air Quality Criteria Standards (AAQC) – abril 2012.*

³ Esta considera la zona centro del distrito, rodeada por el asentamiento humano Virgen de Guadalupe al este, del distrito de Mi Perú al norte, la urbanización Satélite al sur, y los asentamientos humanos 7 de Junio, Santísima Cruz de Motupe, Villamoto y las Terrazas al oeste.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

componente ambiental aire, donde los resultados excedieron la norma canadiense referencial para plomo y cadmio en el PM_{10} .

La población y autoridades de los distritos Ventanilla y Mi Perú de la Provincia Constitucional del Callao, exigen la adopción de medidas inmediatas por parte de las autoridades competentes frente a la presencia de metales pesados (plomo y cadmio) en el componente suelo y aire, y plomo en la sangre de los niños y niñas de los asentamientos humanos aledaños al Parque Industrial de Ventanilla.

En mérito de esta problemática, en julio de 2017, la Secretaría de Gestión Social y Diálogo de la Presidencia del Consejo de Ministros instaló un Grupo de Trabajo Multisectorial, del cual formó parte el OEFA, a fin de impulsar acciones. El OEFA se comprometió a realizar acciones de supervisión de los compromisos ambientales y seguimiento de las medidas administrativas dictadas en el ámbito del Parque Industrial de Ventanilla.

El Ministerio del Ambiente mediante Resolución Ministerial N.º 307-2017-MINAM⁴ del 19 de octubre de 2017 aprobó la Declaratoria de Emergencia Ambiental en el área geográfica ubicada en la Provincia Constitucional del Callao –que coincide con los asentamientos humanos aledaños al Parque Industrial de Ventanilla– y su Plan de Acción Inmediato y de Corto Plazo, que recoge parte de los compromisos suscritos en el marco del Grupo de Trabajo Multisectorial.

En atención a la función evaluadora y a lo establecido en el Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental (Planefa) 2018, dentro del plazo establecido en el Plan Operativo Institucional 2018, la Dirección de Evaluación Ambiental (DEAM) inició en marzo de dicho año la vigilancia ambiental en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla y distrito Mi Perú, Provincia Constitucional del Callao (Informe N.º135-2018-OEFA/DEAM-STEC), la misma que se realizó de manera mensual durante todo el 2018.

En marzo de 2018 inició la vigilancia ambiental de la calidad del aire en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla - Mi Perú⁵, en el cual se determinaron las concentraciones de material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM_{10}) y metales en PM_{10} , concluyendo que no hubo excedencias del valor del ECA para aire de PM_{10} en los puntos de muestreo ubicados en el Asentamiento Humano (en adelante A.H.) Virgen de Guadalupe, en la Institución Educativa Particular (en adelante IEP) Arturo Padilla Espinoza y Hospital de Ventanilla. Asimismo, el promedio mensual de plomo en PM_{10} no excedió el ECA para aire; sin embargo, las concentraciones de 24 horas de plomo en PM_{10} y de cadmio en PM_{10} excedieron el valor establecido por la normativa referencial canadiense⁶ en la estación ubicada en el A.H. Virgen de Guadalupe y en la IEP Arturo Padilla Espinoza, respectivamente.

En abril de 2018 se realizó la vigilancia ambiental de la calidad del aire en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla - Mi Perú⁷, en el cual se determinaron las concentraciones de

⁴ El periodo de vigencia de la declaratoria de emergencia ambiental - DEA Callao culminó el 1 de marzo de 2018.

⁵ Informe N.º 135-2018-OEFA/DEAM-STEC. Vigilancia ambiental de la calidad de aire realizada en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla–Mi Perú, en los distritos Ventanilla y Mi Perú, provincia Constitucional del Callao en marzo de 2018.

⁶ *Ontario's Ambient Air Quality Criteria Standards (AAQC)–abril 2012*

⁷ Informe N.º 182-2018-OEFA/DEAM-STEC. Vigilancia ambiental de la calidad de aire realizada en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla–Mi Perú, en los distritos Ventanilla y Mi Perú, provincia Constitucional del Callao en abril de 2018.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM_{10}) y metales en PM_{10} , concluyendo que hubo excedencias del valor del ECA para aire de PM_{10} en los puntos de muestreos ubicados en el A.H. Virgen de Guadalupe y en la IEP Arturo Padilla Espinoza. Asimismo, el promedio mensual de plomo en PM_{10} no excedió el ECA para aire; sin embargo, las concentraciones de 24 horas de plomo en PM_{10} y de cadmio en PM_{10} excedieron el valor establecido por la normativa referencial canadiense en la estación ubicada en el A.H. Virgen de Guadalupe y en la IEP Arturo Padilla Espinoza, respectivamente.

En mayo de 2018 se continuó con la vigilancia ambiental de la calidad del aire en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla - Mi Perú⁸, en el cual se determinaron las concentraciones de material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM_{10}) y metales en PM_{10} , concluyendo que no hubo excedencias del valor del ECA para aire de PM_{10} en los puntos de muestreo ubicados en el A.H. Virgen de Guadalupe, IEP Arturo Padilla Espinoza y hospital de Ventanilla. Asimismo, el promedio mensual de plomo en PM_{10} no excedió el ECA para aire; sin embargo, las concentraciones de 24 horas de plomo en PM_{10} y de cadmio en PM_{10} excedieron el valor establecido por la normativa referencial canadiense en la estación ubicada en el A.H. Virgen de Guadalupe y en la IEP Arturo Padilla Espinoza, respectivamente.

En junio de 2018 se realizó la vigilancia ambiental de la calidad del aire en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla - Mi Perú⁹, en el cual se determinaron las concentraciones de material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM_{10}) y metales en PM_{10} , concluyendo que no hubo excedencias del valor del ECA para aire de PM_{10} en los puntos de muestreos ubicados en el A.H. Virgen de Guadalupe, I.E.P. Arturo Padilla Espinoza y hospital de Ventanilla. Asimismo, el promedio mensual de plomo en PM_{10} no excedió el ECA para aire; sin embargo, las concentraciones de 24 horas de plomo en PM_{10} y cadmio en PM_{10} excedieron el valor establecido por la normativa referencial canadiense en la estación ubicada en la IEP Arturo Padilla Espinoza, respectivamente.

En julio de 2018 se realizó la vigilancia ambiental de la calidad del aire en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla – Mi Perú¹⁰, en el cual se determinaron las concentraciones de material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM_{10}) y metales en PM_{10} , concluyendo que se excedió el valor del ECA para aire de PM_{10} en los puntos de muestreos ubicados en el A.H. Virgen de Guadalupe. Asimismo, las concentraciones plomo en material particulado no excedieron el valor del ECA mensual para plomo ni el valor criterio de la normativa canadiense empleada de forma referencial para concentraciones de plomo de 24 horas. Sin embargo, en el punto de muestreo ubicado en la I.E.P. Arturo Padilla Espinoza se excedió el valor referencia de la normativa referencial canadiense.

⁸ Informe N.° 205 -2018-OEFA/DEAM-STEC. Vigilancia ambiental de la calidad de aire realizada en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla–Mi Perú, en los distritos Ventanilla y Mi Perú, provincia Constitucional del Callao en mayo de 2018.

⁹ Informe N.° 240 -2018-OEFA/DEAM-STEC. Vigilancia ambiental de la calidad de aire realizada en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla–Mi Perú, en los distritos Ventanilla y Mi Perú, provincia Constitucional del Callao en junio de 2018.

¹⁰ Informe N.° 269 -2018-OEFA/DEAM-STEC. Vigilancia ambiental de la calidad de aire realizada en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla–Mi Perú, en los distritos Ventanilla y Mi Perú, provincia Constitucional del Callao en junio de 2018.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

En agosto de 2018 se realizó la vigilancia ambiental de la calidad del aire en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla – Mi Perú¹¹, en el cual se determinaron las concentraciones de material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM₁₀) y metales en PM₁₀, concluyendo que no se excedió el valor del ECA para aire de PM₁₀ en el punto de muestreo ubicado en el A.H. Virgen de Guadalupe. Asimismo, las concentraciones plomo en material particulado no excedieron el valor del ECA mensual para plomo, pero sí el valor criterio de la normativa canadiense empleada de forma referencial para concentraciones de plomo y cadmio de 24 horas en dos días en la IEP Arturo Padilla Espinoza.

En setiembre de 2018 se realizó la vigilancia ambiental de la calidad del aire en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla – Mi Perú¹², en el cual se determinaron las concentraciones de material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM₁₀) y metales en PM₁₀, concluyendo que se excedió la normativa referencial canadiense para plomo y cadmio en los puntos de muestreos A.H. Virgen de Guadalupe (CA-VMP-1) y I.E.P. Arturo Padilla Espinoza (CA-VMP-2) respectivamente; sin embargo, las concentraciones mensuales de plomo en PM₁₀ no excedieron el valor de los ECA para aire de Pb en PM₁₀.

En octubre de 2018 se realizó la vigilancia ambiental de la calidad del aire en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla – Mi Perú¹³, el cual comprendió el análisis del periodo de marzo a octubre. En este último mes se determinaron las concentraciones de material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM₁₀) y metales en PM₁₀, concluyendo que no excedió la normativa referencial canadiense para plomo y cadmio, así como los ECA para aire en PM₁₀ y las concentraciones mensuales de Pb en PM₁₀ no excedieron el valor del ECA de 24 horas y el mensual respectivamente.

En noviembre de 2018 se realizó la vigilancia ambiental de la calidad del aire en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla – Mi Perú¹⁴, en el cual se determinaron las concentraciones de material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM₁₀) y metales en PM₁₀, concluyendo que se excedió el valor del ECA para aire de PM₁₀ en tres puntos de muestreos ubicados en la I.E.P. Arturo Padilla Espinoza, en el A.H. Virgen de Guadalupe y Hospital de Ventanilla, así como se excedió la normativa referencial canadiense para plomo y cadmio en el punto de muestreo I.E.P. Arturo Padilla Espinoza y para plomo en el punto de muestreo A.H. Virgen de Guadalupe (CA-VMP-1); sin embargo, las concentraciones mensuales de plomo en PM₁₀ no excedieron el valor de los ECA para aire de Pb en PM₁₀.

En diciembre de 2018 se realizó la vigilancia ambiental de la calidad del aire en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla – Mi Perú¹⁵, en el cual se determinaron las concentraciones de material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM₁₀) y metales en PM₁₀, concluyendo que se excedió el valor del ECA para aire de PM₁₀ en las cuatro estaciones

¹¹ Informe N.º 298 -2018-OEFA/DEAM-STEC. Vigilancia ambiental de la calidad de aire realizada en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla–Mi Perú, en los distritos Ventanilla y Mi Perú, provincia Constitucional del Callao en agosto de 2018.

¹² Informe N.º 317 -2018-OEFA/DEAM-STEC. Vigilancia ambiental de la calidad de aire realizada en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla–Mi Perú, en los distritos Ventanilla y Mi Perú, provincia Constitucional del Callao en setiembre de 2018.

¹³ Informe N.º 358 -2018-OEFA/DEAM-STEC. Vigilancia ambiental de la calidad de aire realizada en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla–Mi Perú, en los distritos Ventanilla y Mi Perú, provincia Constitucional del Callao de marzo a octubre de 2018.

¹⁴ Informe N.º 373 -2018-OEFA/DEAM-STEC. Vigilancia ambiental de la calidad de aire realizada en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla–Mi Perú, en los distritos Ventanilla y Mi Perú, provincia Constitucional del Callao en noviembre de 2018.

¹⁵ Informe N.º 009 -2019-OEFA/DEAM-STEC. Vigilancia ambiental de la calidad de aire realizada en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla–Mi Perú, en los distritos Ventanilla y Mi Perú, provincia Constitucional del Callao en setiembre de 2018.

ubicadas en el I.E.P. Arturo Padilla Espinoza, en las dos estaciones del A.H. Virgen de Guadalupe (CA-VMP-1 y CA-VMP-7) y Hospital de Ventanilla, así como se excedió la normativa referencial canadiense para plomo y cadmio en la estación I.E.P. Arturo Padilla Espinoza (CA-VMP-2) y para plomo en la estación A.H. Virgen de Guadalupe (CA-VMP-1); sin embargo, las concentraciones mensuales de plomo en PM_{10} no excedieron el valor de los ECA para aire de Pb en PM_{10} .

Para el 2019, en atención al Planefa y al Plan Operativo Institucional, la DEAM continuó con la vigilancia ambiental de calidad de aire en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla y distrito Mi Perú, iniciándola en el mes de enero de dicho año, la misma que se realizó de manera mensual durante todo el 2019. El presente informe cuenta con información hasta octubre de 2019.

En enero de 2019 se realizó la vigilancia ambiental de la calidad del aire en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla y distrito Mi Perú¹⁶, en el cual se determinaron las concentraciones de material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM_{10}), metales en PM_{10} y material particulado con diámetro menor a 2,5 micras ($PM_{2,5}$), concluyendo que se excedió la normativa referencial canadiense para plomo en la estación CA-VMP-1 y excedió el valor del ECA para suelo en PM_{10} en las estaciones CA-VMP-1, CA-VMP-2 y CA-VMP-7; sin embargo, las concentraciones mensuales de plomo en PM_{10} no excedieron el valor de los ECA para aire de Pb en PM_{10} .

En febrero de 2019 se realizó la vigilancia ambiental de la calidad del aire en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla y distrito Mi Perú¹⁷, en el cual se determinaron las concentraciones de material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM_{10}), metales en PM_{10} y material particulado con diámetro menor a 2,5 micras ($PM_{2,5}$), concluyendo que se excedió la normativa referencial canadiense para plomo en la estación CA-VMP-1 y excedió el valor del ECA para suelo en PM_{10} en las estaciones ubicadas del A.H. Virgen de Guadalupe (CA-VMP-1 y CA-VMP-7) y estación I.E.P. Arturo Padilla Espinoza (CA-VMP-2); sin embargo, las concentraciones mensuales de plomo en PM_{10} no excedieron el valor de los ECA para aire de Pb en PM_{10} .

En marzo de 2019 se realizó la vigilancia ambiental de la calidad del aire en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla y distrito Mi Perú¹⁸, en el cual se determinaron las concentraciones de material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM_{10}), metales en PM_{10} y material particulado con diámetro menor a 2,5 micras ($PM_{2,5}$), concluyendo que se excedió la normativa referencial canadiense para plomo en la estación CA-VMP-1, así como excedió el valor del ECA para aire en PM_{10} en las tres estaciones a sotavento (CA-VMP-1, CA-VMP-2 y CA-VMP-7); sin embargo, las concentraciones mensuales de plomo en PM_{10} no excedieron el valor de los ECA para aire de Pb en PM_{10} .

¹⁶ Informe N.º 0027 -2019-OEFA/DEAM-STEC. Vigilancia ambiental de la calidad de aire realizada en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla y distrito Mi Perú, en los distritos Ventanilla y Mi Perú, provincia Constitucional del Callao en enero de 2019.

¹⁷ Informe N.º 0042 -2019-OEFA/DEAM-STEC. Vigilancia ambiental de la calidad de aire realizada en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla y distrito Mi Perú, en los distritos Ventanilla y Mi Perú, provincia Constitucional del Callao en febrero de 2019.

¹⁸ Informe N.º 0078 -2019-OEFA/DEAM-STEC. Vigilancia ambiental de la calidad de aire realizada en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla y distrito Mi Perú, en los distritos Ventanilla y Mi Perú, provincia Constitucional del Callao en marzo de 2019.

En abril de 2019 se realizó la vigilancia ambiental de la calidad del aire en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla y distrito Mi Perú¹⁹, en el cual se determinaron las concentraciones de material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM₁₀), metales en PM₁₀ y material particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM_{2,5}), concluyendo que excedieron el valor del ECA para aire en PM₁₀ en tres estaciones ubicadas, I.E.P. Arturo Padilla Espinoza (CA-VMP-2) y ambas estaciones del A.H. Virgen de Guadalupe (CA-VMP-1 y CA-VMP-7); sin embargo, las concentraciones mensuales de plomo en PM₁₀ no excedieron el valor de los ECA para aire de Pb en PM₁₀.

En mayo de 2019 se realizó la vigilancia ambiental de la calidad del aire en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla y distrito Mi Perú²⁰, en el cual se determinaron las concentraciones de material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM₁₀), metales en PM₁₀ y material particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM_{2,5}), concluyendo que se excedió el valor del ECA para aire en PM₁₀ en dos estaciones ubicadas en la I.E.P. Arturo Padilla Espinoza (CA-VMP-2) y en la estación del A.H. Virgen de Guadalupe (CA-VMP-7), además se superó el valor del ECA para aire en PM_{2,5} en la estación del A.H. Virgen de Guadalupe (CA-VMP-1); sin embargo, las concentraciones mensuales de plomo en PM₁₀ no excedieron el valor de los ECA para aire de Pb en PM₁₀.

En junio de 2019 se realizó la vigilancia ambiental de la calidad del aire en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla y distrito Mi Perú²¹, en el cual se determinaron las concentraciones de material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM₁₀), metales en PM₁₀ y material particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM_{2,5}), concluyendo que se excedió el valor del ECA para aire en PM₁₀ en las tres estaciones a sotavento (CA-VMP-1, CA-VMP-2 y CA-VMP-7), además se excedió la normativa referencial canadiense para plomo en la estación CA-VMP-2 (I.E.P. Arturo Padilla Espinoza); sin embargo, las concentraciones mensuales de plomo en PM₁₀ no excedieron el valor de los ECA para aire de Pb en PM₁₀.

En julio de 2019 se realizó la vigilancia ambiental de la calidad del aire en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla y distrito Mi Perú²², en el cual se determinaron las concentraciones de material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM₁₀), metales en PM₁₀ y material particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM_{2,5}), concluyendo que se excedió la normativa referencial canadiense para plomo en la estación I.E.P. Arturo Padilla Espinoza (CA-VMP-2), así como también se excedieron el valor del ECA para aire en PM₁₀ y PM_{2,5} en las estaciones ubicadas en el A.H. Virgen de Guadalupe (CA-VMP-1) y en la I.E.P. Arturo Padilla Espinoza (CA-VMP-2); sin embargo, las concentraciones mensuales de plomo en PM₁₀ no excedieron el valor de los ECA para aire de Pb en PM₁₀.

¹⁹ Informe N.º 00103-2019-OEFA/DEAM-STEC. Vigilancia ambiental de la calidad de aire realizada en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla y distrito Mi Perú, en los distritos Ventanilla y Mi Perú, provincia Constitucional del Callao en abril de 2019.

²⁰ Informe N.º 00140-2019-OEFA/DEAM-STEC. Vigilancia ambiental de la calidad de aire realizada en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla y distrito Mi Perú, en los distritos Ventanilla y Mi Perú, provincia Constitucional del Callao en mayo de 2019.

²¹ Informe N.º 00163-2019-OEFA/DEAM-STEC. Vigilancia ambiental de la calidad de aire realizada en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla y distrito Mi Perú, en los distritos Ventanilla y Mi Perú, provincia Constitucional del Callao en junio de 2019.

²² Informe N.º 000188-2019-OEFA/DEAM-STEC. Vigilancia ambiental de la calidad de aire realizada en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla y distrito Mi Perú, en los distritos Ventanilla y Mi Perú, provincia Constitucional del Callao en julio de 2019.

En agosto de 2019 se realizó la vigilancia ambiental de la calidad del aire en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla y distrito Mi Perú²³, en el cual se determinaron las concentraciones de material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM₁₀), metales en PM₁₀ y material particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM_{2,5}), concluyendo que se excedieron el valor del ECA para aire en PM₁₀ y PM_{2,5} en las estaciones CA-VMP-1 y CA-VMP-2 ubicadas en el A.H. Virgen de Guadalupe y en la I.E.P. Arturo Padilla Espinoza respectivamente, además se excedió el valor del ECA para aire en PM₁₀ en las estaciones ubicadas en el Hospital de Ventanilla (CA-VMP-6) y en el A.H. Virgen de Guadalupe (CA-VMP-7); sin embargo, las concentraciones mensuales de plomo en PM₁₀ no excedieron el valor de los ECA para aire de Pb en PM₁₀.

En setiembre de 2019 se realizó la vigilancia ambiental de la calidad del aire en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla y distrito Mi Perú²⁴, en el cual se determinaron las concentraciones de material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM₁₀), metales en PM₁₀ y material particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM_{2,5}), concluyendo que se excedieron el valor del ECA para aire en PM_{2,5} y la normativa referencial canadiense para plomo en las estaciones CA-VMP-1 y CA-VMP-2 ubicadas en el A.H. Virgen de Guadalupe y en la I.E.P. Arturo Padilla Espinoza respectivamente, así como excedió la normativa referencial canadiense para cadmio en las estación CA-VMP-2 (I.E.P. Arturo Padilla Espinoza); sin embargo, las concentraciones mensuales de plomo en PM₁₀ no excedieron el valor de los ECA para aire de Pb en PM₁₀.

En octubre de 2019 se realizó la vigilancia ambiental de la calidad del aire en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla y distrito Mi Perú²⁵, en el cual se determinaron las concentraciones de material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM₁₀), metales en PM₁₀ y material particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM_{2,5}) concluyendo que no excedieron el valor de los ECA para aire en PM₁₀ así como la normativa referencial canadiense para plomo y cadmio en ninguna de las cuatro estaciones de vigilancia (CA-VMP-1, CA-VMP-2, CA-VMP-6 y CA-VMP-7), por el contrario en las estaciones CA-VMP-1 y CA-VMP-2 excedieron el valor de los ECA para aire en PM_{2,5}, las concentraciones mensuales de plomo en PM₁₀ no excedieron el valor de los ECA para aire de Pb en PM₁₀.

En el presente informe se adjuntará el Informe especializado N.º 0331-2019-OEFA-DEAM-STEC, correspondiente a la «Identificación de fuentes de afectación de la calidad del aire en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla y distrito Mi Perú, mediante el uso del modelo receptor» (Estudio especializado, en adelante), el cual se obtuvo de la información analítica de iones y metales en material particulado en PM₁₀ obtenidos de la vigilancia de calidad de aire de este año. Cabe precisar que para el estudio especializado se utilizó la información del periodo de vigilancia de enero a setiembre de 2019.

²³ Informe N.º 000231-2019-OEFA/DEAM-STEC. Vigilancia ambiental de la calidad de aire realizada en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla y distrito Mi Perú, en los distritos Ventanilla y Mi Perú, provincia Constitucional del Callao en agosto de 2019.

²⁴ Informe N.º 000261-2019-OEFA/DEAM-STEC. Vigilancia ambiental de la calidad de aire realizada en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla y distrito Mi Perú, en los distritos Ventanilla y Mi Perú, provincia Constitucional del Callao en setiembre de 2019.

²⁵ Informe N.º 000304-2019-OEFA/DEAM-STEC. Vigilancia ambiental de la calidad de aire realizada en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla y distrito Mi Perú, en los distritos Ventanilla y Mi Perú, provincia Constitucional del Callao en setiembre de 2019.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

4. OBJETIVO

Identificar las fuentes que generan alteración en la calidad del aire y suelo por plomo y cadmio a través de la información recolectada durante la vigilancia ambiental de calidad de aire durante el 2019.

5. ÁREA DE ESTUDIO

El distrito Ventanilla está situado al norte de la provincia Constitucional del Callao, ocupando aproximadamente el 51,2 % del territorio de la Región Callao, con una extensión de 73,52 km².

El distrito Mi Perú se encuentra ubicado en el contexto interdistrital conformado por los distritos Lima Norte y la provincia Constitucional del Callao. De modo que, su posición geográfica en el territorio le permite compartir un escenario físico ambiental con el distrito Puente Piedra (al norte y al este) y el distrito Ventanilla (al sur y al oeste) quienes constituyen sus territorios fronterizos colindantes.

En ese contexto, el Parque Industrial del distrito Ventanilla colinda con el distrito Mi Perú, tal como se observa en el mapa de ubicación de la zona industrial de Ventanilla - Mi Perú (ver Figura 5.1).

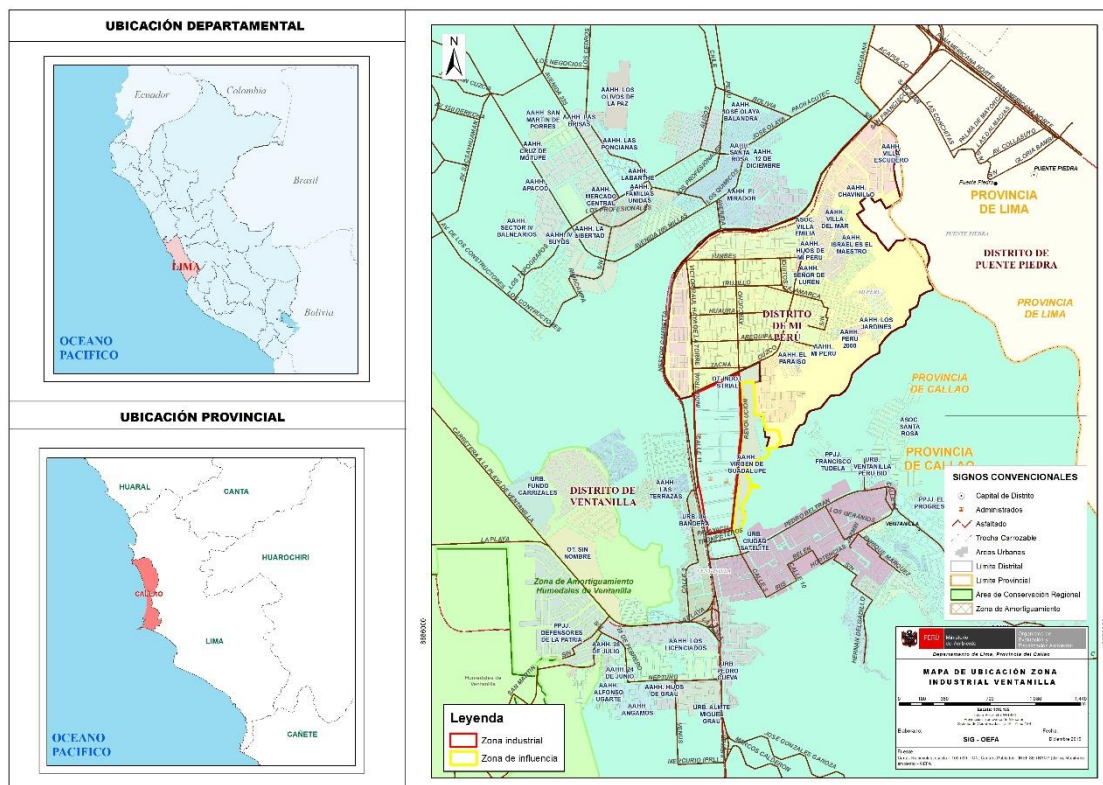


Figura 5.1. Mapa de ubicación de la zona Industrial de Ventanilla

6. METODOLOGÍA

En esta sección, se describe la metodología utilizada en la vigilancia ambiental de calidad de aire y el monitoreo de suelo, ubicación de las estaciones y puntos de monitoreo, equipos

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

y técnicas de evaluación utilizados y los estándares empleados para la comparación de los resultados obtenidos.

6.1. Vigilancia de Calidad de aire

6.1.1. Protocolo de monitoreo

Para la vigilancia de la calidad del aire es importante el uso de guías y protocolos de monitoreo, elaborados por instituciones nacionales y de referencia internacional o extranjera para que los resultados obtenidos sean reproducibles. En tal sentido se detalla en la Tabla 6.1 el documento de referencia.

Tabla 6.1. Protocolo de monitoreo utilizado para la vigilancia 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 ²⁶ (DIGESA) | Resolución Directoral N.º 1404-2005-DIGESA/SA. | 2005 |

6.1.2. Ubicación de las estaciones de vigilancia ambiental

En la Tabla 6.2, se presenta las ubicaciones de las cuatro estaciones de vigilancia ambiental de la calidad del aire en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla y distrito Mi Perú. Es importante mencionar que tres estaciones se encuentran a sotavento (CA-VMP-1, CA-VMP-2 y CA-VMP-7) y una estación se encuentra en situación de barlovento (CA-VMP-6) de la zona industrial.

Tabla 6.2. Ubicación de las estaciones de la red de vigilancia ambiental

| N.º | Estación de Vigilancia | Coordenadas UTM WGS-84 Zona 18L | | Altitud (m s. n. m.) | Descripción |
|-----|------------------------|---------------------------------|-----------|----------------------|--|
| | | Este (m) | Norte (m) | | |
| 1 | CA-VMP-1 | 268824 | 8687841 | 106 | Ubicado en la azotea de la vivienda del asentamiento humano – A.H. Virgen de Guadalupe-2 ^{da} etapa, Mz. O Lote 11, distrito Mi Perú. |
| 2 | CA-VMP-2 | 268570 | 8688061 | 80 | Ubicado en la Institución Educativa Privada - IEP Arturo Padilla Espinoza, Av. Revolución N° 2494, distrito Ventanilla. |
| 3 | CA-VMP-6 | 268441 | 8686660 | 50 | Ubicado en la azotea del Hospital de Ventanilla. Av. Pedro Beltrán S/N Urb. Satélite, distrito Ventanilla. |
| 4 | CA-VMP-7 | 268736 | 8687699 | 86 | Ubicado en la azotea de la vivienda del asentamiento humano – A.H. Virgen de Guadalupe – 2 ^{da} etapa, Mz. Y Lote 28, aproximadamente a 80 m del asentamiento humano – A.H. Las Casuarinas, distrito Mi Perú. |

6.1.3. Parámetros evaluados y equipo utilizados

En la Tabla 6.3, se muestran los métodos de referencia utilizados en el análisis de los parámetros material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM₁₀), metales en PM₁₀, material particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM_{2,5}), lones en PM₁₀, y carbono orgánico y elemental en PM₁₀.

²⁶

Actualmente Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Tabla 6.3. Parámetros evaluados y métodos para el análisis de aire

| Parámetro | Método de Referencia | Técnica Empleada |
|--|---|--|
| Material particulado con diámetro menor 10 micras (PM ₁₀) | Método manual de la EPA/625/R-96-010 ^a -Compendium Method IO-3.1; Ítem 4 y 5 (excepto 5.1.1; 5.2.3.7 y 5.3), June 1999-(Validad)-No incluye muestreo | <i>Reference Selection, Preparation and Extraction of Filter Material – PM₁₀ Alto volumen</i> |
| | Método manual IC-MA-95 Rev.02 (Validado) 2017 | Determinación de Peso: Filtro PM ₁₀ Alto Volumen |
| Metales en PM ₁₀ | <i>EPA IO-3.5, June 1999</i> | <i>Determination of Metals in Ambient Particulate Matter Using Inductively Coupled Plasma / Mass Spectrometry (ICP/MS)</i> |
| | <i>EPA IO-3.4, 1999. Determination of Metals in Ambient Particulate Matter Using Inductively Coupled Plasma (ICP) Spectroscopy</i> | Metales por ICP OES: Filtro PM ₁₀ Alto Volumen |
| Material particulado con diámetro menor 2,5 micras (PM _{2,5}) | EPA CFR 40 Part 50 Appendix L (Validado Modificado) 2018. Reference Method for the Determination of Fine Particulate Matter as PM _{2,5} in the Atmosphere (Excepto Muestreo) | Determinación de Peso: Filtro PM _{2,5} Bajo Volumen |
| Iones en PM ₁₀ | <i>EPA Compendium Method IO-3.1 June 1999 / NIOSH 7908, Issue May 2014 / EPA Method 300.0 Rev.2.1, 1993 Validado (aplicado fuera del alcance)</i> | Selection, preparation and extraction of filter material / Non-volatile acids (Sulfuric Acid and Phosphoric Acid)/ Determination of inorganic anions by ion chromatography |
| Carbono Orgánico y Elemental | - | Determinación de Carbono Orgánico y Elemental por Oxidación de compuestos de carbono en muestra por Coulombimetría. |
| - Velocidad de viento - Dirección de viento - Temperatura ambiente - Humedad relativa - Precipitación - Presión barométrica | Método automático | - |

En la Tabla 6.4, se indican los equipos utilizados durante la vigilancia ambiental de la calidad del aire realizado en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla y distrito Mi Perú, donde se detalla la marca y modelo de cada equipo.

Tabla 6.4. Equipos utilizados en la vigilancia ambiental de la calidad del aire

| Parámetro | Equipo | Marca | Modelo |
|--|--|-------------------|---------------|
| Material particulado menor a 10 micras (PM ₁₀) | Motor Venturi (Equipo muestreador de alto volumen de material particulado) | Thermo Scientific | G10557 |
| Material particulado menor a 2,5 micras (PM _{2,5}) | Muestreador de aire de bajo volumen de flujo | BGI | PQ 200 |
| Variables meteorológicas | Estación Meteorológica | Davis | Vantage Pro 2 |

6.1.4. Criterios de evaluación

Los resultados obtenidos de la vigilancia ambiental de la calidad del aire serán comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aire aprobados mediante Decreto

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Supremo N.º 003-2017-MINAM. En la Tabla 6.5 se precisan los parámetros, los periodos de evaluación y sus respectivas concentraciones expresadas en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabla 6.5. Estándares de calidad ambiental para aire

| Parámetro | Periodo | Formato del estándar | | Método de análisis | Norma |
|--|----------|------------------------------------|---|--|---|
| | | Valor ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Criterios de evaluación | | |
| Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM_{10}) | 24 horas | 100 | No exceder más de 7 veces al año | Separación inercial / filtración (Gravimetría) | D.S. N.º 003-2017-MINAM «Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias» |
| | Anual | 50 | Media aritmética anual | | |
| Plomo (Pb) en PM_{10} | Mensual | 1,5 | No exceder más de 4 veces al año | Método para PM_{10} (Espectrofotometría de absorción atómica) | |
| | Anual | 0,5 | Media aritmética de los valores mensuales | | |
| Material particulado con diámetro menor a 2,5 micras ($\text{PM}_{2,5}$) | 24 horas | 50 | No exceder más de 7 veces al año | Separación inercial / filtración (Gravimetría) | |
| | Anual | 25 | Media aritmética anual | | |

Los ECA para aire no consideran concentraciones de metales en PM_{10} para un periodo de 24 horas, se ha tomado la guía de calidad de aire de Canadá (*Ontario's Ambient Air Quality Criteria - 2012*) como estándares de referencia para los parámetros evaluados (Tabla 6.6). Asimismo, en las notas de dicha norma se indica que las concentraciones se encuentran a condiciones de 10°C y 760 mmHg .

Tabla 6.6. Estándares de calidad de aire de Canadá para los contaminantes

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

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

Fuente: *Ontario's Ambient Air Quality Criteria Standards* (AAQC) – abril 2012: www.airqualityontario.com/downloads/AmbientAirQualityCriteria.pdf

6.1.5. Análisis de datos

Cálculo de las concentraciones de PM₁₀ y metales

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

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

Donde:

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 muestreo (K).

T_{std} = Temperatura estándar (i.e. 298 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 obtiene de la ecuación 6-2.

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

Donde:

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 obtenida de la metodología para la determinación de material particulado indicada en la tabla anterior.

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

Dónde:

$C_{PM_{10}}$ = Concentración de PM₁₀ (µg/m³).

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

V_{std} = Volumen de aire muestreado a condiciones estándar (m³)²⁷.

De manera análoga se determinó las concentraciones de metales totales en el aire en los puntos de monitoreo, de acuerdo con la ecuación 6-4.

²⁷ 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 Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

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

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)

6.2. Evaluación de la Calidad de suelo

La evaluación de la calidad de suelo en el área de potencial interés de la zona industrial de Ventanilla y distrito Mi Perú consistió en una investigación histórica de la zona de estudio y un levantamiento técnico de información del sitio mediante un reconocimiento de la zona, seguido de la elaboración de un modelo conceptual inicial para llevar a cabo el plan de muestreo de identificación en las áreas de potencial interés. La Figura 6-1 describe la fase de identificación, señalada en la Guía para la elaboración de los Planes de Descontaminación de Suelos (PDS).

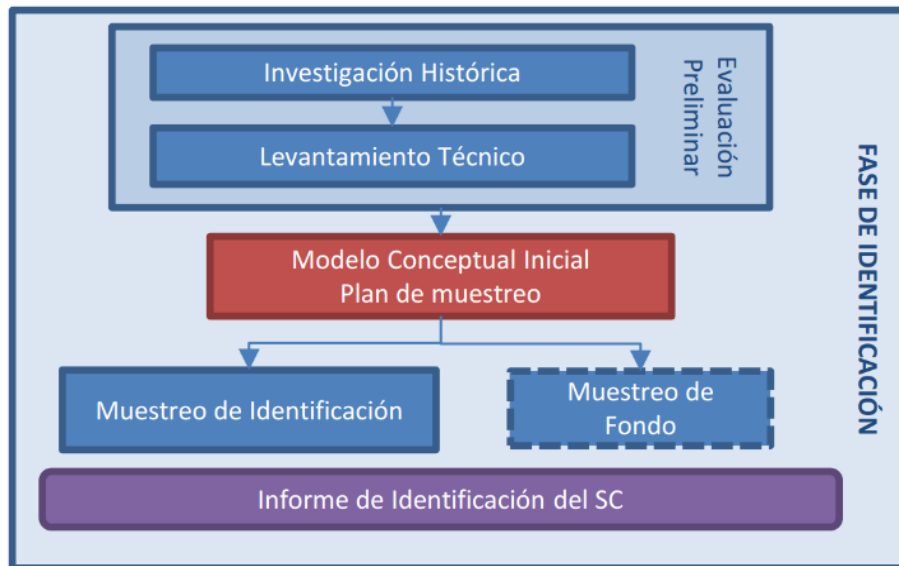


Figura 6.1. Flujograma de la fase de identificación para elaboración de PDS.
Fuente: Guía para la elaboración de Planes de Descontaminación de Suelos del MINAM (R.M. N° 085-2014-MINAM).

La metodología empleada para evaluar la calidad de suelos en la zona industrial Ventanilla y distrito Mi Perú consistió en identificar si la concentración de metales en los suelos²⁸ es mayor que lo establecido en los niveles de fondo²⁹ y ECA para suelos.

²⁸

²⁹

Concentraciones que resultaron del muestreo de identificación en las áreas de potencial interés. Los niveles de fondo han sido tomados del Informe N.º 000029-2017-OEFA/DE-SDLB-CEAPIO Informe del cálculo de niveles de fondo y niveles de referencia de metales en suelos para la Evaluación Ambiental en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla - Mi Perú, de la Provincia Constitucional del Callao, durante el año 2017

6.2.1. Protocolo de monitoreo

a. Muestreo de identificación en áreas de potencial interés

El muestreo de identificación en áreas de potencial interés se realizó tomando en consideración las recomendaciones establecidas en las guías y manuales de muestreo que se detallan en la Tabla 6.7

Tabla 6.7. Guías y manuales utilizados para el muestreo de identificación

| Componente ambiental | Guía o manual | País | Institución | Dispositivo legal | Año |
|----------------------|--|------|---------------------------------|--------------------------------------|------|
| Suelo | Guía para Muestreo de Suelos (Sección 1.3. Tipos de muestreo, sección 5. Determinación de puntos de muestreo y anexo N° 2 del documento) | Perú | Ministerio del Ambiente – Minam | R.M. N° 085-2014-MINAM | 2014 |
| | Guía para la Elaboración de Planes de Descontaminación de Suelos (Sección 1. Fase de identificación) | Perú | Ministerio del Ambiente – Minam | R.M. N° 085-2014-MINAM | 2014 |
| | Manual de Lineamientos y Procedimientos para la elaboración y evaluación de Informes de Identificación de Sitios Contaminados (Parte A del manual) | Perú | Ministerio del Ambiente – Minam | Portal del MINAM www.minam.gov.pe | 2015 |

6.2.2. Determinación de puntos de muestreo de calidad de suelo

En esta sección se presentan los puntos de muestreo de identificación de las diez (10) áreas de potencial interés ubicadas en los distritos de Ventanilla y Mi Perú.

De esta manera, se estableció un total de ochenta y cuatro (84) puntos de muestreo de identificación en las áreas de potencial interés y cinco (5) muestras de polvo sedimentable, tal como se indica en la Tabla 6.8. El detalle de la ubicación de los puntos de muestreo se encuentra en el Anexo 3, del presente informe.

Tabla 6.8. Número de puntos de muestreo en cada área de potencial de interés

| Lugar | Código OEFA | Muestreo | | Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18L | | Altitud (m s. n. m.) | Descripción |
|--|-------------|------------|-------|-----------------------------------|-----------|----------------------|---|
| | | Fecha | Hora | Este (m) | Norte (m) | | |
| A.H. Las Casuarinas | CS-CA-1 | 19/09/2019 | 10:56 | 268832 | 8687620 | 110 | Punto de suelo, ubicado en A.H. Las Casuarinas al noreste de Intradevco Industrial S.A. |
| | CS-CA-2 | 19/09/2019 | 11:16 | 268855 | 8687535 | 120 | Punto de suelo, ubicado en A.H. Las Casuarinas al noreste de Intradevco Industrial S.A. |
| | CS-CA-3 | 19/09/2019 | 11:27 | 268779 | 8687633 | 98 | Punto de suelo, ubicado en A.H. Las Casuarinas al noreste de Intradevco Industrial S.A. |
| | CS-CA-4 | 19/09/2019 | 11:38 | 268872 | 8687644 | 100 | Punto de suelo, ubicado en A.H. Las Casuarinas al noreste de Intradevco Industrial S.A. |
| Terreno adyacente al mercado Virgen de Guadalupe | CS-TAMVG-1 | 19/09/2019 | 15:21 | 268656 | 8687891 | 65 | Punto de suelo, ubicado en terreno adyacente al mercado Virgen de Guadalupe en calle Virgen de Guadalupe |
| | CS-TAMVG-2 | 19/09/2019 | 15:27 | 268655 | 8687815 | 65 | Punto de suelo, ubicado en terreno adyacente al mercado Virgen de Guadalupe en la calle Virgen de Guadalupe |
| | CS-TAMVG-3 | 19/09/2019 | 15:31 | 268671 | 8687859 | 65 | Punto de suelo, ubicado en terreno adyacente al mercado |

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

| Lugar | Código OEFA | Muestreo | | Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18L | | Altitud (m s. n. m.) | Descripción |
|--------------------------|-------------|------------|-------|-----------------------------------|-----------|----------------------|---|
| | | Fecha | Hora | Este (m) | Norte (m) | | |
| | | | | | | | Virgen de Guadalupe en la calle Virgen de Guadalupe |
| | CS-TAMVG-4 | 19/09/2019 | 15:41 | 268678 | 8687806 | 65 | Punto de suelo, ubicado en terreno adyacente al mercado Virgen de Guadalupe en calle Virgen de Guadalupe |
| A.H. Virgen de Guadalupe | CS-VG-1 | 19/09/2019 | 12:57 | 268890 | 8687750 | 85 | Punto de suelo, ubicado en A.H. Virgen de Guadalupe al este de la empresa Fábrica Nacional de Acumuladores ETNA S.A. |
| | CS-VG-2 | 19/09/2019 | 13:08 | 268850 | 8687664 | 92 | Punto de suelo, ubicado en A.H. Virgen de Guadalupe al sureste de la empresa Fábrica Nacional de Acumuladores ETNA S.A. |
| | CS-VG-3 | 19/09/2019 | 13:16 | 268816 | 8687657 | 94 | Punto de suelo, ubicado en A.H. Virgen de Guadalupe al sureste de la empresa Fábrica Nacional de Acumuladores ETNA S.A. |
| | CS-VG-4 | 19/09/2019 | 13:28 | 268773 | 8687657 | 95 | Punto de suelo, ubicado en A.H. Virgen de Guadalupe al sureste de la empresa Fábrica Nacional de Acumuladores ETNA S.A. |
| | CS-VG-5 | 19/09/2019 | 13:40 | 268776 | 8687757 | 85 | Punto de suelo, ubicado en A.H. Virgen de Guadalupe al este de la empresa Fábrica Nacional de Acumuladores ETNA S.A. |
| | CS-VG-6 | 19/09/2019 | 13:46 | 268847 | 8687755 | 80 | Punto de suelo, ubicado en A.H. Virgen de Guadalupe al este de la empresa Fábrica Nacional de Acumuladores ETNA S.A. |
| | CS-VG-7 | 19/09/2019 | 14:02 | 268954 | 8687834 | 80 | Punto de suelo, ubicado en A.H. Virgen de Guadalupe al este de la empresa Fábrica Nacional de Acumuladores ETNA S.A. |
| | CS-VG-8 | 19/09/2019 | 14:09 | 268915 | 8687829 | 83 | Punto de suelo, ubicado en A.H. Virgen de Guadalupe al este de la empresa Fábrica Nacional de Acumuladores ETNA S.A. |
| | CS-VG-9 | 19/09/2019 | 14:17 | 268877 | 8687789 | 80 | Punto de suelo, ubicado en A.H. Virgen de Guadalupe al este de la empresa Fábrica Nacional de Acumuladores ETNA S.A. |
| | CS-VG-10 | 19/09/2019 | 14:27 | 268831 | 8687828 | 77 | Punto de suelo, ubicado en A.H. Virgen de Guadalupe al este de la empresa Fábrica Nacional de Acumuladores ETNA S.A. |
| | CS-VG-11 | 19/09/2019 | 14:40 | 268729 | 8687721 | 78 | Punto de suelo, ubicado en A.H. Virgen de Guadalupe al sureste de la empresa Fábrica Nacional de Acumuladores ETNA S.A. |
| | CS-VG-12 | 19/09/2019 | 14:51 | 268697 | 8687771 | 69 | Punto de suelo, ubicado en A.H. Virgen de Guadalupe al este de la empresa Fábrica Nacional de Acumuladores ETNA S.A. |
| | CS-VG-13 | 19/09/2019 | 15:04 | 268698 | 8687869 | 70 | Punto de suelo, ubicado en A.H. Virgen de Guadalupe al este de la empresa Sulfato de Cobre S.A. (Sulcosa) |
| | CS-VG-14 | 20/09/2019 | 10:14 | 268724 | 8687938 | 75 | Punto de suelo, ubicado en A.H. Virgen de Guadalupe al este de la empresa Sulfato de Cobre S.A. (Sulcosa) |
| | CS-VG-15 | 20/09/2019 | 10:24 | 268797 | 8688065 | 85 | Punto de suelo, ubicado en A.H. Virgen de Guadalupe al noreste de la empresa Sulfato de Cobre S.A. (Sulcosa) |

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

| Lugar | Código OEFA | Muestreo | | Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18L | | Altitud (m s. n. m.) | Descripción |
|-----------------------------|-------------|------------|-------|-----------------------------------|-----------|----------------------|--|
| | | Fecha | Hora | Este (m) | Norte (m) | | |
| | CS-VG-16 | 20/09/2019 | 10:37 | 268802 | 8688141 | 85 | Punto de suelo, ubicado en A.H. Virgen de Guadalupe al noreste de la empresa Sulfato de Cobre S.A. (Sulcosa) |
| | CS-VG-17 | 20/09/2019 | 10:49 | 268820 | 8688090 | 85 | Punto de suelo, ubicado en A.H. Virgen de Guadalupe al noreste de la empresa Sulfato de Cobre S.A. (Sulcosa) |
| | CS-VG-18 | 20/09/2019 | 10:58 | 268865 | 8688123 | 98 | Punto de suelo, ubicado en A.H. Virgen de Guadalupe al noreste de la empresa Sulfato de Cobre S.A. (Sulcosa) |
| | CS-VG-19 | 20/09/2019 | 11:05 | 268917 | 8688148 | 103 | Punto de suelo, ubicado en A.H. Virgen de Guadalupe al noreste de la empresa Sulfato de Cobre S.A. (Sulcosa) |
| | CS-VG-20 | 20/09/2019 | 11:20 | 268692 | 8688003 | 72 | Punto de suelo, ubicado en A.H. Virgen de Guadalupe al noreste de la empresa Sulfato de Cobre S.A. (Sulcosa) |
| | CS-VG-21 | 20/09/2019 | 11:30 | 268702 | 8687913 | 75 | Punto de suelo, ubicado en A.H. Virgen de Guadalupe al este de la empresa Sulfato de Cobre S.A. (Sulcosa) |
| Mercado Virgen de Guadalupe | CS-MEVG-1 | 20/09/2019 | 11:44 | 268647 | 8687909 | 67 | Punto de suelo, ubicado en el mercado Virgen de Guadalupe al noreste de la empresa Fábrica Nacional de Acumuladores ETNA S.A. |
| | CS-MEVG-2 | 20/09/2019 | 11:51 | 268644 | 8687942 | 68 | Punto de suelo, ubicado en el mercado Virgen de Guadalupe al noreste de la empresa Fábrica Nacional de Acumuladores ETNA S.A. |
| | CS-MEVG-3 | 20/09/2019 | 11:57 | 268669 | 8687929 | 68 | Punto de suelo, ubicado en el mercado Virgen de Guadalupe al noreste de la empresa Fábrica Nacional de Acumuladores ETNA S.A. |
| A.H. 7 de Junio | CS-7JUN-1 | 20/09/2019 | 13:25 | 268011 | 8688290 | 83 | Punto de suelo, ubicado en el A.H. 7 de Junio a la altura de la Av. Arequipa con calle Ventanilla (Av. Víctor Raúl Haya de la Torre) al noroeste de la empresa de la empresa Sulfato de Cobre S.A. (Sulcosa) |
| | CS-7JUN-2 | 20/09/2019 | 13:35 | 267990 | 8688219 | 82 | Punto de suelo, ubicado en el A.H. 7 de Junio a la altura de la Av. Arequipa con calle Ventanilla (Av. Víctor Raúl Haya de la Torre) al noroeste de la empresa de la empresa Sulfato de Cobre S.A. (Sulcosa) |
| | CS-7JUN-3 | 20/09/2019 | 13:42 | 268094 | 8688197 | 82 | Punto de suelo, ubicado en el A.H. 7 de Junio a la altura de la Av. Arequipa con calle Ventanilla (Av. Víctor Raúl Haya de la Torre) al noroeste de la empresa de la empresa Sulfato de Cobre S.A. (Sulcosa) |
| | CS-7JUN-4 | 20/09/2019 | 13:50 | 268099 | 8688260 | 69 | Punto de suelo, ubicado en el A.H. 7 de Junio a la altura de la Av. Arequipa con calle Ventanilla (Av. Víctor Raúl Haya de la Torre) al noroeste de la empresa de la empresa Sulfato de Cobre S.A. (Sulcosa) |

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

| Lugar | Código OEFA | Muestreo | | Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18L | | Altitud (m s. n. m.) | Descripción |
|---|-------------|------------|-------|-----------------------------------|-----------|----------------------|---|
| | | Fecha | Hora | Este (m) | Norte (m) | | |
| I.E. Kumamoto | CS-KU-1 | 20/09/2019 | 14:13 | 268227 | 8687988 | 57 | Punto de suelo, ubicado en el patio interior de la I.E. N° 5098 Kumamoto, situado en la Av. Cuzco S/N. |
| | CS-KU-2 | 20/09/2019 | 14:22 | 268249 | 8688019 | 57 | Punto de suelo, ubicado en el patio interior de la I.E. N° 5098 Kumamoto, situado en la Av. Cuzco S/N. |
| I.E.P. Arturo Padilla | CS-AP-1 | 20/09/2019 | 14:40 | 268662 | 8688000 | 65 | Punto de suelo, ubicado la zona descampada interna de la I.E.P. Arturo Padilla Espinoza al norte de la empresa ETNA y al noreste de la empresa Sulcosa, situado en la Av. Revolución N° 2494 - Ventanilla. |
| | CS-AP-2 | 20/09/2019 | 14:49 | 268630 | 8688024 | 65 | Punto de suelo, ubicado en la zona descampada interna de la I.E.P. Arturo Padilla Espinoza al norte de la empresa ETNA y al noreste de la empresa Sulcosa, situado en la Av. Revolución N° 2494 - Ventanilla. |
| | CS-AP-3 | 20/09/2019 | 14:54 | 268669 | 8688055 | 66 | Punto de suelo, ubicado en la zona descampada interna de la I.E.P. Arturo Padilla Espinoza al norte de la empresa ETNA y al noreste de la empresa Sulcosa, situado en la Av. Revolución N° 2494 - Ventanilla. |
| | CS-AP-4 | 20/09/2019 | 15:04 | 268638 | 8688089 | 65 | Punto de suelo, ubicado en la zona descampada interna de la I.E.P. Arturo Padilla Espinoza al norte de la empresa ETNA y al noreste de la empresa Sulcosa, situado en la Av. Revolución N° 2494 - Ventanilla. |
| | CS-AP-5 | 20/09/2019 | 15:14 | 268590 | 8688061 | 63 | Punto de suelo, ubicado en el biohuerto a la altura del comedor de la I.E.P. Arturo Padilla Espinoza al norte de la empresa ETNA y al noreste de la empresa Sulcosa, situado en la Av. Revolución N° 2494 - Ventanilla. |
| | CS-AP-6 | 20/09/2019 | 15:24 | 268585 | 8687987 | 62 | Punto de suelo, ubicado en la parte posterior de las aulas de la I.E.P. Arturo Padilla Espinoza, lado sur de la institución educativa, situado en la Av. Revolución N° 2494 – Ventanilla. |
| | CS-AP-7 | 20/09/2019 | 15:32 | 268539 | 8688023 | 62 | Punto de suelo, ubicado en el patio delantero, cercano a la puerta de entrada de la I.E.P. Arturo Padilla Espinoza, lado oeste, situado en la Av. Revolución N° 2494 – Ventanilla. |
| Estadio Municipal del distrito de Mi Perú | CS-EM-1 | 24/09/2019 | 11:52 | 269028 | 8688330 | 97 | Punto de suelo, ubicado en Estadio Municipal del distrito de Mi Perú en Av. Puno, altura del cruce con la Av. Cuzco. |
| | CS-EM-2 | 24/09/2019 | 12:05 | 269046 | 8688382 | 97 | Punto de suelo, ubicado en Estadio Municipal del distrito de Mi Perú en Av. Puno, altura del cruce con la Av. Cuzco. |
| A.H. Mi Perú sector K4 | CS-K4-1 | 24/09/2019 | 12:36 | 268529 | 8688086 | 63 | Punto de suelo, ubicado en A.H. Mi Perú – Sector K4 altura de la Av. Tacna con Av. Ayacucho. |

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

| Lugar | Código OEFA | Muestreo | | Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18L | | Altitud (m s. n. m.) | Descripción |
|-----------------|-------------|------------|-------|-----------------------------------|-----------|----------------------|---|
| | | Fecha | Hora | Este (m) | Norte (m) | | |
| | CS-K4-2 | 24/09/2019 | 12:53 | 268461 | 8688106 | 63 | Punto de suelo, ubicado en A.H. Mi Perú – Sector K4 altura de la Av. Tacna con Av. Ayacucho. |
| Zona Industrial | CS-ZI-1 | 18/09/2019 | 14:10 | 268533 | 8687963 | 61 | Punto de suelo, ubicado en Zona Industrial de Ventanilla al costado de la empresa Sulcosa en Av. De la Revolución altura cuadra 10 |
| | CS-ZI-2 | 18/09/2019 | 14:27 | 268523 | 8687929 | 61 | Punto de suelo, ubicado en Zona Industrial de Ventanilla al costado de la empresa Sulcosa en Av. De la Revolución altura de la cuadra 10. |
| | CS-ZI-3 | 18/09/2019 | 14:38 | 268539 | 8687844 | 60 | Punto de suelo, ubicado en Zona Industrial de Ventanilla al costado de la empresa ETNA en Av. De la Revolución altura de la cuadra 10. |
| | CS-ZI-4 | 18/09/2019 | 14:56 | 268530 | 8687796 | 60 | Punto de suelo, ubicado en Zona Industrial de Ventanilla al costado de la empresa ETNA en Av. De la Revolución cuadra 10 |
| | CS-ZI-5 | 18/09/2019 | 15:15 | 268438 | 8687750 | 60 | Punto de suelo, ubicado en Zona Industrial de Ventanilla frente a la empresa Sulfato de Cobre S.A. en calle Alonso de Molina |
| | CS-ZI-6 | 18/09/2019 | 16:57 | 268552 | 8687722 | 55 | Punto de suelo, ubicado en Zona Industrial de Ventanilla en Av. De la Revolución cuadra 9. |
| | CS-ZI-7 | 18/09/2019 | 17:12 | 268545 | 8687666 | 55 | Punto de suelo, ubicado en Zona Industrial de Ventanilla frente a almacén CUSA en la Av. De la Revolución cuadra 8. |
| | CS-ZI-8 | 18/09/2019 | 17:23 | 268547 | 8687601 | 55 | Punto de suelo, ubicado en Zona Industrial de Ventanilla frente a planta de la empresa Sociedad Química Alemana - Printop en Av. De la Revolución cuadra 8 |
| | CS-ZI-9 | 24/09/2019 | 14:01 | 268387 | 8687582 | 55 | Punto de suelo, ubicado en Zona Industrial de Ventanilla en calle Mantaro altura Av. De la Revolución cuadra 8. |
| | CS-ZI-10 | 24/09/2019 | 14:13 | 268229 | 8687560 | 54 | Punto de suelo, ubicado en Zona Industrial de Ventanilla en calle Mantaro altura de la cuadra 2 de la Av. Precursores. |
| | CS-ZI-11 | 24/09/2019 | 14:31 | 268527 | 8687533 | 54 | Punto de suelo, ubicado en Zona Industrial de Ventanilla frente a Intradevco Industrial S.A. y la Empresa Rotesa en Av. De la Revolución altura de la cuadra 7. |
| | CS-ZI-12 | 24/09/2019 | 14:45 | 268536 | 8687454 | 54 | Punto de suelo, ubicado en Zona Industrial de Ventanilla altura de la empresa Confiperu S.A. en Av. De la Revolución cuadra 6. |
| | CS-ZI-13 | 24/09/2019 | 14:58 | 268445 | 8687453 | 53 | Punto de suelo, ubicado en Zona Industrial de Ventanilla frente a la empresa Caas Alimentos en calle Pablo Booner 240 altura de la cuadra 7 de la Av. De la Revolución. |
| | CS-ZI-14 | 24/09/2019 | 15:13 | 268373 | 8687463 | 53 | Punto de suelo, ubicado en Zona Industrial de Ventanilla en calle Pablo Booner cruce con el pasaje A altura de la cuadra 7 de la Av. De la Revolución. |
| | CS-ZI-15 | 24/09/2019 | 15:30 | 268529 | 8687398 | 53 | Punto de suelo, ubicado en Zona Industrial de Ventanilla en Av. De |

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

| Lugar | Código OEFA | Muestreo | | Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18L | | Altitud (m s. n. m.) | Descripción |
|-------|-------------|------------|-------|-----------------------------------|-----------|----------------------|---|
| | | Fecha | Hora | Este (m) | Norte (m) | | |
| | | | | | | | la Revolución altura de la cuadra 6. |
| | CS-ZI-16 | 24/09/2019 | 15:38 | 268516 | 8687356 | 50 | Punto de suelo, ubicado en Zona Industrial de Ventanilla frente a la empresa Green Care del Perú en Av. De la Revolución cuadra 6- |
| | CS-ZI-17 | 24/09/2019 | 15:50 | 268406 | 8687347 | 50 | Punto de suelo, ubicado en Zona Industrial de Ventanilla frente del almacén de la empresa Printop en calle Luis Bancharo Rossi altura de la Av. De la Revolución cuadra 6. |
| | CS-ZI-18 | 24/09/2019 | 16:18 | 268523 | 8687323 | 47 | Punto de suelo, ubicado en Zona Industrial de Ventanilla en Av. De la Revolución a la altura de la cuadra 5. |
| | CS-ZI-19 | 24/09/2019 | 16:30 | 268435 | 8687294 | 47 | Punto de suelo, ubicado en Zona Industrial de Ventanilla en calle Nicolás Copérnico a la altura de la cuadra 5 de la Av. De la Revolución |
| | CS-ZI-20 | 24/09/2019 | 16:43 | 268314 | 8687256 | 47 | Punto de suelo, ubicado en Zona Industrial de Ventanilla en calle Nicolás Copérnico 138 a la altura de la cuadra 5 de la Av. De la Revolución |
| | CS-ZI-21 | 24/09/2019 | 16:58 | 268509 | 8687253 | 45 | Punto de suelo, ubicado en Zona Industrial de Ventanilla en Av. De la Revolución cuadra 5. |
| | CS-ZI-22 | 26/09/2019 | 11:43 | 268491 | 8687208 | 45 | Punto de suelo, ubicado en Zona Industrial de Ventanilla frente al ex colegio Ingeniería, parte lateral de la empresa Sulfato de Cobre del Perú S.A.C.- Sulcoper en Av. De la Revolución altura de la cuadra 5. |
| | CS-ZI-23 | 26/09/2019 | 11:52 | 268504 | 8687179 | 45 | Punto de suelo, ubicado en Zona Industrial de Ventanilla a la altura de la empresa Rabanal Service S.A.C en Av. De la Revolución cuadra 5 |
| | CS-ZI-24 | 26/09/2019 | 12:10 | 268437 | 8687176 | 44 | Punto de suelo, ubicado en Zona Industrial de Ventanilla frente a Sulcoper en la cuadra 1 de la Av. Micaela Bastidas, altura de la cuadra 5 de al Av. De la Revolución. |
| | CS-ZI-25 | 26/09/2019 | 12:24 | 268320 | 8687156 | 44 | Punto de suelo, ubicado en Zona Industrial de Ventanilla en la cuadra 2 de la Av. Micaela bastidas. |
| | CS-ZI-26 | 26/09/2019 | 13:38 | 268481 | 8687069 | 44 | Punto de suelo, ubicado en Zona Industrial de Ventanilla frontis de la empresa Metaexacto S.R.L., en la cuadra 4 de la Av. De la Revolución. |
| | CS-ZI-27 | 26/09/2019 | 13:48 | 268437 | 8687045 | 44 | Punto de suelo, ubicado en Zona Industrial de Ventanilla en calle La Pampilla cuadra 1, parte lateral de la empresa Metaexacto S.R.L. altura de la avenida De la Revolución cuadra 4. |
| | CS-ZI-28 | 26/09/2019 | 14:00 | 268317 | 8687027 | 44 | Punto de suelo, ubicado en Zona Industrial de Ventanilla frente a Envasadora San Gabriel S.R.L. y Falumsa en calle La Pampilla |

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

| Lugar | Código OEFA | Muestreo | | Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18L | | Altitud (m s. n. m.) | Descripción |
|--------------------|-------------|------------|-------|-----------------------------------|-----------|----------------------|--|
| | | Fecha | Hora | Este (m) | Norte (m) | | |
| | | | | | | | altura de la cuadra 4 de la Av. De la Revolución. |
| | CS-ZI-29 | 26/09/2019 | 14:18 | 268479 | 8687019 | 44 | Punto de suelo, ubicado en Zona Industrial de Ventanilla frente a la empresa Corporación Matrix Technology en Av. De la Revolución cuadra 3 |
| | CS-ZI-30 | 26/09/2019 | 14:28 | 268489 | 8686963 | 44 | Punto de suelo, ubicado en Zona Industrial de Ventanilla entre las empresas Corporación Matrix Technology y Corporación Jeshua S.A.C. en Av. De la Revolución cuadra 3. |
| | CS-ZI-31 | 26/09/2019 | 14:40 | 268438 | 8686919 | 44 | Punto de suelo, ubicado en Zona Industrial de Ventanilla en calle Capirona frente a la empresa Comercial Alimenticia S.A.C. – Golosinas Trome, altura de la Av. De la Revolución cuadra 3. |
| | CS-ZI-32 | 26/09/2019 | 14:50 | 268312 | 8686900 | 44 | Punto de suelo, ubicado en Zona Industrial de Ventanilla en la cuadra 2 de la calle Capirona, altura de Av. De la Revolución cuadra 3. |
| | CS-ZI-33 | 26/09/2019 | 15:05 | 268473 | 8686864 | 44 | Punto de suelo, ubicado en Zona Industrial de Ventanilla a la altura de la empresa Poliuretanos S.A. en Av. De la Revolución cuadra 2. |
| | CS-ZI-34 | 26/09/2019 | 15:16 | 268469 | 8686822 | 43 | Punto de suelo, ubicado en Zona Industrial de Ventanilla a la altura de la empresa IC Industrial S.R.Ltda. (cerca a la puerta verde) en Av. De la Revolución cuadra 2. |
| | CS-ZI-35 | 26/09/2019 | 15:26 | 268460 | 8686841 | 43 | Punto de suelo, ubicado en Zona Industrial de Ventanilla frente a la empresa IC Industrial S.R.Ltda. en Av. De la Revolución cuadra 2 |
| Polvo sedimentable | PS-1 | 27/09/2019 | 13:40 | 268474 | 8686857 | 43 | Punto de muestreo en hojas de arbustos, ubicado en Zona Industrial de Ventanilla a la altura de la empresa Poliuretanos S.A. en Av. De la Revolución cuadra 2. |
| | PS-2 | 27/09/2019 | 15:19 | 268485 | 8687019 | 44 | Punto de muestreo en hojas de arbustos, ubicado en Zona Industrial de Ventanilla a la altura de la empresa Matrix Technology S.A.C. en Av. De la Revolución cuadra 3. |
| | PS-3 | 27/09/2019 | 15:38 | 268537 | 8687837 | 55 | Punto de muestreo en hojas de arbustos, ubicado en Zona Industrial de Ventanilla en Av. De la Revolución cuadra 10. Parte Externa de la empresa ETNA. |
| | PS-4 | 27/09/2019 | 16:40 | 268693 | 8687876 | 67 | Punto de muestreo en techo de vivienda, ubicada en el A.H. Virgen de Guadalupe en calle Virgen de Guadalupe |
| | PS-5 | 27/09/2019 | 17:12 | 268693 | 8687993 | 67 | Punto de muestreo en techo de vivienda, ubicada en el A.H. Virgen de Guadalupe en calle Virgen de Guadalupe |

6.2.3. Parámetros evaluados y equipo utilizados

En la Tabla 6.9. se muestran los métodos de referencia utilizados en el análisis de los parámetros para calidad de suelo; así como también los equipos y materiales utilizados en el muestreo descrito se presenta en la Tabla 6.10.

Tabla 6.9. Parámetros evaluados y métodos para el análisis de suelo

| Matriz evaluada | Parámetro | Método de Análisis |
|-----------------|----------------------------|--|
| Suelo | Metales totales y mercurio | EPA 3050 B: 1996/ EPA 6010 B: 1996. Acid Digestion of Sediments, sludges and soils/ Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry EPA 7471 B, Rev 2, February 2007. Mercury in solid or semisolid waste (Manual Cold-Vapor technique) |
| | Análisis granulométrico | Granulometría por densimetría |
| | pH | Potenciometría pH |

Tabla 6.10. Equipos y materiales utilizados para el muestreo de suelo

| Tipo | Descripción | Marca | Modelo |
|----------------------------------|--|-----------|-----------------|
| Equipos | Cámara fotográfica digital | Canon | PowerShot D30BL |
| | GPS | Garmin | Montana 680 |
| Materiales | Piceta de plástico | No aplica | No aplica |
| | Pizarra acrílica | No aplica | No aplica |
| | Bandejas de plástico | No aplica | No aplica |
| | Malla Nylon de 0,5 cm ² por metro | No aplica | No aplica |
| | Agua destilada por litro | No aplica | No aplica |
| | Picota mediana | No aplica | No aplica |
| | papel toalla por rollo | No aplica | No aplica |
| Cucharón de despacho de plástico | No aplica | No aplica | |

6.2.4. Criterios de evaluación

Los resultados obtenidos para metales totales en el muestreo de suelo fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo (uso de suelo residencial y parques y suelo comercial/industrial/extractivo) aprobado mediante Decreto Supremo N.º 011-2017-MINAM (Tabla 6.11) y con los valores determinados en niveles de fondo del lugar³⁰.

Tabla 6.11. Estándares nacionales de calidad ambiental del suelo

| Parámetros | Usos de Suelo | | Norma |
|----------------|---|--|--|
| | Suelo residencial/ parques mg/kg PS | Suelo comercial/industrial extractivo mg/kg PS | |
| Arsénico total | 50 | 140 | Decreto Supremo N.º 011-2017-MINAM «Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo» |
| Bario total | 500 | 2000 | |
| Cadmio total | 10 | 22 | |
| Cromo total | 400 | 1000 | |
| Cromo VI | 0,4 | 1,4 | |
| Mercurio | 6,6 | 24 | |
| Plomo | 140 | 800 | |

³⁰ En base al Informe N.º 000029-2017-OEFA/DE-SDLB-CEAPIO Informe del cálculo de niveles de fondo y niveles de referencia de metales en suelos para la Evaluación Ambiental en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla - Mi Perú, de la Provincia Constitucional del Callao, durante el año 2017

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Los ECA para suelo no contemplan todos los metales, debido a ello se está tomando como norma referencial para la comparación en el reporte de Suelo (Ver Anexo 4), los valores de la Guía ambiental canadiense: *Canadian Environmental Quality Guidelines - CEQG* los que se detallan en la Tabla 6.12.

Tabla 6.12. Valores establecidos en la *Canadian Environmental Quality Guidelines*

| Parámetros de metales Totales | CEQG Residencial/parque mg/kg PS | CEQG Industrial mg/kg PS |
|-------------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| Zinc (Zn) | 250 | 410 |
| Vanadio (V) | 130 | 130 |
| Cobre (Cu) | 63 | 91 |
| Cobalto (Co) | 50 | 300 |
| Níquel (Ni) | 45 | 89 |
| Berilio (Be) | 4 | 8 |
| Molibdeno (Mo) | 10 | 40 |
| Antimonio (Sb) | 20 | 40 |
| Selenio (Se) | 1 | 2,9 |
| Talio (Tl) | 1 | 1 |
| Estaño (Sn) | 50 | 300 |

*Canadian Council of Ministers of the Environment
CEQG-SQG: Canadian Environmental Quality Guidelines-Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health/ Residential/ parkland-Industrial*

En la Tabla 6-13, se muestran los valores o rangos para la clasificación del pH en base al sistema del USDA.

Tabla 6.13. Clasificación granulométrica de las partículas del suelo

| Valores de pH | Clasificación |
|---------------|-----------------------|
| < 4,5 | Extremadamente ácido |
| 4,5 – 5,0 | Muy fuertemente ácido |
| 5,1 – 5,5 | Fuertemente ácido |
| 5,6 – 6,0 | Medianamente ácido |
| 6,1 – 6,5 | Ligeramente ácido |
| 6,6 – 7,3 | Neutro |
| 7,4 – 7,8 | Medianamente básico |
| 7,9 – 8,4 | Moderadamente básico |
| 8,5 – 9,0 | Ligeramente alcalino |
| 9,1 – 10,0 | Alcalino |
| > 10,0 | Fuertemente alcalino |

Fuente: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norte América – USDA (Keys to Soil Taxonomy, 2006)

Hay varios tipos de clasificación granulométrica propuestos por distintos organismos a nivel internacional, de los cuales el más usado es el desarrollado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norte América (USDA, por sus siglas en inglés) quien ha clasificado a los tamaños de las partículas según se presenta en la Tabla 6.14.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Tabla 6.14. Clasificación granulométrica de las partículas del suelo

| Fracción | Diámetro (mm) | Diámetro (µm) |
|------------------|---------------|---------------|
| Arena muy gruesa | 2,00 - 1,00 | 2000 - 1000 |
| Arena gruesa | 1,00 – 0,50 | 1000 - 500 |
| Arena media | 0,50 – 0,25 | 500 - 250 |
| Arena fina | 0,25 – 0,10 | 250 - 100 |
| Arena muy fina | 0,10 – 0,05 | 100 - 50 |
| Limo | 0,05 – 0.002 | 50 - 2 |
| Arcilla | < 0,002 | < 2 |

Fuente: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norte América – USDA (Keys to Soil Taxonomy Taxonomy, 2006)

Para la ubicación textural una vez conocidos los porcentajes de las distintas fracciones, se utiliza en el triángulo textural (ver la Figura 6.2.).

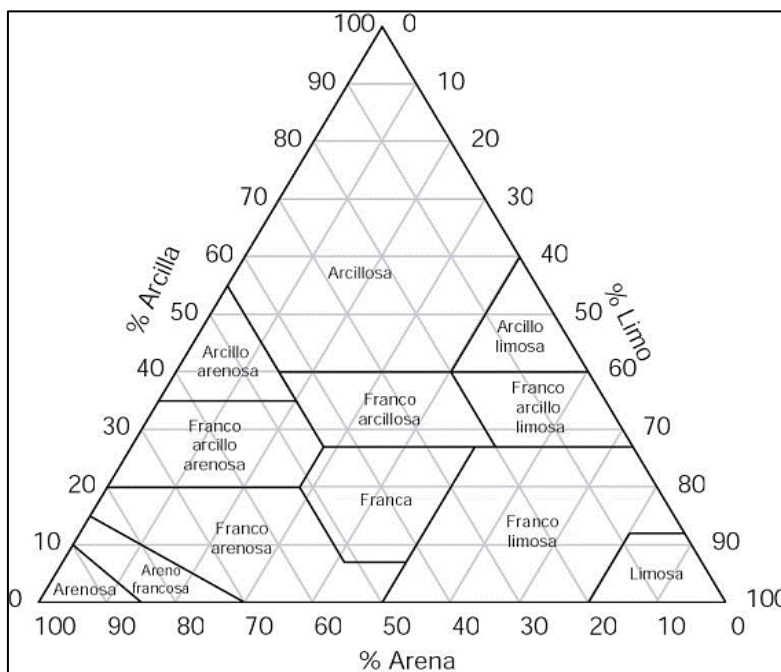


Figura 6.2. Diagrama triangular o triángulo de las clases texturales básicas del suelo.

Fuente: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norte América – USDA (Keys to Soil Taxonomy, 2006)

6.2.5. Análisis de datos

- **Niveles de fondo**

El resultado de las concentraciones de metales totales en todos los puntos de muestreo a partir de los cuales se calcularon los valores del nivel de fondo y de referencia se detallan en el Anexo 7³¹.

³¹

Los niveles de fondo han sido tomados del Informe N.º 00029-2017-OEFA/DE-SDLB-CEAPIO «Informe del Cálculo de niveles de fondo y niveles de referencia de metales en suelo para la evaluación ambiental en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla – Mi Perú, de la provincia Constitucional del Callao, durante el año 2017».

La determinación de las concentraciones de los niveles de fondo se realizó mediante el tratamiento estadístico con el uso del software libre ProUCL versión 5.0 desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, 2013).

Un aspecto importante para considerar en el tratamiento estadístico de los datos es detectar y evaluar la presencia de valores anómalos dentro del conjunto de datos, ya que estos pueden afectar en la determinación del valor de los niveles de fondo. Por otro lado, también es muy común que en muestras ambientales se reporten concentraciones de metales por debajo del límite de cuantificación del método de análisis de laboratorio para cada elemento, representando una dificultad al momento de tratar los datos en conjunto.

Según la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (2006), los valores anómalos o atípicos son mediciones del conjunto de una muestra que son extremadamente grandes o pequeños y que pudiera no tener una relación con el resto de los datos recogidos. El efecto que surge de incluir estos valores anómalos en un conjunto de datos, es que pueden distorsionar los test estadísticos utilizados para la determinación de valores de nivel de fondo (EPA, 2013).

Por otra parte, estos valores anómalos pueden ser originados por errores sistemáticos en la etapa de muestreo, en el análisis químico de las muestras o representar valores de otra población de acuerdo con Diamond *et al.*, (2009). Es por esto que el propósito de este análisis es eliminar, el efecto de este tipo de posibles errores en la estimación de las concentraciones de los niveles de fondo. Con el fin de evitar la presencia de concentraciones anómalas que puedan no tener relación con el resto de los datos recogidos; es que, se debe realizar un tratamiento estadístico de los valores anómalos respecto al conjunto de la base de datos analíticos, desde un punto de vista univariante.

- **Factor de enriquecimiento (FE)**

El factor de enriquecimiento será utilizado como referencia para imputar las fuentes de contaminación de algunas sustancias de acuerdo a una escala numérica como se presenta en la Tabla 6.15. Se basa en la relación del componente aire y suelo considerando como denominador principal a uno de los elementos más abundantes de la corteza terrestre, como son hierro, silicio o aluminio (ver Ecuación 6.5). De esta manera se evalúa si el impacto ambiental es de origen antropogénico, descartando la influencia que pueda tener la resuspensión del suelo en la calidad del aire.

Tabla 6.15. Clasificación del Factor de Enriquecimiento

| Clases de FE | Origen del elemento X (metal pesado) |
|--------------|---|
| 1 – 10 | De la roca madre |
| 10 – 500 | Moderadamente enriquecido, e indica otra fuente de enriquecimiento adicional a la roca madre |
| > 500 | Indica un alto enriquecimiento y muestra que existe una grave contaminación de origen antropogénico |

El factor de enriquecimiento de un metal se define como (Akoto *et al.*, 2008):

$$FE = \frac{[X/Fe]_{muestra}}{[X/Fe]_{corteza}} \quad (6.5)$$

Dónde: FE es el factor de enriquecimiento

X es el metal en estudio y

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

$(X/Fe)_{muestra} / (X/Fe)_{corteza}$ Es la relación de la concentración del metal con la del hierro en la muestra y en la corteza terrestre respectivamente

• **Índice de geoacumulación (Igeo)**

El índice de geoacumulación (Igeo), es usado para evaluar la contaminación a través de la relación de la concentración presente frente a los niveles de fondo. Originalmente usado para la evaluación de sedimento; se ha aplicado también con éxito para la medición de la contaminación en suelos (Cabrera et al., 1999; Grzebisz et al., 2002; Yaqin et al., 2008). Dicho índice se calcula utilizando la siguiente ecuación (Müller, 1969):

$$I_{geo} = \log_2 \left(\frac{C_n}{1,5B_n} \right) \tag{6.6}$$

Donde:

Cn: es la concentración del metal en la muestra (mg/kg),

Bn: es el valor de fondo geoquímico (mg/kg). La constante 1,5 permite analizar las fluctuaciones naturales en el contenido de una sustancia dada en el medio ambiente y detectar pequeñas influencias antropogénicas.

De acuerdo con Müller (1969), las relaciones correspondientes entre los valores del índice de geoacumulación (Igeo) y los niveles de contaminación son reportadas en la Tabla 6.16.

Tabla 6.16. Relaciones entre los valores del índice de geoacumulación (Igeo) y los niveles de contaminación

| Calidad del suelo | Índice de geoacumulación (Igeo) |
|--|---------------------------------|
| No contaminado | $I_{geo} < 0$ |
| No contaminado a moderadamente contaminado | $0 < I_{geo} \leq 1$ |
| Moderadamente contaminado | $1 < I_{geo} \leq 2$ |
| Moderadamente a fuertemente contaminado | $2 < I_{geo} \leq 3$ |
| Fuertemente contaminado | $3 < I_{geo} \leq 4$ |
| Fuerte a extremadamente contaminado | $4 < I_{geo} \leq 5$ |
| Extremadamente contaminado | $I_{geo} > 5$ |

7. RESULTADOS

Los resultados del presente informe contemplan los resultados de calidad de suelo y el factor de enriquecimiento elaborados con los resultados de calidad del aire descritos en los antecedentes y detallados en los Anexos 4 y 5. En relación a los resultados de calidad del aire se adjunta al presente, los informes mensuales de calidad del aire de enero a octubre de 2019 (Anexo 5).

7.1. Suelo

7.1.1. Comparación con las normas vigentes y niveles de fondo

En el presente apartado se presentan los resultados y análisis de las concentraciones de metales totales, las cuales son comparadas con los ECA para suelo de uso residencial/parques y de uso industrial/comercial/extractivo, según corresponda; y con los niveles de fondo (NF)³².

Cabe precisar que de los resultados obtenidos en el muestreo ambiental del componente suelo, realizado del 17 al 20 de setiembre de 2019 y del 23 al 27 de setiembre de 2019, se determinaron 10 áreas de potencial interés, las cuales para una mayor facilidad de análisis se han consolidado en 3 grupos: i) Zona Industrial, ii) A.H. Virgen de Guadalupe, y iii) A.H. Mi Perú sector 4K (K4), A.H. Las Casuarinas (CA), I.E.P. Arturo Padilla (AP), Terreno adyacente al mercado Virgen Guadalupe (TAMVG), Mercado Virgen de Guadalupe (MEVG), A.H. 7 de junio (7-JUN), I.E. Kumamoto (KU) y Estadio Municipal (EM).

En las Figuras 7.1 y 7.2 se muestran los resultados de arsénico, cadmio, cromo, cobre, plomo, antimonio, boro y zinc del área potencial de interés Zona Industrial, comparados con sus respectivos valores para niveles de fondo (NF) y ECA para suelo de uso comercial/industrial/extractivo según corresponda.

En la Figura 7.1a se observa que las concentraciones de arsénico excedieron el ECA para suelo de uso industrial sólo en los puntos de muestreo CS-ZI-23 y CS-ZI-26. Asimismo, estas concentraciones se encontraron excediendo el valor del nivel de fondo en todos los puntos de muestreo a excepción de los puntos de muestreo CS-ZI-3, CS-ZI-5, CS-ZI-6, CS-ZI-9, CS-ZI-18, CS-ZI-20, CS-ZI-21 y CS-ZI-31 que presentaron valores debajo del límite de detección.

Las concentraciones de cadmio excedieron el ECA para suelo en los puntos de muestreo CS-ZI-2, CS-ZI-4, CS-ZI-5, CS-ZI-11, CS-ZI-34 y CS-ZI-35. Asimismo, el cadmio excedió los valores del nivel de fondo en todos los puntos de muestreo a excepción de los puntos de muestreo CS-ZI-17, CS-ZI-19, CS-ZI-20 y CS-ZI-28. Cabe señalar que el valor del cadmio en el punto de muestreo CS-ZI-34 excede en 11590,90% el valor del ECA para el uso de suelo respectivo (Figura 7.1b).

Con respecto al cromo, no se excedió el ECA para suelo en ninguno de los puntos de muestreo; sin embargo, se excedió el valor del nivel de fondo en casi todos los puntos de muestreo a excepción de los puntos de muestreos CS-ZI-13 y CS-ZI-31 (Figura 7.1c).

Las concentraciones de cobre excedieron el valor del nivel de fondo en todos los puntos de muestreo sin excepción. Cabe señalar que parámetro de cobre no cuenta con un valor de ECA para suelo (Figura 7.1d).

En la Figura 7.2a las concentraciones de plomo excedieron el ECA para suelo en los puntos de muestreo CS-ZI-3, CS-ZI-4, CS-ZI-8, CS-ZI-11, CS-ZI-12, CS-ZI-16, CS-ZI-17, CS-ZI-22, CS-ZI-23, CS-ZI-24, CS-ZI-25, CS-ZI-26, CS-ZI-27, CS-ZI- 29 y CS-ZI-34. Asimismo, excedieron el nivel de fondo en todos los puntos de muestreo.

³²

Los niveles de fondo han sido tomados del Informe N.º 00029-2017-OEFA/DE-SDLB-CEAPIO «Informe del Cálculo de niveles de fondo y niveles de referencia de metales en suelo para la evaluación ambiental en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla – Mi Perú, de la provincia Constitucional del Callao, durante el año 2017». Ver anexo 7.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Subdirección Técnica
Científica -STEC

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Las concentraciones de antimonio excedieron el valor del nivel de fondo en los puntos de muestreos CS-ZI-17, CS-ZI-18, CS-ZI-19, CS-ZI-20, CS-ZI-21, CS-ZI-22, CS-ZI-23, CS-ZI-24, CS-ZI-25, CS-ZI-26, CS-ZI-27, CS-ZI-29 y CS-ZI-34. En los otros puntos de muestreos se presentaron valores por debajo del límite de detección (Figura 7.2b).

Con respecto al boro, las concentraciones superaron el nivel de fondo en todos los puntos de muestreo a excepción de los puntos CS-ZI-1, CS-ZI-3, CS-ZI-13, CS-ZI-17, CS-ZI-20 y CS-ZI-31, cuyas concentraciones estuvieron por debajo del límite de detección (Figura 7.2c).

Las concentraciones de zinc excedieron el nivel de fondo en todos los puntos de muestreo sin excepción (Figura 7.2d). Cabe señalar que los metales antimonio, boro y zinc no presentan ECA para suelo.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

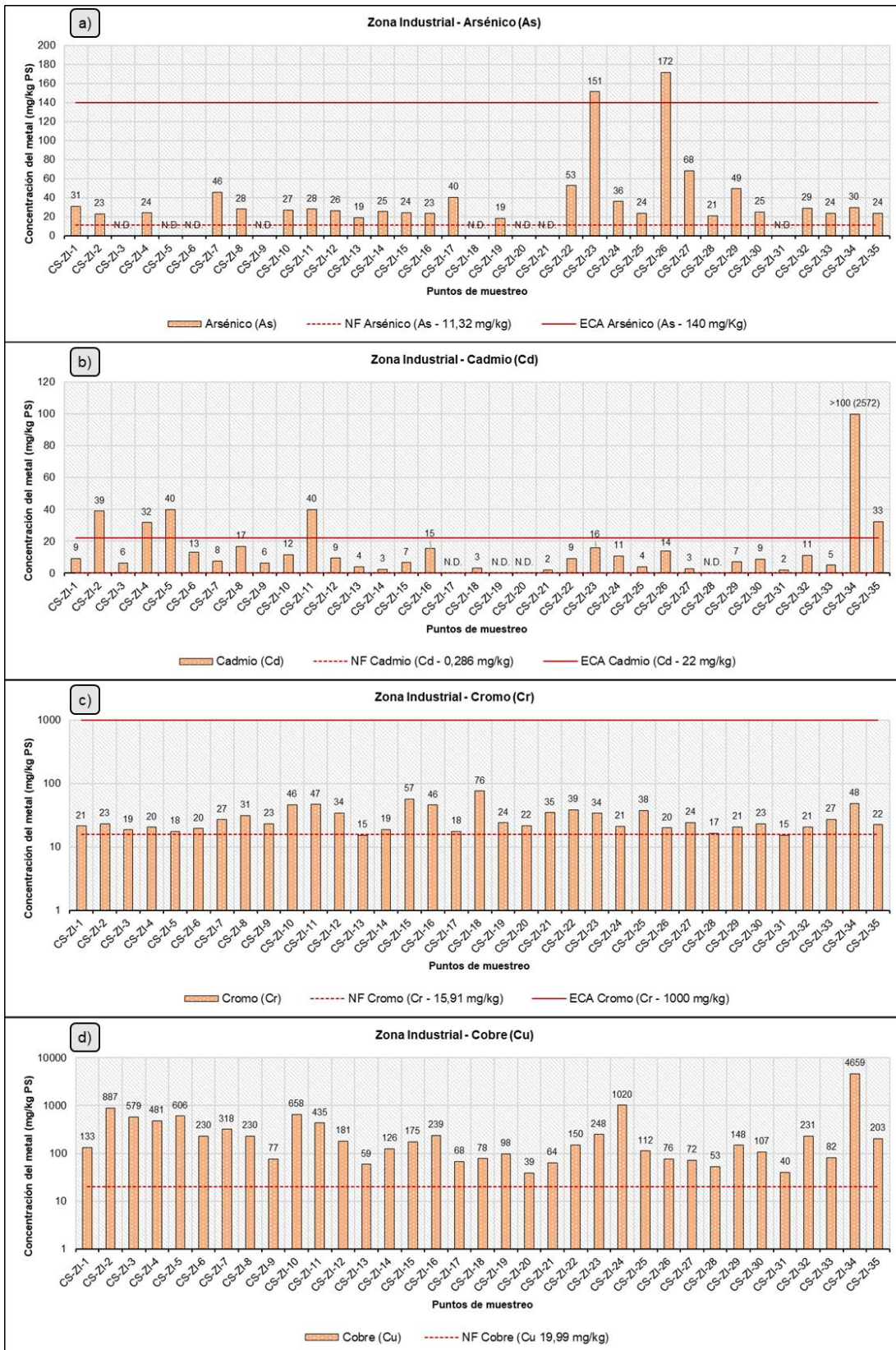


Figura 7.1. Concentraciones de a) arsénico, b) cadmio, c) cromo y d) cobre en el área de potencial interés (API) Zona Industrial, comparados con los niveles de fondo (NF) y ECA para suelo de uso comercial/industrial/extractivo.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

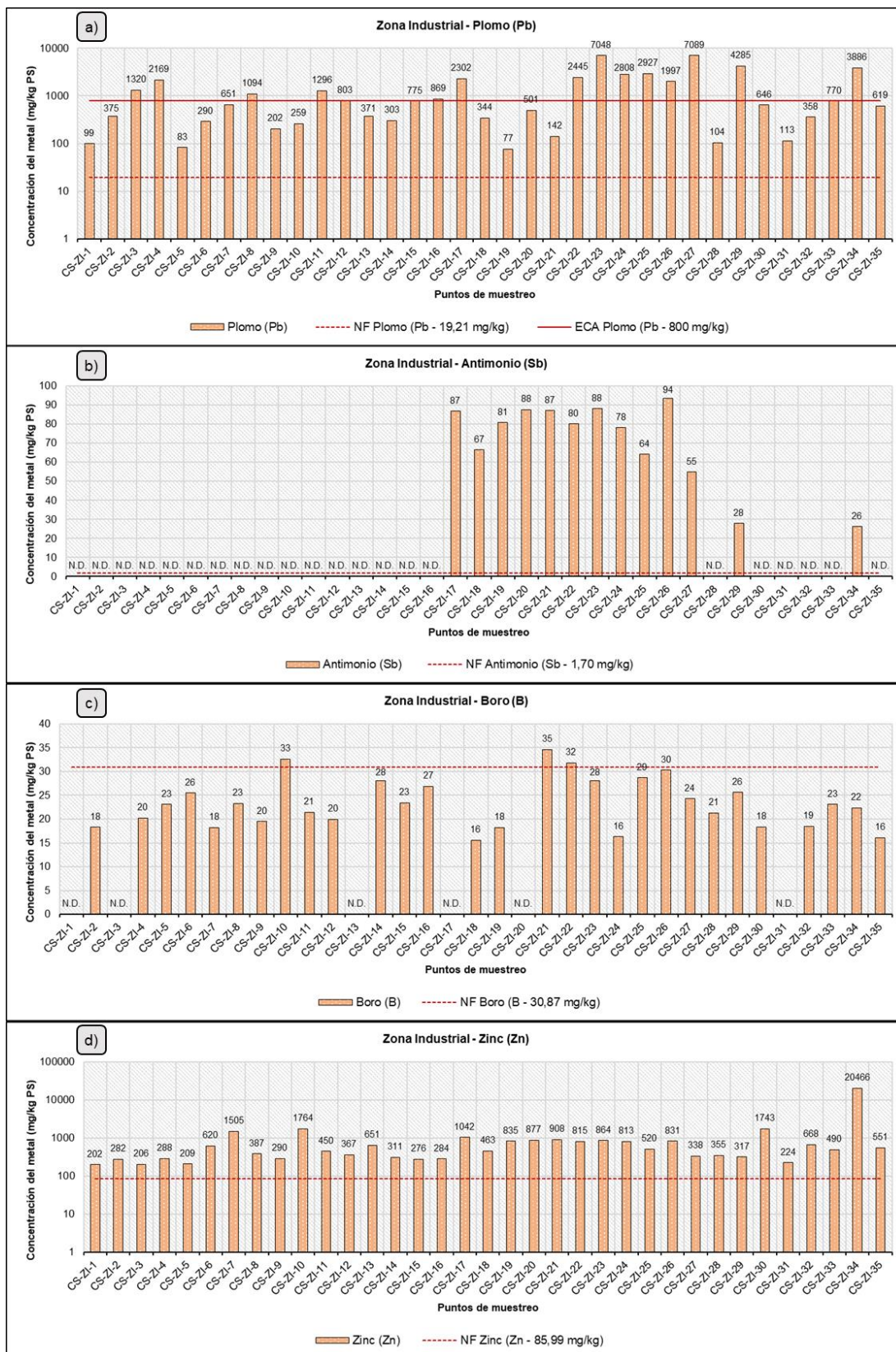


Figura 7.2. Concentraciones de a) plomo, b) antimonio, c) boro y d) zinc en el área de potencial interés (API) Zona Industrial, comparados con los niveles de fondo (NF) y ECA para suelo de uso comercial/industrial/extractivo.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

En las Figuras 7.3 y 7.4 se muestran los resultados de arsénico, cadmio, cromo, cobre, plomo, boro y zinc del área potencial de interés A.H. Virgen de Guadalupe, comparados con sus respectivos valores para niveles de fondo (NF) y ECA para suelo de uso residencial/parques según corresponda.

En la Figura 7.3a se observa que las concentraciones de arsénico no excedieron el ECA para suelo en ninguno de los puntos de muestreo. Sin embargo, estas concentraciones excedieron el valor del nivel de fondo en los puntos de muestreo CS-VG-1, CS-VG-2, CS-VG-13, CS-VG-14, CS-VG-15, CS-VG-18 y CS-VG-20 y en el resto de puntos de muestreos se presentaron valores por debajo al límite de detección.

Las concentraciones de cadmio no excedieron el ECA para suelo en ninguno de los puntos de muestreo. El cadmio excedió los valores del nivel de fondo en todos los puntos de muestreo a excepción de los puntos CS-VG-6, CS-VG-7, CS-VG-8, CS-VG-12, CS-VG-13, CS-VG-16 y CS-VG-19. (Figura 7.3b).

Con respecto al cromo, no excedió el ECA para suelo en ninguno de los puntos de muestreo; sin embargo, se excedió el valor del nivel de fondo en casi todos los puntos de muestreo a excepción de los puntos de muestreo CS-VG-8, CS-VG-10, CS-VG-13, CS-VG-16 y CS-VG-19 (Figura 7.3c).

Las concentraciones de cobre excedieron el valor del nivel de fondo en todos los puntos de muestreo sin excepción. Cabe señalar que el cobre no cuenta con ECA para suelo (Figura 7.3d).

En la Figura 7.4a se observa que las concentraciones de plomo no excedieron el ECA para suelo en ninguno de los puntos de muestreo. Por otro lado, estas concentraciones excedieron el valor del nivel de fondo en casi todos los puntos de muestreo a excepción del punto de muestreo CS-VG-7.

Con respecto al boro, las concentraciones superaron el nivel de fondo en los puntos de muestreo CS-VG-1, CS-VG-2, CS-VG-4, CS-VG-11 y CS-VG-14. Cabe señalar, que este metal no presenta normativa nacional de comparación para suelo (Figura 7.4b).

Las concentraciones de zinc excedieron el nivel de fondo en los puntos de muestreo CS-VG-1, CS-VG-2, CS-VG-3, CS-VG-4, CS-VG-5, CS-VG-6, CS-VG-9, CS-VG-10, CS-VG-11, CS-VG-12, CS-VG-14, CS-VG-15, CS-VG-17, CS-VG-18 y CS-VG-20. Cabe mencionar, que el zinc no presenta ECA para suelo (Figura 7.4c).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

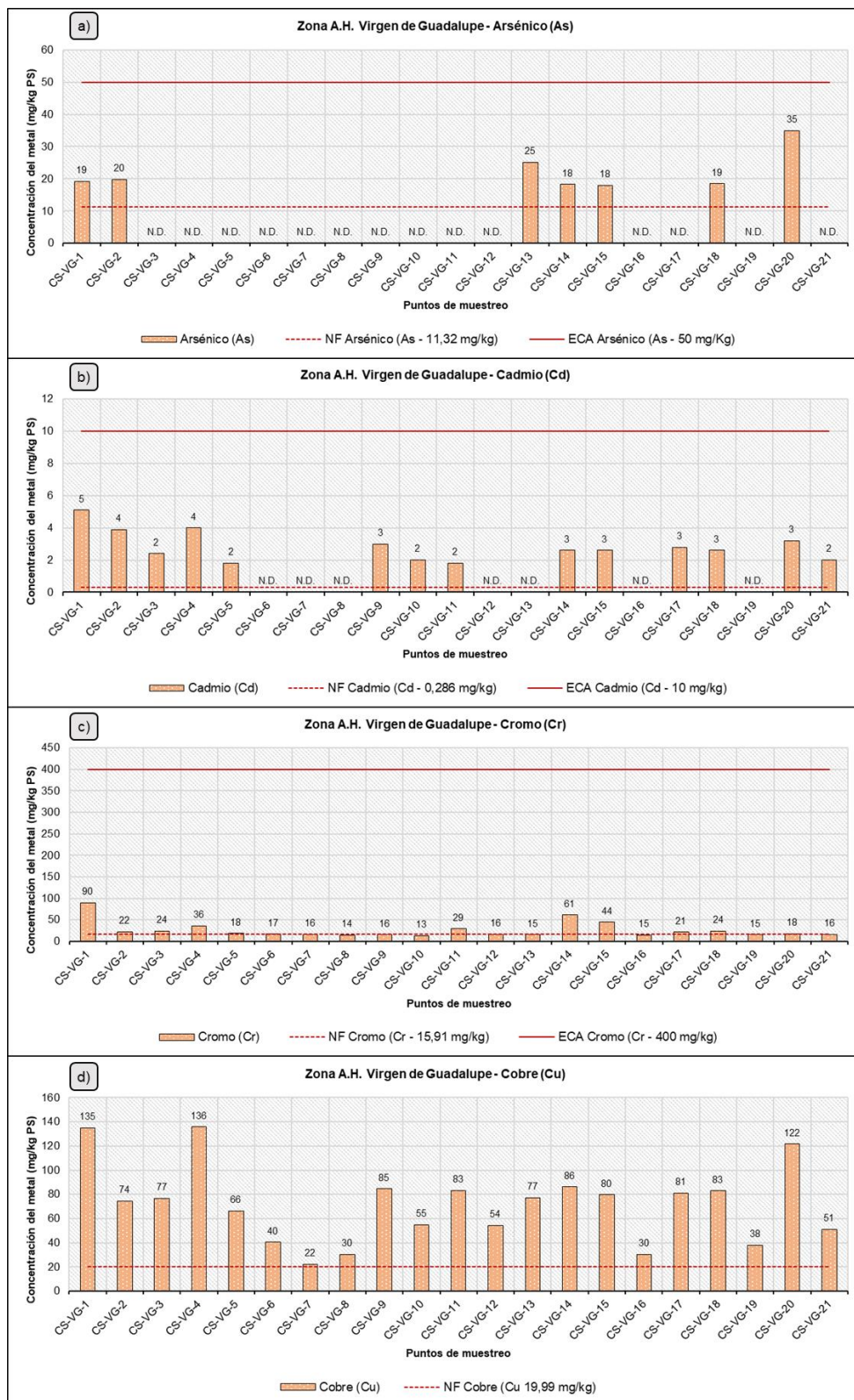


Figura 7.3. Concentraciones de a) arsénico, b) cadmio, c) cromo y d) cobre en el área de potencial interés (API) A.H. Virgen de Guadalupe, comparados con los niveles de fondo (NF) y ECA para suelo de uso residencial/parques.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

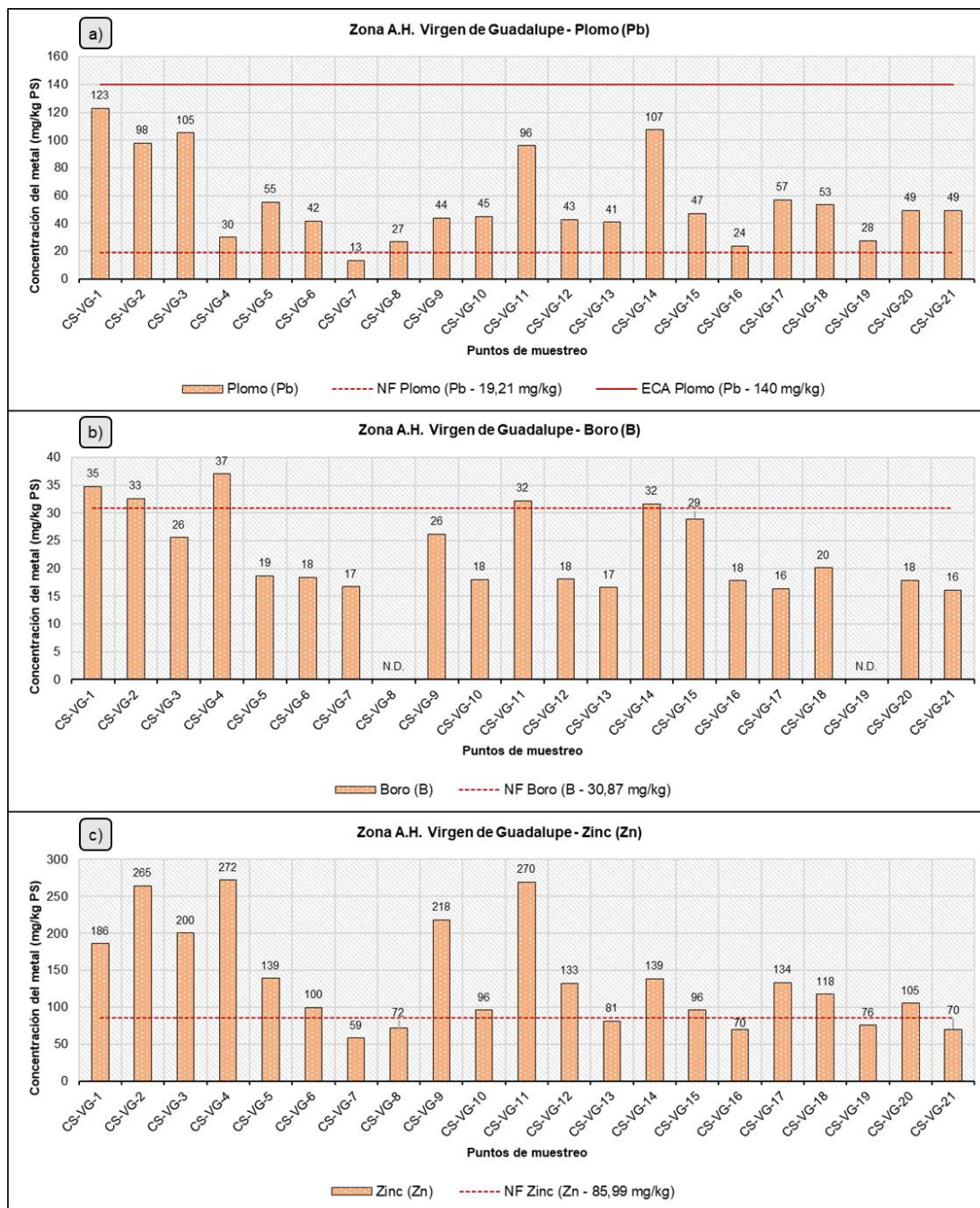


Figura 7.4. Concentraciones de a) plomo, b) antimonio, c) boro y d) zinc en el área de potencial interés (API) A.H. Virgen de Guadalupe, comparados con los niveles de fondo (NF) y ECA para suelo de uso residencial/parques.

En las Figuras 7.5 y 7.6 se muestran los resultados de arsénico, cadmio, cromo, cobre, plomo, boro y zinc de las API A.H. Mi Perú-sector 4K, A.H. Las Casuarinas, A.H. 7 de junio, Terreno adyacente al mercado Virgen de Guadalupe, I.E.P. Arturo Padilla, mercado Virgen de Guadalupe, I.E. Kumamoto y Estadio Municipal del distrito Mi Perú, comparados con sus respectivos valores para niveles de fondo (NF) y ECA para suelo de uso residencial/parques según corresponda.

En la Figura 7.5a se observa que las concentraciones de arsénico no excedieron el ECA para suelo en ninguno de los puntos de muestreo. Sin embargo, estas concentraciones

excedieron el valor del nivel de fondo en los puntos de muestreo CS-CA-2, CS-CA-3, CS-CA-4, CS-EM-1 y CS-EM-2, y en el resto de puntos de muestreo se presentaron valores por debajo al límite de detección.

Las concentraciones de cadmio excedieron el ECA para suelo en los puntos de muestreo CS-AP-2, CS-AP-4, CS-AP-5 y CS-AP-7 correspondiente al API I.E.P. Arturo Padilla y en el punto de muestreo CS-MEVG-2 correspondiente al API Mercado de Virgen de Guadalupe. Asimismo, el cadmio excedió los valores del nivel de fondo en casi todos los puntos de muestreo a excepción de los puntos de muestreo CS-7JUN-1, CS-7JUN-2, CS-7JUN-3, CS-7JUN-4, CS-TAMVG-2, CS-TAMVG-4, CS-KU-1 y CS-KU-2 que presentaron concentraciones por debajo del límite de detección (Figura 7.5b).

Con respecto al cromo, no excedió el ECA para suelo en ninguno de los puntos de muestreo; sin embargo, se excedió el valor del nivel de fondo en los puntos de muestreo CS-K4-1, CS-K4-2, CS-CA-1, CS-CA-2, CS-CA-3, CS-CA-4, CS-7JUN-1, CS-TAMVG-1, CS-TAMVG-3, CS-AP-5, CS-MEVG-1, CS-MEVG-3, CS-KU-1 y CS-EM-2 (Figura 7.5c).

Las concentraciones de cobre excedieron el valor del nivel de fondo en todos los puntos de muestreo a excepción del punto de muestreo CS-7JUN-2. Cabe señalar que el cobre no cuenta con ECA para suelo (Figura 7.5d).

En la Figura 7.6a se observa que las concentraciones de plomo excedieron el ECA para suelo en los puntos de muestreo CS-CA-4, CS-TAMVG-3, CS-AP-3, CS-AP-4, CS-AP-5, CS-MEVG-1, CS-MEVG-2 y CS-MEVG-3 correspondientes a las API A.H. Las Casuarinas, terreno adyacente al mercado Virgen de Guadalupe, I.E.P. Arturo Padilla y mercado Virgen de Guadalupe respectivamente. Asimismo, estas concentraciones excedieron el valor del nivel de fondo en casi todos los puntos de muestreo a excepción de los puntos de muestreo CS-7JUN-2 y CS-7JUN-3.

Con respecto al boro, las concentraciones superaron el nivel de fondo en los puntos de muestreo CS-CA-2, CS-CA-3 y CS-CA-4. Cabe señalar, que este metal no presenta normativa nacional de comparación para suelo (Figura 7.6b).

Las concentraciones de zinc excedieron el nivel de fondo en casi todos los puntos de muestreo a excepción de los puntos CS-7JUN-2, CS-7JUN-3, CS-TAMVG-1, CS-TAMVG-2, CS-TAMVG-4 y CS-KU-2. Cabe mencionar, que el zinc no presenta ECA para suelo (Figura 7.6c).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

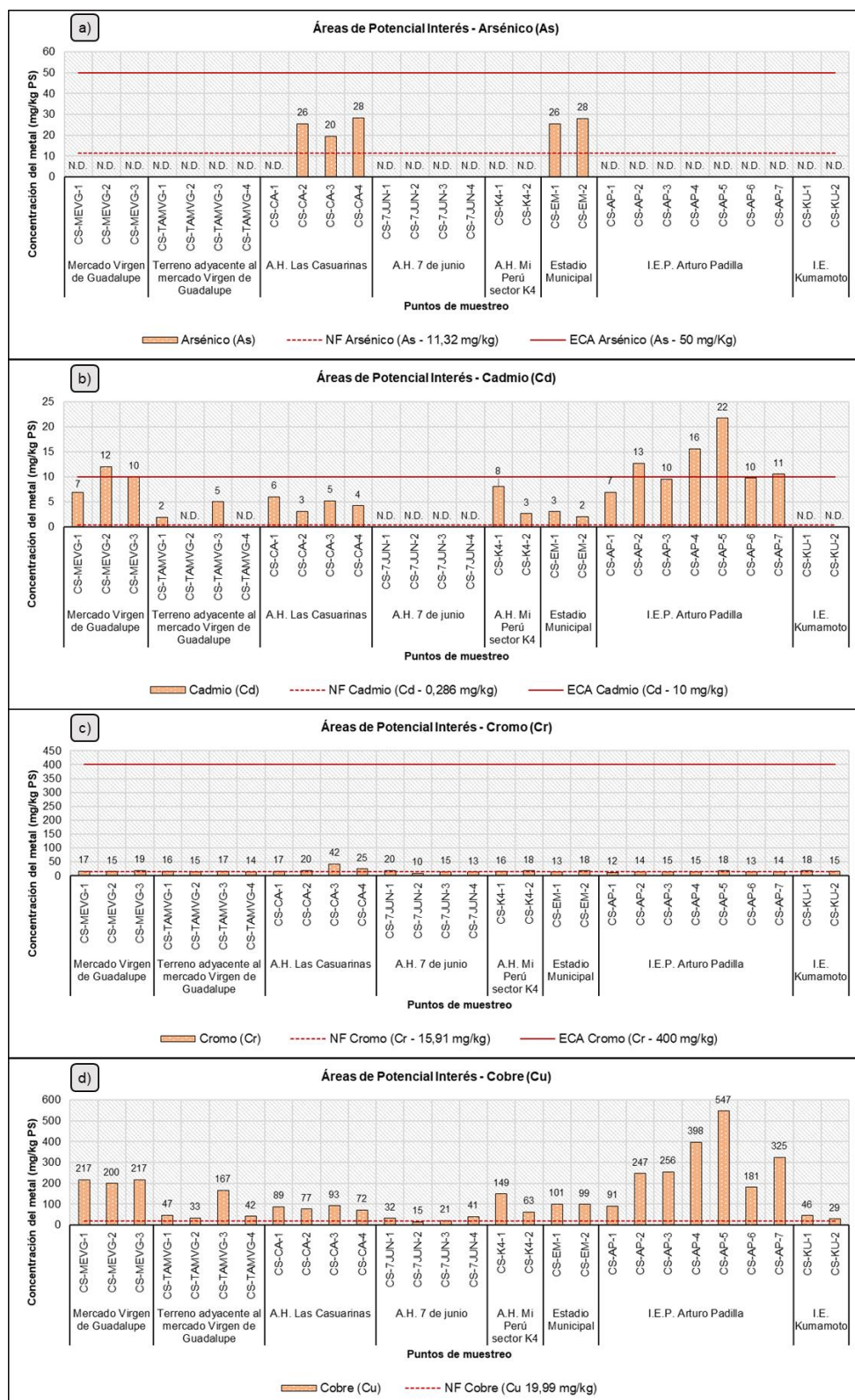


Figura 7.5. Concentraciones de a) arsénico, b) cadmio, c) cromo y d) cobre en las API mercado Virgen de Guadalupe, terreno adyacente al mercado Virgen de Guadalupe, A.H. Las Casuarinas, A.H. 7 de junio, A.H. Mi Perú-sector 4K, Estadio Municipal, I.E.P. Arturo Padilla y la I.E. Kumamoto, comparados con los niveles de fondo (NF) y ECA para suelo de uso residencial/parques.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

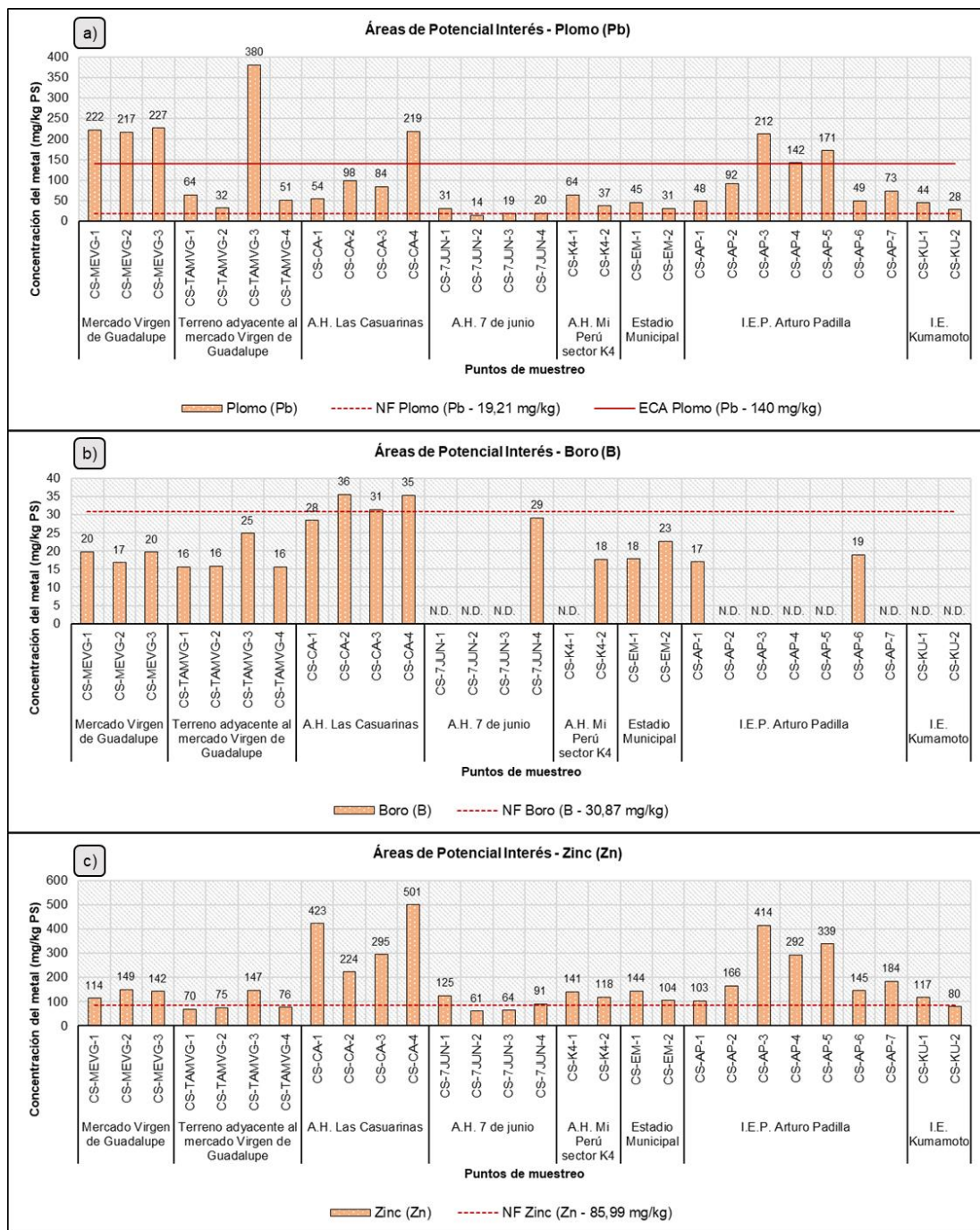


Figura 7.6. Concentraciones de a) plomo, b) boro y c) zinc en las API mercado Virgen de Guadalupe, terreno adyacente al mercado Virgen de Guadalupe, A.H. Las Casuarinas, A.H. 7 de junio, A.H. Mi Perú-sector 4K, Estadio Municipal, I.E.P. Arturo Padilla y la I.E. Kumamoto, comparados con los niveles de fondo (NF) y ECA para suelo de uso residencial/parques.

7.1.2. pH

En la Tabla N.º 7.1 se presentan los resultados de pH en suelo realizado en cada área de potencial interés en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla y distrito Mi Perú.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Tabla 7.1. Resultados de pH por Áreas de Potencial Interés

| Área de potencial interés y cantidad de puntos | Código de muestreo | Resultados | Clasificación según USDA |
|--|--------------------|------------|--------------------------|
| A.H. Las Casuarinas (4) | CS-CA | 7,93 | Moderadamente básico |
| A.H. Virgen de Guadalupe (13) | CS-VG | 8,09 | Moderadamente básico |
| Terreno adyacente al mercado Virgen de Guadalupe (4) | CS-TAMVG | 8,17 | Moderadamente básico |
| A.H. Virgen de Guadalupe (8) | CS-VG1 | 7,90 | Moderadamente básico |
| Mercado Virgen de Guadalupe (3) | CS-MEVG | 8,00 | Moderadamente básico |
| A.H. 7 de Junio (4) | CS-7JUN | 7,96 | Moderadamente básico |
| I.E. Kumamoto (2) | CS-KU | 7,98 | Moderadamente básico |
| I.E.P. Arturo Padilla (7) | CS-AP | 7,65 | Medianamente básico |
| Estadio Municipal (2) | CS-EM | 7,95 | Moderadamente básico |
| A.H. Mi Perú sector K4 (2) | CS-K4 | 7,81 | Medianamente básico |
| Zona Industrial (8) | CS-ZI-A | 7,92 | Moderadamente básico |
| Zona Industrial (13) | CS-ZI-B | 7,66 | Medianamente básico |
| Zona Industrial (14) | CS-ZI-C | 6,65 | Neutro |

7.1.3. Análisis granulométrico

En la Figura N.º 7.7 se presentan los resultados del análisis granulométrico (Ver detalle en Anexo 4) a través del triángulo de clase textural del suelo realizado en cada área de potencial interés en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla y distrito de Mi Perú.

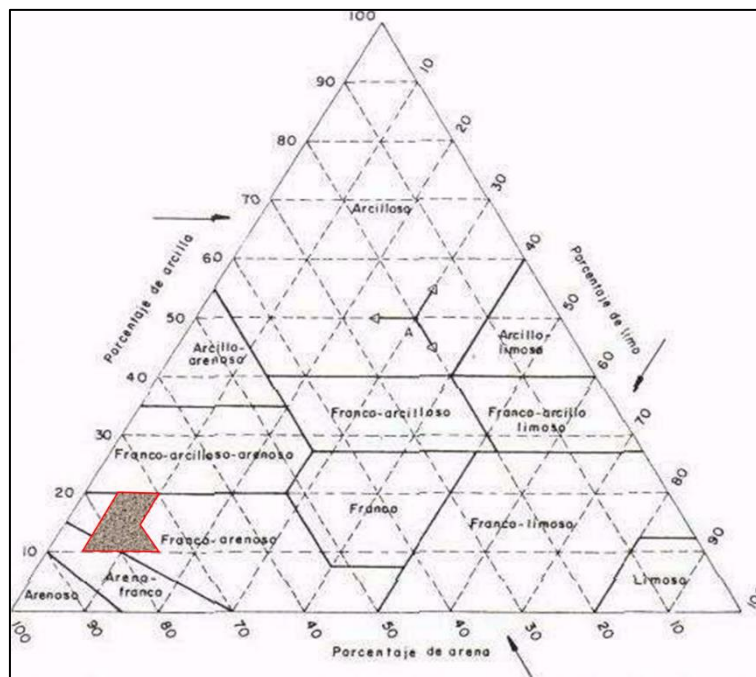


Figura 7.7. Triángulo de clases texturales del suelo realizado del muestreo de suelos en la zona industrial de Ventanilla y distrito Mi Perú

7.1.4. Índice de geo acumulación (Igeo)

En este apartado se presenta el índice de geo acumulación (Igeo) de metales en el suelo.

Uno de los insumos para calcular el Igeo, es la concentración de los niveles de fondo de los metales (es decir la concentración de metales en suelos no impactados por las actividades de la zona industrial en estudio); los cuales fueron determinados en el Informe N° 029-2017-OEFA/DE-SDLB-CEAPIO. Asimismo, un segundo insumo para calcular el Igeo, son los resultados de las concentraciones de metales en suelo. A partir de estos es que se obtiene el índice de geo acumulación para un determinado metal.

En la Tabla 7.2 se muestra los resultados obtenidos de los factores de enriquecimiento de los metales de interés en algunos puntos de muestreo, evaluados durante el monitoreo de calidad de suelo.

Tabla 7.2. Índice de geo acumulación (Igeo) para plomo y cadmio en Áreas de Potencial de Interés de suelo.

| Área de Potencial de Interés | Código | Índice de geo acumulación (Igeo) | |
|--|----------|----------------------------------|-------------|
| | | Plomo (Pb) | Cadmio (Cd) |
| Zona Industrial | CS-ZI | 5,6 | 5,0 |
| A.H. Virgen de Guadalupe | CS-VG | 1,0 | 2,1 |
| Mercado Virgen de Guadalupe | CS-MEVG | 2,9 | 4,5 |
| Terreno adyacente al mercado Virgen de Guadalupe | CS-TAMVG | 2,2 | 2,0 |
| A.H. Las Casuarinas | CS-CA | 2,0 | 3,4 |
| A.H. 7 de Junio | CS-7 JUN | -0,5 | - |
| A.H. Mi Perú sector K4 | CS-K4 | 0,8 | 3,6 |
| Estadio Municipal | CS-EM | 0,4 | 2,5 |
| I.E.P. Arturo Padilla | CS-AP | 2,0 | 4,8 |
| I.E. Kumamoto | CS-KU | 0,3 | - |

De la tabla anterior se puede observar lo siguiente con respecto al índice de geo acumulación de plomo y cadmio:

- ✓ El API Zona Industrial presentó el mayor Igeo para plomo con un valor de 5,6, seguido de las API Mercado Virgen de Guadalupe, Terreno adyacente al mercado Virgen de Guadalupe, A.H. Las Casuarinas y la I.E.P. Arturo Padilla con valores de 2,9; 2,2; 2,0 y 2,0 respectivamente. Asimismo, el API A.H. Virgen de Guadalupe presentó un Igeo de 1,0. Las demás API presentaron valores de Igeo menor a 1.
- ✓ Para el cadmio, las API Zona Industrial, I.E.P. Arturo Padilla y Mercado Virgen de Guadalupe presentaron los mayores Igeo con valores de 5,0; 4,8 y 4,5 respectivamente, seguido por las API A.H. Mi Perú sector K4, A.H. Las Casuarinas, Estadio Municipal, A.H. Virgen de Guadalupe y Terreno adyacente al mercado Virgen de Guadalupe con valores de 3,6; 3,4; 2,5; 2,1 y 2,0 respectivamente.

7.2. Polvo sedimentable

Se tomaron 5 puntos de muestreo de polvo sedimentable (Ver Figuras 7.8, 7.9 y 7.10), de los cuales, 3 de ellos (PS-1, PS-2 y PS-3) se obtuvieron del polvo de hojas en arboles ubicados en la zona industrial, y 2 (PS-4 y PS-5) en dos tejados de casas ubicadas en el asentamiento humano Virgen de Guadalupe. Los resultados que se obtuvieron se muestran en la Tabla 7.3, los cuales se compararon referencialmente con los Estándares de Calidad Ambiental de suelo, donde la concentración de plomo de todas las muestras (PS-1, PS-2, PS-3, PS-4 y PS-5) fueron superiores al mayor valor establecido en el ECA (para una zona industrial); la concentración de cadmio, a su vez, fue mayor al ECA para suelo residencial

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

en las muestras codificadas como PS-4 y PS-5, y mayor al ECA para suelo industrial en las muestras codificadas como PS-1 y PS-3. Otro elemento que registro concentraciones mayores al ECA para una zona residencial, fue el arsénico en los puntos de muestreos PS-4 y PS-5.



Figura 7.8. Muestreo de polvo sedimentable en los puntos PS-1 y PS-2, tomado de arbustos ubicados en la zona industrial (Av. De La Revolución)



Figura 7.9. Muestreo de polvo sedimentable en el punto PS-3, tomado de arbustos ubicados en la zona industrial (Av. De La Revolución)

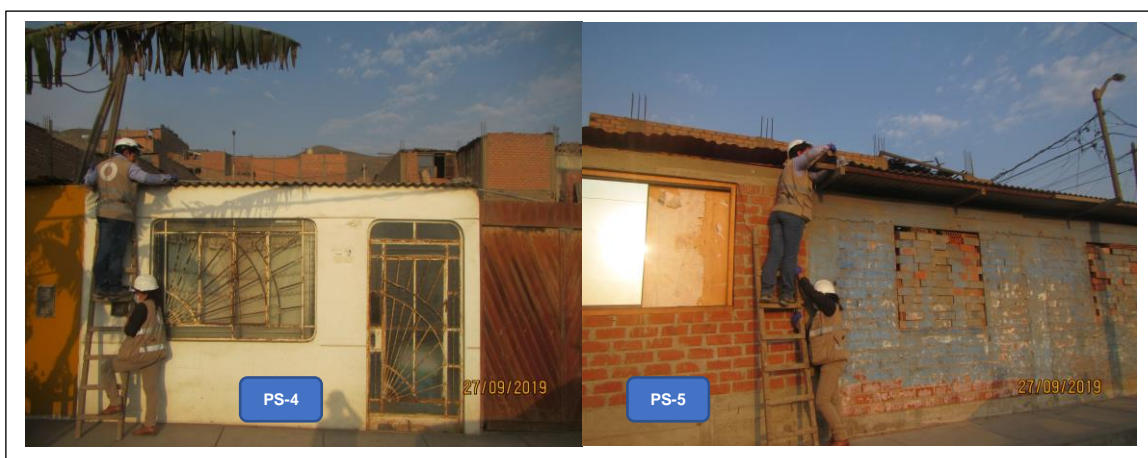


Figura 7.10. Muestreo de polvo sedimentable en los puntos PS-4 y PS-5, tomado de los tejados de las viviendas ubicadas en el A.H. Virgen de Guadalupe (Calle Virgen de Guadalupe)

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Tabla 7.3. Concentraciones de metales en polvo sedimentable comparados referencialmente con los ECA para suelo.

| Parámetros | Zona Industrial | | | ECA - Suelo Industrial* | A.H. Virgen de Guadalupe | | ECA - Suelo Residencial/Parques* |
|----------------|-----------------|-------------|--------------|-------------------------|--------------------------|-------------|----------------------------------|
| | PS-1 | PS-2 | PS-3 | | PS-4 | PS-5 | |
| | 27/09/2019 | 27/09/2019 | 27/09/2019 | | 27/09/2019 | 27/09/2019 | |
| | 14:28 | 15:30 | 16:34 | | 17:02 | 17:40 | |
| Aluminio (Al) | 16627 | 16542 | 16078 | -- | 19708 | 20421 | -- |
| Arsénico (As) | 40,5 | 48,1 | 55,2 | 140 | 75,5 | 82,7 | 50 |
| Bario (Ba) | 240,4 | 230,4 | 261,6 | -- | 157,8 | 193,1 | -- |
| Calcio (Ca) | 30170 | 25975 | 36067 | -- | 40432 | 30519 | -- |
| Cadmio (Cd) | 57,3 | 17,5 | 97,7 | 22 | 20,6 | 89,9 | 10 |
| Cobalto (Co) | 19,1 | 16,3 | 18,1 | -- | 13,9 | 19,9 | -- |
| Cromo (Cr) | 81,2 | 63,1 | 95,6 | -- | 57,8 | 81,5 | -- |
| Cobre (Cu) | 527,6 | 578,9 | 7518 | -- | 1827 | 6870 | -- |
| Hierro (Fe) | 36725 | 34933 | 31663 | -- | 42115 | 37276 | -- |
| Potasio (K) | 2520 | 2410 | 2611 | -- | 2377 | 3624 | -- |
| Magnesio (Mg) | 9125 | 8951 | 9192 | -- | 7832 | 10898 | -- |
| Manganeso (Mn) | 961 | 608,2 | 590,8 | -- | 479,9 | 614 | -- |
| Sodio (Na) | 3552 | 4942 | 4562 | -- | 4695 | 2461 | -- |
| Níquel (Ni) | 41,7 | 49,7 | 66,6 | -- | 40 | 50,4 | -- |
| Plomo (Pb) | 1001 | 2842 | 11232 | 800 | 3683 | 6844 | 140 |
| Antimonio (Sb) | < 10,0 | < 10,0 | < 10,0 | -- | 17,7 | 27,1 | -- |
| Boro (B) | 35,4 | 28,6 | 29,9 | -- | 33,5 | 29,8 | -- |
| Vanadio (V) | 96,4 | 190,5 | 95,9 | -- | 105,7 | 121,7 | -- |
| Zinc (Zn) | 1896 | 1104 | 1499 | -- | 744,2 | 1866 | -- |
| Fósforo (P) | 2519 | 2235 | 2483 | -- | 3080 | 3055 | -- |
| Estroncio (Sr) | 115,3 | 97,6 | 137,2 | -- | 134,9 | 97,5 | -- |
| Titanio (Ti) | 1094 | 1064 | 1048 | -- | 893,6 | 1119 | -- |

(*) Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo, aprobados con Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM
Fuente: Informe de ensayo N.º 65457-2019 del Laboratorio ALS LS Perú S.A.C.

7.3. Aire

7.3.1. Parámetros meteorológicos

En las Figuras 7.11 y 7.12, se presenta la distribución de frecuencias de las velocidades del viento del punto de muestreo CA-VMP-1 en el área de estudio de manera mensual (enero a octubre 2019), donde se observa los siguientes casos:

- En la Figura 7.11 se presentan en mayor frecuencia vientos menores a 1 m/s que representaron el 63,6 %, 54,6 %, 61,5 %, 59,3 %, 74,4 % y 82,4 % de veces ocurridos para los meses de enero a junio de 2019 respectivamente; seguido de velocidades en el rango de 1 m/s a 2 m/s que representaron el 20,3 %, 22,8 %, 27,5 %, 26,0 %, 23,6 % y 17,1 % para los meses de enero a junio de 2019 respectivamente; y también seguido por velocidades comprendidas entre 2 m/s y 3 m/s con el 15,0 %, 21,6 %, 10,8 %, 14,5 %, 2,0 % y 0,5 % de enero a junio de 2019 respectivamente. Las velocidades comprendidas entre 3 m/s y 4 m/s representaron menor igual al 1,1 % según corresponda. No se dieron velocidades entre 4 m/s y 5 m/s.
- En la Figura 7.12 se presentan en mayor frecuencia vientos menores a 1 m/s que representaron el 69,6 %, 61,2 %, 64,9 % y 56,1 % de veces ocurridos para los meses de julio a octubre de 2019 respectivamente; seguido de velocidades en el rango de 1 m/s a 2 m/s que representan el 27,8 %, 31,3 %, 27,5 % y 32,2 % para los meses de julio a octubre de 2019 respectivamente; y también seguido por velocidades

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

comprendidas entre 2 m/s y 3 m/s con el 2,6 %, 6,8 %, 6,4 % y 9,7 % de julio a octubre de 2019 respectivamente. Las velocidades comprendidas entre 3 m/s y 4 m/s representaron menor igual al 2 % según corresponda. No se dieron velocidades entre 4 m/s y 5 m/s.

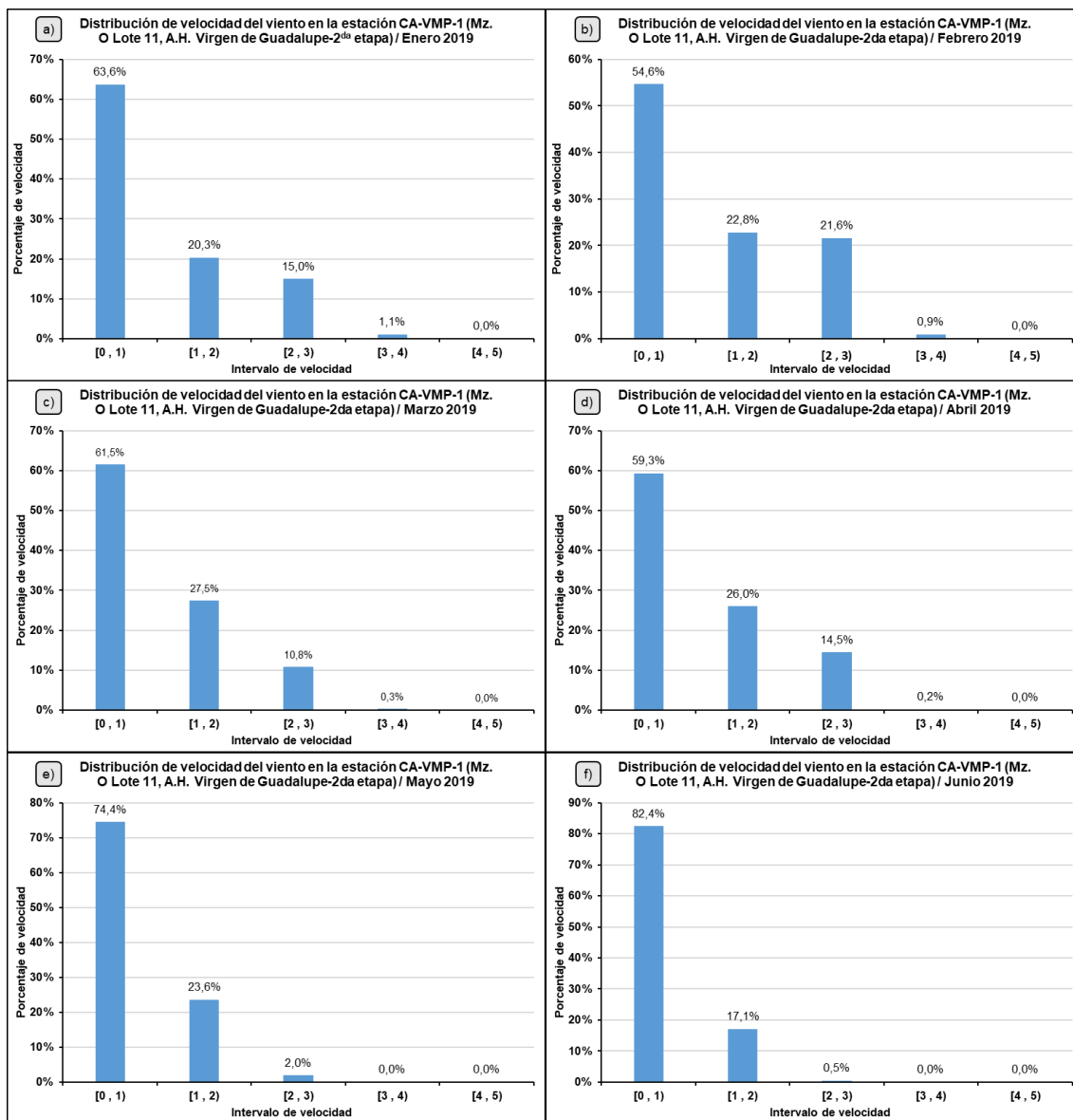


Figura 7.11. Distribución de frecuencias de las velocidades del viento en el punto de muestreo CA-VMP-1, en los meses 2019: a) enero, b) febrero, c) marzo, d) abril, e) mayo y f) junio.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

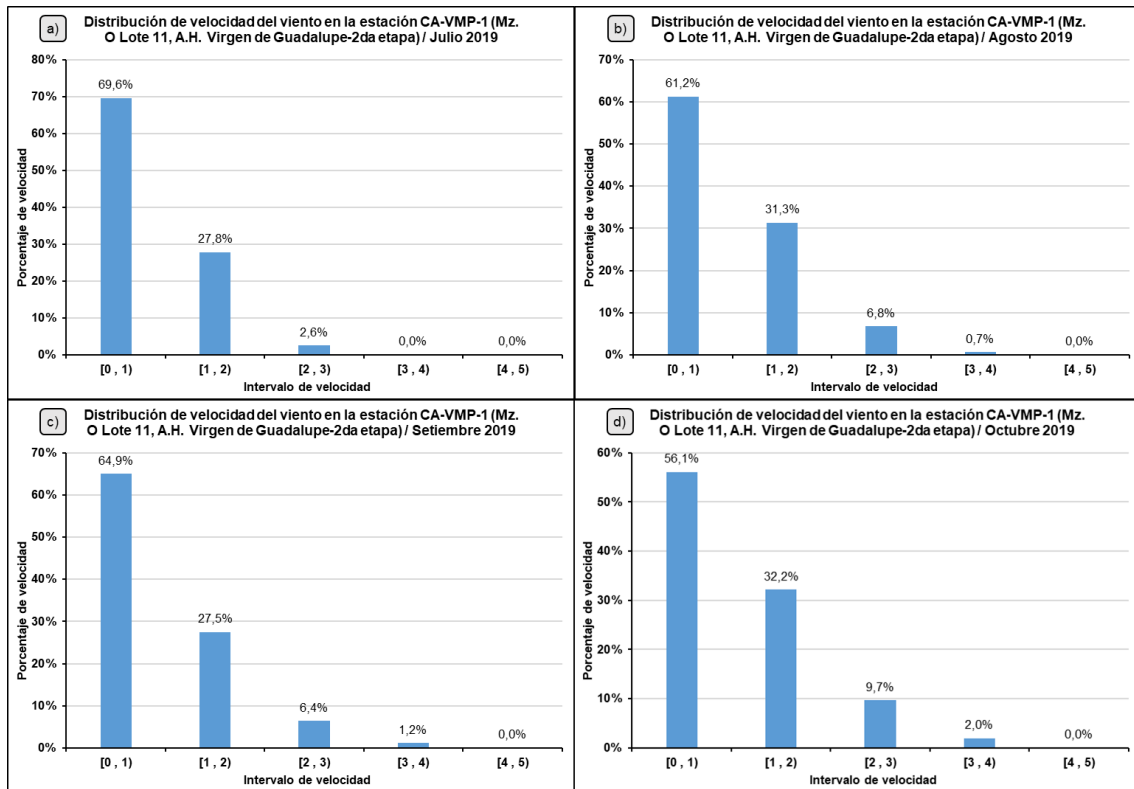


Figura 7.12. Distribución de frecuencias de las velocidades del viento en punto de muestreo CA-VMP-1, en los meses 2019: a) julio, b) agosto, c) setiembre y d) octubre.

En la Figura 7.13 se presenta la distribución de frecuencias de las velocidades del viento del punto de muestreo CA-VMP-2 en el área de estudio de manera mensual (julio a octubre de 2019), donde se observa que se presentan en mayor frecuencia vientos menores a 1 m/s que representaron el 49,6 %, 41 % y 42,9 % de veces ocurridos para los meses de julio, agosto y octubre de 2019 respectivamente; seguido de velocidades en el rango de 1 m/s a 2 m/s que representaron el 44,0 %, 44,5 % y 42,6 % para los meses julio, agosto y octubre de 2019 respectivamente; y también seguido por velocidades comprendidas entre 2 m/s y 3 m/s con el 6,4 %, 9,6 % y 12 % en julio, agosto y octubre de 2019 respectivamente. Las velocidades comprendidas entre 3 m/s y 4 m/s representaron el 2,9 % y 2,6 % en los meses de setiembre y octubre de 2019 respectivamente, y las velocidades en el rango de 4 m/s y 5 m/s se dieron sólo en el mes de setiembre de 2019 con el 0,2 %. Cabe señalar que para el mes de setiembre de 2019 se tuvo mayor porcentaje de veces ocurridas para las velocidades entre 1 m/s y 2 m/s con el 42,5 %, seguido por las velocidades entre 0 m/s y 1 m/s con el 41 %.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

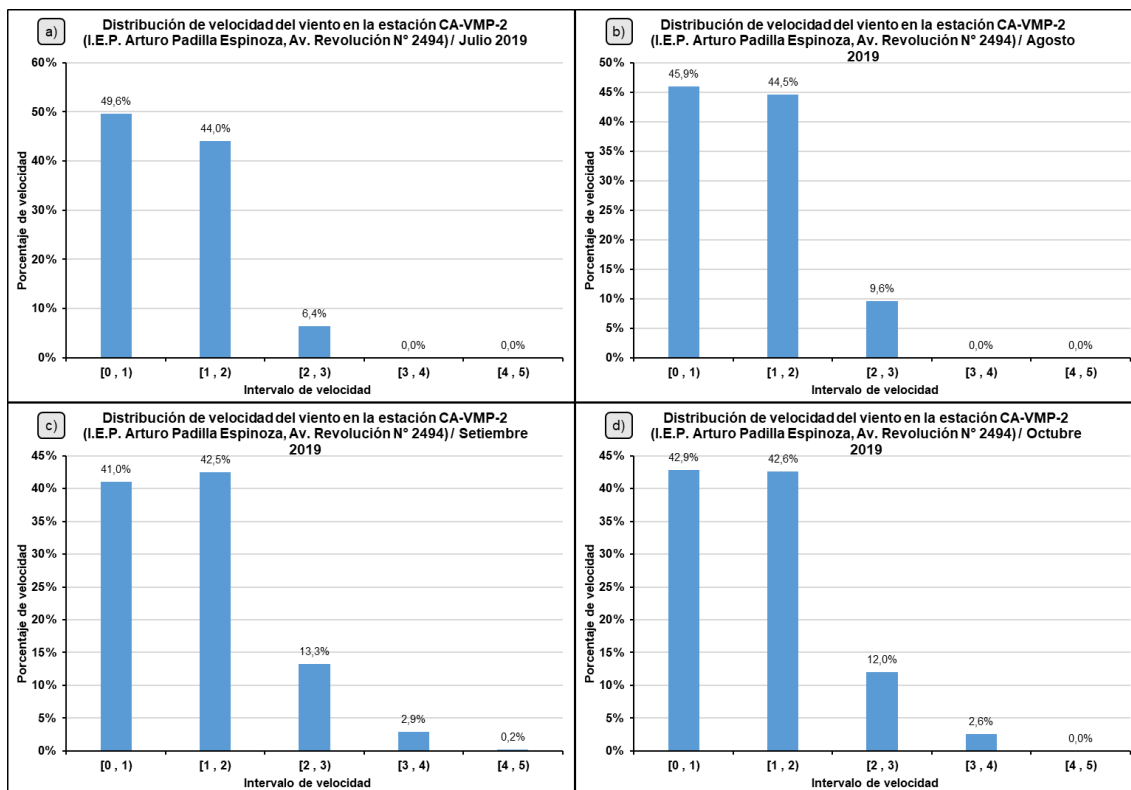


Figura 7.9. Distribución de frecuencias de las velocidades del viento en el punto de muestreo CA-VMP-2, en los meses 2019: a) julio, b) agosto, c) setiembre y d) octubre.

En la Figura 7.14 se presenta la distribución de frecuencias de las velocidades del viento del punto de muestreo CA-VMP-6 en el área de estudio de manera mensual (enero a abril 2019), donde se observa que se presentan en mayor frecuencia vientos menores a 1 m/s que representaron el 55,0 %, 48,9 %, 61,5 % y 52,9 % de veces ocurridos para los meses de enero a abril de 2019 respectivamente; seguido de velocidades en el rango de 1 m/s a 2 m/s que representan el 33,3 %, 32 %, 27,5 % y 40,5 % para los meses de enero a abril de 2019 respectivamente; y también seguido por velocidades comprendidas entre 2 m/s y 3 m/s con el 11,6 %, 19,1 %, 10,8 % y 6,5 % de enero a abril de 2019 respectivamente. Las velocidades comprendidas entre 3 m/s y 4 m/s solo se dieron en el mes de marzo de 2019 con el 0,3 % de veces ocurridos. No se presentaron velocidades en el rango de 4 m/s y 5 m/s.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

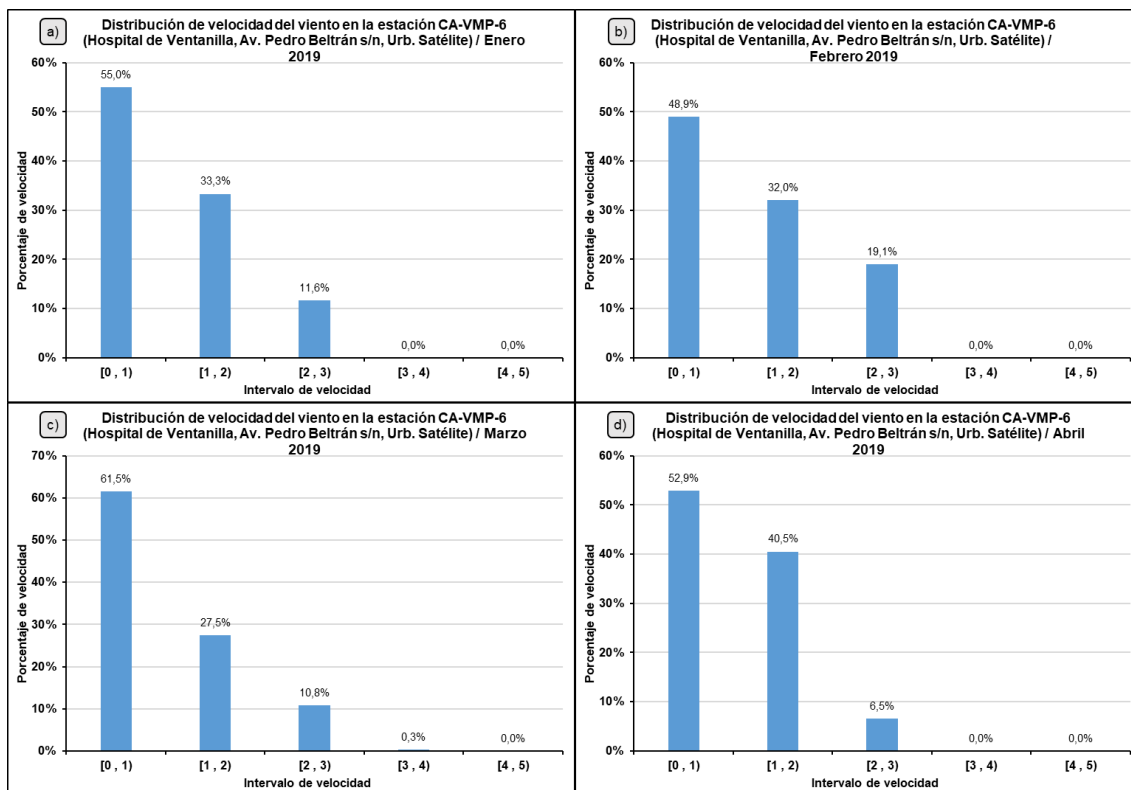


Figura 7.10. Distribución de frecuencias de las velocidades del viento en el punto de muestreo CA-VMP-6, en los meses 2019: a) enero, b) febrero, c) marzo y d) abril.

En la Figura 7.15 se presenta un resumen de las gráficas de las rosas de vientos de enero a octubre de 2019 para el punto de muestreo CA-VMP-1 y en las Figuras 7.16 y 7.17 la distribución de frecuencias de dirección del viento de enero a octubre de 2019 en el punto de muestreo CA-VMP-1.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Estación CA-VMP-1

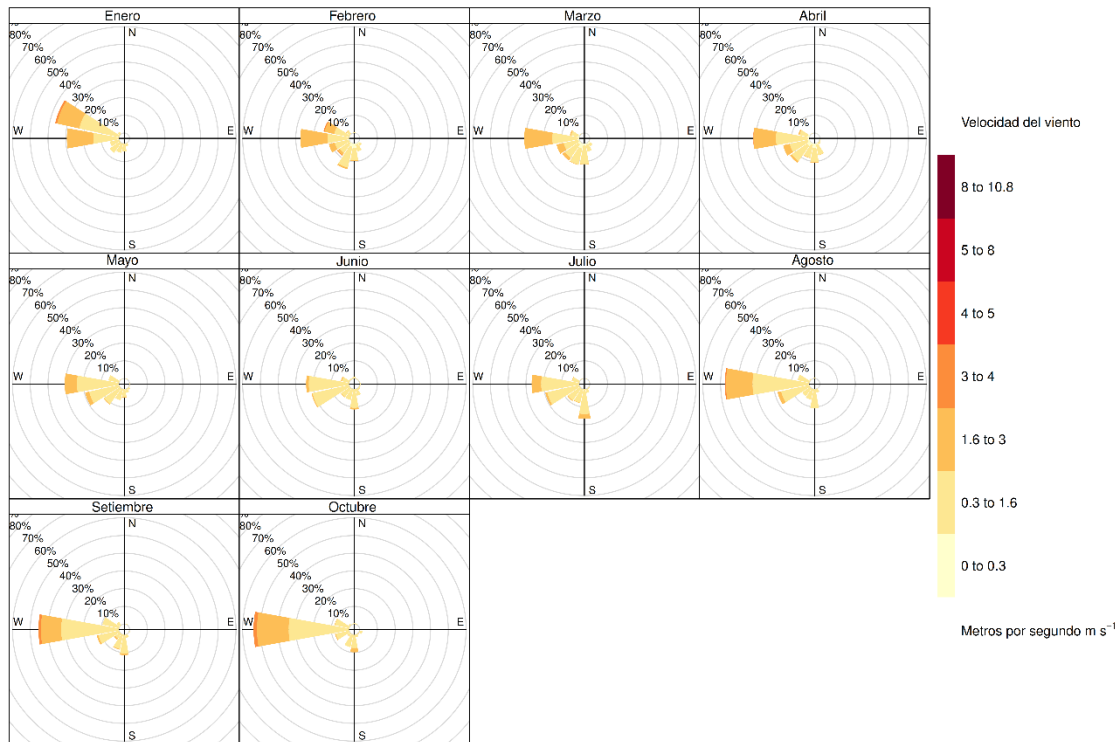


Figura 7.15. Rosas de vientos de enero a octubre de 2019 de la estación o punto de muestreo CA-VMP-1.

En la Figura 7.16 se observa que en los meses de marzo a junio de 2019 se presentó una mayor frecuencia de ocurrencia de vientos provenientes del oeste (W) con 31,6 %, 29,3 %, 32,5 % y 27,5 % respectivamente, seguido por vientos que provenían del oeste suroeste (WSW) con 13,4 %, 16,9 %, 22,4 % y 24,6 % respectivamente. En el mes de enero de 2019 la mayor frecuencia de ocurrencia de vientos fueron los provenientes del oeste noroeste (WNW) seguido por vientos del oeste (W) con 37,1 % y 31,7 % respectivamente. Con respecto a febrero de 2019 la mayor frecuencia de vientos fue la proveniente del oeste (W) con 27,5 %. Lo antes mencionado se ve reflejado en los pétalos de las rosas de viento de marzo a junio de 2019 (Figura 7.15) que indicaban predominancia de vientos del oeste (W) seguido por vientos del oeste suroeste (WSW).

En la Figura 7.17 se observa que en los meses de julio a octubre de 2019 se presentó una mayor frecuencia de ocurrencia de vientos provenientes del oeste (W) con 30,2 %, 48,3 %, 45,6 % y 29,3 % respectivamente, seguido por vientos que provenían del oeste suroeste (WSW) con 22,3 %, 18,4 %, 13,8 % y 16,9 % respectivamente. Lo antes señalado se ve reflejado en los pétalos de las rosas de viento de julio a octubre de 2019 (Figura 7.15) que indicaban predominancia de vientos del oeste (W) seguido por vientos del oeste suroeste (WSW).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

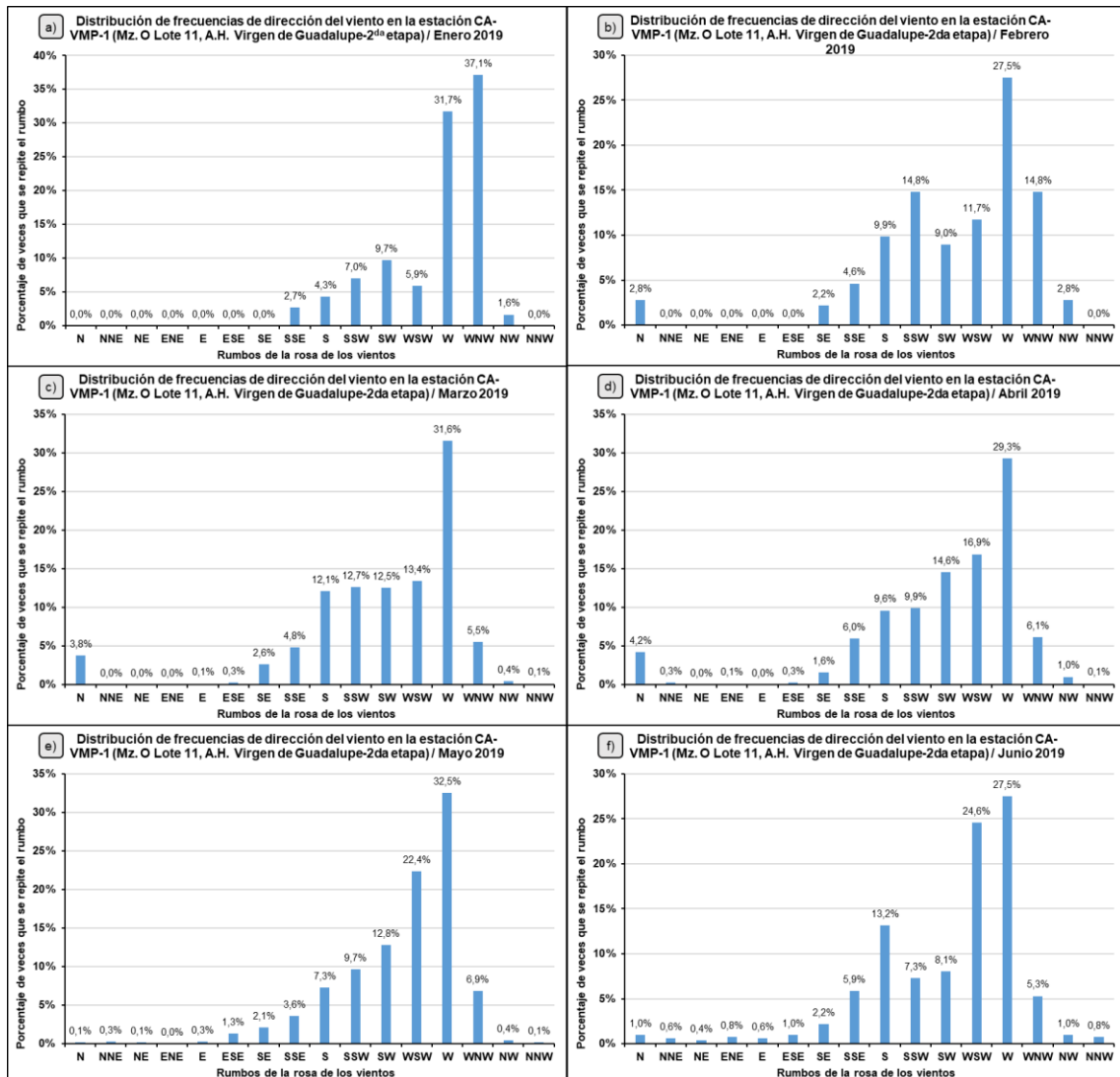


Figura 7.11. Distribución de frecuencias del viento de enero a junio de 2019 en la estación o punto de muestreo CA-VMP-1.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

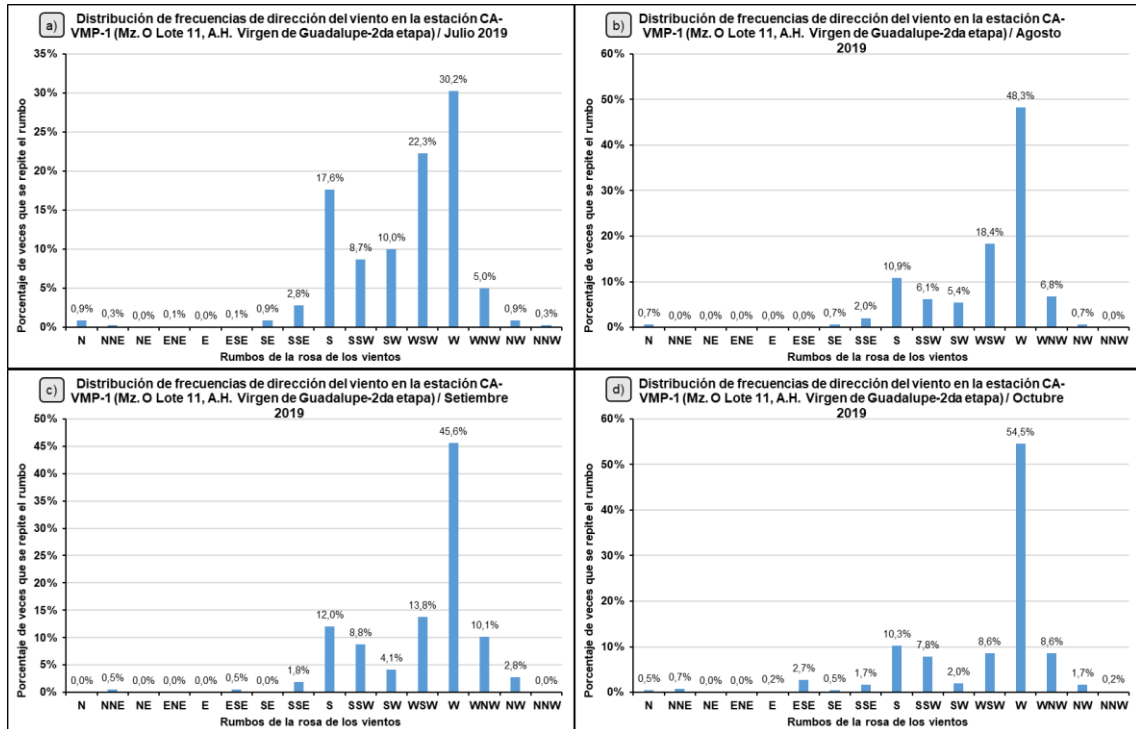


Figura 7.12. Distribución de frecuencias del viento de julio a octubre de 2019 en la estación o punto de muestreo CA-VMP-1.

En la Figura 7.18 se presenta un resumen de las gráficas de las rosas de vientos de julio a octubre de 2019 para el punto de muestreo CA-VMP-2 y en la Figura 7.19 la distribución de frecuencias de la dirección del viento de julio a octubre de 2019 en la estación o punto de muestreo CA-VMP-2.

En la Figura 7.19 se observa que en los meses de julio a octubre de 2019 se presentó una mayor frecuencia de ocurrencia de vientos provenientes del oeste suroeste (WSW) con 34,1 %, 43,7 %, 34,9 % y 34,2 % respectivamente, seguido por vientos que provenían del suroeste (SW) con 22,8 %, 27,5 %, 23,3 % y 27,7 % respectivamente. Lo antes señalado se ve reflejado en los pétalos de las rosas de viento de julio a octubre de 2019 (Figura 7.18) que indicaban predominancia de vientos del oeste suroeste (WSW) seguido por vientos del suroeste (SW).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Estación CA-VMP-2

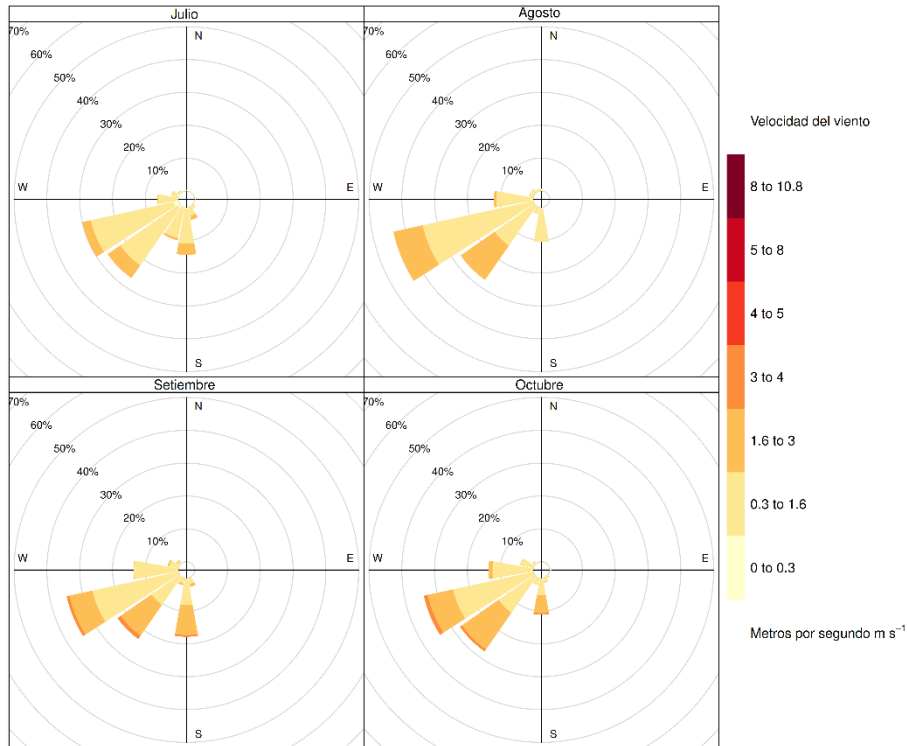


Figura 7.13. Rosas de vientos de julio a octubre de 2019 de la estación o punto de muestreo CA-VMP-2.

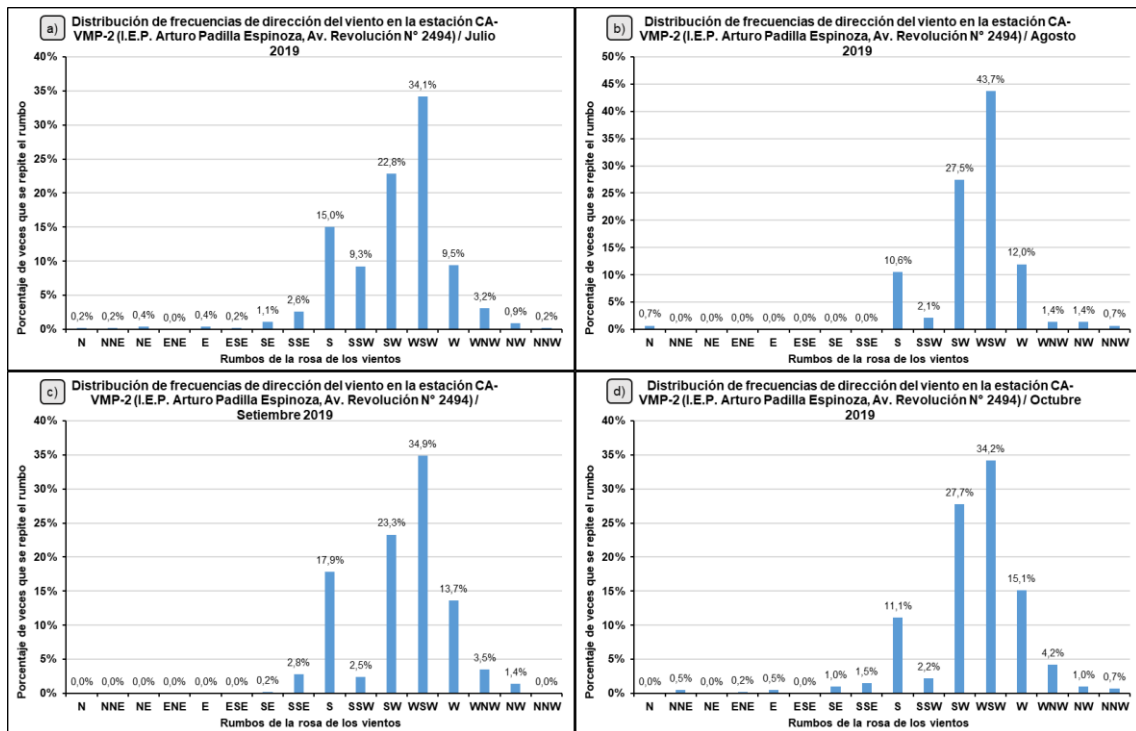


Figura 7.14. Distribución de frecuencias de direcciones del viento de julio a octubre de 2019 en la estación o punto de muestreo CA-VMP-2.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
 Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

En la Figura 7.20 se presenta un resumen de las gráficas de las rosas de vientos de enero a abril de 2019 para el punto de muestreo CA-VMP-6 y en la Figura 7.21 la distribución de frecuencias de la dirección del viento de enero a abril de 2019 del punto de muestreo (estación) CA-VMP-6.

En la Figura 7.21 se observa que en los meses de enero a abril de 2019 se presentó una mayor frecuencia de ocurrencia de vientos provenientes del oeste (W) con 30,2 %, 23,4 %, 31,6 % y 30,2 % respectivamente, seguido por vientos que provenían del suroeste (SW) para los meses de febrero y abril de 2019, con 19,1 % y 20,5 %; para el mes de enero de 2019 por vientos del oeste noroeste (WNW) con 14,8 %, y para el mes de marzo de 2019 por vientos provenientes del oeste suroeste (WSW) con 13,4 %. Lo antes señalado se ve reflejado en los pétalos de las rosas de viento de enero a junio (Figura 7.20) que indicaban predominancia de vientos del oeste (W).

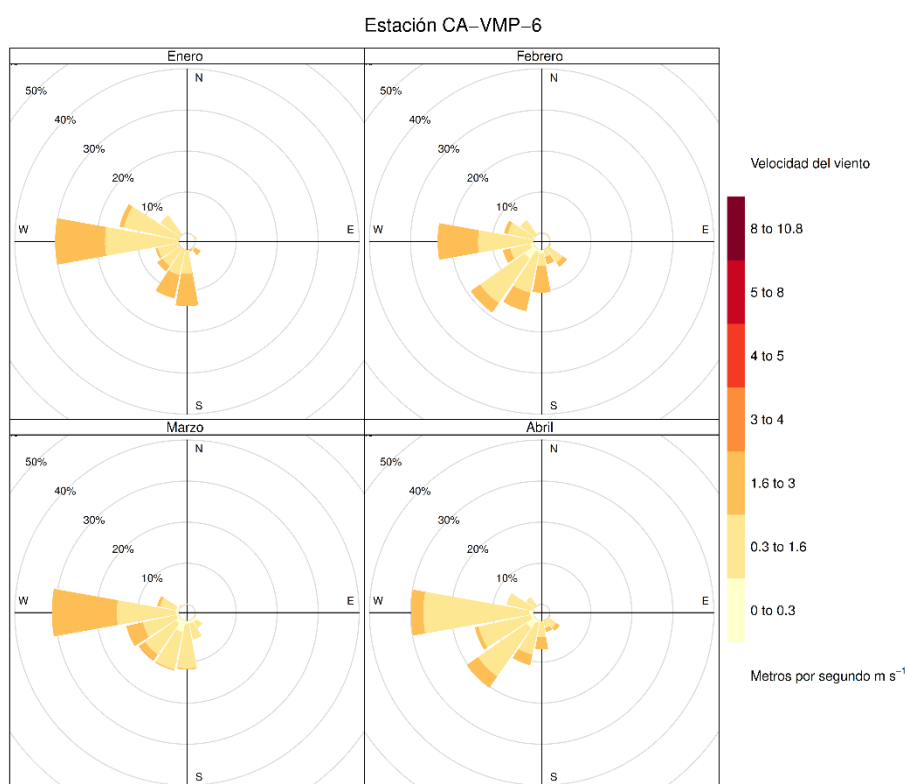


Figura 7.15. Rosas de vientos de enero a junio de 2019 de la estación o punto de muestreo CA-VMP-6.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

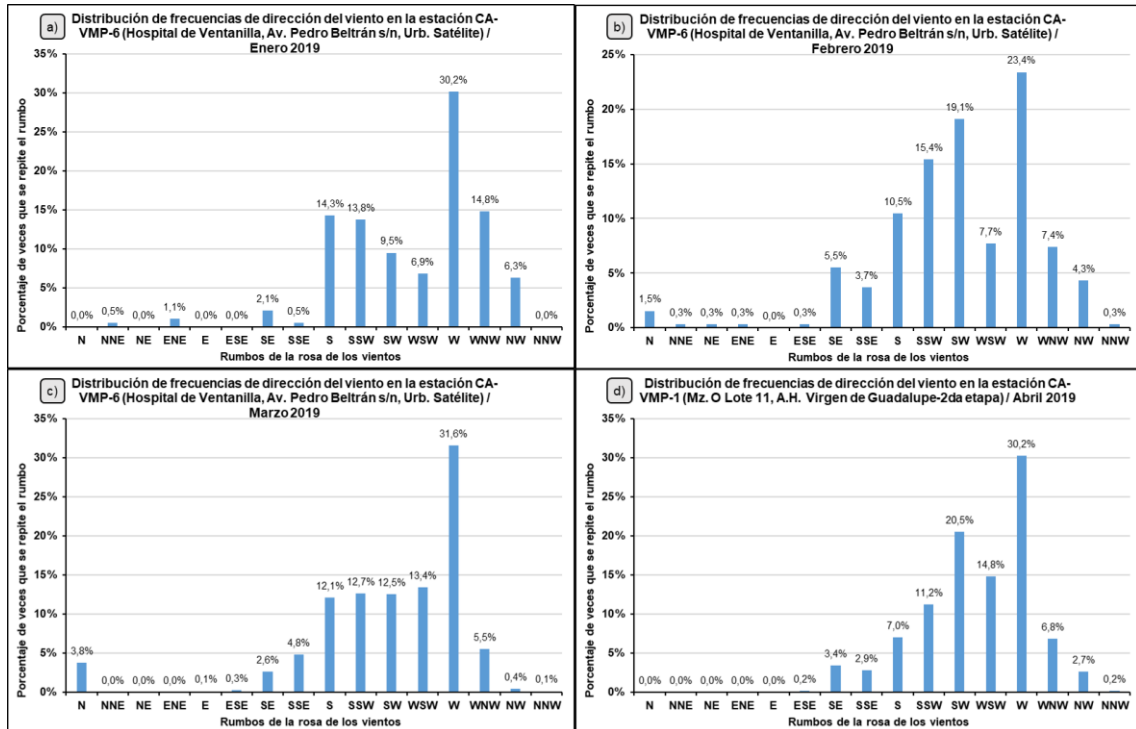


Figura 7.16. Distribución de frecuencias del viento de enero a abril de 2019 en la estación o punto de muestreo CA-VMP-6.

7.3.2. Factor de enriquecimiento

En este apartado se presenta los factores de enriquecimiento (FE) de metales en el material particulado.

Uno de los insumos para calcular el FE, es la concentración de los niveles de fondo de los metales (es decir la concentración de metales en suelos no impactados por las actividades de la zona industrial en estudio); los cuales fueron determinados en el Informe N° 029-2017-OEFA/DE-SDLB-CEAPIO. Asimismo, un segundo insumo para calcular el FE, son los resultados de las concentraciones de metales en el material particulado. A partir de estos es que se obtiene el factor de enriquecimiento para un determinado metal.

Asimismo, cabe recordar según lo descrito en el apartado de metodología (6.2.5) que este factor de enriquecimiento, se encuentra normalizado por un metal de referencia que corresponda a los que presentan mayor abundancia en la corteza terrestre (i.e hierro, silicio, aluminio); en nuestro caso en particular de acuerdo a los resultados obtenidos de la especiación química en aire y de acuerdo a Balasubramanian & Qian (2004), Chatterjee et al. (2007), Wac et al. (2011) y Linlin et al. (2017) es que se ha decidido escoger como elemento de referencia el aluminio (Al).

En la Tabla 7.4 se muestra los resultados obtenidos de los factores de enriquecimiento por cada metal (en PM₁₀) y por punto de monitoreo, evaluado durante el monitoreo de calidad del aire.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Tabla 7.4. Factores de enriquecimiento (FE) teniendo como referencia al aluminio en los puntos de muestreos CA-VMP-1, CA-VMP-2, CA-VMP-7 y CA-VMP-6.

| Punto de muestreo | Factores de Enriquecimiento (FE) de los metales de interés | | | | | | | | | | | |
|-------------------|--|------|-------|------|-------|-----|------|-------|------|------|-----|------|
| | Al | Ba | Cd | Cr | Cu | Fe | Ni | Pb | Sb | B | V | Zn |
| Enero 2019 | | | | | | | | | | | | |
| CA-VMP-1 | 1,0 | 4,6 | 145,6 | 36,2 | 123,3 | 0,6 | 16,3 | 173,0 | 34,0 | 6,2 | 2,1 | 24,7 |
| CA-VMP-2 | 1,0 | 5,2 | 352,8 | 41,4 | 92,2 | 0,6 | 12,9 | 88,5 | 7,6 | 2,6 | 2,0 | 25,8 |
| CA-VMP-7 | 1,0 | 4,6 | 44,5 | 40,8 | 53,5 | 0,6 | 23,3 | 48,3 | 10,8 | 1,6 | 2,0 | 26,3 |
| CA-VMP-6 | 1,0 | 5,7 | 7,9 | 69,6 | 27,5 | 0,8 | 15,5 | 36,3 | - | - | 2,8 | 19,6 |
| Febrero 2019 | | | | | | | | | | | | |
| CA-VMP-1 | 1,0 | 6,1 | 118,2 | 17,1 | 110,5 | 0,6 | 23,4 | 265,3 | 43,9 | 47,6 | 3,4 | 23,7 |
| CA-VMP-2 | 1,0 | 6,7 | 349,3 | 12,4 | 94,0 | 0,6 | 18,9 | 153,2 | 5,0 | 35,7 | 2,9 | 24,7 |
| CA-VMP-7 | 1,0 | 5,4 | 7,0 | 13,1 | 51,2 | 0,6 | 19,9 | 61,9 | - | - | 2,8 | 18,0 |
| CA-VMP-6 | 1,0 | 5,2 | 6,5 | 13,6 | 29,2 | 0,6 | 15,7 | 30,3 | - | - | 2,8 | 16,2 |
| Marzo 2019 | | | | | | | | | | | | |
| CA-VMP-1 | 1,0 | 4,3 | 86,7 | 11,7 | 87,1 | 0,5 | 11,6 | 182,5 | 6,8 | 7,4 | 3,6 | 17,2 |
| CA-VMP-2 | 1,0 | 4,4 | 204,7 | 11,4 | 88,8 | 0,5 | 7,1 | 84,7 | - | 2,4 | 2,6 | 14,2 |
| CA-VMP-7 | 1,0 | 5,0 | 9,6 | 13,6 | 49,0 | 0,6 | 14,2 | 70,4 | - | - | 4,1 | 19,6 |
| CA-VMP-6 | 1,0 | 5,9 | - | 17,6 | 31,6 | 0,6 | 10,2 | 43,8 | - | - | 4,6 | 21,9 |
| Abril 2019 | | | | | | | | | | | | |
| CA-VMP-1 | 1,0 | 4,8 | 155,4 | 18,2 | 97,7 | 0,6 | 19,1 | 296,8 | 19,4 | 15,5 | 3,5 | 27,4 |
| CA-VMP-2 | 1,0 | 4,8 | 383,2 | 17,1 | 73,9 | 0,6 | 8,2 | 112,9 | - | 20,8 | 2,1 | 19,1 |
| CA-VMP-7 | 1,0 | 5,2 | 11,5 | 22,8 | 54,7 | 0,6 | 26,4 | 93,9 | - | - | 3,6 | 25,4 |
| CA-VMP-6 | 1,0 | 6,4 | - | 27,7 | 43,2 | 0,6 | 17,8 | 62,4 | - | - | 3,9 | 20,5 |
| Mayo 2019 | | | | | | | | | | | | |
| CA-VMP-1 | 1,0 | 6,7 | 130,2 | 19,1 | 119,9 | 0,6 | 20,0 | 201,9 | - | 14,6 | 4,3 | 22,0 |
| CA-VMP-2 | 1,0 | 6,6 | 275,2 | 14,4 | 182,2 | 0,5 | 3,4 | 87,6 | - | 7,7 | 2,0 | 16,6 |
| CA-VMP-7 | 1,0 | 7,0 | - | 16,5 | 64,1 | 0,5 | 18,1 | 92,3 | - | - | 3,9 | 18,4 |
| CA-VMP-6 | 1,0 | 7,9 | - | 23,0 | 36,5 | 0,6 | 2,0 | 24,4 | - | - | 1,3 | 21,4 |
| Junio 2019 | | | | | | | | | | | | |
| CA-VMP-1 | 1,0 | 8,4 | 14,9 | 45,4 | 104,0 | 0,7 | 13,8 | 229,1 | - | 16,4 | 3,0 | 29,5 |
| CA-VMP-2 | 1,0 | 10,5 | 487,2 | 45,6 | 248,7 | 0,7 | 2,8 | 272,8 | - | 3,3 | 2,1 | 35,3 |
| CA-VMP-7 | 1,0 | 9,3 | - | 42,1 | 62,2 | 0,7 | 19,2 | 93,3 | - | - | 3,4 | 30,5 |
| Julio 2019 | | | | | | | | | | | | |
| CA-VMP-1 | 1,0 | 6,2 | 12,4 | 20,2 | 61,5 | 0,6 | - | 148,1 | - | 9,1 | 1,8 | 17,5 |
| CA-VMP-2 | 1,0 | 12,0 | 252,6 | 39,7 | 195,6 | 0,7 | - | 327,9 | - | 7,3 | 1,9 | 19,1 |
| CA-VMP-7 | 1,0 | 8,0 | - | 17,7 | 41,7 | 0,6 | 1,8 | 88,2 | - | 0,0 | 2,6 | 21,2 |
| Agosto 2019 | | | | | | | | | | | | |
| CA-VMP-1 | 1,0 | 7,1 | 24,0 | 4,6 | 150,3 | 0,5 | 1,8 | 185,1 | - | 2,8 | 2,5 | 27,9 |
| CA-VMP-2 | 1,0 | 9,4 | 188,8 | 3,6 | 165,9 | 0,5 | - | 164,2 | - | - | 1,9 | 17,2 |
| CA-VMP-7 | 1,0 | 7,9 | - | 5,0 | 46,7 | 0,6 | 2,2 | 68,9 | - | - | 2,6 | 34,0 |
| CA-VMP-6 | 1,0 | 8,5 | - | 4,9 | 65,9 | 0,6 | - | 33,3 | - | - | 1,9 | 21,6 |
| Setiembre 2019 | | | | | | | | | | | | |
| CA-VMP-1 | 1,0 | 7,0 | - | - | 289,8 | 0,5 | - | 188,8 | - | 2,2 | 2,2 | 19,5 |
| CA-VMP-2 | 1,0 | 9,7 | 947,0 | 0,4 | 230,8 | 0,5 | - | 171,3 | - | - | 1,4 | 29,8 |
| CA-VMP-7 | 1,0 | 7,6 | - | - | 39,5 | 0,6 | 3,8 | 43,3 | - | - | 2,2 | 16,7 |
| CA-VMP-6 | 1,0 | 8,8 | - | - | 32,0 | 0,5 | - | 21,0 | - | - | 1,8 | 17,9 |
| Octubre 2019 | | | | | | | | | | | | |
| CA-VMP-1 | 1,0 | 8,6 | - | - | 260,7 | 0,6 | - | 215,3 | - | 4,9 | 2,8 | 17,2 |
| CA-VMP-2 | 1,0 | 8,1 | 395,6 | - | 102,0 | 0,5 | - | 80,8 | - | - | 2,1 | 14,0 |
| CA-VMP-7 | 1,0 | 11,0 | - | - | 56,6 | 0,6 | - | 45,6 | - | - | 2,2 | 13,2 |
| CA-VMP-6 | 1,0 | 12,5 | - | - | 34,0 | 0,6 | - | 64,9 | - | - | 2,6 | 21,7 |

De la tabla anterior se puede observar que los metales que presentaron un factor de enriquecimiento mayor a 10, tomando como referencia al aluminio, fueron los siguientes:

- ✓ Enero 2019: cromo, cobre, níquel, plomo y zinc para los cuatro puntos de muestreo, cadmio en los puntos CA-VMP-1, CA-VMP-2 y CA-VMP-7, y antimonio en los puntos de muestreo CA-VMP-1 y CA-VMP-7.
- ✓ Febrero 2019: cromo, cobre, níquel, plomo y zinc en todos los puntos de muestreo, cadmio en los puntos CA-VMP-1 y CA-VMP-2, antimonio en el punto de muestreo CA-VMP-1, y boro en los puntos de muestreo CA-VMP-1 y CA-VMP-2.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

- ✓ Marzo 2019: cromo, cobre, plomo y zinc en los cuatro puntos de muestreo, cadmio en los puntos de muestreos CA-VMP-1 y CA-VMP-2, y níquel en los puntos de muestreos CA-VMP-1, CA-VMP-7 y CA-VMP-6.
- ✓ Abril 2019: cromo, cobre, plomo y zinc en cuatro puntos de muestreo, cadmio en los puntos de muestreo CA-VMP-1, CA-VMP-2 y CA-VMP-7, níquel en los puntos de muestreo CA-VMP-1, CA-VMP-7 y CA-VMP-6, antimonio en el punto de muestreo CA-VMP-1, y boro en los puntos de muestreos CA-VMP-1 y CA-VMP-2.
- ✓ Mayo 2019: cromo, cobre, plomo y zinc en los cuatro puntos de muestreo, cadmio en los puntos de muestreo CA-VMP-1 y CA-VMP-2, níquel en los puntos de muestreo CA-VMP-1 y CA-VMP-7, y boro en el punto de muestreo CA-VMP-1.
- ✓ Junio 2019: cromo, cobre, plomo y zinc en los cuatro puntos de muestreo, bario en el punto de muestreo CA-VMP-2, cadmio en los puntos de muestreo CA-VMP-1 y CA-VMP-2, níquel en los puntos de muestreo CA-VMP-1 y CA-VMP-7, y boro en el punto de muestreo CA-VMP-1.
- ✓ Julio 2019: cromo, cobre, plomo y zinc en los tres puntos de muestreo, bario en el punto de muestreo CA-VMP-2, y cadmio en los puntos de muestreo CA-VMP-1 y CA-VMP-2.
- ✓ Agosto 2019: cobre, plomo y zinc en todos los puntos de muestreo, y cadmio en los puntos de muestreo CA-VMP-1 y CA-VMP-2.
- ✓ Setiembre 2019: cobre, plomo y zinc en los cuatro puntos de muestreo, y cadmio en el punto de muestreo CA-VMP-2.
- ✓ Octubre 2019: cobre, plomo y zinc en los todos los puntos de muestreo, bario en los puntos de muestreo CA-VMP-7 y CA-VMP-6, y cadmio en el punto de muestreo CA-VMP-2.

8. DISCUSIÓN

Calidad de Suelo

El pH en las áreas de potencial interés en su mayoría presentó una clasificación moderadamente básica y en algunos casos (CS-AP y CS-K4) medianamente básica de acuerdo a la clasificación USDA; no obstante, en el API de la zona industrial: CS-ZI- A, CS-ZI-B y CS-ZI-C presentó valores de pH más bajos en el área de estudio, pasando de moderadamente y medianamente básico a neutro, respectivamente (Figura 8.1).

Dado que el pH es uno de los parámetros de más influencia en la reactividad del suelo y en la movilidad de los contaminantes (Sánchez, 2003). Gerriste *et al.* (1984), Naidu *et al.* (1994) estudiaron el pH en suelo concluyendo que en general los suelos de pH más básicos presentan adsorción más fuerte para los metales pesados que los suelos más ácidos, esto se observó también en los estudios realizados de adsorción de cadmio y plomo en suelos, en donde los pH más básicos presentaron mayor retención de los metales (Hooda y Alloway, 1994a, 1994b, 1998).

Sánchez (2003) y Galán *et al.* (2008) señalaron que la mayor disponibilidad de los metales pesados se da en pH ácidos a excepción hecha de arsénico, molibdeno, selenio y cromo, los cuales presentan mayor disponibilidad en suelos de pH alcalino.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

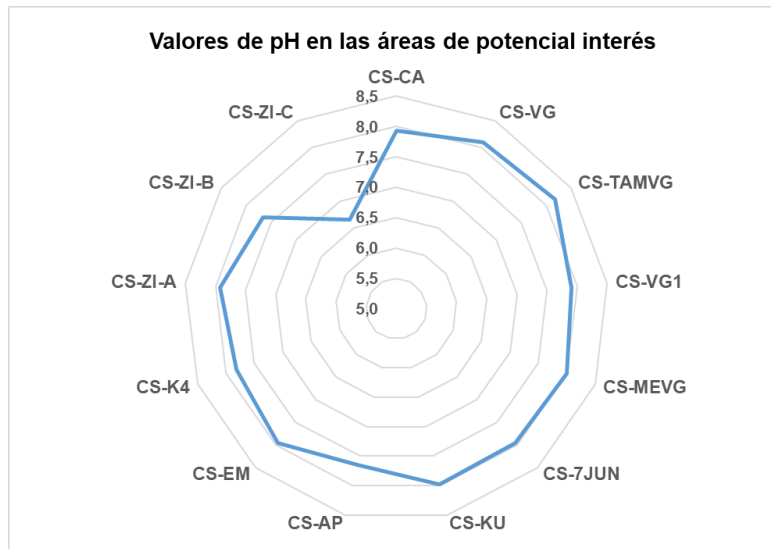


Figura 8.1. Diagrama de resultados de potencial de hidrógeno (pH) en las áreas de potencial interés de calidad de suelo

En relación a las clases texturales de las áreas de potencial interés se encuentran representadas en la Figura 7.7 (apartado 7.1.4. Análisis granulométrico), donde se observa que los suelos presentaron más de 70% de arena, lo que corresponde a su condición desértica. Respecto a lo anterior Galán *et al*, 2008 y Sánchez, 2003 coinciden en señalar que los suelos arenosos carecen de capacidad de fijación de metales pesados y pueden pasar rápidamente al nivel freático, por el contrario, las arcillas tienden a adsorber los metales pesados.

En las Figuras 8.2. y 8.3 se presentan los mapas conceptuales de ubicación de los puntos de muestreo de suelo que excedieron los ECA para suelo tanto para uso residencial como industrial respectivamente.



Figura 8.2. Mapa conceptual de la ubicación de los puntos de muestreo de suelo que excedieron los ECA para suelo en las zonas de uso residencial/parques en los distritos de Ventanilla y Mi Perú.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

En la Figura 8.2 se visualiza que las API A.H. Las Casuarinas, terreno adyacente al mercado Virgen de Guadalupe, mercado Virgen de Guadalupe y la I.E.P. Arturo Padilla Espinoza fueron las zonas que presentaron mayores concentraciones de metales, excediendo los ECA para suelo de uso residencial/parques en plomo, cadmio y arsénico.

Adicionalmente, en el punto de muestreo de polvo sedimentable PS-5 el cadmio superó hasta en 799 % más del valor del ECA para suelo de uso residencial/parques de manera referencial. En el caso del plomo, las excedencias en los puntos de muestreo PS-4 y PS-5 fueron de 2530,71 % y de 4788,57 % respectivamente.

En ese sentido y de acuerdo al mapa conceptual se precisa que la calidad del suelo en estas API (de uso residencial) se ven impactadas de manera directa por las actividades de la zona industrial de Ventanilla, principalmente la Institución Educativa Arturo Padilla con cadmio y las API mercado Virgen de Guadalupe, terreno adyacente al mercado Virgen de Guadalupe y los A.H. Virgen de Guadalupe y Las Casuarinas con plomo.

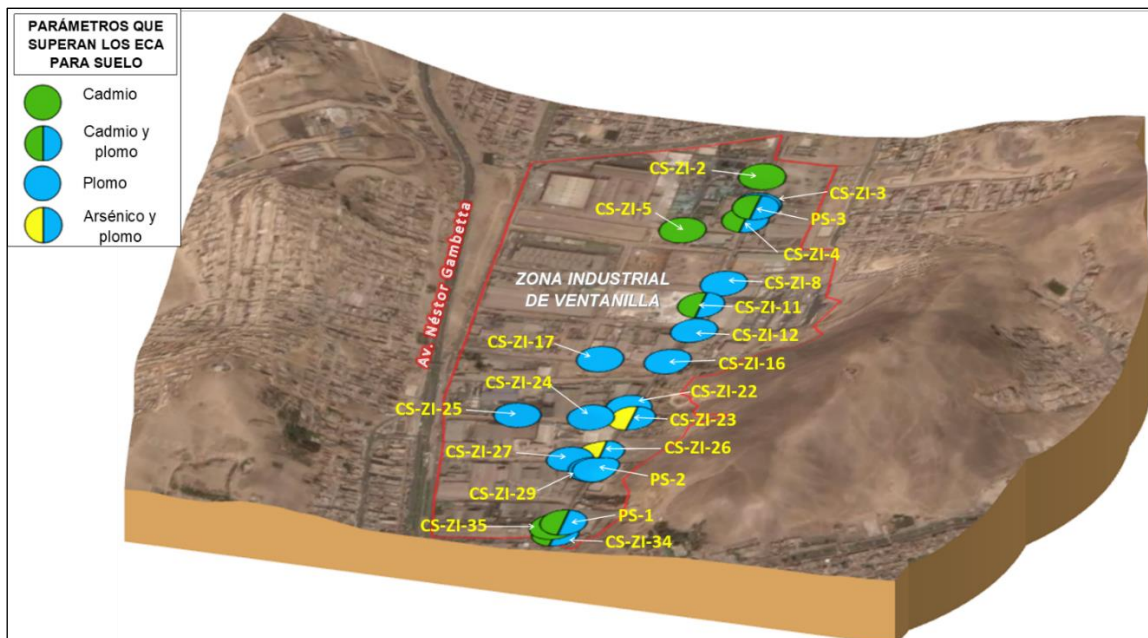


Figura 8.3. Mapa conceptual de la ubicación de los puntos de muestreo de suelo que excedieron los ECA para suelo de uso comercial/industrial/extractivo en la zona industrial de Ventanilla.

En la Figura 8.3 se visualiza que el API Zona Industrial presentaron concentraciones de metales, excediendo los ECA para suelo de uso comercial/industrial/extractivo en plomo, cadmio y arsénico, los mismos metales que se han presentado en la zona residencial contenidos en la Figura 8.2. Del mapa conceptual se verifica que las concentraciones de dichos metales se centran principalmente a lo largo de la Avenida de La Revolución, avenida principal que alberga a los diferentes rubros industriales.

Asimismo, los puntos de muestreo de polvo sedimentable PS-1, PS-2 y PS-3 presentaron excedencias en plomo de 25,12 %, 255.25 % y 1304.0 % más del valor del ECA para suelo de uso comercial/industrial/extractivo de manera referencial. En el caso de cadmio las excedencias del ECA para suelo de manera referencial en los puntos de muestreo superaron a 160.45 % para el PS-1 y de 344.0 % para el PS-3. Cabe recalcar, que las mayores concentraciones de plomo en polvo sedimentable se encuentran alrededor de la empresa ETNA S.A.



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Más del 50 % de los puntos de muestreo obtenidos en la zona industrial presentaron excedencias a los estándares, por lo que resulta indudable que estos metales son generados en las fuentes industriales de la zona industrial de Ventanilla.

El suelo y el polvo sedimentable en las vías de tránsito, es un sumidero de contaminantes en las ciudades, como los metales pesados, donde el contacto y la ingestión de partículas provenientes, pueden traer graves problemas para la salud (Zheng et al., 2010; Acosta et al., 2014). Con base a lo anterior, el monitoreo de vías de tránsito que se encuentran en zonas industriales, debe ser una tarea prioritaria en los programas de salud pública y de gestión del riesgo (Nazzari et al., 2012).

Calidad del Aire

Con los resultados de calidad del aire presentados en los informes mensuales, también descritos en los antecedentes, se generó una línea de tiempo de PM₁₀ y de metales en material particulado (plomo y cadmio). Cabe recordar que esta información se encuentra en los informes mensuales de la vigilancia ambiental, que a su vez están adjuntos al presente informe (Anexo 5).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

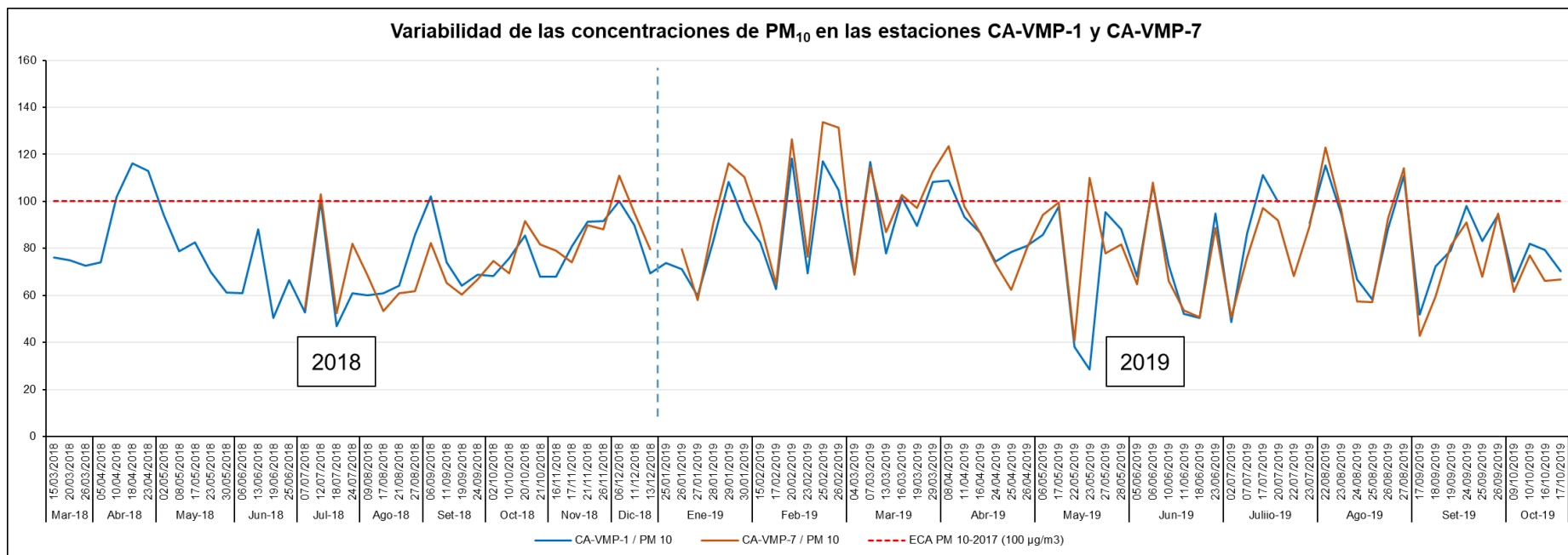


Figura 8.4. Línea de tiempo de las concentraciones de material particulado (PM₁₀) en las estaciones CA-VMP-1 y CA-VMP-7 en el período de monitoreo de marzo 2018 a octubre 2019.

En la Figura 8.4 se presenta el comportamiento del material particulado menor a 10 micras (PM₁₀) obtenido de la vigilancia ambiental de calidad del aire durante los años 2018 (marzo a diciembre) y 2019 (enero a octubre) en las estaciones de muestreo CA-VMP-1 y CA-VMP-7 (ambos a sotavento). De los resultados se observa que se ha superado el ECA para aire en ambas estaciones en los años 2018 y 2019, presentándose mayores concentraciones en este último año y con mayor frecuencia en la estación CA-VMP-7. Cabe precisar que durante el 2019 los valores en ambas estaciones presentaron un mayor porcentaje de superación del ECA para aire, con respecto al año 2018.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

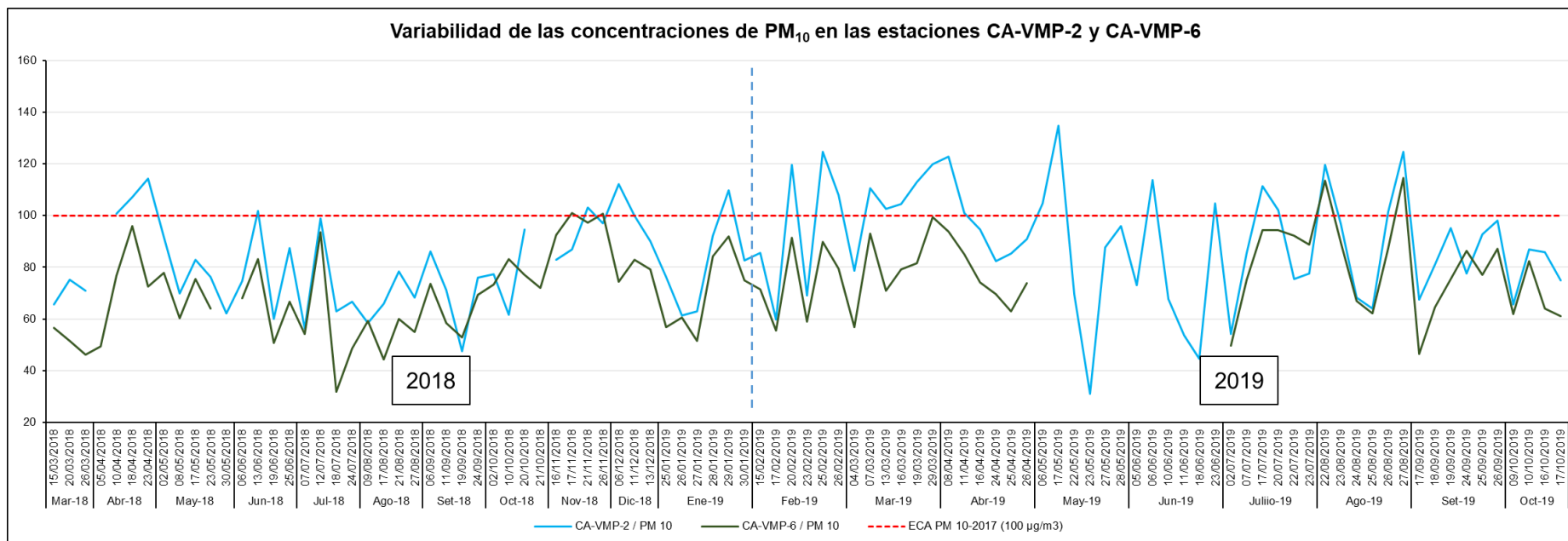


Figura 8.5. Línea de tiempo de las concentraciones de material particulado (PM₁₀) en las estaciones CA-VMP-2 y CA-VMP-6 en el período de monitoreo de marzo 2018 a octubre 2019.

En la Figura 8.5. se presenta el comportamiento del material particulado menor a 10 micras (PM₁₀) obtenido de la vigilancia ambiental de calidad del aire durante los años 2018 (marzo a diciembre) y 2019 (enero a octubre) en las estaciones CA-VMP-2 (a sotavento) y CA-VMP-6 (a barlovento). De los resultados se observa que se ha superado el ECA para aire en ambas estaciones en los años 2018 y 2019, presentándose mayores concentraciones en este último año y con mayor frecuencia en la estación CA-VMP-2. Cabe precisar que durante el 2019 los valores en ambas estaciones presentaron un mayor porcentaje de superación del ECA para aire, con respecto al año 2018.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

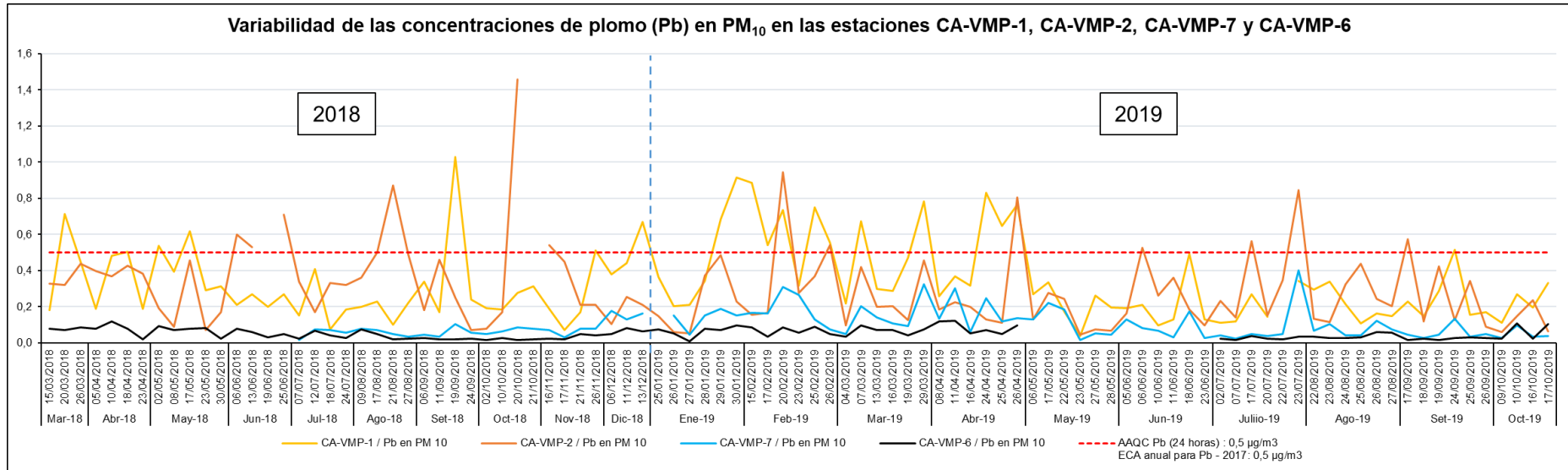


Figura 8.6. Línea de tiempo de las concentraciones de plomo en PM₁₀ en las estaciones CA-VMP-1, CA-VMP-2, CA-VMP-7 y CA-VMP-6 en el período de monitoreo de marzo 2018 a octubre 2019.

En la Figura 8.6 se presenta el comportamiento del plomo (Pb) en material particulado menor a 10 micras (PM₁₀) obtenido de la vigilancia ambiental de calidad del aire durante los años 2018 (marzo a diciembre) y 2019 (enero a octubre) en las estaciones a sotavento CA-VMP-1, CA-VMP-2, CA-VMP-7 y CA-VMP-6 a barlovento. De los resultados se observa que se ha superado la normativa referencial canadiense para aire y el ECA aire anual para Pb, en las estaciones de muestreo CA-VMP-1 y CA-VMP-2 ubicadas en el A.H. Virgen de Guadalupe y la I.E.P. Arturo Padilla Espinoza respectivamente. Cabe señalar, que se ha realizado una comparación referencial con el ECA para aire anual de Pb en PM₁₀ 0.5 µg/m³ (2017).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

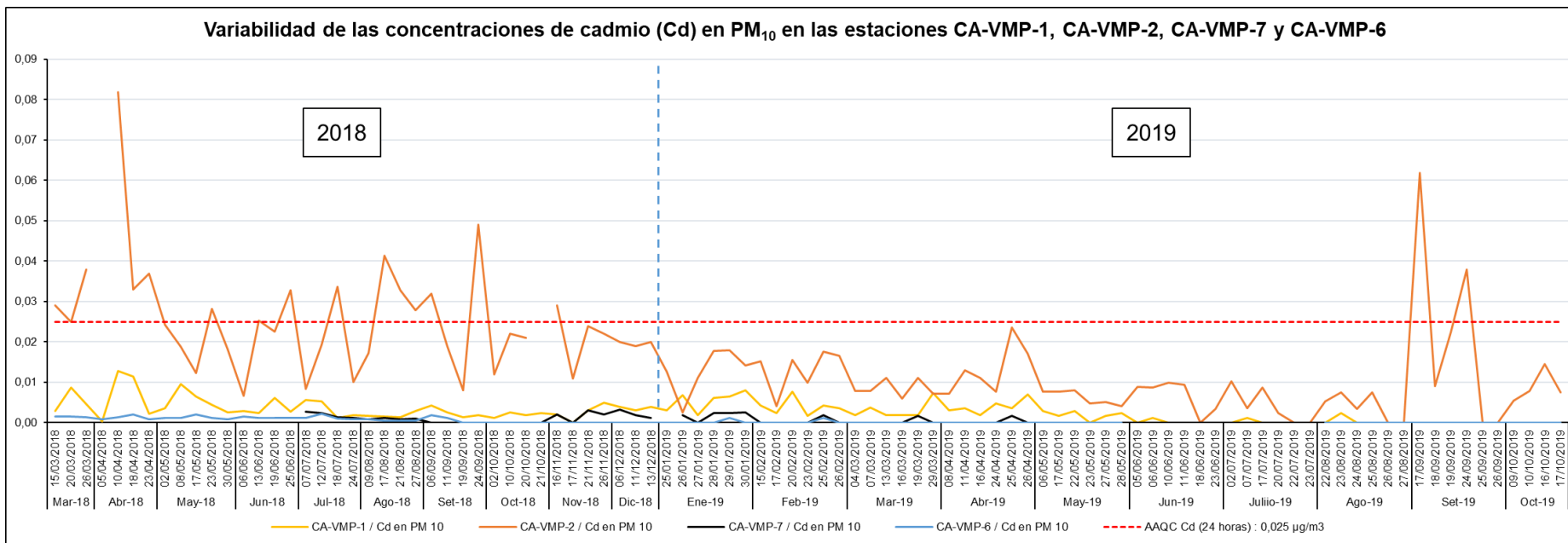


Figura 8.7. Línea de tiempo de las concentraciones de cadmio en PM₁₀ en las estaciones CA-VMP-1, CA-VMP-2, CA-VMP-7 y CA-VMP-6 en el período de monitoreo de marzo 2018 a octubre 2019.

En la Figura 8.7 se presenta el comportamiento del cadmio (Cd) en material particulado menor a 10 micras (PM₁₀) obtenido de la vigilancia ambiental de calidad del aire durante los años 2018 (marzo a diciembre) y 2019 (enero a octubre) en las estaciones CA-VMP-1, CA-VMP-2 y CA-VMP-7 (a sotavento) y CA-VMP-6 (a barlovento). De los resultados se observa que se ha superado la normativa referencial canadiense para aire en la estación I.E.P. Arturo Padilla Espinoza (CA-VMP-2).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Al compararse cada punto de muestreo mediante diagramas de caja, elaborados con concentraciones de plomo y cadmio en PM_{10} , se puede observar que los puntos de muestreos CA-VMP-1 y CA-VMP-2 registraron mayores concentraciones de estos elementos, resaltando el punto de muestreo CA-VMP-1 en plomo y el punto de muestreo CA-VMP-2 en cadmio (ver Figura 8.8), para este último punto de muestreo, se puede observar que es el único con registros suficientes para generar un diagrama de cajas, en los demás puntos de muestreos los registros de concentraciones de cadmio obtenidos fueron menores a $1 \mu g/m^3$.

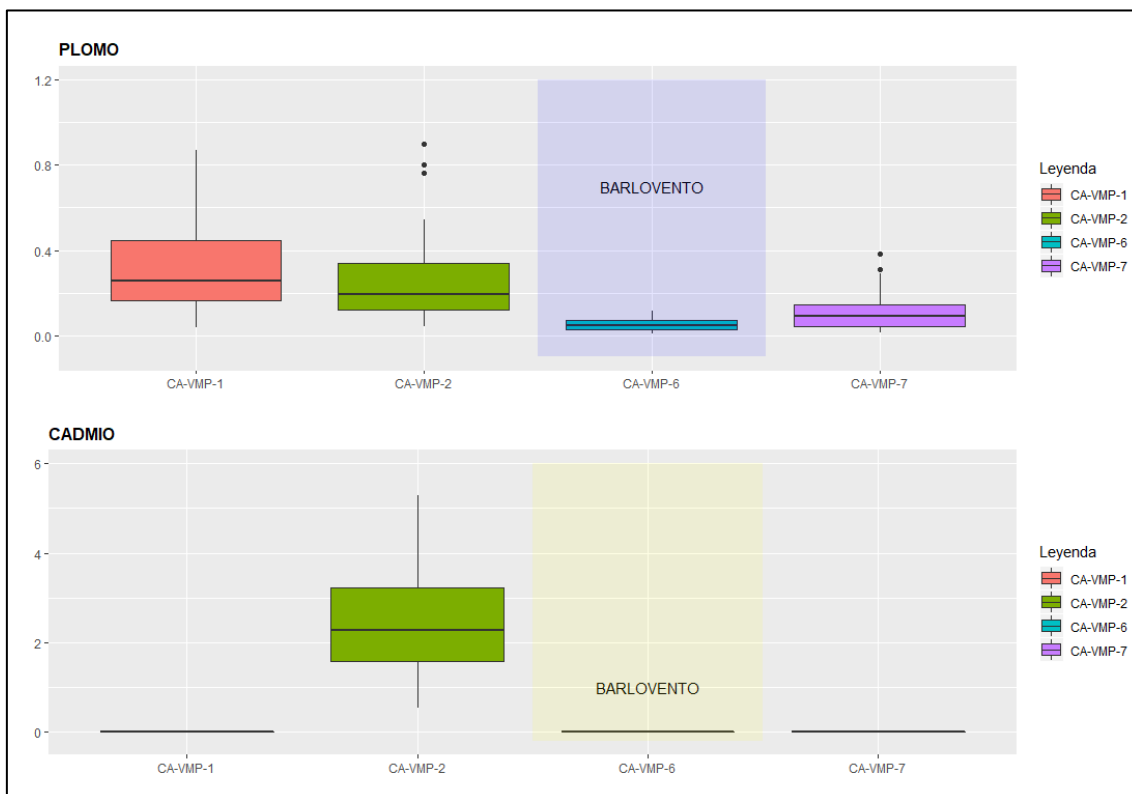


Figura 8.8. Diagrama de cajas de las concentraciones de plomo y cadmio en las estaciones o puntos de muestreo CA-VMP-1, CA-VMP-2, CA-VMP-6 y CA-VMP-7.

Índices de afectación

El factor de enriquecimiento como índice explica la dinámica de un contaminante inorgánico o un elemento de la corteza terrestre que es transportado por la lluvia, viento o por fuentes antropogénicas (Hansen et al., 1995; Reiman y de Caritat, 2000), valores de FE mayores a 10 indican fuentes adicionales a la roca madre.

En la Figuras 8.9 se presentan los factores de enriquecimiento (FE) para plomo y cadmio, para hallar el FE se tomó como referencia el aluminio como componente mayoritario de la corteza terrestre (Quevedo y Meneses, 2014). En la Tabla 8.1 se presenta las clases del factor de enriquecimiento para un metal pesado según su origen.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Tabla 8.1. Clases de factores de enriquecimiento para un metal pesado

| Clase de FE | Origen del elemento X (metal pesado) |
|-------------|---|
| 1 – 10 | De la roca madre |
| 10 – 500 | Moderadamente enriquecido, e indica otra fuente de enriquecimiento adicional a la roca madre |
| > 500 | Indica un alto enriquecimiento y muestra que existe una grave contaminación de origen antropogénico |

Fuente: Del Águila *et al.* (2005)

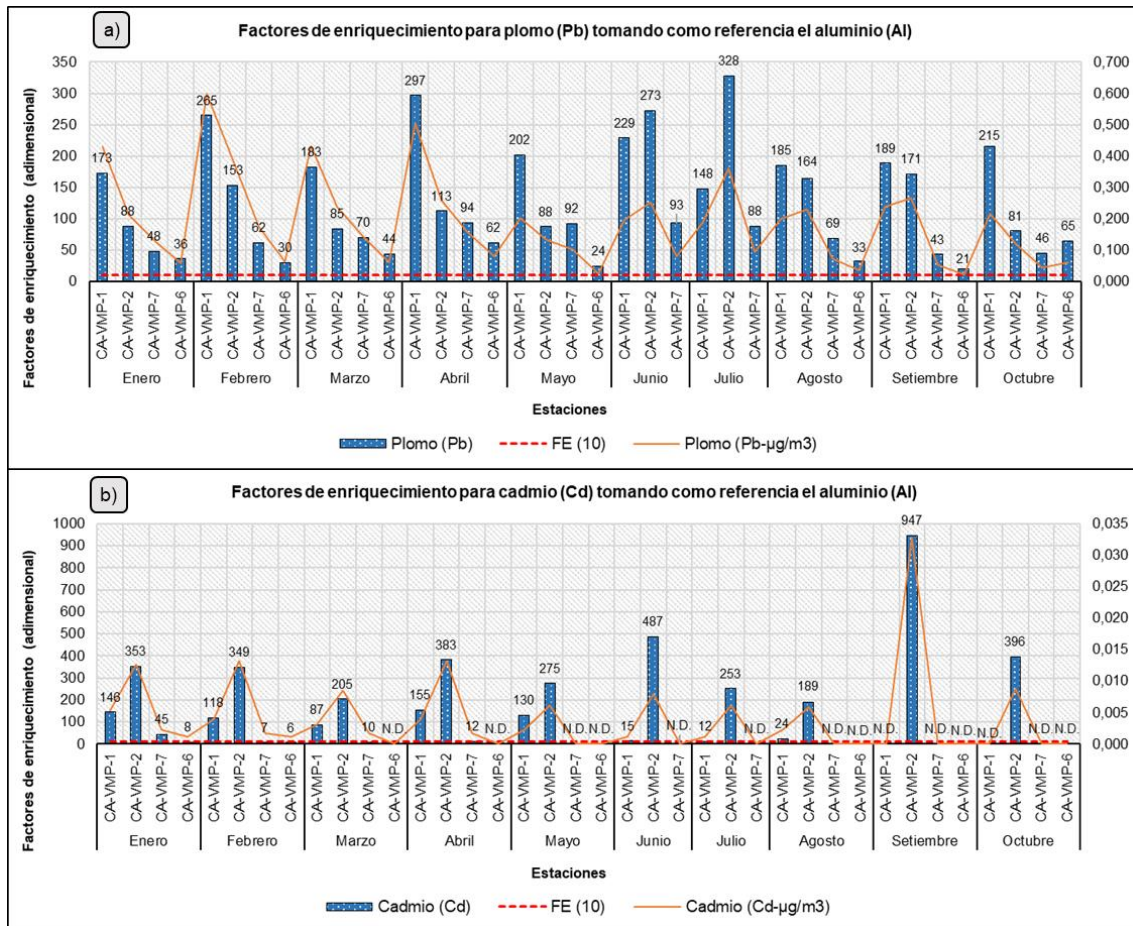


Figura 8.9. Factores de enriquecimiento para los metales a) plomo y b) cadmio y línea de tendencia de concentraciones (µg/m³), tomando como referencia el aluminio, en las estaciones de muestreo CA-VMP-1, CA-VMP-2, CA-VMP-7 y CA-VMP-6 de enero a octubre de 2019.

De la figura 8.9a se observa que el plomo presentó factores de enriquecimiento mayores a 10 en todas las estaciones de muestreo desde enero hasta octubre de 2019; y según lo mencionado en la Tabla 8.2 se encontrarían moderadamente enriquecidos y provendrían de las emisiones generadas de la zona industrial. Cabe mencionar, que en su mayoría tanto los valores del factor de enriquecimiento y las concentraciones de plomo fueron mayores en las estaciones de muestreo CA-VMP-1 y CA-VMP-2.

En la figura 8.9b se observa que el cadmio presentó factores de enriquecimiento mayores a 10 y con mayor frecuencia en las estaciones de muestreo CA-VMP-1 y CA-VMP-2 desde enero hasta octubre de 2019; y según lo mencionado en la Tabla 8.1 se encontrarían moderadamente enriquecidos y provendrían de un origen antropogénico, que al igual que el plomo su origen es de las emisiones generadas por la zona industrial. Cabe mencionar, que para la estación de muestreo CA-VMP-2 en el mes de setiembre de 2019 el FE fue mayor a 500, lo que indicaría un alto enriquecimiento.

Asimismo, se observa que los valores de los factores de enriquecimiento varían en congruencia con las concentraciones promedio de plomo y cadmio de la línea de tendencia (Fig. 8.9a y 8.9b).

En la Figura 8.10 se presenta los factores de enriquecimiento para plomo y cadmio tomando como referencia al aluminio en las estaciones de vigilancia de calidad de aire CA-VMP-1, CA-VMP-2, CA-VMP-6 y CA-VMP-7 para el 2018 (marzo-diciembre) y 2019 (enero a octubre).

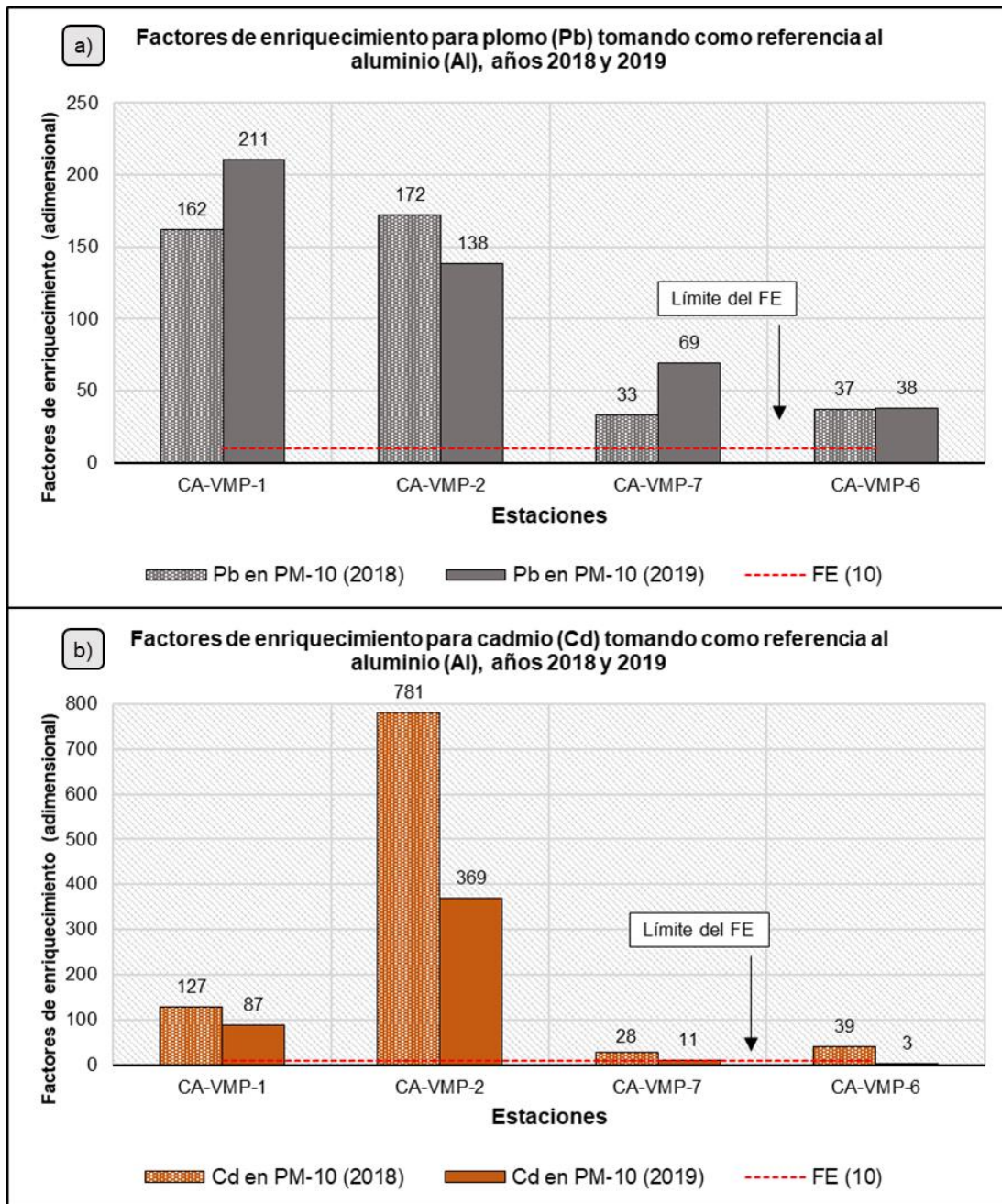


Figura 8.10. Factores de enriquecimiento para plomo y cadmio en PM₁₀, tomando como referencia al aluminio en las estaciones de muestreos CA-VMP-1, CA-VMP-2, CA-VMP-7 y CA-VMP-6 en los años 2018 y 2019.

En la Figura 8.10a se observa que los factores de enriquecimiento para plomo en las estaciones de muestreo CA-VMP-1 y CA-VMP-7 para el año 2019 presentaron un incremento con respecto al 2018, caso contrario se visualiza que en la estación de muestreo CA-VMP-2 hubo una reducción del FE, y en la estación de muestreo CA-VMP-6 se mantuvo casi constante.

Asimismo, en la Figura 8.10b se observa que los factores de enriquecimiento para cadmio en todas las estaciones de muestreo durante el año 2019 presentaron una reducción con respecto al 2018. Cabe precisar que para el caso de la estación de muestreo CA-VMP-2 se presentó un FE mayor a 500 para el 2018 lo que indicaría un alto enriquecimiento producto de actividades antropogénicas de la zona.

En cuanto a los resultados obtenidos del índice de Geoacumulación respecto al plomo, las áreas de potencial interés como el mercado Virgen de Guadalupe, terreno adyacente al mercado Virgen de Guadalupe, A.H. Las Casuarinas y la I.E.P. Arturo Padilla Espinoza se clasifican de moderadamente a fuertemente contaminado. Por otro lado, con respecto al cadmio, las áreas de potencial interés como el mercado Virgen de Guadalupe y la I.E.P. Arturo Padilla Espinoza se clasifican de fuerte a extremadamente contaminados, el A.H. Las Casuarinas y A.H. Mi Perú sector K4 se clasifican como fuertemente contaminados, y el Estadio Municipal del distrito de Mi Perú, A.H. Virgen de Guadalupe y terreno adyacente al mercado Virgen de Guadalupe se clasifican de moderadamente a fuertemente contaminados.

Tanto los resultados del factor de enriquecimiento como del índice de Geoacumulación indican que el suelo está siendo afectado por fuentes antropogénicas como efecto del transporte de metales (principalmente plomo y cadmio), que provienen de las emisiones de la zona industrial de Ventanilla.

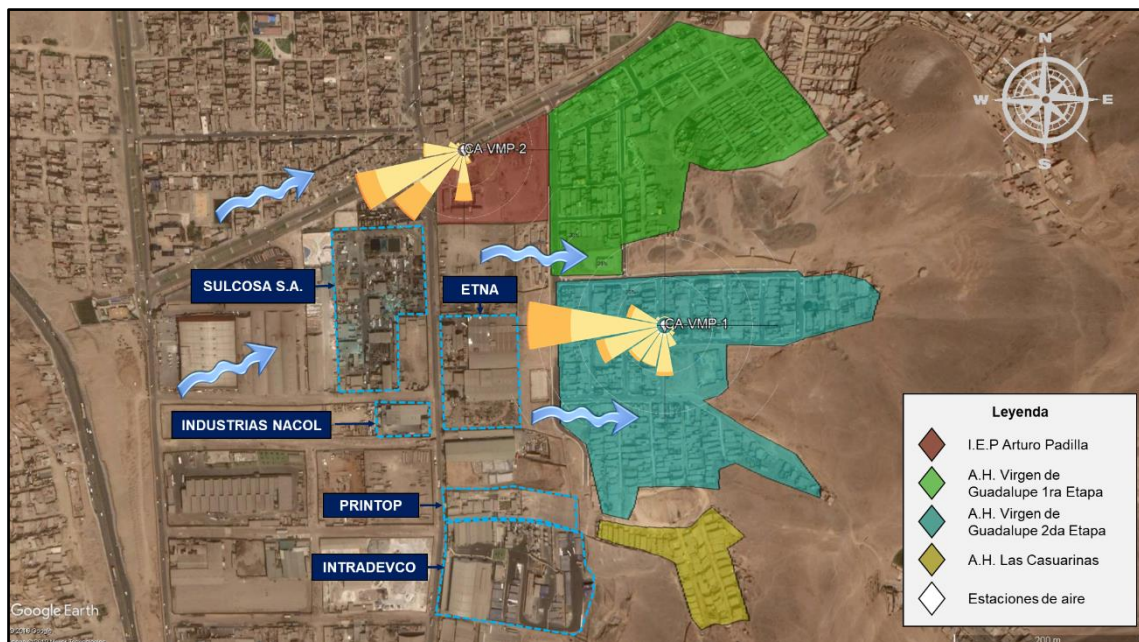


Figura 8.11. Mapa conceptual de la dirección del viento en el ámbito de la zona Industrial de Ventanilla y distrito Mi Perú

Los contaminantes producto de las fuentes industriales están influenciados por las condiciones meteorológicas, principalmente por los vientos. En la Figura 8.11 se presenta el modelo conceptual de la dirección del viento en la zona Industrial de Ventanilla y distrito Mi Perú a través de las gráficas de rosa de vientos en la estación de muestreo CA-VPM-1

correspondiente al periodo de vigilancia de enero a octubre de 2019 y en la estación de muestreo CA-VMP-2 de julio a octubre de 2019.

La estación de muestreo CA-VPM-1 ubicada a sotavento de la zona industrial obtuvo una predominancia de vientos proveniente del oeste (W) y oeste suroeste (WSW) mientras que, en la estación de muestreo CA-VMP-2, ubicada también a sotavento de la zona industrial presentó una mayor predominancia de vientos provenientes del oeste suroeste (WSW) seguido de vientos provenientes del suroeste (SW).

Del periodo de monitoreo de enero a octubre de 2019, los días que han excedido la norma referencial canadiense para plomo en la estación de muestreo CA-VMP-1 son: 29 y 30 de enero, 15, 17, 20, 25 y 26 de febrero, 7 y 29 de marzo, 24, 25, 26 de abril y 24 de setiembre, dichos días de excedencia tuvieron una predominancia de vientos del oeste (W). Vientos que provienen de la zona detallada en la Figura 8.11.

Asimismo, para el período de monitoreo de enero a octubre de 2019 en la estación de muestreo CA-VMP-2 se excedió la norma referencial canadiense para plomo los días 20 y 26 de febrero, 26 de abril, 6 de junio, 17 y 23 de julio y 17 de setiembre. En cuanto al cadmio excedió la norma referencial canadiense los días 17 y 24 de setiembre del mismo periodo. En la estación antes mencionada se tuvo para los días de excedencia una predominancia de vientos del oeste suroeste (WSW).

De acuerdo a todo lo mencionado se aprecia que las emisiones generadas en la zona industrial de Ventanilla –entre las más cercanas se encuentran Sulcosa, ETNA, Industrias Nacol, Intradevco y Printop- se dirigen por acción del viento con predominancia hacia el A.H. Virgen de Guadalupe y la I.E.P. Arturo Padilla Espinoza. Esto se relacionaría con las concentraciones de plomo y cadmio obtenidas en las estaciones de muestreo CA-VMP -1 y CA-VMP-2 durante la vigilancia de calidad de aire de 2019.

Modelo receptor

A fin de determinar las actividades específicas que aportan a las dos estaciones de vigilancia antes mencionadas se desarrolló un estudio especializado de «Identificación de fuentes de afectación de la calidad del aire en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla y distrito Mi Perú, mediante el uso del modelo receptor» aprobado con Informe N.º 0331-2019-OEFA-DEAM-STEC (Ver Anexo 2).

De la aplicación del modelo receptor se determinó la presencia de seis factores predominantes correspondientes a diferentes fuentes de aportes al receptor de metales pesados en la zona de estudio:

1. Origen Natural / Resuspensión del polvo
2. Aerosol marino
3. Aerosoles secundarios
4. Quema de aceites y combustibles
5. Fundición de plomo / Reciclaje de baterías
6. Procesos de producción de cobre y zinc

Con respecto a las tres primeras fuentes identificadas, estas se encuentran relacionadas a actividades de origen natural y/o resuspensión del polvo, provenientes del material geológico, así como, a procesos de formación de aerosoles secundarios, debido a la ocurrencia de diversas reacciones de precursores gaseosos con material de la corteza terrestre, y aerosol marino por acción de los vientos sobre la superficie del océano.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Otra de las fuentes identificadas fue la quema de aceites residuales y combustible, proveniente del uso de petróleo y otros combustibles como fuente de energía y en las industrias manufactureras, como la producción de metales no ferrosos, elaboración de productos químicos, procesamiento de alimentos y otras actividades industriales provenientes de la zona de estudio.

De acuerdo al informe especializado, solo se obtuvieron perfiles referentes a las actividades de fundición de plomo y reciclaje de baterías (presencia de plomo y antimonio) en los puntos CA-VMP-1 (ubicado en el A.H Virgen de Guadalupe Mz. O Lote 11) y CA-VMP-2 (ubicado en la I.E.P Arturo Padilla Espinoza). La estación de monitoreo CA-VMP-7, ubicada en el A.H Virgen de Guadalupe 2da etapa (al SW del punto de muestreo CA-VMP-1), no presenta este perfil, por lo cual no recibe aporte de este tipo de actividad.

Como se puede apreciar en la Figura 8.12, en el punto de muestreo CA-VMP-1 el aporte de plomo en material particulado es del 53% y en CA-VMP-2 es de 68%; cabe aclarar que este resultado se refiere a porcentajes mas no a concentraciones, dado que el principal receptor de plomo es el punto de monitoreo CA-VMP-1.

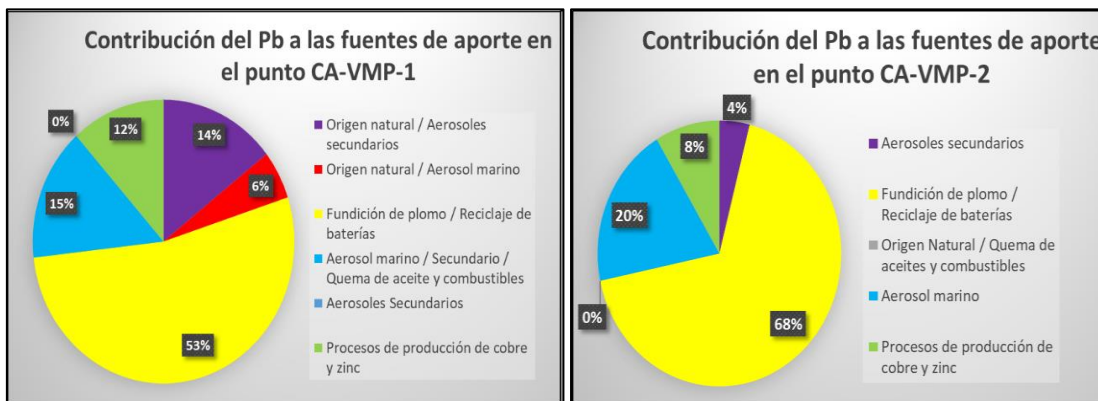


Figura 8.12. Contribución del Pb y Sb a las fuentes aportantes del punto de monitoreo CA-VMP-1

Así mismo, en el informe antes citado se mencionan las principales etapas que ocurren durante el proceso de reciclaje de baterías a nivel general.

De la lista de administrados ubicados en la Zona Industrial de Ventanilla, la empresa Fábrica Nacional de Acumuladores ETNA S.A, presenta líneas de producción relacionadas al reciclaje de baterías y fundición de plomo, las cuales están establecidos en la «Declaración de Impacto Ambiental para la Reubicación de la Planta de Recuperación del Plomo y Aleaciones»³³. De acuerdo a este documento, la empresa cuenta con tres líneas de producción:

- Tratamiento de baterías usadas: Principal materia prima para la recuperación del plomo presentando las siguientes características:
 - Una parte metálica, la cual contiene plomo puro y plomo antimonial.
 - Una pasta, conformada por óxidos y sulfatos de plomo (tierra de baterías).
 - Una parte no metálica, comprendida por una caja y cubierta de polipropileno y separadores de polietileno.
 - Una parte líquida, que contiene una solución de ácido a neutralizar.

³³ DIA aprobado con Oficio N° 2979-2009-PRODUCE/DVMYP.E-I/DGI-DAAI con fecha 07/05/2009

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

- Fundición: Etapa en la que se recupera el plomo de las baterías usadas y de chatarra, mediante procesos de fundición utilizando procesos de reducción de óxidos de plomo y sulfatos y transformación de sulfuro de plomo a metal a través de reacciones con virutas de hierro.
- Refinación: El proceso se realiza bajo agitación del plomo derretido y diferentes insumos para obtener como productos las siguientes aleaciones de compuestos de plomo:
 - Plomo puro
 - Plomo Selenio
 - Plomo Antimonio
 - Plomo Calcio
 - Otros

Se debe mencionar que otra de las empresas en actividad que trabaja con baterías recicladas y refinación de plomo es Metalexacto S.A, ubicada al suroeste de los puntos de muestreo a sotavento de la zona industrial. Dicha empresa presentó en su «Informe de Monitoreo Ambiental - Primer Semestre 2019» realizado en junio de 2019 y remitido al OEFA los resultados de su monitoreo, entre ellos, la dirección del viento, la cual tuvo una predominancia del Noroeste (NW). Teniendo en cuenta esta dirección, las estaciones CA-VMP-1, CA-VMP-2 y CA-VMP-7 no estarían recibiendo aporte de plomo por parte de esta empresa. Además, de lo indicado en anteriores párrafos, el punto de monitoreo CA-VMP-7, ubicada en el A.H Virgen de Guadalupe 2da etapa, no está influenciada por la actividad de fundición de plomo y reciclaje de baterías, por lo cual no recibe aporte de este tipo de actividad.

De lo descrito hasta ahora en esta sección, la actividad de fundición de plomo y reciclaje de baterías, atribuido a la empresa ETNA S.A, representa el 53 % de aporte de plomo al punto de monitoreo CA-VMP-1, ubicado en el A.H Virgen de Guadalupe y el 68% al punto de monitoreo CA-VMP-2, ubicado en la I.E.P. Arturo Padilla.

De igual manera, el estudio especializado menciona a la producción de derivados de cobre y zinc como otra de las fuentes aportantes para los puntos de muestreo CA-VMP-1 (ubicado en el A.H Virgen de Guadalupe Mz. O Lote 11) y CA-VMP-2 (ubicado en la I.E.P Arturo Padilla Espinoza), donde el cadmio se presentó en mayor concentración.

Según Klaassen et al. (2008), el cadmio es más abundante en la naturaleza en forma de óxidos complejos, sulfuros y carbonatos de zinc, plomo y cobre. Las fuentes antropogénicas asociadas a actividades industriales como el refinamiento de zinc, metalurgia y producción de derivados de cobre añaden de 3 a 10 veces más cadmio a la atmósfera que las fuentes naturales (Irwin et al., 2003).

La Figura 8-14, muestra el porcentaje de cadmio en PM_{10} , donde hay un 45% de aporte de este metal en el punto de monitoreo CA-VMP-1 y un 50% en el punto de monitoreo CA-VMP-2. En este caso el punto de monitoreo con mayor influencia de cadmio fue el CA-VMP-2.

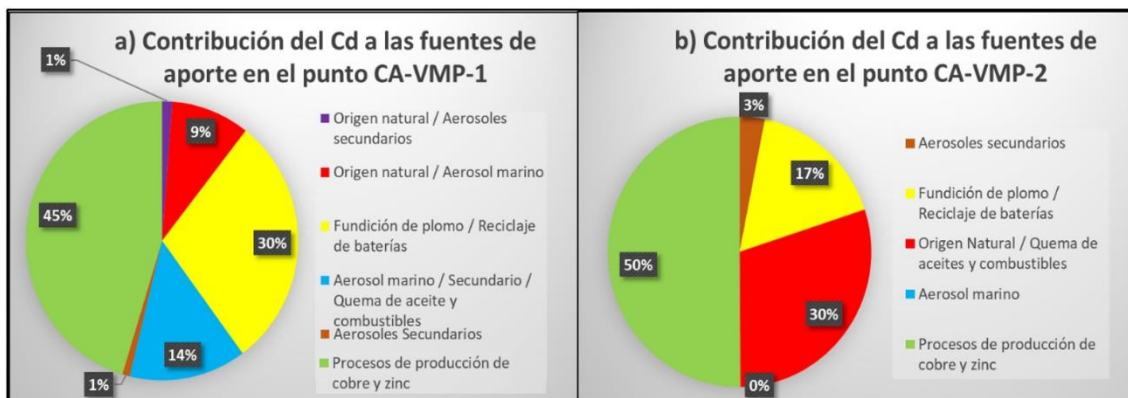


Figura 8.14. Contribución del Cd a las fuentes aportantes de los puntos de monitoreo a) CA-VMP-1 y b) CA-VMP-2

De la lista de administrados ubicados en la Zona Industrial de Ventanilla, la empresa Sulfato de Cobre S.A (Sulcosa), presenta líneas de producción relacionadas a la fabricación de sulfato de cobre, oxiclorigen de cobre, hidróxido de cobre, caldo bórdales y sulfato de zinc monohidratado, las cuales están establecidos en la «Actualización del Plan de Manejo del Diagnóstico Ambiental Preliminar»³⁴. Así mismo, la empresa cuenta con dos líneas de producción auxiliares correspondiente a la obtención de cátodos de cobre mediante electrodeposición y la recuperación de cobre y Ag-Pb.

La materia prima utilizada en los distintos procesos productivos está conformada por la chatarra de cobre, cemento de cobre y polvo de zinc, además de diferentes insumos químicos como el ácido sulfúrico, ácido clorhídrico, soda caustica y cal hidratada.

Así mismo, se debe indicar que en la modificación del DAP de Sulcosa citado líneas arriba, se menciona que las zonas más afectadas serían las ubicadas en la parte posterior de la planta (a sotavento), con referencia al aporte de generación de partículas por el funcionamiento de la planta, el funcionamiento de vehículos dentro de la empresa, así como actividades propias de los procesos de producción como el horneado o secado del producto, los cuales provocarían la generación de gases de combustión y de tipo ácido debido al funcionamiento de las torres de reacción y manejo de insumos críticos, impactando la calidad del aire.

De igual manera, la empresa Industrias Nacol S.A.C, tiene como principal actividad la producción de sulfato de cobre, zinc, aluminio y magnesio, según lo mencionado en la Declaración de Impacto Ambiental del proyecto «Planta Industrial de Producción de Sulfatos»³⁵. Teniendo como productos al sulfato de cobre pentahidratado, sulfato de zinc pentahidratado, sulfato de magnesio y policloruro de aluminio, utilizando como materias primas el cobre, zinc, óxido de magnesio y aluminio, y el ácido sulfúrico como principal insumo químico.

Las actuales tecnologías de procesos metalúrgicos para el procesamiento de minerales y concentrados de Cu, Zn, Pb y Fe, se basan principalmente en procesos de lixiviación en medios de sulfato y/o cloruro. Por otro lado, para los procesos de recuperación de cobre y zinc, se emplea generalmente una combinación de extracción por solventes y electrodeposición, las cuales podrían provocar las emisiones de cadmio al formarse como subproducto, proveniente del uso de cemento de cobre y otros derivados (Faoro et al., 1977 y Benavides et al., 2014).

³⁴ DAP aprobado mediante R.D N° 356-2018-PRODUCE/DVMYPE-I/DGAAMI con fecha 14/12/2018.

³⁵ DIA aprobado mediante R.D N° 276-2015-PRODUCE/DVMYPE-I/DIGGAM el 06/08/2015

Metales pesados como el Pb y Cd, son algunos de los contaminantes cuyas emisiones han aumentado con el desarrollo industrial y ha causado contaminación de suelos, aire y aguas subterráneas (Chicharro *et al.*, 1998; Pichetel *et al.*, 2000; Lamb *et al.*, 2009). La presencia de estos metales en suelo produce una degradación de carácter químico, fundamentalmente por su carácter tóxico, grandes cantidades que se emiten y su larga persistencia en el ecosistema.

A pesar del progreso significativo en la minimización de las concentraciones de plomo en el ambiente en las últimas tres décadas, este se clasifica en segundo lugar, sólo después del arsénico, en la lista de prioridad de sustancias peligrosas, elaborada por la Agencia de Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades (ATSDR, 2011). De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS), las emisiones de fundiciones e industria de reciclaje de baterías constituyen unas de las más importantes y grandes fuentes de exposición al plomo (OMS, 2019).

En base al análisis realizado por el modelo receptor se identificaron que las fuentes aportantes de metales pesados como el cadmio y plomo provienen de las actividades industriales cercanas a la zona de estudio, impactando en el AH. Virgen de Guadalupe y la I.E.P Arturo Padilla Espinoza, y en las zonas aledañas como los A.H Las Casuarinas y Mi Perú (Sector K4).

Finalmente, la zona de estudio presenta un enriquecimiento del suelo por plomo y cadmio a causa de las actividades industriales que han venido desarrollándose desde su creación; Además, según los índices como el factor de enriquecimiento y el de geoacumulación, existe una afectación persistente sobre el medio ambiente. Cabe precisar que este informe no considera el análisis de monitoreos de emisiones, por lo cual no fue posible cuantificar el aporte desde la fuente; sin embargo, de la información analizada consignada en este estudio, se ha identificado las fuentes que aún aportan plomo y cadmio a la zona de estudio.

9. CONCLUSIONES

El factor de enriquecimiento determinó que las aportaciones de metales, como bario, cadmio, cromo, cobre, níquel, plomo, antimonio, boro y zinc fueron provenientes de fuentes antropogénicas y diferente a la roca madre, presentándose mayores valores de enriquecimiento para plomo en el punto de muestreo CA-VMP-1 (A.H. Virgen de Guadalupe) y para cadmio en el punto de muestreo CA-VMP-2 (I.E.P. Arturo Padilla Espinoza).

La predominancia de los vientos durante el 2019 para el punto de muestreo CA-VMP-1 fue al oeste (W) y para el punto de muestreo CA-VMP-2 fue al oeste suroeste (WSW), en ambos casos, los vientos trasladan el material particulado generado en las fuentes de la zona industrial de Ventanilla hacia el I.E.P. Arturo Padilla Espinoza (distrito de Ventanilla) y el Asentamiento Humano Virgen de Guadalupe (distrito Mi Perú).

El 53 % del aporte de plomo en el punto de muestreo CA-VMP-1 y el 68% del aporte de plomo en el punto de muestreo CA-VMP-2, provienen de la actividad de reciclaje de baterías y fundición de plomo, es atribuido a la empresa Fábrica Nacional de Acumuladores ETNA S.A. Dado que el punto de monitoreo CA-VMP-7, ubicada en el A.H Virgen de Guadalupe 2da etapa, no está influenciada por la actividad de fundición de plomo y reciclaje de baterías, se descarta el aporte de otras fuentes con actividades similares que estén ubicadas al suroeste (SW) de estos puntos de monitoreo.

De los resultados de cadmio obtenidos en el punto de muestreo CA-VMP-2 (I.E.P. Arturo Padilla), el 50% proviene de las actividades de producción de derivados de cobre y zinc. Las principales empresas identificadas por sus líneas de producción son Sulfato de Cobre S.A.

e Industrias Nacol S.A. cuyas emisiones se dirigen por acción del viento y por su cercanía hacia el punto de muestreo señalado principalmente. Cabe recalcar que en el marco de este estudio no fue posible identificar el porcentaje de aporte por cada empresa, debido a los alcances del modelo factorial positivo PMF.

10. RECOMENDACIONES

Remitir una copia del presente informe a la Dirección de Supervisión Ambiental en Actividades productivas

Continuar con la vigilancia ambiental de calidad de aire la zona industrial de Ventanilla y distrito Mi Perú con la finalidad de verificar el estado de la calidad de aire en cumplimiento de la normativa nacional y referencial.

Complementar la vigilancia de la calidad de aire con la caracterización de las emisiones principalmente las relacionadas a las actividades de reciclaje de baterías, fundición de plomo y producción de derivados de cobre.

11. BIBLIOGRAFÍA

Acosta, J., Faz, A., Kalbitz, K., Jansen, B. (2014). Partitioning of heavy metals over different chemical fraction in street dust of Murcia (Spain) as a basis for risk assessment. *Journal of Geochemical Exploration*. 144: 298-305.

Akoto, O., Ephraim, J. & Darko, G. (2008). Heavy Metals Pollution in Surface Soils in the Vicinity of Abundant Railway Servicing Workshop in Kumasi, Ghana, *International Journal of Environmental Research*, 2, 359 - 364.

Agency for Toxic Substances and Disease Registry - ATSDR. (2011). U.S Smelter and Lead Refinery, Inc. Public Health Assessment.

Balasubramanian & Qian (2004). Characterization and source identification of airborne trace metals in Singapore, 813–818.

Benavides, R., Almaguer, I., Vázquez, D. (2014). Proceso hidrometalúrgico para la recuperación de cobre, plomo y/o zinc. Recuperado de: <https://patents.google.com/patent/WO2015178752A1/es#patentCitations>

Cabrera, F., Clemente, L., Barrientos, D. E., Lopez, R., & Murillo, J. M. (1999). Heavy metal pollution of soils affected by Guandamar toxic flood. *The Science of the Total Environment*, 242(12), 117-129.

Chatterjee, M., Silva Filho, E.V., Sarkar, S.K., Sella, S.M., Bhattacharya, A., Satpathy, K.K., Prasad, M.V., Chakraborty, S., Bhattacharya, B.D., 2007. Distribution and possible source of trace elements in the sediment cores of a tropical macrotidal estuary and their ecotoxicological significance. *Environ. Int.* 33, 346–356.

Chicharro, A., Cala, V., Martín, M., Larrea, M. (1998). Impacto ambiental por metales pesados en suelos y plantas del entorno de un depósito de chatarra procedente de automóviles de desguace. *Revista de Metalurgia*. 34. doi:[10.3989/revmetalm.1998.v34.iExtra.785](https://doi.org/10.3989/revmetalm.1998.v34.iExtra.785)

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Del Águila, P., Lugo de la Fuente, J. & Vaca, R. (2005). Determinación de factores de enriquecimiento y geoacumulación de Cd, Cr, Cu, Ni, Pb y Zn en suelos de la cuenca alta del río Lerma, *Ciencia Ergo Sum*, 12, 155-161.

Diamond D., Baskin D., Brown D., Lund L., Najita J., and Javandel I. 2009 Analysis of Background Distributions of Metals in the Soil at Lawrence Berkeley National Laboratory. University of California. Environmental Restoration Program LBNL – 1782E.p.1-15

Faoro, R., McMullen, T. (1977). National Trends in Trace Metals in Ambient Air. U.S Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, N.C. p. 41.

Galán E., Romero B., 2008. Contaminación de suelos por metales pesados. Resumen de la conferencia. Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola. Facultad de Química. Apartado 553. Universidad de Sevilla. Sevilla 41071. http://www.ehu.es/sem/macla_pdf/macla10/Macla10_48.pdf

Gerriste R.G., Van Driel, W. (1984): The relationship between adsorption of trace metals, organic matter and pH in temperate soils. *J. Environ. Qual.* 13,197-204.

Grzebisz, W., Ciecioła, L., Komisarek, J., & Potarzycki, J. (2002). Geochemical assessment of heavy metals pollution of urban soils. *Polish Journal of Environmental Studies*, 11(5), 493-499.

Hansen, A. H.; Z. A. León e I. L. Bravo (1995). "Fuentes de contaminación y enriquecimiento de metales en sedimento de la cuenca Lerma-Chapala", *Ingeniería Hidráulica en México*, 3: 55-59

Hooda P.S., Alloway B.J. (1998): Cadmium and lead sorption behaviour of selected English and Indian soils. *Geoderma* 84, 121-134.

Hooda P.S., Alloway B.J. (1994a): Sorption of Cd y Pb by selected application semi-arid soils effects of sludge application and ageing of sludged sals. *Water, Air & Soil Pollution* 74, 235-250.

Hooda P.S., Alloway B.J. (1994b): Changes in operational fractions of the trace metals in two soils during two years of reaction time following sludge treatment. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 57, 289-311.

Klaassen, C., Brunton, L., Lazo, J., Parker, K. (2008). Metales pesados y sus antagonistas. *Las bases farmacológicas de la terapéutica*. 11: 1766-1768.

Irwin, R., Van Mouwerik, M., Stevend, L., Seese, M., Basham, W. (2003). Environmental contaminants. Recuperado de: <http://www.nature.nps.gov/toxic/cadmium.pdf>.

Lamb, D., Ming, H., Megharaj, M., Naidu, R. (2009). Heavy metal (Cu, Zn, Cd and Pb) partitioning and bioaccessibility in uncontaminated and long-term contaminated soil. *Journal of Hazardous Materials*. 171:1151-1158.

Linlin Guo a, Zhigang Sun, Zhu Ouyang, Daorui Han, Fadong Li (2017). A comparison of soil quality evaluation methods for Fluvisol along the lower Yellow River. *Catena* 152 135–143

Müller G. Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River. *Geo journal*. 1969; 2:108–118

Naidu R., Bolan N.S., Kookana R.S., Tiller K.G. (1994): Ionic-strength and pH effects on the sorption of cadmium and the surface charge of soils. En. J. Soil Sci. 45, 419- 429.

Nazzal, Y., Rosen, M., Al-Rawabdeh. (2012). Assessment of metal pollution in urban road dusts from selected highways of the Greater Toronto Area in Canada. Environmental Monitoring and Assessment. 185 (2): 1847-1858.

OMS. (2019). Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas: Plomo. https://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/lead/es/

Pichetel, J., Ahmad, I., Hayat, S. (2005). Heavy Metal Contamination of Soil: Problems and Remedies. Science Publishers.

Quevedo C. José & Meneses O. Lorena. (2014) Determinación de factores de Enriquecimiento e índices de geoacumulación de plomo, cadmio y níquel en suelos agrícolas del sector San Alfonso en Machachi – Ecuador, P-47.

Reiman, C. y P. de Caritat (2000). "Intrinsic Flaws of Element Enrichment Factors (EFs) in Environmental Geochemistry", Environmental Science & Technology. H.W. Wilson-AST; 34: 5084-5091

Sánchez I, 2003. Determinación de metales pesados en suelos de Mediana del Campo (Valladolid): contenidos extraíbles, niveles de fondo y de referencia. Tesis para obtener en grado de Doctor. Facultad De Ciencias Departamento De Química Analítica. Universidad de Valladolid.

U.S. Environmental Protection Agency (EPA). 2006. Data Quality Assessment: Statistical Methods for Practitioners, EPA QA/G-9S. EPA/240/B-06/003. Office of Environmental Information, Washington, DC.

U.S. Environmental Protection Agency (EPA). 2013. ProUCL Version 5.0 Technical Guide. EPA /600/R-07/041, 2013.

Wac, M., Wsp, Z., Wzbogacenia, C., & Bada, D. O. I. (2011). Application of enrichment factor (ef) to the interpretation of results from the biomonitoring studies, 18(2)

Yaqin, J., Feng, Y., Jianhui, W., Tan, Z., Zhipeng, B., & Chiging, D. (2008). Using geoaccumulation index to study source profiles of soil dust in China. Journal of Environmental Sciences, 20(1), 571–578.

Zheng, N., Liu, J., Wang, Q., Lian, Z. (2010). Health risk assessment of heavy metal exposure to street dust in the zinc smelting district, Northeast of China. Science of the Total Environment. 408 (726-733).

12. ANEXOS

Anexo 1: Mapa de ubicación

Anexo 2: Informe N.º 0331-2019-OEFA-DEAM-STEC Estudio Especializado correspondiente a la «Identificación de fuentes de afectación de la calidad del aire en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla y distrito Mi Perú, mediante el uso del modelo receptor»

Anexo 3: Reporte de campo del muestreo de suelo

Anexo 4: Reporte de resultados del muestreo de suelo



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Subdirección Técnica
Científica -STEC

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Anexo 5: Informes mensuales de la vigilancia de calidad de aire (enero a octubre 2019)

Anexo 6: Informes de Ensayo de carbono Orgánico y elemental

Anexo 7: Informe 00029-2017-OEFA/DE-SDLB-CEAPIO «Informe del Cálculo de niveles de fondo y niveles de referencia de metales en suelo para la evaluación ambiental en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla – Mi Perú, de la provincia Constitucional del Callao, durante el año 2017».

Es cuanto informamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente:

[LFAJARDO]

[JGONZALEZ]

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

Atentamente:

[FGARCIA]



"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: 07293026"



07293026