

Universidad Nacional  
**Federico Villarreal**

Vicerrectorado de  
**INVESTIGACION**

**Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo**

**“EVOLUCIÓN TEMPORAL Y ESPACIAL DE LOS NIVELES DE PLOMO EN  
EL AIRE Y SUELO, DE ENERO 2014 A MAYO 2016. DISTRITO DEL  
CALLAO”**

**Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental**

**AUTORA**

**Martinez Alvarez, Lucy Valentina**

**ASESOR**

**Muñoz Ortega, César**

**JURADO**

**Zamora Talaverano, Noé Sabino**

**Galarza Zapata, Edwin Jaime**

**Guillén León, Rogelia**

**Gómez Escriba, Benigno Paulo**

**LIMA - PERU**

**2018**

“La paz no es solamente la ausencia de la guerra; mientras haya pobreza, racismo, discriminación y exclusión difícilmente podremos alcanzar un mundo de paz”.

**Rigoberta Menchú Tum**

“Las personas más bellas con las que me he encontrado son aquellas que han conocido la derrota, conocido el sufrimiento, conocido la lucha, conocido la pérdida y han encontrado su forma de salir de las profundidades. Estas personas tienen una apreciación, una sensibilidad y una comprensión de la vida que los llena de compasión, humildad y una profunda inquietud amorosa”.

**Elizabeth Kübler-Ross**

“Dentro de algunas décadas, la relación entre el ambiente, los recursos y los conflictos será tan obvia como la conexión que vemos ahora entre derechos humanos y paz”.

**Wangari Maathai**

**Dedicatoria:**

A Lucina, Carlos, Yulissa, Octavio y Narescka por impulsarme cada día a ser una persona coherente y auténtica, y por acompañarme en cada uno de mis procesos desde el amor, entendimiento y confianza.

A todas las personas con quienes coincidí en esta vida, pues cada una de ustedes aportó en mi crecimiento personal y/o profesional.

A quienes lucharon y luchan por forjar un país consciente, libre de discriminación y toda forma de opresión.

## **Agradecimiento**

Agradezco a la vida por permitirme conocer, aprender y transformar mi existencia a partir del respeto y amor a lo que me rodea. Por llenarme de coincidencias que me permitieron descolonizar mi pensamiento y tomar conciencia de una vida en equilibrio y armonía con mi entorno desde el amor y entendimiento.

A mis ancestras y ancestros, pues cada día abrazo con sabiduría la herencia y lucha que se transmite generación tras generación, así como la conexión con la naturaleza.

A todas las personas quienes lucharon y luchan día a día por forjar una sociedad que nos abrace a todas y todos en nuestra diversidad; y a todas las personas con quienes forjo lazos, pues a través de su existencia he aprendido a entender y amar la mía.

A mi madre y padre, Lucina y Octavio, por enseñarme a ser constante con mis sueños y justa con quienes me rodean.

A Carlos, Yulissa y Narescka, por motivarme con su ejemplo, constancia, disciplina y sabiduría.

A Mariano Sal y Rosas, por su amistad y orientación en el desarrollo de la presente investigación.

Al Mg. Sc César Muñoz Ortega, por ser un gran maestro en las aulas y en la vida, comprometido en forjar una educación de calidad, crítica y reflexiva en nuestra facultad.

A mis revisores de tesis, Mg. Gladys Rojas, Dr. Edwin Galarza, Mg. Rogelia Guillen y Dr. Noé Zamora, por sus apreciadas sugerencias que contribuyeron a la calidad de la presente investigación.

Al Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, por brindarme la información que sumó al desarrollo de mi tesis.

## Resumen

El plomo es un contaminante ambiental con múltiples fuentes de origen y vías de propagación que causa efectos adversos a la salud humana y ambiente; en ese sentido, el objetivo general de la investigación es realizar el estudio de la evaluación de la evolución temporal y espacial de los niveles del plomo en el aire y suelo asociados a los depósitos de concentrados de minerales en el distrito del Callao, en relación con los estándares de calidad ambiental, desde enero de 2014 hasta mayo de 2016.

Por consiguiente, analizar los niveles de plomo en el aire y suelo en relación con los valores indicados en los Criterios de Calidad Ambiental del Aire de Ontario y los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), respectivamente, y, a la vez, establecer como los parámetros meteorológicos se relacionan con los niveles de plomo registrados en ambos componentes permitieron el cumplimiento del objetivo general. Los principales métodos empleados fueron el analítico, deductivo, inductivo, descriptivo y estadístico.

Los resultados de la investigación evidenciaron que la contaminación por plomo está presente en el componente suelo. Asimismo, se concluye que está relacionada con su mala gestión ambiental, debido a la exposición directa de este metal con el viento, el cual se encarga de distribuirlo en su área de influencia, variando las concentraciones según su distancia respecto a las actividades de almacenamiento en los depósitos de concentrados de minerales; por lo tanto, es de suma importancia que se garantice el derecho a gozar de un ambiente equilibrado, sano y adecuado para el desarrollo de la vida en la zona de estudio.

***Palabras claves: Plomo, calidad del aire, calidad del suelo, depósitos de concentrados de minerales y Callao.***

## **Abstract**

Lead is an environmental pollutant with multiple sources of origin and routes of propagation that causes adverse effects to human health and the environment; in this sense, the general objective of the research is to study the evaluation of the temporal and spatial evolution of the levels of lead in air and soil associated with mineral deposits concentrates in the Callao district, in relation to the environmental quality standards, from January 2014 to May 2016.

Therefore, to analyze the levels of lead in the air and soil in relation to the values indicated in the Ontario's Ambient Air Quality Criteria and the Environmental Quality Standards (ECA), respectively, and, at the same time, establish how meteorological parameters relate to the levels of lead registered in both components allowed the fulfillment of the general objective. The main methods used were analytical, deductive, inductive, descriptive and statistical.

The results of the investigation showed that lead contamination is present in the soil component. Likewise, it is concluded that it is related to its poor environmental management, due to the direct exposure of this metal to the wind, which is responsible for distributing it in its area of influence, varying the concentrations according to its distance from the storage activities in deposits of mineral concentrates; therefore, it is of utmost importance that the right to enjoy a balanced, healthy and adequate environment for the development of life in the study area is guaranteed.

***Keywords: Lead, air quality, soil quality, deposits of mineral concentrates y Callao.***

## Índice general

<b>Dedicatoria.....</b>	<b>III</b>
<b>Agradecimiento .....</b>	<b>IV</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>V</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>VI</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>Capítulo I: Aspectos metodológicos.....</b>	<b>3</b>
1.1. Antecedentes .....	3
1.1.1. En el contexto nacional.....	3
1.2. Planteamiento del problema.....	7
1.2.1. Descripción del problema. ....	7
1.2.2. Formulación del problema. ....	9
1.3. Objetivos.....	10
1.3.1. Objetivo general.....	10
1.3.2. Objetivos específicos. ....	10
1.4. Hipótesis .....	11
1.4.1. Hipótesis general.....	11
1.4.2. Hipótesis específicas.....	11
1.5. Variables .....	11
1.6. Justificación .....	12
1.7. Importancia .....	14
<b>Capítulo II: Marco teórico.....</b>	<b>16</b>
2.1. Bases teóricas.....	16
2.1.1. Aire. ....	16
2.1.2. Suelo. ....	26
2.1.3. Plomo. ....	38
2.2. Definición de términos básicos.....	53
2.3. Marco legal .....	59
2.3.1. Marco internacional. ....	59
2.3.2. Marco nacional.....	62
2.3.3. Normas de calidad ambiental.....	65

<b>Capítulo III: Materiales y métodos.....</b>	<b>68</b>
3.1. Materiales .....	68
3.1.1. Materiales de escritorio.....	68
3.1.2. Materiales de información.....	68
3.1.3. Material cartográfico.....	69
3.1.4. Equipos.....	69
3.1.5. Programas informáticos. ....	71
3.2. Métodos .....	72
3.2.1. Diseño y nivel de la investigación. ....	72
3.2.2. Muestra.....	72
3.2.3. Métodos.....	73
<b>Capítulo IV: Descripción del área de estudio .....</b>	<b>90</b>
4.1. Localización del área de estudio .....	90
4.2. Accesibilidad .....	93
4.3. Geología.....	93
4.4. Geomorfología .....	95
4.5. Suelos.....	96
4.6. Hidrografía.....	98
4.7. Clima.....	99
4.8. Medio biológico.....	102
4.9. Aspectos demográficos, sociales y económicos .....	102
<b>Capítulo V: Resultados.....</b>	<b>118</b>
<b>Capítulo VI: Discusión de resultados .....</b>	<b>169</b>
<b>Capítulo VII: Conclusiones y recomendaciones .....</b>	<b>179</b>
7.1. Conclusiones.....	179
7.2. Recomendaciones .....	181
<b>Referencias bibliográficas .....</b>	<b>183</b>

## Índice de tablas

N°	Descripción	Pág.
1	Resumen de variables .....	12
2	Composición del aire seco en la atmósfera baja y funciones ambientales de sus elementos .....	18
3	Normas de comparación .....	66
4	Informes que contienen la información de los niveles de plomo en el aire y suelo, enero de 2014-agosto de 2015 .....	69
5	Equipos empleados en el monitoreo de calidad del aire y suelo .....	70
6	Lista de programas empleados .....	71
7	Descripción de los puntos del monitoreo de calidad del aire .....	76
8	Equipos, parámetros y método de análisis .....	78
9	Descripción de los puntos del monitoreo de calidad del suelo de uso residencial .....	83
10	Descripción de los puntos del monitoreo de calidad del suelo de uso industrial .....	84
11	Descripción del punto referencial .....	85
12	Estándares de comparación para plomo en aire .....	88
13	Estándares de comparación para plomo en suelo .....	88
14	Localización del área de estudio .....	92
15	Límites del área de estudio .....	92
16	Rutas de acceso .....	93
17	Descripción de las unidades .....	95
18	Descripción del régimen térmico .....	100
19	Descripción de la escala de Beaufort .....	102
20	Características generales del distrito del Callao .....	103
21	Población según el tipo de vivienda en el distrito del Callao .....	105
22	Número de viviendas adecuadas e inadecuadas en el distrito del Callao .....	106
23	Descripción de los depósitos de concentrados de minerales .....	112
24	Volumen de producción nacional mensual multianual de plomo (TMF), período de 2008-2017 .....	114
25	Concentraciones de plomo en PM-10 obtenidas en el monitoreo de mayo de 2016. ....	119
26	Resultados de las concentraciones de plomo en PM-10 ( enero 2014-mayo 2016) .....	123
27	Concentraciones medias de plomo en PM-10 (enero 2014-mayo 2016).....	128
28	Concentraciones de plomo total obtenidas en el monitoreo de mayo de 2016.....	131
29	Resultados de las concentraciones de los puntos de monitoreo de calidad del suelo de uso residencial (enero 2014-mayo 2016).....	136
30	Resultados de las concentraciones de los puntos de monitoreo de calidad del suelo de uso industrial ( enero 2014-mayo 2016) .....	137
31	Resultados de las concentraciones del punto de monitoreo referencia de calidad de suelo (enero 2014-mayo 2016).....	137
32	Registro de temperatura del aire durante el monitoreo de mayo de 2016 .....	145
33	Registro de humedad relativa durante el monitoreo de mayo de 2016 .....	146
34	Registro de presión barométrica durante el monitoreo de mayo de 2016 .....	147
35	Registro de velocidad del viento durante el monitoreo de mayo de 2016.....	148
36	Valores mínimos, máximos y medias de los parámetros meteorológicos en los puntos de monitoreo durante el monitoreo de mayo de 2016 .....	149
37	Ubicación de la estación meteorológica Aeropuerto Internacional Jorge Chávez .....	153

38	Resumen de la precipitación total media mensual multianual (mm), período de 1961-1990 .....	154
39	Resumen de la precipitación total media mensual multianual (mm), período de 2002-2011 .....	155
40	Resumen de la temperatura media mensual multianual (°C), período de 2002-2011 .....	156
41	Resumen de la humedad relativa media mensual multianual (%), período de 1961-1990 .....	159
42	Resumen de la humedad relativa media mensual multianual (%), período de 2002-2011 .....	159
43	Resumen de la presión atmosférica media mensual multianual (hPa), período de 1962-1990 .....	161
44	Resumen de la presión atmosférica media mensual multianual (hPa), período de 2002-2011 .....	161
45	Resumen de la velocidad media mensual multianual del viento (m/s), período de 1965-1990 .....	163
46	Resumen de la velocidad media mensual multianual del viento (m/s), período de 2002-2011 .....	164
47	Coefficiente de correlación entre las concentraciones de plomo en el aire y suelo .....	167

## Índice de figuras

N°	Descripción	Pág.
1	Objetivos de desarrollo sostenible vinculados con la investigación .....	14
2	Fuentes estacionarias .....	19
3	Factores que intervienen en la dispersión y/o acumulación de contaminantes .....	25
4	Contaminación local y difusa del suelo .....	32
5	Fuentes de exposición al plomo .....	42
6	Interacción del plomo en el ambiente .....	43
7	Distribución del plomo en el organismo .....	48
8	Manifestaciones de la intoxicación por plomo según concentración sanguínea (mcg de Pb/dL) .....	49
9	Niveles de plomo en sangre en población infantil (junio 1998-marzo 1999) .....	51
10	Ubicación de los puntos de monitoreo de calidad del aire .....	77
11	Ubicación de los puntos de monitoreo de calidad del suelo de uso residencial .....	81
12	Ubicación de los puntos de monitoreo de calidad del suelo de uso residencial SUE-CAL 10 y SUE-CAL 11 .....	82
13	Ubicación de los puntos de monitoreo de calidad del suelo de uso industrial .....	85
14	Ubicación del punto referencial .....	86
15	Mapa de unidades litológicas .....	97
16	Porcentaje en el tipo de vivienda en el distrito del Callao .....	106
17	Población por sexo y nivel educativo alcanzando en la Provincia Constitucional del Callao (2007) .....	108
18	Ubicación de los depósitos de concentrados de minerales .....	113
19	Volumen de producción nacional mensual multianual de plomo (TMF), período de 2008-2017 .....	115

20	Volumen de producción nacional media mensual multianual de plomo (TMF), período 2008-2017.....	116
21	Variación de las concentraciones de plomo en PM-10, mayo de 2016.....	120
22	Variación de las concentraciones de plomo en PM-10 desde enero de 2014 a mayo de 2016 en el punto de monitoreo CA-Cal-1.....	124
23	Variación de las concentraciones de plomo en PM-10 desde enero de 2014 a mayo de 2016 en el punto de monitoreo CA-Cal-2.....	125
24	Variación de las concentraciones de plomo en PM-10 desde enero de 2014 a mayo de 2016 en el punto de monitoreo CA-Cal-3.....	126
25	Variación de las concentraciones de plomo en PM-10 desde enero de 2014 a mayo de 2016 en el punto de monitoreo CA-Cal-4.....	127
26	Variación de las concentraciones de plomo en suelo de uso residencial, mayo de 2016.....	132
27	Variación de las concentraciones de plomo en suelo de uso industrial, mayo de 2016.....	134
28	Variación y comparación de las concentraciones de plomo en suelo de uso residencial con el ECA.....	139
29	Variación y comparación de las concentraciones de plomo en suelo de uso residencial con el punto de referencia.....	141
30	Variación y comparación de las concentraciones de plomo en suelo de uso industrial con el ECA.....	142
31	Rosas de vientos de los puntos de monitoreo CA-Cal-1 y CA-Cal-2 del monitoreo de mayo de 2016.....	150
32	Rosas de vientos de los puntos de monitoreo CA-Cal-3 y CA-Cal-4 del monitoreo de mayo de 2016.....	151
33	Ubicación de las rosas de vientos en relación con los depósitos de concentrados de minerales.....	152
34	Ubicación de la estación meteorológica Aeropuerto Internacional Jorge Chávez.....	153
35	Precipitación total media mensual multianual (mm).....	155
36	Temperatura media mensual multianual (°C), período de 2002-2011.....	157
37	Diagrama ombrotérmico de la estación meteorológica Aeropuerto Internacional Jorge Chávez (2002-2011).....	158
38	Humedad relativa media mensual multianual (%).....	160
39	Presión atmosférica media mensual multianual (hPa).....	162
40	Rosa de vientos de la estación meteorológica Aeropuerto Internacional Jorge Chávez (1965-1990).....	163
41	Rosa de vientos de la estación meteorológica Aeropuerto Internacional Jorge Chávez (2002-2011).....	165
42	Velocidad media mensual multianual del viento (m/s).....	166
43	Variación de las concentraciones de plomo en PM-10 en enero y abril de 2014, y mayo de 2016.....	172
44	Variación de las concentraciones de plomo en suelo de uso residencial en relación con el ECA en enero de 2014 y mayo de 2016.....	174
45	Variación de las concentraciones de plomo en suelo de uso residencial en relación con el punto de referencia en enero de 2014 y mayo de 2016.....	175
46	Variación de las concentraciones de plomo en suelo de uso industrial en relación con el ECA en enero de 2014 y mayo de 2016.....	177

## Índice de mapas

N°	Descripción	Pág.
1	Ubicación de los puntos de monitoreo de calidad del aire .....	75
2	Ubicación de los puntos de monitoreo de calidad del suelo.....	80
3	Área de estudio .....	91
4	Evolución espacial de los niveles de plomo en aire, mayo de 2016.....	121
5	Evolución temporal y espacial de los niveles de plomo en aire .....	129
6	Evolución espacial de los niveles de plomo en suelo de uso residencial, mayo 2016 .....	133
7	Evolución espacial de los niveles de plomo en suelo de uso industrial, mayo 2016.....	135
8	Evolución temporal y espacial de los niveles de plomo en suelo de uso residencial .....	140
9	Evolución temporal y espacial de los niveles de plomo en suelo de uso industrial .....	143
10	Isohipsas del área de estudio .....	232

## Índice de anexos

N°	Descripción	Pág.
1	Informes de ensayo del monitoreo de calidad del aire .....	192
2	Informes de ensayo del monitoreo de calidad del suelo .....	200
3	Información meteorológica .....	221
4	Mapa de isohipsas del área de estudio .....	232

## **Introducción**

Según el Ministerio de Energía y Minas, el Perú es el primer productor de plomo (Pb) en Latinoamérica y el cuarto a nivel mundial; además, el plomo es un metal pesado que a lo largo de la historia ha sido empleado en la industria con diversos fines y cuyo uso extensivo ha causado una extensa contaminación ambiental y problemas ligados a la salud. Esta situación se evidenció en los primeros estudios realizados entre 1998 y 1999 por el Ministerio de Salud en los distritos de Lima y Callao, los cuales indicaron que la población más afectada por las elevadas concentraciones de plomo fueron los niños del Callao, principalmente aquellos que vivían y estudiaban en zonas aledañas a los depósitos de concentrados de minerales. Cabe resaltar que la contaminación por plomo en el Callao ha ido incrementando a medida que avanza la producción y exportación del mineral.

En ese sentido, siendo el plomo un contaminante potencialmente presente en todos los ambientes, y con múltiples fuentes de origen y vías de propagación, la presente investigación tiene como finalidad realizar el estudio de la evaluación de la evolución temporal y espacial de los niveles del plomo en el aire y suelo asociados a los depósitos de concentrados de minerales en el distrito del Callao, en relación con los estándares de calidad ambiental, desde enero de 2014 hasta mayo de 2016; con el fin de garantizar el derecho a gozar de un ambiente equilibrado, sano y adecuado para el desarrollo de la vida, enmarcados en el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible de la Agenda 2030.

# Capítulo I

# Capítulo I

## Aspectos metodológicos

### 1.1. Antecedentes

El crecimiento económico vinculado con la producción en serie que ha experimentado nuestra región ha traído como consecuencia la acumulación de distintos elementos potencialmente tóxicos para el organismo, tales como el plomo. Es así que entre 1998 y 1999, el Ministerio de Salud del Perú realizó un estudio para determinar las fuentes de exposición al plomo en la Provincia Constitucional del Callao, encontrándose que los niveles de plomo estaban relacionados con las actividades de almacenamiento de concentrados de minerales (Digesa, 2000). Ante tal situación, la preservación del ambiente, mitigación y control de la contaminación en el aire y suelo constituyen acciones necesarias para garantizar un ambiente equilibrado y adecuado para el desarrollo de la vida en el área de estudio. En relación con lo anterior, en la presente sección se describen los estudios y documentos vinculados con la investigación.

#### 1.1.1. En el contexto nacional.

Huayhua (2013) menciona que a finales de la década del 90, la población del Callao tenía niveles superiores de concentración de plomo en la sangre en relación con el valor de 10  $\mu\text{g}/\text{dl}$  establecido por la Organización Mundial de la Salud; siendo la fuente de exposición el almacenamiento y transporte del mineral para su exportación. Por lo tanto, es preciso indicar que los seres humanos, especialmente

los niños, no pueden tener niveles excesivos de plomo, debido a que la intoxicación por este metal produce efectos irreversibles en la función cerebral, ocasionando un desarrollo irregular en la actividad escolar. La investigación concluye en que el nivel de contaminación de plomo en la sangre de la población infantil del Callao que reside en la zona de los depósitos de minerales fue consecuencia del inadecuado manejo y almacenamiento de minerales; así como sus efectos en su salud dan cuenta, a su vez, del incumplimiento de obligaciones de protección de este derecho al no haber prevenido el daño, requiriendo del Estado acciones inmediatas para su restablecimiento.

Asimismo, Loyola y Soncco (2007) manifiestan que en los alrededores de los depósitos de concentrados de plomo existen numerosas viviendas, las cuales albergan a 80 000 habitantes aproximadamente, quienes desde la década de los 50 sufrían efectos nocivos de este contaminante tóxico (el polvo respirable con plomo arrastrado por el viento alcanza los tres kilómetros), debido a una inadecuada gestión ambiental en cuanto al almacenamiento, transporte y embarque de los concentrados de plomo.

Por otro lado, Narciso et al. (2000) indican que las partículas de plomo de los minerales almacenados en el Callao se desplazan a grandes distancias por los movimientos advectivos del viento y que se mezcla en la atmósfera con el polvo emitido por la combustión de la gasolina, viéndose reflejado este fenómeno en la composición de mezcla de isótopos que se observa en las muestras de aire de los distritos de Lima. Además, concluyen en que los depósitos de minerales son la

fuelle más importante de contaminación por plomo en la zona del Callao, especialmente para los habitantes de la zona cercana al Puerto; debido a que las concentraciones de plomo en suelo disminuyen exponencialmente conforme aumenta la distancia a los depósitos.

López (2000) en su investigación *“Intoxicación por plomo en niños menores de seis años en un Asentamiento Humano del Callao”*, expresa en que existe una alta prevalencia de intoxicación por plomo en el Asentamiento Humano Puerto Nuevo (934 por mil habitantes), expresada en relación con el incremento de la edad; es decir, al tiempo de exposición, siendo en los primeros 24 meses cuando se observa la mayor velocidad de acumulación e incluso desde antes de los 6 meses de edad.

Oriundo y Robles (2009) en su estudio sobre la *“Determinación de plomo en suelos debido a la contaminación por fábricas aledañas al Asentamiento Humano Cultura y Progreso del distrito de Ñaña”*, concluyen en que las concentraciones de plomo en los suelos es mayor a medida en que las casas se acercan a la fábrica; mientras que las concentraciones de plomo en los techos es mayor a medida que las casas se alejan de las fábricas.

El Comité de Gestión Iniciativa Aire Limpio (2010) señala que la contaminación atmosférica en el área metropolitana de Lima-Callao ha mejorado en los últimos 5 años, debido a las diversas medidas implementadas; sin embargo, aún existen factores que vienen generando contaminación tales como la deficiente planificación urbana y su movilidad, el crecimiento explosivo del parque automotor y en algunos casos su precario mantenimiento, importación de vehículos usados, falta de

supervisión de la aplicación de planos urbanos, errada ubicación de industrias y comercio, tecnologías obsoletas, baja eficiencia, etc.; en donde la contaminación por plomo genera un costo económico.

En relación con lo anterior, es preciso indicar que la Ley N° 28611 (2005) establece en el artículo 118, de la protección de la calidad del aire, que las autoridades públicas, en el ejercicio de sus funciones y atribuciones, deben adoptar medidas para la prevención, vigilancia, control ambiental y epidemiológico; a fin de asegurar la conservación, mejoramiento y recuperación de la calidad del aire, según sea el caso, actuando prioritariamente en las zonas en donde se superen los niveles de alerta por la presencia de contaminantes, debiéndose aplicar planes de contingencia para la prevención o mitigación de riesgos y daños sobre la salud y el ambiente.

### **1.1.2. En el contexto internacional.**

El Organismo Mundial de la Salud (1996), en su estudio sobre el problema de exposición al plomo en América Latina y El Caribe, indican que los niveles de plomo en la sangre están más elevados en poblaciones que residen cerca de fuentes fijas de emisión de plomo; siendo el promedio de plomo en niños desde 11,5 a 39  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , con una proporción del 45 al 100 % de niños con niveles de plomo en la sangre superiores a 10  $\mu\text{g}/\text{dl}$ .

En esos sentidos, Cousillas (2001) concluye que en Uruguay, al igual que en otros países latinoamericanos, la población que vive alrededor de las fábricas se ve expuesta a altas concentraciones ambientales de plomo, en donde las personas más

sensibles (niños) no sólo tienen intoxicaciones crónicas, sino también de tipo agudas. Además, señalan que la Organización Panamericana de la Salud (OPS) realizó en 1990 un estudio de la polución del aire en América Latina, en donde encontraron que los contaminantes más importantes en América Latina y El Caribe son el dióxido de azufre, material particulado, oxidantes fotoquímicos, dióxido de nitrógeno, monóxido de carbono y plomo.

El estudio realizado en Vetagrande-Zacatecas por Martínez (2002) tuvo como objetivo el determinar las concentraciones de plomo en el suelo, sangre de niños y mujeres embarazadas, y establecer la probable asociación entre las concentraciones de plomo en el suelo y los niveles de plomo en la sangre de niños y mujeres embarazadas. Al respecto, concluye que a pesar de que existen cantidades importantes de plomo en el suelo de las viviendas, no existe una asociación entre las concentraciones de plomo en la sangre de los infantes y mujeres, debido a que existió una correlación baja entre ambas concentraciones.

## **1.2. Planteamiento del problema**

### **1.2.1. Descripción del problema.**

La intoxicación por metales pesados constituye un problema de salud en varios países del mundo, originándose la exposición a estos tóxicos ambientales mediante la ingesta o inhalación de agua, suelo o aire contaminado. Además, el plomo no tiene función alguna en el cuerpo humano, todo lo contrario, es una sustancia tóxica que se acumula en el organismo afectando diversos sistemas y con efectos dañinos

en los niños de corta edad, quienes absorben una cantidad de plomo entre 4 y 5 veces mayor que los adultos. En este sentido, durante el 2015, el Instituto de Sanimetría y Evaluación Sanitaria, establecido en la Universidad de Washington, estimó que la exposición a plomo fue responsable del 12,4 % de la carga mundial de discapacidad intelectual idiopática, del 2,5 % de la carga mundial de cardiopatía isquémica, y del 2,4 % de la carga mundial de accidentes cerebrovasculares (OMS, 2016).

En el Perú, entre 1998 y 1999, el Ministerio de Salud, mediante la Dirección General de Salud Ambiental (Digesa), realizó los primeros estudios para determinar los niveles de plomo en sangre en una población seleccionada de Lima y Callao, los cuales indicaron que la población más afectada, en especial los niños, fueron aquellos quienes vivían y estudiaban en zonas aledañas a los depósitos de concentrados de minerales (Hernández, Espinoza y Carbajal, 1999). Asimismo, de acuerdo con el Anexo 4 del Decreto Supremo N° 074-2001-PCM, Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, el área de Lima-Callao es considerada como zona de atención prioritaria.

Por tal razón, la presente tesis se enfoca en realizar un estudio de la evolución temporal y espacial de los niveles de plomo en el aire y suelo asociados a los depósitos de concentrados de minerales en el distrito del Callao, en relación con los estándares de calidad ambiental, desde enero de 2014 hasta mayo de 2016; con el fin de garantizar el derecho a gozar de un ambiente equilibrado, sano y adecuado

para el desarrollo de la vida en el marco del cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible.

## **1.2.2. Formulación del problema.**

### ***1.2.2.1. Problema principal.***

¿Cómo es la evolución temporal y espacial de los niveles de plomo en el aire y suelo asociados a los depósitos de concentrados de minerales en el distrito del Callao, en relación con los estándares de calidad ambiental, desde enero de 2014 hasta mayo de 2016?

### ***1.2.2.2. Problemas secundarios.***

1. ¿Cómo es la variación de los niveles de plomo en el aire asociados a los depósitos de concentrados de minerales, en relación con el valor indicado en los Criterios de Calidad Ambiental del Aire de Ontario, desde enero de 2014 hasta mayo de 2016?
2. ¿Cómo es la variación de los niveles de plomo en el suelo asociados a los depósitos de concentrados de minerales, en relación con los estándares de calidad ambiental, desde enero de 2014 hasta mayo de 2016?
3. ¿De qué manera los parámetros meteorológicos se relacionan con los niveles de plomo registrados en el aire y suelo?

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general.**

Realizar el estudio de la evaluación de la evolución temporal y espacial de los niveles del plomo en el aire y suelo asociados a los depósitos de concentrados de minerales en el distrito del Callao, en relación con los estándares de calidad ambiental, desde enero de 2014 hasta mayo de 2016.

#### **1.3.2. Objetivos específicos.**

1. Analizar los niveles de plomo en el aire asociados a los depósitos de concentrados de minerales, en relación con el valor indicado en los Criterios de Calidad Ambiental del Aire de Ontario, desde enero de 2014 hasta mayo de 2016.
2. Analizar los niveles de plomo en el suelo asociados a los depósitos de concentrados de minerales, en relación con los estándares de calidad ambiental, desde enero de 2014 hasta mayo de 2016.
3. Establecer como los parámetros meteorológicos se relacionan con los niveles de plomo registrados en el aire y suelo.

## **1.4. Hipótesis**

### **1.4.1. Hipótesis general.**

El estudio de la evaluación de la evolución de los niveles de plomo en el aire y suelo contribuirá a verificar los niveles de contaminación por plomo y el cambio espacio-temporal de las concentraciones de plomo asociadas a los depósitos de concentrados de minerales en el distrito de Callao, en relación con los estándares de calidad ambiental, desde enero de 2014 hasta mayo de 2016.

### **1.4.2. Hipótesis específicas**

1. Los niveles de plomo en el aire asociados a los depósitos de concentrados de minerales superarán el valor indicado en los Criterios de Calidad Ambiental del Aire de Ontario.
2. Los niveles de plomo en el suelo asociados a los depósitos de concentrados de minerales superarán los estándares de calidad ambiental según su cercanía con los depósitos de concentrados de minerales.
3. Los parámetros meteorológicos tendrán influencia en los niveles de plomo registrados en el aire y suelo.

## **1.5. Variables**

En la Tabla 1 se especifican las variables independientes y dependientes del presente estudio.

**Tabla 1**  
**Resumen de variables**

Variables	Indicadores	Unidades	
<b>Independiente:</b>  Evolución temporal y espacial de los niveles del plomo en el aire y suelo	Niveles de plomo en el aire	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	
	Niveles de plomo en el suelo	mg/kg MS	
	Parámetros meteorológicos	Velocidad del viento	m/s
		Dirección del viento	°
		Temperatura del aire	°C
		Humedad relativa	%
		Precipitación	mm
	Presión atmosférica	hPa	
<b>Dependiente:</b>  Calidad del aire y suelo	Concentración deseable de plomo en aire <sup>1</sup>	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	
	Concentración deseable de plomo en suelo <sup>2</sup>	mg/kg MS	

<sup>(1)</sup> Concentración indicada en los Criterios de Calidad Ambiental del Aire de Ontario.

<sup>(2)</sup> Concentración indicada en los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo, aprobado mediante Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM.

**MS:** Materia seca.

**Fuente:** Elaboración propia.

## 1.6. Justificación

Desde hace décadas se ha detectado que el plomo es un elemento tóxico para el ser humano, siendo un contaminante potencialmente presente en todos los medios ambientales, con múltiples fuentes de origen y vías de propagación. En ese contexto, en el Perú, entre 1998 y 1999, mediante los estudios realizados por el Ministerio de Salud se detectaron elevadas concentraciones de plomo en la sangre, siendo las personas más afectadas, y con mayores repercusiones en los niños, quienes se situaban en zonas aledañas a los depósitos de concentrados de minerales. Además, dicha población

ascendía a 80 000 habitantes aproximadamente y se distribuían entre el Asentamiento Humanos (en adelante, AH) Mariscal Ramón Castilla, AH Agrupación Vivencial Mariscal Ramón Castilla, Urbanización Industrial La Chalaca, AH Ciudadela Chalaca, AH Ciudadela Chalaca Sector Cuarto, AH San Juan Bosco, AH Puerto Nuevo, Agrupación de Vivienda Barrio Obrero Frigorífico, etc.

Por otra parte, la Organización Mundial de la Salud indica que entre los costos económicos, directos e indirectos, en relación con el plomo figuran los gastos sanitarios de la atención médica prestada para tratar la intoxicación por este metal, los costos sociales derivados de la necesidad de educación especial para combatir el deterioro intelectual provocado por el plomo y la pérdida de productividad debido a la reducción del coeficiente intelectual (OMS, 2016).

Sobre la base de las ideas expuestas, es necesario realizar el estudio de la evaluación de la evolución temporal-espacial de los niveles de plomo en el aire y suelo asociados a los depósitos de concentrados de minerales en el distrito del Callao, en relación con los estándares de calidad ambiental, desde enero de 2014 hasta mayo de 2016; con el fin de verificar los niveles de contaminación por plomo y, en consecuencia, tomar las medidas correctivas que minimicen las emisiones fugitivas de este metal para garantizar el derecho a gozar de un ambiente equilibrado, sano y adecuado para el desarrollo de la vida en el marco del cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible de la agenda 2030.

## 1.7. Importancia

Es importante realizar el estudio de la evaluación de la evolución temporal y espacial de los niveles del plomo en el aire y suelo asociados a los depósitos de concentrados de minerales en el distrito del Callao, en relación con los estándares de calidad ambiental, desde enero de 2014 hasta mayo de 2016, a fin de determinar el grado de contaminación en ambos componentes y la variación de su calidad en el período indicado. Además, es una herramienta clave para que los actores competentes adopten medidas de seguimiento, control y vigilancia más estrictas para contrarrestar los efectos de la contaminación en el ambiente, enmarcadas en garantizar el desarrollo de la calidad de vida de los habitantes del área de estudio, el derecho a un ambiente adecuado y equilibrado, y el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible (ver Figura 1).



**Figura 1. Objetivos de desarrollo sostenible vinculados con la investigación**

**Fuente:** Elaboración propia.

## **Capítulo II**

## Capítulo II

### Marco teórico

El presente capítulo tiene como objetivo definir los conceptos necesarios para el desarrollo de la presente tesis, desde la explicación de la interacción del plomo en los componentes de estudio, aire y suelo, hasta la definición de términos básicos. Además, se detallará el marco legal nacional e internacional vigente para regular los niveles de plomo en el aire y suelo.

#### 2.1. Bases teóricas

##### 2.1.1. Aire.

###### 2.1.1.1. *Definición de aire.*

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), se define aire puro como:

*“(...) la mezcla de gases, vapor de agua y una gran variedad de partículas, sólidas y líquidas, cuyo tamaño varían desde unos cuantos nanómetros hasta 0,5 milímetros; los cuales en su conjunto envuelven al globo terrestre (...)” (OMS, 2004, p.5).*

Además, Jaén et al. (2009, p.121) definen el aire atmosférico como *“mezcla de gases, cuya composición en la homósfera es prácticamente constante, a excepción del contenido de humedad, que varía entre el 0,1 al 10 % en volumen,*

*y el contenido en dióxido de carbono que, debido a la intensiva explotación de los combustibles fósiles, ha ido aumentando en las últimas décadas”.*

De lo anterior se deduce que el aire es la mezcla de elementos químicos, en estado gaseoso, que se mantienen adheridos por gravedad a la tierra, cuya composición es uniforme, excepto en el contenido de vapor y polvo, y varían en tiempo y espacio cerca de la superficie del planeta.

#### ***2.1.1.2. Características del aire como fluido.***

En la mecánica de fluidos, *“el aire es como un conjunto de moléculas distribuidas al azar que se mantienen unidas por fuerzas cohesivas débiles y por fuerzas ejercidas por las paredes de un envase”* (Insunza, 2007, p. 274).

Teniendo en cuenta lo anterior, la atmósfera es considerada como un envase que mediante las fuerzas de gravedad se extiende hasta un volumen determinado.

#### ***2.1.1.3. Composición del aire.***

El aire es una mezcla de varios gases permanentes, partículas sólidas y líquidas en concentración variable que compone la atmósfera terrestre. Además, a causa del papel especial que desempeña el vapor de agua, este elemento suele tratarse por separado; siendo considerada la atmósfera en este caso como un compuesto de aire seco y vapor de agua (Rogers, 2003, p.1). En la Tabla 2 se detallan los constituyentes principales del aire seco.

**Tabla 2****Composición del aire seco en la atmósfera baja y funciones ambientales de sus elementos**

Gases	Fórmulas	Concentración (% en volumen)	Función ambiental
<i>Gases activos</i>			
Nitrógeno	N <sub>2</sub>	78,09	Inerte como N <sub>2</sub> , pero indispensable para la vida como N
Oxígeno	O <sub>2</sub>	20,95	Indispensable para la vida, químicamente activo
Hidrógeno	H <sub>2</sub>	0,00005	Importante en la química atmosférica
<i>Gases inertes</i>			
Argón	Ar	0,93	Inerte
Neón	Ne	0,0018	Inerte
Helio	He	0,00052	Inerte, escapa de la corteza terrestre
Criptón	Kr	0,0001	Inerte
Xenón	Xe	0,000008	Inerte
Radón	Rn	6x10 <sup>-18</sup>	Radiactivo, variable con la altitud y el tiempo porque se desintegra
<i>Gases variables<sup>(1)</sup></i>			
Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	0,036	Indispensable para la vida, ópticamente activo
Ozono	O <sub>3</sub>	0,000001	Tóxico, óptica y químicamente activo

**Nota 1:** Otros constituyentes presentes en cantidades muy pequeñas son dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), óxidos de un solo nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y diversos contaminantes.

**Fuente:** Henry, G y Heinke, G. 1999. *Ingeniería ambiental*. 2<sup>da</sup> ed. Ed. Pearson Educación. México, p. 218.

Cabe resaltar que la composición del aire es notablemente uniforme y la proporción relativa de los gases permanentes se mantiene constante, la misma en todas partes y hasta una altura de 90 km; siendo el dióxido de carbono, el vapor

de agua y el ozono, los gases presentes en cantidades variables y los que afectan notablemente a la transferencia radiactiva en la atmósfera (Rogers, 2003, p.1).

#### **2.1.1.4. Calidad del aire.**

La calidad del aire está relacionada con los niveles de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el aire, en su condición de cuerpo receptor; en ese sentido, cuando los niveles no representan riesgos significativos para la salud de las personas ni el ambiente nos referimos a una calidad del aire favorable.

Además, la calidad del aire está ligada con diferentes factores tales como geofísicos, meteorológicos y socioeconómicos. El factor socioeconómico está relacionado con los procesos de crecimiento de la economía y la población.

#### **2.1.1.5. Contaminación del aire.**

De acuerdo con la OMS (2004, p.1), la contaminación del aire es un importante problema de salud ambiental, teniendo las siguientes fuentes de contaminación del aire vinculadas con las actividades humanas:

**a) Fuentes estacionarias:** En la Figura 2 se indican las subdivisiones.



**Figura 2. Fuentes estacionarias**

**Fuente:** Elaboración propia en base a la información indicada en las *Guías para la Calidad del Aire* (OMS, 2004, p.1).

**b) Fuentes móviles:** Están compuestas por cualquier tipo de vehículos a combustión a motor como vehículos ligeros con motor de gasolina, vehículos ligeros y pesados con motor de diesel, motocicletas, aviones, entre otros.

**c) Fuentes de interiores:** Incluyen el consumo de tabaco, fuentes biológicas (polen, moho, insectos, microorganismos, etc.), emisiones producto del proceso de combustión, emisiones de materiales o sustancias usadas en interiores como compuestos volátiles, productos químicos, sintéticos, entre otros.

Además, existen fuentes naturales de contaminación como las áreas erosionadas, los volcanes, algunas plantas que liberan grandes cantidades de polen, entre otros. Por otro lado, la concentración local de los contaminantes del aire depende de la magnitud de las fuentes y de la eficiencia de su dispersión. Las variaciones diarias en las concentraciones están más afectadas por las condiciones meteorológicas que por los cambios en la magnitud de las fuentes.

Según la OMS (2004), los contaminantes del aire generalmente se clasifican en partículas en suspensión (polvos, neblinas y humos), contaminantes gaseosos (gases y vapores) y olores; los cuales se detallan a continuación:

**a) Material Particulado en Suspensión (MPS):** Las partículas incluidas en el aire incluyen partículas totales en suspensión (PTS), material particulado en suspensión con diámetro aerodinámico mediano menor a  $10 \mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) y menor a  $2,5 \mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{2,5}$ ), partículas finas y ultrafinas, ceniza del carbón, polvos

minerales, polvos metálicos y humos (zinc, cobre, **plomo**, hierro, etc.), neblinas ácidas, pigmentos de pintura, partículas de plaguicidas, entre otros. Por otro lado, las partículas más gruesas tienden a depositarse más rápidamente que las partículas pequeñas, de acuerdo con su tamaño, velocidad del viento y otros factores (p.2).

**b) Contaminantes gaseosos:** Los contaminantes gaseosos incluyen compuestos de azufre, monóxido de carbono, compuestos de nitrógeno, compuestos orgánicos, compuestos orgánicos volátiles, hidrocarburos aromáticos policíclicos, compuestos halogénicos y sustancias olorosas. Los contaminantes secundarios se pueden formar a través de reacciones térmicas, químicas o fotoquímicas. Por ejemplo, por la acción térmica, el dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) se puede oxidar a óxido de azufre ( $\text{SO}_3$ ), el cual, disuelto en agua, da lugar a la formación de la neblina ácida sulfúrica (catalizada por manganeso y óxidos de hierro) (p.2).

**c) Olores:** Si bien algunos olores son provocados por agentes químicos específicos (sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ), disulfuro de carbono ( $\text{CS}_2$ ) y los mercaptanos), otros son difíciles de definir químicamente (p.2).

#### ***2.1.1.6. Principales contaminantes del aire.***

En América Latina y El Caribe, alrededor de 100 millones de personas están expuestas a niveles de contaminación del aire por encima de los recomendados por la OMS (Cifuentes et al., 2005, citado en Green y Sánchez, 2013, p.1); siendo los niños y niñas, adultos mayores, personas con previos problemas de salud y

población con recursos económicos bajos quienes se encuentran en una situación de mayor vulnerabilidad. Entre los principales contaminantes que afectan la calidad del aire se destacan los siguientes:

**a) Material Particulado (PM):** Es una mezcla de partículas sólidas y líquidas minúsculas suspendidas en la atmósfera. Las partículas tienen distintos tamaños y formas, y pueden formarse a partir de diferentes químicos. Algunas partículas, conocidas como partículas primarias, son emitidas directamente por una fuente (automóviles, autobuses y camiones de carga, industrias, obras de construcción, vías sin pavimentar, chimeneas, humo de cigarrillo o incendios); mientras que las partículas secundarias son formadas por medio de reacciones en la atmósfera, a partir de otros químicos emitidos por plantas de generación de energía, industrias y automóviles. (Green y Sánchez, 2013, p.3).

**b) Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>):** El SO<sub>2</sub> es un gas incoloro, de olor acre, irritante, soluble a agua y reactivo, formado, en gran parte, en la combustión de combustibles fósiles en las plantas generadoras de energía y en otras instalaciones industriales, así como en fuentes móviles en un menor grado, siendo un problema en algunas áreas urbanas e industriales; OMS (2004, p.24) y Green y Sánchez (2013, p.3).

**c) Monóxido de carbono (CO):** De acuerdo con la OMS (2004, p.25), las concentraciones ambientales naturales de CO oscilan entre 0,01 y 0,23 mg/m<sup>3</sup>; en las zonas urbanas, las concentraciones medias durante ocho horas

generalmente son inferiores a  $20 \text{ mg/m}^3$  y los niveles pico de una hora usualmente son inferiores a  $60 \text{ mg/m}^3$ , siendo las concentraciones más altas en las vías principales, debido a que el parque automotor es la principal fuente de CO. Asimismo, la concentración de CO es un parámetro adecuado para el seguimiento de la contaminación primaria de origen vehicular porque su determinación es competitivamente sencilla respecto a otros contaminantes atmosféricos, por ende, se puede utilizar para establecer correlaciones con otros contaminantes primarios, en particular con óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles y material particulado (Defensoría del Pueblo, 2009).

**d) Plomo (Pb):** Los niveles de plomo que se encuentran en el aire, los alimentos, el agua y el suelo varían significativamente en todo el mundo y depende del grado de desarrollo industrial, la urbanización y otros factores vinculados con el estilo de vida; OMS (2004, p.26).

**e) Ozono (O<sub>3</sub>):** Es un gas que puede afectar adversamente el sistema respiratorio aun a niveles relativamente bajos, siendo el más complejo de los contaminantes criterio y, en consecuencia, el más difícil de reducir, dado que no es emitido directamente por una fuente. En cambio, es formado en la atmósfera por medio de reacciones fotoquímicas, en presencia de luz solar y a partir de la reacción entre contaminantes precursores como los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y compuestos orgánicos volátiles (COVs). (Green y Sánchez, 2013, p.3).

#### ***2.1.1.7. Factores que intervienen en la calidad del aire.***

La concentración local de los contaminantes del aire depende de la magnitud de las fuentes y de la eficiencia de la dispersión. Las variaciones diarias en las concentraciones se ven afectadas por las condiciones meteorológicas que por los cambios en la magnitud de las fuentes; siendo el viento un elemento clave en la dispersión de los contaminantes del aire; en ese sentido, la turbulencia también es importante, dado que un espacio desigual, como el que presenta un conglomerado de edificios, por ejemplo, tiende a aumentar la turbulencia y la dispersión de contaminantes. (OMS, 2004, pp. 11-12). De acuerdo con lo anterior, el transporte y dispersión de contaminantes están influenciados por variaciones meteorológicas y las condiciones topográficas locales.

El tiempo que los contaminantes permanecerán en la atmósfera, la distancia que recorren y los niveles de concentración que alcancen dependerán de las condiciones meteorológicas, características geográficas y de los procesos de dispersión, tal como se puede observar en la Figura 3.



**Figura 3. Factores que intervienen en la dispersión y/o acumulación de contaminantes**

**Fuente:** Elaboración propia a partir de la información de Calidad del aire: una práctica de vida (SEMARNAT, 2013, p.9).

Por otro lado, las inversiones de temperatura son esenciales para controlar la profundidad de la capa del aire adyacente a la superficie en donde se mezclan los contaminantes (la profundidad de mezcla). De acuerdo con el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), durante el día, el aire cerca de la superficie de la tierra es más caliente y liviano que el aire en la atmósfera superior debido a la absorción de la energía solar; es decir, el aire caliente y liviano de la superficie se eleva y se mezcla con el aire frío y pesado de la atmósfera superior que tiende a bajar. Este movimiento constante origina condiciones inestables y dispersa el aire contaminado. Cuando hay ligera mezcla vertical o no hay mezcla, los contaminantes permanecen en la zona baja con niveles de concentraciones mayores. (CEPIS, 2005, p.6).

#### **2.1.1.8. *Exposición a los contaminantes del aire.***

La exposición diaria total de un individuo a la contaminación del aire equivale a la suma de los contactos independientes que experimenta en los diferentes ambientes en el transcurso del día (hogar, calle, trabajo, etc.). La exposición en cada uno de estos ambientes se puede estimar como el producto de los niveles de concentración del contaminante en cuestión y el tiempo que ha permanecido en tal ambiente; mientras que la dosis son los niveles de concentración del contaminante que se absorbe. En este modelo, se estima una concentración más o menos constante de los contaminantes durante el tiempo que una persona permanece en cada ambiente. (OMS, 2004, p.12).

Cabe resaltar que la inadecuada calidad del aire tiene un impacto negativo en el desarrollo social y económico, afectando la competitividad económica de los países, dado que la mala salud resultante de la contaminación del aire cuesta billones de dólares anualmente en costos médicos y pérdidas de productividad (Green y Sánchez, 2013, p.2). Todo ello limitaría al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible mencionados en el capítulo anterior.

#### **2.1.2. Suelo.**

##### **2.1.2.1. *Definición de suelo.***

El suelo es una delgada capa sobre la corteza terrestre, cuyo material proviene de la desintegración y/o alteración física y/o química de las rocas y de los residuos de las actividades de los seres vivos que sobre ella se asientan (Crespo,

2005, p.18). Además, el suelo es un sistema complejo, en donde las relaciones físicas y químicas entre la fase sólida, líquida y gaseosa están afectadas no sólo por sus respectivas propiedades, sino también por la temperatura, presión y luz; siendo un material no consolidado compuesto por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua, aire y organismos, que comprenden desde la capa superior de la superficie terrestre hasta diferentes niveles de profundidad; es decir, es un sistema natural complejo que se desarrolla a partir de una mezcla de minerales y restos orgánicos, bajo la influencia del clima y del medio biológicos (Zavaleta, 1992, p. 61).

El suelo actúa como regulador central de la larga cadena de factores y procesos que tienen lugar en el ambiente, influye sobre el clima global, regula procesos determinantes en el ciclo hidrológico y sirve de medio para el desarrollo de una gran diversidad de organismos, en especial las plantas. Los procesos hidrológicos en el suelo son responsables de la distribución de las precipitaciones, lo que influye en la reserva y disponibilidad de agua dulce para la vegetación y en la regulación de los flujos de agua superficial y subterránea. Estos procesos hidrológicos determinan igualmente la movilización y transporte de materiales, contaminantes o no, de origen natural o antrópico. Dado que el suelo es un medio activo desde el punto de vista químico y biológico, juega un papel fundamental en la retención, transformación, descomposición y reciclaje de productos residuales orgánicos e inorgánicos provenientes de actividades agrícolas y ganaderas, o de origen industrial y urbano. (Pernett, 2006, pp.5, 9, 13-15).

### **2.1.2.2. Composición.**

El suelo está constituido de tres fases que se corresponden con los estados físicos de la materia; es decir, sólido, líquido y gaseoso. La presencia y cantidad de los componentes de la fase sólida dependen de los procesos edafogénicos. La fase sólida puede dividirse en orgánica e inorgánica, siendo la parte orgánica la menos conocida y estudiada debido a la complejidad de sus componentes y a la escasa metodología estandarizada. La fase líquida corresponde al agua del suelo y se compone principalmente de agua con iones y gases en disolución, es importante para la vida de los organismos, en especial de las plantas, ya que es el medio por el cual absorben sus nutrientes. La fase gaseosa incluye el oxígeno molecular (O<sub>2</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), nitrógeno molecular (N<sub>2</sub>), entre otros. La composición de esta fase determina el tipo de microorganismos que habitan en el suelo, los cuales se encargarán, entre otras funciones, de la descomposición de la hojarasca. Las fases líquida y gaseosa ocupan los espacios vacíos, denominados poros, que existen entre partículas de la fase sólida. (Bautista, 1999, pp.22-25).

### **2.1.2.3. Formación.**

Los suelos se originan de manera natural por la combinación de cinco factores denominados formadores de suelo: roca, clima, organismos, relieve y tiempo. Estos factores originan o producen, a su vez, procesos que le dan forma al suelo. Los procesos formadores de suelo pueden agruparse en cuatro tipos: adición,

pérdida, translocación y transformación. La formación de suelo es un proceso largo que dura de cientos a miles de años, por lo que este recurso debe considerarse como no renovable. La roca es el factor que determina la textura y una gran cantidad de propiedades químicas, en caso de que el suelo no sea producto de la erosión de las partes altas. (Bautista, 1999, pp.26-27).

#### **2.1.2.4. Principales tipos de suelo.**

Los suelos se dividen en dos amplios grupos: suelos inorgánicos (suelo cuyo origen se debe a la descomposición física y/o química de las rocas) y suelos orgánicos. A continuación se describen los suelos más comunes (Crespo, 2005, pp. 21-22):

- a) Gravass:** Son acumulaciones sueltas de fragmentos de rocas y que tienen más de dos milímetros de diámetro. Además, suelen acumularse en los lechos, en los márgenes, en los conos de deyección de los ríos, depresiones de terrenos rellenadas por el acarreo de los ríos y en otros lugares a los cuales las gravas han sido retransportadas.
- b) Arenas:** Son materiales de granos finos procedentes de la denudación de las rocas o de su trituración artificial, y cuyas partículas varían entre 2 y 0,05 mm de diámetro.
- c) Limos:** Son suelos de granos finos con poca o ninguna plasticidad, con diámetros de las partículas comprendidos entre 0,05 y 0,005 mm.

**d) Arcillas:** Son partículas sólidas con diámetros menores a 0,005 mm y cuya masa tiene la propiedad de volverse plástica al ser mezclada con el agua.

#### ***2.1.2.5. Calidad del suelo.***

De acuerdo con la guía para el muestreo de suelos del Ministerio del Ambiente, la calidad del suelo es la capacidad natural del suelo de cumplir diferentes funciones: ecológicas, agronómicas, económicas, culturales, arqueológicas y recreacionales. A la vez, es el estado del suelo en función de sus características físicas, químicas y biológicas que le otorgan una capacidad de sustentar un potencial ecosistémico natural y antropogénicas. (MINAM, 2014, p.3).

#### ***2.1.2.6. Contaminación del suelo.***

La pérdida o degradación de recursos naturales que comprometa la satisfacción de necesidades es una de las principales problemáticas en el ámbito ambiental, económico y social, siendo de suma importancia conocer las principales fuentes de contaminación del suelo y las diferencias entre suelo contaminado y alterado. En ese sentido, el término contaminación se refiere a la introducción o incremento anormal de sustancias que pueden ejercer un efecto dañino sobre los organismos en los ecosistemas. De acuerdo con lo anterior, el daño ambiental es la afectación o modificación de las condiciones originales de los recursos naturales, mientras que contaminación es la presencia superior a los valores límites permisibles de aquellas sustancias que tengan la capacidad de modificar

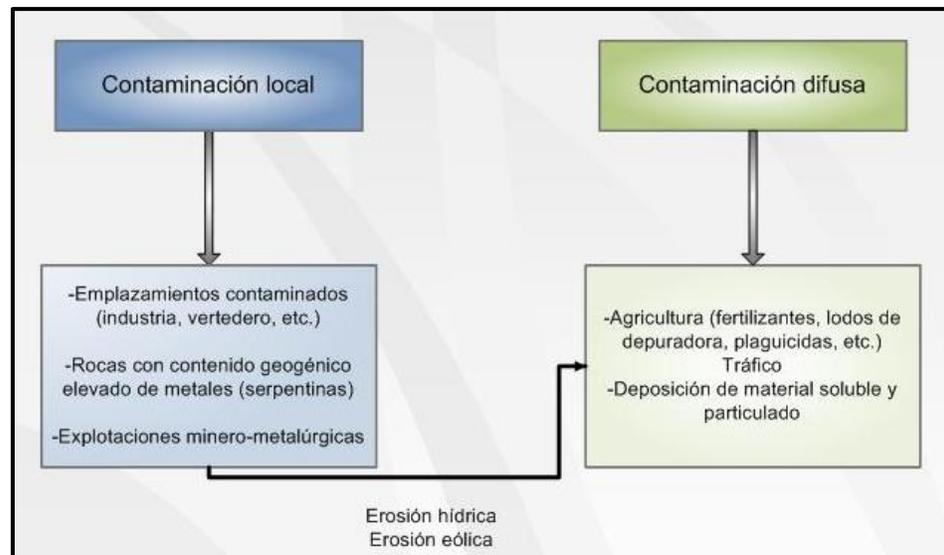
o variar alguna condición de dichos recursos y generar alteraciones que perjudiquen la salud de las personas y el ambiente.

De esta manera, un suelo está contaminado cuando las características físicas, químicas o biológicas originales han sido alteradas de manera negativa, debido a la presencia de componentes de carácter peligroso para el ecosistema; la productividad que el suelo tenía, se pierde total o parcialmente. (Cepeda, 2003 citado por Silva y Correa, 2009, p.18).

De acuerdo con la Figura 4, el suelo es contaminado principalmente por depósitos de partículas del aire y agua contaminada por actividades industriales; en ese sentido, la contaminación local, o puntual, está unida generalmente a actividades económicas como la minería, las instalaciones industriales y los vertederos. De lo mencionado, los depósitos de concentrados de minerales se encontrarían como parte de las actividades mineras. Por otro lado, la contaminación difusa es causada generalmente por el transporte de sustancias contaminantes, solubles como particuladas, a lo largo de amplias zonas con frecuencia alejadas de la fuente de origen. Además, entre los efectos desfavorables de los contaminantes en el suelo como sistema destacan (Martinez et al, 2005 citado por Silva y Correa, 2009, p.19):

- Destrucción del poder de autodepuración por procesos de regeneración biológica normales, ya que se ha superado la capacidad de aceptación del suelo, afectando el ciclo biogeoquímico y la función de biofiltro.

- Disminución cualitativa y cuantitativa del crecimiento de los microorganismos del suelo o alteración de su diversidad, aumentando la fragilidad del sistema.
- Reducción del rendimiento de los cultivos con posibles cambios en la composición de los productos, con riesgo para la salud de los consumidores al ingresar determinados elementos en la cadena trófica.
- Contaminación de las aguas superficiales y freáticas por procesos de transferencia, dado que se alcanzan concentraciones superiores a las consideradas aceptables.
- Afectación en las funciones de soporte de actividades de ocio, puesto que los espacios contaminados presentan problemas de salubridad para los usuarios.



**Figura 4. Contaminación local y difusa del suelo**

Fuente: AEMA (2002, p.7).

Cabe resaltar que existen tres factores por los cuales un contaminante en el suelo supone la existencia de contaminación, siendo estos los siguientes (Jiménez, 2017, p.10):

- La concentración de contaminantes en el suelo.
- La exposición a la contaminación de las personas por diferentes vías.
- La toxicidad de las sustancias.

#### ***2.1.2.7. Principales contaminantes del suelo.***

Entre los contaminantes que generan un impacto significativo sobre el suelo están los plaguicidas, siendo sustancias formadas por compuestos tóxicos que se han introducido deliberadamente en el ambiente para combatir plagas y enfermedades de las plantas, las cuales pueden acumularse en el suelo o filtrarse en las aguas subterráneas o evaporarse para volver a depositarse en el suelo (Según Silvia y Correa, 2009, p.19). A la vez, a continuación se describen algunos metales pesados que afectan la calidad del suelo:

**a) Arsénico:** El arsénico es un constituyente natural de los minerales de plomo, zinc, oro y cobre, que puede liberarse durante el proceso de fundición de los mismos; en donde los gases y el material particulado de la minería y fundiciones pueden actuar como fuentes contaminantes de arsénicos; Adriano (como se citó en Hernández, 2012, p.51). Las reacciones del arsénico en los suelos están gobernados por sus estados de oxidación y su toxicidad depende de la concentración de arsénico soluble, siendo el arseniato sódico y el

trióxido de arsénico los más tóxicos, pues se acumulan en el hígado, riñones, piel, pelos y uñas, y es eliminado por la orina, a la vez, la ingestión de dosis crecientes habitúan al organismo al veneno y lo hacen más resistentes (Hernández, 2012, p.52).

**b) Cadmio:** Puede existir de forma natural en altas concentraciones cuando se encuentra asociado a minerales de zinc o en áreas cercanas a depósitos de cadmio. Este elemento no tiene función biológica esencial, por lo tanto, sus compuestos son muy tóxicos para plantas y animales. Casi todo el cadmio se obtiene como subproducto en el procesado de minerales de zinc, cobre y plomo. (Hernández, 2012, pp.52-53).

**c) Plomo:** Este elemento es un tóxico cuya ingestión en forma de vapor, humo o polvo provoca saturnismo y su acumulación en los huesos. Existen diversas fuentes de plomo y entre ellas se encuentran las fundiciones y actividades mineras, los abonos, las residuales, tuberías, conductos, soldaduras y la contaminación procedente de los tubos de escape de los automóviles. El plomo también se usa en pinturas, vidrios, insecticidas, baterías (se emplea el metal y su óxido), municiones, recubrimientos de cables, etc. (Hernández, 2012, pp.56-57).

**d) Zinc:** El zinc ocupa el puesto número 24 entre los elementos más abundantes de la corteza terrestre, formando gran variedad de sales, complejos con cloruros, fosfatos, sulfatos, nitratos y compuestos húmicos. La toxicidad del zinc generalmente está limitada a casos de sobredosis accidental o usos terapéuticos de altas dosis de este elemento. El zinc y sus compuestos son

componentes de muchos artículos domésticos como utensilios, cosméticos, pomadas, antisépticos, astringentes, pinturas, barnices y cauchos. A la vez, se utiliza en llantas de automóviles, pantallas de televisión, pilas y aparatos eléctricos. Otros usos incluyen fertilizantes agrícolas, insecticidas, imprenta, secado de prendas textiles, como flujo en operaciones metalúrgicas y conservador de la madera. (Hernández, 2012, pp.57-58).

#### **2.1.2.8. Factores que intervienen en la calidad del suelo.**

A pesar de la preocupación creciente acerca de la degradación del suelo, de la disminución de su calidad y de su impacto en el bienestar de la humanidad y el ambiente, aún no hay criterios universales para evaluar los cambios en la calidad del suelo; siendo necesario contar con variables que puedan servir para evaluar la condición del suelo; en ese sentido, a continuación se describe tres indicadores relacionados con la calidad del suelo (Bautista, 2004, pp.92-95):

**a) Indicadores físicos:** Las características físicas del suelo son una parte necesaria en la evaluación de la calidad de este recurso porque no se pueden mejorar fácilmente. Las propiedades físicas que pueden ser utilizadas como indicadores de la calidad del suelo son aquellas que reflejan la manera en que este recurso acepta, retiene y transmite agua a las plantas, así como las limitaciones que se pueden encontrar en el crecimiento de las raíces, la emergencia de las plántulas, la infiltración o el movimiento del agua dentro del perfil, y que además estén relacionadas con el arreglo de las partículas y

los poros. La estructura, densidad aparente, estabilidad de agregados, infiltración, profundidad del suelo superficial, capacidad de almacenamiento del agua y conductividad hidráulica saturada son las características físicas del suelo que se han propuesto como indicadores de su calidad.

**b) Indicadores químicos:** Se refieren a condiciones que afectan las relaciones suelo-planta, la calidad del agua, capacidad amortiguadora del suelo, la disponibilidad del agua, y nutrimentos para las plantas y microorganismo. Algunos indicadores son la disponibilidad de nutrimentos, pH, conductividad eléctrica, cambios en la materia orgánica, entre otros.

**c) Indicadores biológicos:** Integran gran cantidad de factores que afectan la calidad del suelo como la abundancia y subproductos de micro y macroorganismos.

Por otro lado, son factores edáficos del suelo la textura del material (arena, grava, arcilla, limo), su estructura, porosidad, cantidad de materia orgánica, nivel freático, entre otros.

Además, existe una relación entre organismos y suelo que se presenta en ambas direcciones: el suelo determina la distribución de los organismos y los organismos influyen en la calidad del suelo. Las plantas modifican la calidad del suelo mediante diversos procesos, entre ellos están la absorción de nutrimentos y su posterior acumulación en la superficie del suelo y en la parte baja del perfil. Asimismo, la temperatura y la precipitación son los dos componentes más importantes del clima: la temperatura ejerce una influencia marcada en el tipo y

cantidad de vegetación presente en un sitio, siendo uno de los factores que determina el tipo y la rapidez de las reacciones en la que participa el agua; mientras que la precipitación influye en la acidez del suelo (a mayor precipitación, mayor acidez) y el contenido de nitrógeno y arcillas en el suelo aumenta con la precipitación. (Bautista, 1999, pp.27-28).

De acuerdo con lo anterior, el suelo puede describirse como un sistema abierto y dinámico, compuesto por tres fases: sólida (orgánica e inorgánica), líquida y gaseosa. La fase sólida está formada principalmente por minerales complejos, óxidos, sales y materia orgánica en diferentes etapas de descomposición. Los espacios libres están ocupados por gases de diversa composición y en parte por la fase líquida. A la vez, está la llamada solución del suelo, compuesta por iones disueltos procedentes de otras fases, siendo la más activa y la que conforma un subsistema dinámico en el que se llevan a cabo, entre otras, reacciones de formación de complejos solubles, oxidación-reducción, adsorción y precipitación-disolución. Al resultado neto de todas estas reacciones se le puede visualizar como una telaraña de interrelaciones químicas, controladas por flujos variables de materia y energía procedentes de la atmósfera, hidrósfera y biósfera.

En condiciones normales, la mayoría de los compuestos de los metales potencialmente tóxicos se encuentran en cantidades fijadas por consideraciones de orden geológico y en formas químicas muy insolubles, por lo tanto, ni representan un peligro para la vida. No obstante, como consecuencia de las diversas actividades antropogénicas, principalmente la industria, esta situación

ha cambiado. Se han acumulado en los suelos diversos compuestos de estos elementos, en especial los relacionados con los metales pesados, en grandes cantidades y/o formas solubles, rompiendo el equilibrio natural y causando diferentes formas de contaminación (Bautista, 1999, p.31).

#### **2.1.2.9. Exposición a los contaminantes del suelo.**

Cuando un suelo se contamina pueden derivarse efectos nocivos potenciales para el hombre, pero también para la fauna, flora y, en general, el ambiente. Los efectos tóxicos dependerán de las características toxicológicas del contaminante, así como de su concentración u biodisponibilidad, área de contacto y duración del contacto. Además, la exposición del plomo proveniente del polvo y suelo es una fuente de exposición considerable para los niños en ámbitos de recreación. (Jiménez, 2017, pp.15-16).

#### **2.1.3. Plomo.**

El plomo es uno de los tóxicos ambientales e industriales más difundidos, dado que en bajas concentraciones la exposición a este metal produce efectos adversos, siendo los niños la población más susceptible a este elemento. En ese sentido, a continuación se describe sobre este elemento, su metabolismo, efectos en la salud y ambiente, entre otros.

### **2.1.3.1. Descripción.**

El plomo es un metal pesado de color blanco azulado, con tendencia al gris plateado, que se encuentra en forma natural y en estado sólido en la corteza terrestre de un modo relativamente abundante, en un promedio de 16 mg/kg; siendo uno de los primeros metales extraídos por el hombre a partir de la galena (PbS), la cerusita (PbCO<sub>3</sub>) y la anglesita (PbCO<sub>4</sub>), debido a sus propiedades físicas que le permiten formarse y moldearse fácilmente; siendo su número atómico igual a 82 y su masa atómica de 207,2 g/mol.

Además, la OMS indica que el plomo es un metal tóxico, cuyo uso extensivo ha causado una extensa contaminación ambiental y problemas de salud en muchas personas del mundo.

### **2.1.3.2. Fuentes de exposición.**

*“Las reducciones recientes del uso de plomo en combustibles, pinturas, cañerías y soldaduras han dado lugar a una importante disminución de los niveles de concentración de plomo en sangre entre la población. Sin embargo, aún existen grandes fuentes de exposición, especialmente en los países en desarrollo.”*  
(OMS)

La Organización Mundial de la Salud (OMS) indica que entre las principales fuentes de contaminación ambiental destacan la explotación minera, la metalurgia, las actividades de fabricación y reciclaje y, en algunos países, el uso

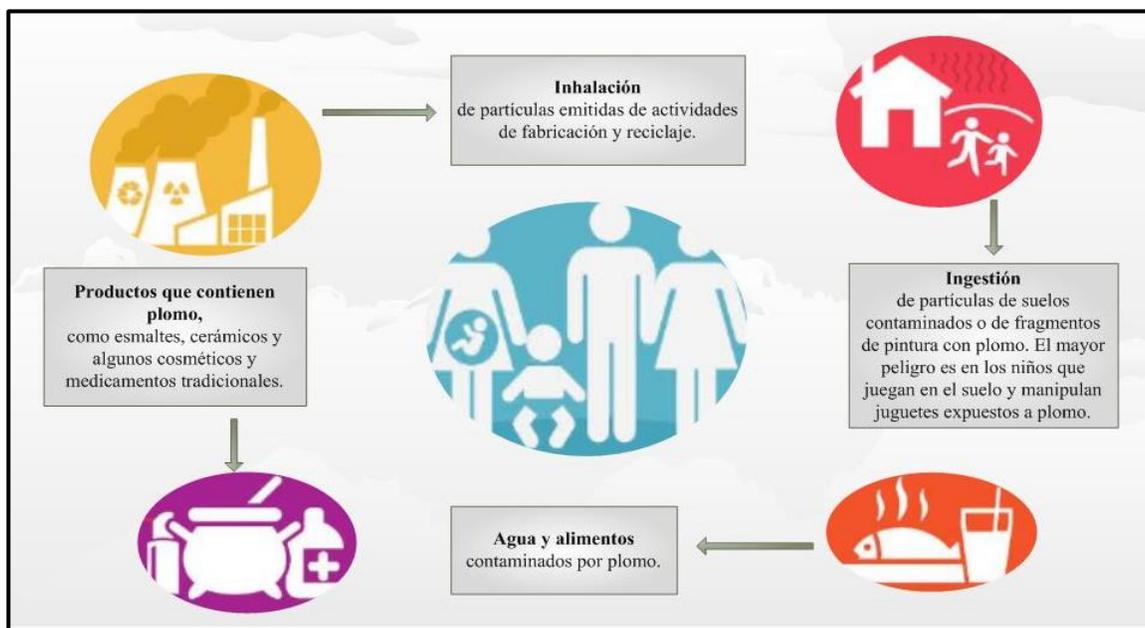
persistente de pinturas y gasolinas con plomo. Más de tres cuartas partes del consumo mundial de plomo corresponden a la fabricación de baterías de plomo-ácido para vehículos de motor. Sin embargo, este metal también se utiliza en muchos otros productos, como pigmentos, pinturas, material de soldadura, vidrieras, vajillas de cristal, municiones, esmaltes cerámicos, artículos de joyería y juguetes, así como en algunos productos cosméticos y medicamentos tradicionales. También puede contener plomo el agua potable canalizada a través de tuberías de plomo o con soldadura a base de este metal. En la actualidad, buena parte del plomo comercializado en los mercados mundiales se obtiene por medio del reciclaje.

Los principales yacimientos de plomo se encuentran en Australia, Canadá, Estados Unidos de América y la ex Unión Soviética, siendo Perú (primero en Latinoamérica y cuarto a nivel mundial) y México los más importantes productores de América Latina y, por lo tanto, la tendencia al incremento en la producción y al consumo de plomo ha elevado el riesgo de exposición y daños en la salud de la población (Oriundo y Robles, 2009, p.7).

Cabe resaltar que la presente investigación está enfocada en realizar el estudio de la evaluación de la evolución temporal y espacial de los niveles del plomo en el aire y suelo asociados a los depósitos de concentrados de minerales en el distrito del Callao, en relación con los estándares de calidad ambiental, desde enero de 2014 hasta mayo de 2016; en ese sentido, de acuerdo con el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Osinergmin), los concentrados

y refinados de minerales provenientes de las diferentes unidades mineras del país son trasladados a los depósitos de concentrados, los cuales se encuentran ubicados en las cercanías de los principales puertos (Callao, Matarani y Salaverry) para ser exportados a diversos países. Además, el almacenamiento de concentrados de minerales en depósitos ubicados fuera de las áreas de las operaciones mineras constituye una actividad del sector minero que no se realiza bajo el sistema de concesiones, siendo el Osinergmin la autoridad competente para supervisar, fiscalizar y sancionar, en el ámbito nacional, el cumplimiento de las disposiciones legales y técnicas referidas a la conservación y protección del ambiente, seguridad e higiene, así como el cumplimiento de los instrumentos de gestión ambiental aprobados por el Ministerio de Energía y Minas (MEM), para el desarrollo de las actividades de almacenamiento de concentrados de minerales.

Asimismo, las fuentes ambientales de plomo, incluyendo el plomo de vivienda, suelo y agua son asociadas de manera independiente con los niveles de plomo en sangre de los infantes, en donde el plomo en suelo y polvo de la vivienda son de alto riesgo para los niños en situación de pobreza extrema (Lanphear et al., Carpenter et al. y Mielke et al. como se citó en Martínez, 2002, p.15). En la Figura 5 se aprecia las fuentes de exposición al plomo.



**Figura 5. Fuentes de exposición al plomo**

**Fuente:** Elaboración propia en base a la información de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

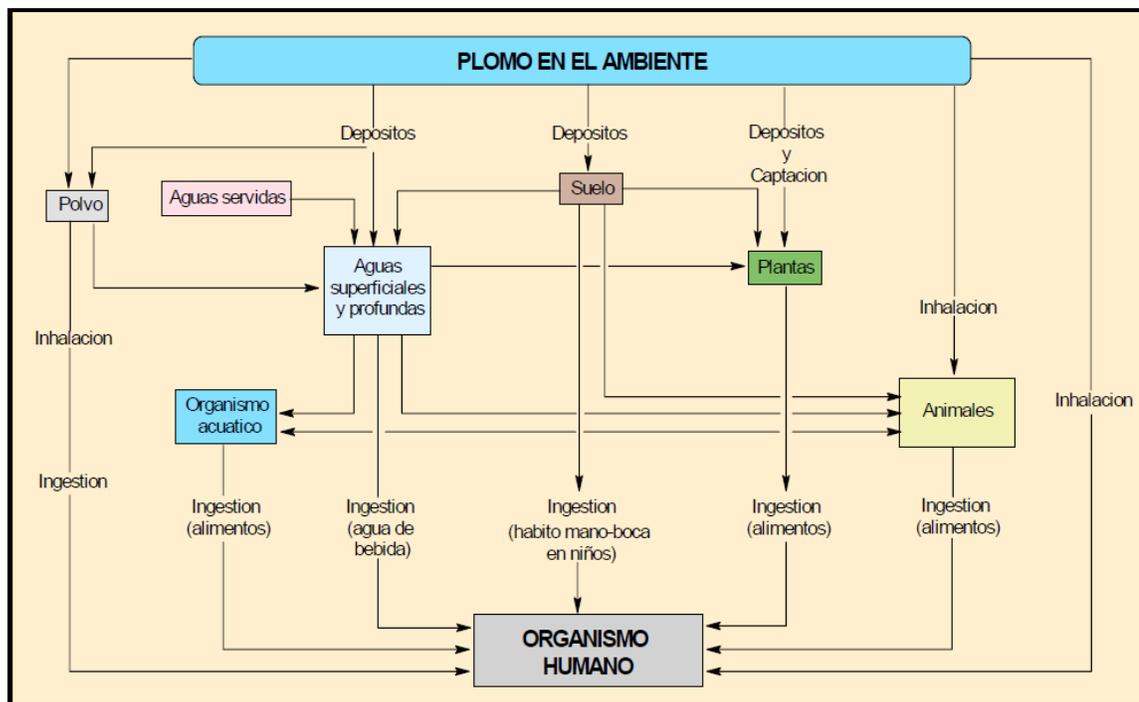
Dado que el plomo está presente en diversas actividades industriales ya sea como componente de la materia prima (industrias de baterías, antideflagrantes para gasolina, municiones y pigmentos para pintura) o como parte de subproductos del proceso ( la imprenta y soldadura), los individuos que están expuestos ocupacionalmente también son responsables de la contaminación del ambiente en general, pues a través del plomo presente en sus ropas contaminan sus hogares, afectando principalmente a los niños. Es importante señalar que el plomo presente en el aire se deposita en los suelos. (Nolasco, 2001).

Con respecto a lo anterior, La Organización Mundial de la Salud (OMS) indica que se necesitan otros esfuerzos para continuar reduciendo el uso y la liberación de plomo, y para limitar la exposición ambiental y laboral,

especialmente en el caso de niños y mujeres embarazadas. Entre las medidas se incluyen las siguientes: eliminar los usos no esenciales del plomo (como en el caso de la pintura), garantizar el reciclado seguro de los desechos que contienen plomo, educar al público sobre la importancia de la eliminación adecuada de las baterías y computadoras que contienen plomo-ácido, y supervisar los niveles de plomo en sangre de niños, mujeres embarazadas y trabajadores.

### 2.1.3.3. Efectos del plomo en el ambiente.

La emisión hacia el aire de plomo o derivados se distribuye, transporta e integra en el aire, agua, suelos y alimentos (ver Figura 6).



**Figura 6. Interacción del plomo en el ambiente**

**Fuente:** Gisbert, Juan. 2001. *Medicina legal y toxicología*. 5<sup>ta</sup> ed. Masson Editores S.A. Barcelona-España, p.949.

A continuación se describe la interacción del plomo con los siguientes componentes:

**a) Aire:** Las concentraciones de plomo en el aire varían significativamente de acuerdo con la distancia a la fuente del contaminante. En lugares muy remotos las concentraciones mínimas de plomo en aire son de  $0,1\mu\text{g}/\text{m}^3$ . En áreas rurales muy cercanas a ciudades se han observado concentraciones medias de  $0,21\mu\text{g}/\text{m}^3$ , mientras que en ciudades con actividad industrial y vehicular importante los valores fluctúan entre 1 y  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Los valores en calles urbanas de alto tránsito pueden sobrepasar los  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$  y en zonas cercanas a fundiciones el aire puede llegar a contener por encima de  $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Es importante resaltar que el plomo en el aire tiene gran impacto en la contaminación global del ambiente y en el aporte de plomo al organismo humano. Además, el plomo del aire puede transferirse a los seres vivos directamente o por absorción del suelo. (Oriundo y Robles, 2009, p.10).

**b) Suelo:** El suelo es contaminado principalmente por el depósito de partículas de aire y por agua contaminada por actividades industriales, encontrándose las concentraciones normales en el intervalo de 5 y  $25\text{ mg}/\text{kg}$ . En áreas contaminadas se pueden encontrar en el suelo niveles de concentración de hasta  $8000\text{ mg}/\text{kg}$ , mientras que en suelos colindantes a fundiciones se han medido concentraciones de plomo de hasta  $60\ 000\text{ mg}/\text{kg}$ . En los suelos urbanos, el plomo se encuentra como una mezcla de polvo, restos de pintura

y partículas atmosféricas con plomo que se sedimentan en el suelo; dado que el plomo no se disipa, se biodegrada o decae, cuando se deposita en el suelo puede ser una fuente de exposición a largo plazo. El plomo queda inmóvil en el componente orgánico del suelo, quedando retenido en las capas superiores (2-5 cm) de los suelos no alterados o en las capas más profundas cuando se han removido. (Oriundo y Robles, 2009, pp.11-12).

Es preciso indicar que el valor guía establecido por la OMS es de 25 mg de Pb/kg de suelo. Por otro lado, una de las formas de reducir la contaminación por plomo en el suelo es añadiendo fósforo, mediante el uso de fertilizantes fosfatados, para cambiar el plomo de su composición nociva. La adición de fosfatos a suelos contaminados tiene un efecto doble muy rápido:

- Fija el plomo en el suelo de manera que se neutraliza su desplazamiento a las aguas subterráneas.
- Reduce la biodisponibilidad de plomo; es decir, si un niño ingiere el suelo contaminado con plomo y procesado con fósforo, el plomo pasará por el cuerpo del niño sin ser absorbido.

**c) Agua:** El agua se transforma en una fuente de contaminación para el ecosistema y salud en la medida que esté contaminada por fuentes antropogénicas. Se ha estimado que el contenido de plomo en el agua natural de ríos y lagos de todo el mundo oscila entre 1-10 µg/L. En las regiones en donde hay contaminación se han encontrado niveles de hasta 100 µg/L; no

obstante, el límite establecido por la OMS es de 10 µg/L. A la vez, el agua puede contaminarse en su fuente de origen o durante su distribución por tuberías de plomo; sin embargo, el plomo en el agua potable no es una fuente principal de intoxicación, pero puede aumentar los niveles de plomo al que las personas están expuestas. (Oriundo y Robles, 2009, p.11).

#### ***2.1.3.4. Efectos del plomo en la salud.***

De acuerdo con la OMS, el plomo es una sustancia que se acumula y afecta a diversos sistemas del cuerpo: nervioso, hematológico, gastrointestinal, cardiovascular y renal. Los niños son más vulnerables a los efectos neurotóxicos del plomo; un nivel relativamente bajo de exposición puede causar daños neurológicos graves y en algunos casos, irreversibles. En ese sentido, a continuación se detalla la toxicocinética del plomo, entendiéndose como el estudio de los cambios que ocurren a través del tiempo durante la absorción, distribución, biotransformación y eliminación de una sustancia tóxica en el organismo (Gisbert, 2001):

**a) Absorción:** El plomo penetra en el organismo a través de las vías respiratoria, digestiva y cutánea. La vía respiratoria es la más frecuente en los adultos, dado que se absorbe hasta el 50 % de la concentración respirada al inhalarse vapores de óxido de plomo y partículas de plomo que dependerán del tamaño y solubilidad de ellas. La vía digestiva presenta una absorción menor por baja solubilidad de la mayoría de compuestos de plomo, alcanzando un 10 % en

adultos y hasta un 50 % en niños. Por otro lado, la vía cutánea es de menor importancia, absorbiéndose algunos derivados orgánicos con elevada liposolubilidad como el tetraetilo y tetrametilo, los cuales se convierten en metabolitos trialquilos que provocan la toxicidad, explicando así su acumulación en el sistema nervioso central; finalmente estos compuestos alquilo se convierten en plomo inorgánico y son eliminados por la orina. (p.951).

**b) Distribución y depósito:** La distribución del plomo después de la absorción se realiza por medio de tres compartimientos en equilibrio: sangre, tejidos blandos y huesos. El plomo en la sangre representa el 2 % del contenido total, el 95 % circula ligado a los eritrocitos con una vida media de 36 días y, posteriormente, se distribuye a los tejidos blandos y huesos. El compartimento formado por los tejidos blandos (riñón, hígado y sistema nervioso) representan el 10 % aproximadamente del contenido corporal total, con una vida media de unos 40 días. El tercer compartimento lo forma el tejido óseo, constituyendo el principal depósito de plomo absorbido, con un 90 % aproximadamente, en donde se incorpora a la matriz ósea de forma similar al calcio y, a la vez, presenta una vida media de entre 10 y 30 años, debido a la formación de compuestos muy estables. (pp.951-952)

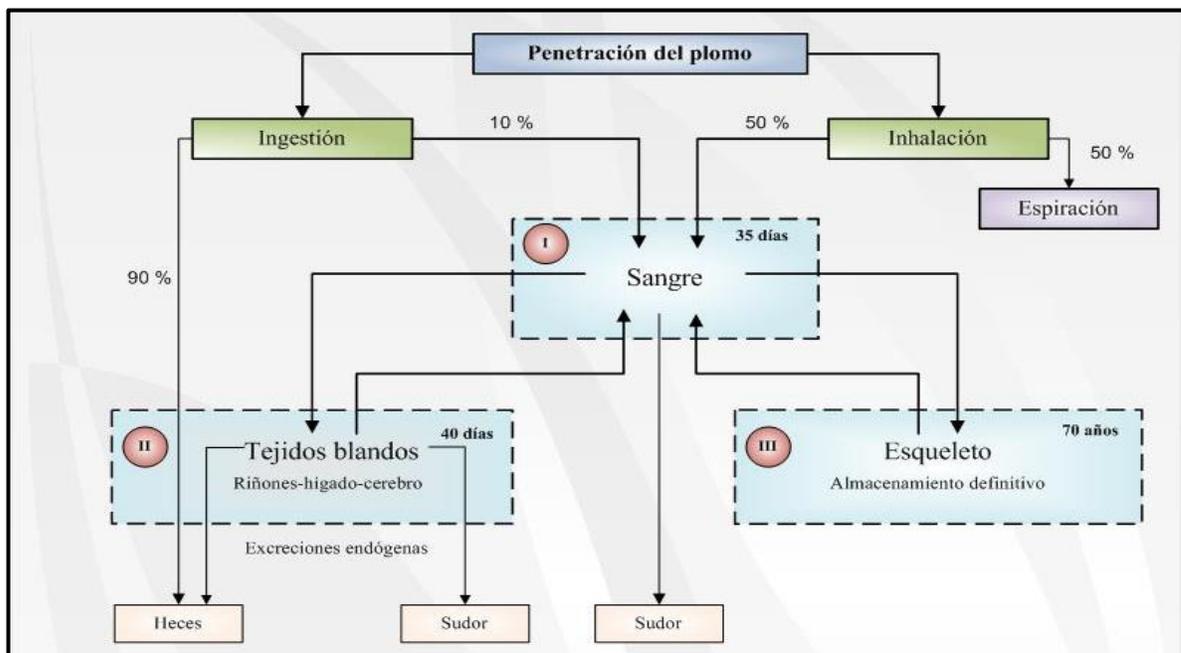
**c) Excreción:** La eliminación es lenta y ocurre principalmente por la orina (80 %) y de forma secundaria por las heces, sudor, saliva, bilis y exfoliación dérmica. A partir de la saliva se puede formar un depósito de sulfuro de plomo en el borde marginal de las encías que se conoce como ribete de Burton. La

vida media del plomo es larga y varía entre 5 a 10 años según la intensidad y duración de la exposición, y la carga corporal final acumulada. (p.952)

Cabe indicar que el plomo inhibe múltiples enzimas y puede unirse a proteínas que tengan grupos sulfhídricos (SH); además, ataca el sistema vascular produciendo un vasoespasmo, primero funcional y luego permanente, siendo la edad el principal factor de riesgo, pues quienes se encuentren entre los 18 y 24 meses desde el nacimiento presentan un riesgo alto, decreciendo gradualmente el impacto hasta la adolescencia.

De acuerdo con lo anterior, en la

Figura 7 se visualiza la distribución del plomo en el organismo.

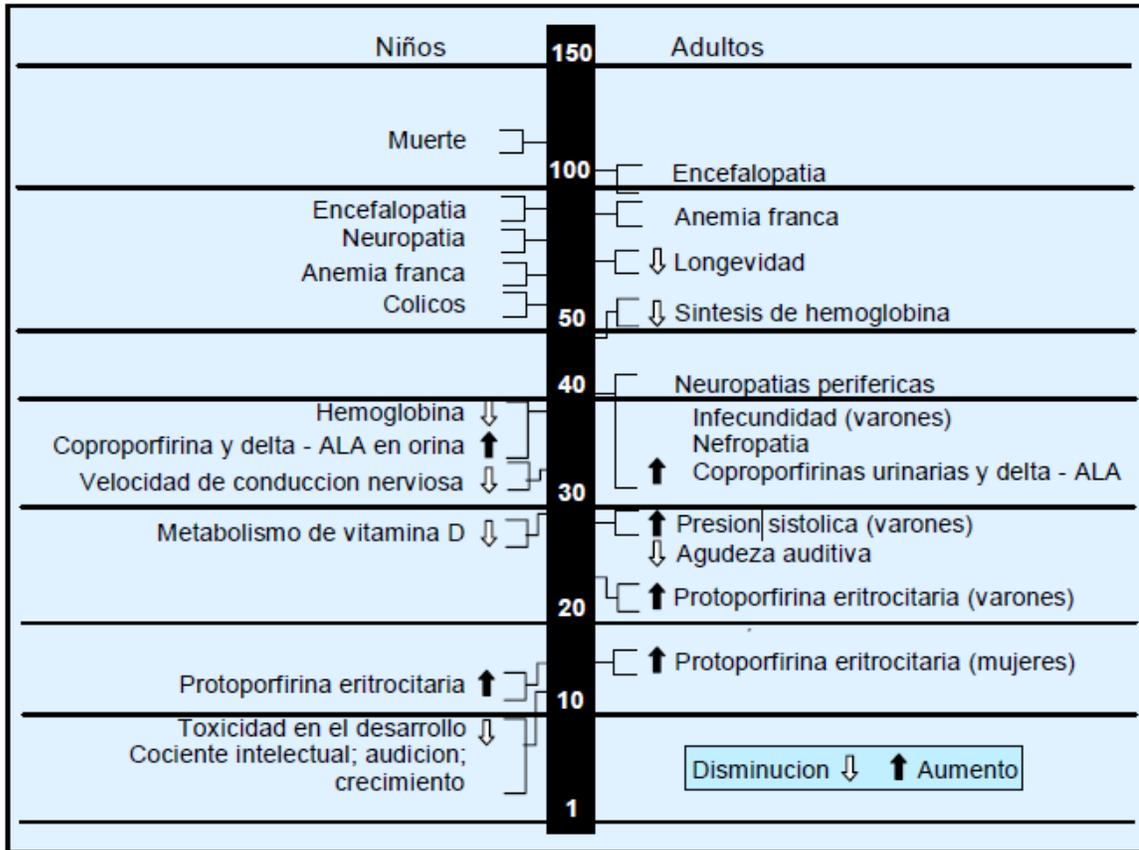


**Figura 7. Distribución del plomo en el organismo**

Fuente: Gisbert, Juan. 2001. *Medicina legal y toxicología*. 5<sup>ta</sup> ed. Masson Editores S.A. Barcelona-España, p.952.

Según la Figura 8, el plomo en el ser humano puede tener una amplia variedad de efectos biológicos según el nivel y duración de exposición, siendo los mecanismos de acción y efectos biológicos los siguientes:

- efectos en el tubo digestivo
- efectos neuromusculares
- efectos en el sistema nervioso central
- efectos en las vías renales
- efectos hematológicos

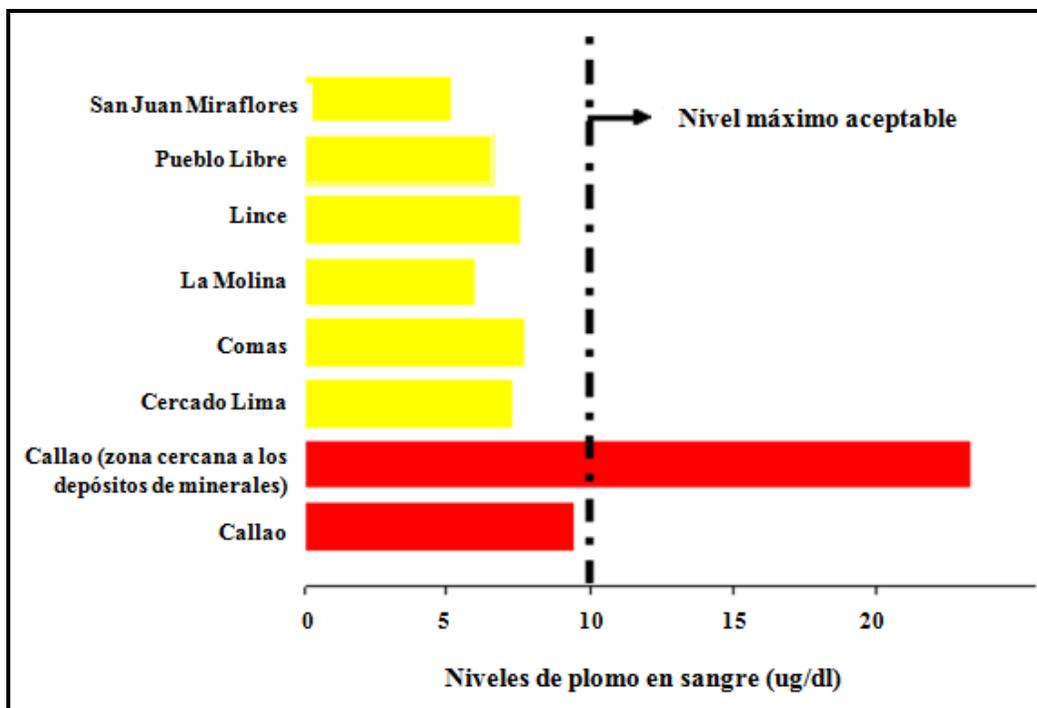


**Figura 8. Manifestaciones de la intoxicación por plomo según concentración sanguínea (mcg de Pb/dL)**

**Fuente:** Tesis “Determinación de plomo en suelos debido a la contaminación por fábricas aledañas al Asentamiento Humano Cultura y Progreso del distrito de Ñaña-Chaclacayo” (Oriundo y Robles, 2009, p.18).

#### ***2.1.3.5. Situación de la contaminación por plomo en el Callao.***

Entre 1998 y 1999, el Ministerio de Salud, mediante la Dirección General de Salud Ambiental (Digesa), realizó los primeros estudios para determinar el nivel de plomo en sangre en varios distritos de Lima y Callao (ver Figura 9), los cuales indicaron que la población más afectada por las elevadas concentraciones de plomo fueron los niños del Callao, principalmente aquellos que vivían y estudiaban en zonas aledañas a los depósitos de concentrados de minerales (Hernández, Espinoza y Carbajal, 1999). En ese sentido, la Digesa amplió el estudio en la zona del Callao con el fin de identificar la fuente de contaminación e iniciar intervenciones de control. Como resultado de este nuevo estudio se identificó que los depósitos de concentrados de minerales eran las principales fuentes de contaminación por plomo. Al respecto, cabe indicar que los seres humanos, en especial los niños, no pueden tener niveles altos de plomo debido a que la intoxicación por este metal produce efectos irreversibles en la función cerebral, ocasionando un desarrollo irregular en la actividad escolar.



**Figura 9. Niveles de plomo en sangre en población infantil (junio 1998-marzo 1999)**

**Fuente:** Estudio de plomo en sangre en población seleccionado de Lima y el Callao, realizado de junio 1998 a marzo 1999 (Hernández, Espinoza y Carbajal, 1999, p.57)

De la figura anterior, la zona cerca al depósito de minerales registró el mayor nivel de plomo en la sangre. A la vez, en dicho estudio se observó que vivir cerca de la zona donde se ubicaban los depósitos minerales incrementaba en 24 veces el riesgo de presentar valores altos.

En el estudio para determinar las fuentes de exposición a plomo en la Provincia Constitucional del Callao, publicado en junio del 2000, se obtuvieron los siguientes resultados (Huayhua, 2013, pp.46-47):

- La zona cercana a los depósitos tiene las concentraciones de plomo en el aire más altas y sobrepasa de manera significativa a otras áreas de Lima.

- En relación con las muestras de suelo se señala que la concentración de plomo en el suelo disminuía conforme aumentaba la distancia de los puntos de muestreo a los sitios de almacenamiento de minerales. En ese sentido, se concluye que *los resultados del muestreo de suelo apoyan ampliamente la existencia de una fuente de exposición local que coincide con la zona de depósitos minerales.*
- Se constató una asociación positiva entre los niveles de plomo en sangre, y las concentraciones de plomo en polvo y suelo. Por lo que se menciona *que el plomo que se encuentra en la sangre de los niños con residencia en el Callao se origina principalmente de los minerales que se almacenan en esa zona.*

Además, la contaminación por plomo en el Callao ha ido incrementando a medida en que avanzaba la producción y exportación del mineral, el cual se trasladaba desde las minas que, en su mayoría, están ubicadas al interior del país y almacenaban en depósitos aledaños al terminal portuario. Cabe indicar que los sistemas de almacenamiento operan desde hace más de 20 años cerca al puerto, en donde a mayor cantidad de plomo exportado por el Callao se incrementará el riesgo de contaminación ambiental durante las operaciones previas a la disposición final del concentrado de mineral para su exportación. (Huayhua, 2013, p.49)

Por consiguiente, la presente investigación está enfocada en realizar el estudio de la evaluación de la evolución temporal y espacial de los niveles del plomo en

el aire y suelo asociados a los depósitos de concentrados de minerales en el distrito del Callao, en relación con los estándares de calidad ambiental, desde enero de 2014 hasta mayo de 2016.; con el fin de garantizar el derecho a gozar de un ambiente equilibrado, sano y adecuado para el desarrollo de la vida, y al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible enmarcados en la agenda 2030.

## **2.2. Definición de términos básicos**

### **2.2.1. Ambiente.**

Es un conjunto de elementos físicos, químicos y biológicos, de origen natural o antropogénicos, que rodean a los seres vivos y determinan sus condiciones de existencia. A la vez, el concepto de ambiente comprende al medio social en el cual se desenvuelven los seres humanos. (Minam, 2012, p.45).

### **2.2.2. Cadena de custodia.**

Procedimiento documentado de la obtención de muestras, su transporte, conservación y entrega de éstas al laboratorio para la realización de pruebas de análisis físico-químicos. (Minam, 2014, p.3).

### **2.2.3. Calidad ambiental.**

Condición de equilibrio natural que describe el conjunto de procesos geoquímicos, biológicos y físicos, y sus diversas y complejas interacciones, que tienen lugar a través del tiempo, en un determinado espacio geográfico. La calidad ambiental se

puede ver impactada, positiva o negativamente, por la acción humana; poniéndose en riesgo la integridad del ambiente, así como la salud de las personas. (Minam, 2012, p.53).

#### **2.2.4. Contaminación ambiental.**

Acción y estado que resulta de la introducción de contaminantes al ambiente por encima de cantidades y/o concentraciones máximas permitidas, teniendo en consideración el carácter acumulativo o sinérgico de los contaminantes en el ambiente. En ese sentido, la contaminación es un cambio perjudicial en las características físicas, químicas o biológicas del estado natural del medio. (Minam, 2012, p.61).

#### **2.2.5. Contaminación atmosférica.**

Presencia en la atmósfera de materias, sustancias o formas de energía que impliquen molestia grave, riesgo o daño para la seguridad o la salud de las personas, ambiente y demás bienes de cualquier naturaleza. (Rodríguez, 2016, p.110).

#### **2.2.6. Contaminación fotoquímica.**

Está asociada a la aparición en la atmósfera de oxidantes, originados al reaccionar entre sí los óxidos de nitrógeno, los hidrocarburos y el oxígeno en presencia de la radiación ultravioleta; siendo, a la vez, una clase de contaminación atmosférica.(Díaz y Linares, 2010, p.15).

### **2.2.7. Contaminante.**

Todo materia o energía que al incorporarse o actuar en el ambiente degrada o altera su calidad a niveles no adecuados para la salud y el bienestar humano y/o ponen en peligro los ecosistemas. (Minam, 2012, p.61).

### **2.2.8. Contaminantes sólidos sedimentables.**

Conocidos también como polvo atmosférico, están constituidos por material inerte y metales pesados, tales como plomo, cadmio, cromo, zinc, entre otros. Se acumulan en la atmósfera como resultado de la circulación del parque automotriz obsoleto, emisiones fugitivas de las fábricas, comercio formal e informal, botaderos clandestinos de basura, etc., así como de la acción dispersante de los flujos de vientos locales que mantienen el polvo atmosférico en un continuo proceso de suspensión y resuspensión.(INEI, 2005, p.3).

### **2.2.9. Desarrollo sostenible.**

El concepto de desarrollo sostenible fue descrito por el Informe de la Comisión Bruntland de 1987 como *el desarrollo que satisface las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades*. En ese sentido, la sostenibilidad es un paradigma para reflexionar en un futuro en el cual las consideraciones ambientales, sociales y económicas se equilibran en la búsqueda del desarrollo y de una mejor calidad de vida. Además,

el desarrollo sostenible se sustenta en tres ámbitos-ambiente, sociedad y economía- así como también una dimensión subyacente de la cultura. (Unesco, 2012, p. 5).

#### **2.2.10. Emisiones fugitivas.**

Emisiones atmosféricas que escapan al sistema de captación de emisiones debido a un mal diseño o desperfectos en él. Su impacto se puede medir por la alteración de la calidad del aire en los límites del establecimiento o su entorno. (Minam, 2012, p.69).

#### **2.2.11. Estación de monitoreo.**

Una estación de monitoreo consiste en una caseta que contiene diversos equipos, tales como analizadores automáticos, sensores meteorológicos, monitores, entre otros; con el fin de monitorear las concentraciones de uno o más contaminantes. (Domínguez, 2015, p.95).

#### **2.2.12. Estándar de Calidad Ambiental (ECA).**

Instrumento de gestión ambiental que se establece para medir el estado de la calidad del ambiente en el territorio nacional; siendo la medida de la concentración o de grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni el ambiente. (Minam, 2011, p.7).

### **2.2.13. Monitoreo ambiental.**

El monitoreo ambiental es el proceso sistemático para medir la presencia y concentración de contaminantes en el ambiente, así como el estado de conservación de los recursos naturales; cuyo fin es vigilar la calidad ambiental en sus diferentes componentes mediante la generación de información confiable, comparable y representativa. Un monitoreo implica la ejecución de una serie de muestreos en diferentes puntos que son realizados y analizados de modo sistemático. (OEFA, 2014, p.23).

### **2.2.14. Muestra simple.**

Las muestras colectadas en un tiempo y en un lugar particular, representando las condiciones puntuales de una muestra de la población en el tiempo que fue colectado. (Minam, 2014, p.4).

### **2.2.15. Muestreo.**

Es la actividad de toma de muestra en un punto determinado de forma aislada y que se realiza por única vez. (OEFA, 2014, p.23).

### **2.2.16. Objetivos de desarrollo sostenible.**

También conocidos como objetivos mundiales, son un llamado universal a la adopción de medidas para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar

que todas las personas gocen de paz y prosperidad. A la vez, están compuestos de 17 objetivos, los cuales contienen 169 metas que cada país debe cumplir hasta el 2030. (Minam, 2016, p.7).

#### **2.2.17. Procedimiento.**

Documento que describe la manera como se debe llevar a cabo una función determinada. (OEFA, 2015, p.13).

#### **2.2.18. Protocolo.**

Es un documento guía que contiene pautas, instrucciones, directivas y procedimientos establecidos para desarrollar una actividad específica. (OEFA, 2015, p.13).

#### **2.2.19. Punto de monitoreo.**

Es la ubicación geográfica de un punto en donde se realiza la evaluación de la calidad y cantidad de elementos en un cuerpo receptor en forma periódica y en el marco de las actividades de vigilancia. (MVCS, 2013, p.16).

#### **2.2.20. Sinergismo.**

Interacción entre dos sustancias cuyo resultado es que el efecto combinado de ellas sobre el organismo sea mayor que la suma de los efectos individuales. El efecto resultante es conocido como efecto sinérgico. (Albert, López y Flores, 1994 citado en Martínez y Romieu, 2018, p.254).

### **2.2.21. Suelo industrial.**

Suelo en el cual la actividad principal que se desarrolla abarca la extracción y/o aprovechamiento de recursos naturales (actividades mineras, hidrocarburos, entre otros) y/o la elaboración, transformación o construcción de bienes. (Minam, 2013, p.4).

### **2.2.22. Suelo residencial.**

Suelo ocupado por la población para construir sus viviendas, incluyendo áreas verdes y espacios destinados a actividades de recreación y de esparcimiento. (Minam, 2013, p.4).

## **2.3.Marco legal**

A continuación se detallan las normas tanto nacionales e internacionales que sustentan la presente investigación.

### **2.3.1.Marco internacional.**

El derecho a un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de la vida ha sido reconocido mediante diversos instrumentos internacionales convencionales o declarativos; en ese sentido, a continuación se citan algunos de ellos:

**a) Pacto internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales, 1996:**

Este tratado considera que el mejoramiento del ambiente es una medida necesaria que deben adoptar los Estados partes, entra en vigencia en Perú a partir del 28 de julio de 1978, para asegurar la plena efectividad del derecho a la salud (literal b del párrafo 2 del artículo 12).

**b) Declaración de la Conferencia de las Naciones sobre el Medio Humano:** Se

realizó en Estocolmo del 5 al 16 de junio de 1972 y se visibilizó el vínculo existente entre el medio humano, natural o artificial, y el bienestar del ser humano mediante el disfrute de sus derechos humanos, así como el deber de los gobiernos para proteger y mejorar este medio humano. Además, se esboza los primeros reconocimientos de la protección del ambiente como un derecho humano en su principio 1: *“el hombre tiene el derecho fundamental a la libertad, la igualdad y el disfrute de condiciones de vida adecuadas en un medio de calidad tal que le permita llevar una vida digna y gozar de bienestar, y tiene la solemne obligación de proteger y mejorar el medio para las generaciones presentes y futuras”*.

**c) Declaración de Río sobre Medio Ambiente y el Desarrollo:** Adoptada en la

cumbre convocada por la Asamblea General de las Naciones Unidas del 3 al 14 de junio de 1992 en Río de Janeiro, en donde se reconocieron una serie de principios de trascendencia en materia ambiental, a la vez, en el principio 1 se reconoce el derecho a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza, el cual vincula el derecho a la vida con la calidad del ambiente. El principio 13 hace referencia a las víctimas de contaminación y otros daños

ambientales, siendo obligación del Estado desarrollar legislación nacional relativa a la responsabilidad e indemnización.

**d) Declaración de Johannesburgo sobre el Desarrollo Sostenible:** Se desarrolló del 2 al 4 de septiembre de 2002 en el contexto de la Cumbre Mundial, en donde reafirmaron su compromiso a favor del desarrollo sostenible y reconocieron el proceso de deterioro del ambiente a nivel mundial en el cual la contaminación priva a los seres humanos de una vida digna.

**e) Agenda de Desarrollo Sostenible:** En septiembre de 2015 se desarrolló la Cumbre del Desarrollo Sostenible en donde aprobaron la Agenda 2030, la cual contiene 17 objetivos de aplicación universal que, desde el 1 de enero de 2016, promueve un mundo sostenible en el 2030. A pesar que los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) no son jurídicamente obligatorios, se espera que los gobiernos los adopten como propios y establezcan marcos nacionales para su logro. La presente investigación contribuirá a cumplir los siguientes objetivos:

- **Objetivo N° 3:** Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades.
- **Objetivo N° 4:** Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos.
- **Objetivo N° 9:** Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación

- **Objetivo N°10:** Reducir la desigualdad en y entre los países desde un enfoque sostenible que abarque lo económico, social y ambiental.
- **Objetivo N° 11:** Lograr que las ciudades y asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.
- **Objetivo N° 12:** Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.

### 2.3.2. Marco nacional

Luego de haber indicado diversos instrumentos internacionales que se caracterizan por promover el derecho a gozar de un ambiente adecuado y equilibrado al desarrollo de la vida, es necesario detallar la base legal que sustenta la investigación dentro de nuestro ordenamiento jurídico:

- a) **Constitución Política del Perú, 1993:** En el inciso 22 del artículo 2 se establece que es deber primordial del Estado garantizar el derecho a toda persona a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida. Asimismo, el artículo 57 indica que el Estado es el responsable de determinar la política nacional del ambiente y la promoción del uso sostenible de los recursos naturales.
- b) **Ley General de Salud, Ley 26842:** En el artículo 96 del capítulo IV se reconoce la responsabilidad del Estado frente a la protección de la salud ambiental e indica que en la disposición de sustancias y productos peligrosos deben tomarse todas las medidas y precauciones necesarias para prevenir daños en la salud humana y ambiente. A la vez, los artículos 99,104 y 107 del capítulo VIII señalan sobre la

responsabilidad de las personas naturales o jurídicas en relación con las descargas de residuos o sustancias contaminantes al agua, suelo o aire.

c) **Ley General del Ambiente, Ley 28611:** A continuación se mencionan algunos artículos de la presente ley que sustentan la investigación:

- **Artículo 11:** Este artículo menciona la dignidad humana y la mejora continua de la calidad de vida de la población, asegurando una protección de salud de las personas como uno de sus lineamientos ambientales. Además, indica sobre la prevención de riesgos y daños ambientales, así como la prevención y el control de la contaminación ambiental; en donde el desarrollo de toda actividad empresarial debe efectuarse teniendo en cuenta la implementación de políticas de gestión ambiental y de responsabilidad social.
- **Artículo 31:** Hace referencia al Estándar de Calidad Ambiental (ECA), siendo un referente obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas, así como en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.
- **Artículo 66:** Indica que la prevención de riesgos y daños a la salud de las personas es prioritaria en la gestión ambiental; en consecuencia, es responsabilidad del Estado, mediante la Autoridad de Salud y de las personas naturales y jurídicas dentro del territorio nacional, contribuir a una efectiva gestión del ambiente y de los factores que generan riesgos a la salud de las personas.

- **Artículo 113:** Preservar, conservar, mejorar y restaurar la calidad del aire, agua, suelos y demás componentes del ambiente, mediante la identificación y control de los factores de riesgos que inciden, son objetivos de la gestión ambiental en materia de calidad ambiental.
  - **Artículo 118:** Las autoridades públicas, en el ejercicio y atribuciones, adoptan medidas para la prevención, vigilancia y control ambiental y epidemiológico, a fin de asegurar la conservación, mejoramiento y recuperación de la calidad del aire, actuando prioritariamente en las zonas en las que se superen los niveles de alerta por la presencia de elementos contaminantes.
- d) **Decreto Legislativo 1013:** Mediante este decreto se creó el Ministerio del Ambiente en el 2008, cuya misión es asegurar el uso sostenible, la conservación de los recursos naturales y la calidad ambiental en beneficio de las personas y el entorno, de manera normativa, efectiva, descentralizada y articulada. Asimismo, dentro de sus objetivos está el de asegurar la prevención de la degradación del ambiente y de los recursos naturales, mediante la reversión de los procesos negativos que los afectan.
- e) **Decreto Legislativo 1048:** Publicado el 26 de junio de 2008, mediante el cual se precisa que el almacenamiento de concentrados de minerales en depósitos ubicados fuera de las áreas de las operaciones mineras, constituye una actividad del sector minero que no se realiza bajo el sistema de concesiones, por tanto, es regulada por las normas y procedimientos previstos por el Ministerio de Energía

y Minas, así como las disposiciones vigentes en materia ambiental, y de seguridad e higiene minera, en los aspectos que le resulten aplicables.

- f) **Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, Decreto Supremo N° 074-2001-PCM:** En el artículo 20 indica que las zonas de atención prioritaria son aquellas que por su concentración o densidad poblacional o por sus características particulares, como la concentración o desarrollo intensivo de actividades socioeconómicas, presentan impacto negativos sobre la calidad del aire. En ese sentido, en el anexo 4 del decreto en mención señalan al Callao como parte de las zonas de atención prioritaria. Cabe resaltar que en el Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM, mediante el cual aprueban Estándares de Calidad Ambiental para Aire y Disposiciones Complementarias, hacen mención en la quinta disposición final sobre los Planes de Acción para el Mejoramiento de la Calidad del Aire de las provincias conurbadas de Lima y el Callao, los cuales son formulados mediante la Comisión Multisectorial de Gestión de la Iniciativa de Aire Limpio para Lima y Callao.

### **2.3.3. Normas de calidad ambiental**

En este punto se describen las normas vigentes aplicables para la evaluación de la calidad del aire y suelo en el período de enero de 2014 a mayo de 2016 (ver Tabla 3).

**Tabla 3**  
*Normas de comparación*

Componente	Parámetro	Año de monitoreo	Norma vigente de comparación
Aire	Plomo (Pb) en filtros de PM-10	2014	Ontario's Ambient Air Quality Criteria (AAQC)
		2015	
		2016	
Suelo	Plomo total	2014	D.S. N° 002-2013-MINAM
		2015	
		2016	

**Fuente:** Elaboración propia.

De la Tabla 3, es necesario destacar que al no contar con una estándar de plomo (Pb) para 24 horas dentro de la normativa nacional, se consideró la normativa canadiense Estándares de Calidad Ambiental para Aire (AAQC, en sus siglas en inglés) de Ontario para el análisis de la calidad del aire en el periodo de estudio.

## **Capítulo III**

## **Capítulo III**

### **Materiales y métodos**

#### **3.1. Materiales**

Los materiales utilizados para la presente investigación se detallan en los siguientes puntos:

##### **3.1.1. Materiales de escritorio.**

Son aquellos materiales empleados para la toma de información y elaboración de informes, tales como libreta de campo, hojas bond A4, lapiceros, lápices, resaltadores, engrapadores, cinta adhesiva, entre otros.

##### **3.1.2. Materiales de información.**

Son aquellos materiales que brindarán sustento bibliográfico y técnico a la presente investigación, destacando la siguiente información:

- Información de los niveles de plomo en el aire y suelo durante el período de enero de 2014 a agosto de 2015 (ver Tabla 4).
- Información de los parámetros meteorológicos.
- Plan de desarrollo urbano de la Provincia Constitucional del Callao 2011-2022.

**Tabla 4**  
**Informes que contienen la información de los niveles de plomo en el aire y suelo, enero de 2014-agosto de 2015**

Año	Período de monitoreo	N° informe
2014	15-29 de enero*	479-2014/OEFA-DE-SDCA
	8-12 de abril	650-2014/OEFA-DE-SDCA
	15-20 septiembre	1291-2014-OEFA-DE-SDCA
2015	2-7 de marzo	239-2015-OEFA/DE-SDCA
	17-24 de agosto	257-2015-OEFA/DE-SDCA

\*El monitoreo de calidad del aire y suelo se realizó del 15 al 20 de enero y del 27 al 29, respectivamente

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.1.3. Material cartográfico.

Se utilizaron imágenes satelitales de *Google Earth* para ubicar los depósitos de concentrados de minerales y los puntos de monitoreo en ambos componentes. Además, la carta nacional 25-i (hoja Lima), escala 1:100000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN), e información de centros poblados del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

### 3.1.4. Equipos

En la Tabla 5 se indican los equipos empleados durante el monitoreo de calidad del aire y suelo:

**Tabla 5**

*Equipos empleados en el monitoreo de calidad del aire y suelo*

Componente	Equipo	Utilidad	Imagen
Aire	<b>Muestreador de material particulado en alto volumen</b>	Bombear un volumen conocido de aire a través de un filtro durante un periodo determinado para su posterior análisis de los niveles de plomo presente en dichos filtros de material particulado con diámetro menor o igual a 10 micras (PM-10).	
	<b>Estación meteorológica</b>	Medir los parámetros meteorológicos, tales como velocidad y dirección del viento, humedad relativa, temperatura ambiente, presión atmosférica y precipitación.	
	<b>Manómetro digital</b>	Calcular la presión diferencial en los muestreadores de material particulado.	
Suelo	<b>Pala de polietileno</b>	Para la extracción de muestras simples y superficiales de suelo.	
	<b>Barreno</b>	Para la obtención de muestras de suelo.	
Ambos	<b>GPS</b>	El equipo de posicionamiento global permite determinar las coordenadas de ubicación de algunos puntos tomados en la zona de estudio para ajustar la ubicación de capas.	

**Fuente:** Elaboración propia.

Además, se utilizaron los siguientes equipos para el registro fotográfico y elaboración de informes:

- **Computadora personal:** El ordenador cuenta con un sistema operativo de 32 bits, procesador AMD Phenom II X2 555 con 3.20 GHz y memoria RAM de 4GB.
- **Impresora multifuncional Epson L210:** Impresora, escáner y fotocopidora.
- **Calculadora científica:** Dispositivo que permitió realizar algunos cálculos aritméticos, tanto en campo como en gabinete.
- **Cámara digital:** Para la recopilación de la información en un registro fotográfico en la zona de estudio.

### 3.1.5. Programas informáticos.

En la Tabla 6 se mencionan los programas informático que se emplearon para el desarrollo de la presente investigación.

**Tabla 6**  
*Lista de programas empleados*

Programa	Descripción
<b>Microsoft Word</b>	Elaboración de documentos
<b>Microsoft Excel</b>	Procesamiento de datos y elaboración de gráficos y tablas
<b>ARCGIS v.10</b>	Programa especializado que permite crear, analizar, almacenar y difundir datos, modelos, mapas y globos en 3D
<b>Google Earth</b>	Programa informático que permite visualizar múltiple cartografía mediante fotografías satelitales
<b>Global Mapper</b>	Programa de análisis y procesamiento de datos espaciales
<b>WRPLOT</b>	Programa para la elaboración de diagramas de rosa de vientos

**Fuente:** Elaboración propia.

## 3.2.Métodos

### 3.2.1.Diseño y nivel de la investigación.

La investigación se basa en un enfoque cuantitativo y es de tipo sustantiva, pues está orientada a describir, explicar y predecir la realidad del área de estudio.

El nivel de investigación es correlacional, debido a que asocia sus dos variables que son la calidad del aire y suelo en relación con la evolución temporal y espacial de los niveles de plomo en ambos componentes.

El diseño de la investigación es descriptiva no experimental, debido a que no existe manipulación de las variables y en donde solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlo.

### 3.2.2.Muestra.

La muestra de la presente investigación tiene las siguientes características:

- **Universo:** Distrito del Callao
- **Muestra:** 4 y 27 puntos de muestreo para la calidad del aire y suelo, respectivamente.
- **Ámbito espacial:** Entorno de los depósitos de concentrados de minerales.
- **Espacio temporal:** Enero 2014-mayo 2016.
- **Unidad de análisis:** Niveles de plomo en el aire y suelo.

### **3.2.3. Métodos.**

Los principales métodos empleados son el analítico, deductivo, inductivo, descriptivo y estadístico. Asimismo, a continuación, se describen las cuatro etapas que conforman el proceso de la investigación:

#### **3.2.3.1. *Etapas preliminar.***

Esta etapa se inicia con la búsqueda de información y trabajos vinculados al tema, se realizó la clasificación ordenada y sistemática de la información existente. La secuencia de acciones a seguir son: recopilar, organizar, seleccionar y acondicionar la información existente relacionada con el problema de la presente investigación. Cabe resaltar que la mayor parte de la información, en formato físico y electrónico, fue obtenida de las siguientes instituciones: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Servicio Nacional de Hidrología y Meteorología (Senamhi), Ministerio del Ambiente (Minam), Ministerio de Energía y Minas (Minem), Dirección General de Salud Ambiental (Digesa) y Municipalidad del Callao. Además, de información derivada de investigaciones de diferentes centros de estudios universitarios.

#### **3.2.3.2. *Etapas de reconocimiento.***

En esta etapa se procederá con un recorrido previo al área de estudio, cuya finalidad es validar los puntos de monitoreo previo a la toma de muestras durante la etapa de campo.

### **3.2.3.3. *Etapa de campo.***

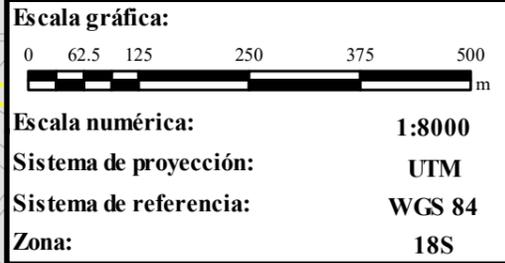
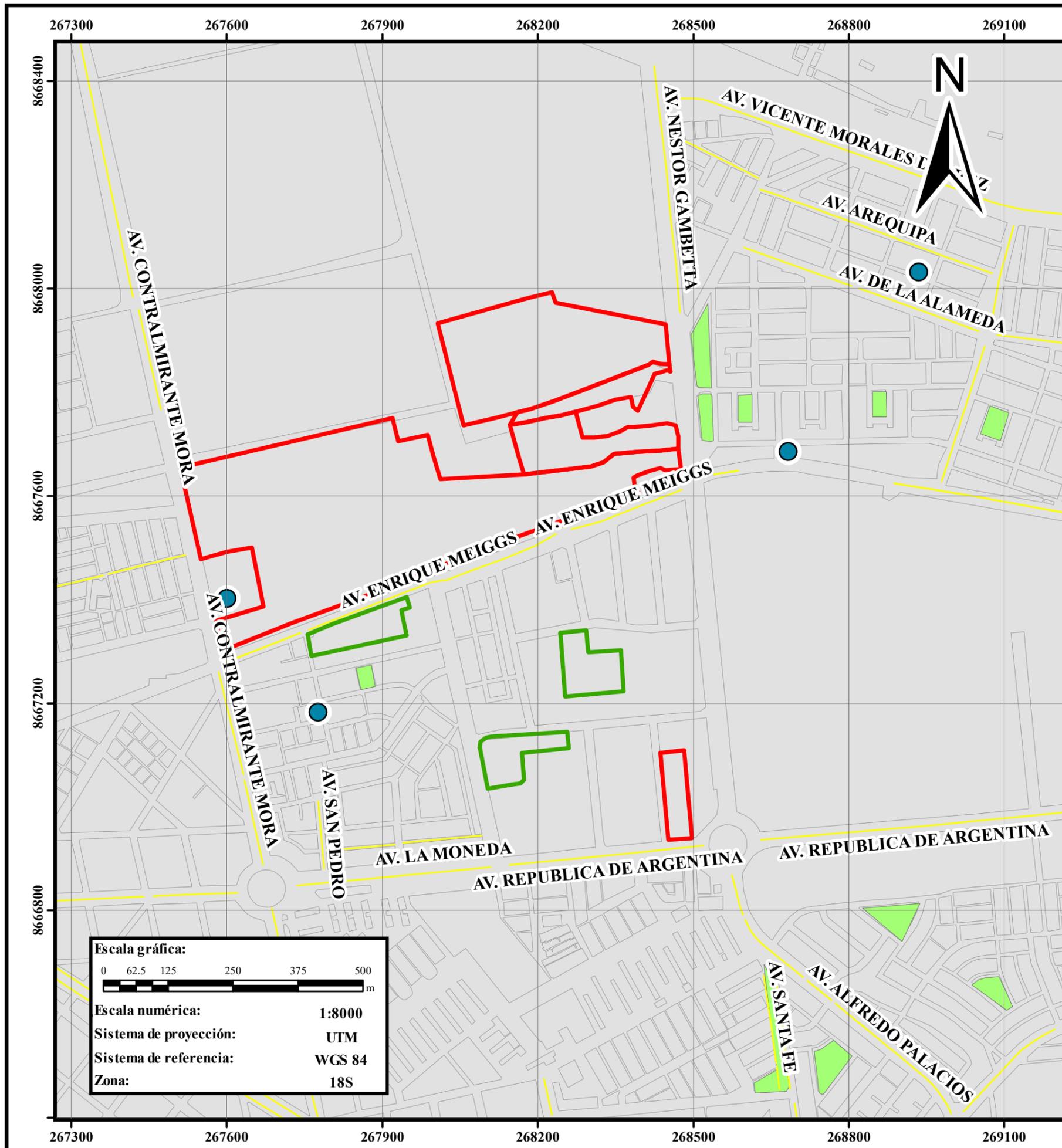
Teniendo en cuenta las diferentes metodologías de muestreo y posterior análisis de las muestras en el laboratorio como parte del monitoreo ambiental de calidad del aire y suelo de mayo de 2016, se ha considerado presentar la información en mención por componente evaluado.

#### **3.2.3.3.1. *Calidad del aire.***

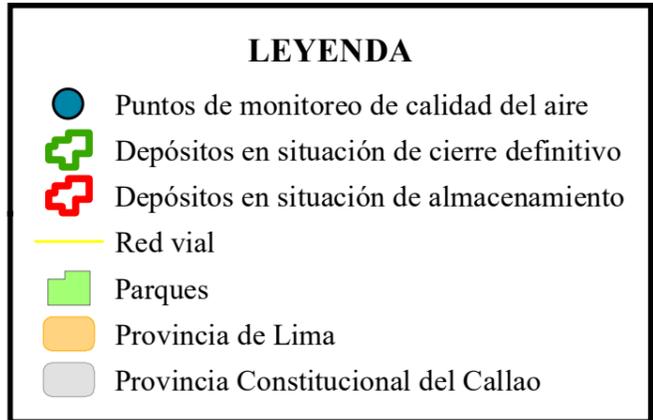
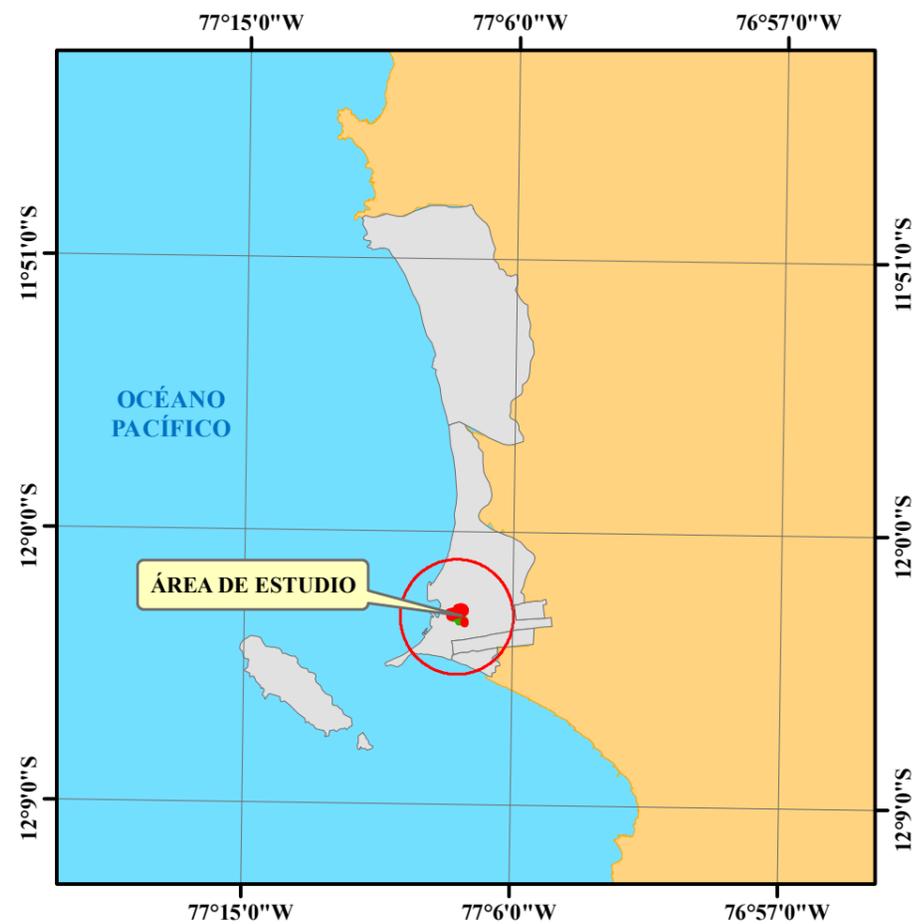
Para los métodos y criterios utilizados durante el monitoreo de calidad del aire se consideró lo indicado en el Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de los Datos de la Dirección General de Salud Ambiental (Digesa), aprobado el 7 de septiembre de 2005, mediante Resolución N° 1404/2005/DIGESA/SA.

##### **a) Ubicación de los puntos de monitoreo**

En el Mapa N°1 se visualiza la ubicación de los cuatro puntos de monitoreo de calidad del aire, los cuales han sido ubicados teniendo en cuenta los monitoreos realizados durante el 2014 y 2015.



**MAPA DE UBICACIÓN**



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLAREAL  
 FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Tesis:**  
 EVOLUCIÓN TEMPORAL Y ESPACIAL DE LOS NIVELES DE PLOMO EN EL AIRE Y SUELO, DE ENERO 2014 A MAYO 2016. DISTRITO DEL CALLAO

**Título:**  
 UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE

<b>Fuente:</b> IGN	<b>Año:</b> 2018	<b>Elaborado por:</b> Bach. Martínez Álvarez, Lucy Valentina	<b>Revisado por:</b> Mg. Sc Muñoz Ortega, César	<b>Mapa :</b> Nº1
-----------------------	---------------------	--	---	----------------------

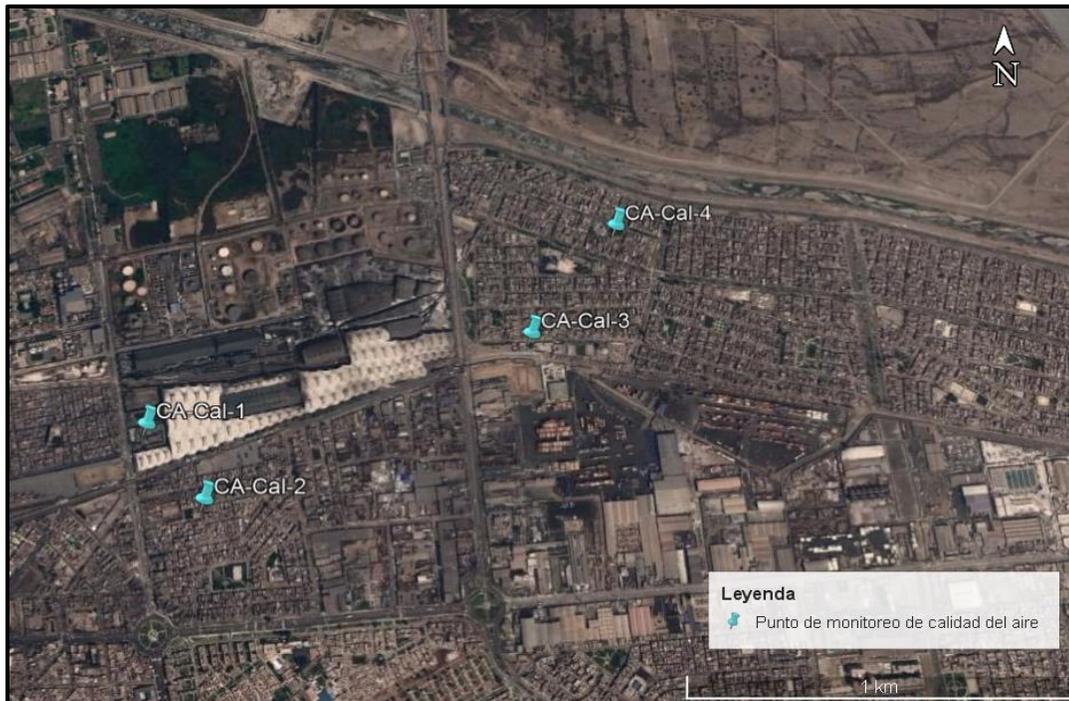
En la Tabla 7 se indican los códigos, coordenadas y referencia de la ubicación de los puntos de monitoreo.

**Tabla 7**  
*Descripción de los puntos del monitoreo de calidad del aire*

Código del punto de monitoreo		Coordenadas UTM Datum: WGS 84 Zona: 18L		Altitud (m s. n. m.)	Referencia
2016	2014-2015	Este (m)	Norte (m)		
<b>CA-Cal-1</b>	CAHV01- Callao	267 601	8 667 402	31	Azotea de la I.E. N° 5045, María Reiche, ubicada en la av. Contralmirante Mora N° 420.
<b>CA-Cal-2</b>	CAHV02- Callao	267 776	8 667 182	34	Azotea del establecimiento de salud “San Juan Bosco”, ubicado entre jr. Nauta y jr. Oxapampa.
<b>CA-Cal-3</b>	CAHV03- Callao	268 683	8 667 685	28	Azotea de la I.E. N° 5046, José Gálvez Egúsquiza, ubicada en el jr. Talara s/n.
<b>CA-Cal-4</b>	CAHV04- Callao	268 935	8 668 032	45	Azotea del establecimiento de salud “Ramón Castilla”, ubicado entre jr. Cusco y jr. Moquegua.

**Fuente:** Elaboración propia.

Además, en la Figura 10 se visualizan los puntos de monitoreo en una imagen satelital del área de estudio.



**Figura 10. Ubicación de los puntos de monitoreo de calidad del aire**

**Fuente:** Elaboración propia a partir de la imagen satelital de Google Earth.

## **b) Equipos y técnicas de evaluación**

Las concentraciones de plomo en el aire se obtuvieron a partir del análisis de los filtros que contenían las partículas de PM-10 en el laboratorio Envirotest. El equipo empleado fue un muestreador de material particulado en alto volumen (Hi-Vol). Asimismo, en cada punto se instalaron estaciones meteorológicas portátiles para las mediciones de temperatura, humedad relativa, presión barométrica, precipitación, y velocidad y dirección del viento. En la Tabla 8 se detallan los equipos utilizados y el método empleado durante el análisis.

**Tabla 8**  
*Equipos, parámetros y método de análisis*

Equipo	Marca	Modelo	Parámetro	Método de análisis
<b>Muestreador de material particulado en alto volumen (Hi-Vol)</b>	Thermo Scientific	G10557	Plomo en partículas de PM-10	Espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS)
<b>Estación meteorológica</b>	Campbell	CR6	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Velocidad y dirección del viento</li> <li>- Humedad relativa</li> <li>- Temperatura del aire</li> <li>- Presión barométrica</li> <li>- Precipitación</li> </ul>	-
	Davis	Vantage Pro2		
<b>Manómetro digital</b>	Control Company	3461	Presión diferencial en los muestreadores de material particulado	-

(-) No aplica.

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.2.3.3.2. Calidad del suelo

A continuación se detalla la ubicación de los puntos de monitoreo, los equipos utilizados y técnicas de evaluación aplicadas durante el monitoreo.

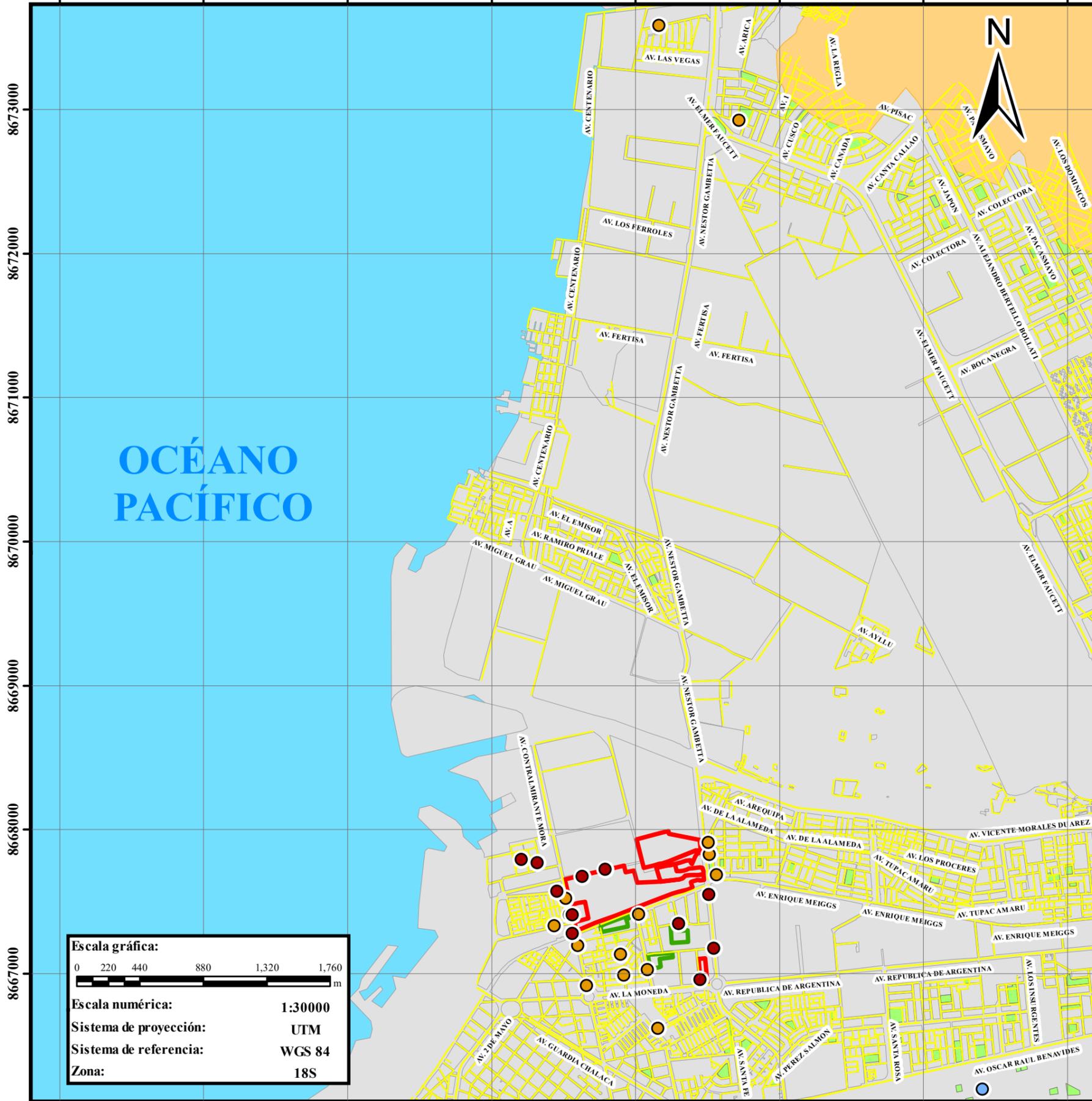
#### a) Puntos de monitoreo

Se extrajo una muestra en cada uno de los 27 puntos de monitoreo establecidos en años anteriores, los cuales fueron ubicados en el entorno de los depósitos de concentrados de minerales en situación de almacenamiento

y cierre definitivo (ver Mapa N°2), priorizando puntos cercanos a las rutas de transporte de minerales y las zonas residenciales.

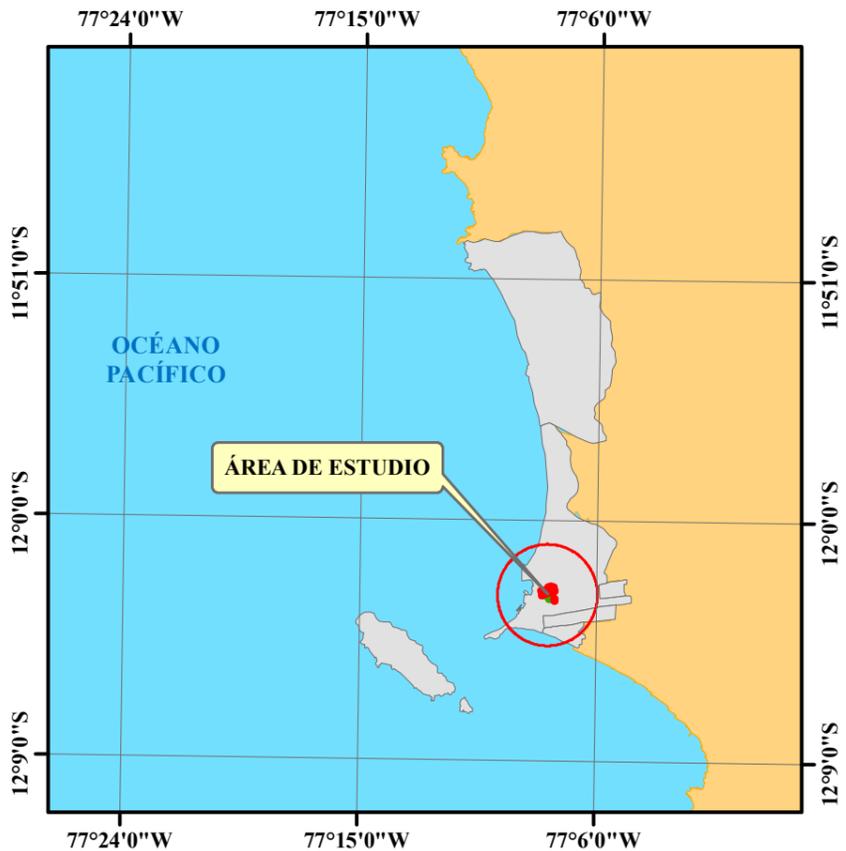
Las muestras fueron tomadas desde el 25 al 27 de mayo de 2016 de suelos de uso residencial (15 puntos) e industrial (11 puntos). Asimismo, el punto SUE-Cal 27 (antes S-18B) se ubicó a más de dos kilómetros a barlovento de la zona de estudio, en donde se realizan las actividades de almacenamiento y transporte de concentrados de minerales, dado que las concentraciones de dicho punto son consideradas como valores de referencia para la comparación de los resultados de los puntos ubicados en la zona residencial, pues existe una influencia poco probable o nula por parte de las actividades.

264000 265000 266000 267000 268000 269000 270000 271000



**Escala gráfica:**  
  
**Escala numérica:** 1:30000  
**Sistema de proyección:** UTM  
**Sistema de referencia:** WGS 84  
**Zona:** 18S

**MAPA DE UBICACIÓN**



**LEYENDA**

- Puntos de monitoreo de calidad del suelo de uso residencial
- Puntos de monitoreo de calidad del suelo de uso industrial
- Punto referencial
- Depósitos en situación de cierre definitivo
- Depósitos en situación de almacenamiento
- Red vial
- Parques
- Provincia de Lima
- Provincia Constitucional del Callao

**UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLAREAL**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

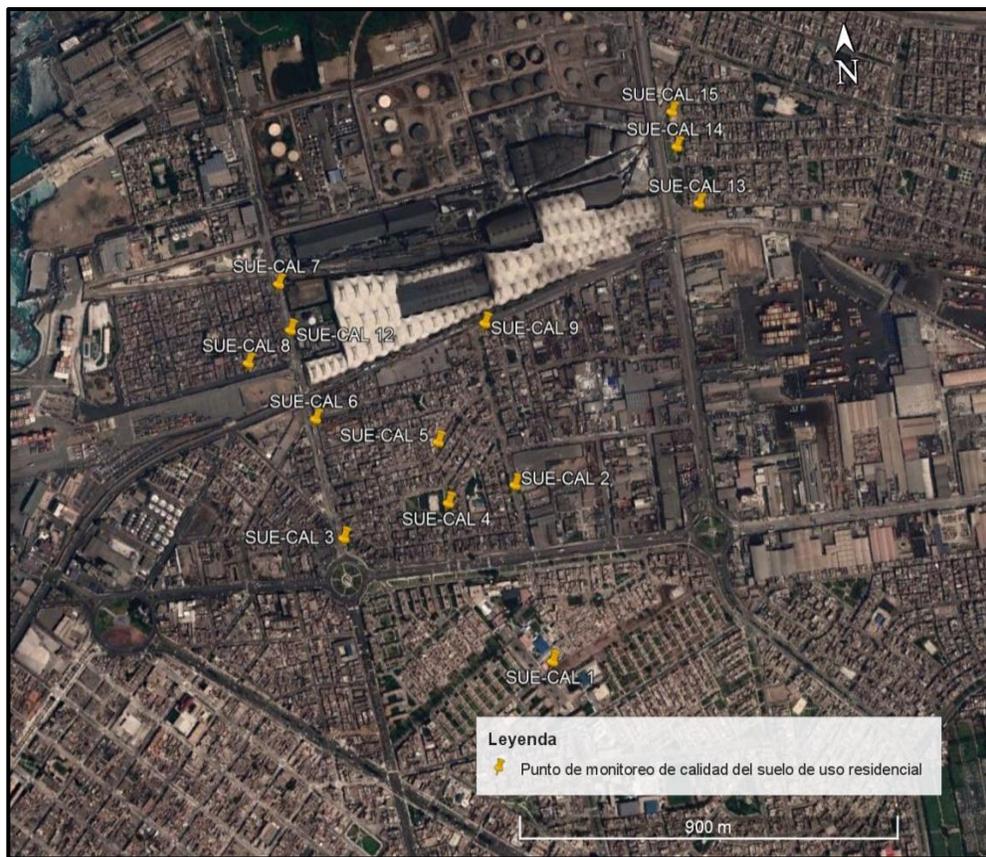
**Tesis:**  
 EVOLUCIÓN TEMPORAL Y ESPACIAL DE LOS NIVELES DE PLOMO EN EL AIRE Y SUELO, DE ENERO 2014 A MAYO 2016. DISTRITO DEL CALLAO

**Título:**  
 UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO DE CALIDAD DEL SUELO

<b>Fuente:</b> IGN	<b>Año:</b> 2018	<b>Elaborado por:</b> Bach. Martínez Alvarez, Lucy Valentina	<b>Revisado por:</b> Mg. Sc Muñoz Ortega, César	<b>Mapa :</b> Nº2
-----------------------	---------------------	--	---	----------------------

264000 265000 266000 267000 268000 269000 270000 271000

En la Tabla 9 se indican los códigos, coordenadas y referencia de la ubicación de los puntos de monitoreo relacionados con la zona de uso residencial. Los puntos SUE-CAL 10 y SUE-CAL 11 fueron considerados para evaluar el desplazamiento y permanencia del plomo en suelo en dicha área. Además, en la Figura 11 y Figura 12 se visualizan los puntos de monitoreo en una imagen satelital de *Google Earth*.



**Figura 11. Ubicación de los puntos de monitoreo de calidad del suelo de uso residencial**

**Fuente:** Elaboración propia a partir de la imagen satelital de *Google Earth*.



**Figura 12.** Ubicación de los puntos de monitoreo de calidad del uso residencial *SUE-CAL 10* y *SUE-CAL 11*  
**Fuente:** Elaboración propia a partir de la imagen satelital de *Google Earth*.

**Tabla 9****Descripción de los puntos del monitoreo de calidad del suelo de uso residencial**

Código del punto de monitoreo		Coordenadas UTM Datum: WGS 84 Zona: 18L		Altitud (m s. n. m.)	Referencia
2016	2014-2015	Este (m)	Norte (m)		
<b>SUE-CAL 1</b>	S-01	268 157	8 666 619	70	Entre la av. Centenario y Agrupación Huacho, al lado izquierdo del C.E.P. Julio Cesar de los Ríos.
<b>SUE-CAL 2</b>	S-03	268 082	8 667 029	20	En la av. Rímac, frente al campo ferial El Obelisco.
<b>SUE-CAL 3</b>	S-04	267 661	8 666 916	5	En la berma central de la av. Contralmirante Mora, frente al supermercado La Libertad, a la altura de la plaza Fanning (Obelisco).
<b>SUE-CAL 4</b>	P-6	267 918	8 666 991	49	En el Parque para la Familia, frente a la comisaría de la Ciudadela Chalaca.
<b>SUE-CAL 5</b>	S-05	267 898	8 667 135	27	En la esquina de la I.E.I. N° 119, Virgen María, a la altura de la calle Villa Rica y calle Yurimaguas.
<b>SUE-CAL 6</b>	S-06	267 599	8 667 197	4	En la berma central de la av. Contralmirante Mora, a la altura de la intersección con jr. Pucallpa.
<b>SUE-CAL 7</b>	S-08	267 515	8 667 521	4	En la av. Contralmirante Mora y a 40 m aprox. de la av. Almirante Miguel Grau.
<b>SUE-CAL 8</b>	S-08A	267 436	8 667 334	3	Entre la av. Guadalupe y jr. El Puerto, a 95 m aprox. de la av. Contralmirante Mora.
<b>SUE-CAL 9</b>	S-12	268 022	8 667 413	19	Entre la av. Huáscar Atalaya y la av. Rímac.
<b>SUE-CAL 10<sup>a</sup></b>	S-16	268 718	8 672 925	19	En el patio de juegos del C.E.I. N°80, a 170 m aprox. al este del ovalo Cantolao, ubicado entre la av. Elmer Faucett y av. Néstor Gambeta
<b>SUE-CAL 11<sup>a</sup></b>	S-17	268 162	8 673 586	3	En el A.H. Santa Beatriz, a sotavento del ex depósito CORMIN.
<b>SUE-CAL 12</b>	KP-07	267 542	8 667 410	3	En la intersección de la av. Contralmirante Mora y calle 2.
<b>SUE-CAL 13</b>	TP-08A	268 563	8 667 686	11	Entre la av. Néstor Gambeta y jr. Talara.
<b>SUE-CAL 14</b>	TP-09A	268 515	8 667 826	16	En la zona del parque ubicada entre la av. Néstor Gambeta y la calle E, frente a la empresa Perubar.
<b>SUE-CAL 15</b>	TP-10	268 507	8 667 912	16	En la zona del parque ubicada entre la av. Néstor Gambeta y Andahuaylas, frente a la empresa Perubar.

<sup>a</sup> Estos dos puntos fueron considerados dado que en dicha zona operó hasta el 2005 un depósito de minerales administrado por Comin S.A.

**Fuente:** Elaboración propia.

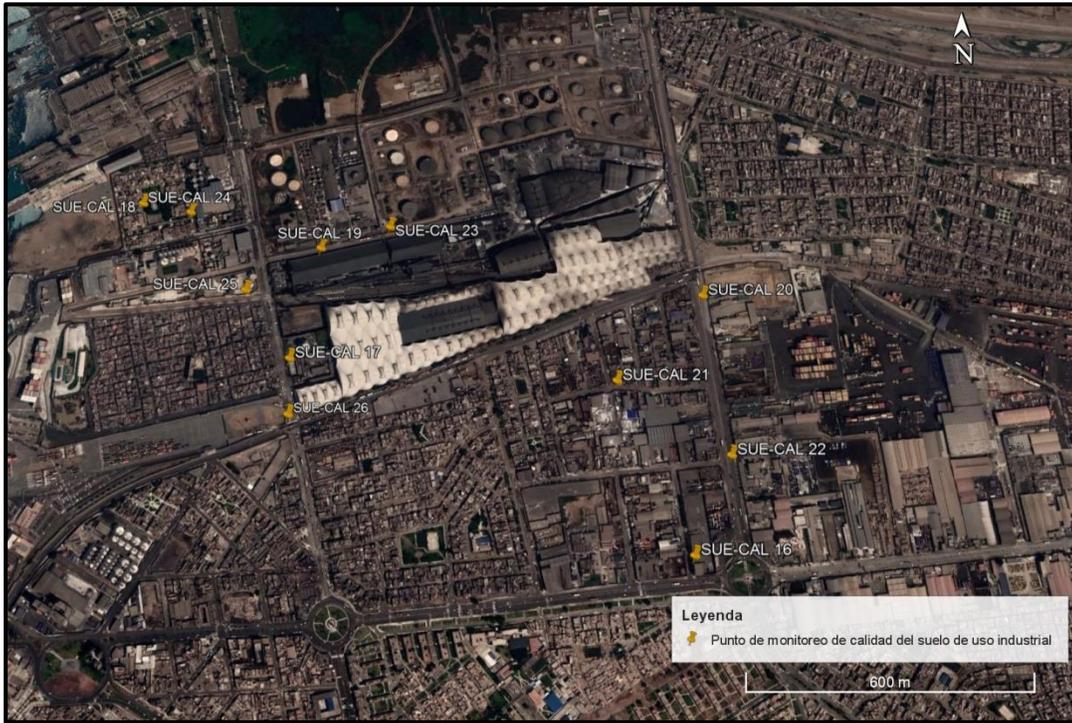
En la Tabla 10 se indican los códigos, coordenadas y referencia de la ubicación de los puntos de monitoreo relacionados con la zona de uso industrial, y mediante la Figura 13 se visualizan los puntos de monitoreo en una imagen satelital de *Google Earth*.

**Tabla 10**

***Descripción de los puntos del monitoreo de calidad del suelo de uso industrial***

Código del punto de monitoreo		Coordenadas UTM Datum: WGS 84 Zona: 18L		Altitud (m s. n. m.)	Referencia
2016	2014-2015	Este (m)	Norte (m)		
SUE-CAL 16	S-02	268 449	8 666 960	19	En la calle Miller, a 30 m aprox. de la av. República Argentina.
SUE-CAL 17	S-07	267 563	8 667 410	3	En el jardín externo de la I.E. N° 5045, María Reiche, en la av. Contralmirante Mora.
SUE-CAL 18	S-10	267 207	8 667 792	3	En la entrada de la parroquia Virgen del Perpetuo Socorro.
SUE-CAL 19	S-11	267 629	8 667 675	5	En la calle Mariátegui, cerca del depósito El Brocal.
SUE-CAL 20	S-13	268 509	8 667 548	20	En la berma central de la cuadra 4 de la av. Néstor Gambeta.
SUE-CAL 21	S-14	268 302	8 667 349	20	Entre la calle Guillermo Ronald N° 421 y la calle White.
SUE-CAL 22	S-15	268 545	8 667 177	21	En la intersección de la cuadra 3 de la av. Néstor Gambeta y el jr. Manuel Arispe.
SUE-CAL 23	TP-04	267 790	8 667 726	9	En la calle Mariátegui, a 30 m aprox. de la parte posterior del nuevo depósito de concentrados.
SUE-CAL 24	KP-01	267 320	8 667 769	2	Al frente este de la mz. H del barrio Frigorífico.
SUE-CAL 25	KP-02	267 457	8 667 574	3	A un costado de los rieles de la vía férrea, a 50 m aprox. de la puerta de ingreso de la estación Ferrovías y a 60 m de la av. Contralmirante Mora.
SUE-CAL 26	KP-09	267 563	8 667 280	4	En la intersección de la av. Contralmirante Mora y la av. Huáscar Atalaya.

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 13. Ubicación de los puntos de monitoreo de calidad del suelo de uso industrial**

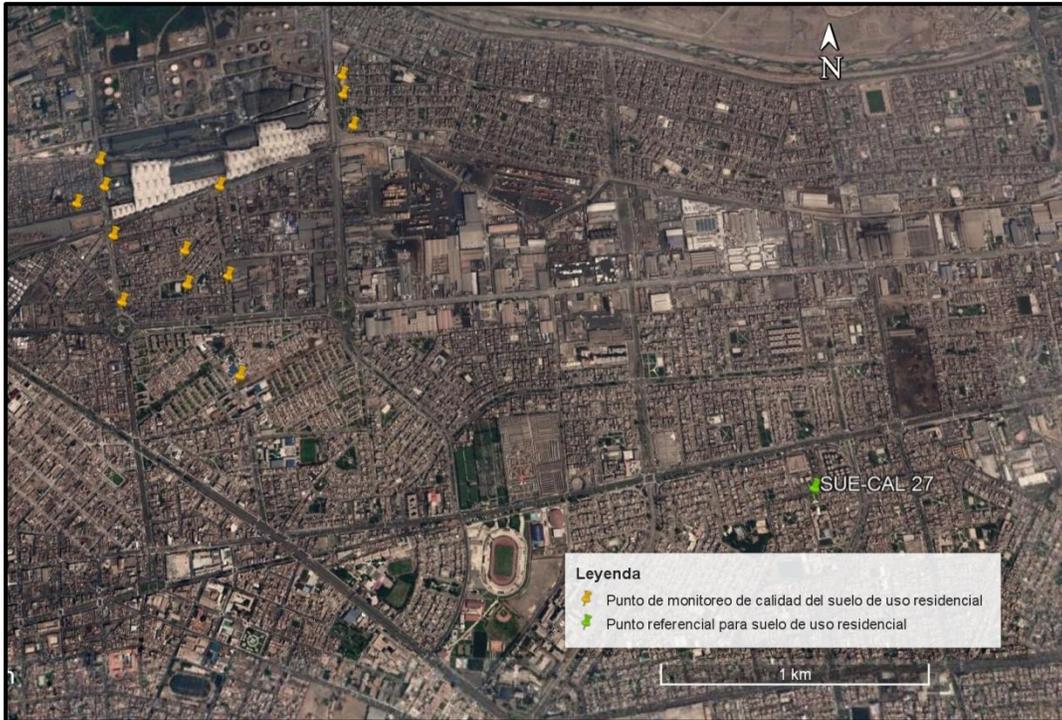
**Fuente:** Elaboración propia a partir de la imagen satelital de *Google Earth*.

Dentro de los puntos de monitoreo se estableció un punto referencial, cuya descripción se muestra en la Tabla 11, y que mediante la Figura 14 se visualiza su ubicación en una imagen satelital de *Google Earth*.

**Tabla 11**  
**Descripción del punto referencial**

Código del punto de monitoreo		Coordenadas UTM Datum: WGS 84 Zona: 18L		Altitud (m s. n. m.)	Referencia
2016	2014-2015	Este (m)	Norte (m)		
SUE-CAL 27	S-18B	270 409	8 666 198	96	Ubicado en la parque frente al I.S.T.P. Simón Bolívar, calle 3, N°100, Bellavista.

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 14. Ubicación del punto referencial**

**Fuente:** Elaboración propia a partir de la imagen satelital de *Google Earth*.

### **b) Equipos y técnicas de evaluación**

El muestreo de calidad del suelo se realizó según los criterios establecidos en la Guía para Muestreo de suelos, aprobada el 31 de marzo de 2014 mediante la Resolución Ministerial N° 085-2014-MINAM, y en donde se establecen los tipos y técnicas de muestreo de suelos y medidas para la calidad en la toma y manejo de muestras.

Además, se realizaron muestreos simples y superficiales, con profundidades menores a 30 cm, mediante el uso del barreno, palas, cucharones y espátulas. Las muestras fueron enviadas al laboratorio AGQ Perú S.A.C. para determinar las concentraciones de plomo mediante la técnica de espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (EPA 200.8).

#### **3.2.3.4. Etapa de gabinete.**

La información obtenida de las etapas anteriores fue procesada, ordenada y analizada para dar cumplimiento a los objetivos propuestos. A la vez, los resultados obtenidos fueron comparados con los estándares de calidad ambiental vigentes con el fin de verificar el posible riesgo significativo de los niveles de plomo en el aire y suelo para la salud de las personas y el ambiente. En ese sentido, a continuación se explican los estándares de comparación para plomo en ambos componentes:

##### **3.2.3.4.1. Calidad del aire.**

Los resultados de concentraciones de plomo se compararon de manera referencial con el valor de 24 horas establecido en los Criterios de Calidad Ambiental del Aire de Ontario (ver Tabla 12), debido a que no existe una normativa nacional que incluya un estándar para plomo durante 24 horas. Asimismo, para realizar una adecuada comparación de los niveles de plomo, el cálculo del volumen estándar que se usó para determinar la concentración del plomo se realizó teniendo en cuenta las condiciones de temperatura y presión estándar establecidas en la norma referencial ( $T=10\text{ }^{\circ}\text{C}$  ó  $283,15\text{ K}$  y  $P=760\text{ mmHg}$  o  $1013,25\text{ mbar}$ ).

**Tabla 12*****Estándares de comparación para plomo en aire***

Parámetro	Período	Valor del estándar (µg/m <sup>3</sup> )	Norma
<b>Plomo en las partículas de PM-10</b>	24 horas	0,5	Criterios de Calidad Ambiental del Aire de Ontario

Fuente: Elaboración propia.

**3.2.3.4.2. Calidad del suelo.**

Los niveles de plomo en el suelo de uso residencial e industrial se compararon con los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo del parámetro plomo (ver Tabla 13), aprobados mediante el Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM. De forma adicional, las muestras de suelo de uso residencial fueron comparadas con las concentraciones de plomo obtenidas en el punto de referencia SUE-CAL 2.7

**Tabla 13*****Estándares de comparación para plomo en suelo***

Parámetro	ECA para suelo según su uso (mg/kg MS)		Norma
	Residencial	Industrial	
<b>Plomo total</b>	140	1200	Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM

Fuente: Elaboración propia.

# Capítulo IV

## Capítulo IV

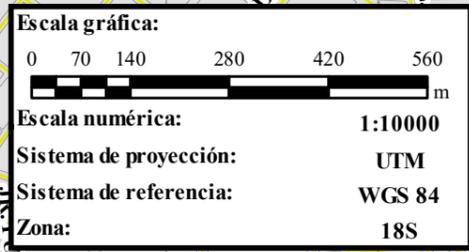
### Descripción del área de estudio

Este capítulo presenta la información correspondiente a las características del área de estudio, la cual está ubicada en el entorno de los depósitos de concentrados de minerales, distrito y Provincia Constitucional del Callao. A la vez, esta sección se desarrolló, principalmente, a partir de la información indicada en el *Plan de Desarrollo Urbano de la Provincia Constitucional del Callao 2011-2022*, aprobado el 22 de diciembre de 2010 mediante la Ordenanza Municipal N° 000068-2010, *Plan de accesibilidad al medio físico en el distrito Cercado del Callao* y el *Estudio de Impacto Ambiental de las Operaciones de los Depósitos de Concentrados de Minerales del Callao* de Perubar S.A.-Depósito Atalaya.

#### 4.1. Localización del área de estudio

La Provincia Constitucional del Callao es una circunscripción política-administrativa del Perú, ubicada en la costa central del litoral. Limita con el departamento de Lima por el norte, este y sureste, y colinda por el oeste y suroeste con el Océano Pacífico. Además, consta de siete distritos: Callao, Bellavista, Carmen de la Legua, La Punta, La Perla, Ventanilla y Mi Perú; siendo el distrito del Callao la zona donde se encuentran los depósitos de concentrados de minerales, los cuales están asociados a la contaminación por plomo en dicho lugar, tal como se expone en secciones anteriores ( ver Mapa N°3).

# ÁREA DE ESTUDIO



- LEYENDA**
- Puntos de monitoreo de calidad del suelo
  - Puntos de monitoreo de calidad del aire
  - Depósitos en situación de cierre definitivo
  - Depósitos en situación de almacenamiento
  - Parques

## UBICACIÓN DISTRITAL Y PROVINCIAL



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLAREAL  
 FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Tesis:**  
 EVOLUCIÓN TEMPORAL Y ESPACIAL DE LOS NIVELES DE PLOMO EN EL AIRE Y SUELO, DE ENERO 2014 A MAYO 2016. DISTRITO DEL CALLAO

**Título:**  
 ÁREA DE ESTUDIO

<b>Fuente:</b> IGN	<b>Año:</b> 2018	<b>Elaborado por:</b> Bach. Martínez Alvarez, Lucy Valentina	<b>Revisado por:</b> Mg. Sc Muñoz Ortega, César	<b>Mapa:</b> Nº3
-----------------------	---------------------	--	---	---------------------

En la Tabla 14 y Tabla 15 se indican la localización y los límites del área de estudio, respectivamente.

**Tabla 14**  
*Localización del área de estudio*

<b>Región</b>	Callao
<b>Provincia</b>	Provincia Constitucional del Callao
<b>Distrito</b>	Callao
<b>Ámbito de estudio</b>	Entorno de los depósitos de concentrados de minerales
<b>Región geográfica</b>	Costa

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 15**  
*Límites del área de estudio*

<b>Dirección</b>	<b>Zonas que limitan</b>
<b>Norte</b>	Distrito de Ventanilla
<b>Sur</b>	Distritos de Bellavista, La Perla y Océano Pacífico
<b>Este</b>	Distritos de San Martín de Porres, Cercado de Lima y Carmen de la Legua Reynoso
<b>Oeste</b>	Distrito de La Punta y el Océano Pacífico

**Fuente:** Elaboración propia.

Además, entre los núcleos urbanos presentes en el área de estudio se tienen los siguientes: A.H. Mariscal Ramón Castilla, A.H. Agrupación Vivencial Mariscal Castilla, Urbanización Industrial La Chalaca, A.H. Ciudadela Chalaca, A.H. Ciudadela Chalaca Sector Cuarto, A.H. San Juan Bosco, A.H. Puerto Nuevo, Agrupación de Vivienda Barrio Obrero Frigorífico, entre otros.

## 4.2. Accesibilidad

En la Tabla 16 se aprecia las rutas de acceso al distrito del Callao.

**Tabla 16**  
*Rutas de acceso*

Dirección	Rutas
Norte	Av. Néstor Gambeta
Sur	Av. Santa Rosa
Este	Av. Los Alisos, Carlos Alberto Izaguirre, Canta Callao, Bocanegra, Angélica Gamarra, Tomas Valle, José Granda, Perú, Morales Duárez, Argentina y Oscar R. Benavides
Oeste	Av. Elmer Faucett, Guardia y José Gálvez

Fuente: Elaboración propia.

## 4.3. Geología

Según el *Plan de Desarrollo Urbano de la Provincia Constitucional del Callao 2011-2022* (2010), el ámbito de influencia de la Provincia Constitucional del Callao comprende las partes bajas de las cuencas de los ríos Rímac y Chillón, y su extensión hacia el norte denominado Intercuenca de Ventanilla. Asimismo, el *Plan de accesibilidad al medio físico en el distrito Cercado del Callao* (2014) señala que durante casi todo el Mesozoico la región habría constituido parte del geosinclinal andino, el cual era un fondo marino en donde se acumulaban gruesas capas de sedimentos intercalados con emisiones volcánicas submarinas. El inicio de la orogenia andina, a finales del Cretácico, eleva a posiciones continentales los volúmenes volcánicos sedimentarios mesozoicos. De forma paralela, y hasta períodos del Terciario, ocurrió la intrusión del batolito costanero.

La cuenca baja de los ríos que cruzan el área está asentada sobre rocas de origen ígneo y sedimentario, cuyas edades corresponden al Jurásico y Cretáceo Inferior. En este periodo ocurrieron intensas actividades volcánicas, con levantamientos y hundimientos sucesivos del nivel del mar, los cuales dieron lugar a la deposición de cuerpos lávicos con intercalaciones de lutitas y calizas, dando como resultado las formaciones Santa Rosa, Puente Inga, Ventanilla, Cerro blanco, entre otros.

Durante el Cretáceo superior se inició el levantamiento de la Cordillera Occidental de los Andes, acompañado de intensa actividad magmática y volcánica que deformó las secuencias rocosas formando la estructura conocida como el anticlinal de Lima. A la vez, tuvo influencia drástica e irreversible sobre la fisiografía, clima y desarrollo de la flora y fauna, lo cual generó la inversión de la corriente de los ríos de oeste a este, desde los andes hasta el Atlántico, y la formación de los valles en el flanco occidental tales como las de Lurín, Rímac y Chillón.

A finales del Terciario, al retirarse los mares, emergen las áreas continentales que constituyeron los primitivos suelos de Lima. Además, durante el Cuaternario, el retiro de los mares y el aporte de sedimentos por los principales ríos favorecieron a la formación de las terrazas aluviales sobre la cual se funda la ciudad de Lima.

#### 4.4. Geomorfología

En la Tabla 17 se aprecia las unidades geomorfológicas que conforman el distrito del Callao.

**Tabla 17**  
*Descripción de las unidades geomorfológicas*

Unidad geomorfológica	Símbolo	Descripción
<b>Playas rectas</b>	P-r	Son playas de mar abierto donde el oleaje es fuerte debido a que no existe ningún accidente geográfico que lo disminuya.
<b>Playas de bahía</b>	P-b	Se ubican dentro de las bahías donde las aguas son tranquilas debido a que tienen forma de poza en la que la energía del mar abierto se disipa dejando el ingreso y salida de las aguas en forma reposada.
<b>Playas de puntas y peñascos</b>	P-pp	Estas playas están ubicadas en las puntas y peñascos rocosos en los que las aguas rompen con fuerza debido a que no encuentran obstáculos que las mitiguen, siendo estas playas de importancia ecológica y económica por su riqueza de flora y fauna marina.
<b>Islas e islotes</b>	I	Se caracterizan por una topografía de pequeñas colinas rocosas, bordeados por playas angostas, puntas y acantilados.
<b>Zona de erosión e inundaciones</b>	Ze-I	Esta zona involucra a las terrazas bajas de los márgenes de los ríos, siendo proclives a las inundaciones de los ríos en temporada lluviosa.
<b>Terrazas marinas con cobertura eólica</b>	Tm-Ce	Son llanuras costeras del cuaternario de origen marino sedimentario, con acumulación de arena y pendiente muy suave.
<b>Valles y quebradas</b>	V-q	Planicies de valle constituidas a su vez por extensas fajas de terrazas aluviales no inundables de los sectores inferiores de los ríos Rímac y Chillón.
<b>Planicies Onduladas con Cobertura Eólica</b>	Po-Ce	Correspondientes a las laderas de muy poca pendiente que están cubiertas por depósitos eólicos, consistente en arenas muy finas y que han sido trasladadas hasta la formación geomorfológica por acción del viento.
<b>Colinas</b>	Cb y Ca	Son relieves accidentados de fuerte pendiente y poca altura. Las pendientes están comprendidas entre 15 y 50 %, siendo la altura de las elevaciones topográficas no mayor a 300 m sobre el nivel de las llanuras circundantes

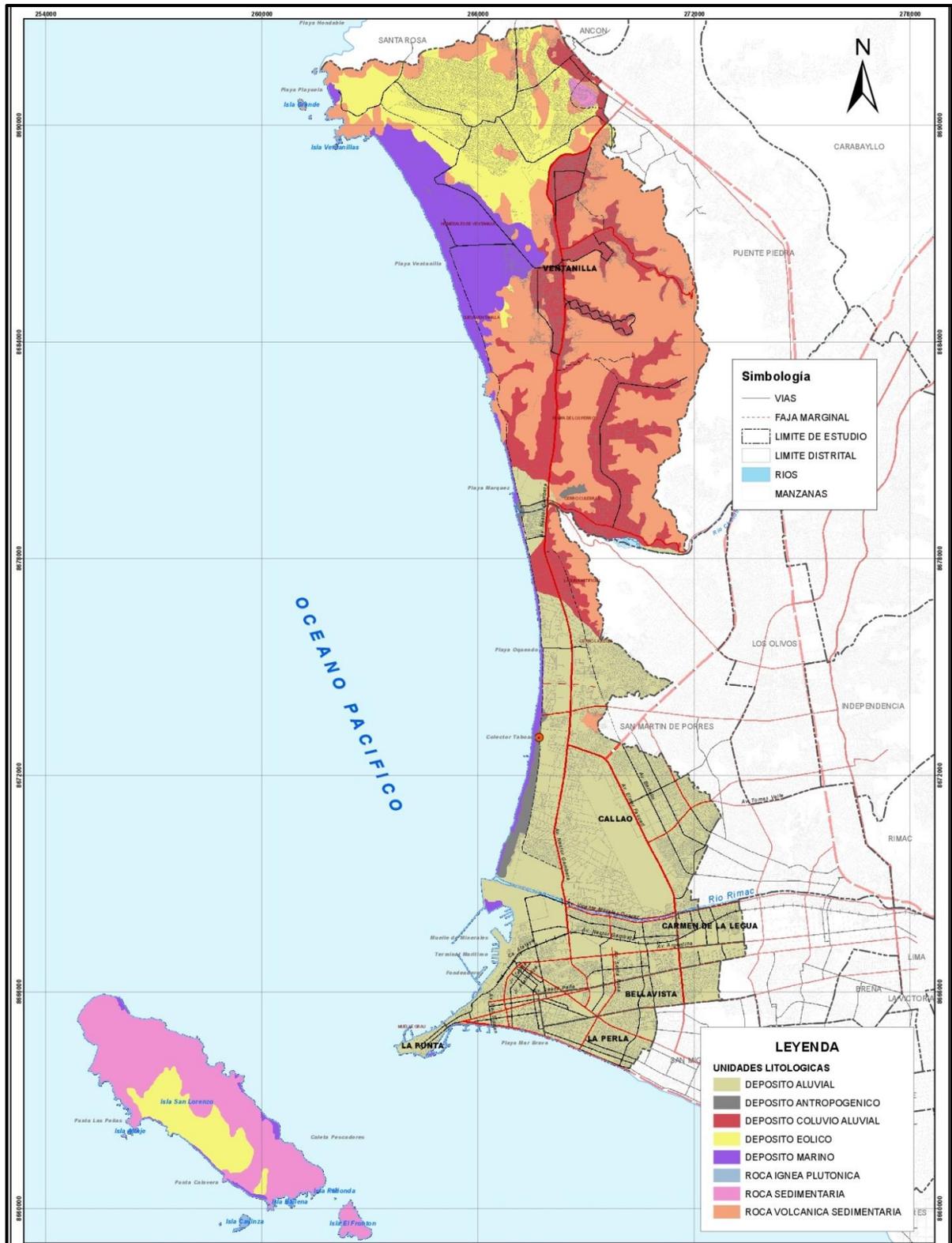
**Fuente:** Elaboración propia a partir de la información indicada en el *Plan de accesibilidad al medio físico en el distrito Cercado del Callao* (2014, pp.26-27).

De acuerdo con la Tabla 17, es necesario destacar que dichas unidades son el resultado de procesos sedimentarios, tectónicos, erosivos y abanicamiento deltaico de los ríos Rímac

y Chillón, los cuales originan las planicies de valles y quebradas. Además, el área de estudio pertenece al complejo de estuario del valle del río Rímac, el cual está constituido por el material cuaternario de los depósitos detríticos de su cono de deyección que llega hasta la orilla del océano Pacífico. Por otro lado, el área de los depósitos está constituida por unidades fluvio-aluviales que abarcan el lecho del río Rímac con sus diferentes terrazas planas.

#### **4.5.Suelos**

En el *Estudio de Impacto Ambiental de las Operaciones de los Depósitos de Concentrados de Minerales del Callao* (2001, p.17) de Perubar S.A.-Depósito Atalaya indican que según los estudios realizados por la Oficina Nacional de Estudios de Recursos Naturales (ONERN), la aptitud de la tierra es agrícola en el área del valle, el suelo está constituido por una asociación regosol eútrico (depósitos recientes de origen eólico) e inclusiones de *solonchacks*, el cual hace alusión a su carácter salino, y la aptitud edafológica es regular con limitaciones relacionadas con la salinización y la desertificación. Asimismo, de acuerdo con el mapa de unidades litológicas, el área de estudio está constituido por depósitos aluviales (ver Figura 15).



**Figura 15. Mapa de unidades litológicas**

Fuente: Plan de Desarrollo Urbano de la Provincia Constitucional del Callao 2011-2022 (2010, p.172)

## **4.6.Hidrografía**

El área metropolitana conformada por las provincias de Lima y Callao es considerada como una sola desde el punto de vista de aguas superficiales, dado que forman parte de las cuencas de los ríos Chillón y Rímac. En ese sentido, la temporalidad de ambos ríos hace que solo en la estación de verano presenten caudales mayores, mientras que en los otros meses están totalmente secos debido al uso del agua en su recorrido. A continuación, se explica la dinámica de las aguas superficiales y subterráneas en el área de estudio:

### **4.6.1. Aguas superficiales.**

Es escasa la disponibilidad superficial de agua, con una distribución temporal e irregular frente a la continua y creciente necesidad del agua. La extensión total de la Provincia Constitucional del Callao abarca en gran medida la parte final de los valles del río Rímac y Chillón, siendo los usuarios directo la población del Callao en sus diferentes distritos.

El río Chillón y Rímac constituyen fuentes importantes de recursos hídricos que abastecen a la Provincia Constitucional del Callao; sin embargo, también constituyen fuentes de contaminación marina del litoral del Callao, tanto por el tipo de carga orgánica, inorgánica y microbiana que arrastran sus aguas.

El análisis de aguas superficiales se basa en la distribución de caudales en las cuencas de estudio regidas por el año hidrológico, el cual inicia el 1 de septiembre de cada año y culmina el 31 de agosto del siguiente año. En ese sentido, los mayores caudales

se presentan entre diciembre y abril debido al aporte de las precipitaciones estacionales.

#### **4.6.2. Aguas subterráneas.**

Este tipo de agua constituye un recurso indispensable para abastecer a la población del Callao y las diferentes actividades económicas. La calidad del agua subterránea depende en gran medida de la constitución geológica de la cuenca hidrológica y la composición litológica del acuífero. Cabe indicar que el acuífero de Lima y Callao está conformado por los acuíferos de los valles Rímac y Chillón en donde el flujo de la napa del Chillón sigue la dirección Noreste-Suroeste y el flujo de la napa del Rímac es de Este a Oeste. Ambos se unen a la altura del Aeropuerto Jorge Chávez y siguen una dirección Este-Oeste hacia el mar.

Asimismo, el reservorio acuífero en mención está constituido por depósitos aluviales del cuaternario reciente de los valles del Rímac y Chilló, los cuales están conformados por cantos rodados, gravas, arenas y arcillas intercalados en estratos y/o mezclados entre sí.

#### **4.7. Clima**

En el *Plan de accesibilidad al medio físico en el distrito Cercado del Callao* (2014, p.19) señalan que de acuerdo con la escala de clasificación climática desarrollada por el método Thornthwaite (Senamhi, 1988), esta zona costera es definida como un área árida con deficiencia de lluvias en todas las estaciones, clima semicálido y condiciones moderadas

de humedad. Además, la capa de inversión térmica juega indirectamente un papel importante en el comportamiento de las temperaturas extremas del aire en el distrito del Callao, debido a que la cobertura o manto nuboso del tipo estrato es más notorio en la estación de invierno, con presencia de lloviznas persistentes y con un espesor mayor de la capa de inversión, en donde la temperatura máxima no supera los 20° C. Por otro lado, en verano predominan los cielos despejados y las temperaturas máximas sobrepasan los 24 °C. A continuación, se describen las condiciones atmosféricas que constituyen el clima en el espacio de estudio:

#### 4.7.1. Régimen térmico.

En la Tabla 18 se indican las temperaturas mensuales máxima, media y mínima del mes más frío y caliente, las cuales fueron obtenidas a partir del análisis de una serie de 30 años de promedios diarios de temperatura.

**Tabla 18**  
*Descripción del régimen térmico*

Temperatura °C	Mes más frío: Agosto	Mes más caliente: Febrero
<b>Mínima</b>	14,8	19,8
<b>Media</b>	16,4	22,7
<b>Máxima</b>	18,7	26,9

**Fuente:** Elaborado a partir del Estudio de Impacto Ambiental de las Operaciones de los Depósitos de Concentrados del Callao, Perubar S.A. (2001, p.13).

Además, la amplitud térmica promedio invernal es de 3,9 a 4 °C y en verano varía entorno a 7°C, dada la proximidad al mar.

#### **4.7.2. Régimen de precipitaciones.**

La precipitación se da bajo la forma de llovizna, siendo uniforme y formada por gotitas de agua muy pequeñas, con diámetros menores a 0,5 mm, y que parecen flotar en el aire. Cabe resaltar que la precipitación pluvial es escasa, presentándose precipitaciones más intensas y esporádicas durante enero, febrero y marzo, mientras que abril y noviembre son los meses más secos.

#### **4.7.3. Régimen de vientos.**

Por su ubicación en el litoral, al pie de las últimas estribaciones andinas, el Callao cuenta con dos sistemas de circulación atmosférica de mesoescala, la brisa de mar y la brisa de valle. La primera sopla desde el mar hacia la tierra y depende del calentamiento de la tierra durante el día. La segunda se origina en el valle y asciende hasta las alturas (valle-montaña), generando perturbaciones en la dirección predominante general del viento, dirección Sur, durante el día. En cuanto a la velocidad del viento es necesario tener en cuenta la diferencia de presión atmosférica entre dos lugares, dado que el viento se dirige del lugar de mayor presión hacia el de menor presión con variable intermitencia; es decir, no fluye con intensidad regular sino que lo hace en ráfagas, de tal manera que su velocidad por un momento crece en tanto disminuye en otros. El viento suele ser suave con variaciones entre 0 a 4 en la escala de Beaufort (ver Tabla 19).

**Tabla 19**  
**Descripción de la escala de Beaufort**

N° de Beaufort	m/s	Km/h	Nudos	Descripción
<b>0-calma</b>	0-0,2	1	1	Calma, el humo sube verticalmente.
<b>1-ventolina</b>	0,3-1,5	1-5	1-3	La dirección del viento es señalada por el humo pero no por las veletas.
<b>2-brisa muy débil</b>	1,6-3,3	6-11	4-6	Se percibe el viento, se mueve las veletas.
<b>3-brisa débil</b>	3,4-5,4	12-19	7-10	Las hojas se mueven, se despliegan las banderas livianas.
<b>4-brisa moderada</b>	5,5-7,9	20-28	11-16	Se levanta polvo y papeles sueltos, se mueven las ramas pequeñas.

Fuente: Elaborado a partir de la Escala internacional de Beaufort.

#### **4.8.Medio biológico**

La cobertura vegetal es escasa, concentrándose en los parques y jardines de la zona urbana, incluyendo los asentamientos humanos en menor proporción. Las condiciones de vida del entorno limitan la fauna a la presencia de animales domésticos por estar ubicada el área de estudio en la zona urbana.

#### **4.9.Aspectos demográficos, sociales y económicos**

##### **4.9.1.Población.**

Según el Censo Nacional del 2007 realizado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), el distrito del Callao presentó una población que asciende a 415 888 habitantes y una densidad poblacional igual a 9110,4 hab/km<sup>2</sup> (ver Tabla 20).

**Tabla 20**  
**Características generales del distrito del Callao**

Distritos	Población		Superficie		Tasa de crecimiento promedio anual (%) 1993-2007
	1993	2007	Km <sup>2</sup>	%	
<b>Callao</b>	369 768	415 888	45,65	31,06	0,84

**Fuente:** Elaboración propia en base al Censo Nacional 2007: XI de Población y VI de Vivienda, INEI.

En relación con lo anterior, se estima una población de 448 531 para el 2016. Cabe resaltar que dicho valor se determinó mediante el método geométrico, cuya fórmula es la siguiente:

$$Pob_{2016} = Pob_{2007} \times (1 + r)^{2016-2007}$$

#### **4.9.2. Vivienda.**

De acuerdo con el *Plan de Desarrollo Urbano de la Provincia Constitucional del Callao 2011-2022* (2010), el tema de la vivienda es importante porque guarda relación con la salubridad y calidad de vida de los residentes; en ese sentido, cuando el estado de la vivienda es precario, la intensidad y los factores de riesgo de la salud resultan muy elevados, y las amenazas de la salud de sus habitantes en morbilidad resultan agudas y severas. Dicho lo anterior, en la Provincia Constitucional del Callao existe la necesidad de mejoramiento de la vivienda en relación con el déficit cualitativo, dado que afecta a un gran número de la población en donde las viviendas existen en condiciones de habitabilidad inadecuadas.

Cabe resaltar que el acelerado proceso de urbanización y modernización en el Callao ha originado que se perciban desequilibrios en la infraestructura urbana, los usos de

los suelos y en su estructura social, en donde la fuerte presión por acceso a la vivienda ha generado la toma de terrenos públicos y privados ubicados en las áreas periféricas, siendo los denominados asentamientos humanos la solución de forma al problema de vivienda. Todo ello ha generado la degradación de la calidad urbanística y del ambiente en general, visibilizando una realidad urbana conflictiva como consecuencia de la limitada visión estratégica y planificación del territorio que apunte un desarrollo urbano sostenible.

La Provincia Constitucional del Callao durante las últimas décadas ha tenido una expansión urbana no planificada, creciendo bajo dos modalidades informales: asentamientos humanos que ocuparon mediante invasiones o reubicaciones en zonas eriazas y urbanizaciones con lotizaciones informales (asociaciones, cooperativa, etc.) sobre zonas agrícolas. Por consiguiente, se identifican dos tipos principales de viviendas: las viviendas particulares y viviendas colectivas, tal como se puede observar en la Tabla 21.

**Tabla 21**  
**Población según el tipo de vivienda en el distrito del Callao**

Tipo de vivienda	Subtipo	Subtotal	Total
<b>Viviendas particulares</b>	Casa independiente	72 891	90 741
	Departamento en edificio	10 551	
	Vivienda en casa de vecindad	2532	
	Vivienda improvisada	454	
	Vivienda en quinta	4077	
	Local no destinado para habitación humana	231	
	Otro tipo	5	
<b>Viviendas colectivas</b>	Hotel, hostel y hospedaje	59	124
	Casa pensión	17	
	Cárcel, centro de readaptación social	10	
	Asilo	4	
	Aldea infantil, orfanato, etc.	4	
	En la calle, persona sin vivienda, puerto, etc.	3	
	Otro	27	

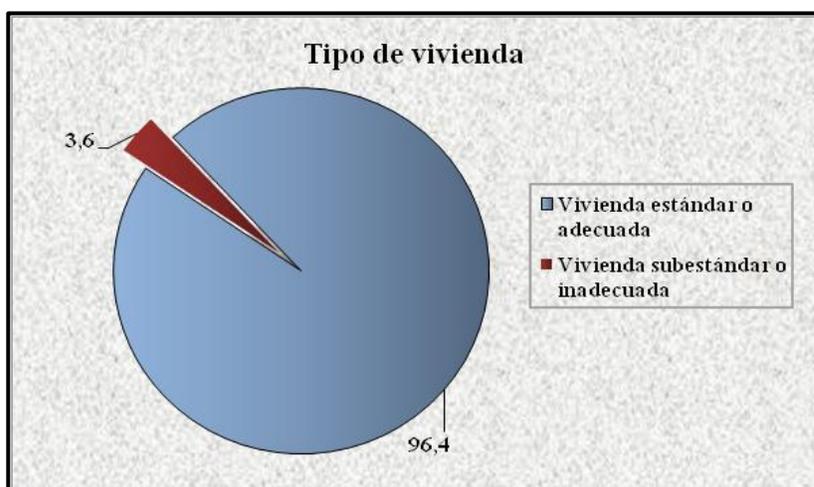
**Fuente:** Elaboración propia en base al Censo Nacional 2007: XI de Población y VI de Vivienda, INEI.

Según el Censo 2007, las viviendas estándar o adecuadas existen en mayor proporción que las viviendas subestándar o inadecuadas en el distrito del Callao, tal como se puede apreciar en la Tabla 22 y Figura 16.

**Tabla 22**  
**Número de viviendas adecuadas e inadecuadas en el distrito del Callao**

Tipo de vivienda	N° de viviendas	%
Vivienda estándar o adecuada	87 519	96,4
Vivienda subestándar o inadecuada	3222	3,6
<b>Total</b>	<b>90 741</b>	<b>100,0</b>

**Fuente:** Elaboración propia en base al Censo Nacional 2007: XI Población y VI de Vivienda, INEI.



**Figura 16. Porcentaje en el tipo de vivienda en el distrito del Callao**

**Fuente:** Elaboración propia en base al Censo Nacional 2007: XI de Población y VI de Vivienda, INEI.

El material de las viviendas está relacionado con la salubridad que brinda la vivienda para sus ocupantes, con el fin de mitigar los vectores contaminantes y transmisores de enfermedades. En la Provincia Constitucional del Callao predominan los tipos de pisos que contribuyen con la salubridad, predominando los pisos de tierra en las viviendas de la periferia urbana producto de las últimas ocupaciones espontáneas.

Además, en los asentamientos humanos existen viviendas de madera a partir de desechos industriales como consecuencia del inadecuado saneamiento físico legal, generado situaciones de alto riesgo en sus habitantes.

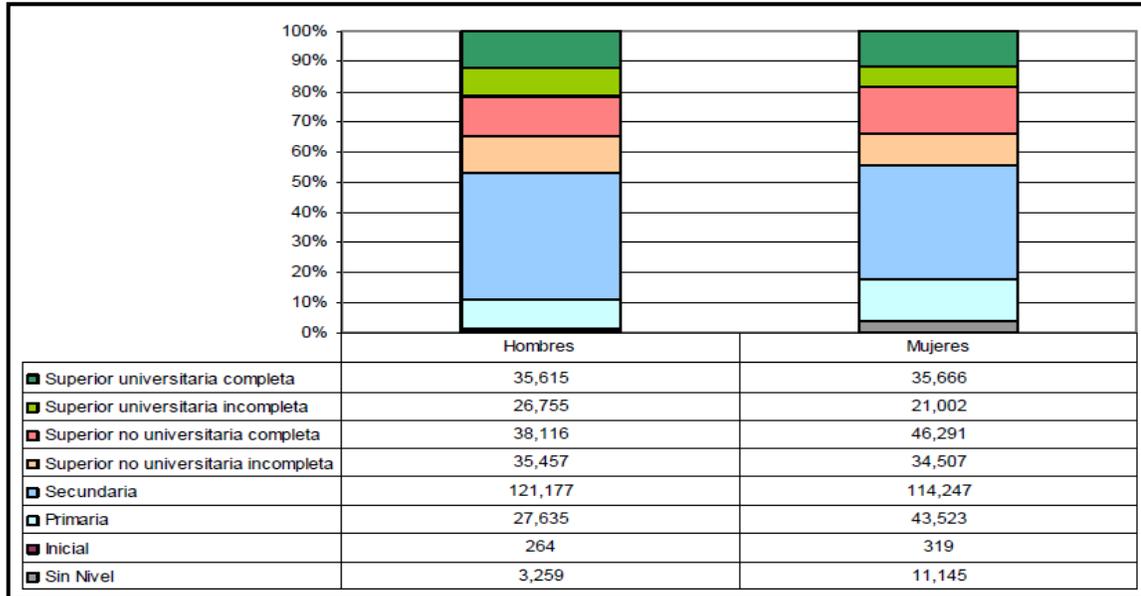
#### **4.9.3. Salud.**

A nivel de provincia, entre 1993 y 2007, la mortalidad disminuyó de 7,4 a 4,5 %. En cuanto a la morbilidad, destacan las enfermedades transmisibles como infecciones agudas de las vías respiratorias superiores (174 956 casos), enfermedades de la cavidad bucal (93 454 casos), enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores (33 733 casos), enfermedades infecciosas intestinales, entre otras. Según el Censo 2007, menos de la mitad de la población (406 350 personas) cuenta con un seguro de salud a nivel de provincia, mientras que en el distrito del Callao alrededor del 46,3 % del total cuenta con un seguro de salud.

#### **4.9.4. Educación.**

De acuerdo con la Figura 17, en la Provincia Constitucional del Callao, de un total de 350 635 personas de 3 a 24 años de edad, 248 618 (70,9 %) asisten a algún centro de enseñanza regular; pero la asistencia no es homogénea en todos los grupos de edad pues se inicia con un porcentaje bajo de asistencia (70 % entre los niños de 3 a 5 años), luego asciende hasta su mayor porcentaje entre los niños de 6 a 12 años (96 %), correspondiente a educación primaria, y desciende a un 92,6 % entre los adolescentes de 12 a 16 años hasta llegar al 39,7 % de asistencia para los jóvenes de 17 a 24 años.

Es preciso destacar que el 43,1 % de la población de la provincia ha estudiado algún año de educación superior, en donde los hombres han logrado un mayor avance en educación superior universitaria y las mujeres lo han hecho en educación superior no universitaria.



**Figura 17. Población por sexo y nivel educativo alcanzando en la Provincia Constitucional del Callao (2007)**

Fuente: *Plan de Desarrollo Urbano de la Provincia Constitucional del Callao 2011-2022* (2010, p.172).

#### 4.9.5. Usos del suelo.

El uso actual del suelo está en función de las actividades urbanas, perteneciendo las muestras del monitoreo de suelo, de acuerdo con el *Plan de Desarrollo Urbano de la Provincia Constitucional del Callao 2011-2022* (2010), a la siguiente clasificación:

#### **4.9.5.1. Uso Residencial.**

Se verifican los siguientes patrones de asentamiento residencial:

- Áreas residenciales producto de las urbanizaciones formales.
- Áreas residenciales producto de programas estatales de habilitación y construcción masiva de vivienda.
- Áreas residenciales a consecuencia del proceso de ocupación de cooperativas y/o asociaciones.
- Áreas residenciales producto de la ocupación espontánea e informal de terrenos eriazos.

Teniendo en cuenta las variables de uso residencial, patrón de asentamiento y nivel de consolidación con las características socioeconómicas de la población, se puede apreciar una tendencia de la estratificación social del espacio que se expresa de la siguiente manera:

**a) El uso residencial correspondiente a los estratos socioeconómicos bajos:** Se localizan predominantemente en los distritos del Callao, Ventanilla y El Carmen, presentando las siguientes expresiones diferencias:

- áreas deterioradas y/o tugurizadas
- asentamientos marginales consolidados
- áreas marginales incipientes o en consolidación

**b) El uso residencial correspondiente a los estratos socioeconómicos medios:**

Este es un uso residencial consolidado que se expresa en urbanizaciones regulares de patrón con predominancia unifamiliar.

**c) El uso residencial correspondiente a los estratos socioeconómicos altos:** Se

localizan principalmente en el distrito de La Punta, con características de consolidación.

**4.9.5.2. *Uso Industrial.***

El uso industrial en la Provincia Constitucional del Callao asciende al 22,39 % del área total de la provincia, en donde se pueden identificar las siguientes áreas industriales:

- Eje de la av. Gambeta, siendo un área en proceso de ocupación, con locales dispersos relacionados con la industria liviana y gran industria. La zona se caracteriza porque casi en su totalidad no cuentan con las obras de habilitación urbana.
- La mayor parte del área zonificada para este fin se encuentra sin obras de habilitación urbana. Además, se ubican en esta franja otros usos como el Frigorífico Pesquero Zonal del Callao, el Instituto Tecnológico Pesquero y el Club Deportivo Cantolao.
- Parque Industrial Ventanilla, el cual está conformado por 82 lotes industriales dedicados a la pequeña y mediana industria, así como establecimientos industriales menores.

- Refinería La Pampilla, dedicada al tratamiento y almacenamiento del petróleo y derivados, constituye un foco de contaminación ambiental porque la dirección del viento traslada los humos y gases hacia zonas residenciales vecinas.

En relación con lo anterior es necesario precisar que la localización de la actividad industrial en la provincia del Callao se ha dado en términos generales, siendo planificadas en zonas consideradas para tal fin; sin embargo, existe el conflicto originado por la ocupación residencial de áreas muy cercanas o dentro de zonas industriales, lo cual genera problemas de contaminación para sus habitantes y en los espacios para la localización de nuevas áreas industriales.

#### **4.9.6. Pobreza y calidad de vida**

De acuerdo con el informe sobre Desarrollo Humano en el Perú (2009), la Provincia Constitucional del Callao en el 2007 ocupó el segundo lugar en el país con un Índice de Desarrollo Humano (IDH) de 0,68, evidenciando una disminución de 0,04 en relación con el índice de 1993. El IDH está compuesto por la esperanza de vida al nacer, la cobertura de educación y las altas tasas de alfabetismo y matrícula neta; representando mejores condiciones de vida mientras más cercano a la unidad se encuentre.

En relación con la pobreza, la provincia presenta una tasa de pobreza total igual a 18,8 %, con una incidencia de la pobreza extrema de 0,3 %; mientras que el distrito

del Callao tiene una tasa de pobreza total e índice de pobreza extrema igual a 16,4 y 0,17 %, respectivamente.

#### 4.10. Depósitos de concentrados de minerales

El almacenamiento de concentrados de minerales en depósitos ubicados fuera de las áreas de las operaciones mineras constituye una actividad del sector minero que no se realiza bajo el sistema de concesiones. Además, el concentrado de mineral es el producto obtenido después de que el mineral extraído de la mina pasa por procesos de chancado, molienda y flotación para ser exportado a través del puerto del Callao. En la Tabla 23 se indican los titulares de los depósitos de concentrados de minerales que conforman el área de estudio y su situación operacional actual.

**Tabla 23**  
*Descripción de los depósitos de concentrados de minerales*

Empresa <sup>1</sup>	Unidad <sup>1</sup>	Ubicación <sup>2</sup>	Situación operacional <sup>1</sup>
<b>Louis Dreyfus Commodities Metals Peru S.A.</b>	Depósitos de Concentrados LDC	Av. Néstor Gambeta 843-C, zona Industrial	Almacenamiento
<b>Impala Terminals Perú S.A.C.</b>	Depósito de Concentrados Miller	Calle Juan Miller n° 176, urb. Guardia Chalaca	Almacenamiento
	Depósito de Concentrados Callao	Av. Contralmirante Mora n°472, zona Industrial	Almacenamiento
	Depósito de Concentrados Neptunia	Av. Néstor Gambeta 843-A, zona Industrial	Almacenamiento
<b>Perubar S.A.</b>	Depósito LICSA <sup>3</sup>	Av. Néstor Gambeta n°983, zona industrial	Almacenamiento
	Depósito de Concentrados Selva Central	Jr. Guillermo Ronald s/n, lotes 3 y 4 de la urb. La Chalaca	Cierre definitivo <sup>4</sup>
	Depósito de Concentrados Atalaya	Av. Atalaya n° 310, urb. Santa Marina Norte	Cierre definitivo <sup>4</sup>
	Depósitos de Concentrados Rímac	Av. Rímac 224, urb. Industrial La Chalaca	Cierre definitivo <sup>4</sup>

Fuente: Informe N° 262-2016-OEFA/DE-SDCA, p.5.

En la Figura 18 se visualiza la ubicación de los depósitos de concentrados de minerales.



**Figura 18.** Ubicación de los depósitos de concentrados de minerales

**Fuente:** Elaboración propia a partir de la imagen satelital de *Google Earth*.

Es preciso mencionar que el 16 de octubre de 2001, mediante Decreto de Alcaldía N°021-2001-MPC, se establecieron las vías autorizadas para el transporte de concentrados de minerales, desde y hacia los depósitos. Dichas vías fueron: av. Rímac, cl. Juan Miller, cl. Guillermo Ronald, cl. Manuel Arispe, av. Néstor Gambeta, av. Atalaya, av. Contralmirante Mora, av. Guadalupe y av. Mariátegui.

En la Tabla 24 se indica el volumen de producción nacional mensual de plomo desde enero de 2008 a diciembre de 2017.

**Tabla 24**

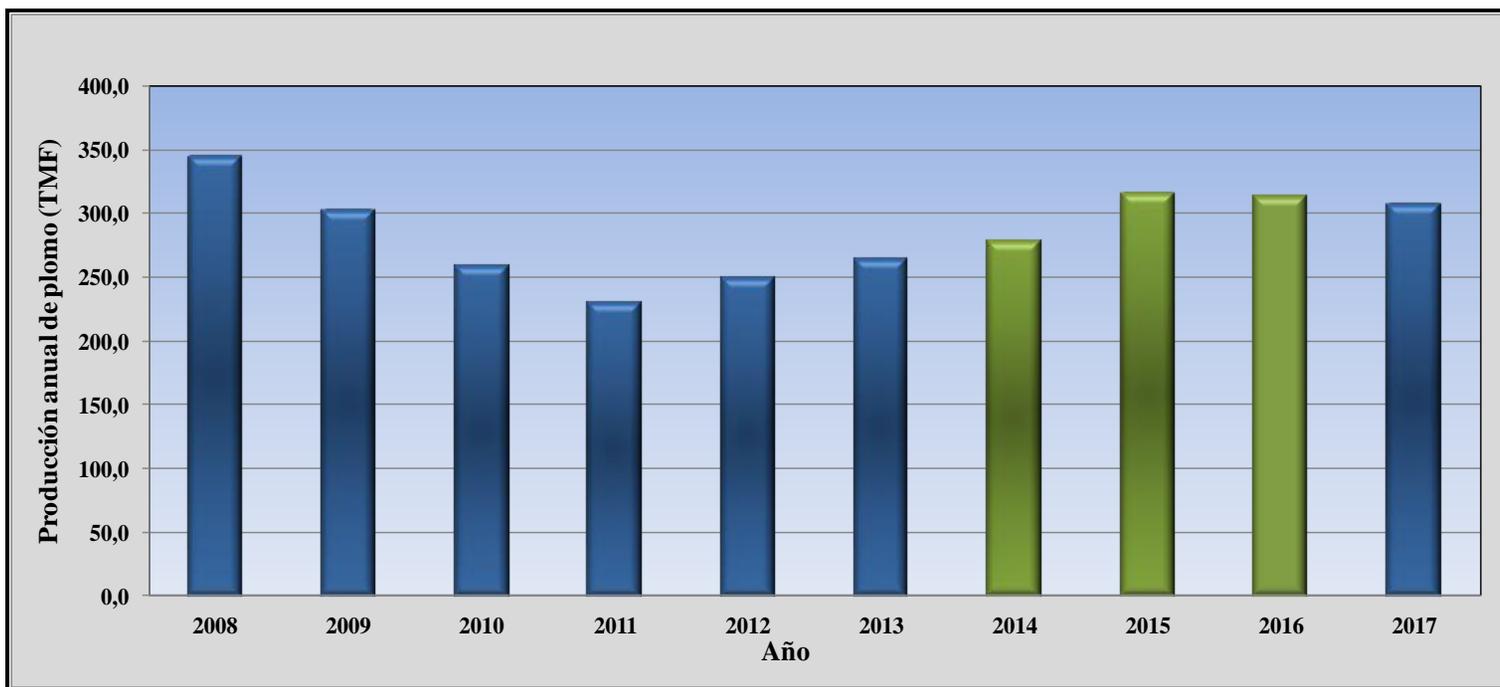
***Volumen de producción nacional mensual multianual de plomo (TMF), período de 2008-2017***

Año \ Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Total anual
<b>2008</b>	28,265	26,156	27,419	26,807	28,502	28,559	29,621	30,003	29,969	29,785	29,175	30,540	344,801
<b>2009</b>	27,038	24,203	25,405	24,751	25,885	25,148	25,382	25,158	23,813	24,756	25,497	25,045	302,081
<b>2010</b>	23,248	21,520	22,483	22,089	21,926	22,572	22,360	22,586	21,013	19,904	19,397	19,589	258,687
<b>2011</b>	18,011	16,463	16,495	18,554	19,976	18,885	19,739	21,112	20,570	19,978	19,342	20,896	230,021
<b>2012</b>	18,675	20,074	21,763	20,294	20,410	20,825	23,329	23,309	19,730	19,850	20,348	21,063	249,670
<b>2013</b>	19,896	20,916	20,419	21,112	22,599	22,225	22,033	20,195	23,759	22,149	23,769	24,745	263,817
<b>2014</b>	21,826	19,442	21,745	19,546	24,036	22,457	24,459	24,665	24,474	23,700	25,652	26,484	278,486
<b>2015</b>	25,421	24,191	27,597	24,878	24,602	25,130	26,479	25,810	27,039	26,179	28,381	30,338	316,045
<b>2016</b>	25,872	25,276	27,280	25,905	26,279	25,258	26,608	26,747	26,622	26,017	25,744	26,142	313,750
<b>2017</b>	24,886	21,539	25,908	26,452	25,174	27,741	24,991	25,308	26,024	25,657	27,065	26,176	306,921
<b>Media</b>	23,314	21,978	23,651	23,039	23,939	23,880	24,500	24,489	24,301	23,798	24,437	25,102	286,428

**TMF:** Toneladas métricas finas.

**Fuente:** Elaboración propia a partir de la información emitida en el boletín estadístico mensual de minería de la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía (SNMPE).

En la Figura 19 se visualiza la variación anual de plomo desde el 2008 hasta el 2017, siendo los años de estudio (barras verdes) los que presentaron una mayor producción respecto a los otros años, a excepción del 2008 en donde se registró la mayor producción anual del período en mención.

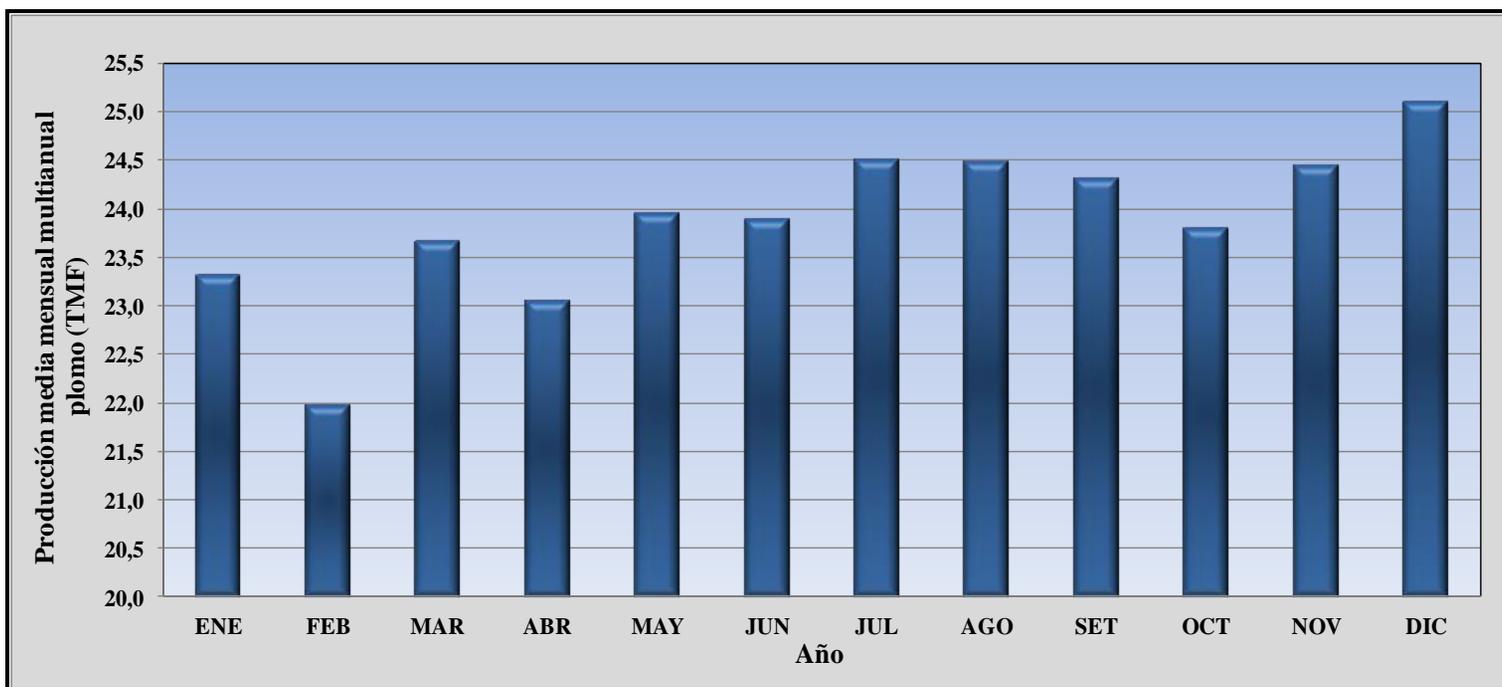


**Figura 19. Volumen de producción nacional mensual multianual de plomo (TMF), período de 2008-2017**

**Nota:** Las barras de color verde corresponden a los años de estudio de la presente investigación.

**Fuente:** Elaboración propia a partir de la información emitida en el boletín estadístico mensual de minería de la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía (SNMPE).

De acuerdo con la Figura 20, de julio a diciembre, a excepción de octubre, se registraron los mayores valores de producción nacional media mensual multianual del período de 2008-2017. Asimismo, en febrero se evidenció el valor más bajo en relación con los otros meses.



**Figura 20. Volumen de producción nacional media mensual multianual de plomo (TMF), período 2008-2017**  
Fuente: Elaboración propia a partir de la información emitida en el boletín estadístico mensual de minería de la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía (SNMPE).

# Capítulo V

## **Capítulo V**

### **Resultados**

Con el fin de lograr los objetivos planteados al inicio de la presente investigación, en el presente capítulo se presentan los resultados del estudio de la evaluación de la evolución temporal y espacial de los niveles del plomo en el aire y suelo asociados a los depósitos de concentrados de minerales en el distrito del Callao, en relación con los estándares de calidad ambiental, desde enero de 2014 hasta mayo de 2016.

#### **5.1. Niveles de plomo en aire asociados a los depósitos de concentrados de minerales, en relación con el valor indicado en los Criterios de Calidad Ambiental del Aire de Ontario, desde enero de 2014 hasta mayo de 2016**

Los niveles de plomo en las partículas de PM-10 fueron comparados de manera referencial con el valor de  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  establecido en los Criterios de Calidad Ambiental del Aire de Ontario, dado que no existe un estándar de comparación para la concentración de plomo durante 24 horas en la normativa nacional. A continuación, se muestran los resultados de los monitoreos realizados en el período de enero de 2014 a mayo de 2016.

##### **5.1.1. Monitoreo de mayo de 2016.**

En la Tabla 25 se indican los resultados de las concentraciones de plomo para un período de 24 horas, los cuales se obtuvieron en las cuatro puntos de monitoreo desde el 24 de mayo hasta el 29 de mayo de 2016.

**Tabla 25****Concentraciones de plomo en PM-10 obtenidas en el monitoreo de mayo de 2016**

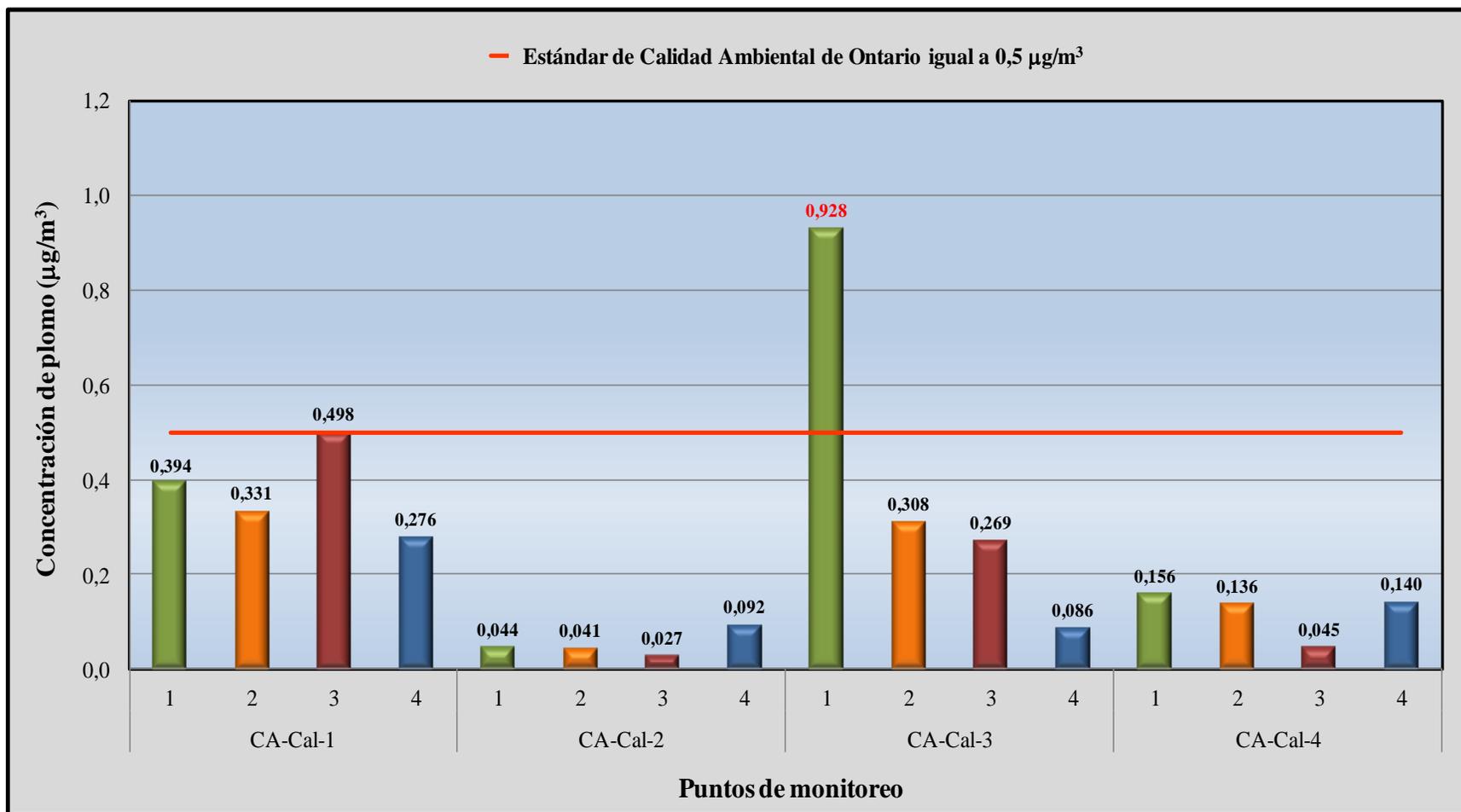
Punto de monitoreo	Día de muestreo	Fecha de muestreo		Concentración de plomo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	AAQC*
		Inicio	Fin		
CA-Cal-1	1	24/05/16	25/05/16	0,394	0,5
	2	25/05/16	26/05/16	0,331	0,5
	3	26/05/16	27/05/18	0,498	0,5
	4	27/05/16	28/05/19	0,276	0,5
CA-Cal-2	1	25/05/16	26/05/16	0,044	0,5
	2	26/05/16	27/05/17	0,041	0,5
	3	27/05/16	28/05/18	0,027	0,5
	4	28/05/16	29/05/19	0,092	0,5
CA-Cal-3	1	24/05/16	25/05/16	0,928	0,5
	2	25/05/16	26/05/17	0,308	0,5
	3	26/05/16	27/05/18	0,269	0,5
	4	27/05/16	28/05/19	0,086	0,5
CA-Cal-4	1	25/05/16	26/05/16	0,156	0,5
	2	26/05/16	27/05/17	0,136	0,5
	3	27/05/16	28/05/18	0,045	0,5
	4	28/05/16	29/05/19	0,140	0,5

\*Criterios de Calidad Ambiental del Aire de Ontario

 Sobrepasó el valor establecido en los Criterios de Calidad Ambiental del Aire de Ontario para plomo

**Fuente:** Elaboración propia.

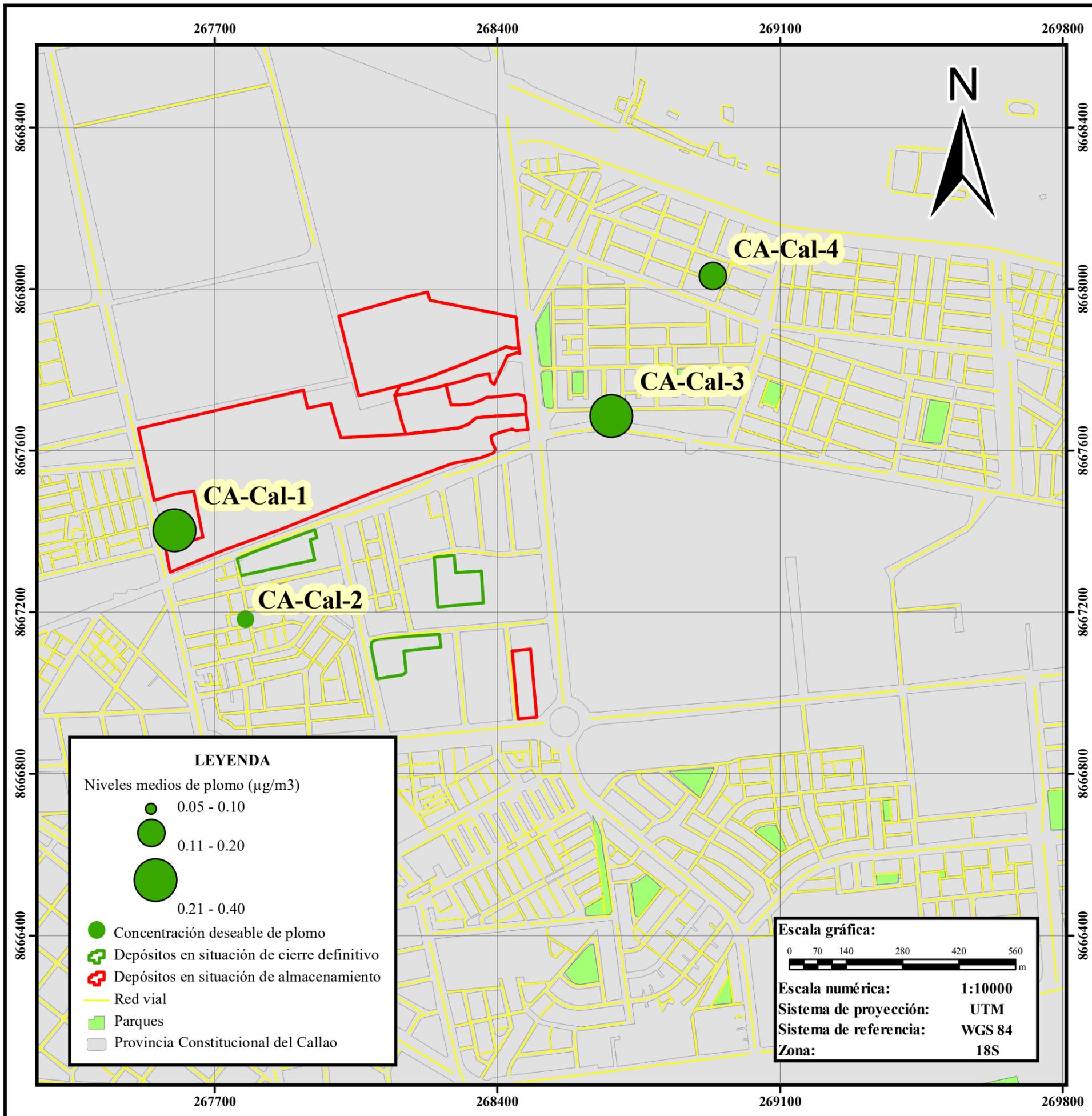
A partir de la información presentada en la tabla anterior, se elaboró el siguiente gráfico (ver Figura 21), en donde se visualiza la variación de las concentraciones registrados en los puntos de monitoreo durante el monitoreo de mayo de 2016 en relación con el valor de  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  establecido en los Criterios de Calidad Ambiental del Aire de Ontario para plomo. Además, en el Mapa N°4 se aprecia dichas variaciones a nivel espacial.



**Figura 21. Variación de las concentraciones de plomo en PM-10, mayo de 2016**

**Nota:** El resultado indicado de rojo sobrepasó el valor establecido en la norma de comparación.

**Fuente:** Elaboración propia.



**LEYENDA**

Niveles medios de plomo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

- 0.05 - 0.10
- 0.11 - 0.20
- 0.21 - 0.40

- Concentración deseable de plomo
- Depósitos en situación de cierre definitivo
- Depósitos en situación de almacenamiento
- Red vial
- Parques
- Provincia Constitucional del Callao

**Escala gráfica:**

**Escala numérica:** 1:10000

**Sistema de proyección:** UTM

**Sistema de referencia:** WGS 84

**Zona:** 18S



**UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLAREAL**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Tesis:**  
 EVOLUCIÓN TEMPORAL Y ESPACIAL DE LOS NIVELES DE PLOMO EN EL AIRE Y SUELO, DE ENERO 2014 A MAYO 2016. DISTRITO DEL CALLAO

**Título:**  
 EVOLUCIÓN ESPACIAL DE LOS NIVELES DE PLOMO EN AIRE, MAYO DE 2016

<b>Fuente:</b> IGN	<b>Año:</b> 2018	<b>Elaborado por:</b> Bach. Martínez Alvarez, Lucy Valentina	<b>Revisado por:</b> Mg. Sc Muñoz Ortega, César	<b>Mapa:</b> N°4
-----------------------	---------------------	--	---	---------------------

### **5.1.2. Evolución temporal y espacial de los niveles de plomo.**

En la Tabla 26 se indican las concentraciones de plomo registradas en los cuatro puntos de monitoreo desde enero de 2014 a mayo de 2016. Cabe resaltar que durante el período en mención se realizaron seis monitoreos: tres durante el 2014, dos durante el 2015 y uno en el 2016.

Asimismo, se representan los resultados mediante gráficos (ver Figura 22, Figura 23, Figura 24 y Figura 25), los cuales han sido ordenados según el punto de monitoreo con el fin de ilustrar la variación de los niveles de plomo desde enero de 2014 a mayo de 2016 en cada punto.

**Tabla 26**

**Resultados de las concentraciones de plomo en PM-10 (enero 2014-mayo 2016)**

Año	Mes	Día de muestreo	Concentración de plomo (µg/m <sup>3</sup> )				AAQC*
			CA-Cal-1	CA-Cal-2	CA-Cal-3	CA-Cal-4	
2014	Enero	1	1,05	0,02	0,05	0,01	0,5
		2	0,88	0,01	0,09	0,02	0,5
		3	0,82	0,01	0,07	0,01	0,5
		4	0,57	0,05	0,14	0,02	0,5
		5	0,40	0,04	0,18	0,01	0,5
	Abril	1	0,570	0,10	-	0,03	0,5
		2	0,700	0,15	-	0,06	0,5
		3	0,980	0,11	-	0,05	0,5
		4	0,700	0,11	-	0,04	0,5
		5	0,23	0,12	-	0,05	0,5
	Septiembre	1	0,24	0,05	0,08	0,03	0,5
		2	0,33	0,02	0,1	0,02	0,5
		3	0,23	0,01	0,06	0,02	0,5
		4	0,17	0,02	0,06	0,04	0,5
		5	0,22	0,04	0,17	0,09	0,5
2015	Marzo	1	0,07	0,10	0,01	0,01	0,5
		2	0,08	0,08	0,02	0,01	0,5
		3	0,17	0,12	0,05	0,02	0,5
		4	0,13	0,14	0,03	0,01	0,5
		5	0,10	0,11	0,02	0,01	0,5
	Agosto	1	0,296	0,008	0,072	0,011	0,5
		2	0,129	0,016	0,035	0,015	0,5
		3	0,131	<0,007	0,045	0,011	0,5
		4	0,086	<0,007	0,034	0,008	0,5
		5	0,140	0,010	0,047	0,013	0,5
2016	Mayo	1	0,394	0,044	0,928	0,156	0,5
		2	0,331	0,041	0,308	0,136	0,5
		3	0,498	0,027	0,269	0,045	0,5
		4	0,276	0,092	0,086	0,140	0,5
		5	-	-	-	-	0,5

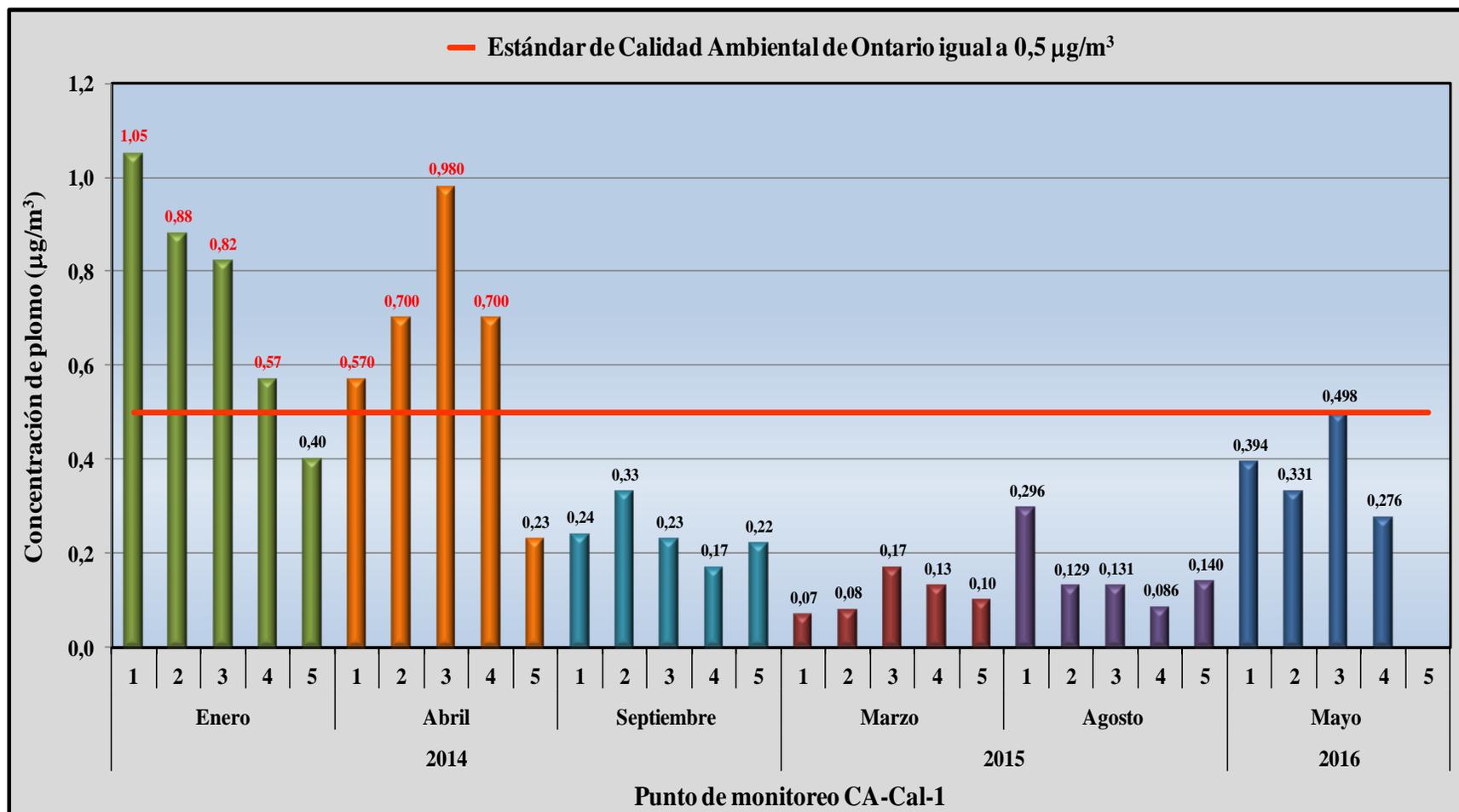
\*Criterios de Calidad Ambiental del Aire de Ontario.

(-) No se tomaron muestras.

Sobrepasaron el valor establecido en los Criterios de Calidad Ambiental del Aire de Ontario para plomo.

**Nota:** Los valores precedidos por el símbolo “<” (menor que), se encontraron por debajo del límite de cuantificación del método del laboratorio.

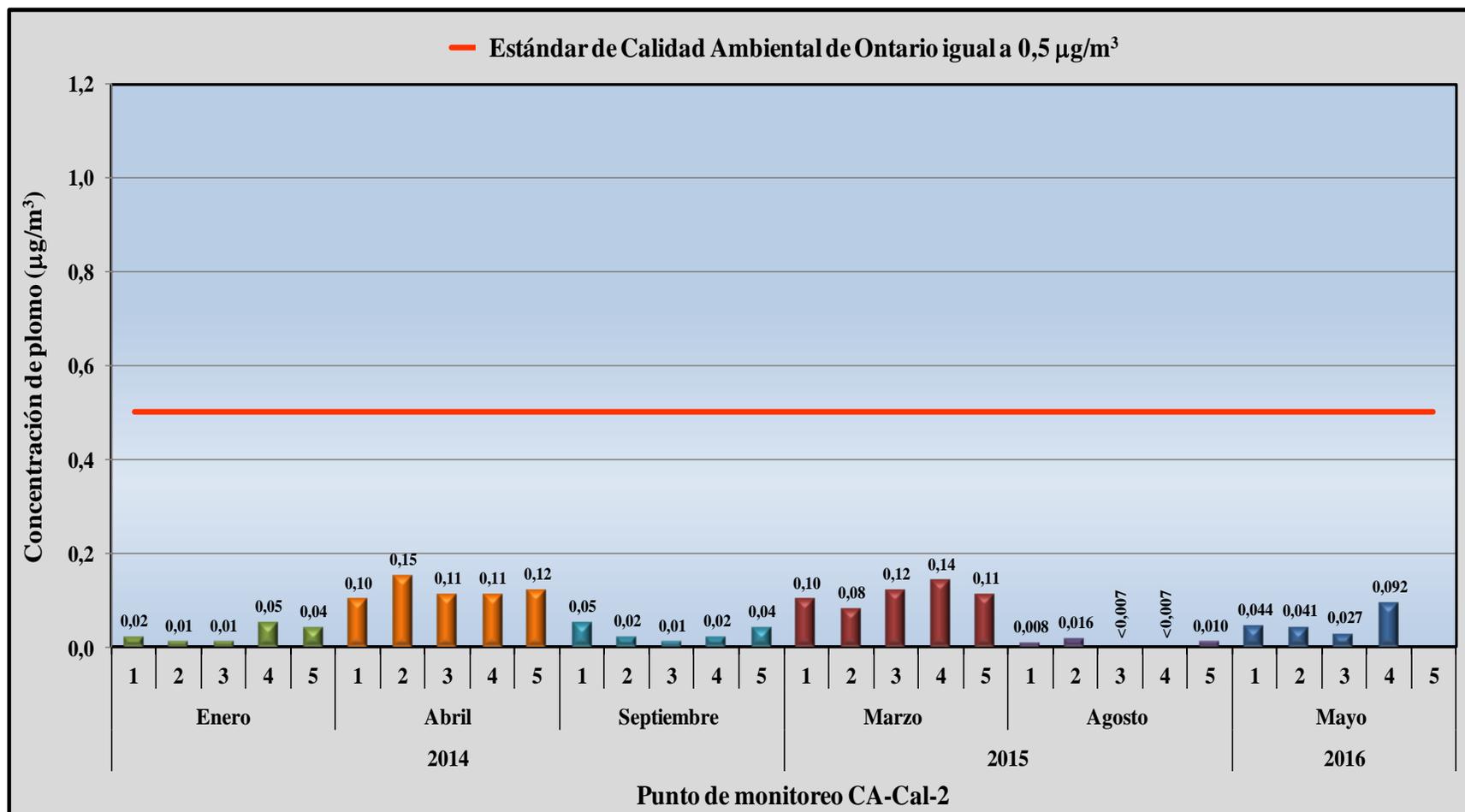
**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 22. Variación de las concentraciones de plomo en PM-10 desde enero de 2014 a mayo de 2016 en el punto de monitoreo CA-Cal-1**

**Nota:** Los resultados indicados de rojo sobrepasaron el valor establecido en la norma de comparación.

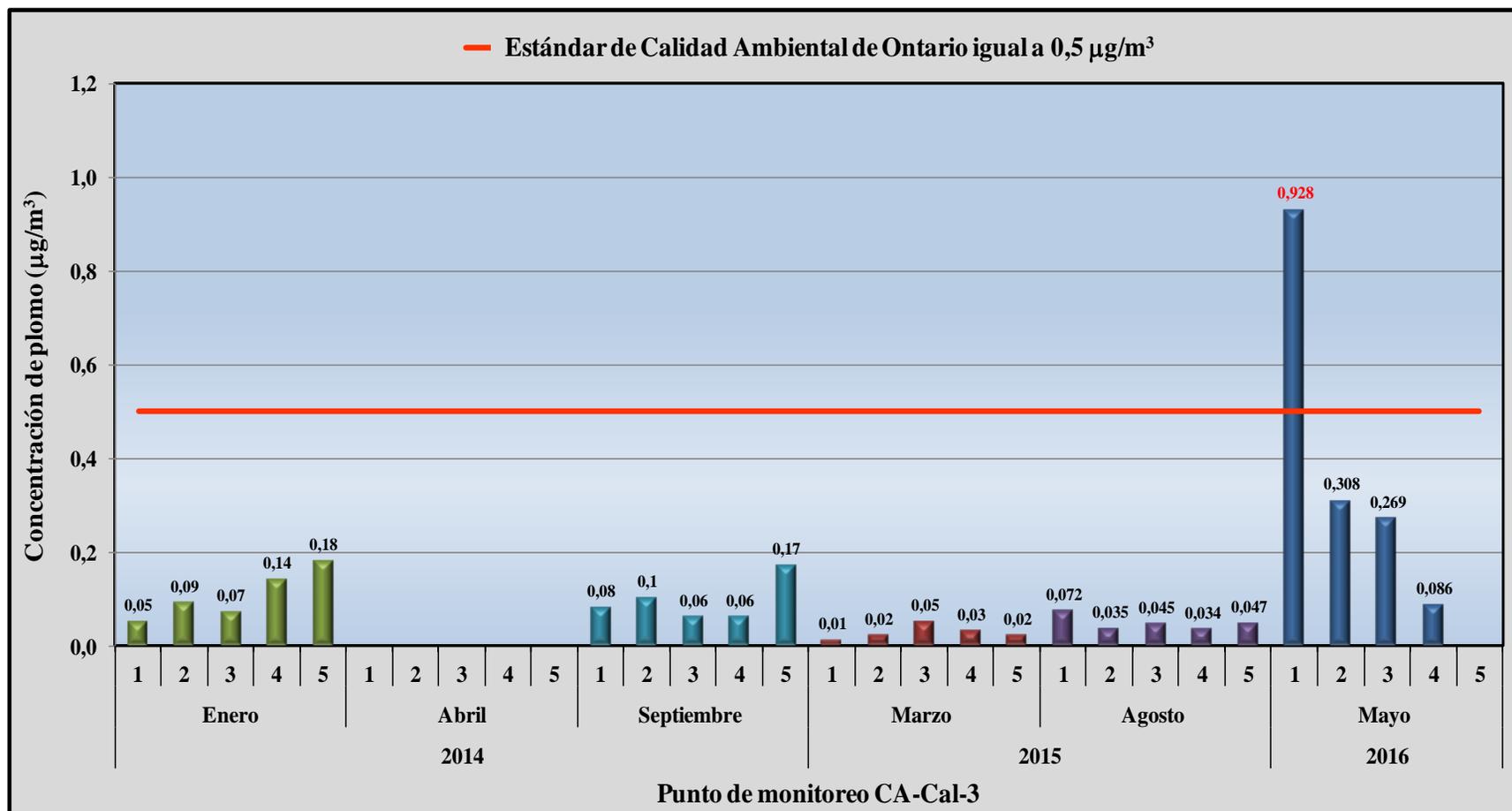
**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 23. Variación de las concentraciones de plomo en PM-10 desde enero de 2014 a mayo de 2016 en el punto de monitoreo CA-Cal-2**

**Nota:** Los valores precedidos por el símbolo “<” (menor que), se encontraron por debajo del límite de cuantificación del método del laboratorio.

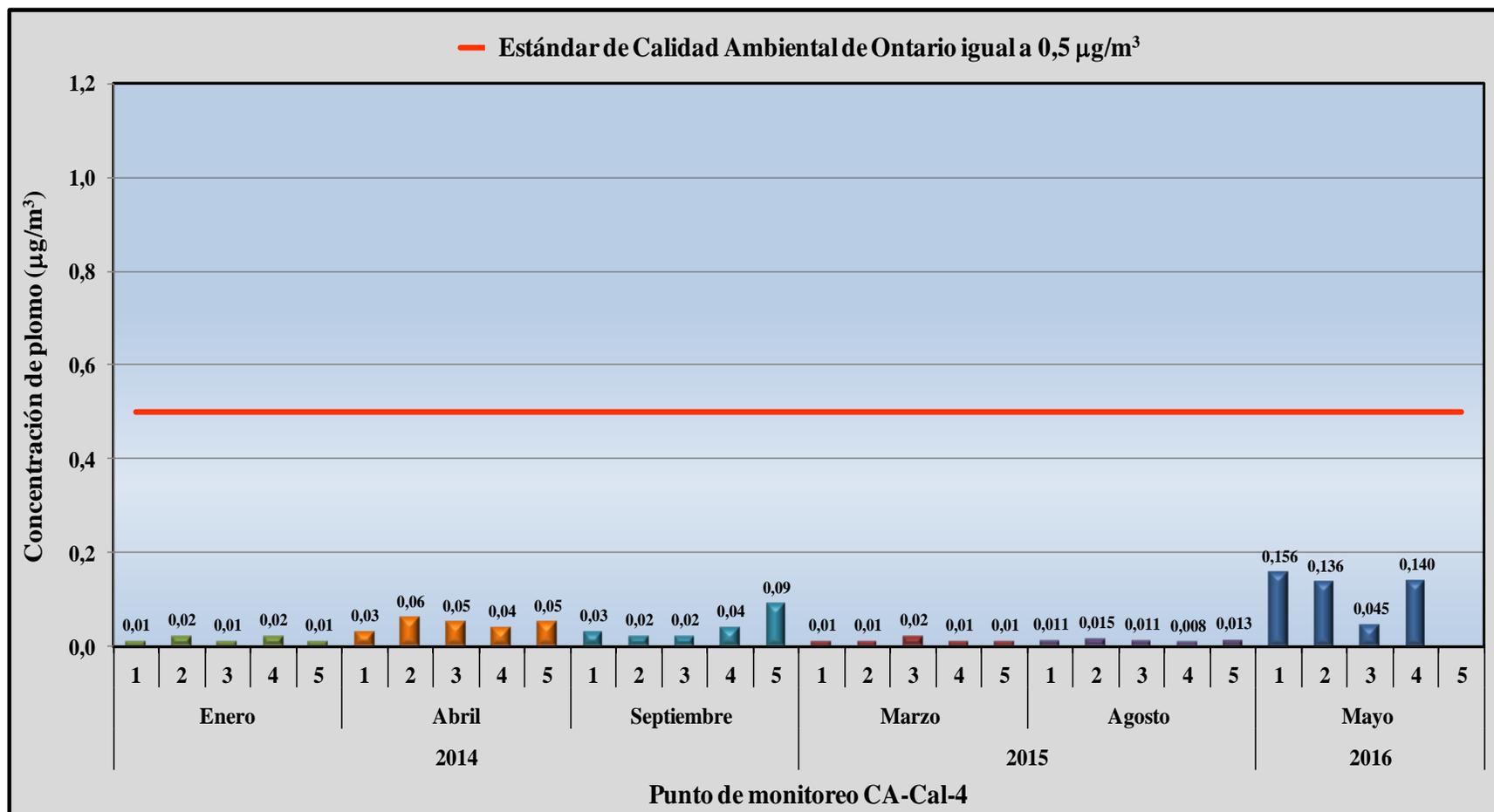
**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 24. Variación de las concentraciones de plomo en PM-10 desde enero de 2014 a mayo de 2016 en el punto de monitoreo CA-Cal-3**

**Nota:** El resultado indicado de rojo sobrepasó el valor establecido en la norma de comparación. A la vez, durante el monitoreo de abril de 2014 no se tomaron muestras.

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 25. Variación de las concentraciones de plomo en PM-10 desde enero de 2014 a mayo de 2016 en el punto de monitoreo CA-Cal-4**

Fuente: Elaboración propia

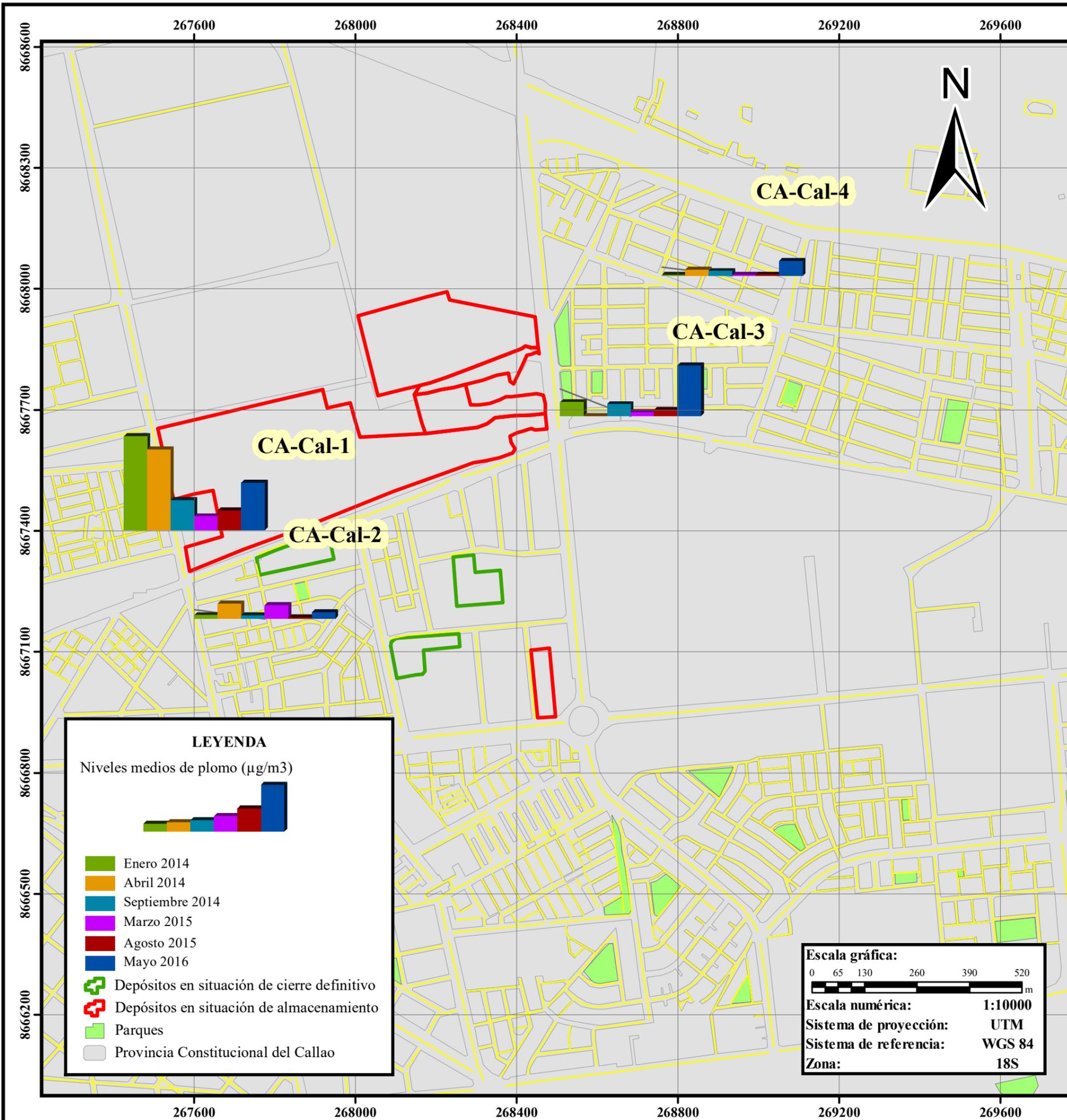
En la Tabla 27 se indican las concentraciones medias de plomo en aire obtenidas en los monitores realizados desde enero de 2014 a mayo de 2016, las cuales han sido utilizadas para elaborar el mapa de la evolución temporal y espacial de los niveles de plomo en aire (ver Mapa N°5).

**Tabla 27**  
*Concentraciones medias de plomo en PM-10 (enero 2014-mayo 2016)*

Puntos de monitoreo	Concentración media de plomo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )					
	Enero 2014	Abril 2014	Septiembre 2014	Marzo 2015	Agosto 2015	Mayo 2015
CA-Cal-1	0,74	0,636	0,238	0,11	0,156	0,375
CA-Cal-2	0,03	0,12	0,028	0,11	0,011	0,051
CA-Cal-3	0,11	-	0,094	0,03	0,047	0,398
CA-Cal-4	0,01	0,05	0,04	0,01	0,012	0,119

(-) No se tomaron muestras.

**Fuente:** Elaboración propia.



**LEYENDA**

Niveles medios de plomo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

- Enero 2014
- Abril 2014
- Septiembre 2014
- Marzo 2015
- Agosto 2015
- Mayo 2016
- Depósitos en situación de cierre definitivo
- Depósitos en situación de almacenamiento
- Parques
- Provincia Constitucional del Callao

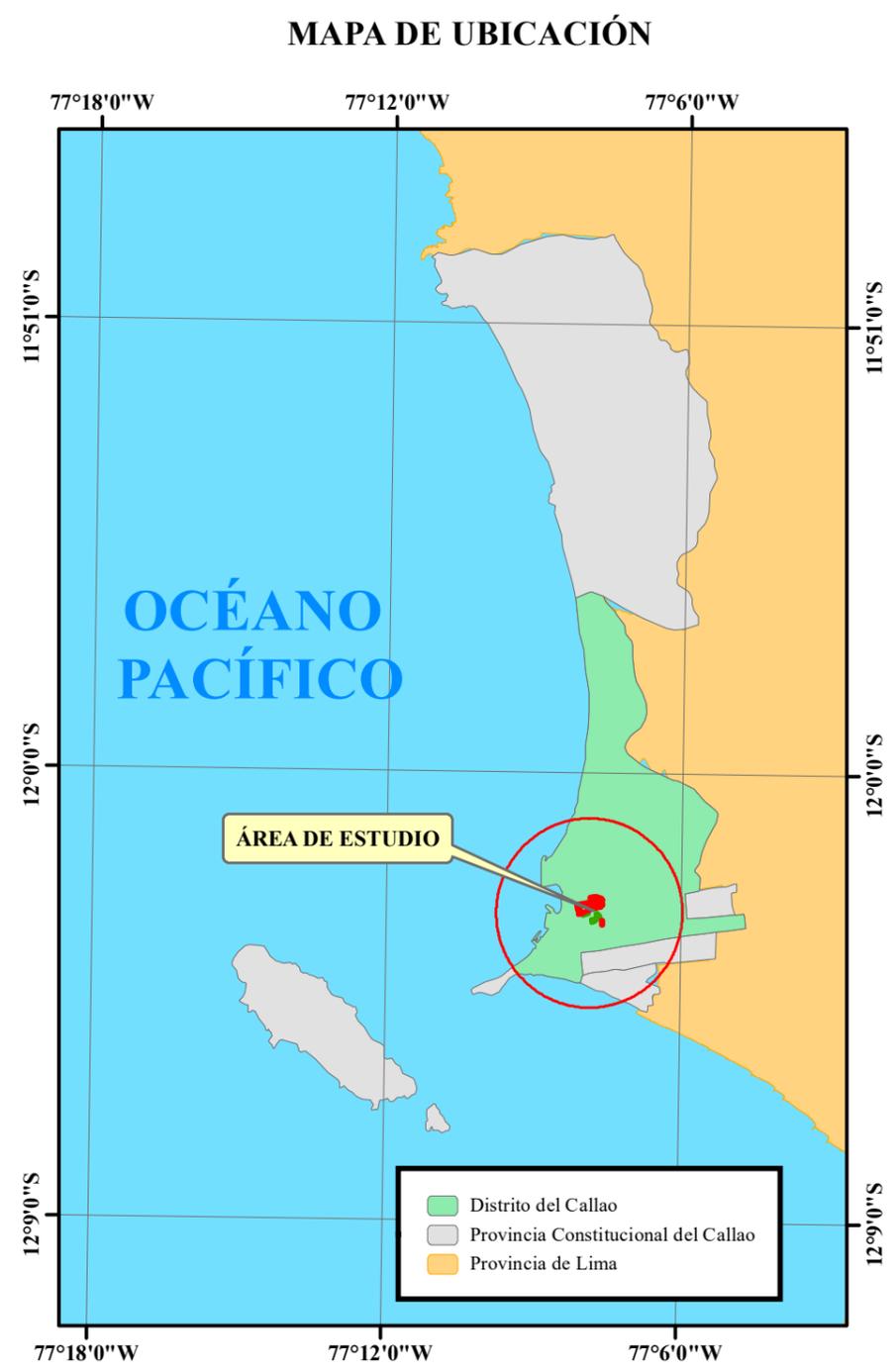
**Escala gráfica:**

**Escala numérica:** 1:10000

**Sistema de proyección:** UTM

**Sistema de referencia:** WGS 84

**Zona:** 18S



**UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLAREAL**

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Tesis:**

**EVOLUCIÓN TEMPORAL Y ESPACIAL DE LOS NIVELES DE PLOMO EN EL AIRE Y SUELO, DE ENERO 2014 A MAYO 2016. DISTRITO DEL CALLAO**

**Título:**

**EVOLUCIÓN TEMPORAL Y ESPACIAL DE LOS NIVELES DE PLOMO EN AIRE**

<b>Fuente:</b>	Año:	<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Mapa :</b>
IGN	2018	Bach. Martínez Alvarez, Lucy Valentina	Mg. Sc Muñoz Ortega, César	<b>Nº5</b>

## **5.2. Niveles de plomo en el suelo asociados a los depósitos de concentrados de minerales, en relación con los estándares de calidad ambiental, desde enero de 2014 hasta mayo de 2016.**

Los niveles de plomo en suelo fueron comparados con los valores de 140 y 1200 mg/kg MS para suelos de uso residencial e industrial, respectivamente, establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo, aprobados mediante el Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM. Cabe resaltar que se establecieron 27 puntos de monitoreo, de los cuales 11 pertenecen a suelos de uso industrial, 15 a suelos de uso residencial y un punto referencial, o muestra blanco, ubicado fuera de la zona de influencia y en suelo de uso residencial, cuyo resultado se comparó con las concentraciones resultantes de las muestras extraídas en los suelos de uso residencial. A continuación, se indican los resultados de los monitoreos realizados en el período de enero de 2014 a mayo de 2016.

### **5.2.1. Monitoreo de mayo de 2016.**

En la Tabla 28 se muestran los resultados de las concentraciones de plomo en suelo, las cuales se obtuvieron a partir del análisis, mediante espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente, de las muestras extraídas de los 27 puntos de monitoreo durante mayo de 2016.

**Tabla 28**

**Concentraciones de plomo total obtenidas en el monitoreo de mayo de 2016**

Tipo de uso de suelo	Punto de monitoreo	Concentración de plomo(mg/kg MS )	ECA para Suelo (mg/kg MS )
<b>Suelo residencial</b>	SUE-CAL 1	214,0	140
	SUE-CAL 2	277,0	
	SUE-CAL 3	332,0	
	SUE-CAL 4	66,8	
	SUE-CAL 5	21,8	
	SUE-CAL 6	2494,0	
	SUE-CAL 7	1704,0	
	SUE-CAL 8	495,0	
	SUE-CAL 9	255,0	
	SUE-CAL 10	82,6	
	SUE-CAL 11	137,0	
	SUE-CAL 12	4348,0	
	SUE-CAL 13	276,0	
	SUE-CAL 14	1002,0	
	SUE-CAL 15	622,0	
<b>Suelo industrial</b>	SUE-CAL 16	548,0	1200
	SUE-CAL 17	1413,0	
	SUE-CAL 18	208,0	
	SUE-CAL 19	1956,0	
	SUE-CAL 20	138,0	
	SUE-CAL 21	3230,0	
	SUE-CAL 22	146,0	
	SUE-CAL 23	16323,0	
	SUE-CAL 24	200,0	
	SUE-CAL 25	1099,0	
	SUE-CAL 26	3081,0	
<b>Suelo residencial</b>	SUE-CAL 27*	48,0	-

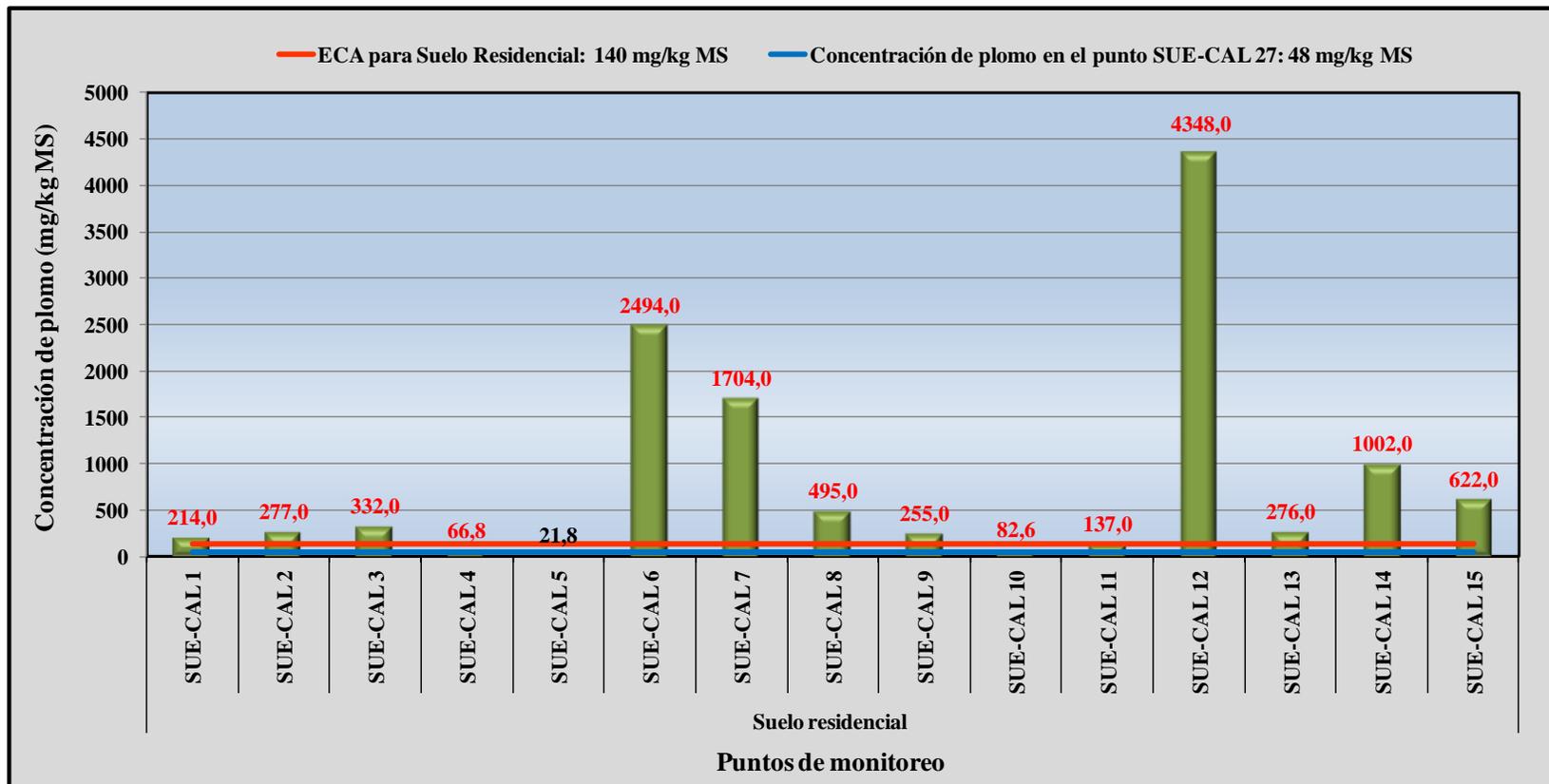
\*Es considerado como punto de referencia o muestra blanco, dado que por su ubicación la influencia de las actividades de manejo de concentrados de minerales es poco probable o nula.

(-) No aplica

 Sobrepasaron el límite máximo establecido mediante el ECA para Suelo según su uso, aprobado a través del Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM.

**Fuente:** Elaboración propia.

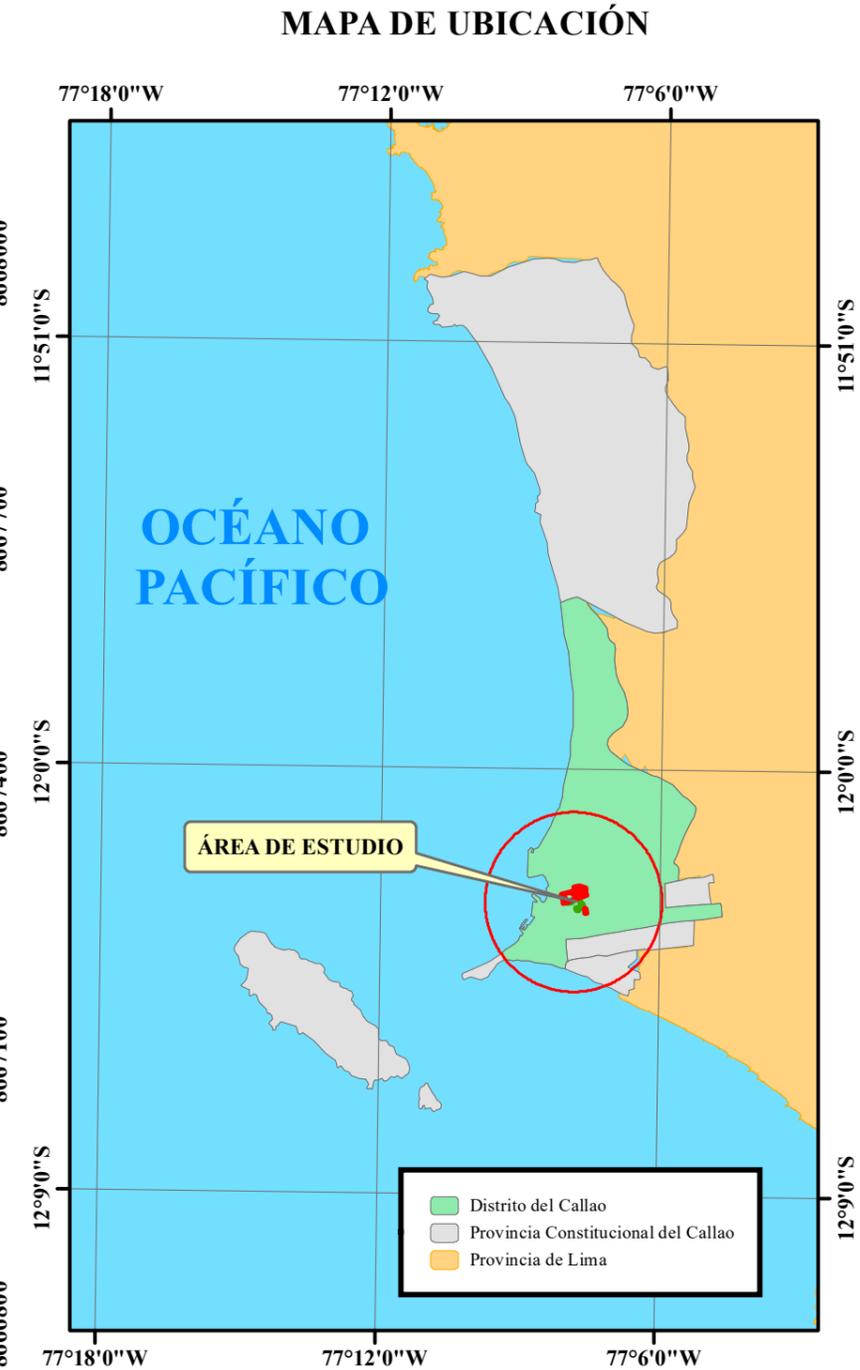
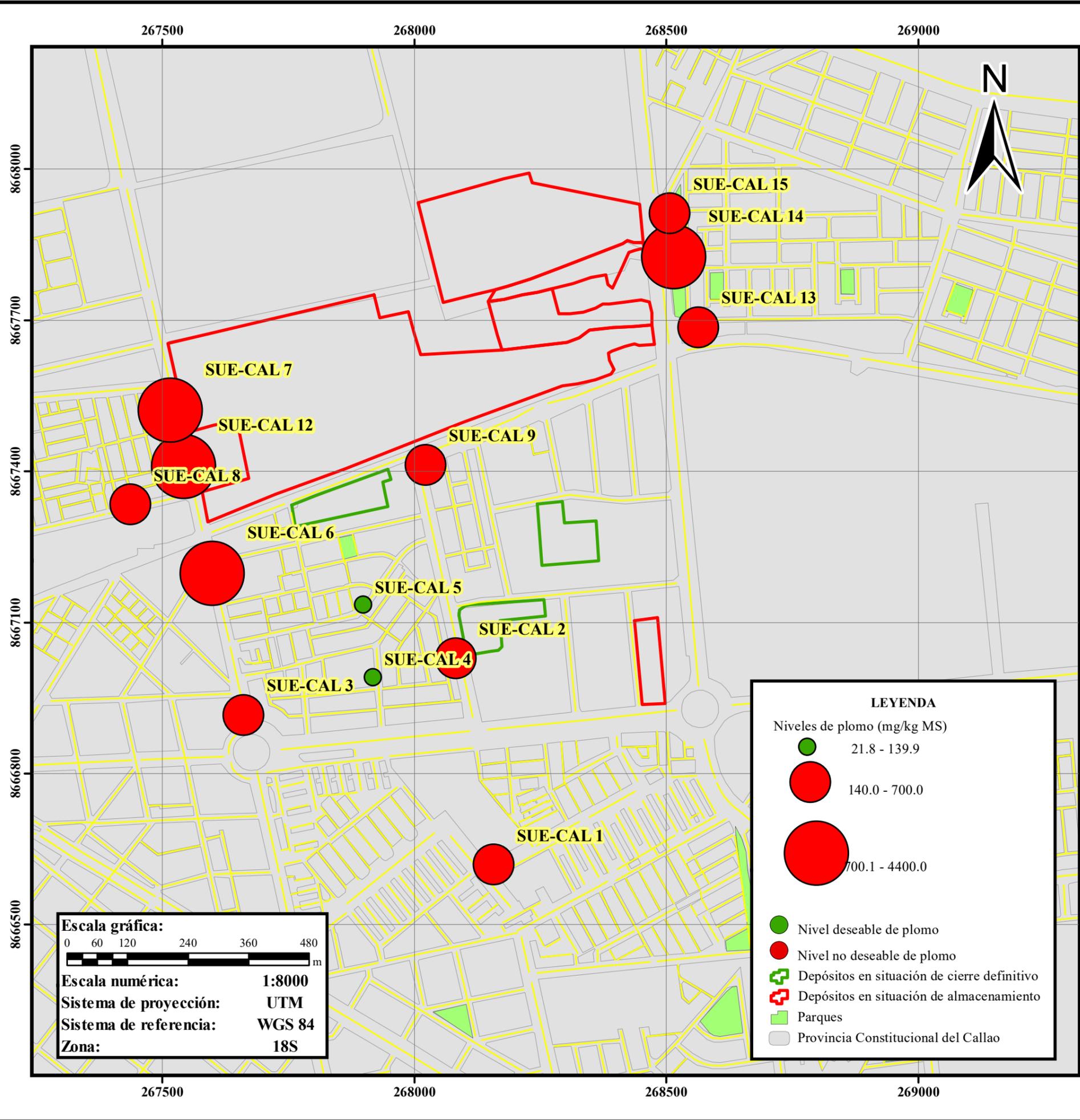
En la Figura 26 y Mapa N°6 se aprecia la variación de las concentraciones de plomo en suelo de uso residencial en el monitoreo de mayo de 2016.



**Figura 26. Variación de las concentraciones de plomo en suelo de uso residencial, mayo de 2016**

**Nota:** Los resultados indicados de rojo sobrepasaron el valor establecido en la norma de comparación.

**Fuente:** Elaboración propia.



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLAREAL  
 FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Tesis:  
 EVOLUCIÓN TEMPORAL Y ESPACIAL DE LOS NIVELES DE PLOMO EN EL AIRE Y SUELO, DE ENERO 2014 A MAYO 2016. DISTRITO DEL CALLAO

Título:  
 EVOLUCIÓN ESPACIAL DE LOS NIVELES DE PLOMO EN SUELO DE USO RESIDENCIAL, MAYO 2016

Fuente: IGN	Año: 2018	Elaborado por: Bach. Martínez Alvarez, Lucy Valentina	Revisado por: Mg. Sc Muñoz Ortega, César	Mapa : Nº6
----------------	--------------	---	--	---------------

**Escala gráfica:**  
 0 60 120 240 360 480 m

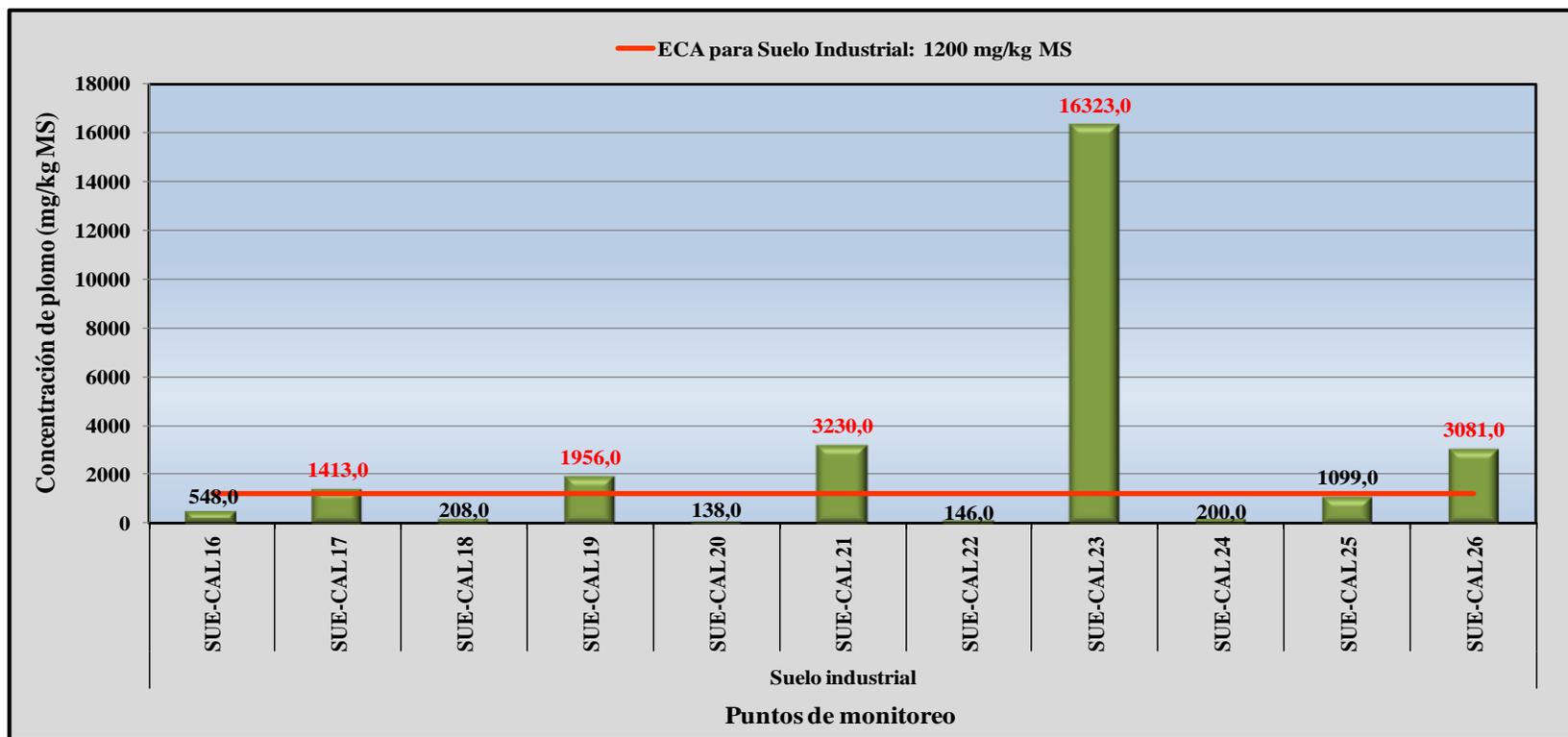
**Escala numérica:** 1:8000

**Sistema de proyección:** UTM

**Sistema de referencia:** WGS 84

**Zona:** 18S

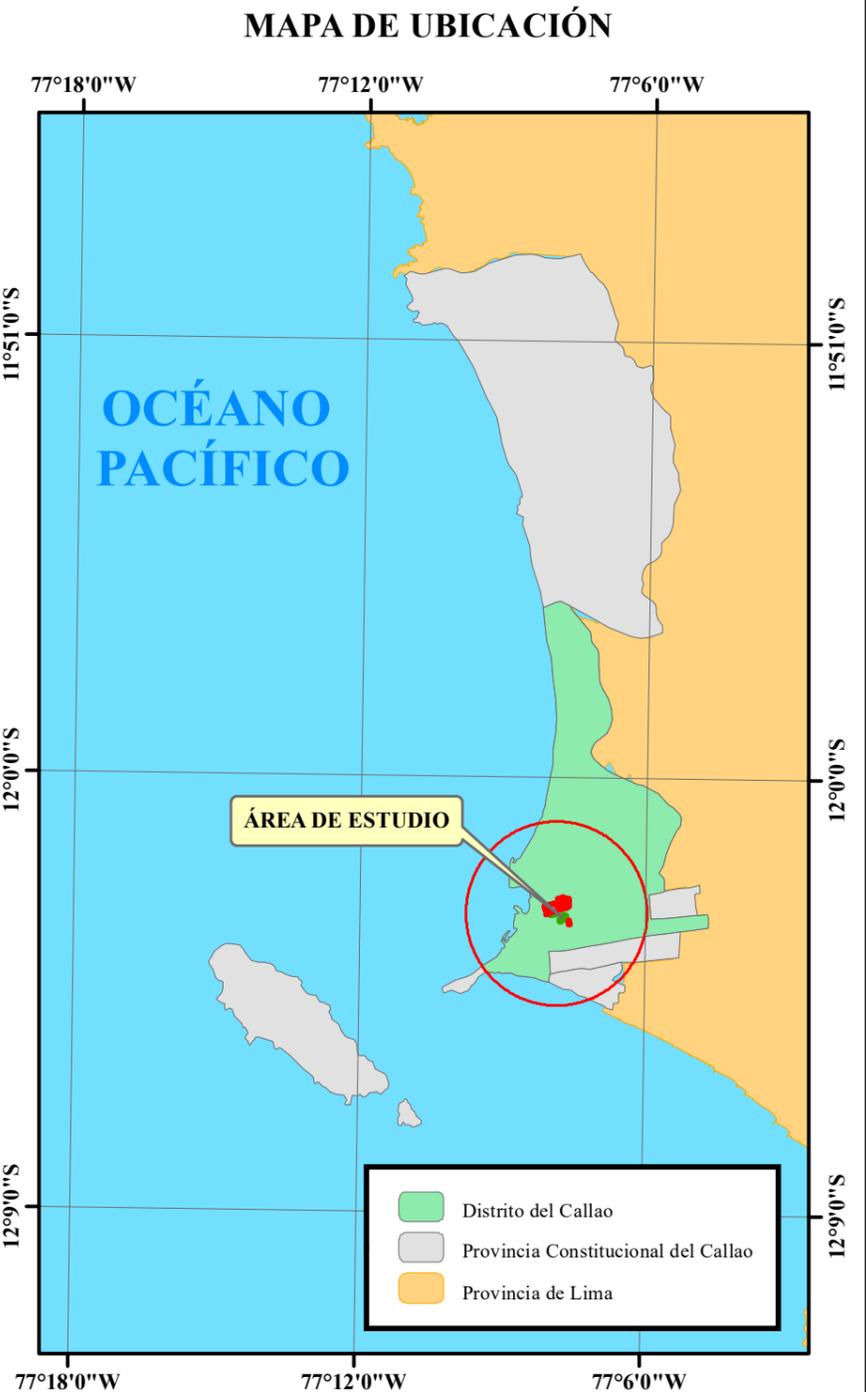
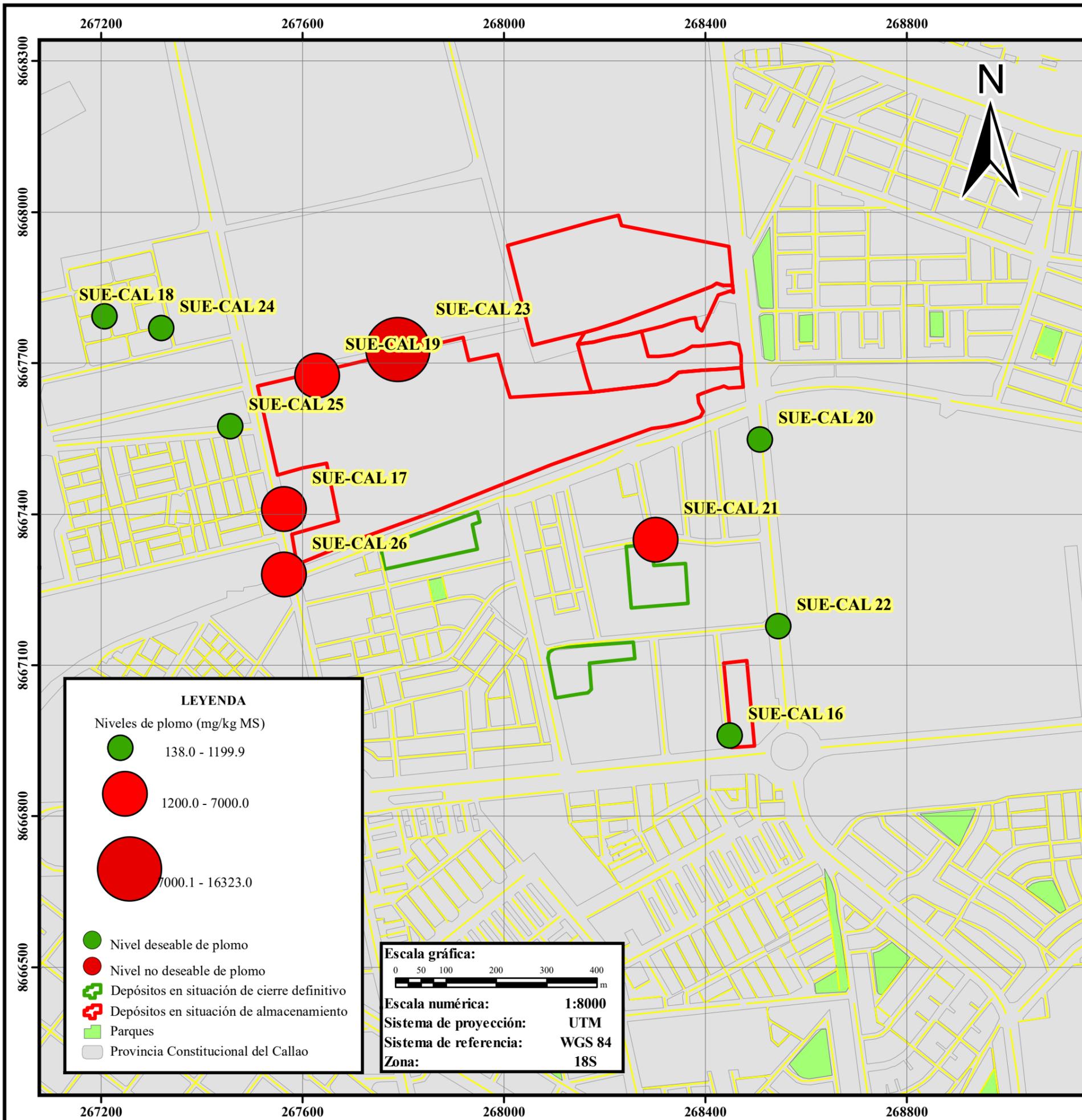
En la Figura 27 y Mapa N°7 se aprecia la variación de las concentraciones de plomo en suelo de uso industrial en el monitoreo de mayo de 2016.



**Figura 27. Variación de las concentraciones de plomo en suelo de uso industrial, mayo de 2016**

**Nota:** Los resultados indicados de rojo sobrepasaron el valor establecido en la norma de comparación.

**Fuente:** Elaboración propia.



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLAREAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Tesis:  
**EVOLUCIÓN TEMPORAL Y ESPACIAL DE LOS NIVELES DE PLOMO EN EL AIRE Y SUELO, DE ENERO 2014 A MAYO 2016. DISTRITO DEL CALLAO**

Título:  
**EVOLUCIÓN ESPACIAL DE LOS NIVELES DE PLOMO EN SUELO DE USO INDUSTRIAL, MAYO 2016**

Fuente: IGN	Año: 2018	Elaborado por: Bach. Martínez Alvarez, Lucy Valentina	Revisado por: Mg. Sc Muñoz Ortega, César	Mapa : Nº7
----------------	--------------	---	--	---------------

## 5.2.2. Evolución temporal y espacial de los niveles de plomo.

En la Tabla 29, Tabla 30 y Tabla 31 se indican las concentraciones de plomo obtenidas de las muestras de suelo de uso residencial e industrial, así como del punto de referencia o muestra blanco, desde enero de 2014 a mayo de 2016. Cabe resaltar que durante el período en mención se realizaron seis monitoreos: tres durante el 2014, dos durante el 2015 y uno en el 2016.

**Tabla 29**

**Resultados de las concentraciones de los puntos de monitoreo de calidad del suelo de uso residencial (enero 2014-mayo 2016)**

Código del punto de monitoreo		Concentración de plomo(mg/kg MS)						ECA para Suelo (mg/kg MS)
		2016	2015		2014			
2016	2014-2015	Mayo	Agosto	Marzo	Septiembre	Abril	Enero	
SUE-CAL 1	S-01	214,0	162	132,6	11,7	174,9	163	140
SUE-CAL 2	S-03	277,0	128	64,96	1535	1261,3	1151	
SUE-CAL 3	S-04	332,0	336	182,4	1839	1879,3	1709	
SUE-CAL 4	P-6	66,8	85,4	-	59,3	71,1	-	
SUE-CAL 5	S-05	21,8	53,9	121,9	29,2	26,7	125	
SUE-CAL 6	S-06	2494,0	367	212,4	2964	7716,5	3403	
SUE-CAL 7	S-08	1704,0	3306	1426	2492	3927	2899	
SUE-CAL 8	S-08A	495,0	1610	763,8	474	636,3	1116	
SUE-CAL 9	S-12	255,0	427	375,9	406	722	208	
SUE-CAL 10	S-16	82,6	83,9	77,2	88	140,3	130	
SUE-CAL 11	S-17	137,0	219	166,1	92,9	317	132	
SUE-CAL 12	KP-07	4348,0	1244	1971	4321	3384,6	3075	
SUE-CAL 13	TP-08A	276,0	510	170,2	165	1263	366	
SUE-CAL 14	TP-09A	1002,0	3162	1535	3545	4152,2	615	
SUE-CAL 15	TP-10	622,0	986	44	756	819	255	

(-) Sin resultado.

 Sobrepasaron el valor de 140 mg/kg MS establecido en el ECA para Suelo de uso residencial, aprobado mediante Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM.

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 30**

**Resultados de las concentraciones de los puntos de monitoreo de calidad del suelo de uso industrial (enero 2014-mayo 2016)**

Código del punto de monitoreo		Concentración de plomo(mg/kg MS)						ECA para Suelo (mg/kg MS)
		2016	2015	2014	2016	2015	2014	
2016	2014-2015	Mayo	Agosto	Marzo	Septiembre	Abril	Enero	1200
SUE-CAL 16	S-02	548,0	323	1644	10,6	7917,5	3329	
SUE-CAL 17	S-07	1413,0	2220	3442	3161	11728,8	>5000	
SUE-CAL 18	S-10	208,0	263	129,1	212	153,3	102	
SUE-CAL 19	S-11	1956,0	3962	911,7	6998	5150,1	1728	
SUE-CAL 20	S-13	138,0	57	3212	55,1	27,4	426	
SUE-CAL 21	S-14	3230,0	4821	3488	3469	8627,2	3797	
SUE-CAL 22	S-15	146,0	81,5	196,2	853	287	367	
SUE-CAL 23	TP-04	16323,0	4476	5336	15917	3767,5	>5000	
SUE-CAL 24	KP-01	200,0	464	379,1	229	212,2	234	
SUE-CAL 25	KP-02	1099,0	1462	1606	1436	816,9	1434	
SUE-CAL 26	KP-09	3081,0	>5000	2741	8718	14406,2	>5000	

**Nota:** Los valores precedidos por el símbolo “>” (mayor que), se encontraron por encima del límite de cuantificación del método del laboratorio.

 Sobrepasaron el valor de 1200 mg/kg MS establecido en el ECA para Suelo de uso industrial, aprobado mediante Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM.

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 31**

**Resultados de las concentraciones del punto de monitoreo referencial de calidad del suelo (enero 2014-mayo 2016)**

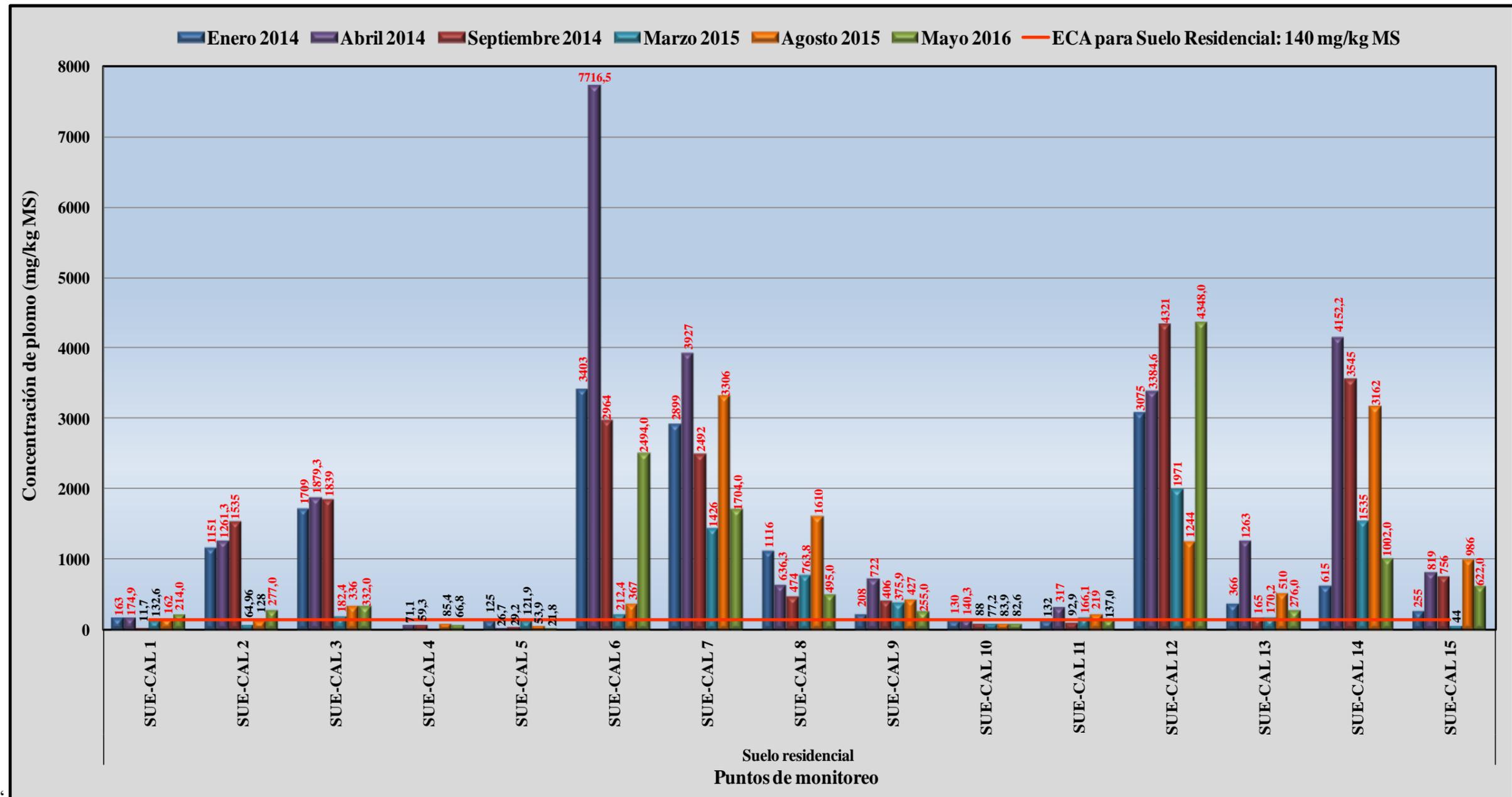
Código del punto de monitoreo		Concentración de plomo(mg/kg MS)						Promedio
		2016	2015		2014			
2016	2014-2015	Mayo	Agosto	Marzo	Septiembre	Abril	Enero	81,9
SUE-CAL 27	S-18B	48,0	66,9	167,1	63,6	59,0	87,0	

**Nota:** Este punto es considerado como punto de referencia o muestra blanco de un suelo de uso residencial, dado que por su ubicación la influencia de las actividades de manejo de concentrados de minerales es poco probable o nula.

**Fuente:** Elaboración propia.

En la Figura 28 y Figura 30 se aprecian la comparación de las concentraciones de plomo en suelo de uso residencial e industrial, respectivamente, en relación con los estándares de calidad ambiental. A la vez, en la Figura 29 se muestra la comparación de las concentraciones de plomo en suelo de uso residencial con el promedio de las concentraciones del punto de referencia SUE-CAL 27, dado que por su ubicación la influencia de las actividades de manejo de concentrados de minerales es poco probable o nula.

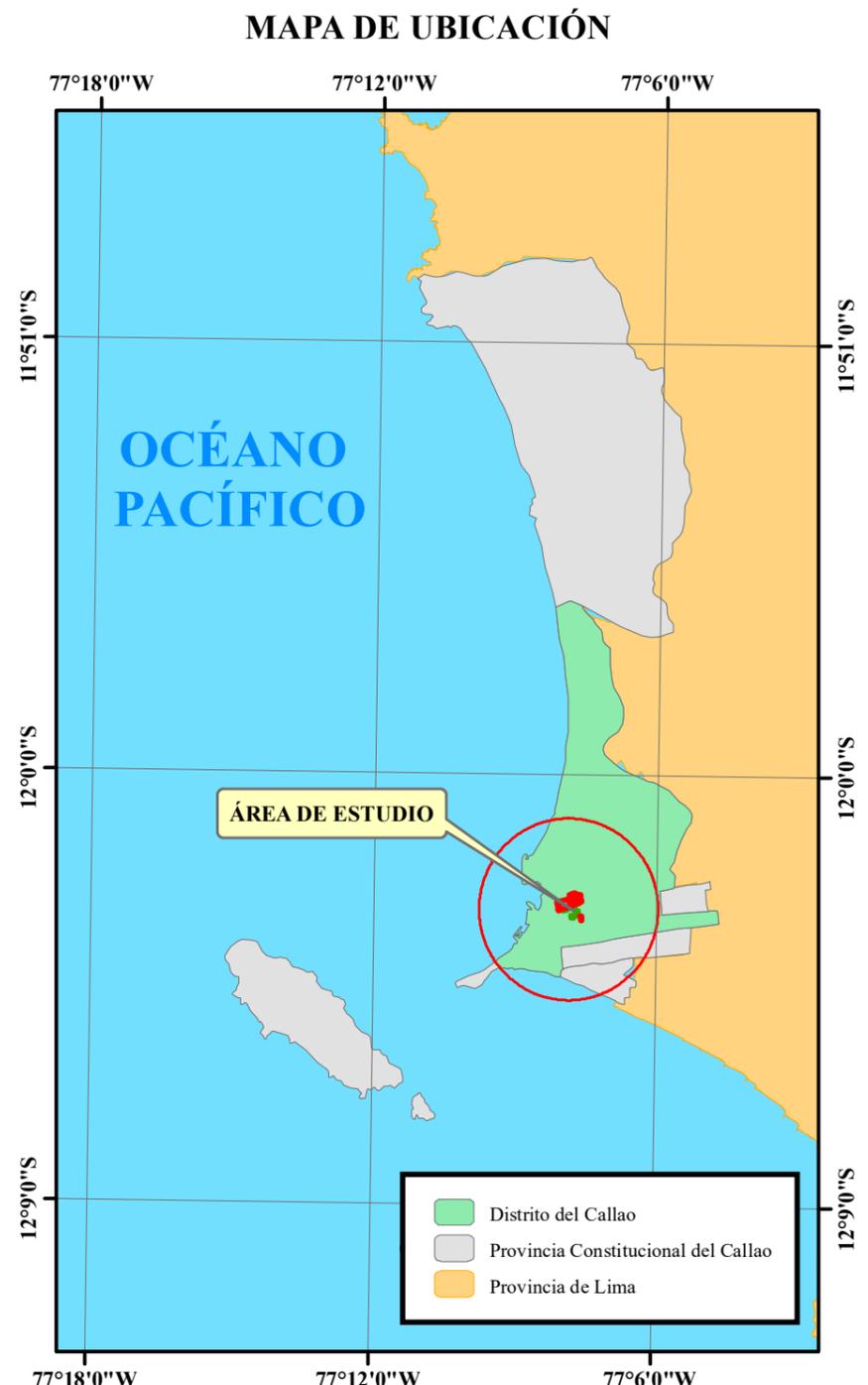
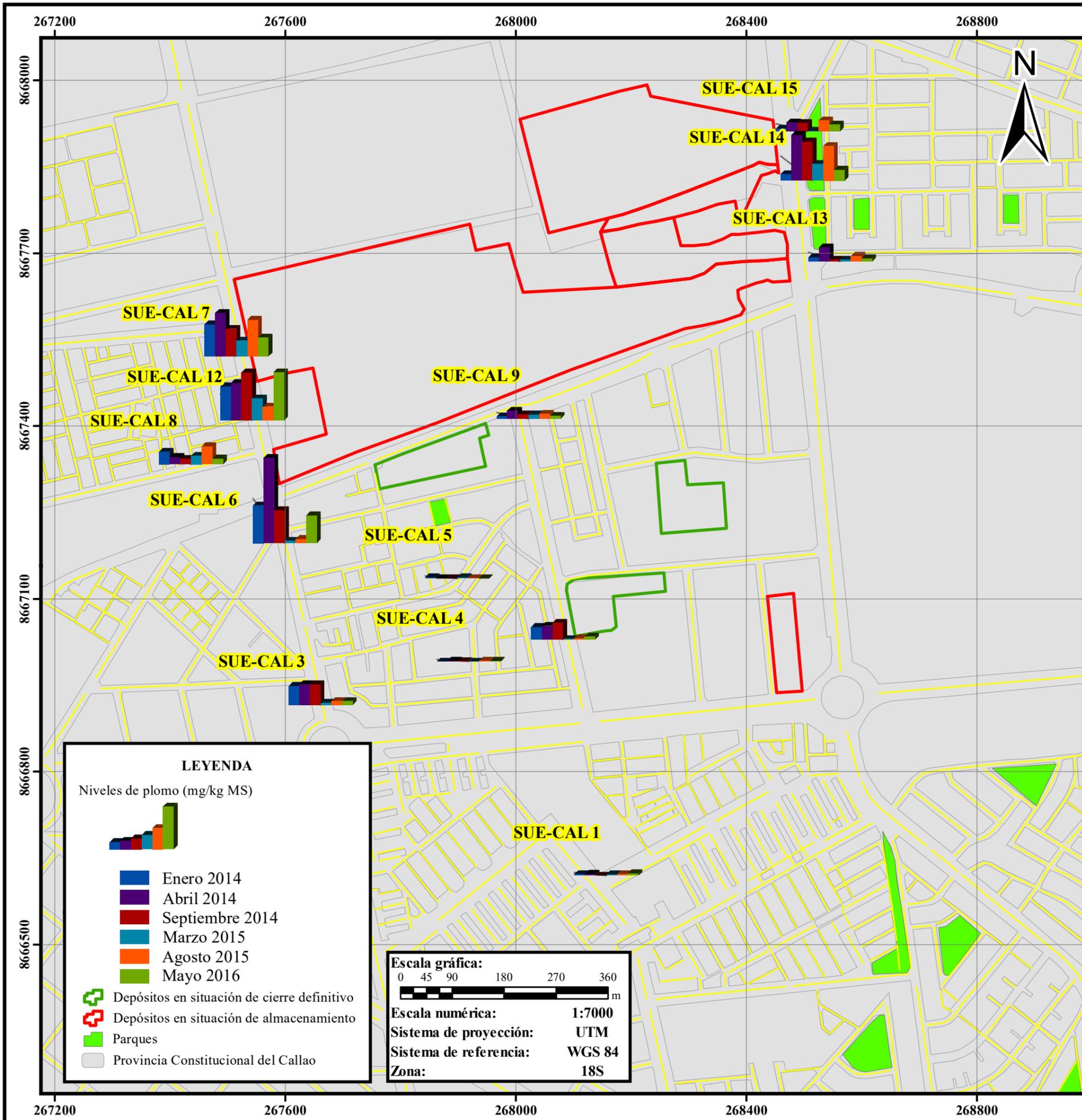
Además, en el Mapa N°8 y N°9 se visualiza la evolución temporal y espacial de los niveles de plomo en suelo de uso residencial e industrial, respectivamente.



**Figura 28. Variación y comparación de las concentraciones de plomo en suelo de uso residencial con el ECA**

**Nota:** Los resultados indicados de rojo sobrepasaron el valor establecido en la norma de comparación. Además, en el punto de monitoreo SUE-CAL 4 no se tomaron muestras durante el monitoreo de marzo de 2015 y enero de 2014.

**Fuente:** Elaboración propia.



#### LEYENDA

Niveles de plomo (mg/kg MS)

- Enero 2014
- Abril 2014
- Septiembre 2014
- Marzo 2015
- Agosto 2015
- Mayo 2016

- Depósitos en situación de cierre definitivo
- Depósitos en situación de almacenamiento
- Parques
- Provincia Constitucional del Callao

Escala gráfica:  
0 45 90 180 270 360 m

Escala numérica: 1:7000

Sistema de proyección: UTM

Sistema de referencia: WGS 84

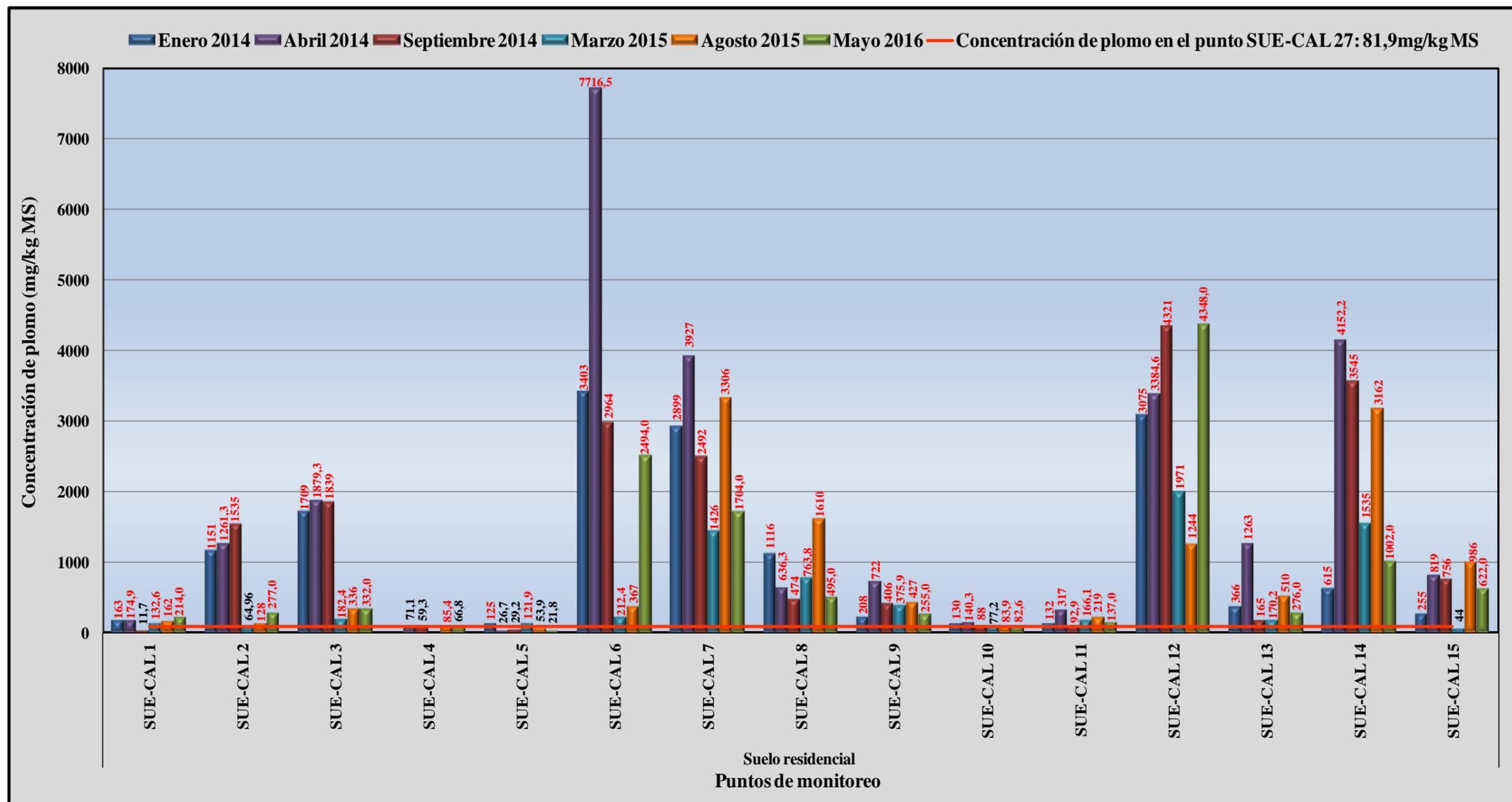
Zona: 18S

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLAREAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Tesis:  
EVOLUCIÓN TEMPORAL Y ESPACIAL DE LOS NIVELES DE PLOMO EN EL AIRE Y SUELO, DE ENERO 2014 A MAYO 2016. DISTRITO DEL CALLAO

Título:  
EVOLUCIÓN TEMPORAL Y ESPACIAL DE LOS NIVELES DE PLOMO EN SUELO DE USO RESIDENCIAL

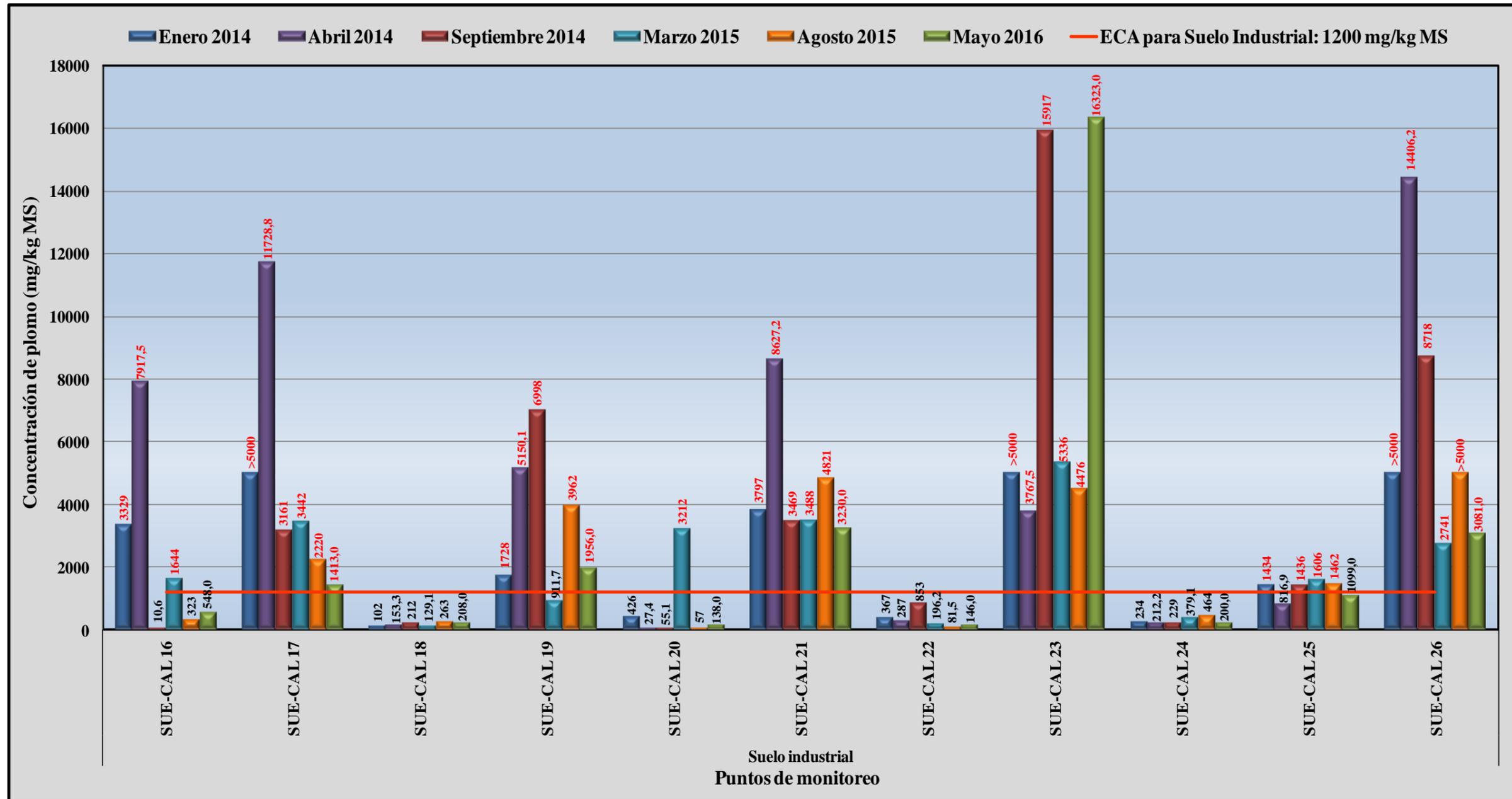
Fuente: IGN	Año: 2018	Elaborado por: Bach. Martínez Alvarez, Lucy Valentina	Revisado por: Mg. Sc Muñoz Ortega, César	Mapa : Nº8
----------------	--------------	---	--	---------------



**Figura 29. Variación y comparación de las concentraciones de plomo en suelo de uso residencial con el punto de referencia**

**Nota:** Los resultados indicados de rojo sobrepasaron el promedio de las concentraciones de plomo obtenidas en el punto de monitoreo de referencia SUE-CAL 27 durante los monitores de enero de 2014 a mayo de 2016.

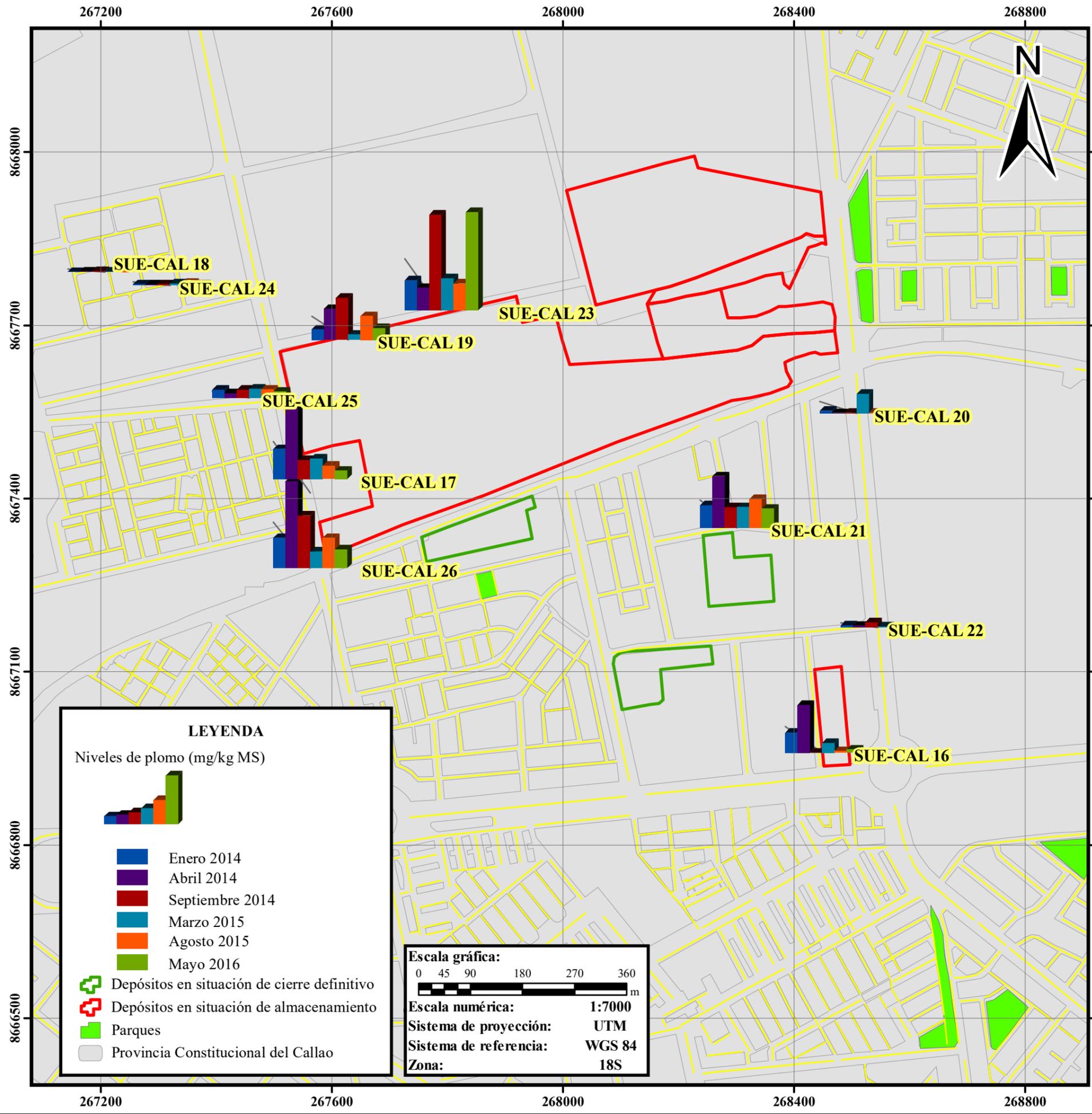
**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 30. Variación y comparación de las concentraciones de plomo en suelo de uso industrial con el ECA**

**Nota:** Los resultados indicados de rojo sobrepasaron el valor establecido en la norma de comparación. Además, el valor precedido por el símbolo “>” (mayor que), se encontró por encima del límite de cuantificación del método del laboratorio.

**Fuente:** Elaboración propia.



**LEYENDA**

Niveles de plomo (mg/kg MS)

- Enero 2014
- Abril 2014
- Septiembre 2014
- Marzo 2015
- Agosto 2015
- Mayo 2016

- Depósitos en situación de cierre definitivo
- Depósitos en situación de almacenamiento
- Parques
- Provincia Constitucional del Callao

**Escala gráfica:**

**Escala numérica:** 1:7000

**Sistema de proyección:** UTM

**Sistema de referencia:** WGS 84

**Zona:** 18S



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLAREAL  
 FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Tesis:**  
 EVOLUCIÓN TEMPORAL Y ESPACIAL DE LOS NIVELES DE PLOMO EN EL AIRE Y SUELO, DE ENERO 2014 A MAYO 2016. DISTRITO DEL CALLAO

**Título:**  
 EVOLUCIÓN TEMPORAL Y ESPACIAL DE LOS NIVELES DE PLOMO EN SUELO DE USO INDUSTRIAL

<b>Fuente:</b> IGN	<b>Año:</b> 2018	<b>Elaborado por:</b> Bach. Martínez Alvarez, Lucy Valentina	<b>Revisado por:</b> Mg. Sc Muñoz Ortega, César	<b>Mapa:</b> Nº9
-----------------------	---------------------	--	---	---------------------

### **5.3.Relación de los parámetros meteorológicos con los niveles de plomo registrados en el aire y suelo.**

Los parámetros evaluados fueron precipitación, temperatura del aire, humedad relativa, presión atmosférica, velocidad y dirección del viento. A la vez, se determina el coeficiente de correlación entre las concentraciones de plomo en el aire y suelo.

#### **5.3.1.Monitoreo de mayo de 2016.**

Se instalaron cuatro estaciones meteorológicas durante el monitoreo de mayo de 2016, cuyas ubicaciones concuerdan con los puntos de monitoreo de la calidad del aire. Cabe resaltar que todas las estaciones meteorológicas registraron precipitaciones nulas durante el período de monitoreo; en ese sentido, en la Tabla 32, Tabla 33, Tabla 34 y Tabla 35 se presentan los resultados obtenidos del registro meteorológico de todos los parámetros mencionados, excepto precipitación, durante el monitoreo de mayo de 2016.

**Tabla 32****Registro de temperatura del aire durante el monitoreo de mayo de 2016**

Punto de monitoreo	Fecha	Temperatura del aire(°C)		
		Mínima	Máxima	Media
CA - Cal - 1	23/05/16	19,1	21,1	20,1
	24/05/16	18,8	22,0	20,4
	25/05/16	18,5	20,4	19,4
	26/05/16	18,9	20,0	19,4
	27/05/16	17,9	20,0	18,9
	28/05/16	17,7	21,6	19,6
	29/05/16	18,1	20,9	19,5
CA - Cal - 2	24/05/16	18,9	22,1	20,5
	25/05/16	18,4	21,3	19,9
	26/05/16	17,9	20,0	19,0
	27/05/16	17,7	21,3	19,5
	28/05/16	17,9	21,4	19,7
	29/05/16	17,8	19,1	18,5
CA - Cal - 3	23/05/16	18,8	19,1	19,0
	24/05/16	18,3	19,1	18,7
	25/05/16	18,1	19,2	18,7
	26/05/16	18,1	19,9	19,0
	27/05/16	17,3	19,7	18,5
	28/05/16	17,8	20,2	19,0
	29/05/16	17,4	20,3	18,9
	30/05/16	17,1	19,3	18,2
CA - Cal - 4	24/05/16	18,6	21,6	20,1
	25/05/16	18,1	19,9	19,0
	26/05/16	17,7	19,7	18,7
	27/05/16	17,4	20,4	18,9
	28/05/16	17,7	20,6	19,2
	29/05/16	17,7	19,9	18,8

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 33****Registro de humedad relativa durante el monitoreo de mayo de 2016**

Punto de monitoreo	Fecha	Humedad Relativa (%)		
		Mínima	Máxima	Media
CA - Cal - 1	23/05/16	72,6	88,2	80,4
	24/05/16	71,8	88,4	80,1
	25/05/16	80,0	90,0	85,0
	26/05/16	82,5	86,5	84,5
	27/05/16	81,0	93,0	87,0
	28/05/16	71,4	91,8	81,6
	29/05/16	76,7	87,4	82,0
CA - Cal - 2	24/05/16	70,0	85,0	77,5
	25/05/16	76,0	86,0	81,0
	26/05/16	79,0	89,0	84,0
	27/05/16	73,0	88,0	80,5
	28/05/16	75,0	85,0	80,0
	29/05/16	82,0	87,0	84,5
CA - Cal - 3	23/05/16	77,0	88,0	82,5
	24/05/16	76,0	90,0	83,0
	25/05/16	75,0	91,0	83,0
	26/05/16	82,0	89,0	85,5
	27/05/16	74,0	92,0	83,0
	28/05/16	81,0	90,0	85,5
	29/05/16	80,0	92,0	86,0
	30/05/16	85,0	94,0	89,5
CA - Cal - 4	24/05/16	73,0	87,0	80,0
	25/05/16	82,0	89,0	85,5
	26/05/16	82,0	91,0	86,5
	27/05/16	77,0	90,0	83,5
	28/05/16	79,0	88,0	83,5
	29/05/16	80,0	90,0	85,0

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 34****Registro de presión barométrica durante el monitoreo de mayo de 2016**

Punto de monitoreo	Fecha	Presión barométrica (hPa)		
		Mínima	Máxima	Media
CA - Cal - 1	23/05/16	757,2	759,9	758,6
	24/05/16	758,9	761,6	760,3
	25/05/16	759,9	761,4	760,7
	26/05/16	759,7	761,0	760,4
	27/05/16	758,1	760,6	759,4
	28/05/16	757,8	760,4	759,1
	29/05/16	759,2	761,3	760,3
CA - Cal - 2	24/05/16	1010,9	1013,7	1012,3
	25/05/16	1010,9	1013,3	1012,1
	26/05/16	1008,8	1012,3	1010,6
	27/05/16	1008,4	1012,1	1010,3
	28/05/16	1010,3	1013,2	1011,8
	29/05/16	1012,5	1013,9	1013,2
CA - Cal - 3	23/05/16	1006,6	1009,8	1008,2
	24/05/16	1008,3	1012,0	1010,2
	25/05/16	1009,0	1011,6	1010,3
	26/05/16	1007,2	1010,6	1008,9
	27/05/16	1007,8	1013,2	1010,5
	28/05/16	1010,6	1013,9	1012,3
	29/05/16	1011,4	1013,9	1012,7
	30/05/16	1012,0	1013,9	1013,0
CA - Cal - 4	24/05/16	1010,9	1013,3	1012,1
	25/05/16	1008,8	1012,8	1010,8
	26/05/16	1008,8	1012,3	1010,6
	27/05/16	1009,5	1013,3	1011,4
	28/05/16	1008,8	1012,5	1010,7
	29/05/16	1012,5	1013,9	1013,2

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 35****Registro de velocidad del viento durante el monitoreo de mayo de 2016**

Punto de monitoreo	Fecha	Velocidad del viento (m/s)		
		Mínima	Máxima	Media
CA - Cal - 1	23/05/16	0,0	2,3	1,1
	24/05/16	0,1	3,4	1,8
	25/05/16	0,1	2,5	1,3
	26/05/16	0,2	1,8	1,0
	27/05/16	0,0	1,7	0,9
	28/05/16	0,0	2,3	1,1
	29/05/16	0,2	2,3	1,2
CA - Cal - 2	24/05/16	0,9	2,7	1,8
	25/05/16	0,4	2,2	1,3
	26/05/16	0,0	1,8	0,9
	27/05/16	0,4	2,2	1,3
	28/05/16	0,4	2,2	1,3
	29/05/16	0,4	1,8	1,1
CA - Cal - 3	23/05/16	0,9	4,5	2,7
	24/05/16	0,0	4,0	2,0
	25/05/16	0,0	3,1	1,6
	26/05/16	0,4	3,0	1,7
	27/05/16	0,4	3,6	2,0
	28/05/16	0,0	1,8	0,9
	29/05/16	0,0	1,8	0,9
	30/05/16	0,0	0,9	0,5
CA - Cal - 4	24/05/16	1,8	3,1	2,5
	25/05/16	0,4	2,7	1,6
	26/05/16	0,4	1,8	1,1
	27/05/16	0,4	2,7	1,6
	28/05/16	0,4	2,2	1,3
	29/05/16	0,4	2,7	1,6

**Fuente:** Elaboración propia.

En la Tabla 36 se indican los valores mínimos, máximos y medias de los parámetros meteorológicos registrados en cada punto evaluado durante el periodo de monitoreo de mayo de 2016.

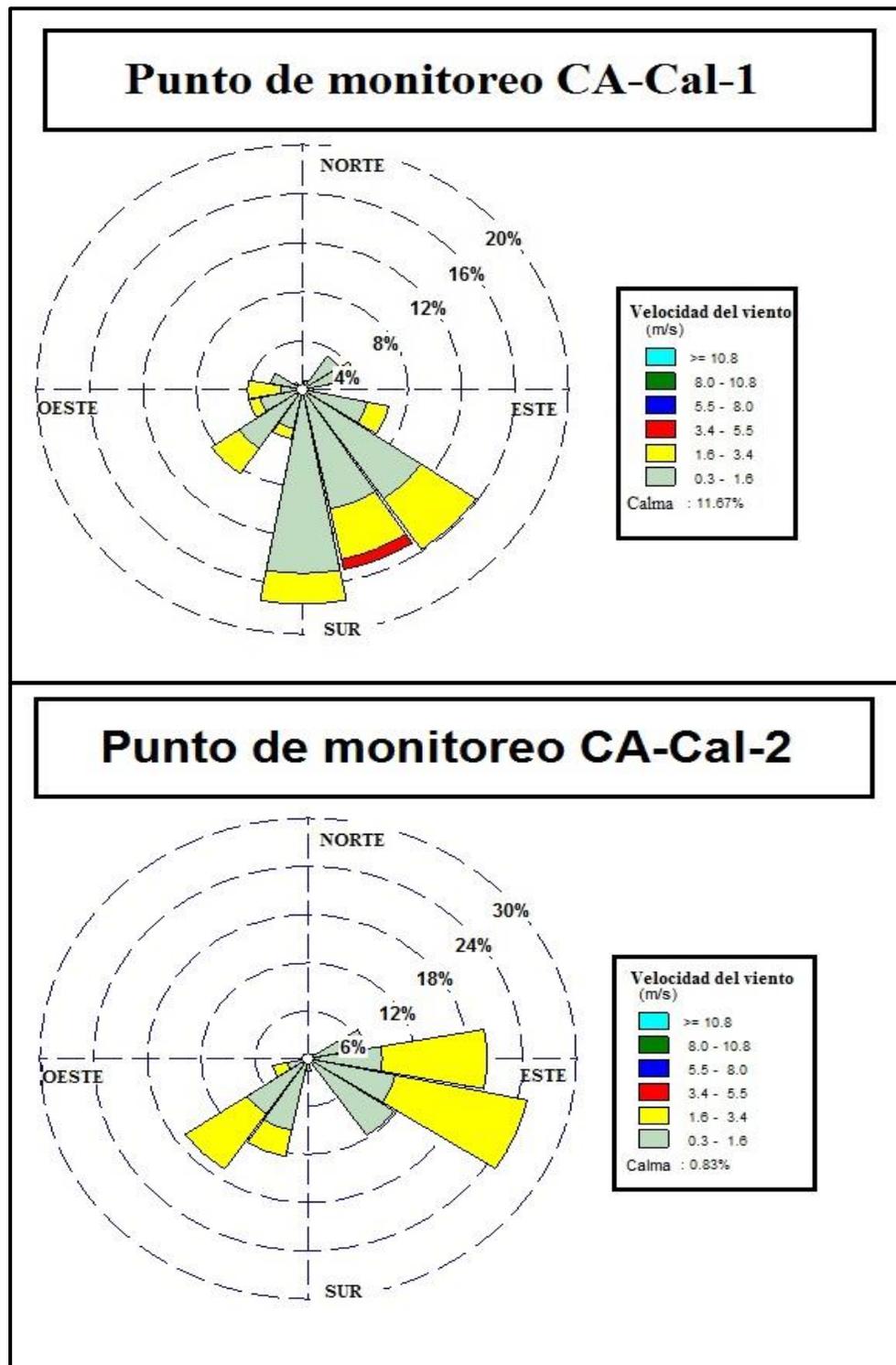
**Tabla 36**

*Valores mínimos, máximos y medias de los parámetros meteorológicos en los puntos de monitoreo durante el monitoreo de mayo de 2016*

Puntos de monitoreo	Valor	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Presión barométrica (hPa)	Velocidad del viento (m/s)	Precipitación (mm)
<b>CA-Cal-1</b>	Mínimo	17,7	71,4	757,2	0,0	0
	Máximo	22,0	93,0	761,6	3,4	0
	Media	19,2	84,3	759,8	1,0	0
<b>CA-Cal-2</b>	Mínimo	17,7	70,0	1008,4	0,0	0
	Máximo	22,1	89,0	1013,9	2,7	0
	Media	19,0	82,6	1011,4	1,3	0
<b>CA-Cal-3</b>	Mínimo	17,1	74,0	1006,6	0,0	0
	Máximo	20,3	94,0	1013,9	4,5	0
	Media	18,4	86,9	1010,9	1,3	0
<b>CA-Cal-4</b>	Mínimo	17,4	73,0	1008,8	0,4	0
	Máximo	21,6	91,0	1013,9	3,1	0
	Media	18,6	85,7	1011,3	1,5	0

**Fuente:** Elaboración propia.

Asimismo, mediante rosas de vientos se representó de forma gráfica la dirección y velocidad del viento de los cuatro puntos de monitoreo (ver Figura 31 y Figura 32). En la Figura 33 se visualiza las rosas de vientos en relación con los depósitos de concentrados de minerales.

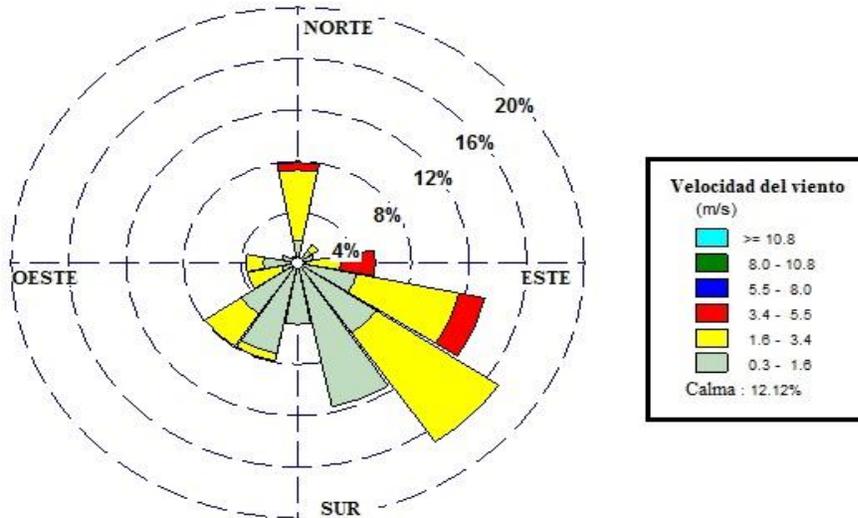


**Figura 31. Rosas de vientos de los puntos de monitoreo CA-Cal-1 y CA-Cal-2 del monitoreo de mayo de 2016**

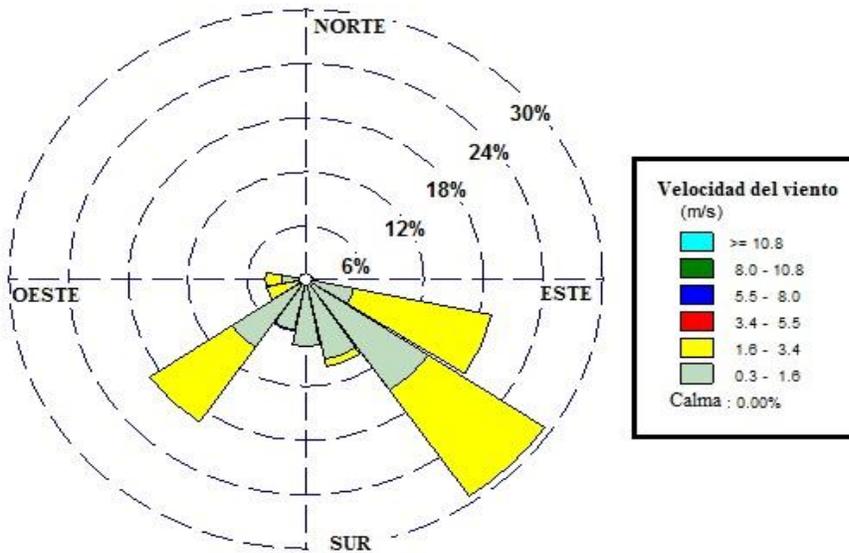
**Nota:** Las paletas indican la dirección desde donde provienen los vientos.

**Fuente:** Elaboración propia mediante el programa WRPLOT.

### Punto de monitoreo CA-Cal-3



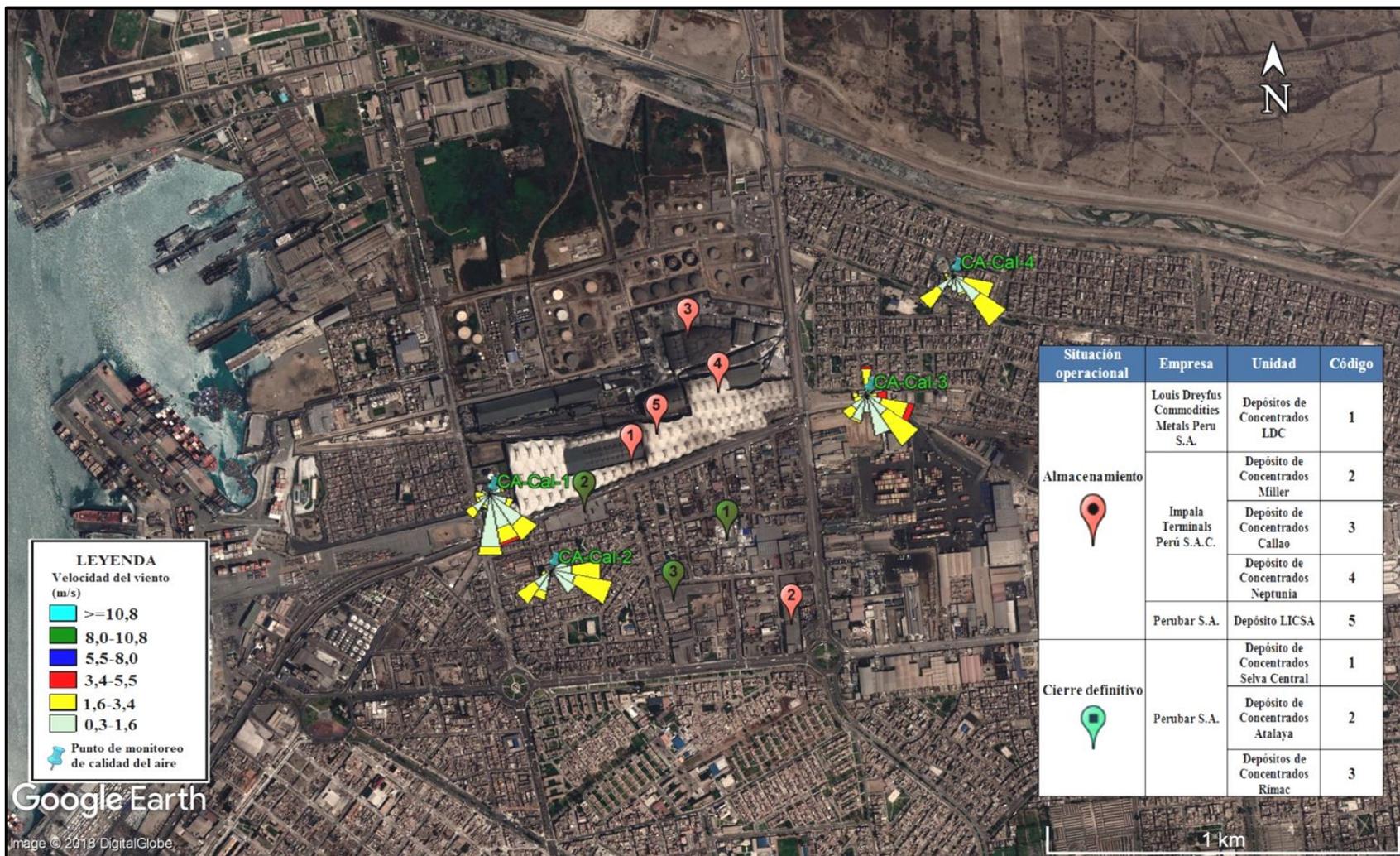
### Punto de monitoreo CA-Cal-4



**Figura 32. Rosas de vientos de los puntos de monitoreo CA-Cal-3 y CA-Cal-4 del monitoreo de mayo de 2016**

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

**Fuente:** Elaboración propia mediante el programa WRPLOT.



**Figura 33 . Ubicación de las rosas de vientos en relación con los depósitos de concentrados de minerales**  
**Fuente:** Elaboración propia a partir de la imagen satelital de *Google Earth*.

### 5.3.2. Información meteorológica histórica.

El análisis de la información meteorológica histórica en el área de estudio se realizó a partir de la información registrada durante 40 años en la estación meteorológica Aeropuerto Internacional Jorge Chávez, cuya ubicación se detalla en la Tabla 37 y se aprecia en la Figura 34.

**Tabla 37**

**Ubicación de la estación meteorológica Aeropuerto Internacional Jorge Chávez**

Período de información	Años	Altitud (m s. n. m.)	Coordenadas UTM Datum: WGS 84 Zona: 18L		Coordenadas geográficas	
			Este (m)	Norte (m)	Longitud	Latitud
1961-1990	30	12	269547	8670716	77°07'W	12°01'S
2002-2011	10					

Fuente: Elaboración propia



**Figura 34. Ubicación de la estación meteorológica Aeropuerto Internacional Jorge Chávez**

Fuente: Elaboración propia a partir de la imagen satelital de Google Earth.

### 5.3.2.1. Precipitación total media mensual multianual (mm).

De acuerdo con la Tabla 38, durante el período de 1961-1990, la precipitación total media mensual osciló entre 0,0 y 1,3 mm, registrándose mayores precipitaciones entre los meses de junio y septiembre. De igual forma, en el período de 2002-2011 (ver Tabla 39) se registraron precipitaciones totales medias mensuales que variaron entre valores equivalentes a una cantidad menor a 0,1 mm (TRZ) y 0,7 mm. Cabe resaltar que ambos períodos registraron precipitaciones extremadamente escasas durante todo el año, siendo el período de 1961-1990 en donde se registraron valores más altos, a excepción de noviembre y diciembre ( ver Figura 35).

**Tabla 38**  
**Resumen de la precipitación total media mensual multianual (mm), período de 1961-1990**

Variable \ Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
<b>Valor mínimo</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Valor máximo</b>	10,5	2,5	3,4	0,6	1,7	4,8	8,1	9,6	3,7	1,4	0,6	1,5
<b>Media</b>	0,7	0,4	0,4	0,0	0,3	0,7	0,9	1,3	0,7	0,2	0,1	0,3
<b>S</b>	2,1	0,7	0,7	0,1	0,4	1,0	1,6	2,0	0,8	0,3	0,2	0,4
<b>C.V. (%)</b>	283,30	177,85	194,16	304,30	163,23	138,79	173,41	155,15	128,67	151,43	132,96	152,40

S: Desviación estándar y C.V.: Coeficiente de variabilidad.

Fuente: Elaboración propia (ver Anexo 3).

**Tabla 39**

**Resumen de la precipitación total media mensual multianual (mm), período de 2002-2011**

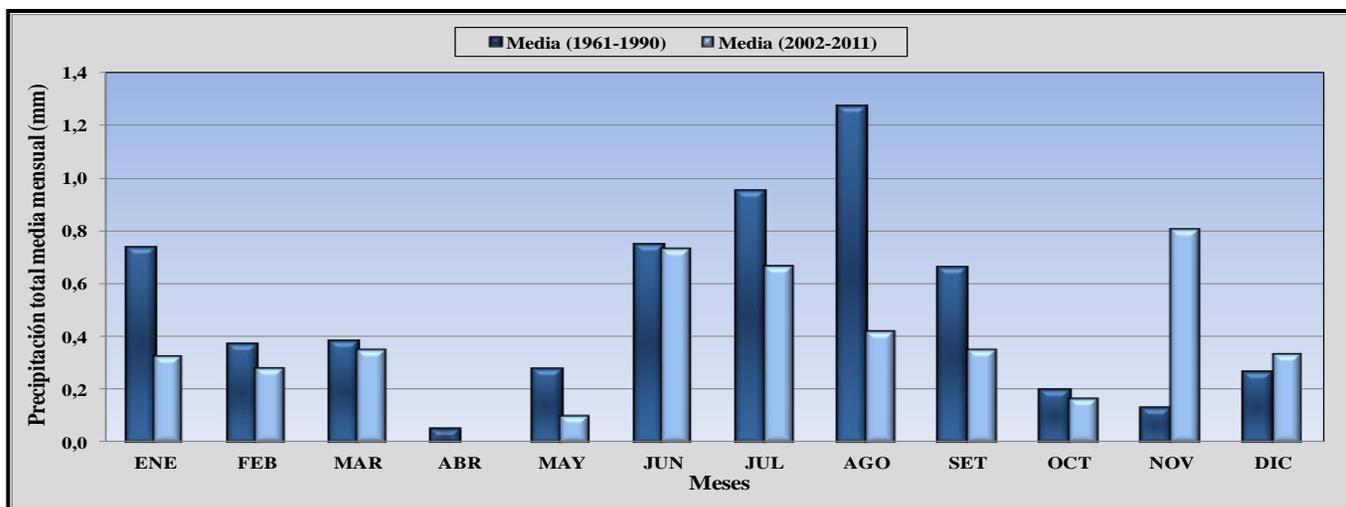
Variable \ Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Valor mínimo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0
Valor máximo	1,0	1,1	1,4	0,0	0,2	1,0	0,8	0,7	0,9	0,2	1,5	1,0
Media	0,3	0,3	0,4	TRZ	0,1	0,7	0,7	0,4	0,4	0,2	0,8	0,3
S	0,5	0,5	0,5	0,0	0,1	0,3	0,2	0,2	0,3	0,1	1,0	0,6
C.V. (%)	145,14	166,37	155,18	-	100,00	46,94	25,35	41,34	82,31	34,64	123,74	173,21

**Nota:** Durante abril, el indicativo TRZ significa trazas de precipitación y es equivalente a una cantidad menor a 0,1 mm.

(-) No aplica.

S: Desviación estándar y C.V.: Coeficiente de variabilidad.

**Fuente:** Elaboración propia (ver Anexo 3).



**Figura 35. Precipitación total media mensual multianual (mm)**

**Nota:** Durante abril se registraron precipitaciones menores a 0,1 mm.

**Fuente:** Elaboración propia.

### 5.3.2.2. *Temperatura media mensual multianual (°C).*

Del 2002 al 2011, la temperatura media mensual osciló entre 16,4 y 23,2 °C, y presentó una distribución homogénea durante todo el año, tal como se puede apreciar en la Tabla 40 y Figura 34.

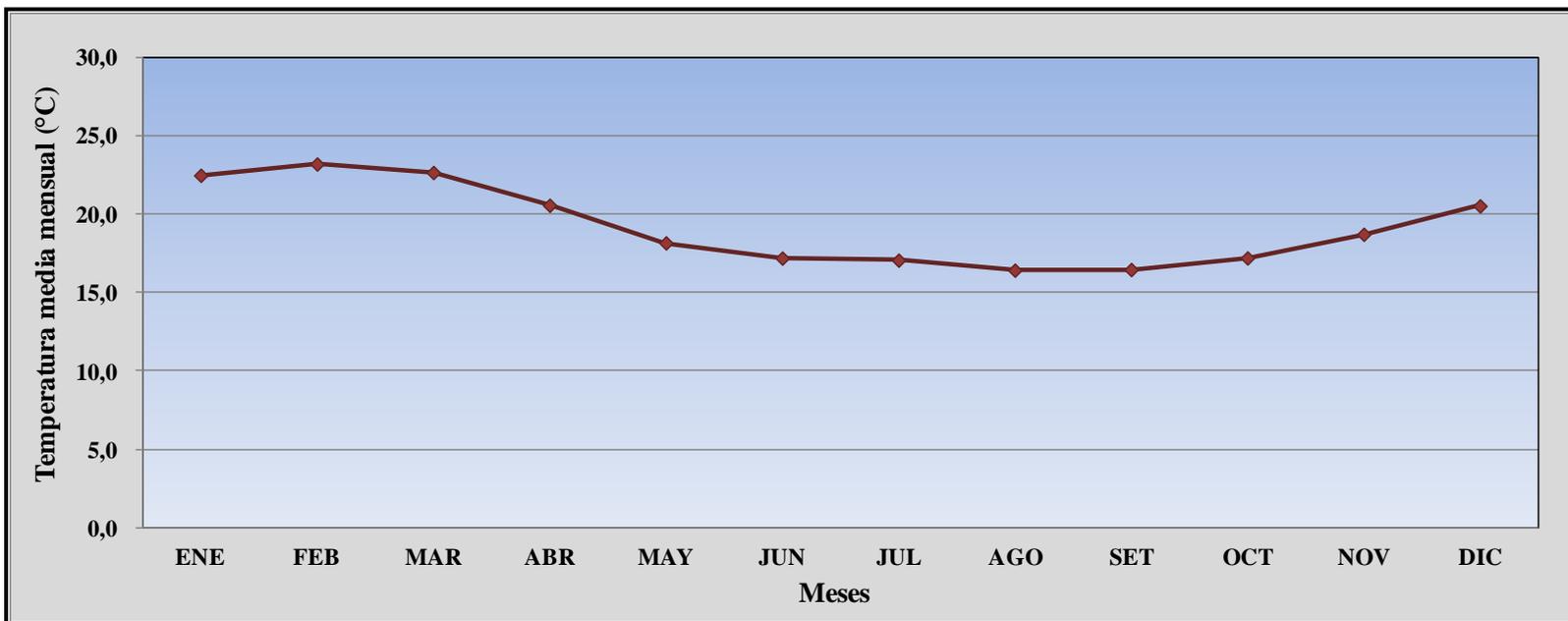
**Tabla 40**

*Resumen de la temperatura media mensual multianual (°C), período de 2002-2011*

Variable \ Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
<b>Valor mínimo</b>	21,1	22,2	21,2	19,3	16,9	15,6	15,7	15,4	14,9	15,7	17,3	19,3
<b>Valor máximo</b>	23,5	24,2	23,8	21,6	19,6	19,5	18,6	17,8	17,6	18,4	19,4	21,4
<b>Media</b>	22,5	23,2	22,7	20,6	18,2	17,2	17,1	16,4	16,5	17,2	18,7	20,5
<b>S</b>	0,7	0,6	0,9	0,7	0,9	1,1	1,1	0,9	0,9	0,8	0,7	0,7
<b>C.V. (%)</b>	3,17	2,55	3,77	3,44	5,11	6,50	6,44	5,52	5,50	4,48	3,92	3,30

S: Desviación estándar y C.V.: Coeficiente de variabilidad.

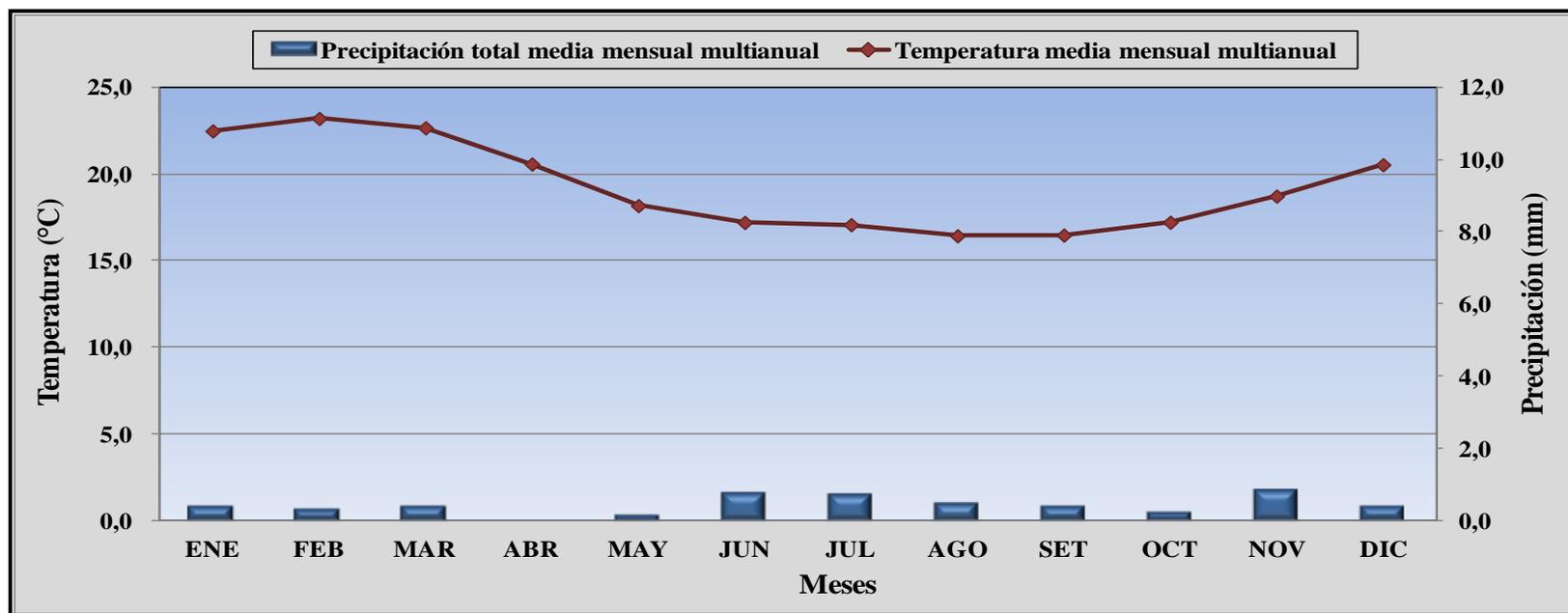
**Fuente:** Elaboración propia (ver Anexo 3).



**Figura 36. Temperatura media mensual multianual (°C), período de 2002-2011**

Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, en la Figura 37 se visualiza el diagrama ombrotérmico de la estación meteorológica Aeropuerto Internacional Jorge Chávez del período de 2002-2011, en donde se aprecia que todos los meses del año se caracterizan por ser secos, lo cual está relacionado con el clima árido.



**Figura 37. Diagrama ombrotérmico de la estación meteorológica Aeropuerto Internacional Jorge Chávez (2002-2011)**

**Nota:** Durante abril se registraron precipitaciones menores a 0,1 mm.

**Fuente:** Elaboración propia.

### 5.3.2.3. *Humedad relativa media mensual multianual (%)*.

De 1961 al 1990, los valores de este parámetro oscilaron entre 80,3 y 84,5 % (ver Tabla 41), mientras que del 2002 al 2011 se registraron valores que variaron entre 79,3 y 83,6 %. Ambos períodos presentaron una distribución homogénea durante todo el año, sin variaciones significativas (Figura 38).

**Tabla 41****Resumen de la humedad relativa media mensual multianual (%), período de 1961-1990**

Variable \ Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
<b>Valor mínimo</b>	76,0	76,0	77,0	75,0	76,0	75,0	79,0	78,0	80,0	79,0	76,0	64,0
<b>Valor máximo</b>	87,0	86,0	86,0	89,0	89,0	89,0	89,0	89,0	89,0	86,0	84,0	85,0
<b>Media</b>	81,1	80,9	81,3	83,2	84,5	83,7	83,1	83,8	84,4	82,5	81,1	80,3
<b>S</b>	2,8	2,7	2,9	2,8	3,0	3,1	2,7	2,7	1,9	2,1	2,1	3,6
<b>C.V. (%)</b>	3,42	3,34	3,51	3,40	3,59	3,65	3,29	3,28	2,28	2,58	2,59	4,53

S: Desviación estándar y C.V.: Coeficiente de variabilidad.

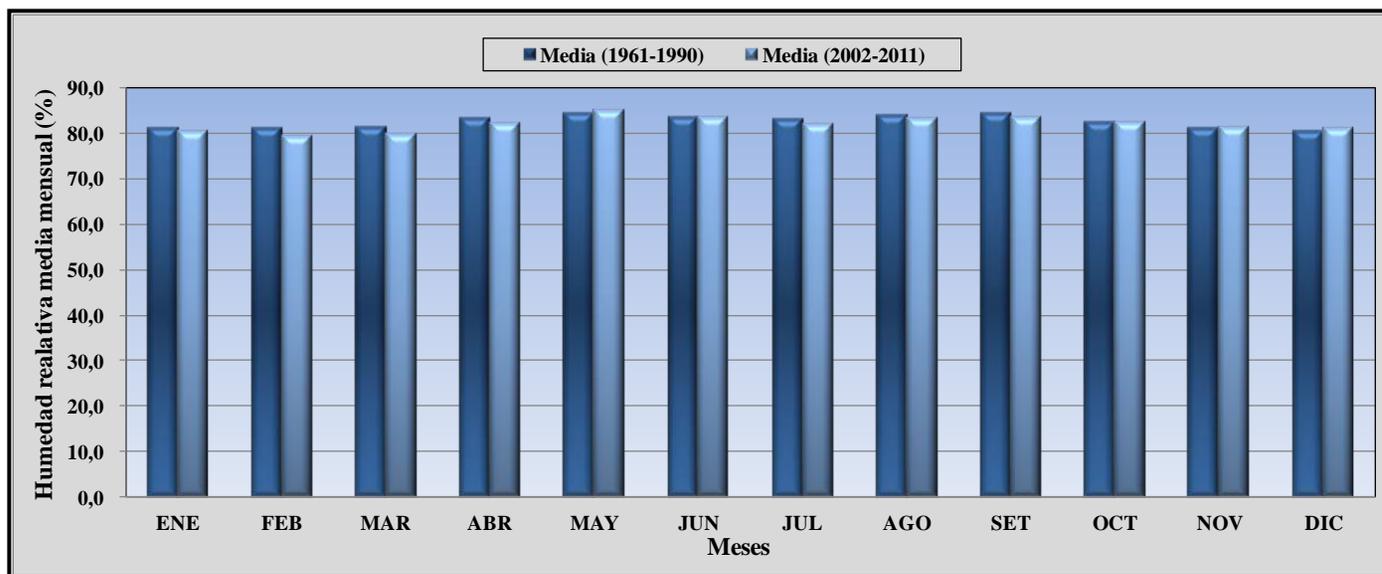
Fuente: Elaboración propia (ver Anexo 3).

**Tabla 42****Resumen de la humedad relativa media mensual multianual (%), período de 2002-2011**

Variable \ Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
<b>Valor mínimo</b>	76,0	75,0	76,0	78,0	80,0	80,0	73,0	78,0	79,0	79,0	77,0	76,0
<b>Valor máximo</b>	85,0	83,0	83,0	87,0	90,0	89,0	88,0	89,0	88,0	86,0	86,0	86,0
<b>Media</b>	80,4	79,3	79,8	82,1	85,1	83,6	82,0	83,2	83,6	82,3	81,2	81,0
<b>S</b>	3,1	2,8	2,1	3,0	3,3	3,3	4,3	3,5	2,8	2,2	2,4	3,1
<b>C.V. (%)</b>	3,90	3,47	2,69	3,65	3,93	3,96	5,21	4,19	3,39	2,63	2,95	3,77

S: Desviación estándar y C.V.: Coeficiente de variabilidad.

Fuente: Elaboración propia (ver Anexo 3).



**Figura 38. Humedad relativa media mensual multianual (%)**

Fuente: Elaboración propia.

#### 5.3.2.4. Presión atmosférica media mensual multianual (hPa).

Según la Tabla 43 y Tabla 44 , los valores de la presión atmosférica media mensual variaron entre 1010,9 y 1014,5 hPa durante el período de 1962-1990 y entre 1009,8 y 1013,6 hPa durante el período de 2002-2011. Ambos períodos presentaron una distribución homogénea y similar durante todo el año (ver Figura 39).

**Tabla 43****Resumen de la presión atmosférica media mensual multianual (hPa), período de 1962-1990**

Variable \ Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
<b>Valor mínimo</b>	1008,8	1008,9	1009,1	1005,5	1003,8	1011,6	1012,3	1013,0	1013,2	1013,1	1011,2	1010,1
<b>Valor máximo</b>	1013,3	1012,4	1012,6	1013,0	1014,2	1015,7	1015,7	1015,5	1015,8	1014,9	1014,4	1014,4
<b>Media</b>	1011,4	1010,9	1010,9	1011,7	1012,9	1014,1	1014,3	1014,5	1014,4	1014,0	1013,3	1012,3
<b>S</b>	1,0	0,9	0,9	1,3	1,9	1,0	0,9	0,7	0,6	0,4	0,8	1,0
<b>C.V. (%)</b>	0,10	0,09	0,09	0,13	0,18	0,09	0,09	0,07	0,06	0,04	0,07	0,09

S: Desviación estándar y C.V.: Coeficiente de variabilidad.

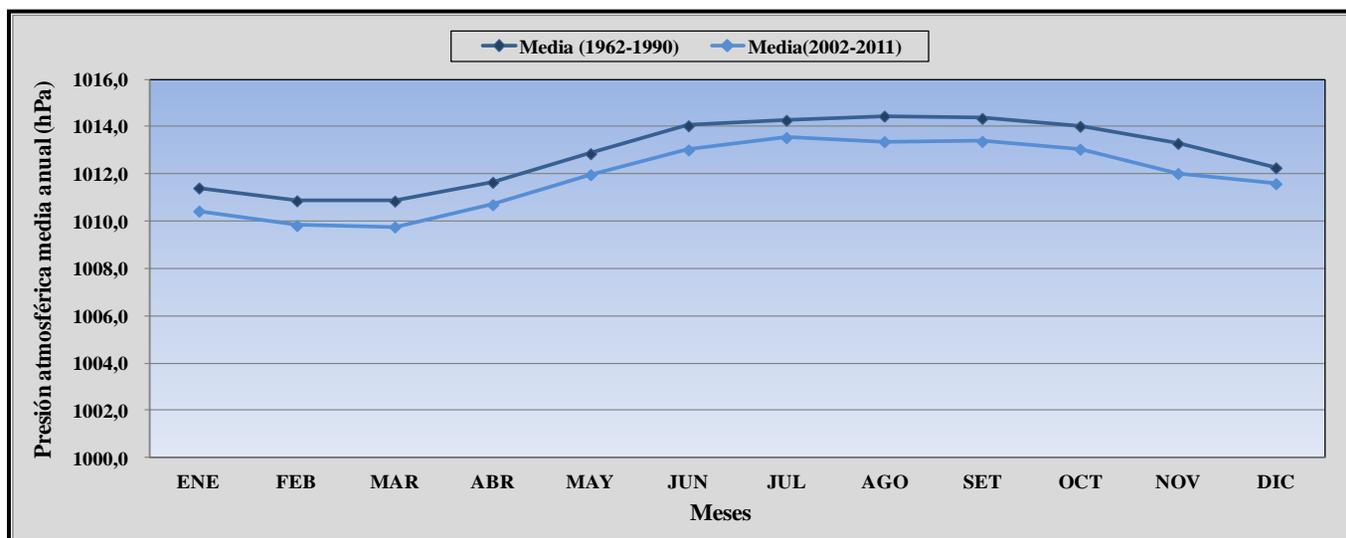
Fuente: Elaboración propia (ver Anexo 3).

**Tabla 44****Resumen de la presión atmosférica media mensual multianual (hPa), período de 2002-2011**

Variable \ Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
<b>Valor mínimo</b>	1009,6	1008,6	1008,9	1009,9	1011,0	1012,5	1012,6	1012,4	1012,8	1011,7	1011,0	1011,2
<b>Valor máximo</b>	1011,3	1010,7	1011,0	1011,3	1012,6	1014,2	1014,8	1014,3	1014,0	1014,0	1013,1	1012,5
<b>Media</b>	1010,4	1009,8	1009,8	1010,7	1012,0	1013,0	1013,6	1013,4	1013,4	1013,1	1012,0	1011,6
<b>S</b>	0,6	0,6	0,6	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,4	0,8	0,6	0,4
<b>C.V. (%)</b>	0,06	0,06	0,06	0,04	0,04	0,05	0,06	0,06	0,04	0,08	0,06	0,04

S: Desviación estándar y C.V.: Coeficiente de variabilidad.

Fuente: Elaboración propia (ver Anexo 3).



**Figura 39. Presión atmosférica media mensual multianual (hPa)**

Fuente: Elaboración propia.

#### 5.3.2.5. Dirección predominante y velocidad media mensual multianual del viento (m/s).

En el período de 1965-1990, las velocidades medias mensuales multianuales de los vientos oscilaron entre 2,7 y 4,1 m/s, presentando una distribución con una variabilidad mínima durante todo el año y en donde las velocidades más bajas se registraron de mayo a julio (ver Tabla 45). Además, tal como se visualiza en la Figura 40, los vientos predominantes provienen de los depósitos de concentrados de minerales, dirección Sur, en donde el 61,2 % de los vientos tienen una velocidad que fluctúa entre los 1,6 a 3,4 m/s y el 38,8 % entre los 3,4 a 5,5 m/s.

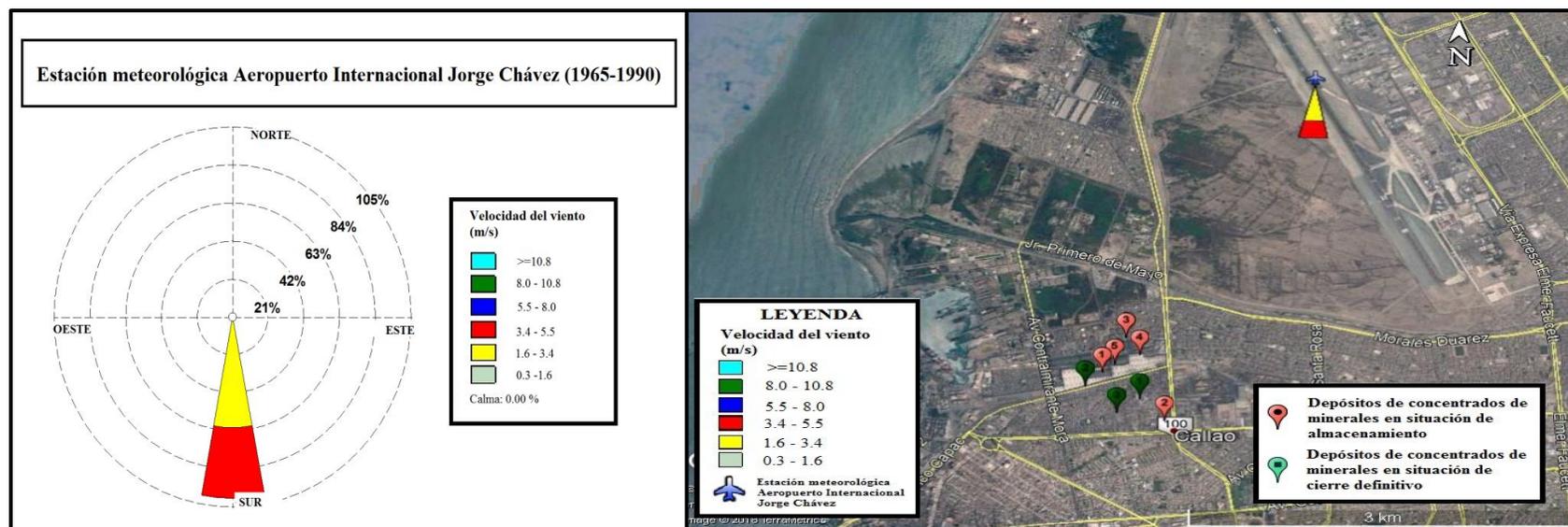
**Tabla 45**

**Resumen de la velocidad media mensual multianual del viento (m/s), período de 1965-1990**

Variable \ Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Valor mínimo	3,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	3,0	3,0	3,0	2,0
Valor máximo	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	4,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Media	4,1	3,6	3,3	3,2	2,8	2,7	2,7	3,0	3,2	3,5	3,8	3,8
S	0,5	0,7	0,8	0,6	0,8	0,8	0,7	0,7	0,5	0,6	0,6	0,7
C.V. (%)	12,54	19,29	23,82	19,85	29,30	30,04	25,23	24,31	15,92	16,44	15,57	18,85

S: Desviación estándar y C.V.: Coeficiente de variabilidad.

Fuente: Elaboración propia (ver Anexo 3).



**Figura 40. Rosa de vientos de la estación meteorológica Aeropuerto Internacional Jorge Chávez (1965-1990)**

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

**Fuente:** Elaboración propia mediante el programa WRPLOT y la imagen satelital de Google Earth.

Asimismo, entre el período de 2002-2011, las velocidades medias mensuales multianuales de los vientos oscilaron entre 2,2 y 3,4 m/s, presentando una distribución con una variabilidad mínima durante todo el año y en donde las velocidades más bajas se registraron de mayo a junio, (ver Tabla 46). Además, tal como se visualiza en la Figura 41, los vientos predominantes provienen de los depósitos de concentrados de minerales, dirección Sur, en donde el 85,5 % de los vientos tienen una velocidad que fluctúa entre los 1,6 a 3,4 m/s y el 14,5 % entre los 3,4 a 5,5 m/s.

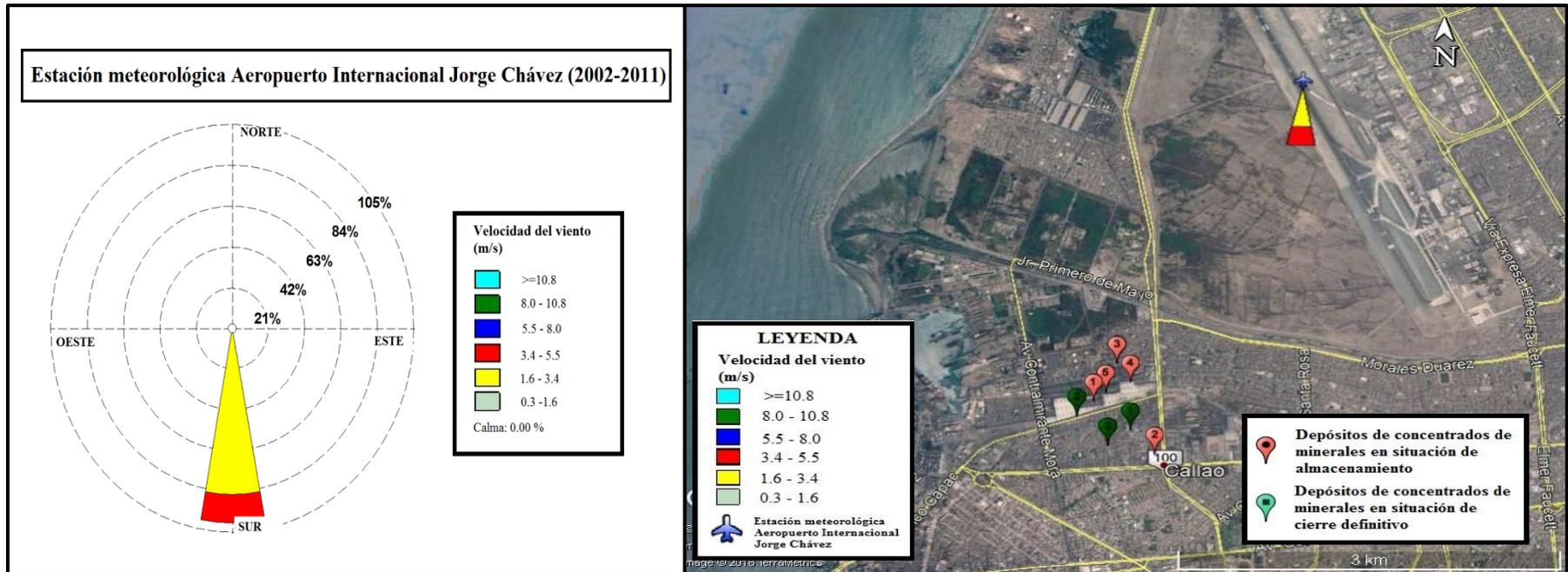
**Tabla 46**

*Resumen de la velocidad media mensual multianual del viento (m/s), período de 2002-2011*

Variable \ Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
<b>Valor mínimo</b>	2,8	2,2	2,1	2,3	1,9	1,8	2,1	2,0	2,5	2,6	2,9	2,9
<b>Valor máximo</b>	3,9	3,8	3,7	3,4	3,1	2,9	3,0	3,0	3,5	3,3	3,4	3,9
<b>Media</b>	3,4	3,1	2,8	2,7	2,3	2,2	2,5	2,6	2,8	2,9	3,1	3,4
<b>S</b>	0,4	0,5	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3
<b>C.V. (%)</b>	10,80	17,02	16,09	10,60	15,65	13,71	12,32	11,47	11,57	7,45	5,67	8,54

S: Desviación estándar y C.V.: Coeficiente de variabilidad.

**Fuente:** Elaboración propia (ver Anexo 3).

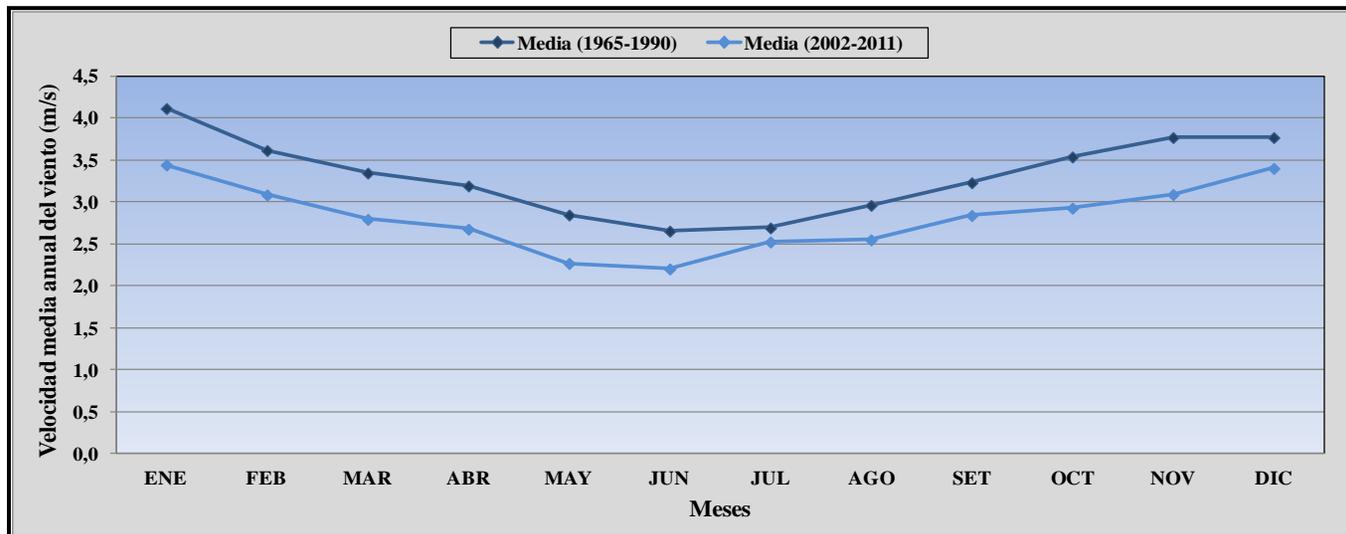


**Figura 41. Rosa de vientos de la estación meteorológica Aeropuerto Internacional Jorge Chávez (2002-2011)**

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

**Fuente:** Elaboración propia mediante el programa WRPLOT y la imagen satelital de Google Earth.

De acuerdo con la Figura 42, el comportamiento de las velocidades medias mensuales multianuales del viento es similar en ambos períodos, presentando una distribución homogénea durante todo el año y con una variabilidad mínima entre abril y julio. Cabe resaltar que el periodo de 2002-2011 registró menores valores en relación con el período de 1965-1990, con disminuciones que oscilaron entre 0,5 y 0,7 ms/s.



**Figura 42. Velocidad media mensual multianual del viento (m/s)**

Fuente: Elaboración propia.

### 5.3.2. Coeficiente de correlación

Mediante la herramienta de análisis de datos de *Microsoft Excel* se determinó el coeficiente de correlación entre las concentraciones de plomo en el aire y suelo, cuyos resultados se encuentran en la Tabla 47.

**Tabla 47**

*Coeficiente de correlación entre las concentraciones de plomo en el aire y suelo*

Tipo de uso de suelo	Punto de monitoreo	CA-Cal-1	CA-Cal-2	CA-Cal-3	CA-Cal-4
Suelo residencial	SUE-CAL 1	0,36	0,21	0,50	0,35
	SUE-CAL 2	0,58	-0,06	-0,10	-0,06
	SUE-CAL 3	0,67	-0,01	-0,17	-0,14
	SUE-CAL 4	-0,22	-0,19	-0,36	-0,48
	SUE-CAL 5	0,07	0,06	-0,56	-0,65
	SUE-CAL 6	0,76	0,40	0,43	0,23
	SUE-CAL 7	0,50	-0,07	-0,37	-0,29
	SUE-CAL 8	-0,09	-0,47	-0,50	-0,61
	SUE-CAL 9	0,05	0,58	-0,56	-0,12
	SUE-CAL 10	0,92	0,24	-0,08	-0,14
	SUE-CAL 11	0,24	0,55	-0,30	-0,12
	SUE-CAL 12	0,37	0,00	0,67	0,72
	SUE-CAL 13	0,52	0,46	-0,08	-0,01
	SUE-CAL 14	-0,15	0,17	-0,43	-0,17
	SUE-CAL 15	-0,06	-0,34	0,15	0,22
Suelo industrial	SUE-CAL 16	0,70	0,64	-0,19	-0,09
	SUE-CAL 17	0,62	0,62	-0,56	-0,15
	SUE-CAL 18	-0,57	-0,49	0,16	0,25
	SUE-CAL 19	-0,04	-0,18	-0,17	-0,01
	SUE-CAL 20	-0,43	0,53	-0,40	-0,36
	SUE-CAL 21	0,43	0,51	-0,51	-0,09
	SUE-CAL 22	0,06	-0,21	-0,18	-0,09
	SUE-CAL 23	-0,23	-0,31	0,69	0,72
	SUE-CAL 24	-0,66	-0,16	-0,64	-0,60
	SUE-CAL 25	-0,55	-0,41	-0,97	-0,59
	SUE-CAL 26	0,44	0,35	-0,29	-0,04

 Correlación negativa, las dos variables se correlacionan en sentido inverso.

 Correlación positiva, las dos variables se correlacionan en sentido directo.

 Correlación igual a cero, las dos variables están incorrelacionadas

**Fuente:** Elaboración propia mediante el programa *Microsoft Excel*.

# Capítulo VI

## Capítulo VI

### Discusión de resultados

Dado que el Perú, según el Ministerio de Energía y Minas, se encuentra en primer y cuarto lugar en Latinoamérica y a nivel mundial, respectivamente, en producción de plomo, el objetivo de la presente investigación fue realizar el estudio de la evaluación de la evolución temporal y espacial de los niveles del plomo en el aire y suelo asociados a los depósitos de concentrados de minerales en el distrito del Callao, en relación con los estándares de calidad ambiental, desde enero de 2014 hasta mayo de 2016.

Es preciso destacar que en un estudio similar realizado por la Dirección General de salud Ambiental, entre 1998 y 1999, se encontró que en las zonas cercanas a los depósitos de concentrados de plomo, las concentraciones de plomo en el aire superaron en 15 veces el estándar de calidad ambiental de  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de plomo en partículas totales suspendidas en el aire, valor establecido en el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental y aprobado mediante el Decreto Supremo N° 074-2001-PCM.

A la vez, Cousillas (2001) menciona que en Uruguay, al igual que en otros países latinoamericanos, la población que vive alrededor de las fábricas se ve expuesta a altas concentraciones ambientales de plomo. De la misma forma, en el distrito el Callao, Narciso et al. (2000) expone de que las concentraciones de plomo en suelo disminuían exponencialmente conforme aumentaba la distancia a los depósitos, mientras que Huayhua (2013) indica que la población de este distrito tenía niveles superiores de concentración de plomo en la sangre, siendo la fuente de exposición el almacenamiento y transporte del mineral para su exportación.

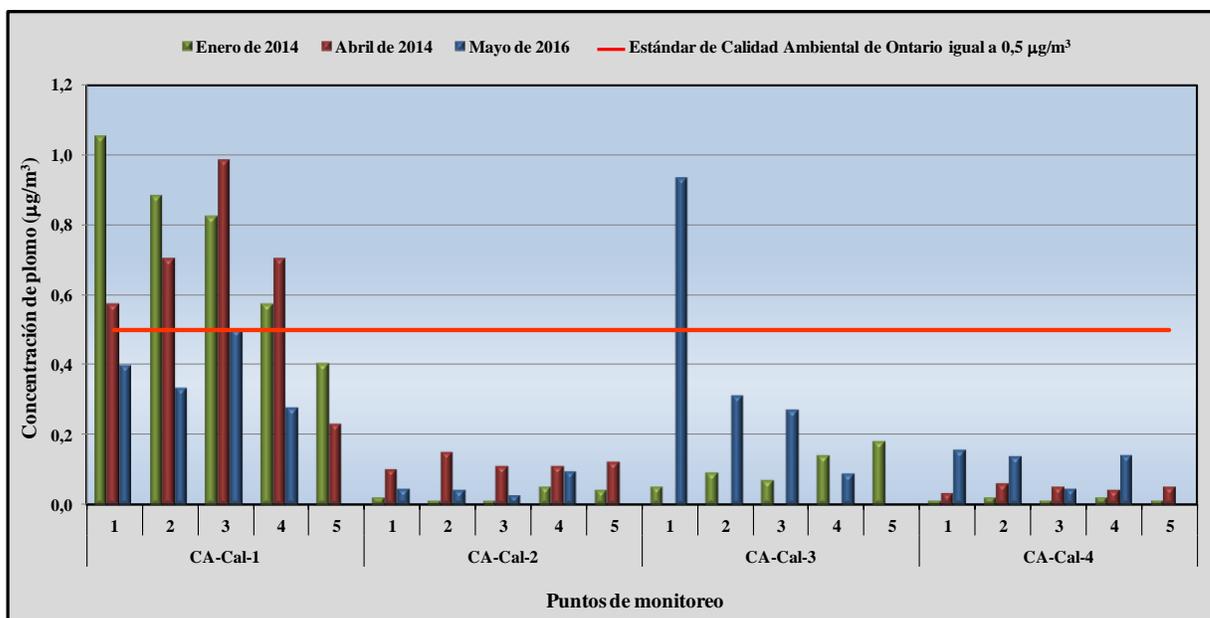
Por otro lado, Oriundo y Robles (2009) en su tesis sobre determinación de plomo en suelos debido a la contaminación por fábricas aledañas al Asentamiento Humano Cultura y Progreso del distrito de Ñaña-Chaclacayo analizó 21 muestras de suelos, de las cuales 20 (95,2 %) superaron el límite permisible dado por la OMS (25 mg/kg); mientras que en la presente investigación, 16 de 26 (61,5 %) muestras superaron los valores establecidos en el ECA para Suelo. Cabe resaltar que en ambos estudios las concentraciones de plomo son mayores a medida que se aproximan a las actividades económicas.

En ese sentido, 17 años después del primer estudio sobre plomo en el distrito del Callao, realizado entre 1998 y 1999, en la presente investigación se ha evidenciado, durante el monitoreo de mayo de 2016, niveles de plomo en el aire y suelo que superaron los estándares de calidad ambiental vigentes.

### **6.1. Calidad del aire**

- En el período de enero de 2014 a mayo de 2016, 9 de 111 mediciones superaron el valor referencial de  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  establecido en los Criterios de Calidad Ambiental de Aire de Ontario, dichas mediciones correspondieron a los puntos de monitoreo CA-Cal-1 y CA-Cal-3. Cabe resaltar que ambos puntos se ubicaron cerca a las depósitos de concentrados de minerales y, durante el monitoreo de mayo de 2016, se registraron vientos provenientes de dichos depósitos.
- Todas las concentraciones registradas en el punto de monitoreo CA-Cal-1, excepto las del quinto día, excedieron el valor referencial durante los monitoreos de enero y abril de 2014, en donde la concentración más alta de plomo se presentó durante el primer día del monitoreo de enero y excedió en 110 % el valor referencial.

- El punto de monitoreo CA-Cal-3, en el primer día del monitoreo de mayo de 2016, excedió en 86 % el estándar de calidad ambiental de  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mientras que los demás puntos cumplieron de forma referencial con dicho valor.
- De acuerdo con la Figura 43, en donde se indican los niveles de plomo de los monitoreos con concentraciones que superaron el valor referencial de  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , existe una disminución de los niveles de plomo en el punto de monitoreo CA-Cal-1, por debajo del valor referencial, de enero de 2014 a mayo de 2016; mientras que en el punto CA-Cal-3 aumentaron los niveles de plomo, superando el valor referencial solo en el primer día del monitoreo de mayo de 2016, lo cual estaría relacionado al arrastre por acción del viento de partículas de plomo provenientes de la dirección sureste (SE), en donde se observó, durante el monitoreo, emisiones de material particulado generadas por el tren y los camiones. Asimismo, se registraron vientos provenientes del área de almacenamiento de concentrados, la cual constituye una de las fuentes principales de generación de plomo.
- Los demás puntos presentaron aumentos y disminuciones de los niveles de plomo por debajo del valor referencial; por lo tanto, los niveles de plomo de dichos puntos no representan un riesgo para la salud y el ambiente.



**Figura 43. Variación de las concentraciones de plomo en PM-10 en enero y abril de 2014, y mayo de 2016**

**Nota:** En el punto de monitoreo CA-Cal-3 no se registraron mediciones durante el monitoreo de abril de 2014.

**Fuente:** Elaboración propia.

Cabe destacar que en el estudio realizado entre 1998 y 1999 se indicó que la zona cercana a los depósitos tiene las concentraciones más altas de plomo en el aire, lo cual se validó con los resultados de la presente investigación, dado que las concentraciones de plomo en el aire variaron significativamente de acuerdo con la distancia a la fuente contaminante; sin embargo, se debe tener en cuenta que el tiempo que los contaminantes permanecen en la atmósfera, la distancia que recorren y los niveles de concentración que alcancen dependerá de las condiciones meteorológicas, características geográficas y de los procesos de dispersión. En efecto, Narciso Chávez et al. (2000) indican que las partículas de plomo de los minerales almacenados en el Callao se desplazan a grandes distancias por los movimientos advectivos del viento para depositarse finalmente en los suelos. Lo anterior explicaría la razón por la cual solo el punto CA-Cal-3 excedió el estándar de calidad ambiental durante el monitoreo de mayo de 2016 y la presencia de

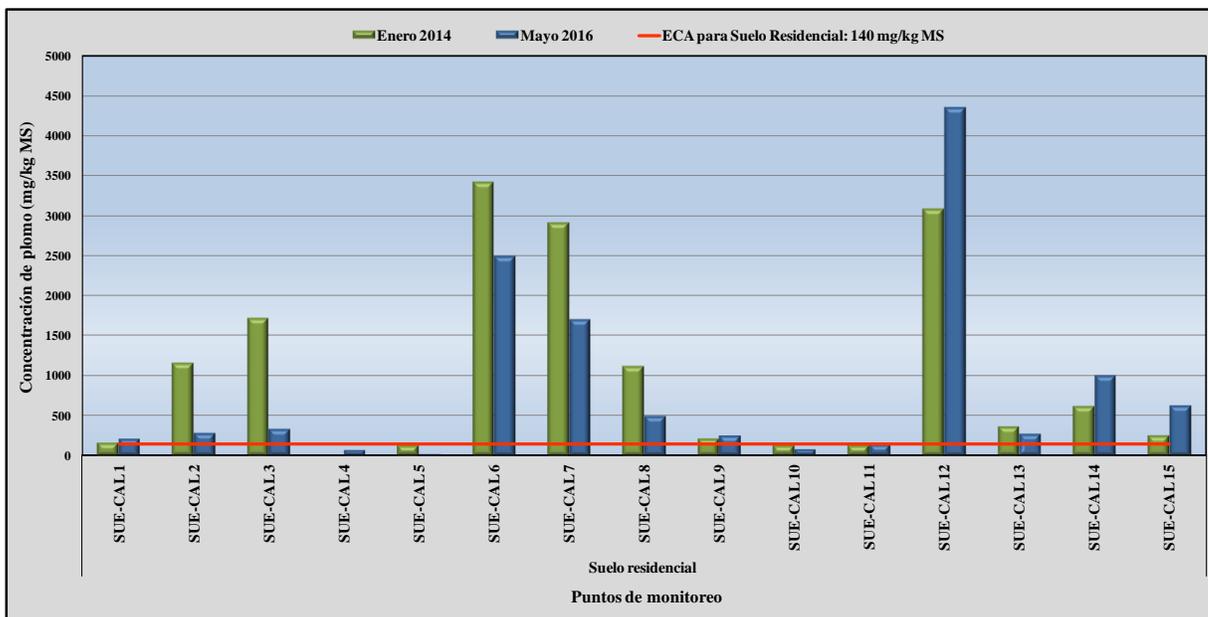
concentraciones de plomo por encima de los valores establecidos en el Estándar de Calidad Ambiental para Suelo en 19 de 26 puntos de monitoreo.

## **6.2. Calidad del suelo**

En relación con los monitoreos de calidad del suelo para uso residencial, se advierte lo siguiente:

- En todos los monitores se superaron, al menos en un punto, el estándar de calidad ambiental de 140 mg/kg MS y el valor de 81,9 mg /kg MS relativo al punto de referencia SUE-CAL 27.
- Los puntos SUE-CAL-1, SUE-CAL-4, SUE-CAL-5, SUE-CAL-10 y SUE-CAL-11 presentaron concentraciones menores en comparación con los demás puntos durante los monitores de enero de 2014 a mayo de 2016, lo cual estaría asociado a su distancia con los depósitos de concentrados de minerales en situación de almacenamiento. En ese mismo sentido, las concentraciones más altas se registraron en los puntos de monitoreo cercanos a los depósitos de concentrados: SUE-CAL 6, SUE-CAL 7 y SUE-CAL 12, cuyos valores oscilaron entre 1971,0 y 7716,5 mg/kg MS.
- De acuerdo con la Figura 44, desde enero de 2014 a mayo de 2016, 5 de los 15 puntos de monitoreo aumentaron sus niveles de plomo entre 3,8 % (SUE-CA-11) y 143,9 % (SUE-CAL-15) en relación con las concentraciones registradas en el monitoreo de enero de 2014. Es preciso indicar que el 73,3 % (11 de 15 puntos de monitoreo) de las concentraciones registradas durante el monitoreo de mayo de 2016 superaron el estándar de calidad ambiental de 140 mg/kg MS, con un rango de concentraciones

que oscila entre 214 mg/kg MS (SUE-CA-1) y 4348 mg/kg MS (SUE-CA-12); es decir, dichas concentraciones excedieron entre 0,5 y 30 veces el valor del ECA.

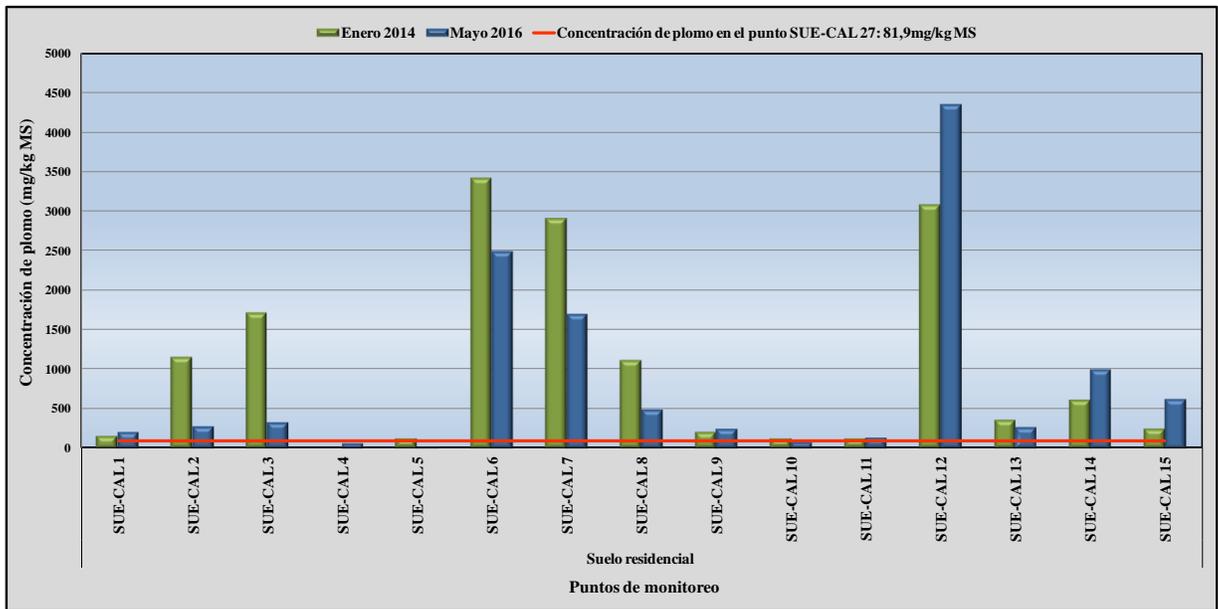


**Figura 44. Variación de las concentraciones de plomo en suelo de uso residencial en relación con el ECA en enero de 2014 y mayo de 2016**

**Nota:** En el punto de monitoreo SUE-CAL 4 no se tomó muestra durante el monitoreo de enero de 2014.

**Fuente:** Elaboración propia.

- La Figura 45 muestra que todos los puntos de monitoreo, excepto los puntos SUE-CAL 4 y SUE-CAL 5, superaron el valor de 81,9 mg/kg MS registrado en el punto de referencia. Ambos puntos se encuentran distantes a los depósitos de concentrados de minerales en situación de almacenamiento. De la misma forma, el punto de referencia SUE-CAL 27 es considerado como muestra blanca, dado que por su ubicación la influencia de las actividades de manejo de concentrados de minerales es poco probable o nula.



**Figura 45. Variación de las concentraciones de plomo en suelo de uso residencial en relación con el punto de referencia en enero de 2014 y mayo de 2016**

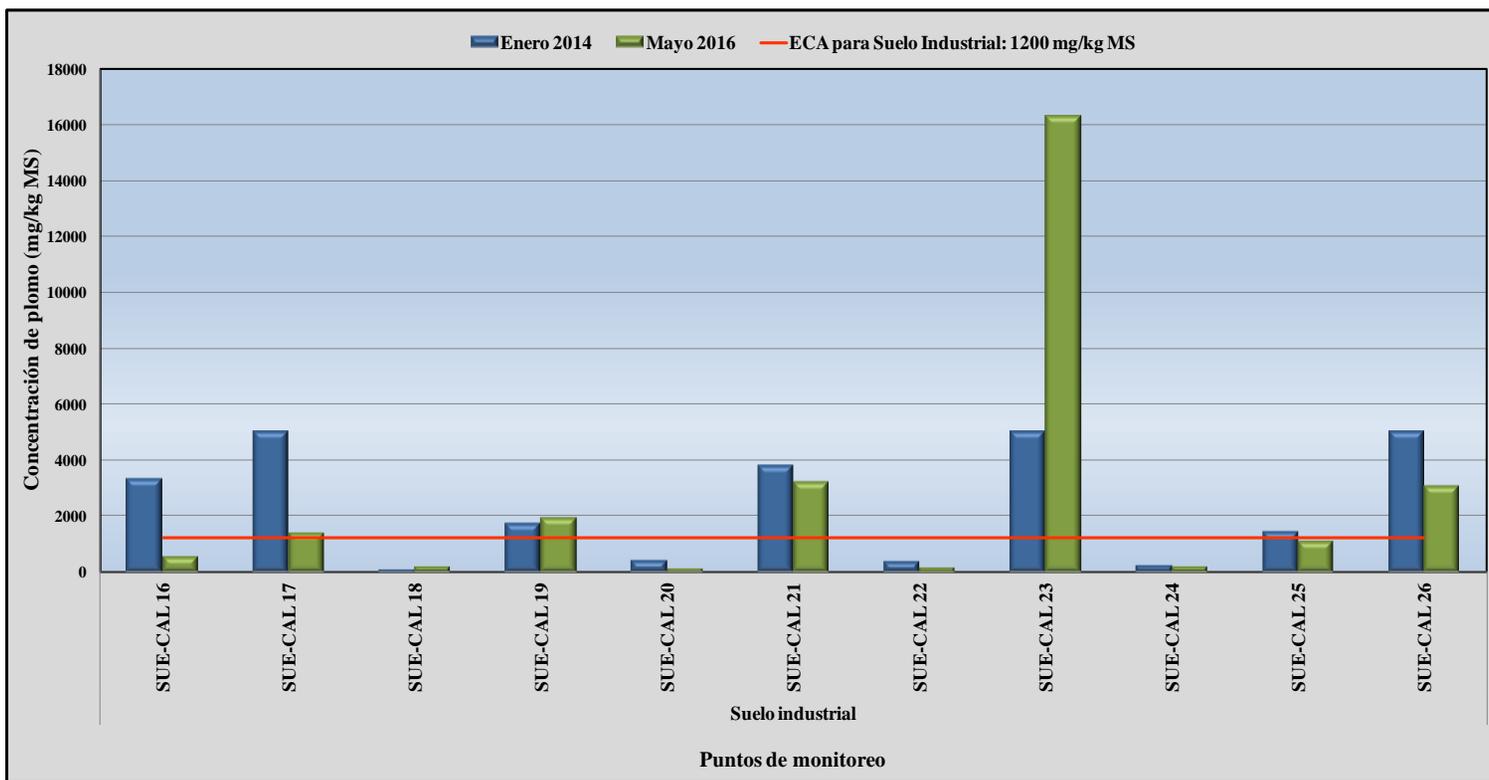
**Nota:** En el punto de monitoreo SUE-CAL 4 no se tomó muestra durante el monitoreo de enero de 2014.

**Fuente:** Elaboración propia.

En lo relativo a los monitoreos de calidad del suelo para uso industrial en el período en mención, se verificó lo siguiente:

- En todos los monitores se superaron, al menos en un punto, el estándar de calidad ambiental de 1200 mg/kg MS.
- Todas las concentraciones de plomo que se registraron en los puntos de monitoreo SUE-CAL 18, SUE-CAL 22 y SUE-CAL 24 durante los seis monitoreos realizados en el período en mención se encontraron por debajo de 1200 mg/kg MS, lo cual estaría relacionado con su ubicación respecto a las actividades de almacenamiento de concentrados de minerales. Por otro lado, los puntos de monitoreo SUE-CAL 23 y SUE-CAL 26 registraron las mayores concentraciones de plomo, las cuales variaron entre niveles superiores a 5000 mg/kg MS hasta 16 323 mg/kg MS. A la vez, ambos puntos se encuentran cercanos a los depósitos de concentrados de minerales.

- En cuanto a la Figura 46, de enero de 2014 a mayo de 2016, el punto de monitoreo SUE-CAL 23 presentó un aumento significativo de 226,5 % en sus niveles de plomo. De la misma forma, los puntos SUE-CAL 18 y SUE-CAL 19 aumentaron en 103,9 y 13,2 %, respectivamente. Los demás puntos presentaron disminuciones de plomo que variaron entre 13,2 y 83,5 %. Cabe resaltar que el 45,5 % (5 de 11 puntos de monitoreo) de las concentraciones registradas durante el monitoreo de mayo de 2016 superaron el estándar de calidad ambiental de 1200 mg/kg MS. En efecto, durante el mismo monitoreo, el valor de 16 323 mg/kg MS registrado en el punto de monitoreo SUE-CAL 23 superó el estándar en mención en 1260,3 %.



**Figura 46. Variación de las concentraciones de plomo en suelo de uso industrial en relación con el ECA en enero de 2014 y mayo de 2016**

Fuente: Elaboración propia.

## **Capítulo VII**

## Capítulo VII

### Conclusiones y recomendaciones

#### 7.1. Conclusiones

A partir del estudio de la evaluación de la evolución temporal y espacial de los niveles del plomo en aire y suelo asociados a los depósitos de concentrados de minerales en el distrito del Callao, en relación con los estándares de calidad ambiental, desde enero de 2014 hasta mayo de 2016, se han obtenido las siguientes conclusiones:

- De acuerdo con los niveles de plomo en aire, de enero de 2014 a mayo de 2016, los puntos de monitoreo CA-Cal-1 (enero y abril de 2014) y CA-Cal-3 (mayo de 2016) superaron, al menos en una medición, el valor de  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  establecido en los Criterios de Calidad Ambiental de Aire de Ontario. Además, durante el monitoreo de mayo de 2016, los niveles medios de plomo en el aire no superaron los  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (ver Mapa N°4), dado que el plomo en el aire se deposita en el suelo.
- En relación con los niveles de plomo en suelo, se evidenció que la contaminación por este metal está presente en este componente y relacionada con su mala gestión ambiental, debido a la exposición directa de este metal con el viento, el cual se encarga de distribuirlo en su área de influencia, prevaleciendo las concentraciones de plomo por encima de los valores establecidos en el de Calidad Ambiental para Suelo (ECA). En este sentido, de enero de 2014 a mayo de 2016, 18 de 26 puntos de monitoreo presentaron disminuciones en las concentraciones de plomo. No obstante, durante el monitoreo de mayo de 2016,

el 61,5 % de los puntos de monitoreo de suelo superaron los valores de 140 y 1200 mg/kg MS indicados en el ECA para Suelo. Las concentraciones de plomo variaron de acuerdo con la distancia a las actividades de almacenamiento de concentrados de minerales; es decir, las concentraciones más altas se registraron en los puntos cercanos a los depósitos de concentrados de minerales. Por consiguiente, los puntos pertenecientes al suelo de uso industrial registraron las concentraciones más elevadas, superando el estándar de calidad ambiental de 1200 mg/kg en 5 de sus 11 puntos en mayo de 2016 (ver Mapa N°7), mientras que 11 de 15 puntos de monitoreo en suelo de uso residencial excedieron el valor del ECA de 140 mg/kg (ver Mapa N°6). Los puntos que excedieron el valor del ECA representan un riesgo significativo en la salud de las personas que habitan cerca a estos puntos; agravándose la situación por factores económicos, de salud y edad.

- A partir del análisis de los parámetros meteorológicos, y los resultados de los monitores de aire y suelo en el período en mención, se evidenciaron correlaciones bajas entre las concentraciones registradas en ambos componentes; sin embargo, los bajos niveles de plomo en aire, la prevalencia y acumulación de plomo en el suelo, por encima de los estándares de calidad ambiental, permiten apreciar una interrelación directa entre la dirección de los vientos predominantes provenientes de las actividades de los depósitos de concentrados y los altos niveles de plomo en suelo y, a la vez, la concentración de los contaminantes tiene una relación inversa con la velocidad del viento. Además, es necesario destacar que la dinámica de los vientos locales y regionales influye en el trasladado de partículas

de plomo hacia los distritos de la zona norte de Lima (Comas, Carabaylo, Independencia, Los Olivos, San Martín de Porres y Puente Piedra), sumando al proceso de degradación global de la calidad del ambiente de esos distritos.

## **7.2.Recomendaciones**

A raíz de las conclusiones producto de la presente investigación, es necesario que se garantice el derecho a gozar de un ambiente equilibrado, sano y adecuado para el desarrollo de la vida; ya que la pérdida o degradación de los recursos naturales es uno de los grandes desafíos a enfrentar a nivel ambiental, económico, social y cultural. En ese sentido, las autoridades de Salud Ambiental y demás actores competentes (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA, Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería – Osinergmin, entre otros) deberían adoptar las siguientes medidas:

- Establecer que el traslado del plomo se efectuó manteniendo una humedad en el rango del 75 al 90 % de su punto de fluidez, y se realice de forma cubierta, mediante el uso de lonas en buen estado y con una adecuada tensión en el amarre, al fin de evitar la fricción del aire con el material particulado transportado y su consecuente dispersión.
- Alrededor de los galpones se deberá implementar vegetación arbórea de follaje permanente en dos niveles, con el fin de evitar la remoción y dispersión del material particulado de plomo por acción del viento.
- Verificar que los titulares de los depósitos de concentrados capaciten de forma continua al personal involucrado en prácticas seguras de trabajo con

concentrados, enmarcadas al conocimiento del producto y los riesgos asociados a la salud y ambiente.

- Monitorear y controlar el uso adecuado de los equipos de protección al personal que labora en las actividades de los depósitos de concentrados de minerales y, a la vez, realizar exámenes clínicos al personal para determinar los niveles de plomo en sangre.
- Efectuar monitoreos periódicos de calidad de aire y suelo en la zona de estudio, así como análisis de sangre y otras evaluaciones que se consideren pertinentes, preferentemente a la población en situación de mayor riesgo (niños, mujeres, embarazadas y ancianos), para determinar la evolución del plomo y su incidencia en la salud de las personas, con la finalidad de dictar medidas correctivas.
- Implementar una estación meteorológica permanente cerca al área de estudio o, en su defecto, poner en funcionamiento la Estación San Marcos-000619, con el fin de efectuar medidas preventivas en torno a la dispersión de material particulado de plomo en aire y suelo.
- Desarrollar e implementar planes de arborización en el área de estudio para mejorar la calidad del aire y suelo de la zona.
- Fomentar charlas informativas y talleres participativos en el área de estudio sobre salud ambiental, con énfasis en la toxicidad del plomo, y teniendo como prioridad los colegios cercanos a los puntos que superaron los niveles de plomo (la I.E. N° 5045-María Reiche y el C.E.P. Julio Cesar de los Ríos).

## Referencias bibliográficas

Agencia Europea de Medio Ambiente (2002). *Con los pies en la tierra: la degradación del suelo y el desarrollo sostenible en Europa: Un desafío para el siglo XXI. Problemas medioambientales*. AEMA.

Bautista, A. et al (2004). *La calidad del suelo y sus indicadores*. *Revista Ecosistemas*. Asociación Española de Ecología Terrestre. Revisado el: 27 de febrero de 2018.  
Disponible en:  
<https://revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/viewFile/572/541>

Bautista, F. (1999). *Introducción al estudio de la contaminación del suelo por metales pesados*. Ed. Universidad Autónoma de Yucatán. México.

Buenaventura Ingenieros S.A. (2001). *Estudio de Impacto Ambiental de las Operaciones de los Depósitos de Concentrados de Minerales del Callao, Perubar S.A.-Depósito Atalaya*. Lima-Perú.

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias de Ambiente (2005). *Manual de Autoinstrucción: Orientación para el Control de la Contaminación del Aire*. CEPIS. Estados Unidos

Comité de Gestión Iniciativa Aire Limpio (2010). *II plan integral de saneamiento atmosférico para Lima-Callao, PISA 2011-2015*. Lima-Perú.

Cousillas, A (2001). Tesis doctoral: Evaluación de la exposición al plomo en la población infantil del Uruguay. Uruguay.

- Crespo, C. (2005). *Mecánica de suelos y cimentaciones*. 5<sup>ta</sup> ed. Ed. Limusa. México.
- Defensoría del Pueblo (2009). *Informe Defensorial N° 116: La Calidad del Aire en Lima y su Impacto en la Salud y la Vida de sus Habitantes*. Lima-Perú.
- Días, J. y Linares, C. (2010). *Las causas de la contaminación atmosférica y los contaminantes atmosféricos más importantes. En Observatorio de Medio Ambiente en España 2010 de DKV Seguros y ECODES, Estado de la cuestión: Contaminación atmosférica y salud*. España.
- Dirección General de Salud Ambiental (2005). *Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de los Datos*. Digesa. Lima-Perú
- Gisbert, J. (2001). *Medicina legal y toxicología*. 5<sup>ta</sup> ed. Masson Editores S.A. Barcelona-España.
- Domínguez, W. (2015). *Tesis: Representación espacial por interpolación con kriging de los contaminantes criterios para analizar la situación de la contaminación atmosférica en la zona metropolitana del Valle de Toluca en el año 2011*. Universidad Autónoma del Estado de México. México.
- Green, J. y Sánchez, S. (2013). *La calidad del Aire en América Latina: Una visión Panorámica*. Ed. Clean Air Institute. Washington.
- Henry, G. y Heinke, G. (1999). *Ingeniería ambiental*. 2<sup>da</sup> ed. Ed. Pearson Educación. México.
- Hernández, J. (2012). *Tesis: "Especiación de metales pesados contaminantes en los suelos"*

*y acuífero del río de los Remedios*”. Instituto Politécnico Nacional. México.

Hernández, M. y Espinoza, R. y Carbajal, L. (1999). *Estudio de Plomo en Sangre en Población seleccionado de Lima y el Callao (Junio 1998-Marzo 1999)*. Activity Report N°72. Revisado el 3 de octubre de 2016. Disponible en: [http://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/Pnacg429.pdf](http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/Pnacg429.pdf)

Huayhua, L. (2013). *Tesis: La respuesta estatal para solucionar el problema de contaminación ambiental por plomo en el Callao y sus efectos en la protección del derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de la vida y a la salud de la población afectada*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima-Perú.

Instituto Nacional de Estadística e Informática. 2007. *Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda*. INEI. Lima-Perú.

Insunza, J. (2007). *Física: Introducción a la Mecánica y Calor*. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Concepción.

Jaén, A. et al. (2009). *Tecnología energética y medio ambiente I*. Universidad Politécnica de Cataluña.España.

Jiménez, R. (2017). *Introducción a la contaminación de suelos*. Ed. Mundi-Prensa.España.

Ley N° 28611 (2005). *Ley General del Ambiente*. Lima-Perú.

Ley N° 26842(1997). *Ley General de Salud*.Lima-Perú.

- Loyola, R., y Soncco, C. (2007). *Beneficios económicos de la reducción del plomo en la sangre de población infantil: " El caso de Puerto Nuevo, Callao"*. UNALM. Lima-Perú.
- López, J. (2000). *Intoxicación por plomo en niños menores de seis años en un Asentamiento Humano del Callao*. UNMSM.Lima-Perú.
- Martínez, A. (2002). *Tesis: Plomo en suelo y su asociación con los niveles sanguíneos en niños y mujeres embarazadas*. Universidad de Colima.México.
- Martínez, A. y Romieu, I. (2018). *Introducción al monitoreo atmosférico*. Revisado el 19 de junio de 2018 en <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsci/e/fulltext/intromon/intromon.html>.
- Ministerio del Ambiente (2016). *Objetivos de Desarrollo Sostenible e Indicadores*. Ed. Dirección General de Investigación e Información Ambiental del Ministerio del Ambiente. Lima-Perú.
- Ministerio del Ambiente (2014). *Guía para el Muestreo de Suelos*.Minam. Lima-Perú.
- Ministerio del Ambiente (2013). *Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo*. Lima-Perú.
- Ministerio del ambiental (2011). *Compendio de la legislación ambiental peruana, volumen V, calidad ambiental. 1era ed. Ed. Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental del Ministerio del Ambiente*. Lima-Perú.

Municipalidad Provincial del Callao (2010). *Plan de Desarrollo Urbano de la Provincia Constitucional del Callao 2011-2021*. Callao-Perú.

Municipalidad Provincial del Callao (2010). *Plan de Desarrollo Concertando en la Región Callao 2011-2021*. Callao-Perú.

Municipalidad Provincial del Callao (2014). *Plan de accesibilidad al medio físico en el distrito Cercado del Callao*. Callao-Perú.

Naciones Unidas (2015). *Proyecto de documento final de la cumbre de las Naciones Unidas para la aprobación de la agenda para el desarrollo después de 2015*. Revisado el 4 de octubre de 2016. Disponible en:  
<http://www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/69/L.85>

Narciso, J. et al. (2000). *Estudio para determinar las fuentes de exposición a plomo en la Provincia Constitucional del Callao*. Digesa. Callao-Perú.

Nolasco, G. (2001). *Tesis: Determinación de la concentración de plomo en suelos de lima metropolitana y su repercusión en la contaminación ambiental*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima-Perú.

Ontario Ministry of the Environment (2012). *Ontario's Ambient Air Quality Criteria*. MOE. Canadá.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (2014). *Informe N° 479-2014/OEFA-DE-SDCA*. OEFA. Lima-Perú.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (2014). *Informe N° 650-2014/OEFA-DE-SDCA*. OEFA. Lima-Perú.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (2014). *Informe N° 1291-2014/OEFA-DE-SDCA*. OEFA. Lima-Perú.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (2015). *Informe N° 239-2015/OEFA-DE-SDCA*. OEFA. Lima-Perú.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (2015). *Informe N° 257-2015/OEFA-DE-SDCA*. OEFA. Lima-Perú.

Organismo Mundial de la Salud (1996). *El problema de exposición al plomo en América Latina y El Caribe*.OMS. México.

Organismo Mundial de la Salud (2004). *Guías para la Calidad del Aire*. Ed. CEPIS/OPS. Perú.

Organización Mundial de la Salud (2016). *Intoxicación por plomo y salud*. Revisado el 4 de octubre de 2016. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs379/es/>

Organización Mundial de la Salud (2016). *Preguntas frecuentes-Compañía internacional de Sensibilización para la prevención de la intoxicación por plomo*. Revisado el 24 de octubre de 2016. Disponible en: [http://www.who.int/ipcs/lead\\_campaign/QandA\\_lead\\_week\\_2016\\_ES.pdf?ua=1](http://www.who.int/ipcs/lead_campaign/QandA_lead_week_2016_ES.pdf?ua=1)

- Organización Mundial de la Salud (2017). *Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas: Plomo*. Revisado el 17 de julio de 2018. Disponible en: [http://www.who.int/ipcs/assessment/public\\_health/lead/es/](http://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/lead/es/)
- Oriundo, C., y Robles, J. (2009). *Tesis: Determinación de plomo en suelos debido a la contaminación por fábricas aledañas al Asentamiento Humano Cultura y Progreso del distrito de Naña-Chaclacayo*. UNMSM. Lima-Perú.
- Rodriguez, C. (2016). *Calidad y servicios de proximidad en el pequeño comercio*. EDITORIAL CEP S.L. Madrid-España.
- Rogers, R. (2003). *Física de las nubes*. Ed. Reverté S.A. España.
- Pernett, X. (2006). *Proceso para cuantificar e interpretar las características físicas y químicas del suelo que reglan su función en relación con el agua, el almacenamiento de nutrientes y la infiltración-Caso de la cuenca de la laguna Fúquene*. 1<sup>era</sup> ed. Ed. CIP. Lima-Perú.
- Silvia, S. y Correa, F. (2009). *Análisis de la contaminación del suelo: revisión de la normativa y posibilidades de regulación económica*. Universidad de Medellín. Colombia.
- Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía (2008-2017). *Boletín estadístico mensual del sector minero*. Revisado el 21 de junio de 2018. Disponible en: <http://www.snmpe.org.pe/informes-y-publicaciones/boletin-estadistico-mensual/mineria.html>.

Walsh Perú S.A (2015). *Actualización del Estudio de Impacto Ambiental del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez*. Revisado el 3 de marzo de 2018. Disponible en:  
<https://www.limaairport.com/esp/Documents/Estudio%20de%20Impacto%20Ambiental%202016.pdf>

# **Anexos**

# Anexo N° 1: Informes de ensayo del monitoreo de calidad del aire



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO  
INTERNATIONAL ACCREDITATION SERVICE - IAS  
CON REGISTRO TL - 659



## INFORME DE ENSAYO N° 161643 CON VALOR OFICIAL

Nombre del Cliente : ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL - OEFA  
Dirección : Av. República de Panamá N° 3542 - San Isidro - Lima  
Solicitado Por : ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL - OEFA  
Referencia : TDR N° 1749 - 2016  
Proyecto : Monitoreos Ambientales  
Procedencia : Callao- Callao - Lima  
Muestreo Realizado Por : OEFA  
Cantidad de Muestra : 16  
Producto : Calidad de Aire  
Fecha de Recepción : 2016/06/28  
Fecha de Ensayo : 2016/06/28 al 2016/07/12  
Fecha de Emisión : 2016/07/12

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

### I. Resultados

Código de Laboratorio	161643-01	161643-02	161643-03	161643-04
Código de Cliente	CA-Cal-1	CA-Cal-1	CA-Cal-1	CA-Cal-1
Fecha de Muestreo	24/05/2016 - 25/05/2016	25/05/2016 - 26/05/2016	26/05/2016 - 27/05/2016	27/05/2016 - 28/05/2016
Hora de Muestreo (h)	14:45-14:45	15:25-15:25	15:30-14:30	14:40-13:40
Tipo de Producto	Calidad de Aire	Calidad de Aire	Calidad de Aire	Calidad de Aire

Tipo Ensayo	Unidad	L.C.M.	Resultados			
<b>Weighing filter PM-10 High Volume</b>						
Pre Pesado	g	0,0004	2,6970	2,6855	2,6908	2,6749
Post Pesado	g	0,0004	2,7899	2,7908	2,7942	2,7617
Diferencia de Pesos	g/filtro	0,0004	0,0929	0,1053	0,1034	0,0868
<b>Weighing filter PM-2.5 High Volume</b>						
Pre Pesado	g	0,0004	2,7002	2,6816	2,6808	2,6910
Post Pesado	g	0,0004	2,7467	2,7170	2,7123	2,7346
Diferencia de Pesos	g/filtro	0,0004	0,0465	0,0354	0,0315	0,0436

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método; "≤" = Menor que el L.C.M. Indicado; ">" = Mayor al valor indicado; "-" = No Analizado

\*Std. = Condición estándar de presión (101,325KPa) y temperatura (20°C)

Código de Laboratorio	161643-05	161643-06	161643-07	161643-08
Código de Cliente	CA-Cal-2	CA-Cal-2	CA-Cal-2	CA-Cal-2
Fecha de Muestreo	25/05/2016 - 26/05/2016	26/05/2016 - 27/05/2016	27/05/2016 - 28/05/2016	28/05/2016 - 29/05/2016
Hora de Muestreo (h)	14:55-14:55	15:00-14:00	14:15-13:15	13:30-12:30
Tipo de Producto	Calidad de Aire	Calidad de Aire	Calidad de Aire	Calidad de Aire

Tipo Ensayo	Unidad	L.C.M.	Resultados			
<b>Weighing filter PM-10 High Volume</b>						
Pre Pesado	g	0,0004	2,7036	2,6915	2,6954	2,6736
Post Pesado	g	0,0004	2,7801	2,7587	2,7584	2,7664
Diferencia de Pesos	g/filtro	0,0004	0,0765	0,0672	0,0630	0,0928
<b>Weighing filter PM-2.5 High Volume</b>						
Pre Pesado	g	0,0004	2,6907	2,6972	2,6900	2,6907
Post Pesado	g	0,0004	2,7235	2,7286	2,7280	2,7487
Diferencia de Pesos	g/filtro	0,0004	0,0328	0,0294	0,0380	0,0580

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método; "≤" = Menor que el L.C.M. Indicado; ">" = Mayor al valor indicado; "-" = No Analizado

\*Std. = Condición estándar de presión (101,325KPa) y temperatura (20°C)

**INFORME DE ENSAYO N° 161643  
CON VALOR OFICIAL**

Código de Laboratorio		161643-09	161643-10	161643-11	161643-12
Código de Cliente		CA-Cal-3	CA-Cal-3	CA-Cal-3	CA-Cal-3
Fecha de Muestreo		24/05/2016 - 25/05/2016	25/05/2016 - 26/05/2016	26/05/2016 - 27/05/2016	27/05/2016 - 28/05/2016
Hora de Muestreo (h)		17:15-16:15	16:40-15:40	15:50-14:50	15:20-14:20
Tipo de Producto		Calidad de Aire	Calidad de Aire	Calidad de Aire	Calidad de Aire
Tipo Ensayo	Unidad	L.C.M.	Resultados		
<b>Weighing filter PM-10 High Volume</b>					
Pre Pesado	g	0,0004	2,6856	2,7168	2,6942
Post Pesado	g	0,0004	2,8048	2,8702	2,8115
Diferencia de Pesos	g/filtro	0,0004	0,1192	0,1514	0,1173
<b>Weighing filter PM-2.5 High Volume</b>					
Pre Pesado	g	0,0004	2,6888	2,6629	2,6692
Post Pesado	g	0,0004	2,7388	2,7088	2,7118
Diferencia de Pesos	g/filtro	0,0004	0,0500	0,0459	0,0426

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M. indicado, ">" = Mayor al valor indicado, "-" = No Analizado

\*Std.=Condición estándar de presión (101,325KPa) y temperatura (25°C)

Código de Laboratorio		161643-13	161643-14	161643-15	161643-16
Código de Cliente		CA-Cal-4	CA-Cal-4	CA-Cal-4	CA-Cal-4
Fecha de Muestreo		25/05/2016 - 26/05/2016	26/05/2016 - 27/05/2016	27/05/2016 - 28/05/2016	28/05/2016 - 29/05/2016
Hora de Muestreo (h)		11:40 - 11:40	11:50 - 11:50	12:00 - 11:00	11:30 - 10:30
Tipo de Producto		Calidad de Aire	Calidad de Aire	Calidad de Aire	Calidad de Aire
Tipo Ensayo	Unidad	L.C.M.	Resultados		
<b>Weighing filter PM-10 High Volume</b>					
Pre Pesado	g	0,0004	2,8810	2,6774	2,6650
Post Pesado	g	0,0004	2,7790	2,7677	2,7666
Diferencia de Pesos	g/filtro	0,0004	0,0980	0,0903	0,0816
<b>Weighing filter PM-2.5 High Volume</b>					
Pre Pesado	g	0,0004	2,7118	2,6900	2,6867
Post Pesado	g	0,0004	2,7486	2,7222	2,7246
Diferencia de Pesos	g/filtro	0,0004	0,0388	0,0322	0,0379

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M. indicado, ">" = Mayor al valor indicado, "-" = No Analizado

\*Std.=Condición estándar de presión (101,325KPa) y temperatura (25°C)

## INFORME DE ENSAYO N° 161643 CON VALOR OFICIAL

Código de Laboratorio		161643-01	161643-02	161643-03	161643-04		
Código de Cliente		CA-Cal-1	CA-Cal-1	CA-Cal-1	CA-Cal-1		
Fecha de Muestreo		24/05/2016 - 25/05/2016	25/05/2016 - 28/05/2016	26/05/2016 - 27/05/2016	27/05/2016 - 28/05/2016		
Hora de Muestreo (h)		14:45-14:45	15:25-15:25	15:30-14:30	14:40-13:40		
Tipo de Producto		Calidad de Aire	Calidad de Aire	Calidad de Aire	Calidad de Aire		
Tipo Ensayo	Unidad	L.D.M.	Resultados				
Metals ICP-MS							
Metals Filter PM 10 High Volume							
Ag	Silver	µg/filtro	0,01	4,81	5,72	7,17	5,57
Al	Aluminum	µg/filtro	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
As	Arsenic	µg/filtro	0,2	66,4	82,8	97,6	61,7
Ba	Barium	µg/filtro	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Be	Beryllium	µg/filtro	0,02	0,38	0,38	0,45	0,18
Cd	Cadmium	µg/filtro	0,02	5,20	7,39	8,81	4,42
Co	Cobalt	µg/filtro	0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007
Cr	Chromium	µg/filtro	0,02	8,73	10,49	10,00	7,37
Cu	Cooper	µg/filtro	0,007	543,4	580,5	721,0	414,4
Mn	Manganase	µg/filtro	0,02	73,79	344,0	129,0	96,17
Mo	Molybdenum	µg/filtro	0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Ni	Nickel	µg/filtro	0,05	21,41	17,52	24,42	5,66
Pb	Lead	µg/filtro	0,02	639,7	538,4	774,4	429,8
Sb	Antimony	µg/filtro	0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Se	Selenium	µg/filtro	1	<1	<1	<1	<1
Tl	Thallium	µg/filtro	0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
V	Vanadium	µg/filtro	0,005	73,71	49,49	73,30	13,09
Zn	Zinc	µg/filtro	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
U	Uranium	µg/filtro	0,005	4,965	8,675	3,861	4,201
Hg**	Mercury	µg/filtro	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002

Leyenda: L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M. indicado, ">" = Mayor al rango lineal permitido por la técnica analítica, "--"= No Analizado  
\*\* - Los métodos indicados no han sido acreditados por el International Accreditation Service (IAS)

**INFORME DE ENSAYO N° 161643  
CON VALOR OFICIAL**

Código de Laboratorio	161643-05	161643-06	161643-07	161643-08			
Código de Cliente	CA-Cal-2	CA-Cal-2	CA-Cal-2	CA-Cal-2			
Fecha de Muestreo	25/05/2016 - 26/05/2016	26/05/2016 - 27/05/2016	27/05/2016 - 28/05/2016	28/05/2016 - 29/05/2016			
Hora de Muestreo (h)	14:55-14:55	15:00-14:00	14:15-13:15	13:30-12:30			
Tipo de Producto	Calidad de Aire		Calidad de Aire	Calidad de Aire			
Tipo Ensayo	Unidad	L.D.M.	Resultados				
<b>Metals ICP-MS</b>							
<b>Metals Filter PM 10 High Volume</b>							
Ag	Silver	µg/filtro	0,01	0,66	0,73	0,61	1,50
Al	Aluminum	µg/filtro	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
As	Arsenic	µg/filtro	0,2	8,1	13,3	13,6	19,9
Ba	Barium	µg/filtro	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Be	Beryllium	µg/filtro	0,02	0,20	0,12	0,01	0,29
Cd	Cadmium	µg/filtro	0,02	1,40	0,95	0,92	2,75
Co	Cobalt	µg/filtro	0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007
Cr	Chromium	µg/filtro	0,02	4,21	2,84	0,61	2,40
Cu	Copper	µg/filtro	0,007	130,4	122,6	94,18	379,0
Mn	Manganese	µg/filtro	0,02	39,42	27,03	24,80	36,94
Mo	Molybdenum	µg/filtro	0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Ni	Nickel	µg/filtro	0,05	16,85	15,36	4,91	24,57
Pb	Lead	µg/filtro	0,02	71,32	63,88	41,36	142,9
Sb	Antimony	µg/filtro	0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Se	Selenium	µg/filtro	1	<1	<1	<1	<1
Tl	Thallium	µg/filtro	0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
V	Vanadium	µg/filtro	0,005	47,96	47,13	14,29	74,96
Zn	Zinc	µg/filtro	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
U	Uranium	µg/filtro	0,005	4,099	<0,005	1,250	1,454
Hg**	Mercury	µg/filtro	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002

Legenda: L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M. Indicado, ">" = Mayor al rango lineal permitido por la técnica analítica, "--"= No Analizado  
\*\* - Los métodos indicados no han sido acreditados por el International Accreditation Service (IAS)

**INFORME DE ENSAYO N° 161643  
CON VALOR OFICIAL**

Código de Laboratorio		161643-09	161643-10	161643-11	161643-12		
Código de Cliente		CA-Cal-3	CA-Cal-3	CA-Cal-3	CA-Cal-3		
Fecha de Muestreo		24/05/2016 - 25/05/2016	25/05/2016 - 26/05/2016	26/05/2016 - 27/05/2016	27/05/2016 - 28/05/2016		
Hora de Muestreo (h)		17:15-18:15	16:40-15:40	15:50-14:50	15:20-14:20		
Tipo de Producto		Calidad de Aire		Calidad de Aire	Calidad de Aire		
Tipo Ensayo	Unidad	L.D.M.	Resultados				
<b>Metals ICP-MS</b>							
<b>Metals Filter PM 10 High Volume</b>							
Ag	Silver	µg/filtro	0,01	17,75	5,46	5,25	1,11
Al	Aluminum	µg/filtro	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
As	Arsenic	µg/filtro	0,2	125,4	71,0	69,7	37,5
Ba	Barium	µg/filtro	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Be	Beryllium	µg/filtro	0,02	0,28	0,22	0,19	0,08
Cd	Cadmium	µg/filtro	0,02	10,89	8,82	5,60	2,27
Co	Cobalt	µg/filtro	0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007
Cr	Chromium	µg/filtro	0,02	7,45	10,17	6,61	5,50
Cu	Cooper	µg/filtro	0,007	984,3	429,0	683,4	205,7
Mn	Manganese	µg/filtro	0,02	125,9	144,0	120,4	90,99
Mo	Molybdenum	µg/filtro	0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Ni	Nickel	µg/filtro	0,05	20,03	19,38	18,41	6,93
Pb	Lead	µg/filtro	0,02	1444	478,9	419,3	133,2
Sb	Antimony	µg/filtro	0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Se	Selenium	µg/filtro	1	<1	<1	<1	<1
Tl	Thallium	µg/filtro	0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
V	Vanadium	µg/filtro	0,005	66,07	51,42	56,22	16,28
Zn	Zinc	µg/filtro	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
U	Uranium	µg/filtro	0,005	11,88	12,57	9,494	9,839
Hg**	Mercury	µg/filtro	0,002	0,335	0,385	<0,002	<0,002

Leyenda: L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M. indicado, ">" = Mayor al rango lineal permitido por la técnica analítica, "-/-"= No Analizado  
\*\* : Los métodos indicados no han sido acreditados por el International Accreditation Service (IAS)

**INFORME DE ENSAYO N° 161643  
CON VALOR OFICIAL**

Código de Laboratorio		161643-13	161643-14	161643-15	161643-16		
Código de Cliente		CA-Cal-4	CA-Cal-4	CA-Cal-4	CA-Cal-4		
Fecha de Muestreo		25/05/2016 - 26/05/2016	26/05/2016 - 27/05/2016	27/05/2016 - 28/05/2016	28/05/2016 - 29/05/2016		
Hora de Muestreo (h)		11:40 - 11:40	11:50 - 11:50	12:00 - 11:00	11:30 - 10:30		
Tipo de Producto		Calidad de Aire	Calidad de Aire	Calidad de Aire	Calidad de Aire		
Tipo Ensayo	Unidad	L.D.M.	Resultados				
<b>Metals ICP-MS</b>							
<b>Metals Filter PM 10 High Volume</b>							
Ag	Silver	µg/filtro	0,01	2,73	2,25	0,67	0,30
Al	Aluminum	µg/filtro	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
As	Arsenic	µg/filtro	0,2	61,1	38,7	24,6	46,5
Ba	Barium	µg/filtro	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Be	Beryllium	µg/filtro	0,02	0,27	0,23	0,06	0,20
Cd	Cadmium	µg/filtro	0,02	3,74	2,46	1,28	3,42
Co	Cobalt	µg/filtro	0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007
Cr	Chromium	µg/filtro	0,02	5,17	4,43	2,32	3,80
Cu	Copper	µg/filtro	0,007	283,2	409,9	200,9	527,2
Mn	Manganese	µg/filtro	0,02	71,50	59,12	40,06	54,67
Mo	Molybdenum	µg/filtro	0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Ni	Nickel	µg/filtro	0,05	22,83	16,73	4,68	17,68
<b>Pb</b>	<b>Lead</b>	<b>µg/filtro</b>	<b>0,02</b>	<b>253,1</b>	<b>220,1</b>	<b>69,32</b>	<b>217,3</b>
Sb	Antimony	µg/filtro	0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Se	Selenium	µg/filtro	1	<1	<1	<1	<1
Tl	Thallium	µg/filtro	0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
V	Vanadium	µg/filtro	0,005	75,03	53,58	14,34	52,05
Zn	Zinc	µg/filtro	0,05	1574	3042	<0,05	163,8
U	Uranium	µg/filtro	0,005	4,170	4,961	2,904	2,735
Hg**	Mercury	µg/filtro	0,002	1,107	1,425	<0,002	1,588

Legenda: L.D.M. = Límite de detección del método; "<"= Menor que el L.D.M. indicado; ">" = Mayor al rango lineal permitido por la técnica analítica; "--"= No Analizado  
\*\* : Los métodos indicados no han sido acreditados por el International Accreditation Service (IAS)

**II - Métodos y Referencias**

Tipo Ensayo	Norma Referencia	Título
<b>Fisicoquímicos</b>		
Weighing filter PM 10 High Volume	ETL-150430 (Validado) EPA COMpendium METHOD I.O-2.1 (1999). Establecido Pt.40 CFR 50, Appendix J EPA COMpendium METHOD I.O-3.1	Weighing filter PM-10 HIGH VOLUME. Reference Method for the Determination of Particulate Matter as PM 10 in the Atmosphere. Selection, Preparation and Extraction of Filter Material.
Weighing filter PM 2.5 High Volume	ETL-150428 (Validado) EPA COMpendium METHOD I.O-2.1 (1999). Establecido Pt.40 CFR 50, Appendix J EPA COMpendium METHOD I.O-3.1	Weighing filter PM-2.5 HIGH VOLUME. Reference Method for the Determination of Particulate Matter as PM 2.5 in the Atmosphere. Selection, Preparation and Extraction of Filter Material.
<b>Metales (ICP-MS)</b>		
Metals Filter PM 10 High Volume - Al, Sb, As, Ba, Be, Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Mn, Mo, Ni, Se, Ag, Ti, U, V, Zn and Hg**.	EPA Method IO 3.5	Determination of Metals in Ambient Particulate Matter using Inductively Coupled Plasma/ Mass spectrometer (ICP-MS).

SIGLAS: "EPA": U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemical Analysis.  
"ETL": Método Validado

\*\* : Los métodos indicados no han sido acreditados por el International Accreditation Service (IAS)

## INFORME DE ENSAYO N° 161643 CON VALOR OFICIAL

### III - Control de Calidad

Tipo Ensayo	Silver	Aluminum	Arsenic	Barium	Beryllium	Cadmium	Cobalt	Chromium
<b>Metals ICP-MS</b>								
Unidad	µg/filtro							
Lim. de Det. del Método (L.D.M)	0,01	0,01	0,2	0,1	0,02	0,02	0,007	0,02
<b>Bianco de Método (Bk-M)</b>								
Concentración del Bk-M	<0,01	<0,01	<0,2	<0,1	<0,02	<0,02	<0,007	<0,02
<b>Muestra Control (MC)</b>								
Conc. de la MC ( Referencial)	0,100	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800
Recuperación de la MC	104,0	94,8	98,1	99,5	95,3	98,1	101,4	100,2
<b>Criterio de Aceptación y Rechazo</b>								
Bianco de Método (Bk-M)	<L.D.M							
Muestra Control (MC)	80-120%	80-120%	80-120%	80-120%	80-120%	80-120%	80-120%	80-120%

Legenda: L.D.M. = Límite de cuantificación del método, "—" = No Analizado, "<" = Menor que el L.D.M. Indicado, // = No aplica

Tipo Ensayo	Cooper	Manganese	Molybdenum	Nickel	Lead	Antimony	Selenium	Thallium
<b>Metals ICP-MS</b>								
Unidad	µg/filtro	µg/filtro	µg/filtro	µg/filtro	µg/filtro	µg/filtro	µg/filtro	µg/filtro
Lim. de Det. del Método (L.D.M)	0,007	0,02	0,02	0,05	0,02	0,02	1	0,02
<b>Bianco de Método (Bk-M)</b>								
Concentración del Bk-M	<0,007	<0,02	<0,02	<0,05	<0,02	<0,02	<1	<0,02
<b>Muestra Control (MC)</b>								
Conc. de la MC ( Referencial)	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800
Recuperación de la MC	94,4	101,7	96,7	100,4	102,5	105,4	100,4	105,5
<b>Criterio de Aceptación y Rechazo</b>								
Bianco de Método (Bk-M)	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M
Muestra Control (MC)	80-120%	80-120%	80-120%	80-120%	80-120%	80-120%	80-120%	80-120%

Legenda: L.D.M. = Límite de cuantificación del método, "—" = No Analizado, "<" = Menor que el L.D.M. Indicado, // = No aplica

Tipo Ensayo	Vanadium	Zinc	Uranium	Mercury
<b>Metals ICP-MS</b>				
Unidad	µg/filtro	µg/filtro	µg/filtro	µg/filtro
Lim. de Det. del Método (L.D.M)	0,005	0,05	0,005	0,002
<b>Bianco de Método (Bk-M)</b>				
Concentración del Bk-M	<0,005	<0,05	<0,005	<0,002
<b>Muestra Control (MC)</b>				
Conc. de la MC ( Referencial)	0,800	0,800	0,800	0,800
Recuperación de la MC	102,6	94,4	98,2	104,7
<b>Criterio de Aceptación y Rechazo</b>				
Bianco de Método (Bk-M)	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M
Muestra Control (MC)	80-120%	80-120%	80-120%	80-120%

Legenda: L.D.M. = Límite de cuantificación del método, "—" = No Analizado, "<" = Menor que el L.D.M. Indicado, // = No aplica

---

**INFORME DE ENSAYO N° 161643  
CON VALOR OFICIAL**



**Alfonso Vilca M.**  
GCSSA  
C.Q.P. N° 587

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.  
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto.  
El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio.  
El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra.  
Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de Envirotest S.A.C.

\*\* FIN DEL INFORME \*\*

## Anexo N° 2: Informes de ensayo del monitoreo de calidad del suelo



### INFORME DE ENSAYO



Tipo Muestra:	<b>SUELOS MA</b>	Registrada en:	<b>AGQ Perú</b>	Cliente:	<b>OEFA</b>
Estudio:	<b>SAA-16/01835</b>	Centro Análisis:	<b>AGQ Perú</b>	Domicilio:	<b>AV. REPUBLICA DE PANAMA 3542 SAN ISIDRO LIMA</b>
Descripción:	<b>TDR N° 1750-2016</b>			Cod Cliente:	<b>106327</b>
PNT Muestreo:				Contrato:	<b>PE16-0022-MYA</b>
Cliente 3º:	<b>----</b>				
Observaciones:	<b>LUGAR DE MUESTREO: CALLAO-CALLAO-LIMA</b>				

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.

*Yoel Inigo P.A.*

Yoel Inigo CQP 826  
Resp. Lab. Inorgánico

FECHA EMISIÓN: 13/06/2016

OBSERVACIONES:

AGQ PERU, S.A.C.

Av. Santa Rosa 511 La Perla - Callao Lima, Lima, PERU

T: (511) 710 27 00

F: (511) 718 30 94

operacionesperu@agq.com.pe

www.agqlabs.com

1/6

Estudio	SAA-16/01835	Tipo Muestra:	SUELOS MA
---------	--------------	---------------	-----------

RESULTADOS ANALITICOS

Nº de Referencia Descripción	S-16/27450	S-16/27451	S-16/27452	S-16/27453	S-16/27454	S-16/27455	S-16/27456	S-16/27457		
									SUE-CAL1	SUE-CAL 2
Parámetro	Incert	Unidades								
<b>Metales Totales</b>										
Aluminio Total	± 18 %	mg/kg MS	11 278	9 173	14 229	9 368	13 943	13 371	10 745	12 407
Antimonio Total	± 13 %	mg/kg MS	3,3719	4,4813	6,1647	2,0377	1,0648	52,4	35,4	7,5606
Arsénico Total.	± 8 %	mg/kg MS	22,7	27,6	49,8	28,9	27,1	235	130	42,6
Bario Total	± 20 %	mg/kg MS	833	395	133	126	137	393	283	144
Berilio Total	± 4 %	mg/kg MS	0,372	0,218	0,448	0,283	0,432	0,494	0,313	0,375
Bismuto Total	-	mg/kg MS	1,3479	1,2592	1,7833	0,4267	0,2229	14,0	10,2	1,9257
Boro Total	± 13 %	mg/kg MS	37,3	17,0	13,7	9,98	13,5	17,3	23,7	30,8
Cadmio Total	± 4 %	mg/kg MS	1,1429	3,9080	3,3650	1,1894	0,4697	53,9	30,3	6,9540
Calcio Total	± 10 %	mg/kg MS	54 977	62 913	19 084	75 077	34 146	21 498	41 189	19 015
Cerio Total	± 7 %	mg/kg MS	15,8	15,0	24,7	17,6	24,9	24,2	17,2	24,2
Cobalto Total	± 8 %	mg/kg MS	6,393	7,371	10,7	7,980	10,2	13,9	10,6	11,9
Cobre Total	± 5 %	mg/kg MS	63,5	201	333	81,4	38,6	1 439	898	533
Cromo Total	± 7 %	mg/kg MS	13,7	16,9	14,9	11,5	12,2	27,5	19,8	15,3
Estaño Total	± 5 %	mg/kg MS	40,5	2,58	2,11	1,33	0,70	16,6	11,6	5,37
Estroncio Total	± 6 %	mg/kg MS	310	415	129	406	221	120	243	88,9
Fósforo Total	± 6 %	mg/kg MS	2 659	1 670	2 320	2 758	1 370	2 205	2 362	1 556
Hierro Total	± 13 %	mg/kg MS	18 242	25 075	26 819	20 912	25 233	33 162	29 137	29 547
Litio Total	± 9 %	mg/kg MS	36,4	26,4	28,3	17,9	27,4	29,5	23,9	22,8
Magnesio Total.	± 6 %	mg/kg MS	7 248	5 430	7 290	4 355	7 678	6 412	6 048	7 030
Manganeso Total	± 23 %	mg/kg MS	432	296	564	331	389	700	503	533
Mercurio Total	± 2 %	mg/kg MS	0,80	0,21	0,28	0,23	0,11	1,31	0,94	0,22
Molibdeno Total	± 14 %	mg/kg MS	1,409	2,874	2,216	2,449	1,893	4,131	4,662	3,826
Níquel Total	± 9 %	mg/kg MS	6,25	8,12	8,91	5,99	7,09	11,8	10,1	12,3
Plata Total	± 5 %	mg/kg MS	1,285	1,239	2,944	0,423	<0,006	29,0	14,4	3,736
Plomo Total	± 6 %	mg/kg MS	214	277	332	66,8	21,8	2 494	1 704	495
Potasio Total	± 7 %	mg/kg MS	2 389	1 978	1 672	1 397	2 021	1 892	2 727	3 162
Selenio Total	± 8 %	mg/kg MS	0,414	0,315	0,569	0,959	0,244	1,757	1,149	0,573
Sodio Total	± 9 %	mg/kg MS	2 183	4 176	2 092	368	2 171	570	6 527	4 835
Talio Total	± 5 %	mg/kg MS	0,0852	0,0838	0,1533	0,0937	0,1259	0,4167	0,2427	0,1845
Titanio Total	± 23 %	mg/kg MS	414	455	482	342	541	622	552	746
Torio Total	± 8 %	mg/kg MS	1,2017	3,1801	2,7456	10,5	4,5421	2,9970	2,7788	10,8
Uranio Total	± 8 %	mg/kg MS	0,7720	0,8146	0,9103	3,9387	0,9998	0,9884	1,1822	2,7338
Vanadio Total	± 7 %	mg/kg MS	48,1	62,2	68,0	65,8	64,6	74,9	64,1	75,9
Wolframio Total	± 24 %	mg/kg MS	0,5798	0,7022	0,5511	0,4014	0,3733	1,2780	2,4177	0,5685
Zinc Total	± 9 %	mg/kg MS	597	869	793	242	95,4	9 207	7 312	1 577
<b>Otros Parámetros Físico-Químicos</b>										
Cromo Hexavalente	± 11 %	mg/kg MS	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

Estudio SAA-16/01835

Tipo Muestra: SUELOS MA

RESULTADOS ANALITICOS

Nº de Referencia 5-16/27458 5-16/27459  
Descripción SUE-CAL 9 SUE CAL 10

Parámetro Incert Unidades

**Metales Totales**

Parámetro	Incert	Unidades	5-16/27458	5-16/27459
Aluminio Total	± 18 %	mg/kg MS	11 471	12 180
Antimonio Total	± 13 %	mg/kg MS	5,3718	2,5479
Arsénico Total	± 8 %	mg/kg MS	40,1	37,1
Bario Total	± 20 %	mg/kg MS	316	155
Berilio Total	± 4 %	mg/kg MS	0,444	0,468
Bismuto Total	-	mg/kg MS	1,2657	0,5622
Boro Total	± 13 %	mg/kg MS	18,8	20,9
Cadmio Total	± 4 %	mg/kg MS	4,2760	1,4659
Calcio Total	± 10 %	mg/kg MS	23 208	45 154
Cerio Total	± 7 %	mg/kg MS	25,5	23,1
Cobalto Total	± 8 %	mg/kg MS	9,926	10,6
Cobre Total	± 5 %	mg/kg MS	225	91,7
Cromo Total	± 7 %	mg/kg MS	19,6	13,6
Estaño Total	± 5 %	mg/kg MS	4,45	1,68
Estroncio Total	± 6 %	mg/kg MS	167	335
Fósforo Total	± 6 %	mg/kg MS	1 890	2 671
Hierro Total	± 13 %	mg/kg MS	26 340	25 688
Litio Total	± 9 %	mg/kg MS	30,7	47,3
Magnesio Total	± 6 %	mg/kg MS	7 150	7 639
Manganeso Total	± 23 %	mg/kg MS	469	532
Mercurio Total	± 2 %	mg/kg MS	0,28	0,12
Molibdeno Total	± 14 %	mg/kg MS	2,169	1,488
Níquel Total	± 9 %	mg/kg MS	10,6	8,32
Plata Total	± 5 %	mg/kg MS	1,537	0,585
Plomo Total	± 6 %	mg/kg MS	255	82,6
Potasio Total	± 7 %	mg/kg MS	2 843	1 694
Selenio Total	± 8 %	mg/kg MS	0,342	0,252
Sodio Total	± 9 %	mg/kg MS	4 038	613
Talio Total	± 5 %	mg/kg MS	0,2017	0,1215
Titanio Total	± 23 %	mg/kg MS	634	560
Torio Total	± 8 %	mg/kg MS	4,5591	3,0608
Uranio Total	± 8 %	mg/kg MS	1,1371	1,0066
Vanadio Total	± 7 %	mg/kg MS	71,3	70,5
Wolframio Total	± 24 %	mg/kg MS	0,8746	0,7527
Zinc Total	± 9 %	mg/kg MS	1 158	298

**Otros Parámetros Físico-Químicos**

Cromo Hexavalente ± 11 % mg/kg MS < 0,1 < 0,1



## INFORME DE ENSAYO



Estudio SAA-16/01835

Tipo Muestra: SUELOS MA

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están recogidas en el anexo técnico adjunto. Si aparece marca de acreditación, los parámetros marcados con asterisco (\*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. NA: Ensayo subcontratado y no acreditado

Estudio SAA-16/01835

Tipo Muestra: SUELOS MA

ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref Norma	Rango (1)
<b>Metales Totales</b>				
Aluminio Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,15 - 50 000 mg/kg MS
Antimonio Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,0017 - 1 000 mg/kg MS
Arsénico Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,4 - 5 000 mg/kg MS
Bario Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,03 - 5 000 mg/kg MS
Berilio Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,001 - 1 000 mg/kg MS
* Bismuto Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,0008 - 2 000 mg/kg MS
Boro Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		0,18 - 2 000 mg/kg MS
Cadmio Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,0007 - 1 000 mg/kg MS
Calcio Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		8,00 - 100 000 mg/kg MS
Cerio Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		0,0005 - 1 000 mg/kg MS
Cobalto Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,003 - 1 000 mg/kg MS
Cobre Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,03 - 10 000 mg/kg MS
Cromo Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,1 - 1 000 mg/kg MS
Estaño Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		0,01 - 2 000 mg/kg MS
Estroncio Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		0,004 - 2 000 mg/kg MS
Fósforo Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		0,8 - 50 000 mg/kg MS
Hierro Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		0,006 - 100 000 mg/kg MS
Litio Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		0,01 - 2 000 mg/kg MS
Magnesio Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		0,1 - 50 000 mg/kg MS
Manganeso Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		3,00 - 10 000 mg/kg MS
Mercurio Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,03 - 1 000 mg/kg MS
Molibdeno Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,003 - 1 000 mg/kg MS
Niquel Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,09 - 1 000 mg/kg MS
Plata Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,006 - 1 000 mg/kg MS
Plomo Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,006 - 5 000 mg/kg MS
Potasio Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		8,00 - 50 000 mg/kg MS
Selenio Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,004 - 2 000 mg/kg MS
Sodio Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		1,0 - 50 000 mg/kg MS
Talio Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,0002 - 1 000 mg/kg MS
Titanio Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		0,06 - 2 000 mg/kg MS
Torio Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,0001 - 1 000 mg/kg MS
Uranio Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,0002 - 1 000 mg/kg MS
Vanadio Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,6 - 1 000 mg/kg MS
Wolframio Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		0,0017 - 2 000 mg/kg MS
Zinc Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,17 - 10 000 mg/kg MS
<b>Otros Parámetros Físico-Químicos</b>				
Cromo Hexavalente	PP-205	Espect ICP-OES		0,1 - 250 mg/kg MS

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están recogidas en el anexo técnico adjunto. Si aparece marca de acreditación, los parámetros marcados con asterisco (\*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. NA: Ensayo subcontratado y no acreditado

(1) El rango mínimo se corresponde con el límite de Determinación, a partir del cual cuantificamos.

Estudio		Tipo Muestra: SUELOS MA							
SAA-16/01835									
MUESTRAS									
Nº de Referencia	Punto de Muestreo	Fecha/Hora Muestreo	Lugar de Muestreo	Coordenadas x,y	Fecha Inicio	Fecha Recepción	Análisis	Muestreado por	
S-16/27450	SUE-CAL1	26/05/2016 13:44	CALLAO - CALLAO - LIMA		02/06/2016	31/05/2016	S-0221-PE	Cliente	
S-16/27451	SUE-CAL 2	25/05/2016 13:03	CALLAO - CALLAO - LIMA		02/06/2016	31/05/2016	S-0221-PE	Cliente	
S-16/27452	SUE-CAL 3	25/05/2016 09:42	CALLAO - CALLAO - LIMA		02/06/2016	31/05/2016	S-0221-PE	Cliente	
S-16/27453	SUE-CAL 4	25/05/2016 13:16	CALLAO - CALLAO - LIMA		02/06/2016	31/05/2016	S-0221-PE	Cliente	
S-16/27454	SUE-CAL 5	26/05/2016 11:21	CALLAO - CALLAO - LIMA		02/06/2016	31/05/2016	S-0221-PE	Cliente	
S-16/27455	SUE-CAL 6	26/05/2016 09:35	CALLAO - CALLAO - LIMA		02/06/2016	31/05/2016	S-0221-PE	Cliente	
S-16/27456	SUE-CAL 7	26/05/2016 09:03	CALLAO - CALLAO - LIMA		02/06/2016	31/05/2016	S-0221-PE	Cliente	
S-16/27457	SUE-CAL 8	26/05/2016 09:10	CALLAO - CALLAO - LIMA		02/06/2016	31/05/2016	S-0221-PE	Cliente	
S-16/27458	SUE-CAL 9	25/05/2016 12:45	CALLAO - CALLAO - LIMA		02/06/2016	31/05/2016	S-0221-PE	Cliente	
S-16/27459	SUE-CAL 10	27/05/2016 11:00	CALLAO - CALLAO - LIMA		02/06/2016	31/05/2016	S-0221-PE	Cliente	



## INFORME DE ENSAYO



Tipo Muestra:	<b>SUELOS MA</b>	Registrada en:	AGQ Perú	Cliente:	OEFA
Estudio:	SAA-16/01836	Centro Análisis:	AGQ Perú	Domicilio:	AV. REPUBLICA DE PANAMA 3542 SAN ISIDRO LIMA
Descripción:	TDR N° 1750-2016			Cod Cliente:	106327
PNT Muestreo:				Contrato:	PE16-0022-MYA
Cliente 3º:	----				
Observaciones:	LUGAR DE MUESTREO: CALLAO-CALLAO-LIMA				

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.

*Guillermo PA*

Yoel Iñigo CQP 826  
Resp. Lab. Inorgánico

FECHA EMISIÓN: 25/07/2016

OBSERVACIONES:

AGQ PERU, S.A.C.

Av. Santa Rosa 511 La Perla - Callao Lima Lima PERU

T: (511) 710 27 00

F: (511) 718 30 94

operacionesperu@agq.com.pe

www.agqlabs.com

1/6

Estudio	SAA-16/01836	Tipo Muestra:	SUELOS MA
---------	--------------	---------------	-----------

**RESULTADOS ANALITICOS**

Nº de Referencia	S-16/27460	S-16/27461	S-16/27462	S-16/27463	S-16/27465	S-16/27466	S-16/27468	S-16/27477
Descripción	SUE-CAL 11	SUE-CAL 12	SUE-CAL 13	SUE-CAL 14	SUE-CAL 15	SUE-CAL 16	SUE-CAL 17	SUE-CAL 18

Parámetro	Incert	Unidades	S-16/27460	S-16/27461	S-16/27462	S-16/27463	S-16/27465	S-16/27466	S-16/27468	S-16/27477
<b>Metales Totales</b>										
Aluminio Total	± 18 %	mg/kg MS	12 992	8 911	11 856	11 439	14 807	15 422	11 232	12 360
Antimonio Total	± 13 %	mg/kg MS	8,0149	77,8	10,5	24,8	16,0	13,5	29,1	16,5
Arsénico Total	± 8 %	mg/kg MS	54,7	407	62,1	125	80,5	105	154	45,8
Bario Total	± 20 %	mg/kg MS	120	55,1	149	231	228	169	368	205
Berilio Total	± 4 %	mg/kg MS	0,422	0,274	0,419	0,442	0,506	0,667	0,382	0,407
Bismuto Total	-	mg/kg MS	0,9062	29,1	2,6346	6,3171	3,7703	5,6943	8,6078	0,9037
Boro Total	± 13 %	mg/kg MS	19,6	16,8	13,6	17,2	20,4	19,1	15,6	30,0
Cadmio Total	± 4 %	mg/kg MS	1,7138	114	4,0900	12,7	7,0273	13,7	25,6	2,4641
Calcio Total	± 10 %	mg/kg MS	18 331	47 817	18 004	24 741	27 808	13 385	30 210	35 420
Cerio Total	± 7 %	mg/kg MS	20,6	13,1	23,3	22,3	24,0	25,8	19,3	20,8
Cobalto Total	± 8 %	mg/kg MS	10,5	19,3	11,2	9,724	10,5	12,8	10,5	9,615
Cobre Total	± 5 %	mg/kg MS	115	3 161	346	604	482	603	971	132
Cromo Total	± 7 %	mg/kg MS	14,3	13,2	21,7	17,0	16,6	37,9	16,8	16,3
Estaño Total	± 5 %	mg/kg MS	1,24	18,3	3,20	11,2	61,5	5,55	7,60	5,16
Estroncio Total	± 6 %	mg/kg MS	152	228	123	150	178	106	167	249
Fósforo Total	± 6 %	mg/kg MS	1 981	2 269	1 446	2 618	2 408	2 485	1 880	2 009
Hierro Total	± 13 %	mg/kg MS	26 725	30 363	26 418	25 079	27 754	28 351	29 143	29 513
Litio Total	± 9 %	mg/kg MS	32,5	16,1	29,7	29,5	37,4	60,9	23,1	34,3
Magnesio Total	± 6 %	mg/kg MS	6 367	5 771	6 582	6 247	7 483	6 762	5 856	7 435
Manganeso Total	± 23 %	mg/kg MS	401	917	367	463	541	604	501	671
Mercurio Total	± 2 %	mg/kg MS	0,33	1,38	0,26	0,76	0,65	0,82	0,69	0,28
Molibdeno Total	± 14 %	mg/kg MS	2,319	5,570	2,565	2,856	2,024	3,210	3,965	2,301
Niquel Total	± 9 %	mg/kg MS	8,83	9,24	8,56	10,2	19,7	14,8	9,40	8,68
Plata Total	± 5 %	mg/kg MS	1,295	56,8	3,779	14,7	7,789	8,779	17,4	1,564
Plomo Total	± 6 %	mg/kg MS	137	4 348	276	1 002	622	548	1 413	208
Potasio Total	± 7 %	mg/kg MS	2 227	2 038	2 099	1 765	2 695	2 208	1 867	2 267
Selenio Total	± 8 %	mg/kg MS	0,448	3,739	0,372	0,717	0,295	0,576	1,103	0,450
Sodio Total	± 9 %	mg/kg MS	5 390	3 260	2 210	498	889	653	1 670	3 204
Talio Total	± 5 %	mg/kg MS	0,1688	0,4581	0,1540	0,2034	0,1799	0,2581	0,2602	0,1650
Titanio Total	± 23 %	mg/kg MS	636	312	757	509	625	626	590	670
Torio Total	± 8 %	mg/kg MS	5,1544	1,1625	4,7578	2,3063	2,2475	2,5896	2,6048	3,1592
Uranio Total	± 8 %	mg/kg MS	1,6022	1,3056	1,1439	0,9589	0,8917	1,0799	1,1411	1,1589
Vanadio Total	± 7 %	mg/kg MS	82,9	47,9	70,6	61,6	58,9	62,4	70,5	77,2
Wolframio Total	± 24 %	mg/kg MS	1,6309	1,4524	1,1525	0,9038	1,3592	2,6319	2,7678	6,4011
Zinc Total	± 9 %	mg/kg MS	439	> 10 000	1 020	2 846	1 715	3 402	6 337	1 086

**Otros Parámetros Físico-Químicos**

Parámetro	Incert	Unidades	S-16/27460	S-16/27461	S-16/27462	S-16/27463	S-16/27465	S-16/27466	S-16/27468	S-16/27477
Cromo Hexavalente	± 11 %	mg/kg MS	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1

Estudio	SAA-16/01836	Tipo Muestra:	SUELOS MA
---------	--------------	---------------	-----------

RESULTADOS ANALITICOS

Nº de Referencia	5-16/27478	5-16/27479		
Descripción	SUE-CAL 19	SUE-CAL 20		
Parámetro	Incert	Unidades		
<b>Metales Totales</b>				
Aluminio Total	± 18 %	mg/kg MS	11 556	14 726
Antimonio Total	± 13 %	mg/kg MS	83,6	4,2779
Arsénico Total	± 8 %	mg/kg MS	518	60,4
Bario Total	± 20 %	mg/kg MS	159	129
Berilio Total	± 4 %	mg/kg MS	0,381	0,540
* Bismuto Total	-	mg/kg MS	30,0	0,7136
Boro Total	± 13 %	mg/kg MS	48,2	8,65
Cadmio Total	± 4 %	mg/kg MS	54,3	1,7338
Calcio Total	± 10 %	mg/kg MS	35 131	9 321
Cerio Total	± 7 %	mg/kg MS	19,9	27,7
Cobalto Total	± 8 %	mg/kg MS	12,6	12,0
Cobre Total	± 5 %	mg/kg MS	4 543	198
Cromo Total	± 7 %	mg/kg MS	16,0	13,6
Estaño Total	± 5 %	mg/kg MS	21,9	1,63
Estroncio Total	± 6 %	mg/kg MS	213	77,0
Fósforo Total	± 6 %	mg/kg MS	1 194	869
Hierro Total	± 13 %	mg/kg MS	32 325	29 061
Litio Total	± 9 %	mg/kg MS	26,6	52,1
Magnesio Total	± 6 %	mg/kg MS	7 669	6 664
Manganeso Total	± 23 %	mg/kg MS	683	531
Mercurio Total	± 2 %	mg/kg MS	1,17	0,35
Molibdeno Total	± 14 %	mg/kg MS	46,3	2,165
Niquel Total	± 9 %	mg/kg MS	10,5	8,87
Plata Total	± 5 %	mg/kg MS	35,5	1,716
Plomo Total	± 6 %	mg/kg MS	1 956	138
Potasio Total	± 7 %	mg/kg MS	1 820	1 555
Selenio Total	± 8 %	mg/kg MS	3,384	0,103
Sodio Total	± 9 %	mg/kg MS	12 845	940
Talio Total	± 5 %	mg/kg MS	0,4684	0,1532
Titanio Total	± 23 %	mg/kg MS	676	781
Torio Total	± 8 %	mg/kg MS	3,1692	5,6556
Uranio Total	± 8 %	mg/kg MS	1,2996	0,9361
Vanadio Total	± 7 %	mg/kg MS	64,9	76,6
Wolframio Total	± 24 %	mg/kg MS	3,3853	1,0459
Zinc Total	± 9 %	mg/kg MS	9 248	404

Otros Parámetros Físico-Químicos

Cromo Hexavalente	± 11 %	mg/kg MS	< 0,1	< 0,1
-------------------	--------	----------	-------	-------

Estudio

SAA-16/01836

Tipo Muestra: SUELOS MA

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están recogidas en el anexo técnico adjunto. Si aparece marca de acreditación, los parámetros marcados con asterisco (\*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. NA: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado

Estudio		Tipo Muestra: SUELOS MA		
ANEXO TECNICO				
Parámetro	PNT	Técnica	Ref Norma	Rango (1)
<b>Metales Totales</b>				
Aluminio Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,15 - 50 000 mg/kg MS
Antimonio Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,0017 - 1 000 mg/kg MS
Arsénico Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,4 - 5 000 mg/kg MS
Bario Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,03 - 5 000 mg/kg MS
Berilio Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,001 - 1 000 mg/kg MS
Bismuto Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,0008 - 2 000 mg/kg MS
Boro Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		0,18 - 2 000 mg/kg MS
Cadmio Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,0007 - 1 000 mg/kg MS
Calcio Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		8,00 - 100 000 mg/kg MS
Cerio Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		0,0005 - 1 000 mg/kg MS
Cobalto Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,003 - 1 000 mg/kg MS
Cobre Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,03 - 10 000 mg/kg MS
Cromo Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,1 - 1 000 mg/kg MS
Estañio Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		0,01 - 2 000 mg/kg MS
Estroncio Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		0,004 - 2 000 mg/kg MS
Fósforo Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		0,8 - 50 000 mg/kg MS
Hierro Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		0,006 - 100 000 mg/kg MS
Litio Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		0,01 - 2 000 mg/kg MS
Magnesio Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		0,1 - 50 000 mg/kg MS
Manganeso Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		3,00 - 10 000 mg/kg MS
Mercurio Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,03 - 1 000 mg/kg MS
Molibdeno Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,003 - 1 000 mg/kg MS
Niquel Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,09 - 1 000 mg/kg MS
Plata Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,006 - 1 000 mg/kg MS
Plomo Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,006 - 5 000 mg/kg MS
Potasio Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		8,00 - 50 000 mg/kg MS
Selenio Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,004 - 2 000 mg/kg MS
Sodio Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		1,0 - 50 000 mg/kg MS
Talio Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,0002 - 1 000 mg/kg MS
Titanio Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		0,06 - 2 000 mg/kg MS
Torio Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,0001 - 1 000 mg/kg MS
Uranio Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,0002 - 1 000 mg/kg MS
Vanadio Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,6 - 1 000 mg/kg MS
Wolframio Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		0,0017 - 2 000 mg/kg MS
Zinc Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,17 - 10 000 mg/kg MS
<b>Otros Parámetros Físico-Químicos</b>				
Cromo Hexavalente	PP-205	Espect ICP-OES		0,1 - 250 mg/kg MS

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están recogidas en el anexo técnico adjunto. Si aparece marca de acreditación, los parámetros marcados con asterisco (\*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. NA: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado

(1) El rango mínimo se corresponde con el límite de Determinación, a partir del cual cuantificamos.

Estudio	SAA-16/01836	Tipo Muestra:	SUELOS MA
---------	--------------	---------------	-----------

MUESTRAS								
N° de Referencia	Punto de Muestreo	Fecha/Hora Muestreo	Lugar de Muestreo	Coordenadas x,y	Fecha Inicio	Fecha Recepción	Análisis	Muestreado por
S-16/27460	SUE-CAL 11	27/05/2016 11:26	CALLAO - CALLAO - LIMA		02/06/2016	31/05/2016	S-0221-PE	Cliente
S-16/27461-W1	SUE-CAL 12	26/05/2016 09:23	CALLAO - CALLAO - LIMA		14/06/2016	31/05/2016	S-0221-PE	Cliente
S-16/27462	SUE-CAL 13	25/05/2016 11:20	CALLAO - CALLAO - LIMA		02/06/2016	31/05/2016	S-0221-PE	Cliente
S-16/27463	SUE-CAL 14	25/05/2016 11:10	CALLAO - CALLAO - LIMA		02/06/2016	31/05/2016	S-0221-PE	Cliente
S-16/27465	SUE-CAL 15	25/05/2016 11:00	CALLAO - CALLAO - LIMA		02/06/2016	31/05/2016	S-0221-PE	Cliente
S-16/27466	SUE-CAL 16	26/05/2016 11:05	CALLAO - CALLAO - LIMA		02/06/2016	31/05/2016	S-0221-PE	Cliente
S-16/27468	SUE-CAL 17	26/05/2016 09:18	CALLAO - CALLAO - LIMA		02/06/2016	31/05/2016	S-0221-PE	Cliente
S-16/27477	SUE-CAL 18	26/05/2016 08:26	CALLAO - CALLAO - LIMA		02/06/2016	31/05/2016	S-0221-PE	Cliente
S-16/27478	SUE-CAL 19	26/05/2016 08:50	CALLAO - CALLAO - LIMA		02/06/2016	31/05/2016	S-0221-PE	Cliente
S-16/27479	SUE-CAL 20	26/05/2016 10:50	CALLAO - CALLAO - LIMA		02/06/2016	31/05/2016	S-0221-PE	Cliente



## INFORME DE ENSAYO



Tipo Muestra:	<b>SUELOS MA</b>	Registrada en:	AGQ Perú	Cliente:	OEFA
Estudio	SAA-16/01837	Centro Análisis:	AGQ Perú	Domicilio:	AV. REPUBLICA DE PANAMA 3542 SAN ISIDRO LIMA
Descripción	TDR N° 1750-2016			Cod Cliente:	106327
PNT Muestreo				Contrato:	PE16-0022-MYA
Cliente 3º:	----				
Observaciones:	LUGAR DE MUESTREO: CALLAO-CALLAO-LIMA				

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.

*Yoel Iñigo P.A.*

Yoel Iñigo CQP 826  
Resp. Lab. Inorgánico

FECHA EMISIÓN: 13/06/2016

OBSERVACIONES:

Estudio			Tipo Muestra: SUELOS MA						
Estudio			SAA-16/01837						
RESULTADOS ANALITICOS									
Nº de Referencia			5-16/27481	5-16/27482	5-16/27483	5-16/27484	5-16/27485	5-16/27486	5-16/27487
Descripción			SUE-CAL 21	SUE-CAL 22	SUE-CAL 23	SUE-CAL 24	SUE-CAL 25	SUE-CAL 26	SUE-CAL 27
Parámetro	Incert	Unidades							
<b>Metales Totales</b>									
Aluminio Total	± 18 %	mg/kg MS	10 277	14 416	8 576	11 661	10 732	9 027	11 395
Antimonio Total	± 13 %	mg/kg MS	43,2	3,9482	614	11,7	20,1	70,3	2,7487
Arsénico Total	± 8 %	mg/kg MS	167	42,6	1 205	52,0	111	279	27,3
Bario Total	± 20 %	mg/kg MS	261	125	104	143	232	213	93,8
Berilio Total	± 4 %	mg/kg MS	0,312	0,505	0,229	0,398	0,438	0,352	0,366
Bismuto Total	-	mg/kg MS	27,7	1,1092	132	0,9263	9,2039	18,9	0,2737
Boro Total	± 13 %	mg/kg MS	12,5	7,73	39,4	18,6	26,1	13,3	12,8
Cadmio Total	± 4 %	mg/kg MS	49,9	1,6122	450	2,9733	21,9	45,3	0,6807
Calcio Total	± 10 %	mg/kg MS	19 498	8 857	20 553	23 697	20 410	29 960	15 788
Cerio Total	± 7 %	mg/kg MS	18,8	24,9	12,9	21,2	22,1	17,8	21,5
Cobalto Total	± 8 %	mg/kg MS	10,7	11,6	21,6	9,219	10,0	11,4	8,452
Cobre Total	± 5 %	mg/kg MS	1 380	166	6 045	118	504	2 412	52,5
Cromo Total	± 7 %	mg/kg MS	50,2	12,3	16,7	14,0	19,6	23,0	13,2
Estaño Total	± 5 %	mg/kg MS	24,3	1,45	42,1	5,21	10,2	13,5	1,68
Estroncio Total	± 6 %	mg/kg MS	110	77,6	107	173	112	117	104
Fósforo Total	± 6 %	mg/kg MS	2 019	1 021	848	2 822	2 166	2 225	1 425
Hierro Total	± 13 %	mg/kg MS	31 422	26 654	38 959	24 308	27 957	30 324	25 433
Litio Total	± 9 %	mg/kg MS	27,6	45,6	27,4	31,2	19,4	12,0	26,7
Magnesio Total	± 6 %	mg/kg MS	4 945	6 509	7 250	6 472	6 530	5 248	5 605
Manganeso Total	± 23 %	mg/kg MS	580	513	1 540	402	498	551	371
Mercurio Total	± 2 %	mg/kg MS	1,30	0,40	5,95	0,28	0,45	1,02	0,16
Molibdeno Total	± 14 %	mg/kg MS	7,461	1,745	15,4	1,914	5,280	7,043	1,067
Niquel Total	± 9 %	mg/kg MS	35,5	8,66	13,8	7,97	11,8	13,4	6,61
Plata Total	± 5 %	mg/kg MS	35,6	1,988	69,1	2,476	10,4	36,1	0,721
Plomo Total	± 6 %	mg/kg MS	3 230	146	16 323	200	1 099	3 081	48,0
Potasio Total	± 7 %	mg/kg MS	1 788	1 921	2 251	2 425	2 659	2 027	2 119
Selenio Total	± 8 %	mg/kg MS	1,754	0,359	8,727	0,506	0,927	2,495	0,152
Sodio Total	± 9 %	mg/kg MS	658	760	8 930	3 972	4 041	3 767	623
Talio Total	± 5 %	mg/kg MS	0,3970	0,1602	2,6069	0,1632	0,2701	0,4404	0,1298
Titanio Total	± 23 %	mg/kg MS	578	747	421	561	612	535	693
Torio Total	± 8 %	mg/kg MS	3,0384	6,2856	2,4261	3,2368	2,4163	1,4016	4,8681
Uranio Total	± 8 %	mg/kg MS	1,3121	0,9785	1,0821	0,9508	1,0432	1,7395	1,1704
Vanadio Total	± 7 %	mg/kg MS	46,0	67,4	42,1	56,0	67,6	60,7	66,1
Wolframio Total	± 24 %	mg/kg MS	3,5251	0,9295	3,6062	2,1962	1,1825	2,7439	0,8443
Zinc Total	± 9 %	mg/kg MS	9 844	383	19 057	795	5 708	7 556	183
<b>Otros Parámetros Físico-Químicos</b>									
Cromo Hexavalente	± 11 %	mg/kg MS	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1

Estudio SAA-16/01837 TDR N° 1750-2016

Tipo Muestra: SUELOS MA

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las Incertidumbres están recogidas en el anexo técnico adjunto. Si aparece marca de acreditación, los parámetros marcados con asterisco (\*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él . A: Ensayo subcontratado y acreditado. NA: Ensayo subcontratado y no acreditado

Estudio		Tipo Muestra: SUELOS MA		
ANEXO TECNICO				
Parámetro	PNT	Técnica	Ref Norma	Rango (1)
<b>Metales Totales</b>				
Aluminio Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,15 - 50 000 mg/kg MS
Antimonio Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,0017 - 1 000 mg/kg MS
Arsénico Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,4 - 5 000 mg/kg MS
Bario Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,03 - 5 000 mg/kg MS
Berilio Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,001 - 1 000 mg/kg MS
* Bismuto Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,0008 - 2 000 mg/kg MS
Boro Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		0,18 - 2 000 mg/kg MS
Cadmio Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,0007 - 1 000 mg/kg MS
Calcio Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		8,00 - 100 000 mg/kg MS
Cerio Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		0,0005 - 1 000 mg/kg MS
Cobalto Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,003 - 1 000 mg/kg MS
Cobre Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,03 - 10 000 mg/kg MS
Cromo Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,1 - 1 000 mg/kg MS
Estaño Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		0,01 - 2 000 mg/kg MS
Estroncio Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		0,004 - 2 000 mg/kg MS
Fósforo Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		0,8 - 50 000 mg/kg MS
Hierro Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		0,006 - 100 000 mg/kg MS
Litio Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		0,01 - 2 000 mg/kg MS
Magnesio Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		0,1 - 50 000 mg/kg MS
Manganeso Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		3,00 - 10 000 mg/kg MS
Mercurio Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,03 - 1 000 mg/kg MS
Molibdeno Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,003 - 1 000 mg/kg MS
Níquel Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,09 - 1 000 mg/kg MS
Plata Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,006 - 1 000 mg/kg MS
Plomo Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,006 - 5 000 mg/kg MS
Potasio Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		8,00 - 50 000 mg/kg MS
Selenio Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,004 - 2 000 mg/kg MS
Sodio Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		1,0 - 50 000 mg/kg MS
Talio Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,0002 - 1 000 mg/kg MS
Titanio Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		0,06 - 2 000 mg/kg MS
Torio Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,0001 - 1 000 mg/kg MS
Uranio Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,0002 - 1 000 mg/kg MS
Vanadio Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,6 - 1 000 mg/kg MS
Wolframio Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		0,0017 - 2 000 mg/kg MS
Zinc Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,17 - 10 000 mg/kg MS
<b>Otros Parámetros Físico-Químicos</b>				
Cromo Hexavalente	PP-205	Espect ICP-OES		0,1 - 250 mg/kg MS

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están recogidas en el anexo técnico adjunto. Si aparece marca de acreditación, los parámetros marcados con asterisco (\*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. NA: Ensayo subcontratado y no acreditado

(1) El rango mínimo se corresponde con el límite de Determinación, a partir del cual cuantificamos.

Estudio		Tipo Muestra: SUELOS MA						
SAA-16/01837								
MUESTRAS								
Nº de Referencia	Punto de Muestreo	Fecha/Hora Muestreo	Lugar de Muestreo	Coordenadas x,y	Fecha Inicio	Fecha Recepción	Análisis	Muestreado por
S-16/27481	SUE-CAL 21	26/05/2016 11:15	CALLAO - CALLAO - LIMA		07/06/2016	31/05/2016	S-0221-PE	Cliente
S-16/27482	SUE-CAL 22	26/05/2016 10:58	CALLAO - CALLAO - LIMA		02/06/2016	31/05/2016	S-0221-PE	Cliente
S-16/27483	SUE-CAL 23	26/05/2016 09:54	CALLAO - CALLAO - LIMA		02/06/2016	31/05/2016	S-0221-PE	Cliente
S-16/27484	SUE-CAL 24	26/05/2016 08:37	CALLAO - CALLAO - LIMA		02/06/2016	01/06/2016	S-0221-PE	Cliente
S-16/27485	SUE-CAL 25	26/05/2016 08:57	CALLAO - CALLAO - LIMA		02/06/2016	31/05/2016	S-0221-PE	Cliente
S-16/27486	SUE-CAL 26	26/05/2016 09:30	CALLAO - CALLAO - LIMA		02/06/2016	31/05/2016	S-0221-PE	Cliente
S-16/27487	SUE-CAL 27	26/05/2016 14:10	CALLAO - CALLAO - LIMA		02/06/2016	31/05/2016	S-0221-PE	Cliente



## INFORME DE ENSAYO



Tipo Muestra:	<b>SUELOS MA</b>	Registrada en:	<b>AGQ Perú</b>	Cliente:	<b>OEFA</b>
Estudio	<b>SAA-16/01838</b>	Centro Análisis:	<b>AGQ Perú</b>	Domicilio:	<b>AV. REPUBLICA DE PANAMA 3542 SAN ISIDRO LIMA</b>
Descripción	<b>TDR N° 1750-2016</b>			Cod Cliente:	<b>106327</b>
PNT Muestreo				Contrato:	<b>PE16-0022-MYA</b>
Cliente 3°:	<b>----</b>				
Observaciones:	<b>LUGAR DE MUESTREO: CALLAO-CALLAO-LIMA</b>				

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.

*Joel Iñigo P.A.*

Yoel Iñigo CQP 826  
Resp. Lab. Inorgánico

FECHA EMISIÓN: 22/06/2016

OBSERVACIONES:

AGQ PERU, S.A.C.

Av. Santa Rosa 511 La Perla - Callao Lima, Lima, PERU

T: (511) 710 27 00

F: (511) 718 30 94

operacionesperu@agq.com.pe

www.agqlabs.com

1/4

Estudio SAA-16/01838

Tipo Muestra: SUFLOS MA

RESULTADOS ANALITICOS

Nº de Referencia Descripción S-16/27488 SUE-DUP 1 S-16/27489 SUE-DUP 2 S-16/27490 SUE-DUP 3

Parámetro	Incert	Unidades	S-16/27488 SUE-DUP 1	S-16/27489 SUE-DUP 2	S-16/27490 SUE-DUP 3
<b>Metales Totales</b>					
Aluminio Total	± 18 %	mg/kg MS	10 189	15 369	11 680
Antimonio Total	± 13 %	mg/kg MS	3,9125	5,7618	2,3106
Arsénico Total.	± 8 %	mg/kg MS	25,4	45,5	36,2
Bario Total	± 20 %	mg/kg MS	298	130	124
Berilio Total	± 4 %	mg/kg MS	0,385	0,653	0,480
Bismuto Total	-	mg/kg MS	0,9695	1,3910	0,5921
Boro Total	± 13 %	mg/kg MS	21,2	19,8	20,3
Cadmio Total	± 4 %	mg/kg MS	3,0493	2,5785	1,4818
Calcio Total	± 10 %	mg/kg MS	81 020	22 987	55 475
Cerio Total	± 7 %	mg/kg MS	15,6	27,8	20,3
Cobalto Total	± 8 %	mg/kg MS	7,342	11,4	9,785
Cobre Total	± 5 %	mg/kg MS	146	260	90,1
Cromo Total	± 7 %	mg/kg MS	15,8	14,9	12,3
Estaño Total	± 5 %	mg/kg MS	1,52	1,89	2,31
Estroncio Total	± 6 %	mg/kg MS	472	130	293
Fósforo Total	± 6 %	mg/kg MS	1 663	1 653	1 754
Hierro Total	± 13 %	mg/kg MS	19 586	27 832	23 414
Litio Total	± 9 %	mg/kg MS	35,4	32,6	37,2
Magnesio Total.	± 6 %	mg/kg MS	6 110	8 116	7 659
Manganeso Total	± 23 %	mg/kg MS	329	728	583
Mercurio Total	± 2 %	mg/kg MS	0,14	0,28	0,12
Molibdeno Total	± 14 %	mg/kg MS	2,255	2,252	1,423
Níquel Total	± 9 %	mg/kg MS	7,48	8,99	7,78
Plata Total	± 5 %	mg/kg MS	1,737	10,6	1,331
<b>Plomo Total</b>	<b>± 6 %</b>	<b>mg/kg MS</b>	<b>162</b>	<b>228</b>	<b>83,7</b>
Potasio Total	± 7 %	mg/kg MS	2 742	1 968	1 670
Selenio Total	± 8 %	mg/kg MS	0,389	< 0,004	0,082
Sodio Total	± 9 %	mg/kg MS	3 793	2 353	623
Talio Total	± 5 %	mg/kg MS	0,0652	0,1965	0,1200
Titanio Total	± 23 %	mg/kg MS	495	574	487
Torio Total	± 8 %	mg/kg MS	4,4775	1,3346	< 0,0001
Uranio Total	± 8 %	mg/kg MS	1,0024	0,9217	0,8459
Vanadio Total	± 7 %	mg/kg MS	67,9	76,3	67,6
Wolframio Total	± 24 %	mg/kg MS	0,3592	0,2161	0,3012
Zinc Total	± 9 %	mg/kg MS	559	486	322

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están recogidas en el anexo técnico adjunto. Si aparece marca de acreditación, los parámetros marcados con asterisco (\*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. NA: Ensayo subcontratado y no acreditado

Estudio	SAA-16/01838	Tipo Muestra:	SUELOS MA
---------	--------------	---------------	-----------

**ANEXO TECNICO**

Parámetro	PNT	Técnica	Ref Norma	Rango (1)
<b>Metales Totales</b>				
Aluminio Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,15 - 50 000 mg/kg MS
Antimonio Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,0017 - 1 000 mg/kg MS
Arsénico Total.	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,4 - 5 000 mg/kg MS
Bario Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,03 - 5 000 mg/kg MS
Berilio Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,001 - 1 000 mg/kg MS
* Bismuto Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,0008 - 2 000 mg/kg MS
Boro Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		0,18 - 2 000 mg/kg MS
Cadmio Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,0007 - 1 000 mg/kg MS
Calcio Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		8,00 - 100 000 mg/kg MS
Cerio Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		0,0005 - 1 000 mg/kg MS
Cobalto Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,003 - 1 000 mg/kg MS
Cobre Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,03 - 10 000 mg/kg MS
Cromo Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,1 - 1 000 mg/kg MS
Estaño Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		0,01 - 2 000 mg/kg MS
Estroncio Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		0,004 - 2 000 mg/kg MS
Fósforo Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		0,8 - 50 000 mg/kg MS
Hierro Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		0,006 - 100 000 mg/kg MS
Litio Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		0,01 - 2 000 mg/kg MS
Magnesio Total.	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		0,1 - 50 000 mg/kg MS
Manganeso Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		3,00 - 10 000 mg/kg MS
Mercurio Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,03 - 1 000 mg/kg MS
Molibdeno Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,003 - 1 000 mg/kg MS
Niquel Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,09 - 1 000 mg/kg MS
Plata Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,006 - 1 000 mg/kg MS
Plomo Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,006 - 5 000 mg/kg MS
Potasio Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		8,00 - 50 000 mg/kg MS
Selenio Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,004 - 2 000 mg/kg MS
Sodio Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		1,0 - 50 000 mg/kg MS
Talio Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,0002 - 1 000 mg/kg MS
Titanio Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		0,06 - 2 000 mg/kg MS
Torio Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,0001 - 1 000 mg/kg MS
Uranio Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,0002 - 1 000 mg/kg MS
Vanadio Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,6 - 1 000 mg/kg MS
Wolframio Total	EPA 200.8 (VAL)	Espect ICP-MS		0,0017 - 2 000 mg/kg MS
Zinc Total	EPA 200.8	Espect ICP-MS		0,17 - 10 000 mg/kg MS

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están recogidas en el anexo técnico adjunto. Si aparece marca de acreditación, los parámetros marcados con asterisco (\*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. NA: Ensayo subcontratado y no acreditado

(1) El rango mínimo se corresponde con el límite de Determinación, a partir del cual cuantificamos.

Estudio		SAA-16/01838		Tipo Muestra: SUELOS MA				
MUESTRAS								
Nº de Referencia	Punto de Muestreo	Fecha/Hora Muestreo	Lugar de Muestreo	Coordenadas x,y	Fecha Inicio	Fecha Recepción	Análisis	Muestreado por
S-16/27488	SUE-DUP 1	25/05/2016 11:00	CALLAO - CALLAO - LIMA		02/06/2016	31/05/2016	S-0157-PE	Cliente
S-16/27489	SUE-DUP 2	26/05/2016 12:00	CALLAO - CALLAO - LIMA		02/06/2016	31/05/2016	S-0157-PE	Cliente
S-16/27490	SUE-DUP 3	27/05/2016 11:00	CALLAO - CALLAO - LIMA		02/06/2016	31/05/2016	S-0157-PE	Cliente

### Anexo N° 3: Información meteorológica

Estación: Aeropuerto Internacional Jorge Chávez

Latitud: 12°01'S

Departamento: Lima

Longitud: 77° 07' w

Provincia: Provincia Constitucional del Callao

Parámetro: Precipitación total mensual (mm)

Altitud: 12 m s. n. m.

Distrito: Callao

Año \ Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Total anual
<b>1961</b>	0,4	0,4	0,2	0,0	0,1	0,0	3,6	1,1	1,9	0,3	0,0	0,0	8,0
<b>1962</b>	0,0	0,0	0,2	0,0	0,5	0,6	1,0	1,8	1,0	0,4	0,3	1,2	7,0
<b>1963</b>	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,3	0,0	1,0	0,8	0,4	0,2	0,0	2,8
<b>1964</b>	0,3	0,3	0,5	0,0	0,4	1,1	8,1	9,6	0,0	0,1	0,0	0,1	20,5
<b>1965</b>	0,0	0,2	0,0	0,0	1,1	0,2	0,0	0,9	3,7	0,2	0,0	0,0	6,3
<b>1966</b>	0,0	0,0	3,4	0,0	0,2	0,9	0,1	1,9	0,9	0,2	0,1	1,5	9,2
<b>1967</b>	0,4	2,4	0,0	0,0	0,1	0,5	1,7	1,6	2,8	0,0	0,0	0,2	9,7
<b>1968</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,3	2,2	0,9	0,8	1,4	0,0	0,4	7,7
<b>1969</b>	0,0	0,0	1,8	0,5	0,2	3,0	0,4	3,2	0,0	0,9	0,1	0,2	10,3
<b>1970</b>	10,5	0,9	0,0	0,0	0,3	1,5	2,9	1,0	0,6	0,2	0,0	0,7	18,6
<b>1971</b>	2,6	0,3	0,6	0,0	0,0	0,9	0,3	6,0	0,2	0,0	0,0	0,0	10,9
<b>1972</b>	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,1	0,0	0,0	4,7
<b>1973</b>	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,2	0,5	0,1	0,0	0,0	1,3
<b>1974</b>	0,0	0,2	0,0	0,0	0,3	4,8	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	5,7
<b>1975</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,1	0,4	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8
<b>1976</b>	0,0	0,7	0,0	0,1	0,3	0,0	0,0	0,6	0,1	0,1	0,0	0,0	1,9
<b>1977</b>	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,4	0,9	0,6	0,4	0,3	0,0	0,6	3,4
<b>1978</b>	0,0	0,0	0,9	0,1	0,0	0,0	0,0	0,4	0,9	0,0	0,0	0,0	2,3
<b>1979</b>	0,0	0,0	1,4	0,0	0,8	0,9	1,1	1,1	0,8	0,1	0,0	1,0	7,2
<b>1980</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	1,9	0,5	0,9	0,2	0,0	0,0	5,2

Año \ Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Total anual
<b>1981</b>	3,8	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	1,1	3,6	0,0	0,2	0,0	0,0	9,3
<b>1982</b>	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,6	0,1	0,4	0,3	0,0	0,6	0,0	2,6
<b>1983</b>	0,6	0,0	0,7	0,2	0,9	1,5	2,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	6,7
<b>1984</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,4	0,0	0,0	0,4	0,4	1,5
<b>1985</b>	0,0	2,5	0,3	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,7	0,3	0,0	0,0	4,7
<b>1986</b>	0,0	1,3	0,9	0,0	0,0	0,3	0,0	1,1	1,0	0,1	0,1	0,1	4,9
<b>1987</b>	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,8
<b>1988</b>	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,3	0,2	1,0	0,2	0,0	0,0	0,5	2,9
<b>1989</b>	0,0	0,5	0,6	0,0	0,0	0,1	0,2	1,5	0,6	0,0	0,1	0,2	3,8
<b>1990</b>	0,2	0,0	0,0	0,0	1,3	1,8	0,6	0,7	0,7	0,4	0,6	0,5	6,8
<b>2002</b>	0,0	1,1	0,0	TRZ	TRZ	1,0	0,8	TRZ	0,2	TRZ	TRZ	0,0	3,1
<b>2003</b>	TRZ	TRZ	TRZ	0,0	TRZ	TRZ	TRZ	0,5	TRZ	TRZ	TRZ	TRZ	0,5
<b>2004</b>	TRZ	0,0	0,3	TRZ	TRZ	0,6	0,4	TRZ	TRZ	TRZ	TRZ	TRZ	1,3
<b>2005</b>	TRZ	TRZ	TRZ	TRZ	0,1	TRZ	0,1						
<b>2006</b>	TRZ	TRZ	0,0	TRZ	TRZ	TRZ	TRZ	0,4	TRZ	TRZ	TRZ	TRZ	0,4
<b>2007</b>	TRZ	TRZ	0,4	0,0	TRZ	TRZ	0,6	0,7	0,4	TRZ	TRZ	0,0	2,1
<b>2008</b>	TRZ	0,0	TRZ	0,0	0,2	1,0	TRZ	0,3	0,9	0,2	0,1	TRZ	2,7
<b>2009</b>	0,0	TRZ	1,4	TRZ	TRZ	0,3	0,8	TRZ	0,1	0,2	1,5	1,0	5,3
<b>2010</b>	0,3	0,1	0,0	0,0	TRZ	TRZ	TRZ	0,4	0,2	0,1	TRZ	TRZ	1,1
<b>2011</b>	1,0	0,2	TRZ	TRZ	0,0	TRZ	0,7	0,2	0,3	TRZ	TRZ	TRZ	2,4

**Nota:** El indicativo TRZ significa trazas de precipitación y es equivalente a una cantidad menor a 0,1 mm.

**S:** Desviación estándar y C.V.: Coeficiente de variabilidad.

**Estación: Aeropuerto Internacional Jorge Chávez**

**Latitud: 12°01'S**

**Departamento: Lima**

**Longitud: 77° 07' w**

**Provincia: Provincia Constitucional del Callao**

**Parámetro: Temperatura media mensual multianual (°C)**

**Altitud: 12 m s. n. m.**

**Distrito: Callao**

Año \ Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Media
<b>2002</b>	21,1	22,6	23,8	21,2	19,0	16,5	15,7	15,6	16,0	17,3	18,3	20,2	18,9
<b>2003</b>	22,2	23,3	22,0	19,3	17,3	16,4	16,6	15,4	15,9	17,2	19,1	20,3	18,8
<b>2004</b>	22,2	22,9	21,8	20,4	16,9	16,3	16,8	16,5	17,6	17,9	19,3	21,4	19,2
<b>2005</b>	23,0	22,2	22,6	20,6	18,5	16,9	16,5	16,8	16,0	16,4	18,1	20,7	19,0
<b>2006</b>	22,5	23,6	22,3	20,0	17,7	17,4	18,4	17,8	17,5	18,4	19,4	20,8	19,7
<b>2007</b>	23,5	23,6	22,7	20,6	17,7	15,6	16,3	15,5	14,9	15,7	17,3	19,3	18,6
<b>2008</b>	22,5	23,0	23,7	20,3	17,4	17,7	18,6	17,7	17,5	17,5	19,2	21,0	19,7
<b>2009</b>	22,7	23,7	23,1	21,5	18,2	18,2	18,4	17,1	17,1	17,5	19,3	21,2	19,8
<b>2010</b>	23,3	24,2	23,4	21,6	19,4	17,5	15,8	15,6	15,9	16,7	18,0	19,6	19,3
<b>2011</b>	21,8	22,9	21,2	20,2	19,6	19,5	17,6	16,3	16,3	17,5	19,2	20,8	19,4

S: Desviación estándar y C.V.: Coeficiente de variabilidad.

**Estación:** Aeropuerto Internacional Jorge Chávez    **Latitud:** 12°01'S    **Departamento:** Lima  
**Parámetro:** Humedad relativa media mensual multianual (%)    **Longitud:** 77° 07' w    **Provincia:** Provincia Constitucional del Callao  
**Altitud:** 12 m s. n. m.    **Distrito:** Callao

Año \ Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Media
1961	82,0	84,0	86,0	84,0	84,0	85,0	83,0	83,0	86,0	85,0	82,0	82,0	83,8
1962	85,0	84,0	85,0	84,0	84,0	85,0	86,0	87,0	87,0	84,0	82,0	82,0	84,6
1963	82,0	85,0	85,0	88,0	87,0	84,0	83,0	86,0	86,0	81,0	82,0	82,0	84,3
1964	83,0	84,0	85,0	85,0	88,0	89,0	87,0	88,0	84,0	86,0	83,0	82,0	85,3
1965	83,0	86,0	81,0	83,0	84,0	80,0	82,0	82,0	86,0	85,0	80,0	82,0	82,8
1966	79,0	85,0	82,0	83,0	85,0	84,0	83,0	86,0	85,0	85,0	83,0	83,0	83,6
1967	84,0	82,0	86,0	84,0	88,0	87,0	89,0	89,0	89,0	86,0	84,0	83,0	85,9
1968	84,0	83,0	86,0	89,0	87,0	87,0	85,0	85,0	84,0	85,0	83,0	83,0	85,1
1969	82,0	82,0	83,0	83,0	82,0	84,0	83,0	85,0	86,0	83,0	83,0	82,0	83,2
1970	84,0	83,0	82,0	86,0	89,0	84,0	89,0	87,0	86,0	85,0	84,0	85,0	85,3
1971	84,0	83,0	83,0	87,0	87,0	87,0	86,0	88,0	87,0	83,0	82,0	82,0	84,9
1972	87,0	82,0	83,0	83,0	76,0	78,0	79,0	80,0	85,0	82,0	80,0	79,0	81,2
1973	83,0	80,0	85,0	83,0	84,0	89,0	86,0	86,0	86,0	83,0	83,0	82,0	84,2
1974	83,0	81,0	80,0	86,0	83,0	84,0	82,0	83,0	83,0	83,0	81,0	81,0	82,5
1975	81,0	83,0	82,0	82,0	86,0	84,0	82,0	84,0	84,0	81,0	81,0	79,0	82,4
1976	80,0	81,0	83,0	83,0	81,0	79,0	81,0	81,0	85,0	80,0	79,0	79,0	81,0
1977	79,0	82,0	80,0	79,0	83,0	82,0	83,0	80,0	83,0	79,0	76,0	80,0	80,5
1978	80,0	79,0	78,0	83,0	87,0	86,0	87,0	86,0	86,0	81,0	80,0	80,0	82,8
1979	80,0	80,0	77,0	80,0	86,0	85,0	83,0	82,0	84,0	83,0	77,0	78,0	81,3
1980	79,0	82,0	80,0	84,0	86,0	86,0	85,0	85,0	85,0	84,0	81,0	82,0	83,3
1981	83,0	78,0	83,0	85,0	84,0	85,0	85,0	84,0	85,0	83,0	84,0	83,0	83,5
1982	83,0	85,0	85,0	86,0	85,0	84,0	83,0	86,0	84,0	79,0	82,0	79,0	83,4

Año \ Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Media
1983	78,0	77,0	79,0	75,0	77,0	75,0	79,0	78,0	83,0	79,0	78,0	78,0	78,0
1984	77,0	83,0	77,0	85,0	84,0	82,0	80,0	81,0	80,0	81,0	81,0	78,0	80,8
1985	76,0	76,0	81,0	83,0	86,0	83,0	87,0	84,0	84,0	82,0	80,0	77,0	81,6
1986	79,0	80,0	79,0	83,0	83,0	83,0	82,0	84,0	83,0	80,0	81,0	79,0	81,3
1987	78,0	77,0	77,0	82,0	81,0	81,0	81,0	80,0	81,0	81,0	78,0	64,0	78,4
1988	80,0	78,0	82,0	80,0	83,0	82,0	83,0	84,0	84,0	83,0	78,0	78,0	81,3
1989	76,0	80,0	78,0	87,0	88,0	82,0	80,0	84,0	86,0	84,0	81,0	79,0	82,1
1990	79,0	78,0	82,0	81,0	82,0	84,0	81,0	81,0	81,0	80,0	81,0	80,0	80,8
2002	85,0	82,0	80,0	87,0	87,0	87,0	88,0	89,0	88,0	86,0	86,0	85,0	85,8
2003	85,0	83,0	83,0	86,0	90,0	87,0	86,0	88,0	87,0	85,0	82,0	86,0	85,7
2004	83,0	81,0	83,0	85,0	89,0	89,0	84,0	84,0	85,0	83,0	82,0	81,0	84,1
2005	80,0	82,0	80,0	81,0	81,0	81,0	81,0	78,0	82,0	80,0	77,0	76,0	79,9
2006	76,0	76,0	76,0	78,0	85,0	81,0	78,0	79,0	79,0	79,0	79,0	78,0	78,7
2007	77,0	75,0	79,0	80,0	84,0	86,0	81,0	82,0	85,0	83,0	83,0	81,0	81,3
2008	81,0	77,0	78,0	81,0	84,0	80,0	73,0	82,0	80,0	81,0	80,0	79,0	79,7
2009	79,0	78,0	79,0	80,0	88,0	81,0	81,0	82,0	83,0	82,0	81,0	80,0	81,2
2010	80,0	80,0	79,0	80,0	83,0	83,0	84,0	83,0	84,0	83,0	81,0	83,0	81,9
2011	78,0	79,0	81,0	83,0	80,0	81,0	84,0	85,0	83,0	81,0	81,0	81,0	81,4

S: Desviación estándar y C.V.: Coeficiente de variabilidad.

Estación: **Aeropuerto Internacional Jorge Chávez**

Latitud: **12°01'S**

Departamento: **Lima**

Parámetro: **Presión atmosférica media mensual  
multianual (hPa)**

Longitud: **77° 07' w**

Provincia: **Provincia Constitucional del Callao**

Altitud: **12 m s. n. m.**

Distrito: **Callao**

Año	Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Media
<b>1962</b>		1013,3	1012,2	1012,6	1012,8	1014,0	1014,8	1014,3	1015,0	1014,2	1014,7	1013,8	1013,3	1013,8
<b>1963</b>		1012,1	1012,4	1011,1	1012,4	1013,3	1014,2	1014,4	1013,7	1014,1	1014,3	1014,4	1012,7	1013,3
<b>1964</b>		1011,9	1010,8	1011,5	1012,3	1013,6	1014,6	1015,0	1015,0	1014,5	1014,4	1012,8	1012,4	1013,2
<b>1965</b>		1011,0	1009,5	1010,5	1011,7	1011,8	1013,0	1012,8	1013,0	1013,6	1013,7	1012,9	1011,1	1012,1
<b>1966</b>		1009,9	1010,2	1010,0	1011,6	1013,6	1015,1	1014,2	1014,8	1014,3	1013,8	1013,5	1012,2	1012,8
<b>1967</b>		1011,2	1011,1	1011,1	1011,5	1012,5	1014,4	1014,6	1014,6	1015,1	1014,1	1013,9	1013,2	1013,1
<b>1968</b>		1011,2	1011,9	1012,1	1013,0	1013,8	1015,7	1014,8	1014,9	1014,3	1014,0	1014,1	1012,4	1013,5
<b>1969</b>		1010,5	1009,8	1010,8	1011,9	1012,3	1013,7	1014,0	1014,3	1013,4	1013,6	1013,2	1012,3	1012,5
<b>1970</b>		1012,3	1011,1	1011,0	1011,6	1013,9	1014,5	1015,5	1014,5	1014,3	1013,8	1014,4	1011,7	1013,2
<b>1971</b>		1012,0	1011,2	1010,8	1011,9	1014,2	1015,3	1014,2	1015,5	1015,0	1014,6	1013,9	1011,4	1013,3
<b>1972</b>		1010,6	1010,5	1010,0	1011,7	1012,2	1012,5	1012,3	1013,2	1013,2	1013,2	1012,8	1011,5	1012,0
<b>1973</b>		1010,6	1010,5	1010,8	1011,9	1013,5	1014,4	1015,0	1015,3	1015,8	1014,5	1014,0	1014,4	1013,4
<b>1974</b>		1012,0	1010,8	1011,6	1011,8	1014,0	1014,3	1015,0	1014,1	1014,8	1013,8	1012,7	1012,1	1013,1
<b>1975</b>		1011,4	1011,9	1011,1	1011,8	1012,2	1014,2	1015,6	1015,4	1015,4	1014,4	1014,2	1013,2	1013,4
<b>1976</b>		1011,1	1011,5	1009,9	1012,0	1013,0	1013,0	1013,2	1014,2	1014,0	1014,3	1012,7	1010,5	1012,5
<b>1977</b>		1010,4	1010,6	1009,4	1011,8	1013,1	1013,9	1013,4	1014,4	1014,2	1014,2	1013,2	1012,2	1012,6
<b>1978</b>		1012,6	1011,0	1012,2	1012,4	1013,0	1014,6	1014,0	1014,6	1014,6	1013,6	1012,5	1012,6	1013,1
<b>1979</b>		1011,9	1011,6	1011,5	1011,6	1013,5	1015,0	1015,0	1013,9	1014,3	1014,4	1013,2	1012,4	1013,2
<b>1980</b>		1011,0	1011,6	1009,6	1011,0	1013,0	1013,6	1014,2	1014,7	1014,4	1014,1	1014,0	1012,2	1012,8
<b>1981</b>		1013,0	1010,1	1011,6	1011,9	1013,9	1014,6	1014,9	1014,9	1014,5	1014,0	1013,2	1012,2	1013,2
<b>1982</b>		1012,5	1011,4	1011,0	1012,4	1013,3	1013,5	1013,0	1013,1	1013,6	1013,1	1011,2	1010,1	1012,3

Año \ Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Media
<b>1983</b>	1008,8	1008,9	1009,1	1005,5	1003,8	1011,6	1012,6	1014,5	1014,5	1013,5	1012,9	1013,2	1010,7
<b>1984</b>	1012,1	1009,9	1010,9	1012,3	1013,2	1013,9	1014,3	1014,9	1014,5	1014,2	1014,3	1010,8	1012,9
<b>1985</b>	1012,5	1010,4	1009,6	1011,4	1013,2	1012,2	1014,5	1015,1	1014,4	1013,9	1013,8	1013,3	1012,9
<b>1986</b>	1011,7	1011,8	1011,6	1011,4	1013,4	1014,1	1015,0	1013,6	1014,0	1014,9	1012,4	1011,9	1013,0
<b>1987</b>	1010,7	1009,2	1009,9	1010,8	1012,2	1013,4	1013,0	1013,4	1014,2	1013,7	1012,7	1011,9	1012,1
<b>1988</b>	1011,7	1010,4	1011,4	1012,2	1013,3	1015,3	1015,7	1015,3	1015,0	1013,8	1013,8	1013,2	1013,4
<b>1989</b>	1011,2	1011,0	1011,4	1011,4	1013,8	1014,7	1014,9	1014,5	1013,9	1014,1	1012,9	1013,6	1013,1
<b>1990</b>	1009,9	1012,1	1011,0	1012,1	1012,7	1013,4	1014,8	1014,9	1014,4	1014,1	1012,4	1011,9	1012,8
<b>2002</b>	1011,0	1010,0	1009,3	1010,5	1011,0	1012,9	1013,8	1012,8	1013,1	1011,7	1011,9	1011,5	1011,6
<b>2003</b>	1010,9	1009,7	1010,0	1011,3	1011,8	1013,1	1013,5	1013,7	1013,5	1012,7	1011,8	1011,2	1011,9
<b>2004</b>	1011,3	1010,3	1008,9	1011,0	1012,1	1013,0	1013,5	1013,6	1012,9	1012,9	1011,9	1011,2	1011,9
<b>2005</b>	1010,7	1009,7	1011,0	1010,4	1012,3	1012,5	1013,6	1013,3	1013,5	1013,7	1012,5	1011,7	1012,1
<b>2006</b>	1010,0	1009,4	1009,6	1010,4	1012,1	1012,9	1013,0	1012,4	1013,0	1012,7	1011,5	1011,9	1011,6
<b>2007</b>	1009,6	1010,4	1009,6	1011,3	1012,2	1012,9	1013,8	1014,2	1014,0	1013,6	1011,7	1012,5	1012,2
<b>2008</b>	1010,3	1010,7	1010,1	1009,9	1012,6	1013,4	1014,0	1013,3	1013,4	1013,8	1012,5	1012,0	1012,2
<b>2009</b>	1011,0	1009,5	1009,4	1010,6	1011,7	1012,8	1012,6	1012,8	1012,8	1011,9	1011,0	1011,2	1011,4
<b>2010</b>	1009,7	1008,6	1009,6	1010,7	1012,1	1014,2	1014,8	1014,3	1013,8	1014,0	1013,1	1011,6	1012,2
<b>2011</b>	1009,9	1010,0	1010,2	1011,0	1011,9	1012,6	1012,9	1013,4	1013,9	1013,6	1012,4	1011,2	1011,9

S: Desviación estándar y C.V.: Coeficiente de variabilidad.

Estación: Aeropuerto Internacional Jorge Chávez

Latitud: 12°01'S

Departamento: Lima

Longitud: 77° 07' w

Provincia: Provincia Constitucional del Callao

Parámetro: Dirección predominante del viento

Altitud: 12 m s. n. m.

Distrito: Callao

Año \ Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1965	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
1966	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
1967	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
1968	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
1969	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
1970	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
1971	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
1972	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
1973	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
1974	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
1975	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
1976	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
1977	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
1978	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
1979	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
1980	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
1981	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
1982	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
1983	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S

<b>Año</b>	<b>Mes</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
<b>1984</b>		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
<b>1985</b>		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
<b>1986</b>		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
<b>1987</b>		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
<b>1988</b>		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
<b>1989</b>		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
<b>1990</b>		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
<b>2002</b>		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
<b>2003</b>		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
<b>2004</b>		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
<b>2005</b>		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
<b>2006</b>		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
<b>2007</b>		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
<b>2008</b>		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
<b>2009</b>		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
<b>2010</b>		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
<b>2011</b>		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S

Estación: Aeropuerto Internacional Jorge Chávez

Latitud: 12°01'S

Departamento: Lima

Parámetro: Velocidad media mensual  
multianual del viento (m/s)

Longitud: 77° 07' w

Provincia: Provincia Constitucional del Callao

Altitud: 12 m s. n. m.

Distrito: Callao

Año \ Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Media
1965	4,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1
1966	4,0	4,0	4,0	3,0	3,0	2,0	2,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
1967	3,0	3,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	3,0	3,0	3,0	4,0	2,6
1968	4,0	4,0	2,0	3,0	2,0	2,0	2,0	3,0	4,0	4,0	4,0	4,0	3,2
1969	3,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	2,0	3,0	3,0	4,0	4,0	4,0	3,6
1970	4,0	4,0	4,0	3,0	2,0	2,0	2,0	3,0	3,0	4,0	3,0	3,0	3,1
1971	4,0	3,0	3,0	3,0	2,0	2,0	2,0	2,0	3,0	3,0	4,0	3,0	2,8
1972	4,0	3,0	3,0	3,0	4,0	3,0	4,0	3,0	4,0	3,0	4,0	4,0	3,5
1973	5,0	4,0	4,0	3,0	2,0	2,0	2,0	2,0	3,0	3,0	3,0	4,0	3,1
1974	4,0	3,0	2,0	3,0	2,0	2,0	2,0	5,0	3,0	3,0	4,0	4,0	3,1
1975	5,0	3,0	3,0	4,0	2,0	3,0	2,0	2,0	3,0	4,0	3,0	4,0	3,2
1976	4,0	2,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	4,0	4,0	4,0	3,2
1977	5,0	4,0	4,0	3,0	3,0	2,0	3,0	3,0	3,0	4,0	3,0	3,0	3,3
1978	4,0	5,0	3,0	3,0	3,0	2,0	3,0	2,0	3,0	3,0	4,0	3,0	3,2
1979	4,0	4,0	4,0	4,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	4,0	4,0	3,4
1980	4,0	4,0	3,0	3,0	3,0	2,0	2,0	3,0	3,0	3,0	4,0	4,0	3,2
1981	4,0	4,0	3,0	3,0	2,0	2,0	2,0	3,0	4,0	4,0	4,0	4,0	3,3
1982	5,0	4,0	4,0	4,0	4,0	3,0	3,0	3,0	3,0	4,0	4,0	5,0	3,8
1983	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	4,0	4,0	4,0	4,0	5,0	5,0	4,7
1984	4,0	3,0	4,0	2,0	3,0	4,0	4,0	4,0	5,0	5,0	5,0	5,0	4,0
1985	4,0	4,0	4,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	4,0	4,0	4,0	3,5
1986	4,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0

Año \ Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Media
<b>1987</b>	4,0	3,0	4,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	4,0	2,0	3,2
<b>1988</b>	4,0	4,0	3,0	4,0	4,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	4,0	4,0	3,5
<b>1989</b>	4,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	4,0	3,0	4,0	4,0	4,0	3,4
<b>1990</b>	4,0	4,0	4,0	3,0	2,0	2,0	3,0	3,0	3,0	4,0	4,0	4,0	3,3
<b>2002</b>	2,8	2,2	2,2	2,7	2,3	2,0	2,2	2,0	2,6	2,7	2,9	3,3	2,5
<b>2003</b>	3,5	3,8	3,1	2,8	2,2	2,2	2,2	2,4	2,6	3,1	3,4	3,1	2,9
<b>2004</b>	3,9	3,6	3,0	2,7	1,9	2,0	2,6	2,6	2,5	2,8	3,0	3,5	2,8
<b>2005</b>	3,8	3,0	2,8	2,6	2,3	2,1	2,4	2,6	2,5	2,6	3,0	3,9	2,8
<b>2006</b>	3,5	2,7	2,7	2,8	2,0	2,1	2,3	2,4	2,9	3,0	2,9	3,2	2,7
<b>2007</b>	3,6	3,0	3,0	2,5	2,1	1,8	2,1	2,4	2,7	3,0	3,1	3,4	2,7
<b>2008</b>	3,3	2,5	2,6	2,3	2,0	2,1	2,9	3,0	3,3	2,9	3,3	3,7	2,8
<b>2009</b>	3,0	3,4	2,8	2,4	2,1	2,3	3,0	2,9	3,0	3,3	3,3	3,6	2,9
<b>2010</b>	3,9	3,7	3,7	3,4	3,1	2,5	2,7	2,9	3,5	2,9	3,0	2,9	3,2
<b>2011</b>	3,2	3,0	2,1	2,7	2,7	2,9	2,8	2,4	2,9	3,2	3,1	3,5	2,9

S: Desviación estándar y C.V.: Coeficiente de variabilidad.



**OCÉANO  
PACÍFICO**



**LEYENDA**

- Puntos de monitoreo de calidad del aire
- Puntos de monitoreo de calidad del suelo
- Curvas de nivel (Isohipsas)
- Distrito de Bellavista
- Distrito del Callao
- Provincia Constitucional del Callao
- Provincia de Lima



**UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLAREAL**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y  
 ECOTURISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



---

Tesis:

**EVOLUCIÓN TEMPORAL Y ESPACIAL DE LOS NIVELES DE PLOMO EN EL AIRE Y SUELO, DE ENERO 2014 A MAYO 2016. DISTRITO DEL CALLAO**

---

Título:

**ISOHIPSAS DEL ÁREA DE ESTUDIO**

---

Fuente:	Año:	Elaborado por:	Revisado por:	Mapa :
IGN	2018	Bach. Martínez Alvarez, Lucy Valentina	Mg. Sc Muñoz Ortega, César	<b>Nº10</b>