

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE CIENCIAS



**“CUANTIFICACIÓN DE PLOMO EN SUELOS DE UNA
COMUNIDAD EN EL DISTRITO DE ATE - LIMA”**

**TRABAJO ACADÉMICO PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERA AMBIENTAL**

FLOR ISABEL HUANAY PÁEZ

LIMA – PERÚ

2020

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE CIENCIAS

**“CUANTIFICACIÓN DE PLOMO EN SUELOS DE UNA
COMUNIDAD EN EL DISTRITO DE ATE - LIMA”**

Presentada por:

Flor Isabel Huanay Páez

Trabajo Académico para Optar el Título Profesional de:

INGENIERA AMBIENTAL

Sustentada y aprobada por el siguiente jurado:

Dr. Ernesto Ever Menacho Casimiro
PRESIDENTE

Ph.D. Lizardo Visitación Figueroa
MIEMBRO

Ph.D. Julio Cesar Alegre Orihuela
MIEMBRO

Mg. Quím. Mary Flor Cesare Coral
ASESORA

Dr. Johny Ponce Canchihuamán
CO-ASESOR

Dedico el presente trabajo de investigación a mis abuelitos, a mis padres y hermana que me han inspirado con sus ejemplos y me motivan cada día a dar lo mejor de mí.

AGRADECIMIENTO

A mi familia por inspirarme y apoyarme para avanzar en mis metas personales y profesionales. Especialmente a mi mamá por estar pendiente y ser un gran apoyo en mi bienestar para lograr cada meta trazada. A mi papá y hermana por su apoyo y los consejos que me dan una mayor fortaleza para afrontar cada reto.

A mis Asesores, a la Mstra. Quím. Mary Césare por su asesoramiento y tiempo brindado en el presente trabajo, y por su ejemplo de constancia para el logro de metas mayores; y al Dr. Johny Ponce y Centro de Investigación en Salud Ambiental (CREEH Perú), por su guía en la elección y desarrollo del tema, y por brindarme el espacio necesario para el desarrollo de mi investigación; felicitándolos por la noble labor que realizan.

A mis amigos, compañeros de trabajo y jefes, que me motivaron con su ejemplo y consejos, y me brindaron el tiempo requerido para poder terminar el presente trabajo. A Marco y a Elizabeth por alentarme y apoyarme con su tiempo en las actividades de campo.

A mi Universidad Nacional Agraria La Molina y a todos mis docentes por la formación que me dieron para afrontar la vida profesional y servir a la sociedad de manera íntegra y competente.

A nuestro Creador, por concederme este tiempo maravilloso de mucho aprendizaje, empeño y amor al lado de hermosas personas con las que interactué durante la elaboración del presente trabajo, como la directora, docente, padres y alumnos de la I.E. N°500 El Bosque, y los vecinos del área estudiada, a quienes realicé encuestas y entrevistas.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo Principal	2
1.2. Objetivos Específicos.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. EL SUELO	3
2.2. CONTAMINACION DE SUELO	3
2.3. LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA SUELO ...	4
2.4. FUENTES DE CONTAMINACIÓN	5
2.4.1. NATURALES	5
2.4.2. ANTROPOGÉNICAS	5
III. MÉTODOLOGÍA.....	8
3.1. MATERIALES	8
3.1.1. ÁREA DE ESTUDIO	8
3.1.2. MATERIALES	8
3.2. MÉTODOS	9
3.2.1. MUESTREO.....	9
a. Objetivo del plan de muestreo	9
b. Plan de muestreo.....	9
c. Ubicación y localización geográfica de los puntos de muestreo	11
3.2.2. MONITOREO DE LA CALIDAD DE SUELO	12
3.2.3. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN EN CAMPO.....	15
3.2.4. EVALUACIÓN DE RIESGO TOXICOLÓGICO	16

3.2.5. ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN	20
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	23
4.1. ANÁLISIS DE PLOMO TOTAL.....	23
4.2. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DE CAMPO	27
4.3. EVALUACIÓN DE RIESGO TOXICOLÓGICO	30
4.4. MAPA DE RIESGO DE EXPOSICIÓN AL PLOMO Y ESTANDARES DE CALIDAD DE SUELO EN EL PERÚ.....	38
V. CONCLUSIONES.....	39
VI. RECOMENDACIONES	40
VII. BIBLIOGRAFIA.....	41
VII ANEXOS	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Número mínimo de puntos de muestreo para el Muestreo de Identificación....	10
Tabla 2: Profundidad del muestreo según el uso del suelo.....	10
Tabla 3: Identificación y ubicación de las estaciones de monitoreo de calidad de suelo	12
Tabla 4: Parámetro Analizado	13
Tabla 5: Métodos en los análisis de caracterización de suelo	14
Tabla 6: Valores por defecto para la ingestión de suelo y polvo.....	18
Tabla 7: Análisis estadístico de las concentraciones de Pb en el suelo del área en estudio.....	24
Tabla 8: Resultados del Monitoreo de Suelos y Comparación con ECA de Suelos (D.S. N° 011-2017-MINAM)	25
Tabla 9: Comparación de resultados de caracterización de suelo	33
Tabla 10: Valor Igeo con clasificación de 7 grados	34
Tabla 11: Clases de factores de enriquecimiento de un metal pesado.....	35
Tabla 12: Resultados comparativos del Índice de Geoacumulación y Factor de Enriquecimiento con las concentraciones de Pb resultantes.	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Área de estudio.....	8
Figura 2: Ubicación de los puntos de muestreo de suelo	11
Figura 3. Comparación de las concentraciones de plomo en las muestras de suelo de la comunidad de Ate, con los ECA para suelo del Perú y el Límite de plomo en suelos residenciales y recreacionales según US EPA.....	26
Figura 4: Resultados de Estadísticas respecto a vías de exposición.....	27
Figura 5 Resultados de Estadísticas respecto a medios de transporte de plomo	28
Figura 6: Resultados de Estadísticas respecto frecuencia de exposición	28
Figura 7: Resultados de Estadísticas respecto a factores de exposición.....	29
Figura 8: Resultados de Estadísticas respecto a prevención.....	30
Figura 9: Residuos y suelo húmedo alrededor de la cancha de tierra cerca al punto SU- 7 de muestreo	31
Figura 10: Suelo húmedo alrededor y dentro de la cancha de tierra, cerca al punto SU-7 de muestreo	32
Figura 11: Humedad aledaña a un establecimiento y al parque Huerto de Santa Lucía cerca al punto SU-3 de muestreo.....	32

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 GRAFICA GAMA Q-Q PLOTEO PARA PLOMO	48
ANEXO 2: ESTADISTICA GENERAL Y CÁLCULO DE UCL 95.....	49
ANEXO 3: FOTOS	50
ANEXO 4: PLANO - MUESTREO DE SUELO.....	52
ANEXO 5: MAPA DE RIESGO DE EXPOSICIÓN AL PLOMO	54
ANEXO 6: FICHA TÉCNICA – PUNTO DE CONTROL DE MONITOREOS.....	56
ANEXO 7: CADENA DE CUSTODIA PARA MUESTRAS SOLIDAS	72
ANEXO 8: RESULTADOS DE ENSAYO.....	76
ANEXO 9: RESULTADOS FISICOQUIMICOS.....	80
ANEXO 10 DATOS PARA INTERPRETACIÓN UTILIZADO POR EL LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA DE LA UNALM.....	83
ANEXO 11: NORMATIVA DE ESTANDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA SUELO D.S. N° 011 – 2017 - MINAM.....	85
ANEXO 12: COMPARACIÓN CON EL ESTUDIO “EVALUACION DEL RIESGO TOXICOLÓGICO EN PERSONAS EXPUESTAS A SUELOS CON PLOMO (Pb) Y CADMIO (Cd) EN LOS ALREDEDORES DEL PARQUE INDUSTRIAL INFANTAS EN LIMA – PERÚ”	90

RESUMEN

La exposición al plomo depositado en los suelos es una de las problemáticas en zonas urbanas. Los niños son especialmente vulnerables porque el plomo puede afectar gravemente su sistema nervioso central, que se encuentra en pleno desarrollo. El objetivo del presente estudio es realizar un muestreo de identificación de plomo en los suelos de una comunidad de Ate, que se encuentra aledaña a fábricas y comercios, para conocer la contaminación que existe e identificar las zonas con alto nivel de contaminación para la prevención en la salud de la población más vulnerable. Se tomaron 15 muestras de suelo, y se analizó el plomo mediante la técnica Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP –MS). Se realizó la caracterización fisicoquímica de muestras del parque Huerto Santa Lucía, y de muestras dentro y alrededor de una cancha deportiva de tierra, se compararon los resultados con el Estándar de Calidad Ambiental de Suelo en Perú y se realizó la evaluación de riesgo toxicológico, para la ingesta de suelos por niños. El promedio de las concentraciones de plomo en los suelos de la comunidad de Ate fue 1018.81 mg/kg, sobrepasando tanto el ECA para suelo residencial/ parque, como para suelo industrial/comercial/extractivo. Además se obtuvo un índice de peligrosidad no cancerígeno de 8.087 y un índice de riesgo cancerígeno de 3.322×10^{-5} basado en la Guía ERSA del MINAM; y un índice de geoacumulación de 5.76, y un factor de enriquecimiento de 178.52.

Palabras clave: Salud ambiental, ICP-MS, suelo residencial, parque, ECA, riesgo toxicológico, índice de contaminación.

ABSTRACT

Exposure to lead deposited in soils is one of the problems in urban areas. Children are especially vulnerable because lead can seriously affect their nervous system, which is in full development. The objective of the present study is to carry out a sampling of lead identification in the soils of a community of Ate, which is adjacent to factories and shops, to know the contamination that exists and to identify the areas with high level of contamination for prevention in the health of the most vulnerable population. In 15 soil samples, analyze lead using the (Inductively coupled plasma mass spectrometry) ICP – MS technique. The physicochemical characterization of samples from the Huerto Santa Lucía park and samples in and around a sports ground was carried out, the results were compared with the Standard of Environmental Quality of Soil in Peru and the toxicological risk assessment for soil intake by children was performed. The average amount of lead in the soils of the Ate community was 1018.81 mg / kg, exceeding both the ECA for residential / park soil, as well as for industrial / commercial / extractive land. In addition, a non-carcinogenic hazard index of 8,087, a carcinogenic risk index of 3.3218×10^{-5} , a geoaccumulation index of 5,764, and an Enrichment factor of 178,524 were obtained.

Keywords: Environmental health, ICP-MS, residential soil, park, ECA, toxicological risk, pollution index.

I. INTRODUCCIÓN

El plomo es considerado como uno de los diez elementos químicos de mayor preocupación para la salud pública (OMS, s.f.). El plomo (Pb) es un elemento tóxico con efectos adversos para la salud, debido a que no se transforma en otras especies, se acumula y permanece en el organismo por largos periodos de tiempo. La exposición a Pb puede obstaculizar el desarrollo neurológico en niños pequeños, causar hipertensión en adultos, partos prematuros, presión arterial elevada y enfermedad renal (Li *et al.*, 2018).

De acuerdo al marco legal en el Perú, el inciso 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú, establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida. Asimismo, el artículo I del Título Preliminar de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, señala que toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, (...).

En la presente investigación se analizarán las muestras de suelo de una comunidad de Ate que incluye a la Urbanización Los Huertos de Santa Lucía así como los alrededores donde se encuentra un colegio de educación primaria. La mencionada área de estudio es una zona identificada como parte del Proyecto: “Niños libres de plomo” liderada por el Centro de Investigación en Salud Ambiental (CREEH Perú).

Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo (Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM) recomiendan que el nivel de plomo en los suelos urbanos se encuentre por debajo de 140 ppm en suelo residencial y parques. En el presente estudio se compararan cada muestra y el promedio representativo de la concentración de plomo en el suelo de la comunidad estudiada con los Estándares de Calidad Ambiental Nacionales.

El presente trabajo de investigación tiene los siguientes objetivos:

1.1. OBJETIVO PRINCIPAL

- Analizar el plomo total en suelos de una comunidad de Ate, para la prevención de daños en la salud

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Muestrear el suelo de una comunidad de Ate.
- Determinar la concentración de plomo total mediante el método Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS) en cada muestra de suelo.
- Realizar análisis de caracterización físico-química del suelo muestreado.
- Comparar el plomo total en suelos de la comunidad de Ate con el ECA de Suelo (Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM)

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. EL SUELO

El suelo es una mezcla de rocas y minerales erosionados, material vegetal y animal desintegrado (humus y detritos) y organismos vivos pequeños, que incluyen plantas, animales y bacterias, así como agua y aire. En forma típica, un suelo contiene un 95 por ciento de minerales y 5 por ciento de materia orgánica, si bien los límites de composición varían en forma considerable (Mackenzie & Susan, 2005).

2.2. CONTAMINACION DE SUELO

La contaminación del suelo consiste en la degradación dada en la calidad de la superficie terrestre asociada a múltiples causas, principalmente generada por sustancias químicas, las cuales en su mayoría se relaciona con la existencia a partir del ser humano.

Es reconocida como contaminación del suelo, cuando las sustancias engloban desechos sólidos, líquidos o gaseosos dentro de la superficie terrestre de cualquier lugar; sea cual sea el origen de las causas.

Al contaminar los suelos, se ve afectado desde la biota edáfica, hasta las plantas; la flora y todas las especies de fauna, sin dejar de lado la salud humana la cual se perjudica ampliamente de acuerdo con la gravedad de la contaminación (Gaczynski; Chavez; Lazarte, 2018).

2.3. EL PLOMO Y SUS EFECTOS EN LA SALUD

El plomo (Pb) es un metal pesado que se encuentra extensamente distribuido en la Tierra. Es un elemento que no tiene ninguna función fisiológica conocida en el organismo humano (De la Peña, 2014).

El plomo es un elemento perjudicial para la salud humana, especialmente para mujeres gestantes y niños pequeños (Yang-Guang & Yan-Peng, 2016), quienes son la población urbana más sensible y vulnerable a ambientes contaminados (Tepanosyan, Maghakyan , Sahakuan, & Saghatelvan, 2017).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) comunicó que según estimaciones de 2017 del Instituto de Sanimetría y Evaluación, la exposición a plomo provocó 1,06 millones de muertes y la pérdida de 24,4 millones de años de vida ajustados en función de la discapacidad (AVAD) debido a los efectos prolongados del plomo sobre la salud. Además, la OMS menciona que la carga es mayor en las regiones en desarrollo, y que lo preocupante es la influencia de la exposición al plomo en el aumento del número de niños con discapacidad intelectual. (OMS, 2019).

El plomo al entrar a nuestro organismo por la vía respiratoria o digestiva da lugar a una intoxicación aguda o se acumula de manera permanente en dientes, huesos y sistema hematopoyético. La vida media del plomo en los huesos del ser humano se estima entre 2 y 3 años, desplazándose luego a otras partes del cuerpo, mucho tiempo después de la absorción inicial. Los efectos más graves para la salud humana, son los que se presentan de manera diferida, años después de producirse la exposición. Entre estos efectos adversos diferidos, los que mejor se conocen son la teratogenicidad, mutagenicidad y carcinogenicidad, esta última ha sido confirmada en estudios con animales de laboratorio y se ha demostrado que el plomo favorece la generación de tumores renales malignos (Escalona, Ríos, Medina, Gamboa, García, Avinazar , 2006).

2.4. LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA SUELO

Según Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM, se recomienda que el nivel de plomo en los se encuentre por debajo o igual a 140 mg/kg en suelo residencial y parques, y que para el uso de suelo comercial/ industrial/extractivo, sea 800 mg/kg. La norma mencionada se puede observar en el Anexo 11 del presente estudio.

2.5. FUENTES DE CONTAMINACIÓN

2.5.1. NATURALES

El plomo es un metal pesado que se encuentra de forma natural en el medio ambiente y la corteza terrestre, a través de procesos naturales tales como la actividad volcánica, los incendios forestales, el deterioro de la corteza terrestre y el decaimiento radiactivo del radón es liberado al ambiente (Rodés, Piqué, Trilla, 2007).

Los más altos niveles de plomo en la naturaleza se presentan en el carbón y en las pizarras. Algunos de los minerales que contienen plomo son: la cerusita (carbonato), la anglesita (sulfato), la corcoita (cromato), la wulfenita (molibdato), la piromorfita (fosfato), la mutlockita (cloruro) y la vanadinita (vanadato), siendo la galena (sulfuro de plomo) el mineral más rico, constituyendo la fuente principal de producción comercial de este metal. En la naturaleza el plomo se encuentra con el mineral de zinc, plata y cobre y se extrae junto con estos metales (Nordberg, 2001; Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2010).

2.5.2. ANTROPOGÉNICAS

2.5.2.1. FABRICACIÓN DE BATERÍAS Y USO INDUSTRIAL

La fabricación de baterías de plomo-ácido constituye alrededor del 85 por ciento de la demanda mundial de metal de plomo refinado. La mayor parte de esta demanda es satisfecha por plomo reciclado y, de hecho, una fuente principal es el reciclaje de baterías de plomo-ácido. El reciclaje de plomo es una causa importante de contaminación ambiental y exposición humana. Es preocupante debido a los efectos significativos y duraderos de la exposición al plomo sobre la salud de las personas (OMS, 2017).

En su uso industrial destacan la explotación minera, la metalurgia, las actividades de fabricación, la industria química, refinación de Petróleo, en la industria automovilística para la elaboración de tetraetileno de Plomo y para el procesamiento y producción secundaria de metales, y reciclaje (OMS, 2017).

La minería produce más del 90 por ciento del consumo mundial actual y el reciclaje representa alrededor del 10 por ciento del total del consumo mundial de plomo.

Aproximadamente tres cuartas partes del consumo de plomo se utiliza principalmente en la fabricación de baterías, mientras que un quinto en láminas de plomo para el techado de viviendas, para la fabricación de municiones (balas de plomo para escopetas), en revestimientos de cables, aleaciones metálicas, y para los aditivos de la gasolina (Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 2010). “Además es un desecho en la combustión del carbón y petróleo, de las industria metalmeccánica y cementera” (Jiménez, 2001).

Aproximadamente un 40 por ciento del plomo se utiliza en forma metálica, un 25 por ciento en aleaciones y un 35 por ciento en compuestos químicos. Los óxidos de plomo son utilizados en las placas de las baterías eléctricas y los acumuladores (PbO y Pb_3O_4), como agentes de mezcla en la fabricación de caucho (PbO) y pinturas (Pb_3O_4) además forman parte de los componentes de barnices, esmaltes y vidrios.

Al plomo se le pueden añadir otros metales como el antimonio, el arsénico, el estaño y el bismuto con el objetivo de mejorar sus propiedades mecánicas o químicas, a su vez, el plomo puede añadirse a otras aleaciones, como el latón, el bronce o el acero con el fin de lograr determinadas características. Entre los compuestos más comunes de plomo inorgánico cabe citar: el monóxido (PbO), el dióxido (PbO_2), el tetróxido (Pb_3O_4), el sesquióxido (Pb_2O_3), el carbonato, el sulfato, los cromatos, el arseniato, el cloruro, el silicato y la ácida de plomo (Nordberg, 2001).

La fabricación y el reciclaje de baterías de plomo constituyen actualmente la fuente más importante de exposición al plomo en todo el mundo, el nivel de plomo en la sangre del trabajador promedio en las plantas de fabricación de baterías de los países en desarrollo alcanzan valores superiores a más de cuatro veces al nivel considerado por los Centros para el control de enfermedades (CDC) de EE.UU. para fines de vigilancia (Gray, 2008).

2.5.2.2. PARQUE AUTOMOTOR

La acumulación de este metal en el medio ambiente se debe principalmente al uso del plomo como aditivo antidetonante en las gasolinas.

En gran cantidad de países del mundo, el uso de la gasolina con plomo continúa utilizándose sin sufrir ninguna disminución, en estas zonas el aire es la mayor fuente de exposición al plomo por los seres humanos; una parte de la gasolina con plomo entra directamente al organismo por inhalación del aire, y otra parte entra directamente por la comida en la que se ha incorporado plomo; en último término, el óxido de plomo atmosférico se deposita en el suelo, agua, frutas o en vegetales frondosos, pudiendo ingresar a la cadena trófica, ya que el plomo soluble es absorbido por las plantas (Baird, 2001).

“Un derivado del plomo (tetraetilo de plomo), hasta hace algunos años se utilizó como detonante de la gasolina, cuyo efecto generó un sensible aumento de la contaminación atmosférica en las grandes ciudades. La presencia de plomo en las gasolinas y en las emisiones provenientes del parque automotor contribuyó a este aumento en forma notable” (Rodés, Piqué, Trilla, 2007)

Con respecto a la gasolina con plomo en el Perú, mediante D.S. N° 019- 98-MTC/14 de Julio de 1998, se estableció la eliminación de la oferta de gasolina de 95 octanos con plomo, y la reducción de plomo en la gasolina de 84 octanos de 1.16 a 0.84 gramos de plomo por litro de gasolina (DIGESA, 2003).

Para el 01 de Julio del Año 2003, el contenido de plomo de la gasolina de 84 octanos se reduce a 0.14 g/l. Mediante el Decreto Supremo N° 034-2003- MTC, el MTC se suspende la obligación de reducir el contenido de plomo por litro de gasolina de 84 octanos a diciembre del 2003, específicamente a las refinerías con capacidad instalada menor a cuatro mil barriles por día, que no cuenten con los procesos de producción necesarios. Posteriormente en el año 2005 se prohíbe totalmente el plomo en las gasolinas (InterAmerican Institute for Cooperation in Agriculture, 2010).

III. METODOLOGÍA

3.1. MATERIALES

3.1.1. ÁREA DE ESTUDIO

Se encuentra en el departamento de Lima, provincia de Lima, distrito de Ate. Se trata de una comunidad de Ate, conformada por la Urbanización Huerto de Santa Lucía y alrededores. La mencionada área de estudio es una zona identificada como parte del Proyecto: “Niños libres de plomo- Perú” liderada por el Centro de Investigación en Salud Ambiental (CREEH Perú), encontrándose puntos muestreados que presentaron de 50 a 2000 ppm. El área de estudio se aprecia en la Figura 1.

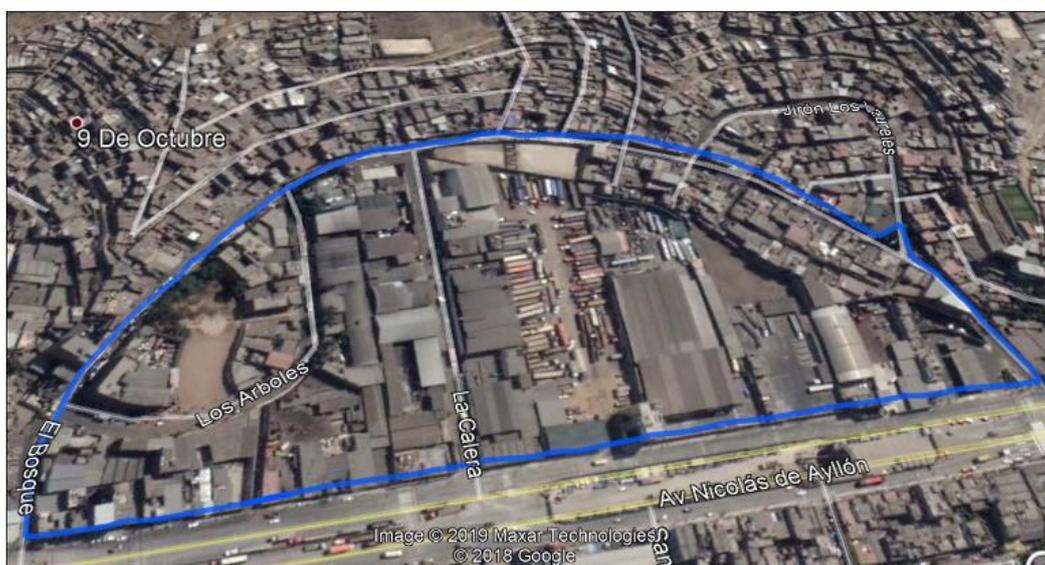


Figura 1: Área de estudio

3.1.2. MATERIALES

Para la presente investigación, se requirió de los siguientes materiales:

- a. Materiales generales:
 - Útiles de escritorio: Cuaderno de apuntes, hojas bond, lapicero
 - Computadora portátil
 - Memoria USB

- b. Materiales para muestreo de caracterización físico química de suelo:
- Pico pequeño
 - Cucharón
 - Wincha
 - Bolsas ziploc

3.2. MÉTODOS

3.2.1. MUESTREO

a. Objetivo del plan de muestreo

Investigar la existencia de contaminación del suelo a través de la obtención de muestras representativas con el fin de establecer si el suelo supera o no los Estándares de Calidad Ambiental de acuerdo a lo establecido en el D.S. N° 011-2017-MINAM.

b. Plan de muestreo

Para la determinación del número de muestras se ha tomado como referencia la Guía de muestreo de suelos del Ministerio del Ambiente (MINAM) de Perú.

La determinación de los puntos de muestreo estuvo en base al área de potencial interés en la zona de estudio. El área de potencial interés cuenta con un área aproximada de 2 ha, considerándose solo las calles y el parque de la comunidad de Ate en estudio, de tal manera que se excluye las áreas donde se encuentran las viviendas, la zona vivienda taller, comercial e industrial, según el mapa de zonificación del distrito de Ate. Ver Anexo 4. Según la metodología guía, un a un área de 2 ha le corresponde 15 puntos de muestreo, como se aprecia en la Tabla 1.

Tabla 1: *Número mínimo de puntos de muestreo para el Muestreo de Identificación*

Área de Potencial Interés (ha)	Puntos de Muestreo en Total
0.1	4
0.5	6
1	9
2	15
3	19
4	21
5	23
10	30
15	33
20	36
25	38

Según lo mencionado anteriormente, se tomaron en total 15 muestras de suelo. Principalmente se distribuyeron los puntos de muestreo, en base a las zonas que contaban con suelo suave para muestrear los primeros 10 cm debido a que el muestreo de 0 a 10 cm, se considera capa de contacto oral o dermal de contaminantes según el uso del suelo para suelo Residencial/ Parques y para Suelo Comercial/Industrial de la Guía del MINAM (MINAM, 2014), lo cual se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 2: *Profundidad del muestreo según el uso del suelo*

Usos del suelo	Profundidad del muestreo (capas)
Suelo Agrícola	0-30 cm (1)
	30-60 cm
Suelo Residencial /Parques	0-10cm (2)
	10-30 cm (3)
Suelo Comercial/ Industrial/ Extractivo	0-10 cm (2)

La distribución de los puntos de muestreo también tomo en cuenta, la zona más concurrida por los niños como lo son el parque Huerto de Santa Lucia y la cancha de tierra adyacente. Así como la ubicación de una ex fábrica de baterías automotrices recicladas, que habría estado operativa alrededor de 30 años según vecinos de la zona, y la ubicación de otras industrias y taller de neumáticos.

c. Ubicación y localización geográfica de los puntos de muestreo

Las estaciones de muestreo en la comunidad de Ate, abarcan zona residencial, zona de recreación pública, comercial e industrial, así como el jardín de la Institución Educativa N°500 El Bosque.

La distribución de los puntos de muestreo se muestra en la Figura 2.

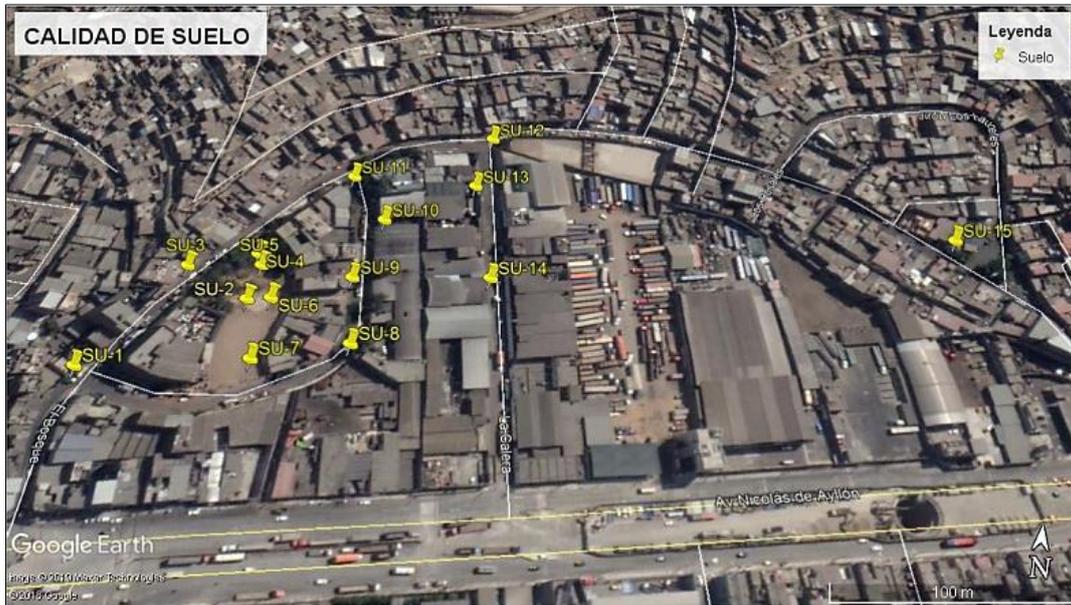


Figura 2: Ubicación de los puntos de muestreo de suelo

En el Mapa 1 (M-01) ubicado en el Anexo 4, se muestra la ubicación de los puntos de muestreo en el Plano de Zonificación del Distrito de Ate. En la Tabla 3 se detalla la identificación y ubicación de las estaciones de monitoreo de suelo.

Tabla 3: *Identificación y ubicación de las estaciones de monitoreo de calidad de suelo*

Ítem	Estación de Muestreo	Descripción	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 18 L		Altitud m.s.n.m.
			Norte	Este	
1	SU-1	Av. El Bosque y Calle Los Arboles, cerca de Av. Nicolás Ayllon	8665672	283656	260
2	SU-2	Cancha de futbol al costado del Parque Huertos de Santa Lucía	8665720	283728	260
3	SU-3	Esquina 1 de Parque Huertos de Santa Lucía	8665738	283690	260
4	SU-4	Parte media del Parque Huertos de Santa Lucía	8665749	283725	260
5	SU-5	Esquina 2 de Parque Huertos de Santa Lucía	8665742	283729	260
6	SU-6	Esquina 3 de Parque Huertos de Santa Lucía	8665722	283740	261
7	SU-7	Cancha de futbol frente a Calle Los Arboles	8665685	283741	258
8	SU-8	Calle Los Arboles, frente al predio Mz C Lt 6	8665700	283787	260
9	SU-9	Calle Los Arboles, frente a Fundación Ferrosa	8665740	283778	260
10	SU-10	Calle Los Arboles Mz C Lt 12 N°281	8665780	283786	262
11	SU-11	Av. El Bosque Y Calle Los Arboles, cerca de Pasaje Nueve	8665807	283763	263
12	SU-12	Av. El Bosque y Calle La Calera	8665846	283835	258
13	SU-13	Calle La Calera Mz B Lt 1	8665810	283831	256
14	SU-14	Av. La Calera	8665749	283849	255
15	SU-15	Exteriores de la Institución Educativa N° 500 El Bosque, Av. El Bosque	8665798	284088	260

3.2.2. MONITOREO DE LA CALIDAD DE SUELO

a. Análisis de plomo total

i. Técnica de análisis seleccionada

Se eligió la espectrometría de masas con plasma inductivamente acoplado (del inglés Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry)- ICP MS, el cual es una técnica altamente sensible.

Esta técnica de análisis elemental e isotópico se basa en el acoplamiento de un método para generar iones (plasma acoplado inductivamente) y un método para separar y detectar los iones (espectrómetro de masas). Las muestras acuosas son introducidas mediante una bomba peristáltica hasta el sistema nebulizador donde se transforma en pequeñas gotas, gracias a la acción de gas argón a una presión adecuada. Dicho aerosol es conducido a la zona de ionización que consiste en un plasma generado al someter un flujo de gas argón a la acción de un campo magnético oscilante inducido por una corriente de alta frecuencia. En el interior del plasma se pueden llegar a alcanzar temperaturas de 6000 a 8000 K. Los átomos presentes en la muestra son ionizados y luego los iones pasan al interior del filtro cuadrupolar a través de una interfase de vacío creciente, allí son separados según su relación carga/masa. Finalmente, cada una de las masas llega al detector donde se evalúa la abundancia en la muestra. (Barros, s.f.)

ii. Monitoreo de suelo

El monitoreo de suelo se realizó a través del Laboratorio Certimin, realizándose con todas las medidas para asegurar la calidad del muestreo y el análisis.

Los métodos de referencia para el análisis de plomo total en suelo llevado a cabo por ICP MS, se muestran en la Tabla 4 según lo reportado por Certimin.

Se realizó la ubicación de cada punto mediante GPS, el cual cuenta, como verificación, con el punto de referencia del Instituto Geográfico del Perú.

Tabla 4: Parámetro Analizado

Parámetro	Método de Referencia	Unidad
Metales Por ICP MS/ICP OES (Pb Total)	EPA Method 3050B Rev. 2. 1996/EPA Method 6010D Rev. 4 2014/ EPA Method 6020 B Rev.2. 2014/ Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils/Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry/Inductively coupled Plasma-Mass Spectrometry.	mg/Kg PS

b. Análisis fisicoquímico

Se realizó el muestreo con un cucharón y un pico pequeño, guardando las muestras en bolsas zip plop. Se muestreo de 10 a 20 cm de profundidad del suelo y luego se llevaron al Laboratorio de Agua, Suelo, Medio Ambiente y Fertirriego de la Universidad Nacional Agraria La Molina, donde se realizó el análisis de caracterización físico-química del suelo.

Se analizaron 2 muestras de suelo, una con submuestras del parque Huertos de Santa lucía y otra muestrea con submuestras de los puntos tomados de la cancha deportiva de tierra y alrededores. Se distribuyeron en 2 grupos debido a las características diferenciadas según observación en campo. Los parámetros analizados para objetivos del estudio fueron: Conductividad Eléctrica (C.E.), Textura, pH, Materia Orgánica, Fosforo, Potasio, Calcáreo Total (% CaCO₃) y Capacidad de Intercambio Catiónico.

En la Tabla 5, se observan los métodos que se utilizaron para analizar cada parámetro.

Tabla 5: *Métodos en los análisis de caracterización de suelo*

Parámetro	Método
Textura	Análisis Mecánico: Método de Hidrómetro
Conductividad Eléctrica (C.E.)	Lectura de extracto de relación suelo agua 1:1 y extracto de la pasta saturada
pH	Potenciómetro, relación suelo-agua 1:1 y en la pasta saturada
Materia Orgánica (M.O.)	Método de Walkley y Black % M.O. = % C x 1.724
Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) %CaCO ₃	Acetato de Amonio 1N pH 7,0
Calcáreo Total : %CaCO ₃	Método gaso-volumétrico

Se utilizaron los resultados obtenidos para realizar la evaluación de la exposición, desarrollándose el análisis de los parámetros en el subcapítulo 4.3.

3.2.3. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN EN CAMPO

Se recopiló información en campo mediante encuestas y entrevistas. El objetivo de la encuesta es tener una referencia acerca de los antecedentes históricos inspección del área de estudio, la interacción de los niños con el suelo de la zona, la contaminación percibida en la comunidad y acciones para la prevención.

a. Encuestas

Se halló el número mínimo de personas encuestadas (tamaño de la muestra), representativo de la población en el área de estudio (Fig. 2) aplicándose la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N \times Z^2 \times p \times q}{d^2 \times (N-1) + Z^2 \times p \times q}$$

n: Tamaño de Muestra, determina la cantidad de habitantes que deberán ser encuestados dentro del área de estudio

N: Tamaño de la Población, está formado por los habitantes aledaños al parque Huertos de Santa Lucia y a sus posibles visitantes

Se calculó el tamaño de la población en el área de influencia estimada, la cual tiene una superficie de 0,1 Km² (10ha), medidos por medio de la herramienta Google Earth.

Según los Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII Vivienda y III de Comunidades Indígenas, el distrito de Ate tiene una población de 599 196 habs. y una superficie de 77.72 Km², contando con una densidad de 7710 habs./ Km².

Por tal motivo, se estimó que la población correspondiente al área de estudio sería:

$$N = 0.1 \text{ Km}^2 * 7710 \text{ habs. /Km}^2$$

$$N = 771 \text{ habitantes, donde}$$

Z: Nivel de Confianza, para obtener una seguridad del 95% se fija el nivel de confianza (Z) en 1.96.

p: Proporción Esperada, la proporción esperada (p) se fija en 0.5.

q: Probabilidad de Fracaso, la probabilidad de fracaso (1-p) se fija en 0.5.

d: Precisión, la precisión de los resultados se fija en 25% o 0.25.

$$n = \frac{771 \times 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5}{0.25^2 \times (615.2-1) + 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5}$$

Reemplazando los valores estimados se estableció que según el tamaño mínimo, se realizarían como mínimo 15 encuestas.

Se procedió con la visita a campo donde se realizaron encuestas y entrevistas a vecinos que viven aledaños al área de estudio, y a los padres de familia de la I.E. N°500 El Bosque, quienes visitan con sus hijos el parque Huerto de Santa Lucia y la cancha deportiva adyacente. La entrevista grupal a los padres de familia se llevó a cabo, a través de una charla informativa sobre el plomo en la salud.

3.2.4. EVALUACIÓN DE RIESGO TOXICOLÓGICO

Se tomó en cuenta la “Guía para la elaboración de estudios de evaluación de riesgos a la salud y el ambiente (ERSA) en sitios contaminados”, valorizándose el riesgo a partir del Cociente o Índice de Peligrosidad. En el análisis de plomo en suelo se encontró que los suelos estaban contaminados, específicamente el parque y la cancha deportiva de tierra, por lo que se procedió a evaluar el riesgo toxicológico, teniendo en cuenta la población más vulnerable. Se realizó la caracterización del riesgo a partir de las siguientes etapas:

a. Evaluación de la Exposición

i. Identificación de la ruta de exposición, caracterización del escenario de exposición, y selección de factores de exposición

La ruta de exposición se refiere a los medios por los que el contaminante, en este caso el plomo, se ha transportado desde la fuente de emisión hasta la población receptora.

Se identificaron fuentes fijas (fuentes puntuales y fuentes de área) como lo son emisiones de industrias livianas de la zona, (fundición), y las emisiones inherentes a actividades y procesos de talleres vivienda e industrias (actividades de soldadura, consumo de solventes, limpieza, distribución y almacenamiento); y fuentes móviles, como el parque automotor.

Además se identificaron los puntos de exposición de los receptores, vía de exposición y receptor.

Se caracterizó el escenario de exposición identificado.

Se describió las vías de exposición, fuente y mecanismo de liberación de contaminantes, características físico químicas del medio, el estado nutricional de los organismos receptores y el aporte de fuentes antropogénicas del contaminante. Para lo cual se utilizó los resultados de las encuestas y entrevistas, el análisis físico químico realizado a dos grupos de suelos muestreados, el índice de geoacumulación (Igeo) y el factor de enriquecimiento (FE).

ii. Estimación de la Dosis de Exposición

La dosis de exposición, es un estimado de la cantidad de contaminante que ingresa al cuerpo de la población en estudio, cuando esta última entra en contacto con el contaminante. En el presente estudio se tomará en cuenta la dosis de exposición por ingestión de suelos y polvos (media diaria), y lo considerado por la EPA sobre la posibilidad que el Plomo sea cancerígeno. Para su estimación, se utilizó la siguiente ecuación:

$$DE = \frac{C_s * TI * FBD * FrE * DuE * FC}{365 * PTE * PC}$$

Donde:

DE: Dosis de exposición por ingestión (mg/kg/día)

C_s: Concentración del Contaminante en suelos (mg/kg)

TI: Tasa de Ingestión (mg/día)

FBD: Tasa de absorción gastrointestinal del contaminante (% /100)

FC Factor volumétrico de conversión=1x10⁻⁶

PC: Peso Corporal (kg)

FrE: Frecuencia de exposición (días/año)

DuE Duración de la exposición (año)

PTE: Período de tiempo promedio de exposición (años)

FE: Factor de Exposición (sin unidades)

Para el cálculo y análisis, se tomaron los datos de referencia de la Tabla 6, datos que se encuentran recopilados en la “Guía para la elaboración de estudios de evaluación de

riesgos a la salud y el ambiente (ERSA) en sitios contaminados” según Resolución Ministerial N° 034-2015-MINAM (MINAM, 2015).

Tabla 6: Valores por defecto para la ingestión de suelo y polvo

Parámetro	Descripción	Valores para Escenarios seleccionados		
		Parque/ Recreacional	Residencial	Industrial/ Comercial
Cs	Concentración de contaminante en el suelo (mg/kg)	Valores UCL95 o máximos:		
FBD	Factor de biodisponibilidad o tasa de absorción del contaminante; $\leq 100\%$ (≤ 1)	Valores empíricos de la bibliografía		
TI	Tasa de ingestión de suelo y polvo [mg/día] (depende de edad y actividad)	100 (adultos) 200 (niños) (USEPA 1989) 400 (niños en canchas de tierra) (USEPA 2006)	50 (adultos) 200 (niños) (USEPA 1991)	50 – 200 (adultos)
FrE	Frecuencia de exposición [días/año]	180 ¹	365 ¹	230 ¹
DuE	Duración de la exposición [años]	24 (adultos) 6 (niños) (USEPA 1991)	24 (adultos) 6 (niños) (USEPA 1991)	24 (adultos) 6 (niños)
PC	Peso corporal [kg]	65 (adultos) 12 (niño) (USEPA 1991; adaptado a realidad Peruana)		
LT	Esperanza de vida (años)	74.5 (INEI Perú 2012; esperanza promedio de hombres)		
PTE	Periodo de tiempo promedio de exposición [años]	LT (cancerígeno) DuE (no cancerígeno)		

1. Guía Metodológica, Análisis de Riesgos para la Salud Humana y los Ecosistemas, IHOBE, País Vasco, España

Para hallar la concentración de contaminante en el suelo (mg/kg), se calculó el valor UCL95, utilizando el software ProUCL de United States Environmental Protection Agency (US EPA).

La Tasa de ingestión de suelo y polvo [mg/día] tomado fue el valor en el peor de los casos de exposición de plomo en niños, el cual es 400 mg/día, debido a que la US EPA lo recomienda para niños de 1 a 7 años, cuando estos juegan en canchas de tierra.

a. **Caracterización del riesgo**

Según la Agencia de Protección Ambiental- EPA (1991), la caracterización del riesgo generalmente incluye la integración de datos y análisis de, la identificación de peligro, evaluación de la Dosis- Respuesta y la evaluación de la exposición en humanos, para determinar la posibilidad de que los humanos experimenten cualquiera de las diversas formas de toxicidad asociadas con la sustancia.

En el presente trabajo de investigación se considerara los datos bibliográficos sobre la exposición al plomo, según la caracterización previa del escenario y los factores de exposición.

Según EPA (1988) y la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC), 2006) consideran que el plomo es probablemente cancerígeno en la salud humana, por lo que se procedió a caracterizar el riesgo no cancerígeno y el riesgo cancerígeno.

Para hallar el **riesgo no cancerígeno**, se calculó el Cociente de Peligrosidad que viene a ser para el presente estudio, el Índice de Peligrosidad, debido a que se considera como vía de exposición, únicamente la vía oral o digestiva, y como único contaminante, el plomo. Para hallar el Índice de peligrosidad (IP), llamado también Cociente de peligrosidad en el presente estudio, se tomó la información recopilada en las encuestas y entrevistas, y se calculó con la siguiente fórmula:

$$IP = CdP = \frac{DE}{DdR}$$

Donde:

CdP: Cociente de peligrosidad (sin unidad)

DE: Dosis de Exposición (mg/kg*día)

DdR: Dosis de Referencia (mg/kg*día)

Además, según los resultados del cociente de peligrosidad, se podría considerar:

CdP<1: riesgo aceptable

1<CdP<10: riesgo preocupante

CdP>10: riesgo alto, donde se debería tomar acciones correctivas inmediatas.

El **riesgo cancerígeno** es la probabilidad de que una persona desarrolle cualquier tipo de cáncer debido a la exposición carcinogénica diaria a un contaminante durante toda la vida (Li, 2010). El riesgo cancerígeno se obtiene utilizando el Factor de pendiente de cáncer (FPC) el cual evalúa la probabilidad de que un individuo desarrolle cáncer por exposición oral al contaminante, durante toda su vida, según lo describe la ATSDR (2019). El dato del factor de pendiente del cáncer, para ingestión del plomo, se encuentra en las bases de datos científicos de la Agencia de Protección Ambiental (EPA). El FPC en la fuente referida, es 0.0085 y expresa en mg/kg/día. (Orisakwe, Dagur, Mbagwu, & Udowelle., 2017)

Se calculó el riesgo cancerígeno individual, utilizando la siguiente ecuación:

$$RI = FPC \times DE$$

Donde:

RI: Índice de Riesgo Cancerígeno

FPC: Factor de pendiente de cáncer (mg/kg-día)

DE: Dosis de exposición

3.2.5. ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN

Se calcularon los índices de contaminación (Índice de geoacumulación y Factor de enriquecimiento), para determinar el grado de contaminación en las muestras de suelo estudiado. Los resultados se utilizaron para la evaluación de la exposición, que se menciona en el subcapítulo 4.3. *Evaluación de riesgo toxicológico.*

a. Índice de Geoacumulación (Igeo)

Es un índice propuesto por Müller en 1969, que sirve para determinar y definir la contaminación por metales en los sedimentos, comparando las concentraciones actuales con los niveles preindustriales. Esto también se emplea en la evaluación de la contaminación del suelo y se puede calcular de la siguiente manera:

$$I_{geo} = \text{Log}_2\left(\frac{C_n}{1.5 * B_n}\right)$$

Donde:

C_n: Concentración del metal en el suelo

B_n: Concentración de fondo geoquímica del metal

1.5: Factor de corrección de efectos litogénicos

El I_{geo} categoriza el grado de contaminación de los suelos desde prácticamente no contaminado a extremadamente contaminado, en una escala de 7 grados, como se puede apreciar en la Tabla 10 con los datos extraídos del estudio de QI (Qi; Wang; Wei; Zhou 2011). Los B_n se han tomado de los datos recogidos por Taylor para la determinación de la concentración promedio en la corteza terrestre de los elementos (Taylor, 1964).

b. Factor de Enriquecimiento (FE)

El valor del Factor de Enriquecimiento nos indica acerca del origen natural o antropogénico de acuerdo a la escala propuesta por Lawson y Winchester (1979), la cual se aprecia en la Tabla 11. El FE considera los elementos más abundantes en la corteza terrestre, como lo son el Al, Si y Fe. En el presente estudio se utilizó el elemento hierro (Fe) como elemento normalizador, el cual es un elemento conservativo representativo de la corteza superficial, a quien se le llamará, elemento referencia (ER). Los valores de corteza fueron obtenidos de la investigación de Taylor (1964).

La fórmula utilizada es la siguiente:

$$FE = \frac{\left(\frac{Me}{ER}\right)_{suelo}}{\left(\frac{Me}{ER}\right)_{corteza}}$$

Donde:

$\left(\frac{Me}{ER}\right)_{suelo}$: Razón entre el metal (Me) y el elemento referencia (ER) presente en la muestra.

$\left(\frac{Me}{ER}\right)_{corteza}$: Razón entre el metal (Me) y el elemento referencia (ER) presente en la corteza terrestre.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. ANÁLISIS DE PLOMO TOTAL

El análisis estadístico mostrado en la Tabla 7 recopiló los datos estadísticos principales de las muestras, lo que se puede observar en el Anexo 1 y Anexo 2. Los resultados indican que la media es 1019 mg/kg o ppm, sobrepasando los Estándares de Calidad Ambiental de suelo en Perú (140 mg/kg y 800 mg/kg), lo que se puede observar gráficamente en la Figura 3. Según los resultados, la desviación estándar, muestra que los datos están muy dispersados con respecto a la media, y el coeficiente de variación confirma que los valores se distribuyen de forma muy heterogénea en los suelos de la comunidad de Ate, ya que la desviación estándar es mayor que la media. La Tabla 7 también muestra que los resultados mínimos y máximos se encuentran considerablemente distantes.

Lo anterior analizado, según la Tabla 8, se debe a que hay un grupo de resultados los cuales se ubican en el Parque Huertos de Santa Lucía y la cancha deportiva de tierra, que tienen valores de plomo promedio (1698 ppm) más alto que el promedio de plomo en el área de estudio muestreada (1019 ppm). Además, las concentraciones de plomo en el parque y la cancha, sobrepasan los 400 ppm de plomo total, que es el valor a partir del cual la US EPA (2001) recomienda remediación en suelo desnudo en áreas de recreación infantil; y la mayoría de tales muestras también sobrepasan los 1200 ppm de plomo total, que es el valor promedio a partir del cual la US EPA (2001) recomienda hacer remediación en el suelo desnudo de uso común (otros suelos residenciales).

Tabla 7: *Análisis estadístico de las concentraciones de Pb en el suelo del área en estudio*

Datos Estadísticos	
Obs	15
Media	1019
Mediana	628.5
Min	88
Max	3568
Desviación Estándar	1159
Coefficiente de variación	1.137
Asimetría (Skewness)	1.341

Según se observan los resultados en la Tabla 8, se encontraron 10 muestras de suelo que sobrepasan los ECA de Suelo (D.S. N° 011-2017-MINAM). La característica de gran relevancia observada en el resultado de todos los puntos de muestreo, se encuentra en las altas concentraciones que se hallaron en todos los puntos de del parque (SU-3, SU-4, SU-5 y SU-6) y la cancha deportiva (SU-2 y SU-7) así como en un punto cercano al parque y a zona residencial (SU-9), los cuales sobrepasaron no solo el ECA de suelo residencial/parque, sino también el suelo Comercial/ Industrial/ Extractivo.

El punto SU-15 tuvo un resultado de 221.1, el cual estando en una zona de suelo residencial sobrepasó el ECA para el uso de suelo respectivo (140 mg/kg). Encontrándose de manera preocupante este punto muestreado, cerca de un colegio de primaria.

El punto SU-8 (628.5mg/kg), que se encuentran en zona residencial, sobrepasa el ECA de uso de suelo Residencial/Parque (140 mg/kg) de manera significativa.

Cabe mencionar que los puntos SU-12, SU-13 y SU-14 se encuentran aledaños a la zona de industria liviana. Las muestras cumplieron con el ECA de suelo residencial, menos la muestra SU-13, que sobrepasó en 22.4 mg/kg, la concentración de plomo establecida en el ECA para uso de suelo residencial/parque (140 mg/kg).

Además según la US EPA, el promedio de concentración de plomo en el área de estudio, sobrepasa el límite de 400 ppm de plomo para las zonas residenciales donde hay niños, por lo que los niveles hallados son altos, respecto al límite en mención.

En la Tabla 8 se observa la comparación con los ECA de Suelo Residencial y Suelo Industrial.

Tabla 8: *Resultados del Monitoreo de Suelos y Comparación con ECA de Suelos (D.S. N° 011-2017-MINAM)*

Parámetro	Unidad de medida	Estación de Muestreo	Resultados	ECA Suelo Residencial / Parque	ECA Suelo Comercial / Industrial/ Extractivo
Plomo (Pb)	mg/kg PS	SU-1	100.5	140	800
		SU-2	1356.1		
		SU-3	3373.1		
		SU-4	957.9		
		SU-5	1357.1		
		SU-6	1261.9		
		SU-7	1882.1		
		SU-8	628.5		
		SU-9	3568.4		
		SU-10	88		
		SU-11	96.4		
		SU-12	106.8		
		SU-13	162.4		
		SU-14	121.9		
		SU-15	221.1		

Se muestran en negrita y color rojo las concentraciones de plomo total, ubicados en zona residencial, que sobrepasaron el ECA Suelo para uso de suelo residencial

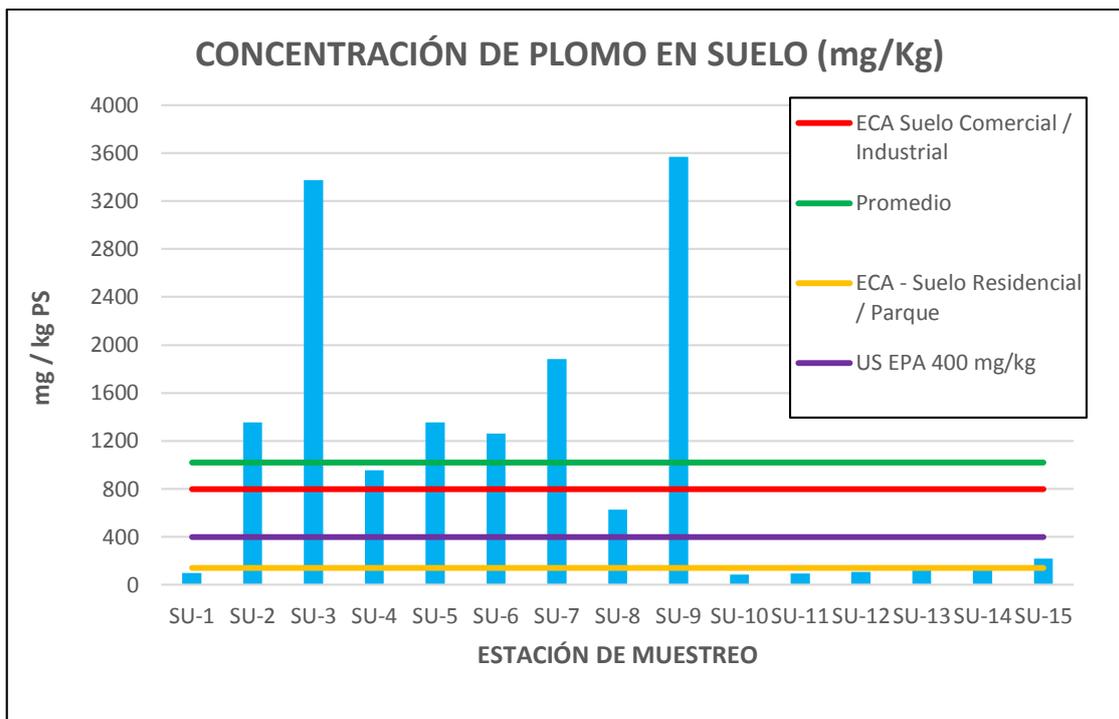


Figura 3. Comparación de las concentraciones de plomo en las muestras de suelo de la comunidad de Ate, con los ECA para suelo del Perú y el Límite de plomo en suelos residenciales y recreacionales según US EPA.

En la figura 3 se puede comparar la concentración representativa de plomo en el área de estudio con el Estándar de Calidad de Suelo del Perú para suelo residencial/ parque y comercial/industrial/extractivo, así como de manera internacional, con el límite para zonas residenciales recreativas, donde los niños interactúan, según lo menciona la US EPA (400mg/kg).

Según datos no publicados del Centro de Investigación en Salud Ambiental (CREEH Perú), a inicios del 2019 se muestrearon suelos en zonas aledañas a los puntos de muestreo del presente estudio, y se halló que las muestras sobrepasaban el ECA de suelo residencial e industrial; debido a que a diferencia del presente estudio, el análisis de plomo en suelo, realizado por CREEH Perú, fue realizado con un analizador portátil de fluorescencia de rayos X (XRF).

4.2. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DE CAMPO

Los resultados de las encuestas y entrevistas realizadas, se presentan a continuación:

Se encuestaron a 35 vecinos de la comunidad de Ate y alrededores, cuyos niños frecuentaban el I.E. N°500 El Bosque y/o el parque Huerto de Santa Lucia. De las encuestas con variables múltiples, y las entrevistas, se obtuvieron los siguientes resultados:



Figura 4: Resultados de Estadísticas respecto a vías de exposición

Con respecto a la perspectiva de los vecinos de la zona. La vía de exposición oral fue identificada por el 20 por ciento de los vecinos, quienes mencionaron que existe polvo en la zona y que al dispersarse puede llegar a los alimentos y sobre todo cuando los más pequeños juegan cerca a sus casas, así como en la cancha deportiva de tierra. La vía respiratoria fue la más identificada por los vecinos (89%), lo cual se debe a que los pobladores perciben el color de las emisiones a larga distancia y además existen emisiones que manan olores que los pobladores no toleran, según sus comentarios.

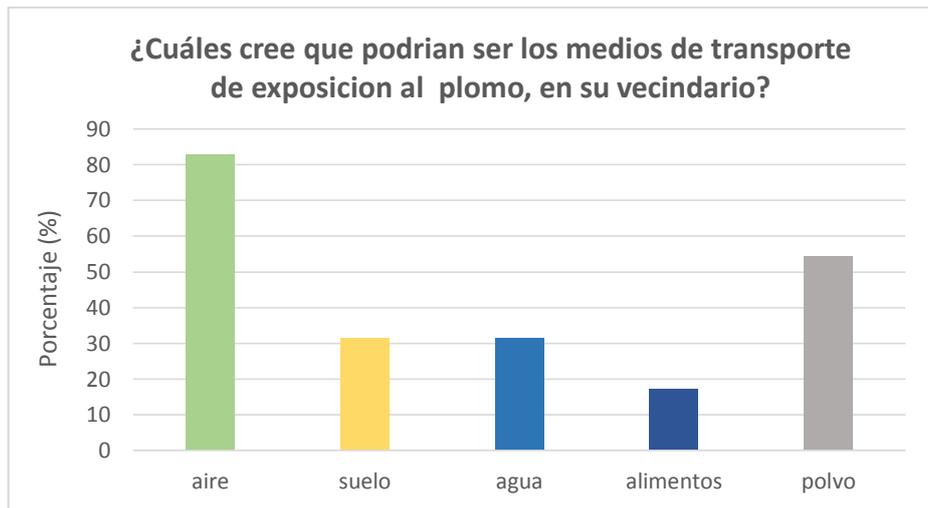


Figura 5: Resultados de Estadísticas respecto a medios de transporte de plomo

El medio de transporte de exposición al plomo, que fue considerado por el 83 por ciento de los encuestados, fue el aire, siguiendo un 54 por ciento de encuestados que consideraron el polvo como un medio de contaminantes en su comunidad. El suelo y el agua fueron considerados por el 31 por ciento de la población encuestada. Y el menos considerado fue los alimentos.

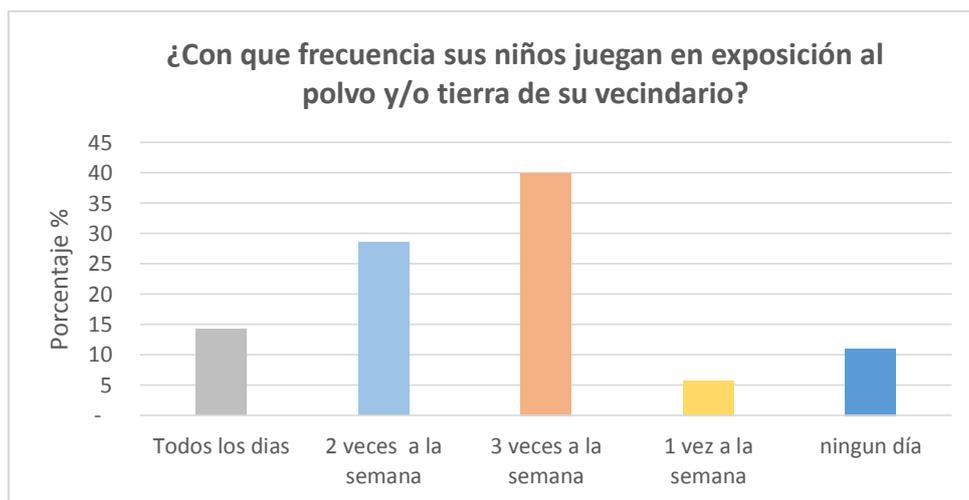


Figura 6: Resultados de Estadísticas respecto frecuencia de exposición

La mayoría (40%) de la población encuestada, mencionó que sus niños juegan, en promedio, 3 veces a la semana en el parque Huertos de Santa Lucía y/o en la cancha deportiva de tierra. El 14 por ciento menciona que sus niños visitaban el parque y/o la

cancha todos los días y el 11 por ciento de encuestados mencionaron que no juegan con o expuestos al polvo y/o tierra en su vecindario.

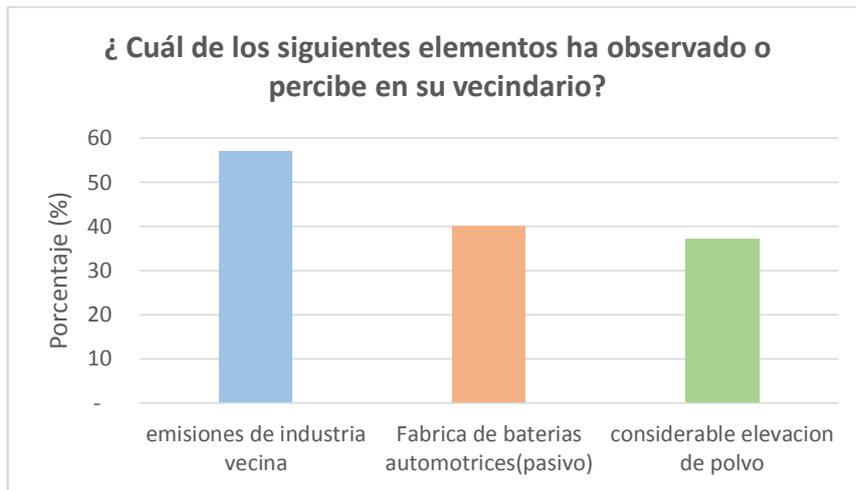


Figura 7: Resultados de Estadísticas respecto a factores de exposición

El 40 por ciento de la población encuestada conoce acerca de la fabrica de baterias automotrices recicladas y considera que podria existir pasivos a su alrededor, ya que los pobladores comentaron que la fabrica de baterias recicladas operó por más de 30 años, dejando de operar hace menos de 2 años aproximadamente.

Entre los otras industrias y/o comercios, los pobladores mencionaron que conocen los siguientes tipos de establecimientos, los cuales podrian ser focos de contaminación:

- Metal mecanica
- Textileria
- Fabrica de calzado
- Fabrica de jabon en base a grasa animal

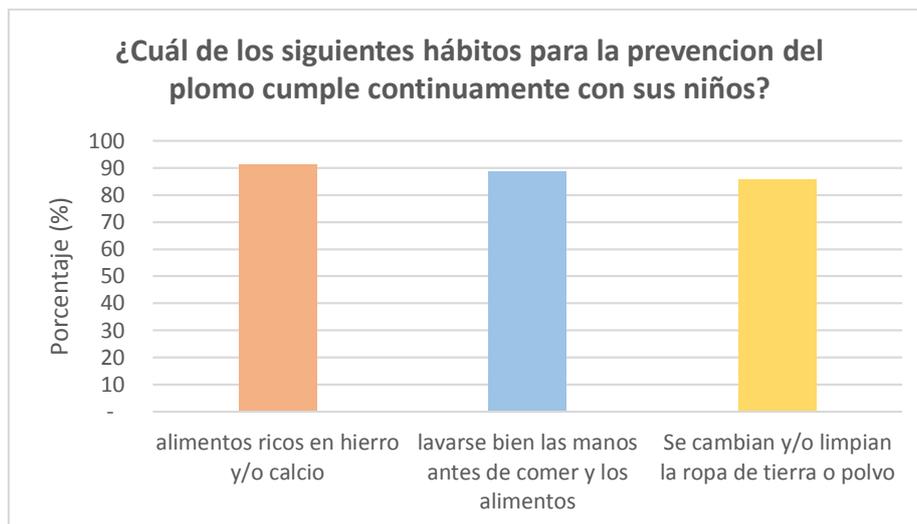


Figura 8: Resultados de Estadísticas respecto a prevención

La mayoría de la población (91%) mencionó que sus niños tienen el hábito de comer alimentos ricos en hierro y/o calcio (énfasis en niños), y de asegurarse de lavarse bien las manos y los alimentos antes de comer. En menor proporción, un 86 por ciento de la población encuestada, mencionaron que sus niños, después de venir de jugar y haber estado en contacto con polvo y/o tierra, se cambian la ropa, se lavan o bañan, y se lava o limpia la ropa para un nuevo uso.

4.3. EVALUACIÓN DE RIESGO TOXICOLÓGICO

Se observó que la concentración promedio de plomo en el área de estudio se encuentra contaminado ya que sobrepasó el ECA de suelo residencial/ parque y el ECA de suelo comercial/ industrial/extractivo. Por lo cual se realizó la evaluación del riesgo toxicológico de plomo en suelos de la comunidad de Ate.

a. Evaluación de la exposición

i. Identificación de la ruta de exposición, caracterización de escenarios de exposición, y selección de factores de exposición

En el área de estudio y alrededores, según entrevistas a vecinos y la observación en campo, se hallaron las siguientes posibles fuentes de plomo en suelo:

- Fábrica de Fundición de Hierro y Acero
- Ex fábrica de baterías automotrices recicladas
- Metal mecánica
- Parque automotor aledaño

Los mecanismos de transporte del plomo según la entrevista a vecinos e inspección del área de estudio, son probablemente las emisiones y efluentes (tuberías en mal estado o derrame de algún tipo de residuo) de industrias o comercios aledaños; además del polvo que se percibe constantemente según información de los pobladores de la zona.

Se identificó que la cancha deportiva de tierra y el parque son los mayores puntos de exposición en el área de estudio, que tiene especialmente a niños como receptor debido que son parte de la población vulnerable al plomo, a quienes se les observa jugando en la cancha deportiva, en el ANEXO 3. Por lo tanto la vía oral o digestiva de exposición es la predominante para el medio suelo y los niños como receptores.

El mecanismo de transporte en la comunidad de Ate, es la dispersión de polvo, verificado en la entrevista a los vecinos. Otros mecanismos podrían ser, el escurrimiento hídrico debido a derrames de residuos, a los alrededores del parque y cancha deportiva de tierra, así como debido a posibles infiltraciones de efluentes por tuberías en mal estado. El estado de la zona se observa en las siguientes Figuras 9, 10 y 11.



Figura 9: Residuos y suelo húmedo alrededor de la cancha de tierra cerca al punto SU- 7 de muestreo



Figura 10: Suelo húmedo alrededor y dentro de la cancha de tierra, cerca al punto SU-7 de muestreo



Figura 11: Humedad aledaña a un establecimiento y al parque Huerto de Santa Lucía cerca al punto SU-3 de muestreo.

Las características del medio se evaluaron a partir del análisis fisicoquímicas de dos grupos de suelos diferenciados (ver Anexo 9), el cual se observa en la Tabla 9. Los puntos de muestreo se tomaron en los puntos SU-5 y SU-6, los cuales se ubican dentro del Parque

Huerto de Santa Lucia, SU-7 se ubica en el interior de la cancha deportiva de tierra, y SU-8 en Calle Los Árboles, punto cercano a SU-7.

Tabla 9: *Comparación de resultados de caracterización de suelo*

Parámetros analizados en la caracterización físico -química de suelo						
Muestras	Parámetros					
	CE dS/m	Textura	pH	M.O. %	CIC total	%CaCO ₃
MC1 (SU-5 y SU-6)	4.57	Franco arenoso	7.23	3.38	11.50	0.75
MC2 (SU-7 y SU-8)	14.56	Franco arenoso	7.55	2.39	9.86	0.92

En los resultados se puede observar que tanto la muestra compuesta MC1 como la MC2 pertenecen al mismo tipo de suelo, según la textura resultante. Las muestras presentaron conductividades eléctricas (C.E) muy diferenciadas. Según fuente de interpretación del Laboratorio de Agua, Suelo, Medio Ambiente y Fertirriego, el cual se puede observar en el Anexo 10; la muestra MC1 que pertenece al parque, se encuentra en el rango de moderadamente salino acercándose a ligeramente salino (4-8 dS/m) según su C.E., mientras MC2 se encuentra en el rango de fuertemente salino (8-16 dS/m). La muestra MC1 tienen un pH neutro, mientras la muestra MC2 tiene un pH ligeramente alcalino. Metales pesados como el plomo, presentan movilidad por debajo del pH 4, el cual no es el caso de los suelos de la comunidad de Ate. Además con respecto al pH, a de considerarse que: “El pH del suelo es importante porque influye en varios factores del suelo que afectan el crecimiento de la planta, como bacterias del suelo, lixiviación de nutrientes, disponibilidad de nutrientes, elementos tóxicos y estructura del suelo. La actividad bacteriana que libera nitrógeno de la materia orgánica y ciertos fertilizantes se ve particularmente afectada por el pH del suelo, porque las bacterias funcionan mejor en el rango de pH de 5.5 a 7.0”. (Perry, 2003)

Ambas muestras contienen un porcentaje medio de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico de la muestra MC1 se encuentra en nivel medio y MC2 en nivel bajo. Además el porcentaje de calcáreo total es bajo en ambas muestras de suelo.

Acerca del estado nutricional de la población receptora, tomándose en cuenta a los niños como receptores, la mayoría de la población encuestada (91%) mencionó que sus niños tienen el hábito de comer alimentos ricos en hierro y/o calcio.

Para evaluar el aporte de fuentes antropogénicas del contaminante, se calcularon los siguientes índices de contaminación: Índice de geoacumulación (I_{geo}) y el Factor de Enriquecimiento (FE).

El I_{geo} de plomo en las 15 muestras de suelo, representando el suelo de la comunidad de Ate, fue 5.76, encontrándose en el rango de “extremadamente contaminado” al ser el I_{geo} mayor que 5, lo cual se observa en la Tabla 10.

El FE del suelo de la comunidad de Ate fue 178.52, y según las clases de FE de un metal pesado, observados en la Tabla 11, se clasifica en el rango de 10 a 500, considerándose por lo tanto “moderadamente enriquecido” indicando otra fuente de enriquecimiento adicional a la roca madre.

En la Tabla 12 se pueden observar los resultados comparativos para cada muestra de suelo y para todo el suelo del área de estudio.

Tabla 10: Valor I_{geo} con clasificación de 7 grados

I_{geo}	Clase	Calidad del suelo
$I_{geo} \leq 0$	1	prácticamente no contaminado
$0 < I_{geo} \leq 1$	2	no contaminado a moderadamente contaminado
$1 < I_{geo} \leq 2$	3	moderadamente contaminado
$2 < I_{geo} \leq 3$	4	moderadamente a fuertemente contaminado
$3 < I_{geo} \leq 4$	5	fuertemente contaminado
$4 < I_{geo} \leq 5$	6	fuertemente a extremadamente contaminado
$5 < I_{geo}$	7	extremadamente contaminado

Tabla 11: *Clases de factores de enriquecimiento de un metal pesado*

Clase de FE	Calidad del suelo
1-10	De la roca madre
10-500	Moderadamente enriquecido, e indica otra fuente de enriquecimiento adicional a la roca madre
>500	Indica un alto enriquecimiento y muestra que existe una grave contaminación de origen antropogénico

Tabla 12: *Resultados comparativos del Índice de Geoacumulación y Factor de Enriquecimiento con las concentraciones de Pb resultantes.*

Estación	Pb mg/kg PS	Igeo	FE
SU-1	100.50	2.42	21.32
SU-2	1356.10	6.18	314.35
SU-3	3373.10	7.49	566.06
SU-4	957.90	5.67	134.08
SU-5	1357.10	6.18	206.79
SU-6	1261.90	6.07	219.09
SU-7	1882.20	6.65	403.40
SU-8	628.50	5.07	103.63
SU-9	3568.40	7.57	761.17
SU-10	88.00	2.23	14.49
SU-11	96.40	2.36	18.86
SU-12	106.80	2.51	17.88
SU-13	162.40	3.11	30.76
SU-14	121.90	2.70	16.02
SU-15	221.10	3.56	38.89
Área de estudio	1018.82	5.76	178.52

ii. Estimación del UCL95 y la dosis de exposición

El resultado del UCL95 para las muestras de suelo tomadas en el área de estudio, fue 2036 mg/kg, valor que se utilizó para hallar la dosis de exposición. Cabe resaltar según la Guía ERSA (2005) que para determinar un contaminante de preocupación, no es apto calcular el UCL95, cuando las muestras son un conjunto de datos menores a unas 7-10 muestras.

El cálculo del UCL95 para las muestras de suelo de la comunidad de Ate y los datos estadísticos comparativos con el ECA suelo residencial/ parque (140 mg/kg), se muestran en el Anexo 1 y Anexo 2.

Se obtuvo como dosis de exposición (DE) en el área de estudio, 0.0485247 mg/kg/día.

Los datos usados para el cálculo fueron:

- Concentración del contaminante en suelos (mg/kg) = UCL95= 2036
- Tasa de ingestión (TI) = 400 mg/kg, según recomendación de EPA (2006)
- El factor de biodisponibilidad o tasa de absorción (FBD) (≤ 1) que se tomó, fue en base al método de Drexler y Brattin (2007) quienes establecen las pruebas de bioaccesibilidad *in vitro* (IVBA), la cual puede usarse para estimar RBA calculando $RBA = 0.8782 \times IVBA - 0.028$. La IVBA se basa en extracciones de laboratorio que simulan condiciones gástricas y determinan una biodisponibilidad relativa (RBA) que refleja la forma química y la matriz del Pb del suelo. Se tomó entonces la IVBA con el supuesto de la EPA (2012) de 60% (0.6), y según $IVBA_{EPA} = (0.6 + 0.028) / 0.8782 = 71.5\%$. En el estudio de Landes (Landes, et al. 2019), se utilizaron los datos referentes a factor de biodisponibilidad considerados en el presente estudio de investigación.
- El FBD usado fue 0.715.
- La frecuencia de exposición (FrE) es 365 días al año al considerar el peor de los casos, considerado para el escenario residencial, según se observa en la Tabla 6.
- Duración de la exposición (DuE) para el caso de los niños es de 6 años (USEPA 1991)
- Peso corporal es 12 kg para niños en Perú

- Período de tiempo promedio de exposición en años (PTE), debido a que se está considerando el plomo como no cancerígeno en la fórmula de dosis de exposición, es el mismo valor a la Duración de la exposición

b. Caracterización del riesgo

i. Caracterización de riesgo no cancerígeno

Se calculó el índice de peligrosidad (Cociente de peligrosidad) para el área de estudio y se determinó el valor de 8.0874, el cual al ser mayor que 1 y menor que 10, se considera preocupante por tratarse de una exposición elevada que puede presentar un riesgo.

Comparando el resultado con otras zonas residenciales aledañas a zona industrial, podemos mencionar a Ynocente y Olortegui (2018) quien tuvo como resultado un índice de peligrosidad de 0.137 para niños de Carabayllo- Comas y 0.105 para niños de Villa del Norte- Los Olivos. Se puede observar que a diferencia de las zonas consideradas en su estudio, los suelos de la comunidad de Ate son considerablemente mayores ya que sobrepasa la unidad y los resultados de Ynocente y Olortegui (2018) son menores a 1.

ii. Caracterización de riesgo cancerígeno

El índice de riesgo cancerígeno individual resultante de la exposición de plomo en niños de la comunidad de Ate en estudios fue 3.3218×10^{-5} . Utilizando el Factor de pendiente de cáncer de 0.0085 mg/kg – día según lo reporta Yacomelo (2014).

El resultado 3.3218×10^{-5} , se encuentra en el rango: $10^{-6} < IR < 10^{-4}$, el cual es el rango de toma de decisiones de riesgo, según la EPA (2006)

Comparando el resultado con otras zonas residenciales aledañas a zona industrial, podemos mencionar a Ynocente y Olórtégui (2018) quien tuvo como resultado un índice de riesgo cancerígeno de 6.97×10^{-6} , para niños de Comas y 5.35×10^{-6} , para niños de Los Olivos. Se puede observar que a diferencia de las zonas consideradas en su estudio, los suelos de la comunidad de Ate presenta un mayor índice de riesgo individual.

Cabe mencionar que el método de análisis de plomo total, en el estudio de Ynocente y Olortegui (2018), fue la Espectrofotometría de Absorción Atómica a la flama, a diferencia del presente estudio que uso la técnica de ICP-MS. Los datos comparativos del presente estudio y de Ynocente y Olortegui(2018) se encuentran en el Anexo 12.

4.4. MAPA DE RIESGO DE EXPOSICIÓN AL PLOMO Y ESTANDARES DE CALIDAD DE SUELO EN EL PERÚ

Las concentraciones de plomo analizados con el método ICP – MS, y muestreados en el parque Huerto de Santa Lucia y en la cancha deportiva adyacente, sobrepasaron ampliamente el ECA para suelo residencial/parque, llegando a sobrepasar en su mayoría también el ECA para suelo comercial/industrial/extractivo, por lo cual se desarrolló un mapa de riesgo basado en la comparación con los estándares.

Los resultados obtenidos de la concentración de plomo, el índice de geoacumulación y el factor de enriquecimiento, confirman la contaminación del suelo debido a las actividades antropogénicas. El índice de peligrosidad resultante para la exposición de niños al plomo confirman que existe un nivel de riesgo considerable para que la población que vive en la comunidad y zonas aledañas que visitan la comunidad, como el parque y la cancha de tierra, realicen medidas preventivas en sus hogares, y que las entidades y autoridades responsables también tomen medidas de control y prevención más amplias en la comunidad.

Por lo anterior mencionado, se procedió a realizar un mapa de niveles de contaminación. La metodología de clasificación de niveles de riesgo fue usada en primera instancia por el Centro de Investigación en Salud Ambiental (CREEH Perú) como parte del Proyecto “Niños libres de plomo”. En el mapa se estableció niveles de riesgo en base a la comparación de los resultados con los Estándares de Calidad de Suelo (D.S. N° 011-2017-MINAM), dividiendo en tres rangos con su respectivo color, según la concentración sobrepase el ECA para suelos residencial/parque y ECA para suelos comercial/industrial/extractivo, este último, considerado debido a que las muestras de suelo fueron tomadas en áreas límite con zona industrial. El mapa de riesgo de exposición al plomo (M02) se encuentra en el Anexo 5 del presente trabajo de investigación.

V. CONCLUSIONES

- El método de muestreo fue realizado de acuerdo a la Guía de muestreo de suelos del MINAM, ayudando a obtener resultados consistentes.
- Con respecto a la caracterización de suelos, no se encontró una alta diferenciación en las características de las dos muestras dentro del parque Huertos de Santa Lucia y fuera de él (MC1 y MC2 respectivamente), con respecto a la textura, el pH y la materia orgánica. Sin embargo la conductividad eléctrica y la capacidad de intercambio catiónico, presentaron una proporción inversa inusual. Según los parámetros analizados, la solubilidad del plomo en el suelo estudiado, es mínima.
- Se halló contaminación por plomo (Pb) en el suelo del área de estudio (1018.82 mg/kg PS), sobrepasando el Estándar de Calidad Ambiental para suelo residencial/parque (140 mg/kg PS)
- En el área de estudio, el parque Huertos de Santa Lucia y la cancha deportiva de tierra fueron las zonas halladas con mayor contaminación.

VI. RECOMENDACIONES

- Las autoridades implicadas en velar por la salud de la población podrían establecer medidas de control en las diferentes industrias y comercios del área de estudio, como fiscalizar que se realicen los monitoreos de emisiones y efluentes necesarios. Además realizar campañas de información y concienciación sobre el plomo en la salud, así como realizar análisis de plomo en la sangre de los niños posiblemente afectados de la zona en estudio. Las autoridades podrían evaluar formas de fijar el suelo y disminuir el polvo, como podrían ser sembrar césped natural y realizar su mantenimiento, o construir una loza deportiva, en vez de la cancha deportiva de tierra; evitando la exposición de niños y adultos al polvo que se genera al jugar en el área.
- Se recomienda a la población, tomar precauciones y medidas preventivas en cuanto a sus niños y las actividades que realicen en el parque Huerto de Santa Lucia y la cancha deportiva.
- Acerca de los estudios que se pueden realizar en la comunidad de Ate:

Se podría muestrear más puntos en la cancha deportiva de tierra y parque, tomando en cuenta profundidades mayores (determinando el nivel de fondo), para conocer si existe plomo acumulado a través del tiempo, o su origen es de actividades recientes, al encontrarse solo en la parte superficial.

Se recomienda determinar el plomo proveniente de los contaminantes sólidos sedimentables. Los resultados complementarían el presente estudio para conocer la fuente de contaminación de plomo en el ambiente del área en estudio.

Con respecto al plomo en la salud humana, se recomienda determinar la biodisponibilidad del plomo del suelo del área de estudio.

VII. BIBLIOGRAFIA

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2019). Toxicological profile for Lead. (Draft for Public Comment). Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.

Baird, C. 2001. Química ambiental. Barcelona-España: Reverte.

Barros, C. d. (s.f.). Metodologías analíticas para la determinación y especiación de As en aguas y suelos: Espectrometría de masas con plasma inductivamente acoplado. Litter, Armientas, Farías.

Congreso Constituyente Democrático. (1993). Constitución Política del Perú. Lima, Perú.

De la Peña, V. (2014). Evaluación de la concentración de plomo y cadmio en Suelo superficial de parques y plazas públicas, en tres Municipios del área metropolitana de monterrey, Nuevo León, México. Maestría en Ciencias con Orientación en Ingeniería Ambiental. Nuevo León, México. Universidad Autónoma de Nuevo León.

Dirección General de Salud Ambiental –DIGESA (2003). Información sobre el compromiso del ministerio de salud para desarrollar e implementar un plan nacional para la eliminación del plomo de la gasolina. Lima. Perú: Ministerio de Salud (MINSa).

Drexler, JW; Brattin, WJ (2007). Un procedimiento in vitro para la estimación de la biodisponibilidad relativa del plomo: con validación. Tararear. Ecol. Evaluación de riesgos. 383 - 401, DOI: 10.1080 / 10807030701226350 [Crossref], [CAS], Google Académico.

Environmental Protection Agency- EPA. (1988). Specific toxic chemical listings. Code of Federal Regulations. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency. Vol. 40 CFR 372.65

Environmental Protection Agency (EPA). (1991). Principios de Evaluacion del riesgo. (C. P. Salud, Trad.) México. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/eco/003418/03418-20.pdf>

Environmental Protection Agency - EPA (2006) Lead Human Exposure and Health Risk Assessments and Ecological Risk Assessment for Selected Areas. Recuperado de https://www3.epa.gov/ttn/naaqs/standards/pb/data/PbNAAQS_pilot_riskassessment_technical-report.pdf

Environmental Protection Agency -EPA de EE. UU (2012). Procedimiento operativo estándar para un ensayo de bioaccesibilidad in vitro para plomo en el suelo (EPA 9200.2-86) . Google Académico

Escalona L., Ríos O., Medina F., Gamboa N., García M., Avinazar C & Oliveira G. (2006). Concentración de plomo en material particulado respirable de la ciudad de Valencia- Venezuela. Universidad de Carabobo. Venezuela. 10p.

Gaczynski, L; Chavez, X; Lazarte, F. (2018). Contaminación Ambiental. Contaminación del Suelo. El Ambiental ene. 2018. Consultado 23 feb. 2019. Recuperado de: <https://es.calameo.com/read/0056027143e20e4ec3fb8>

Gray, T. (2008). La contaminación por plomo y sus impactos en los derechos humanos. Washington: Ban Toxics (BT) and Center for International Enviromental Law.

IHOBE S.A., Sociedad Publica de Gestión Ambiental del Departamento de Ordenación de Territorio, Vivienda y Medio Ambiente (s.f.), Guía Metodológica, Análisis de Riesgos para la Salud Humana y los Ecosistemas. País Vasco, España

- Inter-American Institute for Cooperation in Agriculture. (2010). Atlas de la agroenergía y los biocombustibles en las Américas: II Biodiésel. San José, Costa Rica: IICA.
- International Agency for Research on Cancer - IARC. (2006). IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Volume 87. Inorganic and organic lead compounds. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer. <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol87/mono87.pdf>. May 4, 2017
- Jiménez, B. E. (2001). La Contaminación Ambiental en México. México: Editorial Limusa.
- Landes, F.C., Paltseva, A., Sobolewski, J. M., Cheng, Z., Ellis, T. K., Mailloux, B. J., y Van Geen, A. (2019). A Field Procedure To Screen Soil for Hazardous Lead. *Analytical Chemistry*, 91(13), 8192-8198. doi:10.1021/acs.analchem.9b00681
- Lawson, D. R. & Winchester J.W. (1979). A standard crustal aerosol as a reference for elemental enrichment factors. *Atmospheric Environment* 13: 925-930.
- Li I., Cheng Z., Paltseva A., Morin T., Smith B. & Shaw R. (2018). Lead in New York City Soils. New York, USA. 18p.
- Li S, Zhang Q (2010). Risk assessment and seasonal variations of dissolved trace elements and heavy metals in the Upper Han River, China, *J Hazard Mater*, 181, 1051-8
- Mackenzie, D. & Susan, M. (2005). *Ingeniería y Ciencias Ambientales*, 1ra Edición (en línea).D.F., México. 734p. Consultado 9 feb. 2019. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/337233673/Ingenieria-y-Ciencias-Ambientales-Mackenzie-L-Davis-y-Susan-J-Master-Mc-Graw-Hill>
- MINAM (Ministerio del Ambiente). (2005). Ley N° 28611: Ley General del Ambiente. Lima, Perú.

Ministerio del Ambiente (2015). Guía para la elaboración de estudios de evaluación de riesgos a la salud y el ambiente (ERSA) en sitios contaminados. Lima. Perú.

Ministerio del Ambiente (MINAM). 2014. Dirección General de Calidad Ambiental. Guía para Muestreo de Suelos. Lima. Perú. 39p.

Nordberg, G. (2001). Metales: Propiedades Químicas y Toxicidad. Enciclopedia de la Seguridad y Salud en el Trabajo 4(3). Madrid: Ministerio de Trabajo y Asuntos sociales.

Organización Mundial de la Salud- OMS (2017). Reciclaje de baterías de plomo-ácido usadas. Breve reseña para el sector sanitario. Recuperado de: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/259444/WHO-FWC-PHE-EPE-17.02-spa.pdf;jsessionid=F5E0280A4E916BD2E019270B0C8740CD?sequence=1>

Organización Mundial de la Salud - OMS (2019). Intoxicación por plomo y salud. Recuperado de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>

Organización Mundial de la Salud – OMS (2019). Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas: Semana internacional de prevención de la intoxicación por plomo. Recuperado de https://www.who.int/ipcs/lead_campaign/es/

Organización Mundial de la Salud – OMS (s.f.). Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas: Diez sustancias químicas que constituyen una preocupación para la salud pública. Recuperado de https://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/chemicals_phc/es/

Orisakwe, O. E., Dagur, E. A., Mbagwu, H. O., & Udowelle, N. A. (2017). Lead Levels in Vegetables from Artisanal Mining Sites of Dilimi River, Bukuru and Barkin Ladi North Central Nigeria: Cancer and Non-Cancer Risk Assessment. *Asian Pacific journal of cancer prevention: APJCP*, 18(3), 621–627. doi:10.22034/APJCP.2017.18.3.621

Perry, L. (2003). pH para el jardín OH 34. Departamento de Extensión de la Universidad de Vermont de Ciencia de Plantas y Suelos. Recuperado de <http://pss.uvm.edu/ppp/pubs/oh34.htm>. Colombia: Universidad Nacional de Colombia; 2014.

Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente - PNUMA (2010). Análisis del flujo del comercio y revisión de prácticas de manejo ambientalmente racionales de productos conteniendo cadmio, plomo y mercurio en América Latina y el Caribe.

Qi, Z.; Wang, D.; Wei, Z.; Zhou, H. (2011). Assessment of Soil Heavy Metal Pollution with Principal Component Analysis and Geoaccumulation Index. *Procedia Environmental Sciences* 10 (2011): 1946-1952.

Quevedo, J. (2013). Determinación de factores de enriquecimiento e índices de geoacumulación de plomo, cadmio y níquel en suelos agrícolas del sector San Alfonso en Machachi. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Recuperado de: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/7115/4.7.000340.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Rodés J, Piqué JM, Trilla A. (2007). Libro de la Salud del Hospital Clínico de Barcelona y la Fundación BBVA Editorial Nerea SA. Barcelona.

Taylor, S.R. (1964). Abundance of chemical elements in the continental crust; a new table. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 28(8): 1,273-1,285. doi: 10.1016/0016-7037(64)90129-2.

Tepanosyan G, Maghakyan G, Sahakyan L. & Saghatelvan A. (2017). Heavy metals pollution levels and children health risk assessment of Yerevan kindergartens soils. *Ecotoxicology and environmental safety*.

Yacomelo M. (2014) Riesgo toxicológico en personas expuestas, a suelos y vegetales, con posibles concentraciones de metales pesados, en el sur del Atlántico, Colombia. [tesis de posgrado]. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

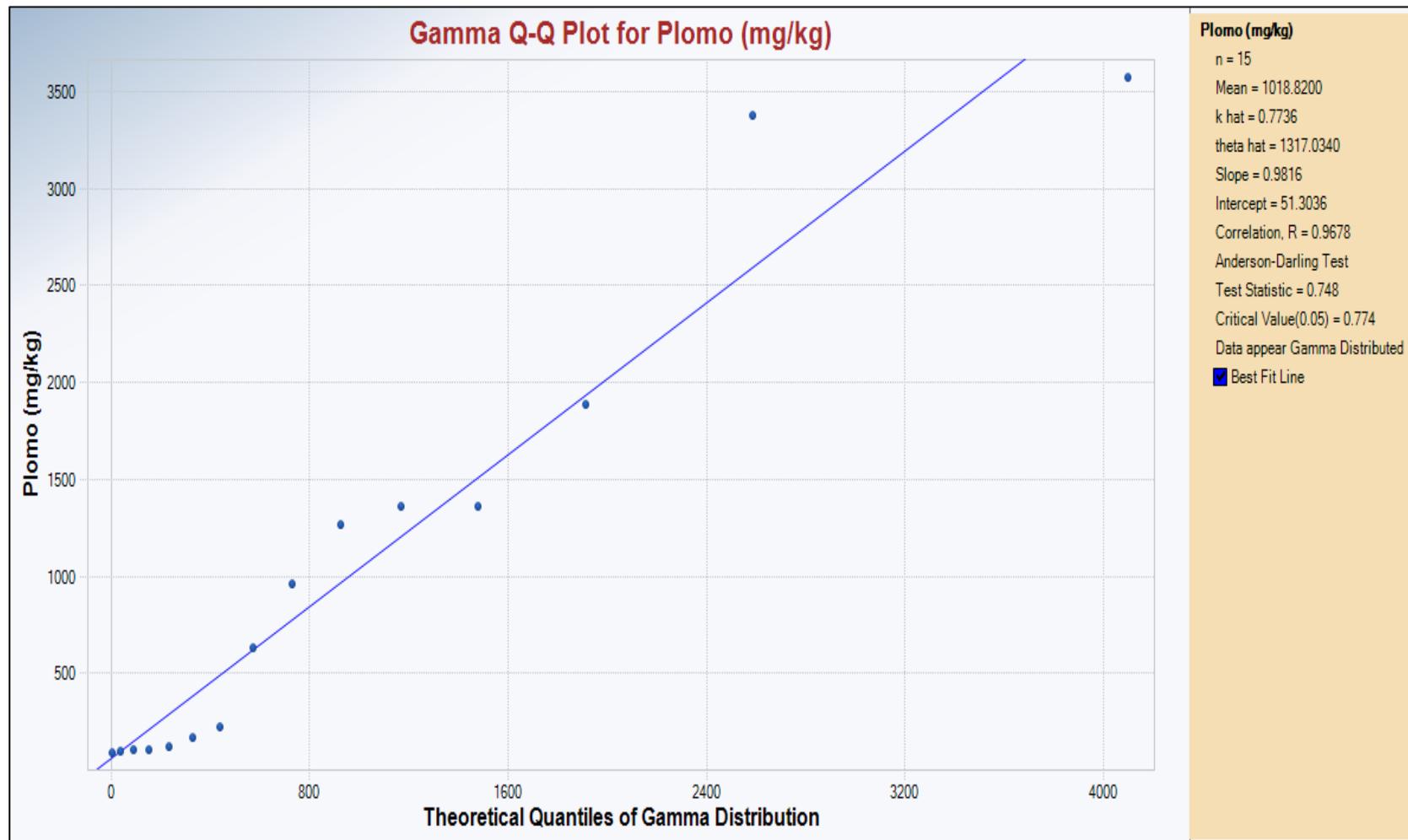
Yang-Guang G. & Yan-Peng G. (2016). Contamination, bioaccessibility and human health risk of heavy metals in exposed-lawn soils from 28 urban parks in southern China's largest city, Guangzhou. *Geochemistry*.

Ynocente, C. M. & Olortegui, D.S. (2018). Evaluación del riesgo toxicológico en personas expuestas a suelos con plomo (Pb) y cadmio (Cd) en los alrededores del Parque Industrial Infantas en Lima - Perú. Lima.

US EPA, US Environmental Protection Agency. Supplement to the 1986 EPA air quality criteria for lead. Addendum. Vol 1 EPA /600/8-89/045^a Office of health and Environmental assesment. Pp A1- A67 Washington, DC, US, 1989.

VII ANEXOS

ANEXO 1 GRAFICA GAMA Q-Q PLOTEO PARA PLOMO



ANEXO 2: ESTADISTICA GENERAL Y CÁLCULO DE UCL 95

Plomo (mg/kg)			
General Statistics			
Total Number of Observations	15	Number of Distinct Observations	15
		Number of Missing Observations	0
Minimum	88	Mean	1019
Maximum	3568	Median	628.5
SD	1159	SD of logged Data	1.392
Coefficient of Variation	1.137	Skewness	1.341
Gamma GOF Test			
A-D Test Statistic	0.748	Anderson-Darling Gamma GOF Test	
5% A-D Critical Value	0.774	Data appear Gamma Distributed at 5% Significance Level	
K-S Test Statistic	0.214	Kolmogorov-Smirnov Gamma GOF Test	
5% K-S Critical Value	0.23	Data appear Gamma Distributed at 5% Significance Level	
Data appear Gamma Distributed at 5% Significance Level			
Gamma Statistics			
k hat (MLE)	0.774	k star (bias corrected MLE)	0.663
Theta hat (MLE)	1317	Theta star (bias corrected MLE)	1536
nu hat (MLE)	23.21	nu star (bias corrected)	19.9
MLE Mean (bias corrected)	1019	MLE Sd (bias corrected)	1251
		Approximate Chi Square Value (0.05)	10.78
Adjusted Level of Significance	0.0324	Adjusted Chi Square Value	9.958
Assuming Gamma Distribution			
95% Approximate Gamma UCL (use when n>=50)	1881	95% Adjusted Gamma UCL (use when n<50)	2036
Assuming Gamma Distribution			
95% Approximate Gamma UCL (use when n>=50)		95% Adjusted Gamma UCL (use when n<50)	2036
Suggested UCL to Use			
95% Adjusted Gamma UCL	2036		

ANEXO 3: FOTOS



Encuesta a vecinos en la cancha de tierra de la comunidad de Ate



Encuesta a vecinos de la comunidad de Ate

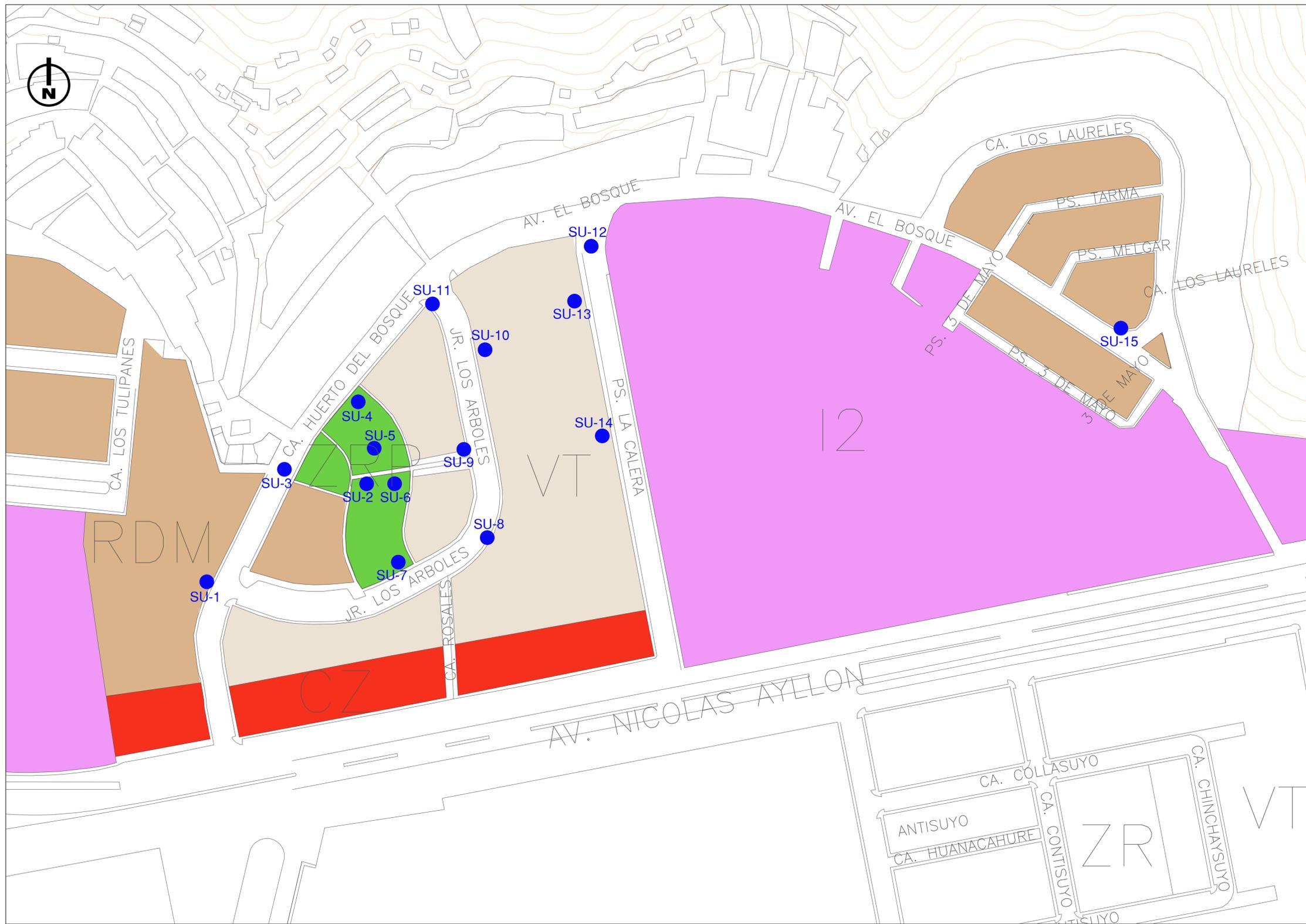


Charla y entrevista a padres de familia de la I.E. N°500 El Bosque

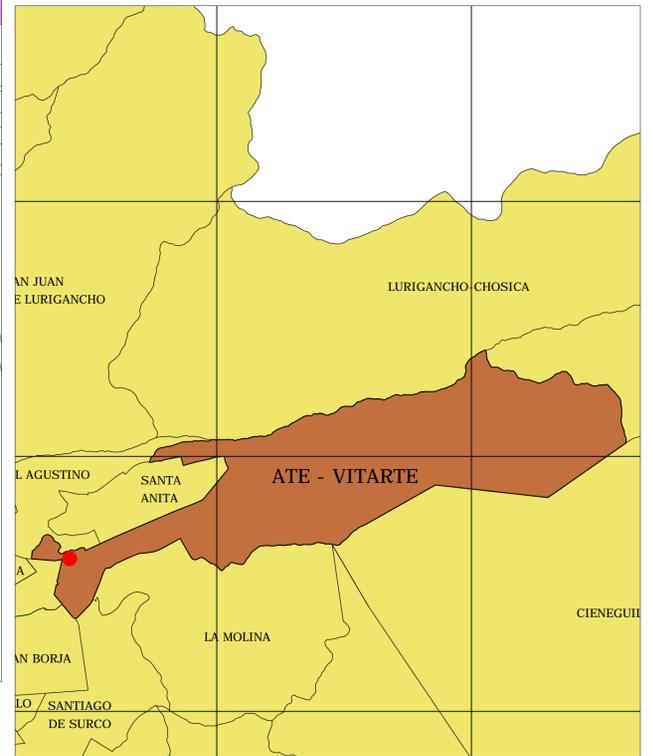


Muestreo para análisis Físicoquímico

ANEXO 4: PLANO - MUESTREO DE SUELO



MAPA PAÍS: PERÚ
ESCALA S/E



MAPA PROVINCIA: LIMA
ESCALA S/E

PLANO DE ZONIFICACIÓN -ATE
ESCALA 1000

LEYENDA		
	RDM	Residencial de Densidad Media
	VT	Vivienda Taller
	CZ	Comercio Zonal
	I2	Industria Liviana
	ZRP	Zona de Recreación Pública

CUADRO DE UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO

Ítem	Estación de Muestreo	Coordenadas UTM WGS-84		Altitud m.s.n.m	Ítem	Estación de Muestreo	Coordenadas UTM WGS-84		Altitud m.s.n.m
		Norte	Este				Norte	Este	
Suelo					Suelo				
1	SU-1	8665672	283656	260	9	SU-9	8665740	283778	260
2	SU-2	8665720	283728	260	10	SU-10	8665780	283786	262
3	SU-3	8665738	283690	260	11	SU-11	8665807	283763	263
4	SU-4	8665749	283725	260	12	SU-12	8665846	283835	258
5	SU-5	8665742	283729	260	13	SU-13	8665810	283831	256
6	SU-6	8665722	283740	261	14	SU-14	8665749	283849	255
7	SU-7	8665685	283741	258	15	SU-15	8665798	284088	260
8	SU-8	8665700	283787	260					



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESPECIALIDAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL

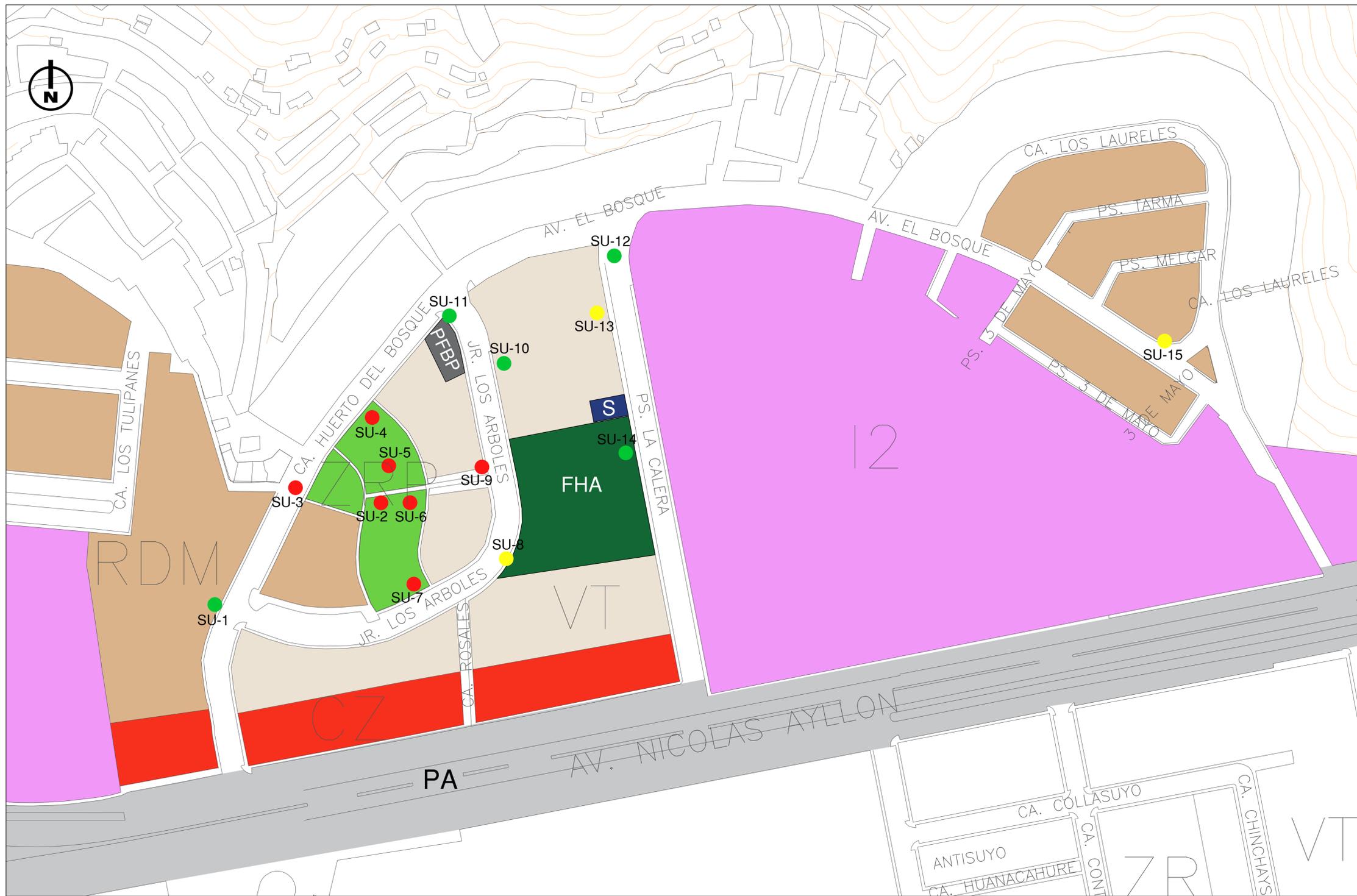
MAPA: "MAPA DE UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO DE SUELO"
 TEMA: "CUANTIFICACIÓN DE PLOMO EN SUELOS DE UNA COMUNIDAD EN EL DISTRITO DE ATE - LIMA"

AUTORA: Bach. Huanay Páez Flor Isabel

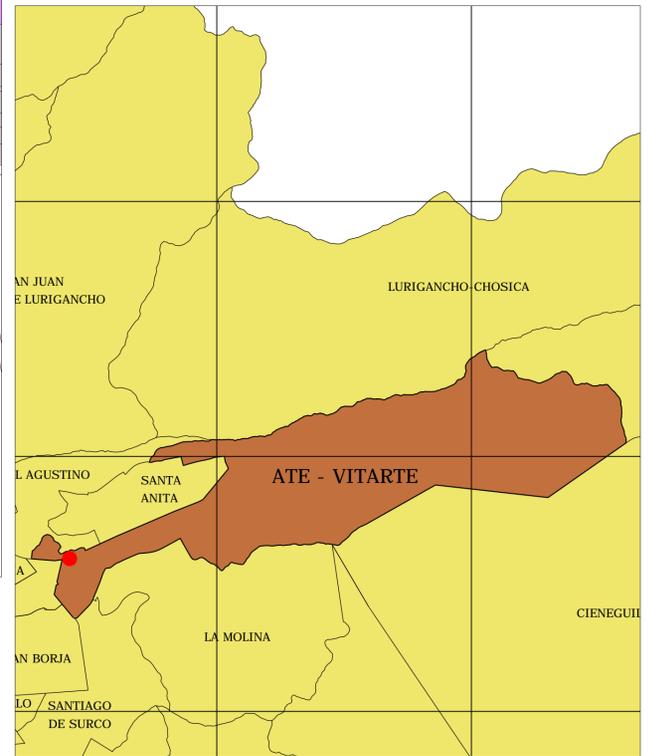
ESCALA: INDICADA UTM WGS 84
 FECHA: 22/10/2019 ZONA 18 S

M-01

ANEXO 5: MAPA DE RIESGO DE EXPOSICIÓN AL PLOMO



MAPA PAÍS: PERÚ
ESCALA S/E



MAPA PROVINCIA: LIMA
ESCALA S/E

PLANO DE ZONIFICACIÓN -ATE
ESCALA 1000

ESTACIONES DE MUESTREO Y RESPECTIVA CONCENTRACIÓN DE PLOMO TOTAL (mg/kg PS)			
SU-1	100.5	SU-9	3568.4
SU-2	1356.1	SU-10	88
SU-3	3373.1	SU-11	96.4
SU-4	957.9	SU-12	106.8
SU-5	1357.1	SU-13	162.4
SU-6	1261.9	SU-14	121.9
SU-7	1882.2	SU-15	221.1
SU-8	628.5		

NIVELES DE RIESGO DE EXPOSICIÓN, CONSIDERANDO ECA SUELO SEGÚN USOS DE SUELO		
NIVELES DE RIESGO	RANGO DE CONCENTRACIÓN DE PLOMO (mg/kg PS)	COLOR DE PUNTO DE MUESTREO
RIESGO BAJO	< 0,140]	●
RIESGO MEDIO	< 140,800]	●
RIESGO ALTO	X > 800	●

POSIBLES FOCOS DE CONTAMINACIÓN		
PFBP	PASIVO DE FABRICA DE BATERÍAS DE PLOMO	■
FHA	FUNDICIÓN DE HIERRO Y ACERO	■
S	SOLDADURA - PIEZAS PARA VEHÍCULOS AUTOMOTORES	■
PA	PARQUE AUTOMOTOR	■

ECA SEGÚN USOS DE SUELO (Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM)		
Parámetro (mg/kg PS)	SUELO RESIDENCIAL / PARQUES	SUELO COMERCIAL/ INDUSTRIAL
Plomo	140	800

LEYENDA DE ZONIFICACIÓN		
■	RDM	Residencial de Densidad Media
■	VT	Vivienda Taller
■	CZ	Comercio Zonal
■	I2	Industria Liviana
■	ZRP	Zona de Recreación Pública



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE CIENCIAS
 ESPECIALIDAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL

MAPA: "MAPA DE RIESGO DE EXPOSICIÓN AL PLOMO"
 TEMA: "CUANTIFICACIÓN DE PLOMO EN SUELOS DE UNA COMUNIDAD EN EL DISTRITO DE ATE - LIMA"

AUTORA: Bach. Huanay Páez Flor Isabel

ESCALA: INDICADA UTM WGS 84
 FECHA: 26/10/2019 ZONA 18 S

M-02

ANEXO 6: FICHA TÉCNICA – PUNTO DE CONTROL DE MONITOREOS



FICHA TÉCNICA
PUNTO DE CONTROL DE MONITOREO

IDENTIFICACION DEL PUNTO

Código de Punto de Control:	SU-1		
Tipo de Muestra:	<input type="text" value="S"/>	L= Líquido G= Gaseoso S= Sólido B= Biológico R= Ruido o Vibración	
Clase :	<input type="text" value="R"/>	E = Efluente / Emisión R = Receptor	
Zona de muestreo:	<input type="text" value="-"/>		
Tipo Procedencia / Ubicación:	<input type="text" value="O"/>		
Descripción:	PUNTO UBICADO ENTRE LA CALLE N°2 Y CALLE N°1		

UBICACIÓN:

Distrito:	Provincia :	Departamento :
Ate	Lima	Lima

Coordenadas U.T.M.(En Datum Horizontal UTM WGS-84):

Norte:	<input type="text" value="8665672"/>	Este:	<input type="text" value="283656"/>	Zona:	<input type="text" value="18L"/>
Altitud:	<input type="text" value="260"/>	(metros sobre el nivel del mar)			

PLAN DE MONITOREO:

Parámetro	Frecuencia de Muestreo: (Semanal, Mensual, Trimestral o Semestral)	Frecuencia de Reporte: (Mensual, Trimestral, Semestral o Anual)
Coordenadas/Metales Suelos ICP-OES & MS	MONITOREO	MONITOREO





FICHA TÉCNICA
PUNTO DE CONTROL DE MONITOREO

IDENTIFICACION DEL PUNTO

Código de Punto de Control:	SU-2		
Tipo de Muestra:	S	L= Líquido	G= Gaseoso S= Sólido B= Biológico R= Ruido o Vibración
Clase :	R	E = Efluente / Emisión	R = Receptor
Zona de muestreo:	-		
Tipo Procedencia / Ubicación:	O		
Descripción:	PUNTO UBICADO AL COSTADO DE LA CANCHITA DE FÚTBOL DEL PARQUE HUERTOS DE SANTA LUCIA		

UBICACIÓN:

Distrito:	Provincia :	Departamento :
Ate	Lima	Lima

Coordenadas U.T.M.(En Datum Horizontal UTM WGS-84):

Norte:	8665720	Este:	283728	Zona:	18L
Altitud:	260	(metros sobre el nivel del mar)			

PLAN DE MONITOREO:

Parámetro	Frecuencia de Muestreo: (Semanal, Mensual, Trimestral o Semestral)	Frecuencia de Reporte: (Mensual, Trimestral, Semestral o Anual)
Coordenadas/Metales Suelos ICP-OES & MS	MONITOREO	MONITOREO



Elaborado por: **CERTIMIN S.A.**

Fecha: 07/09/2019



FICHA TÉCNICA
PUNTO DE CONTROL DE MONITOREO

IDENTIFICACION DEL PUNTO

Código de Punto de Control:	SU-3					
Tipo de Muestra:	S	L= Líquido	G= Gaseoso	S= Sólido	B= Biológico	R= Ruido o Vibración
Clase :	R	E = Efluente / Emisión R = Receptor				
Zona de muestreo:	-					
Tipo Procedencia / Ubicación:	O					
Descripción:	PUNTO UBICADO EN EL PARQUE HUERTOS DE SANTA LUCÍA EN LA AV.EL BOSQUE					

UBICACIÓN:

Distrito:	Provincia :	Departamento :
Ate	Lima	Lima

Coordenadas U.T.M.(En Datum Horizontal UTM WGS-84):

Norte:	8665738	Este:	283690	Zona:	18L
Altitud:	260	(metros sobre el nivel del mar)			

PLAN DE MONITOREO:

Parámetro	Frecuencia de Muestreo: (Semanal, Mensual, Trimestral o Semestral)	Frecuencia de Reporte: (Mensual, Trimestral, Semestral o Anual)
Coordenadas/Metales Suelos ICP-OES & MS	MONITOREO	MONITOREO



Elaborado por: **CERTIMIN S.A.**

Fecha: 07/09/2019



**FICHA TÉCNICA
PUNTO DE CONTROL DE MONITOREO**

IDENTIFICACION DEL PUNTO

Código de Punto de Control:

Tipo de Muestra: L= Líquido G= Gaseoso S= Sólido B= Biológico R= Ruido o Vibración

Clase : E = Efluente / Emisión R = Receptor

Zona de muestreo:

Tipo Procedencia / Ubicación:

Descripción:

UBICACIÓN:

Distrito:	Provincia :	Departamento :
Ate	Lima	Lima

Coordenadas U.T.M.(En Datum Horizontal UTM WGS-84):

Norte: **Este:** **Zona:**

Altitud: (metros sobre el nivel del mar)

PLAN DE MONITOREO:

Parámetro	Frecuencia de Muestreo: (Semanal, Mensual, Trimestral o Semestral)	Frecuencia de Reporte: (Mensual, Trimestral, Semestral o Anual)
Coordenadas/Metales Suelos ICP-OES & MS	MONITOREO	MONITOREO



Elaborado por: **CERTIMIN S.A.**

Fecha: 07/09/2019



FICHA TÉCNICA
PUNTO DE CONTROL DE MONITOREO

Código de Punto de Control:

IDENTIFICACION DEL PUNTO

Tipo de Muestra: L= Líquido G= Gaseoso S= Sólido B= Biológico R= Ruido o Vibración

Clase : E = Efluente / Emisión R = Receptor

Zona de muestreo:

Tipo Procedencia / Ubicación:

Descripción:

UBICACIÓN:

Distrito:	Provincia :	Departamento :
Ate	Lima	Lima

Coordenadas U.T.M.(En Datum Horizontal UTM WGS-84):

Norte: **Este:** **Zona:**

Altitud: (metros sobre el nivel del mar)

PLAN DE MONITOREO:

Parámetro	Frecuencia de Muestreo: (Semanal, Mensual, Trimestral o Semestral)	Frecuencia de Reporte: (Mensual, Trimestral, Semestral o Anual)
Coordenadas/Metales Suelos ICP-OES & MS	MONITOREO	MONITOREO





FICHA TÉCNICA
PUNTO DE CONTROL DE MONITOREO

IDENTIFICACION DEL PUNTO

Código de Punto de Control:	SU-6		
Tipo de Muestra:	<input type="text" value="S"/>	L= Líquido G= Gaseoso S= Sólido B= Biológico R= Ruido o Vibración	
Clase :	<input type="text" value="R"/>	E = Efluente / Emisión R = Receptor	
Zona de muestreo:	<input type="text" value="-"/>		
Tipo Procedencia / Ubicación:	<input type="text" value="O"/>		
Descripción:	PUNTO UBICADO EN EL PARQUE HUERTOS DE SANTA LUCÍA		

UBICACIÓN:

Distrito:	Provincia :	Departamento :
Ate	Lima	Lima

Coordenadas U.T.M.(En Datum Horizontal UTM WGS-84):

Norte:	<input type="text" value="8665722"/>	Este:	<input type="text" value="283740"/>	Zona:	<input type="text" value="18L"/>
Altitud:	<input type="text" value="261"/>	(metros sobre el nivel del mar)			

PLAN DE MONITOREO:

Parámetro	Frecuencia de Muestreo: (Semanal, Mensual, Trimestral o Semestral)	Frecuencia de Reporte: (Mensual, Trimestral, Semestral o Anual)
Coordenadas/Metales Suelos ICP-OES & MS	MONITOREO	MONITOREO



Elaborado por: **CERTIMIN S.A.**

Fecha: 07/09/2019



FICHA TÉCNICA
PUNTO DE CONTROL DE MONITOREO

IDENTIFICACION DEL PUNTO

Código de Punto de Control:

SU-7

Tipo de Muestra:

S

L= Líquido G= Gaseoso S= Sólido B= Biológico R= Ruido o Vibración

Clase :

R

E = Efluente / Emisión R = Receptor

Zona de muestreo:

-

Tipo Procedencia / Ubicación:

O

Descripción:

PUNTO UBICADO EN LA CANCHITA DE FÚTBOL FRENTE A LA AV. LOS ÁRBOLES

UBICACIÓN:

Distrito:	Provincia :	Departamento :
Ate	Lima	Lima

Coordenadas U.T.M.(En Datum Horizontal UTM WGS-84):

Norte:	8665685	Este:	283741	Zona:	18L
Altitud:	258	(metros sobre el nivel del mar)			

PLAN DE MONITOREO:

Parámetro	Frecuencia de Muestreo: (Semanal, Mensual, Trimestral o Semestral)	Frecuencia de Reporte: (Mensual, Trimestral, Semestral o Anual)
Coordenadas/Metales Suelos ICP-OES & MS	MONITOREO	MONITOREO





**FICHA TÉCNICA
PUNTO DE CONTROL DE MONITOREO**

IDENTIFICACION DEL PUNTO

Código de Punto de Control:

Tipo de Muestra: L= Líquido G= Gaseoso S= Sólido B= Biológico R= Ruido o Vibración

Clase : E = Efluente / Emisión R = Receptor

Zona de muestreo:

Tipo Procedencia / Ubicación:

Descripción:

UBICACIÓN:

Distrito:	Provincia :	Departamento :
Ate	Lima	Lima

Coordenadas U.T.M.(En Datum Horizontal UTM WGS-84):

Norte: **Este:** **Zona:**

Altitud: (metros sobre el nivel del mar)

PLAN DE MONITOREO:

Parámetro	Frecuencia de Muestreo: (Semanal, Mensual, Trimestral o Semestral)	Frecuencia de Reporte: (Mensual, Trimestral, Semestral o Anual)
Coordenadas/Metales Suelos ICP-OES & MS	MONITOREO	MONITOREO



Elaborado por: **CERTIMIN S.A.**

Fecha: 07/09/2019



FICHA TÉCNICA
PUNTO DE CONTROL DE MONITOREO

IDENTIFICACION DEL PUNTO

Código de Punto de Control:

SU-9

Tipo de Muestra:

S

L= Líquido G= Gaseoso S= Sólido B= Biológico R= Ruido o Vibración

Clase :

R

E = Efluente / Emisión R = Receptor

Zona de muestreo:

-

Tipo Procedencia / Ubicación:

O

Descripción:

PUNTO UBICADO EN LA AV. LOS ÁRBOLES, FRENTE A FUNDICIÓN FERROSA

UBICACIÓN:

Distrito:	Provincia :	Departamento :
Ate	Lima	Lima

Coordenadas U.T.M.(En Datum Horizontal UTM WGS-84):

Norte:	8665740	Este:	283778	Zona:	18L
Altitud:	260	(metros sobre el nivel del mar)			

PLAN DE MONITOREO:

Parámetro	Frecuencia de Muestreo: (Semanal, Mensual, Trimestral o Semestral)	Frecuencia de Reporte: (Mensual, Trimestral, Semestral o Anual)
Coordenadas/Metales Suelos ICP-OES & MS	MONITOREO	MONITOREO



Elaborado por: **CERTIMIN S.A.**

Fecha: 07/09/2019



FICHA TÉCNICA
PUNTO DE CONTROL DE MONITOREO

IDENTIFICACION DEL PUNTO

Código de Punto de Control:

SU-10

Tipo de Muestra:

S

L= Líquido G= Gaseoso S= Sólido B= Biológico R= Ruido o Vibración

Clase :

R

E = Efluente / Emisión R = Receptor

Zona de muestreo:

-

Tipo Procedencia / Ubicación:

O

Descripción:

PUNTO UBICADO EN LA AV. LOS ÁRBOLES MZ. C LT 12, N°281

UBICACIÓN:

Distrito:	Provincia :	Departamento :
Ate	Lima	Lima

Coordenadas U.T.M.(En Datum Horizontal UTM WGS-84):

Norte:	8665780	Este:	283786	Zona:	18L
Altitud:	262	(metros sobre el nivel del mar)			

PLAN DE MONITOREO:

Parámetro	Frecuencia de Muestreo: (Semanal, Mensual, Trimestral o Semestral)	Frecuencia de Reporte: (Mensual, Trimestral, Semestral o Anual)
Coordenadas/Metales Suelos ICP-OES & MS	MONITOREO	MONITOREO



Elaborado por: **CERTIMIN S.A.**

Fecha: 07/09/2019



FICHA TÉCNICA
PUNTO DE CONTROL DE MONITOREO

IDENTIFICACION DEL PUNTO

Código de Punto de Control:

Tipo de Muestra: L= Líquido G= Gaseoso S= Sólido B= Biológico R= Ruido o Vibración

Clase : E = Efluente / Emisión R = Receptor

Zona de muestreo:

Tipo Procedencia / Ubicación:

Descripción:

UBICACIÓN:

Distrito:	Provincia :	Departamento :
Ate	Lima	Lima

Coordenadas U.T.M.(En Datum Horizontal UTM WGS-84):

Norte: **Este:** **Zona:**

Altitud: (metros sobre el nivel del mar)

PLAN DE MONITOREO:

Parámetro	Frecuencia de Muestreo: (Semanal, Mensual, Trimestral o Semestral)	Frecuencia de Reporte: (Mensual, Trimestral, Semestral o Anual)
Coordenadas/Metales Suelos ICP-OES & MS	MONITOREO	MONITOREO





FICHA TÉCNICA
PUNTO DE CONTROL DE MONITOREO

IDENTIFICACION DEL PUNTO

Código de Punto de Control:	SU-12					
Tipo de Muestra:	S	L= Líquido	G= Gaseoso	S= Sólido	B= Biológico	R= Ruido o Vibración
Clase :	R	E = Efluente / Emisión R = Receptor				
Zona de muestreo:	-					
Tipo Procedencia / Ubicación:	O					
Descripción:	PUNTO UBICADO EN LA AV. EL BOSQUE Y LA AV. LA CALERA					

UBICACIÓN:

Distrito:	Provincia :	Departamento :
Ate	Lima	Lima

Coordenadas U.T.M.(En Datum Horizontal UTM WGS-84):

Norte:	8665846	Este:	283835	Zona:	18L
Altitud:	258	(metros sobre el nivel del mar)			

PLAN DE MONITOREO:

Parámetro	Frecuencia de Muestreo: (Semanal, Mensual, Trimestral o Semestral)	Frecuencia de Reporte: (Mensual, Trimestral, Semestral o Anual)
Coordenadas/Metales Suelos ICP-OES & MS	MONITOREO	MONITOREO





FICHA TÉCNICA
PUNTO DE CONTROL DE MONITOREO

IDENTIFICACION DEL PUNTO

Código de Punto de Control:

Tipo de Muestra: L= Líquido G= Gaseoso S= Sólido B= Biológico R= Ruido o Vibración

Clase : E = Efluente / Emisión R = Receptor

Zona de muestreo:

Tipo Procedencia / Ubicación:

Descripción:

UBICACIÓN:

Distrito:	Provincia :	Departamento :
Ate	Lima	Lima

Coordenadas U.T.M.(En Datum Horizontal UTM WGS-84):

Norte: Este: Zona:

Altitud: (metros sobre el nivel del mar)

PLAN DE MONITOREO:

Parámetro	Frecuencia de Muestreo: (Semanal, Mensual, Trimestral o Semestral)	Frecuencia de Reporte: (Mensual, Trimestral, Semestral o Anual)
Coordenadas/Metales Suelos ICP-OES & MS	MONITOREO	MONITOREO





FICHA TÉCNICA
PUNTO DE CONTROL DE MONITOREO

IDENTIFICACION DEL PUNTO

Código de Punto de Control:

Tipo de Muestra: L= Líquido G= Gaseoso S= Sólido B= Biológico R= Ruido o Vibración

Clase : E = Efluente / Emisión R = Receptor

Zona de muestreo:

Tipo Procedencia / Ubicación:

Descripción:

UBICACIÓN:

Distrito:	Provincia :	Departamento :
Ate	Lima	Lima

Coordenadas U.T.M.(En Datum Horizontal UTM WGS-84):

Norte: **Este:** **Zona:**

Altitud: (metros sobre el nivel del mar)

PLAN DE MONITOREO:

Parámetro	Frecuencia de Muestreo: (Semanal, Mensual, Trimestral o Semestral)	Frecuencia de Reporte: (Mensual, Trimestral, Semestral o Anual)
Coordenadas/Metales Suelos ICP-OES & MS	MONITOREO	MONITOREO





FICHA TÉCNICA
PUNTO DE CONTROL DE MONITOREO

IDENTIFICACION DEL PUNTO

Código de Punto de Control:	SU-15		
Tipo de Muestra:	S		
Clase :	R	L= Líquido G= Gaseoso S= Sólido B= Biológico R= Ruido o Vibración	
Zona de muestreo:	-	E = Efluente / Emisión R = Receptor	
Tipo Procedencia / Ubicación:	O		
Descripción:	PUNTO UBICADO FUERA DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA N°500 EL BOSQUE		

UBICACIÓN:

Distrito:	Provincia :	Departamento :
Ate	Lima	Lima

Coordenadas U.T.M.(En Datum Horizontal UTM WGS-84):

Norte:	8665798	Este:	284088	Zona:	18L
Altitud:	260	(metros sobre el nivel del mar)			

PLAN DE MONITOREO:

Parámetro	Frecuencia de Muestreo: (Semanal, Mensual, Trimestral o Semestral)	Frecuencia de Reporte: (Mensual, Trimestral, Semestral o Anual)
Coordenadas/Metales Suelos ICP-OES & MS	MONITOREO	MONITOREO



ANEXO 7: CADENA DE CUSTODIA PARA MUESTRAS SOLIDAS

ANEXO 8: RESULTADOS DE ENSAYO



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO
DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO
N° SEP1121.R19

RESULTADOS

Muestras		Elementos															
N°	Codigo de Servicio Elemento Unidad Limite de Detección LD	MON0000 Fecha Monitoreo	MON0000 Tipo Muestra	MA0460	MA0460	MA0460	MA1124	MA1124	MA1124	MA1124	MA1124	MA1124	MA1124	MA1124	MA1124	MA1124	MA1124
				Nor* WGS-84	Est* WGS-84	Altitud* msnm	Ag mg/Kg PS 0.2	Al mg/Kg PS 100	As mg/Kg PS 0.2	Ba mg/Kg PS 1	Be mg/Kg PS 0.4	Bi* mg/Kg PS 5	Ca mg/Kg PS 100	Cd mg/Kg PS 0.3	Co mg/Kg PS 0.04	Cr mg/Kg PS 0.3	
1	SU-1	2019-09-07 09:30	Suelos	8665672	283656	260	<0.2	11362	27.0	150	<0.4	<5	26918	1.1	5.97	13.4	
2	SU-2	2019-09-07 09:45	Suelos	8665720	283728	260	0.6	7904	34.1	264	<0.4	<5	9480	1.1	5.33	8.7	
3	SU-3	2019-09-07 09:55	Suelos	8665738	283690	260	4.1	11244	62.5	197	<0.4	<5	23405	15.5	7.97	19.1	
4	SU-4	2019-09-07 10:05	Suelos	8665749	283725	260	6.3	15379	114.0	232	<0.4	<5	14678	6.5	9.97	46.9	
5	SU-5	2019-09-07 10:15	Suelos	8665742	283729	260	7.7	16123	76.9	229	0.5	8	14647	8.2	12.09	39.5	
6	SU-6	2019-09-07 10:25	Suelos	8665722	283740	261	2.4	12518	121.0	174	<0.4	<5	16997	3.4	8.40	16.2	
7	SU-7	2019-09-07 10:30	Suelos	8665685	283741	258	0.7	10619	61.3	172	<0.4	<5	14659	2.5	6.57	11.5	
8	SU-8	2019-09-07 10:35	Suelos	8665700	283787	260	1.2	11640	38.4	161	<0.4	20	18793	1.7	6.80	17.5	
9	SU-9	2019-09-07 10:40	Suelos	8665740	283778	260	<0.2	8747	12.4	84	<0.4	<5	17622	0.9	5.38	18.4	
10	SU-10	2019-09-07 10:45	Suelos	8665780	283786	262	<0.2	13870	12.4	169	<0.4	<5	16133	0.4	7.75	17.8	
11	SU-11	2019-09-07 10:50	Suelos	8665807	283763	263	<0.2	11124	5.6	228	<0.4	<5	16078	0.5	7.08	13.3	
12	SU-13	2019-09-07 11:30	Suelos	8665810	283831	256	0.7	9406	17.5	106	<0.4	<5	17973	1.3	5.88	16.9	
13	SU-12	2019-09-07 11:25	Suelos	8665846	283835	258	<0.2	9858	21.1	112	<0.4	<5	21612	0.9	8.25	17.6	
14	SU-14	2019-09-07 11:40	Suelos	8665749	283849	255	<0.2	7648	13.5	130	<0.4	<5	15339	0.8	13.61	37.0	
15	SU-15	2019-09-07 11:10	Suelos	8665798	284088	260	1.7	12246	36.8	162	<0.4	<5	25764	1.6	7.97	12.8	

LD: Límite de Detección (Limite Reportable) que es tomado en base al Límite de Cuantificación del Método LCM.
Las Coordenadas*, Altitud*, son mediciones realizadas en campo.
PS: Peso Seco

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO
DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO
N° SEP1121.R19

Muestras		Elementos															
N°	Codigo de Servicio	MA1124	MA1124	MA1124	MA1124	MA1124	MA1124	MA1124	MA1124	MA1124	MA1124	MA1124	MA1124	MA1124	MA1124	MA1124	MA1124
	Elemento	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P*	Pb	Sb	Se	Sn*	Sr*	Ti*	Tl
	Unidad	mg/Kg PS	mg/Kg PS	mg/Kg PS	mg/Kg PS	mg/Kg PS	mg/Kg PS	mg/Kg PS	mg/Kg PS	mg/Kg PS	mg/Kg PS	mg/Kg PS	mg/Kg PS	mg/Kg PS	mg/Kg PS	mg/Kg PS	mg/Kg PS
	Limite de Detección LD	0.5	100	100	100	2	0.09	100	1	100	0.3	5	0.9	10	0.5	100	0.03
1	SU-1	79.4	21229	2577	5704	401	2.70	1917	12	1788	100.5	<5	<0.9	<10	107.0	611	0.14
2	SU-2	60.6	19430	1346	4903	365	0.71	583	8	1277	1356.1	<5	<0.9	<10	59.0	567	0.14
3	SU-3	239	26839	2758	6259	589	3.08	1173	15	2069	3373.1	<5	<0.9	<10	78.5	584	0.21
4	SU-4	260	32177	2159	8271	752	1.71	759	14	2668	957.9	<5	<0.9	<10	99.7	647	0.27
5	SU-5	297	29558	2174	8221	658	1.57	591	16	2623	1357.1	<5	<0.9	<10	111.1	619	0.28
6	SU-6	148	25942	2016	7189	671	1.30	710	17	2922	1261.9	<5	<0.9	<10	99.3	521	0.20
7	SU-7	102	21015	1882	6040	570	1.30	1128	12	1516	1882.2	<5	<0.9	<10	77.8	483	0.19
8	SU-8	112	27315	2528	6864	625	1.96	2046	17	1849	628.5	<5	<0.9	<10	98.7	550	0.16
9	SU-9	75.0	21115	1909	4881	431	2.10	2105	24	1241	3568.4	<5	<0.9	<10	58.1	423	0.14
10	SU-10	45.8	27354	2401	9274	944	2.04	1597	20	1309	88.0	<5	<0.9	<10	94.7	934	0.13
11	SU-11	42.0	23016	3820	7210	488	1.73	1703	13	1283	96.4	<5	<0.9	<10	64.7	1049	0.16
12	SU-13	122	23781	1938	5092	539	2.27	6167	11	1389	162.4	<5	<0.9	<10	69.0	484	0.12
13	SU-12	139	26904	2230	4946	501	2.65	4216	32	2328	106.8	<5	<0.9	<10	77.5	462	0.10
14	SU-14	296	34279	2250	4957	677	4.74	2526	51	1260	121.9	<5	<0.9	<10	50.7	433	0.08
15	SU-15	132	25605	2624	6242	668	1.22	1252	8	3913	221.1	<5	<0.9	<10	92.6	533	0.14

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO
DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO
N° SEP1121.R19

Muestras		Elementos	
N°	Codigo de Servicio Elemento Unidad Limite de Detección LD	MA1124	MA1124
		V mg/Kg PS 2	Zn mg/Kg PS 0.5
1	SU-1	39	322.9
2	SU-2	47	421.7
3	SU-3	48	4662.8
4	SU-4	55	1710.0
5	SU-5	61	2052.6
6	SU-6	58	1080.3
7	SU-7	44	706.5
8	SU-8	63	631.2
9	SU-9	41	1670.5
10	SU-10	62	112.7
11	SU-11	48	116.3
12	SU-13	41	369.5
13	SU-12	71	277.7
14	SU-14	40	282.7
15	SU-15	50	1154.1

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE

ANEXO 9: RESULTADOS FISICOQUIMICOS



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 015393

ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACIÓN

SOLICITANTE : FLOR ISABEL HUANAY PÁEZ
PROYECTO : CUANTIFICACIÓN DE PLOMO EN SUELOS DE UNA COMUNIDAD EN EL DISTRITO DE ATE - LIMA
PROCEDENCIA : Calle Los Arboles y parque huerto Santa Lucía- Ate
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
Fecha de análisis : La Molina, 28 de agosto de 2019

Número de muestra Lab.	Campo	CE ds / m Relación 1:1	Análisis Mecánico			pH	M.O. %	P ppm	K ppm	CaCO ₃ %	Cationes Cambiables					
			Arena %	Limo %	Arcilla %						Textura Relación 1:1	CIC total	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁻
15493	MC1	4.57	54.92	35.48	9.60	7.23	3.38	71.71	554.00	0.75	11.50	9.30	1.25	0.18	0.77	-

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
 Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
 JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 015394

ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACIÓN

SOLICITANTE : FLOR ISABEL HUANAY PÁEZ
PROYECTO : CUANTIFICACIÓN DE PLOMO EN SUELOS DE UNA COMUNIDAD EN EL DISTRITO DE ATE - LIMA
PROCEDENCIA : Calle Los Arboles y parque huerto Santa Lucía- Ate
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
Fecha de análisis : La Molina, 28 de agosto de 2019

Número de muestra Lab.	Campo	CE dS / m Relación 1:1	Análisis Mecánico			pH	M.O. %	P ppm	K ppm	CaCO ₃ %	Cationes Cambiables					Mn ppm		
			Arena %	Limo %	Arcilla %						Textura	CIC total	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺		K ⁺	Al ³⁺⁺
15494	MC2	14.56	74.14	20.12	5.74	Francoso arenoso	7.55	2.39	49.64	772.00	0.92	9.86	8.15	0.50	0.37	0.85	0.00	8.47



LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO
Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO

**ANEXO 10 DATOS PARA INTERPRETACIÓN UTILIZADO POR EL
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA DE LA UNALM**

**INTERPRETACIÓN UTILIZADA POR EL LABORATORIO DE AGUA, SUELO,
MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
AGRÍCOLA DE LA UNALM**

Clase	Materia Orgánica %	Calcáreo Total CaCO ₃ %
Bajo	< 2%	< 1%
Medio	2 - 4%	1-5%
Alto	< 4%	> 5 %

Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) Efectiva	
< 5 meq/100gr	Muy baja
5-10.	Baja
10-15.	Medio
15-20.	Alto
>20	Muy Alto

Reacción del Suelo (pH)	
5.1-5.5	Fuertemente ácido
5.6-6.0	Moderadamente ácido
6.1-6.5	Ligeramente ácido
6.6-7.3	Neutro
7.4-7.8	Ligeramente alcalino
7.9-8.4	Moderadamente alcalino

**ANEXO 11: NORMATIVA DE ESTANDARES DE CALIDAD
AMBIENTAL (ECA) PARA SUELO D.S. N° 011 – 2017 – MINAM**

Que, de conformidad con lo previsto en el artículo 14 del Reglamento que establece disposiciones relativas a la Publicidad, Publicación de Proyectos Normativos y Difusión de Normas Legales de Carácter General, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS, y el artículo 39 del Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM; corresponde disponer la publicación de la propuesta de metodología en el Diario Oficial El Peruano, antes de la fecha prevista para su entrada en vigencia, con la finalidad de permitir a las personas interesadas formular los comentarios y aportes respectivos;

Con los vistos de la Secretaría General, la Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos, la Oficina de Asesoría Jurídica, y en uso de las facultades conferidas en la Ley de Recursos Hídricos, el Reglamento de Organización y Funciones de esta autoridad, aprobado por Decreto Supremo N° 06-2010-AG, y modificado por Decreto Supremo N° 012-2016-MINAGRI;

SE RESUELVE:

Artículo 1.- Dispóngase la publicación de la presente resolución en el Diario Oficial El Peruano y del documento denominado "Metodología para la determinación del índice de calidad de agua para los recursos hídricos superficiales en el Perú ICA-PE", en el portal web de la Autoridad Nacional del Agua: www.ana.gob.pe, por el plazo de quince (15) días hábiles, a fin que los interesados remitan sus opiniones y sugerencias a la dirección electrónica siguiente: IndiceCalidadAgua@ana.gob.pe.

Artículo 2.- Encargar a la Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos, la recepción y análisis de los aportes y comentarios que se presenten respecto al documento citado en el artículo precedente.

Regístrese, comuníquese y publíquese,

ABELARDO DE LA TORRE VILLANUEVA
Jefe
Autoridad Nacional del Agua

1593024-1

AMBIENTE

Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo

DECRETO SUPREMO
N° 011-2017-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el numeral 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Que, de acuerdo con lo establecido en el artículo 3 de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, en adelante la Ley, el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, entre otros, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la Ley;

Que, el numeral 31.1 del artículo 31 de la Ley define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente; asimismo, el numeral 31.2 del artículo 31 de la Ley establece que el ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas, así como un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental;

Que, según lo dispuesto en el numeral 33.1 del artículo 33 de la Ley, la Autoridad Ambiental Nacional dirige el proceso de elaboración y revisión de ECA y, en coordinación con los sectores correspondientes, elabora o encarga las propuestas de ECA, las que serán remitidas a la Presidencia del Consejo de Ministros para su aprobación mediante decreto supremo;

Que, en virtud a lo dispuesto por el numeral 33.4 del artículo 33 de la Ley, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, de conformidad con el literal d) del artículo 7 del Decreto Legislativo N° 1013, que aprueba la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente, esta entidad tiene como función específica elaborar los ECA, los cuales deberán contar con la opinión del sector correspondiente y ser aprobados mediante decreto supremo;

Que, mediante Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM se aprueban los ECA para Suelo y, a través del Decreto Supremo N° 002-2014-MINAM se aprueban las disposiciones complementarias para su aplicación;

Que, asimismo, mediante Decreto Supremo N° 013-2015-MINAM se dictan las reglas para la presentación y evaluación del Informe de Identificación de Sitios Contaminados;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 331-2016-MINAM se crea el Grupo de Trabajo encargado

DIARIO OFICIAL DEL BICENTENARIO


El Peruano

REQUISITO PARA PUBLICACIÓN DE NORMAS LEGALES Y SENTENCIAS

Se comunica a las entidades que conforman el Poder Legislativo, Poder Ejecutivo, Poder Judicial, Organismos constitucionales autónomos, Organismos Públicos, Gobiernos Regionales y Gobiernos Locales, que para efectos de la publicación de sus disposiciones en general (normas legales, reglamentos jurídicos o administrativos, resoluciones administrativas, actos de administración, actos administrativos, etc) con o sin anexos, que contengan más de una página, se adjuntará un CD o USB en formato Word con su contenido o éste podrá ser remitido al correo electrónico normaslegales@editoraperu.com.pe.

LA DIRECCIÓN

de establecer medidas para optimizar la calidad ambiental, siendo una de sus funciones específicas, analizar y proponer medidas para mejorar la calidad ambiental del país;

Que, en mérito a la evaluación técnica realizada por el citado Grupo de Trabajo, se identificó la necesidad de actualizar los ECA para Suelo;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 182-2017-MINAM, el Ministerio del Ambiente dispuso la prepublicación del proyecto de Decreto Supremo que aprueba los ECA para Suelo, en cumplimiento del artículo 39 del Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM, y el artículo 14 del Reglamento que establece disposiciones relativas a la publicidad, publicación de Proyectos Normativos y difusión de Normas Legales de Carácter General, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS; en virtud de la cual se recibieron aportes y comentarios al mismo;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8 del artículo 118 de la Constitución Política del Perú; la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo; el Decreto Legislativo N° 1013, que aprueba la Ley de Creación, Organización, y Funciones del Ministerio del Ambiente; y la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente;

DECRETA:

Artículo 1.- Aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo

Apruébase los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo, que como Anexo forman parte integrante del presente decreto supremo.

Artículo 2.- Los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo como referente obligatorio

Los ECA para Suelo constituyen un referente obligatorio para el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, y son aplicables para aquellos parámetros asociados a las actividades productivas, extractivas y de servicios.

Artículo 3.- De la superación de los ECA para Suelo

De superarse los ECA para Suelo, en aquellos parámetros asociados a las actividades productivas, extractivas y de servicios, las personas naturales y jurídicas a cargo de estas deben realizar acciones de evaluación y, de ser el caso, ejecutar acciones de remediación de sitios contaminados, con la finalidad de proteger la salud de las personas y el ambiente.

Lo indicado en el párrafo anterior no aplica cuando la superación de los ECA para Suelo sea inferior a los niveles de fondo, los cuales proporcionan información acerca de las concentraciones de origen natural de las sustancias químicas presentes en el suelo, que pueden incluir el aporte de fuentes antrópicas no relacionadas al sitio en evaluación.

Artículo 4.- Refrendo

El presente decreto supremo es refrendado por la Ministra del Ambiente, la Ministra de Energía y Minas, el Ministro de Salud, el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento, el Ministro de la Producción, el Ministro de Transportes y Comunicaciones, y el Ministro de Agricultura y Riego.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

Primera.- Criterios para la gestión de sitios contaminados

Mediante decreto supremo, a propuesta del Ministerio del Ambiente y en coordinación con los sectores competentes, se aprobarán los criterios para la gestión de sitios contaminados, los mismos que regulan las acciones señaladas en el artículo 3 del presente decreto supremo.

Segunda.- Aplicación del ECA para Suelo en los instrumentos de gestión ambiental aprobados

La aplicación de los ECA para Suelo en los instrumentos de gestión ambiental aprobados, que sean de carácter preventivo, se realiza en la actualización o modificación de los mismos, en el marco de la normativa vigente del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA). En el caso de instrumentos correctivos, la aplicación de los ECA para Suelo se realiza conforme a la normativa ambiental sectorial correspondiente.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS TRANSITORIAS

Primera.- Instrumento de gestión ambiental en trámite ante la Autoridad Competente

Los/as titulares que, antes de la entrada en vigencia de la presente norma, hayan iniciado un procedimiento administrativo para la aprobación del instrumento de gestión ambiental ante la autoridad competente, tomarán en consideración los ECA para Suelo vigentes a la fecha de inicio del procedimiento.

Luego de aprobado el instrumento de gestión ambiental por la autoridad competente, los/as titulares deberán considerar lo establecido en la Segunda Disposición Complementaria Final, a efectos de aplicar los ECA para Suelo aprobados mediante el presente decreto supremo.

Segunda.- De los procedimientos en trámite para la adecuación de los instrumentos de gestión ambiental a los ECA

Los procedimientos de adecuación de los instrumentos de gestión ambiental a los estándares de calidad ambiental (ECA), iniciados con anterioridad a la vigencia del presente decreto supremo, se resuelven conforme a las disposiciones normativas vigentes al momento de su inicio.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA DEROGATORIA

Única.- Derogación

Derógase el Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo, y el Decreto Supremo N° 003-2014-MINAM, que aprueba la Directiva que establece el procedimiento de adecuación de los instrumentos de gestión ambiental a nuevos Estándares de Calidad Ambiental (ECA).

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, al primer día del mes de diciembre del año dos mil diecisiete.

PEDRO PABLO KUCZYNSKI GODARD
Presidente de la República

JOSÉ MANUEL HERNÁNDEZ CALDERÓN
Ministro de Agricultura y Riego

ELSA GALARZA CONTRERAS
Ministra del Ambiente

CAYETANA ALJOVIN GAZZANI
Ministra de Energía y Minas

PEDRO OLAECHEA ÁLVAREZ CALDERÓN
Ministro de la Producción

FERNANDO ANTONIO D'ALESSIO IPINZA
Ministro de Salud

BRUNO GIUFFRA MONTEVERDE
Ministro de Transportes y Comunicaciones

CARLOS RICARDO BRUCE MONTES DE OCA
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

ANEXO
ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA SUELO

Parámetros en mg/kg PS ⁽²⁾	Usos del Suelo ⁽¹⁾			Métodos de ensayo ⁽⁷⁾ y ⁽⁸⁾
	Suelo Agrícola ⁽³⁾	Suelo Residencial/Parques ⁽⁴⁾	Suelo Comercial ⁽⁵⁾ /Industrial/Extractivo ⁽⁶⁾	
ORGÁNICOS				
Hidrocarburos aromáticos volátiles				
Benceno	0,03	0,03	0,03	EPA 8260 ⁽⁹⁾ EPA 8021
Tolueno	0,37	0,37	0,37	EPA 8260 EPA 8021
Etilbenceno	0,082	0,082	0,082	EPA 8260 EPA 8021
Xilenos ⁽¹⁰⁾	11	11	11	EPA 8260 EPA 8021
Hidrocarburos poliaromáticos				
Naftaleno	0,1	0,6	22	EPA 8260 EPA 8021 EPA 8270
Benzo(a) pireno	0,1	0,7	0,7	EPA 8270
Hidrocarburos de Petróleo				
Fracción de hidrocarburos F1 ⁽¹¹⁾ (C6-C10)	200	200	500	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F2 ⁽¹²⁾ (>C10-C28)	1200	1200	5000	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F3 ⁽¹³⁾ (>C28-C40)	3000	3000	6000	EPA 8015
Compuestos Organoclorados				
Bifenilos policlorados - PCB ⁽¹⁴⁾	0,5	1,3	33	EPA 8082 EPA 8270
Tetracloroetileno	0,1	0,2	0,5	EPA 8260
Tricloroetileno	0,01	0,01	0,01	EPA 8260
INORGÁNICOS				
Arsénico	50	50	140	EPA 3050 EPA 3051
Bario total ⁽¹⁵⁾	750	500	2 000	EPA 3050 EPA 3051
Cadmio	1,4	10	22	EPA 3050 EPA 3051
Cromo total	**	400	1 000	EPA 3050 EPA 3051
Cromo VI	0,4	0,4	1,4	EPA 3060/ EPA 7199 ó DIN EN 15192 ⁽¹⁶⁾
Mercurio	6,6	6,6	24	EPA 7471 EPA 6020 ó 200.8
Plomo	70	140	800	EPA 3050 EPA 3051
Cianuro Libre	0,9	0,9	8	EPA 9013 SEMWW-AWWA-WEF 4500 CN F o ASTM D7237 y/o ISO 17690:2015

Notas:

[**] Este símbolo dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para el uso de suelo agrícola.

(1) **Suelo:** Material no consolidado compuesto por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua, aire y organismos, que comprende desde la capa superior de la superficie terrestre hasta diferentes niveles de profundidad.

(2) **PS:** Peso seco.

(3) **Suelo agrícola:** Suelo dedicado a la producción de cultivos, forrajes y pastos cultivados. Es también aquel suelo con aptitud para el crecimiento de cultivos y el desarrollo de la ganadería. Esto incluye tierras clasificadas como agrícolas, que mantienen un hábitat para especies permanentes y transitorias, además de flora y fauna nativa, como es el caso de las áreas naturales protegidas.

(4) **Suelo residencial/parques:** Suelo ocupado por la población para construir sus viviendas, incluyendo áreas verdes y espacios destinados a actividades de recreación y de esparcimiento.

(5) **Suelo comercial:** Suelo en el cual la actividad principal que se desarrolla está relacionada con operaciones comerciales y de servicios.

(6) **Suelo industrial/extractivo:** 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.

(7) **Métodos de ensayo estandarizados vigentes o métodos validados y que cuenten con la acreditación nacional e internacional correspondiente, en el marco del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo de la *International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC)*. Los métodos de ensayo deben contar con límites de cuantificación que estén por debajo del ECA**

- correspondiente al parámetro bajo análisis.
- (8) Para aquellos parámetros respecto de los cuales no se especifican los métodos de ensayo empleados para la determinación de las muestras, se deben utilizar métodos que cumplan con las condiciones señaladas en la nota (7).
 - (9) **EPA:** Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (Environmental Protection Agency, por sus siglas en inglés).
 - (10) Este parámetro comprende la suma de Xilenos: o-xileno, m-xileno y p-xileno. En el respectivo informe de ensayo se debe reportar la suma de los Xilenos, así como las concentraciones y límites de cuantificación de los tres (3) isómeros de manera individual.
 - (11) **Fracción de hidrocarburos F1 o fracción ligera:** Mezcla de hidrocarburos cuyas moléculas contienen entre seis y diez átomos de carbono (C6 a C10). Los hidrocarburos de fracción ligera deben analizarse en los siguientes productos: mezcla de productos desconocidos derivados del petróleo, petróleo crudo, solventes, gasolinas, gas nafta, entre otros.
 - (12) **Fracción de hidrocarburos F2 o fracción media:** Mezcla de hidrocarburos cuyas moléculas contienen mayor a diez y hasta veintiocho átomos de carbono (>C10 a C28). Los hidrocarburos fracción media deben analizarse en los siguientes productos: mezcla de productos desconocidos derivados del petróleo, petróleo crudo, gasóleo, diesel, turbosina, queroseno, mezcla de creosota, gasolvente, gasolinas, gas nafta, entre otros.
 - (13) **Fracción de hidrocarburos F3 o fracción pesada:** Mezcla de hidrocarburos cuyas moléculas contienen mayor a veintiocho y hasta cuarenta átomos de carbono (>C28 a C40). Los hidrocarburos fracción pesada deben analizarse en los siguientes productos: mezcla de productos desconocidos derivados del petróleo, petróleo crudo, parafinas, petrolatos, aceites del petróleo, entre otros.
 - (14) Suma de siete PCB indicadores: PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153 y PCB 180.
 - (15) De acuerdo con la metodología de Alberta Environment (2009): *Soil remediation guidelines for barite: environmental health and human health*. ISBN No. 978-0-7785-7691-4. En el caso de sitios con presencia de baritina se podrán aplicar los valores establecidos para *Bario total real* en la Tabla 1. Un sitio con presencia de baritina se determina cuando todas las muestras de suelo cumplen con los valores establecidos para *Bario extraíble*, de acuerdo con lo indicado en la tabla 1.

Tabla 1. Valores para bario en sitios con presencia de baritina^(a)

Parámetros en mg/kg PS	Uso del suelo		
	Suelo Agrícola ^(b)	Suelo Residencial/Parques ^(c)	Suelo Comercial ^(d) / Industrial/ Extractivo ^(e)
Bario extraíble ^(f) (Extractable Barium)	250	250	450
Bario total real en sitios con presencia de baritina ^(g) (True total Barium at Barite Sites)	10 000	10 000	15 000 ^(h) 140 000 ⁽ⁱ⁾

Notas:

- (a) A efectos de aplicar los valores establecidos para el Bario total, *Bario extraíble* o *Bario total real* en sitios con presencia de baritina, corresponde utilizar el procedimiento detallado por Alberta Environment (2009). *Soil remediation guidelines for barite: environmental health and human health*. ISBN N° 978-0-7785-7691-4.
- (b) **Suelo agrícola:** Suelo dedicado a la producción de cultivos, forrajes y pastos cultivados. Es también aquel suelo con aptitud para el crecimiento de cultivos y el desarrollo de la ganadería. Esto incluye tierras clasificadas como agrícolas, que mantienen un hábitat para especies permanentes y transitorias, además de flora y fauna nativa, como es el caso de las áreas naturales protegidas.
- (c) **Suelo residencial/parques:** Suelo ocupado por la población para construir sus viviendas, incluyendo áreas verdes y espacios destinados a actividades de recreación y de esparcimiento.
- (d) **Suelo comercial:** Suelo en el cual la actividad principal que se desarrolla está relacionada con operaciones comerciales y de servicios.
- (e) **Suelo industrial/extractivo:** 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.
- (f) Se determina mediante la medición en solución extractora 0,1 M CaCl₂, de acuerdo con la metodología establecida por Alberta Environment (2009). *Soil remediation guidelines for barite: environmental health and human health*. ISBN N° 978-0-7785-7691-4.
- (g) Valores aplicables en sitios que cumplen con las concentraciones de Bario extraíble. La concentración del Bario total real se determina mediante las técnicas de fusión XRF o por fusión ICP, de acuerdo con la metodología establecida por Alberta Environment (2009). *Soil remediation guidelines for barite: environmental health and human health*. ISBN N° 978-0-7785-7691-4.
- (h) Suelo comercial.
- (i) Suelo industrial/extractivo.
- (16) **DIN:** Instituto Alemán de Normalización (Deutsches Institut für Normung, por sus siglas en alemán).

1593392-5

Aprueban Criterios para la Gestión de Sitios Contaminados

DECRETO SUPREMO
N° 012-2017-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el numeral 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú, establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Que, el artículo I del Título Preliminar de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, en adelante la Ley, señala que toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país;

Que, de acuerdo a lo establecido en el artículo 3 de la Ley, el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, entre otros, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la citada Ley;

Que, en virtud del numeral 16.2 del artículo 16 de la Ley, los instrumentos de gestión ambiental constituyen medios operativos que son diseñados, normados y aplicados con carácter funcional o complementario para efectivizar el cumplimiento de la Política Nacional Ambiental y las normas ambientales que rigen en el país;

Que, asimismo, según lo dispuesto por el numeral 17.2 del artículo 17 de la Ley, los planes de remediación constituyen un tipo de instrumento de gestión ambiental;

Que, el numeral 30.1 del artículo 30 de la Ley, referido a los planes de descontaminación y el tratamiento de pasivos ambientales, señala que estos están dirigidos a remediar impactos ambientales originados por uno o varios proyectos de inversión o actividades, pasados o presentes; asimismo, precisa que los citados planes deben considerar el financiamiento y las responsabilidades que correspondan a los titulares de las actividades contaminantes, incluyendo la compensación por los daños generados, bajo el principio de responsabilidad ambiental;

Que, de conformidad con el numeral 30.2 del artículo 30 de la Ley, las entidades con competencias ambientales promueven y establecen planes de descontaminación y recuperación de ambientes degradados, y la Autoridad Ambiental Nacional establece los criterios para su elaboración;

ANEXO 12: COMPARACIÓN CON EL ESTUDIO “EVALUACION DEL RIESGO TOXICOLÓGICO EN PERSONAS EXPUESTAS A SUELOS CON PLOMO (Pb) Y CADMIO (Cd) EN LOS ALREDEDORES DEL PARQUE INDUSTRIAL INFANTAS EN LIMA – PERÚ”

**CUADRO COMPARATIVO DEL PRESENTE ESTUDIO CON EL ESTUDIO
“EVALUACION DEL RIESGO TOXICOLÓGICO EN PERSONAS EXPUESTAS A
SUELOS CON PLOMO (Pb) Y CADMIO (Cd) EN LOS ALREDEDORES DEL
PARQUE INDUSTRIAL INFANTAS EN LIMA – PERÚ”**

Lugar	Total promedio Pb (mg/kg) PS	Índice de peligrosidad (niños)	Índice de riesgo cancerígeno (niños)	Metodología en laboratorio	Autor
Ate	1018.82	8.0874	3.3218×10^{-5}	Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP - MS)	Huanay, 2019
Los Olivos	51.43	0.105	5.35×10^{-6}	Espectroscopia de absorción atómica con llama	Ynocente y Olortegui, 2018
Comas	66.97	0.137	6.97×10^{-6}		