

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATÓLICA DEL PERÚ**

Escuela de Posgrado



Evaluación espacial de la movilización del plomo, mediante partículas sedimentables, proveniente del área contaminada alrededor de los almacenes de concentrados de minerales del
Callao

Tesis para obtener el grado académico de Maestro en Desarrollo
Ambiental que presenta:

Miguel Eduardo Ego Aguirre Barton

Asesor:

Dra. Paola Moschella Miloslavich

Lima, 2024


Informe de Similitud

Yo, Paola Moschella Miloslavich, docente de la Escuela de Posgrado de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor(a) de la tesis titulada(o) Evaluación espacial de la movilización del plomo, mediante partículas sedimentables, proveniente del área contaminada alrededor de los almacenes de concentrados de minerales del Callao, de el autor Miguel Eduardo Ego Aguirre Barton, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 14%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 26 de septiembre de 2024.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de investigación, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha:

Lima, 26 de septiembre de 2024.

Apellidos y nombres del asesor / de la asesora: <u>Moschella Miloslavich, Paola</u>	
DNI: 42990142	Firma 
ORCID: 0000-0001-9888-8324	

RESUMEN

El año 2000, DIGESA_USAID estableció un área contaminada con plomo, 1,2 km alrededor de los depósitos de concentrados de minerales del Callao. Dos décadas después de haberse implementado una serie de medidas para controlar las emisiones, al presente siguen existiendo reportes de niños menores con niveles elevados de plomo en sangre. Esta investigación reabre, este caso y propone el polvo sedimentable como mecanismo principal de removilización del plomo desde el área afectada hacia el resto de la ciudad con el objeto de analizar su comportamiento y evaluar su radio de influencia en el entorno urbano. El planteamiento de esta investigación toma como base una reinterpretación de las investigaciones desarrolladas por DIGESA (sección 1.1.5). Además, se revisó las teorías transporte de partículas para revisarla distancia potencial que pueda recorrer el plomo (ver sección 2.3); así como diversos casos actuales e históricos donde se evidencia que el plomo puede viajar en partículas sedimentables decenas y cientos de kilómetros, afectar a la salud poblacional en decenas de kilómetros y que el plomo tiene la capacidad de acumularse y removilizarse (sección 2.4). Los niveles elevados de plomo identificados por DIGESA-USAID en el 2000 en el área contaminada son equivalentes a los valores reportados en el presente estudio; excediendo los estándares de calidad ambiental (ECA). En tal sentido, las medidas implementadas no han eliminado la contaminación y se mantiene el riesgo de exposición poblacional. Los niveles de plomo son significativamente mayores en el polvo sedimentable y subsecuentemente en la fracción fina del polvo urbano y del suelo. Además, se presenta un gradiente desde el área contaminada con una influencia significativa a 7 km de distancia el transecto de la av. Argentina y de 3 km en la Av. La Marina. Esta distribución confirma el polvo sedimentable como mecanismo principal de transporte del plomo.

Tabla de Contenidos:

Introducción.....	7
1 Planteamiento y justificación del tema	8
1.1 Antecedentes	8
1.1.1 Investigaciones iniciales.....	9
1.1.2 Identificación de los almacenes de concentrados de minerales del Callao 13	
1.1.3 Acciones implementadas	15
1.1.4 Monitoreo en el sitio.....	18
1.1.5 Integración de la información disponible del caso y construcción de un Modelo Conceptual del Sitio	21
1.2 Justificación de la tesis	25
1.2.1 Razones teóricas.....	25
1.2.2 Razones académicas	25
1.2.3 Razones prácticas.....	26
1.3 Objetivos de la tesis	26
1.3.1 Objetivo general	26
1.3.2 Objetivos específicos.....	26
1.4 Hipótesis	27
2 Marco teórico	28
2.1 El plomo como contaminante	28
2.1.1 Resumen de efectos del plomo a la salud	28
2.1.2 La evolución de los niveles cohorte de plomo en sangre.....	30
2.1.3 Correlación entre los niveles de plomo en sangre y su concentración en el ambiente	31
2.2 Estándares de calidad ambiental aplicables.....	33
2.3 Erosión y transporte de contaminantes	34
2.4 Revisión de estudios de contaminación con plomo.....	37
2.4.1 El caso de La Oroya	37
2.4.2 Estudios de transporte de contaminantes de las minas del antiguo Imperio Romano.....	39
2.4.3 Contaminación por plomo en los Andes como resultado de las actividades prehispánicas y coloniales	40
2.4.4 Exposición poblacional al plomo en Perú y Latinoamérica.....	40
2.4.5 Bioacumulación y removilización del plomo de la gasolina en entornos periurbanos de Australia.....	41
2.4.6 Contaminación por plomo de la actividad Minero-Metalúrgica en China 42	
2.4.7 Aspectos para considerar de los casos revisados.....	43
2.5 Invisibilización de la contaminación en el Callao y desarrollo de proyectos residenciales	43
2.6 Factores económicos y sociales que condicional la ocurrencia de sitios altamente contaminados	44
2.7 Limitaciones identificadas para gestionar el área contaminada asociada a los depósitos de concentrados de minerales.....	47
3 Estado de la técnica	50
3.1 Modelos conceptuales y planeamiento de la investigación de sitios contaminados.....	50
3.1.1 Regulación en Perú para la investigación de sitios contaminados.....	50

3.1.2	Las etapas en la gestión de sitios contaminados y el desarrollo de modelos conceptuales en la investigación de sitios contaminados.....	51
3.2	Técnicas de muestreo	54
3.3	Técnicas de ensayo	58
3.3.1	Separación de partículas (tamizaje).....	58
3.3.2	Determinación de metales	58
4	Metodología y plan de trabajo	59
4.1	Enfoque metodológico y herramientas	59
4.2	Área de Estudio	60
4.3	Programa de muestreo	60
4.4	Trabajo de campo.....	61
4.5	Trabajo de Laboratorio:	62
4.6	Control de calidad.....	62
4.7	Tratamiento de datos e interpretación de resultados	63
4.8	Toma de muestras	64
4.9	Ensayos de laboratorio	67
5	Presentación de Resultados	68
5.1	Control de Calidad.....	68
5.2	Resultados gravimétricos	68
5.2.1	Resultados gravimétricos del polvo sedimentable.....	68
5.2.2	Resultados gravimétricos del polvo urbano	69
5.2.3	Resultados gravimétricos del suelo superficial y en profundidad	70
5.3	Resultados de plomo en las matrices ambientales.....	71
5.3.1	Plomo en el polvo sedimentable.....	71
5.3.2	Plomo en el polvo urbano	72
5.3.3	Plomo en el suelo superficial y en profundidad.....	73
6	Interpretación de resultados.....	76
6.1	Evaluación de la distribución del plomo y la calidad ambiental	76
6.2	Evaluación de similitud de las muestras.....	78
6.2.1	Evaluación multielemental del área contaminada	78
6.2.2	Evaluación multielemental del transecto de la Av. Argentina	79
6.2.3	Evaluación multielemental del transecto de la Av. La Marina	80
6.2.4	Evaluación multielemental de la zona control	83
6.3	Actualización del modelo conceptual del sitio	83
7	Conclusiones y recomendaciones	89
7.1	Conclusiones.....	89
7.2	Recomendaciones.....	90
8	Referencias bibliográficas	91

Lista de Figuras

Figura 1	Ubicación del área de Depósitos de Concentrados de Minerales en las inmediaciones del Puerto del Callao	9
Figura 2	Concentraciones medias de plomo en diferentes matrices ambientales determinadas por DIGESA – USAID (2000) en el área de estudio	11
Figura 3	Almacenes de concentrados de minerales al 2004.....	17
Figura 4	Almacenes de concentrados de minerales al 2015.....	17
Figura 5	Almacenes de concentrados de minerales al 2017.....	18
Figura 6	Monitoreo de plomo en PM10 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ – I.E. María Reiche, colindante con los depósitos de concentrados de minerales	19

Figura 7 Evolución de la población infantil del Callao según los Niveles de plomo en sangre en el periodo 2012 – 2021	21
Figura 8 Modelo Conceptual del Sitio al año 2000	22
Figura 9 Razón isotópica de plomo determinada entre las diferentes muestras evaluadas por DIGESA-USAID (2000) en el área de estudio, contrastadas con el plomo en los minerales como con en la gasolina	23
Figura 10 Relación entre el plomo y el zinc en los suelos del área contaminada	24
Figura 11 Relación entre el plomo y el arsénico en los suelos del área contaminada	24
Figura 12 Asociación de efectos clínicos y subclínicos de los niveles de plomo en sangre	29
Figura 13 Distribución de estudios epidemiológicos publicados relacionados con los efectos a la salud por exposición al plomo	31
Figura 14 Correlación entre plomo en el suelo y la sangre: Modelo biocinético de absorción de plomo desarrollado por la EPA por exposición al suelo y otros medios	32
Figura 15 Mecanismos de transporte de partículas erodables por acción del viento debido al diámetro de las partículas	36
Figura 16 Mecanismos de transporte de partículas erodables por acción del viento aplicables a las partículas de polvo de los concentrados de minerales antes de la existencia de aplicación de coberturas	36
Figura 17 Producción mundial de plomo desde 1000 aC hasta 2000 dC	40
Figura 18 Ubicación de complejos multifamiliares que se han desarrollado sobre antiguas instalaciones industriales en áreas industriales en la zona industrial del área de estudio	44
Figura 19 Etapas del Programa regulatorio en USA para la gestión de sitios contaminados y las fases del ciclo de vida de los MCS	52
Figura 20 Diagrama de flujo de la interacción entre el modelo conceptual, el análisis y visualización de la data	53
Figura 21 Comparación entre el muestreador MPS acorde al D1739-82 a la izquierda (sin cono deflector) y acorde al D1739-98 (2004) con cono deflector	56
Figura 22 Área de estudio y ubicación del área de los transectos de evaluación	61
Figura 23 Perfil multielemental de las muestras de polvo sedimentable, polvo urbano y suelos en fracciones correspondiente al Área contaminada en escala logarítmica	79
Figura 24 Figura compuesta del Perfil multielemental de las muestras de polvo sedimentable, polvo urbano y suelos en fracciones correspondiente al transecto de la Av. Argentina en escala logarítmica	81
Figura 25 Figura compuesta del Perfil multielemental de las muestras de polvo sedimentable, polvo urbano y suelos en fracciones correspondiente al transecto de la Av. La Marina en escala logarítmica	82
Figura 26: Perfil multielemental de las muestras de polvo sedimentable, polvo urbano y suelos en fracciones correspondiente al Área contaminada en escala logarítmica	83
Figura 27 Modelo Conceptual de la movilización del plomo, mediante partículas sedimentables, proveniente del área contaminada de los almacenes de concentrados de minerales del Callao hacia el entorno urbano	84
Figura 28 Modelo Conceptual de la movilización del plomo, mediante partículas sedimentables, proveniente del área contaminada de los almacenes de concentrados de minerales del Callao hacia el entorno urbano – detalles del transecto de la Av. Argentina	86

Lista de Tablas

Tabla 1 Concentraciones medias de plomo en diferentes matrices ambientales determinadas por DIGESA (2000) en el área de estudio	10
Tabla 2 Razones isotópicas entre los valores promedio de las muestras evaluadas por DIGESA (2000) en el área de estudio	12
Tabla 3 Relación de instrumentos ambientales aprobados de los depósitos de concentrados de minerales actuales y los que han sido cerrados en el Callao	14
Tabla 4 Resultados del muestreo de suelos de uso residencial en el Callao (2021)	20
Tabla 5 Estándares de calidad ambiental aplicables o de referencia seleccionados	34
Tabla 6 Resultados de plomo en sangre evaluados en la población infantil de La Oroya entre 1999 y 2005	38
Tabla 7 Programa de muestreo: cantidad de muestras por sector para las matrices ambientales suelo y polvo	60
Tabla 8 Ubicación de puntos de muestreo y muestras colectadas	64
Tabla 9 Peso de las muestras MPS y tasa de sedimentación del polvo	68

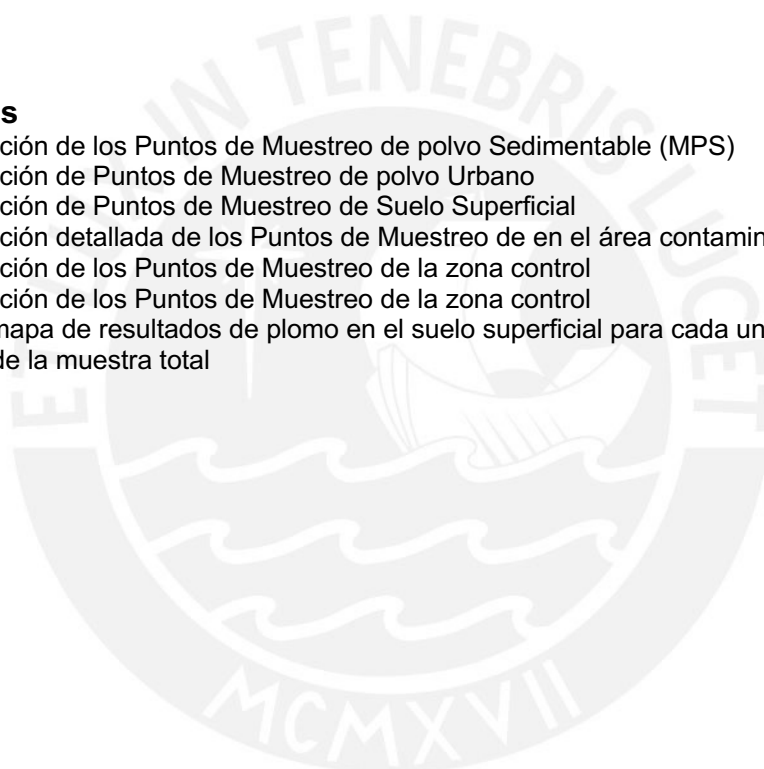
Tabla 10	Peso de las muestras de polvo urbano, distribución porcentual abundancia en g/m2.....	69
Tabla 11	Distribución porcentual promedio de las fracciones F1, F2 y F3 en las muestras de suelo..	71
Tabla 12	Concentración de plomo en el polvo sedimentable en ppm.....	71
Tabla 13	Concentración de plomo en las muestras de polvo urbano	72
Tabla 14	Concentración de plomo en las muestras de suelo superficial en ppm	74
Tabla 15	Concentración de plomo en las muestras de suelo en profundidad en ppm.....	75
Tabla 16	Concentración de plomo en los suelos del área Contaminada	76
Tabla 17:	Resultados promedio de Plomo por sectores.....	77

Lista de Anexos

- Anexo 01: Técnicas de Muestreo
- Anexo 02: Mapas
- Anexo 03: Resultados granulométricos
- Anexo 04: Resultados XRF
- Anexo 05: Control de Calidad

Lista de Mapas

- MAPA 01 – Ubicación de los Puntos de Muestreo de polvo Sedimentable (MPS)
- MAPA 02 – Ubicación de Puntos de Muestreo de polvo Urbano
- MAPA 03 – Ubicación de Puntos de Muestreo de Suelo Superficial
- MAPA 04 – Ubicación detallada de los Puntos de Muestreo de en el área contaminada
- MAPA 05 – Ubicación de los Puntos de Muestreo de la zona control
- MAPA 06 – Ubicación de los Puntos de Muestreo de la zona control
- MAPA 07 – Multimapa de resultados de plomo en el suelo superficial para cada una de las 3 fracciones como de la muestra total



Introducción

El problema socio ambiental y de salud ambiental generado por la contaminación por plomo vinculado al almacenamiento de concentrados de minerales en el puerto del Callao merece ser evaluado y esclarecido. Hacia fines de la década de 1990, la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) desarrolló una serie de estudios que determinaron una exposición crónica de la población infantil colindante a dichos depósitos. Se encontraron valores promedio de plomo en sangre que llegaban a triplicar los valores de cohorte vigentes en dicho momento de 10 $\mu\text{g}/\text{dL}$: 95% de la población evaluada en el Callao excedía dicho valor, mientras que en el resto de Lima el valor promedio era de 6.5 $\mu\text{g}/\text{dL}$ (DIGESA-USAID, 2000). Esta exposición fue reportada en asociación a excedencias en la calidad de los suelos y el polvo respirable. Producto de dichos hallazgos, el gobierno peruano estableció una serie de acciones que se llevaron a cabo hasta mediados del 2015 enfocadas en minimizar la emisión de partículas y brindar tratamiento a la población afectada. De acuerdo con los resultados del reporte situacional (DIGESA, 2022) se ha logrado el cumplimiento de los estándares de calidad ambiental para plomo en el aire (Plomo en el PM10), así como reducir significativamente los niveles de plomo en sangre en la población infantil, pero no se lo ha eliminado, así como tampoco han eliminado la contaminación de los suelos.

El enfoque gubernamental de la década del 2000 priorizó la respuesta urgente ante los elevados niveles reportados en el Callao. Sin embargo, dejó de lado una serie de datos que sugieren que la población infantil en Lima metropolitana también resultaba expuesta a la contaminación por dicho plomo; un ejemplo es el hecho de que los análisis de sangre de los niños evaluados en Breña y Lima Cercado en términos isotópicos tenían una correspondencia significativamente mayor a las características del plomo de los minerales que al de otras posibles fuentes de contaminación, como la gasolina (DIGESA-USAID, 2000). De modo similar, los niveles de plomo en el polvo al interior de las casas o en las manos de los niños de Lima y del Callao presentaban valores similares en contraste con los de calidad de aire (DIGESA-USAID, 2000). Todo esto se daba en un contexto global en el cual, en la última década, la OMS ha reducido el valor de cohorte para clasificar la población infantil como expuesta hasta los 5 $\mu\text{g}/\text{dL}$, y la CDC-USA hasta 3.5 $\mu\text{g}/\text{dL}$ (CDC, 2021).

Ante esta situación, esta investigación propone la hipótesis de que el plomo se moviliza a través de una matriz ambiental que no ha sido adecuadamente evaluada por DIGESA, que es el polvo urbano que se ubica en pistas y veredas, el cual se acumula en las casas y genera exposición a la población. De tal modo, para eliminar la exposición no basta con el control de las emisiones de partículas respirables, ya que es el polvo urbano con plomo el que se estaría movilizando por la ciudad, y su comportamiento tiene que ser entendido para desarrollar una estrategia eficiente para mitigar la exposición de los niños en Callao y Lima.

1 Planteamiento y justificación del tema

Este trabajo reconoce como un problema socio ambiental y de salud ambiental, que merece ser reevaluado y esclarecido, la persistencia de los casos de niños afectados con plomo en sangre en el Callao, en las inmediaciones de los almacenes de concentrados de minerales. A la vez, busca definir el radio de influencia de esta zona en el entorno urbano, para visibilizar si es necesario que el Estado ponga atención en una población mayor a la que actualmente atiende mediante los centros de salud Alberto Barton, Ramón Castilla, San Juan Bosco y Puerto Nuevo.

1.1 Antecedentes

De acuerdo con DIGESA (1999), el caso de la contaminación por plomo asociada al almacenamiento de concentrados de minerales en el Callao comenzó a ser investigado por la DIGESA en 1998. Sobre la base de los resultados de dichas investigaciones, el gobierno peruano estableció acciones que fueron implementadas desde dicho tiempo hasta la fecha, e implementó un programa de vigilancia que da cuenta de que, si bien la exposición poblacional se ha reducido significativamente, el problema no ha sido eliminado, tal como se puede apreciar en el reporte situacional de Salud del Callao (DIRESA -CALLAO, 2022). En esta sección, se describe dicho proceso.

De acuerdo con el Observatorio Minero Energético (OME, 2021), Perú es el cuarto productor de concentrados de plomo en el mundo. Según Goldenwijk y Fink-Jensen (2015), Perú ha sido el 5º productor de plomo de los últimos 100 años, cuya exportación ha ocurrido principalmente por el Puerto del Callao. Según la Dirección Regional de Salud Ambiental (DIRESA-Callao):

(...) desde los 70s, las empresas mineras productoras de concentrado de plomo exportan dicho producto bajo la forma de partículas muy finas, el mismo que trasladan hasta la fecha por tren y por camiones hacia los depósitos de mineral del Callao. (2020, p.1)

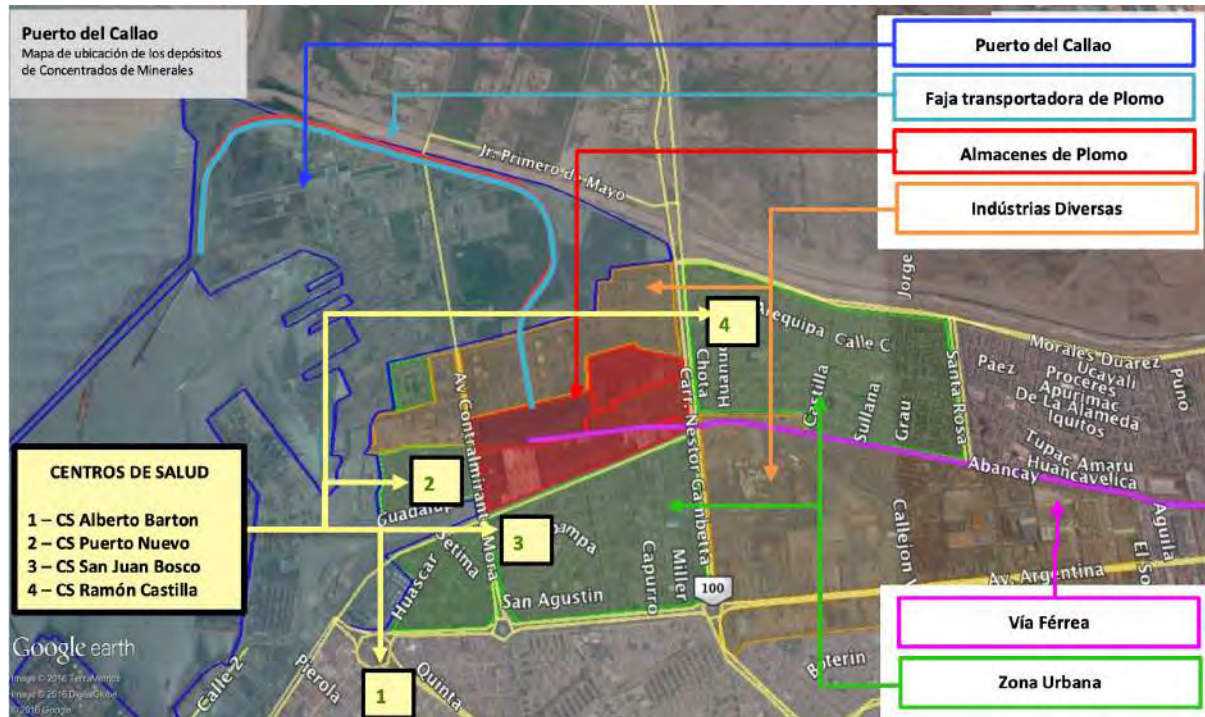
El crecimiento de la producción de plomo sustentó, en parte, el aumento de la actividad portuaria, que incluye tanto el crecimiento del puerto como el desarrollo de almacenes en las inmediaciones de este, lo cual implicó la paulatina construcción de nuevos depósitos de concentrados minerales.

De acuerdo con las certificaciones ambientales emitidas por la Dirección General de Asuntos Ambientales (DGAAM) del Ministerio de Energía y Minas (MINEM), han operado 10 almacenes de concentrados de plomo localizados en las inmediaciones del puerto del Callao, pertenecientes a 8 empresas; dichos almacenes operan desde hace varias décadas y, próximos a estos, se localizan barrios residenciales como Puerto Nuevo o Barrio Frigorífico. Sin embargo, recién hace dos décadas, se comenzó a implementar medidas para minimizar la emisión de partículas con plomo al entorno urbano. Según DIRESA-Callao (2022) a la fecha, de estos 10 depósitos, operan solo dos (02): IMPALA (Ex CORMIN) y PERUBAR. La figura 01 presenta el

área donde se localizan los almacenes de concentrados, así como otras zonas industriales y urbanas colindantes.

Figura 1

Ubicación del área de Depósitos de Concentrados de Minerales en las inmediaciones del Puerto del Callao



Nota. Elaborado a partir de la imagen de Google Earth
Acceso junio 2024.

Estos depósitos de concentrados mineros son colindantes a áreas de viviendas y poblaciones vulnerables, e instituciones educativas infantiles del Estado. Ello da cuenta de procesos similares donde se puede observar un dominio de lo industrial sobre lo urbano y una mirada que invisibiliza el riesgo al que se expone a las poblaciones vulnerables, que terminan aceptando estas condiciones en una mezcla de falta de oportunidades, condicionamiento e ignorancia del riesgo.

Lo anterior se ve reflejado en los estudios realizados en aquellos años. En efecto, Ramos et al. (2009) refieren que, en el Callao, entre los años 1997 y 1998, el servicio de pediatría del Hospital Nacional Daniel Alcides Carrión recibió a tres menores en estado de coma y sin posterior recuperación a nivel neurológico. En estos tres casos se registraron elevados niveles de plomo en sangre y, además, todos procedían del asentamiento humano Puerto Nuevo.

1.1.1 Investigaciones iniciales

DIGESA (1999) reportó que las primeras investigaciones de plomo en sangre en Lima y Callao fueron impulsadas por la agenda de la eliminación del plomo en la gasolina de 84 octanos. Entre 1998 y 1999, se evaluó a diversos distritos de Lima y Callao; en la población infantil, se evaluaron 2510 niños, para los que se determinó una concentración promedio de 9.9 µg/dL, mientras que en el distrito del Callao esta

alcanzaba a 25.6 µg/dL; el pico se registró en el Centro de Salud Puerto Nuevo y las escuelas María Reiche y Guadalupe, localizados colindantes a los depósitos de concentrados de minerales. En dicha evaluación, se utilizó como criterio de cohorte para definir a la población infantil expuesta una concentración de plomo en sangre de 10 µg/dL, que, en dicho momento, correspondía al estándar internacional utilizado por Estados Unidos (CDC, 2021).

Hernández-Ávila *et al.* (2000) determinaron que, en el Callao, los altos niveles de plomo en sangre en los niños menores de cinco años están asociados a los concentrados de minerales. En dicho estudio, en función de la calidad de los suelos, se definió un área afectada con un radio de 1200 m respecto a los depósitos, la cual se define en este proyecto como el “Área contaminada”.

Producto de estos resultados, DIGESA, con la colaboración de la Agencia Internacional de Desarrollo de los Estados Unidos (USAID), mediante el programa Environmental Health Project, realizó una investigación complementaria que incluyó muestras ambientales de plomo en el aire, suelo, polvo al interior de los hogares, en las manos de los niños y en la sangre; e incorporó una evaluación isotópica específicamente del plomo en las fuentes gasolina, minerales, así como aire, manos y sangre de niños tanto de Lima como del Callao (DIGESA - USAID, 2000). Las concentraciones medias de plomo reportadas en las diferentes matrices ambientales (fuentes, aire, suelos, polvo manos y sangre infantil) de Lima y Callao son resumidas en la tabla 01. En estos resultados, es evidente la mayor concentración en las muestras asociadas al Callao en todas las matrices; sin embargo, la similitud de concentraciones entre los valores de polvo en el piso como en las manos de los niños no guarda correlación con las concentraciones significativamente menores en Lima; por ello, es presumible que el aire respirable no es el vector principal de transporte de plomo hacia Lima y hacia su población infantil.

Tabla 1

Concentraciones medias de plomo en diferentes matrices ambientales determinadas por DIGESA (2000) en el área de estudio

Muestra	Unidad	Concentración de Plomo	Desviación Estándar
Fuentes de minerales			
Gasolina	g/L	0.75	
Muestras de minerales - CENTROMIN	mg/kg	5331	67%
Concentración de plomo en el aire en PM10 y PTS			
Breña	Lima	µg/m3	0.087
Cercado de Lima		µg/m3	0.366
Barrio de Chacaritas.	Callao - Próximo a los depósitos	µg/m3	13.17
AAHH Puerto Nuevo	de concentrados	µg/m3	2.86
Plomo en las muestras de suelos			
Lima (4 muestras)	mg/kg	432	
Callao	mg/kg	783	
Plomo en las muestras de polvo en el piso de los hogares			
Lima	µg/pie2	0.45	
Callao	µg/pie2	0.83	
Plomo en las muestras de polvo en los muebles de los hogares			
Lima	µg/pie2	0.06	
Callao	µg/pie2	0.52	
Plomo en las manos de los niños			

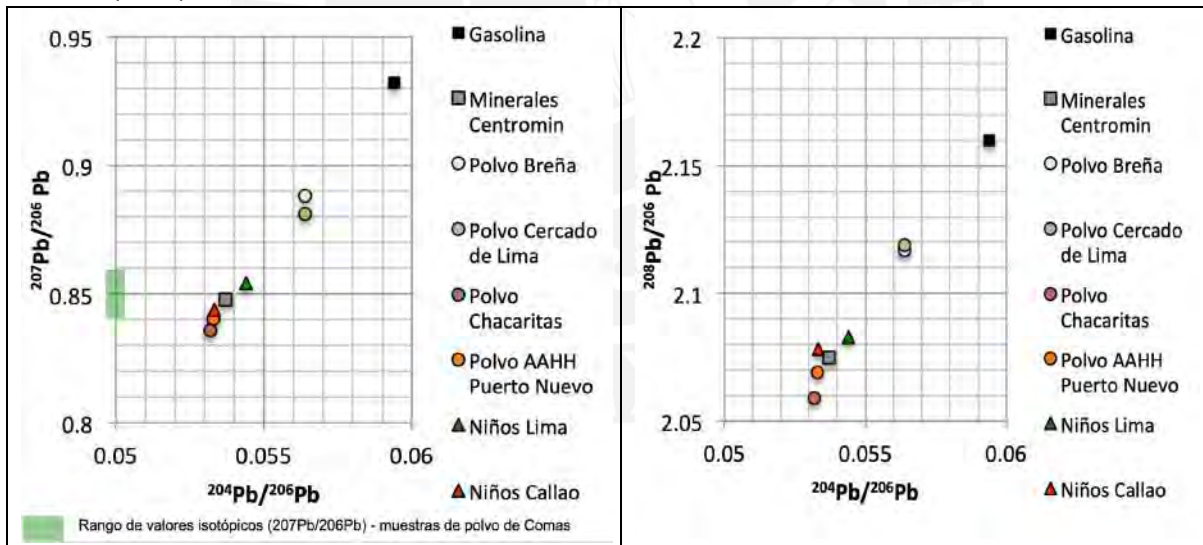
Muestra	Unidad	Concentración de Plomo	Desviación Estándar
Lima	g	0.38	
Callao	g	0.53	
Muestras de Sangre en niños			
Lima	µg/dL	6.5	67%
Callao	µg/dL	32.8	24%

Nota. Elaborado a partir de DIGESA - USAID, 2000.

En la figura 2, se muestran los resultados isotópicos promedio de plomo de las diferentes matrices evaluadas. A partir de dichos valores, DIGESA calculó la razón isotópica de la diferencia porcentual entre las diferentes muestras. Resultó que las muestras con menor diferencia están más relacionadas, cuyos resultados están presentados en la Tabla 2 y Figura 2. En estas se puede apreciar que el plomo en la sangre de los niños del Callao es equivalente al plomo de los concentrados de minerales y al aire del Callao, mientras que, en los niños de Lima, el plomo es significativamente más similar a los minerales que a la gasolina, y al aire del Callao que al aire de Lima. En contraste, el aire de Lima se encuentra en un punto medio entre los valores isotópicos de ambas sustancias contaminantes.

Figura 2

Concentraciones medias de plomo en diferentes matrices ambientales determinadas por DIGESA – USAID (2000) en el área de estudio



Nota. Adaptado de DIGESA - USAID, 2000.

Tabla 2

Razones isotópicas entre los valores promedio de las muestras evaluadas por DIGESA (2000) en el área de estudio

Grupos de muestras	Aire		Sangre en Niños	
	Callao	Lima	Callao	Lima
Fuentes				
Gasolina	--	--	10.20%	8.40%
Minerales	0.80%	4.90%	0.24%	2.20%
Aire				
Callao		5.80%	0.01%	2.10%
Lima (sin las muestras de Comas)			5.40%	3.60%
Sangre				
Callao				2.10%
Lima				

Nota. Elaborado a partir de DIGESA-USAID, 2000.

De esta información, DIGESA concluyó lo siguiente:

El análisis de las diferentes muestras ambientales y biológicas estudiados confirma que la fuente de exposición para los niños que habitan en los barrios de Puerto Nuevo, Chacaritas, Frigorífico y Ciudad Chalaca se origina de las partículas que se desprenden de los depósitos de minerales que se ubican en la zona. Los datos también indican, aunque esto requiere mayor documentación, que la contaminación originada por las partículas de los minerales que se manejan y almacenan en la zona puede también tener impacto en otras zonas más distantes y que es probable que estas partículas impacten, aunque en menor magnitud, el ambiente de Lima. [...] se confirma que las partículas de los minerales son la fuente más importante de plomo para los niños que habitan en las zonas cercanas a los depósitos. En contraste, la razón de isótopos identificada en los niños que habitan en Lima sugiere un patrón de mezcla, que muy probablemente es el resultado de la influencia tanto del plomo presente en la gasolina como del plomo de los minerales. (DIGESA-USAID, 2000, p. 22-24)

Posteriormente, Espinoza et al. (2003) presentaron un resumen de los datos de las investigaciones realizadas entre 1998 y 2000 con muestreos complementarios, pero no incorporaron en el análisis los valores isotópicos. Al referirse a los depósitos de concentrados de minerales, afirman que “*En comparación con el plomo derivado de la gasolina, el plomo derivado de otras fuentes afecta proporcionalmente a un número menor de residentes en las zonas estudiadas*” (p. S217), argumentando que la contaminación por plomo desde dichos depósitos se limita a la zona aledaña a dichas instalaciones. Respecto a la zona afectada por los depósitos, plantean la discusión sobre el control de emisiones de los depósitos versus la limpieza de las áreas con suelos contaminados como estrategia para la zona afectada en el Callao; mientras que, para el resto de Lima, proponen que la estrategia debiera estar asociada a la eliminación del plomo de la gasolina.

Hay dos estudios de los efectos cognitivos del plomo en la población infantil del Callao. Vega-Dienstmaier et al. (2006) establecieron que, en dicho grupo, los elevados niveles de plomo en sangre afectan negativamente las habilidades cognitivas, especialmente en los varones, y el área de razonamiento numérico es la más afectada. Guerrero Leiva (2009) muestra los efectos de la contaminación con plomo en los niños del IE “María Reiche” en términos de su desarrollo neuropsicológico mostrando deficiencias a nivel de lenguaje comprensivo, psicomotricidad, estructuración espacial y visopercepción (estas dos últimas son las más afectadas). Además, el autor reporta que, de los niños evaluados, solo el 5% presentaron una inteligencia promedio; y el 80%, entre inteligencia límite y retraso mental; y propone que estos valores están asociados a la contaminación por plomo.

1.1.2 Identificación de los almacenes de concentrados de minerales del Callao

La presente sección detalla un inventario de las fuentes, así como un registro de evidencias de cambios en las infraestructuras y las prácticas históricas que han condicionado a una mayor emisión de plomo en el pasado. El inventario incluye las siguientes fuentes:

- Fuentes primarias
 - Diez (10) depósitos de concentrados (ver tabla 3)
 - El Puerto del Callao
 - La faja transportadora
 - La vía del tren
- Fuentes secundarias
 - Suelo con elevados niveles de plomo acumulado alrededor de los depósitos de concentrados

Es necesario reconstruir la historia para identificar si en el pasado ha habido otros depósitos de minerales que pudieran haber sido cerrados, y que permitan afinar el inventario de emisiones potenciales de plomo. Nótese la ubicación de áreas residenciales colindantes con todos los depósitos cuya relación también es necesario reconstruir.

Otro punto que es necesario abordar es el destino del plomo que resultaba de los robos a los camiones que transportaban los concentrados de plomo al puerto, lo cual podría resultar en otras fuentes clandestinas de emisión de plomo. Adicionalmente, es necesario inventariar el transporte actual de los camiones que todavía siguen transportando concentrados desde los depósitos, como Mitsui, Selva Central, etc.

El inventario de los depósitos actuales y los cerrados ha sido construido revisando la información de los instrumentos de gestión ambiental otorgados en la zona de estudio por el Ministerio de Energía y Minas (véase Tabla 3) e incluye 10 depósitos. De estos,

según DIRESA (2022), a la fecha operan solo dos (02) que son IMPALA (Ex CORMIN) y PERUBAR. Estos se encuentran colindantes a la faja transportadora de concentrados de minerales; mientras que el de Impala, que es el más grande además tiene conexión directa con la línea ferroviaria que proviene de La Oroya.

Tabla 3

Relación de instrumentos ambientales aprobados de los depósitos de concentrados de minerales actuales y los que han sido cerrados en el Callao

Unidad	IGA	Proyecto	RESOLUCIÓN DIRECTORAL
CONSORCIO MINERO S.A. (CORMIN – hoy IMPALA TERMINAL)			
Puerto Del Callao	EIA	Depósito De Concentrados De Minerales	189-2002-EM/DGAA
	PCM	Depósito De Concentrados De Minerales	410-2004-MEM/AAM
Puerto Del Callao	EIA	Depósito De Concentrados	158-2002-EM/DGAA
NEPTUNIA S.A. (cerrado)			
Puerto Del Callao	PCM	Cierre Del Depósito De Concentrados De Minerales Metálicos Y No Metálicos	183-2013-MEM-AAM
IMPALA TERMINALS PERU S.A.C.			
Almacén De Concentrados Metálicos Y No Metálicos	PCM	Cierre De Almacén De Concentrados Metálicos Y No Metálicos (Ex Neptunia)	438-2015-MEM-DGAAM
Depósito De Concentrados Minerales Miller	EIA	Depósito De Concentrados De Minerales	193-2002-EM/DGAA
IMPALA S.A. Ex Cormin Dep. Conc. Callao (Consortio Minero S.A)	PCM	Plan De Cierre De Factibilidad Deposito De Concentrados Minerales Miller	356-2009-MEM/AAM
Depósito De Concentrados Minerales Miller	PCM	Modificación Del Plan De Cierre Del Depósito De Concentrados Minerales Miller	128-2013-MEM-AAM
Depósito De Concentrados Minerales N°1	EIA	modificación Del EIA Ampliación Y Modernización Del Almacén 1	033-2012-MEM-AAM
Depósito De Concentrados Minerales N°1	PCM	Depósito De Concentrados Minerales Del Almacén N°1 Ampliación Y Modernización	315-2013-MEM-AAM
INVERSIONES GARZA AZUL S.A.C.			
Depósito de Concentrados Gaza Azul	EIA	EIA Deposito De Concentrados De Minerales Metálicos Y No Metálicos	308-2011-MEM-AAM
	PCM	Segunda Modificación del Plan de Cierre del Almacén Garza Azul	0077-2023-MINEM-DGAAM
LOUIS DREYFUS COMPANY METALS PERU S.A.			
Callao	EIA	Almacén De Concentrados LCD	038-2011-MEM-AAM
Callao	PCM	Plan De Cierre Almacén De Concentrados LCD	317-2012-MEM-AAM
PERUBAR S A			
Dep. De Concentrados - Rímac	PCM	Plan De Cierre A Nivel De Factibilidad-Depósitos De Concentrados Rímac	196-2010-MEM-AAM
Puerto Del Callao (Rímac) - Aire	EIA	Depósito De Concentrados De Minerales	200-2002-EM/DGAA
Nuevo Dep. De Concentrados	EIA	Modificación De EIA Modernización E Integración De La Unidad Logística Callao	356-2013-MEM-AAM
Nuevo Dep. De Concentrados	EIA	Instalaciones Para La Conexión A La Faja Transportadora De Concentrados	188-2012-MEM-AAM
Nuevo Dep. De Concentrados	PCM	Modificación De Plan De Cierre Nuevo Depósito De Concentrados De Minerales	317-2015-MEM-DGAAM

Unidad	IGA	Proyecto	RESOLUCIÓN DIRECTORAL
Nuevo Dep. De Concentrados	PCM	Plan De Cierre De Minas Nuevo Depósito De Concentrados "Peru Bar"	288-2010-MEM-AAM
Nuevo Dep. De Concentrados	PCM	Plan De Cierre Conceptual De Nuevo Dep. De Relaves Peru Bar	038-2009-MEM-AAM
Nuevo Dep. De Concentrados - Aire	EIA	Ampliación De Funciones Del Actual Deposito De Materiales De LICSA	241-2005-MEM/AAM
Puerto Del Callao (Atalaya) - Aire	EIA	Depósito De Concentrados De Minerales	180-2002-EM/DGAA
SERVICIOS SELVA CENTRAL S.A.			
Puerto Del Callao	EIA	Depósito De Concentrados De Minerales	228-2002-EM/DGAA
SOCIEDAD MINERA EL BROCAL S.A.A.			
Puerto Del Callao	EIA	Depósito De Concentrados De Minerales	199-2002-EM/DGAA
Puerto Del Callao	PCM	Depósito De Concentrados De Minerales	272-2002-EM/DGAA

Nota. De MINEM (2002 – 2023).

De acuerdo con Centromin Peru (2002) desde los 70s hasta fines de los 90s la empresa estatal CENTROMIN PERU contaba con diversas unidades mineras, una fundición en La Oroya, el Ferrocarril Central utilizado para el transporte de minerales y el almacén de concentrados de minerales entre otras propiedades. En el libro blanco se describe el plan de privatización que incluyó el fraccionamiento para la venta de los activos por partes. En materia ambiental, dicho plan se enfocó en delimitar los pasivos ambientales y no transferir dicha responsabilidad a los nuevos inversionistas y que estas se limiten al cumplimiento de las obligaciones ambientales asociadas a sus propias operaciones. Para el inventario de pasivos se contrató a una consultora que realice las auditorías en las operaciones mineras tanto como en la fundición; de modo que dicha contaminación inventariada se mantenga en manos de CENTROMIN, es decir, el Estado Peruano. Sin embargo, dichas evaluaciones no incluyeron al almacén de concentrados de minerales del Callao. A razón de ello, la contaminación histórica por metales pesados en el entorno urbano no fue considerada como un pasivo ambiental en el proceso de privatización y el estado no abordó una estrategia de gestión de dicho pasivo.

1.1.3 Acciones implementadas

En las fotos 1 y 2, se aprecia el modo de operación de los depósitos de concentrados de minerales en la década del 2000, antes de la instalación de estructuras de contención para prevenir la emisión del polvo de los concentrados de minerales hacia el exterior de las instalaciones. Adicionalmente, en la imagen del 2004 (Figura 3), se presenta una vista de planta. Esto representa la forma de almacenar el plomo que ha regido durante varias décadas.

Foto 1

Pilas de concentrados de Plomo a la intemperie

**Foto 2**

Filas de camiones de concentrados esperando ingresar al puerto del Callao



En el *Estudio de impacto ambiental de las operaciones de los depósitos de concentrados de minerales del puerto del Callao* (CENTROMIN Perú S.A., 2001), se menciona que, durante una de sus visitas en agosto del 2000, se pudo observar sulfato de plomo depositado sobre una plataforma que cubría un área aproximada de 350 m². Dicho material no se encontraba cubierto con toldos. Esto evidenció el inadecuado almacenamiento y manipulación que había de los concentrados de plomo y el riesgo que suponía para los trabajadores del lugar.

En el reporte del estado situacional de Salud del Callao al 2021, DIRESA-Callao (2022) se resume las principales acciones que han sido implementadas desde el año 2000, con el objeto de controlar la presencia de plomo en el ambiente:

- Acciones de verificación de cierre de diversos depósitos de concentrados de minerales (2001)
- En el 2003, se declaró en emergencia ambiental las zonas urbanas aledañas a los almacenes de concentrados de minerales, y se realizó el cierre de varios depósitos para reubicarlos en un solo sector.
- En el 2004 se implementó tres (03) estaciones de calidad de aire en las inmediaciones de los depósitos de concentrados de minerales para la vigilancia de plomo en las partículas respirables
- Al 2005, se encapsularon los depósitos para minimizar las emisiones de polvo.
- En el 2014, se implementó una faja transportadora encapsulada que lleva los concentrados de plomo desde los principales depósitos hasta el puerto del Callao.

A continuación, en las figuras 3, 4 y 5, se presenta un análisis comparativo entre el año 2004 y 2017. Se puede apreciar que 2004 y el 2014 no existía techo en los almacenes. Hacia el 2014 se aprecia el uso de mantas para cubrir los concentrados. Además, se pudo observar que línea por donde ingresa el tren no cuenta con losa y la imagen evidencia la afectación de los suelos con derrames de concentrados de

minerales. En la imagen del 2017 se puede notar la construcción de domos que cubren el área de almacenamiento de plomo en los depósitos operados tanto por IMPALA como por PERUBAR.

Figura 3

Almacenes de concentrados de minerales al 2004



Nota. De Google Earth, 2023.

Figura 4

Almacenes de concentrados de minerales al 2015



Nota. De Google Earth, 2023.

Figura 5

Almacenes de concentrados de minerales al 2017



Nota. De Google Earth, 2023.

Cabe resaltar que, si bien, como parte de sus compromisos de cierre, algunos de los depósitos realizaron la limpieza del polvo en el perímetro circundante a dichas instalaciones, en la revisión de los instrumentos de cierre no se ha encontrado un respaldo en muestreos sistemáticos. Por otro lado, se estableció un sistema de vigilancia continua de niveles de plomo en el aire para verificar el cumplimiento de los Estándares de Calidad de Aire (ECA aire), y un programa de salud ambiental que realiza monitoreos periódicos de plomo en sangre y brinda tratamientos diferenciados para ayudar a los niños afectados en la reducción de los niveles de plomo en sangre.

1.1.4 Monitoreo en el sitio

En el *Plan Multianual para la Vigilancia, Prevención y Control de la Exposición por Metales Pesados Región Callao, 2020-2022* de la Diresa-Callao (2020), se realiza un monitoreo de seguimiento tanto de calidad ambiental como de salud de la población infantil, menor de 10 años, en la zona declarada como área contaminada. A continuación, se presenta un resumen breve de estos resultados, los cuales evidencian que la exposición al plomo continúa.

Calidad de aire:

Tanto DIGESA como el Gobierno Regional han monitoreado los niveles de Plomo en PM₁₀, y han determinado que en los últimos años este parámetro ha sido reportado dentro del ECA. Según DIGESA - USAID (2000), hacia fines de los 90s, se alcanzó valores de 13.7 µg/m³; sin embargo, en el reporte del 2021 (DIGESA, 2022) los valores en el Centro Educativo María Reiche son menores de 0.2 µg/m³, mientras que, en los otros dos centros educativos, se obtuvieron valores no detectados. La figura 6

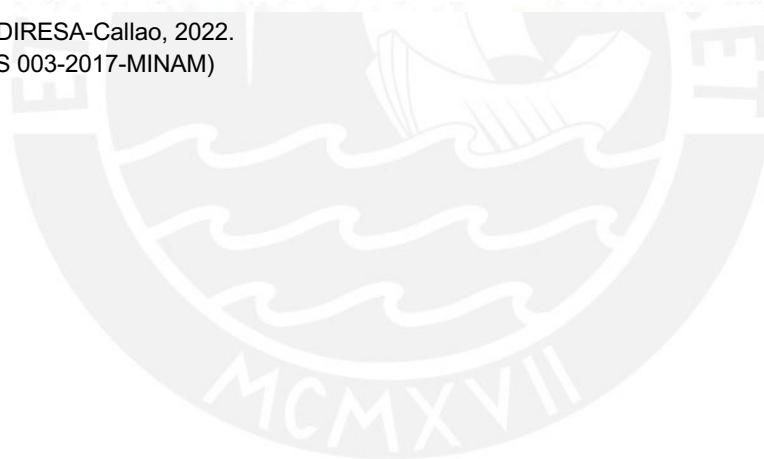
presenta la evolución de los niveles de plomo en el aire en dicho colegio desde el 2002, contrastados con el estándar de calidad de aire (véase sección 2.2). Además, se precisa que, en el caso de los CE San Juan Bosco y Ramón Castilla, se reportaron concentraciones significativamente menores y con la misma tendencia a la baja.

Figura 6

Monitoreo de *plomo* en PM10 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ – I.E. María Reiche, colindante con los depósitos de concentrados de *minerales*



Nota. Adaptado de DIRESA-Callao, 2022.
ECA Aire (norma DS 003-2017-MINAM)



Calidad de suelos

De acuerdo con DIGESA (2022), en noviembre del 2021, el Gobierno Regional tomó 21 muestras de suelos en los barrios aledaños a los depósitos de concentrados, y encontró que el 75% de dichas muestras exceden el ECA urbano para plomo (140 mg/kg (véase sección 2.2). Se reportó un pico de 2464 mg/kg, que evidenciaba que el problema de suelos contaminados persiste en la zona con valores equivalentes a los observados en los estudios realizados por DIGESA entre 1998 y 2000. La Tabla 4 presenta los resultados de calidad de suelos.

Tabla 4

Resultados del muestreo de suelos de uso residencial en el Callao (2021)

Punto	Zona	Ubicación	Arsénico	Cadmio	Cromo	Plomo	Zinc
			mg/kg MS	mg/kg MS	mg/kg MS	mg/kg MS	mg/kg MS
SC-01		Parque Barrio Frigorífico	24.40	3.00	13.40	128.30	502.00
SC-02	Urb. Barrio Frigorífico/ A A. HH. Puerto Nuevo	Entre calle Los pescadores lado norte y Ferrocarril	22.30	13.40	6.80	603.10	3,055.70
SC-03		Entre Av. Guadalupe y Calle Espigón	83.80	13.00	9.50	1,121.30	3,188.30
SC-04		Entre Calle Miguel Grau Alt Local Comunal	17.60	4.90	14.20	235.90	1,104.10
SC-05		Entre Calle Miguel Grau y Av. Contralmirante Mora	180.70	25.10	8.80	1,553.30	3,994.80
SC-06		Entre Av. Guadalupe y Calle El sol	49.60	15.20	8.60	615.40	2,286.00
SC-07		Entre Av. Contralmirante Mora Jr. Pucallpa	62.00	9.70	11.10	737.30	1,884.70
SC-08	AA. HH. San Juan Bosco/ Ciudadela Chalaca	Entre Av. Argentina y Contralmirante Mora - Ovalo Centenario	21.00	3.20	9.50	217.30	621.90
SC-10		Entre Calle 6 y Parque frente a I.E. Divina Pastora Ciudadela Chalaca	11.80	3.70	7.30	195.90	1,472.70
SC-11		Entre Av. Atalaya y Calle Rímac	15.20	4.00	12.60	201.70	808.50
SC-12		Entre Av. Atalaya y Calle Nunes del Arco Zona Industrial	60.60	16.90	145.10	804.10	2,551.30
SC-13	Urb. Ramón Castilla/ Gambeta Alta/Baja	Entre Calle E y Jr. Chota. Frente Parque Ramón Castilla	33.30	3.70	10.00	221.10	711.40
SC-14		Entre Calle Amazonas y Calle Arequipa - A.H. 3 de marzo	56.10	2.60	11.70	112.60	427.00
SC-15		Av. Central entre Block K y M	17.60	18.30	8.30	83.20	324.80
SC-16		Entre Calle Alameda y Calle San Martín (Frente Colegio Ramón Castilla)	20.40	3.30	21.60	149.90	424.60
SC-18		Entre Jr. Grau y Av. Enrique Meiggs	10.70	2.50	18.20	56.20	313.70
SC-20		Entre Av. Ramón Castilla y Av. La Alameda	15.10	2.00	9.20	82.00	381.90
SC-21		Entre Calle Chusche y Av. Morales Duarez	23.60	2.30	8.00	36.40	270.20
		Promedio Barrio Frigorífico (6 muestras)	63.07	12.43	10.22	709.55	2,355.15
	Promedio AA San Juan Bosco Ciudadela Chalaca (6 muestras)	34.12	7.50	37.12	431.26	1,467.82	
	Promedio Urb. Ramón Castilla - Gambeta Baja (7 muestras)	25.26	4.96	12.43	105.91	407.66	
	ECA Suelos de Uso Residencial	50.00	10.00	400.00	140.00	--	

Nota. De DIGESA, 2022.

Leyenda

Rojo – excede el ECA para suelos de uso residencial.

Niveles de plomo en sangre de la población infantil:

De acuerdo con DIGESA (1999) y DIGESA-USAID (2000) y DIRESA (2021, 2022):

- Hacia fines de los 90s, la población infantil evaluada en el Callao alcanzaba niveles de plomo en sangre de 25.6 µg/dL.
- Al 2002, la población infantil afectada con niveles de $[Pb]_{\text{sangre}} > 10 \mu\text{g/dL}$ en el Centro de Salud Puerto Nuevo, que pertenece al Callao, alcanzaba un 95%, y bajó hasta un 34% al 2015.
- En los últimos años, se han ido incorporando otros centros de salud localizados en el radio de aproximadamente 1 km de los depósitos de concentrados de minerales (Barton, San Juan Bosco y Ramón Castilla), o localizados en zonas aledañas; los resultados de estos tres centros de salud evidencian que en dichos sectores se alcanzó niveles de 7.5% a 12% de niños afectados.

Dichos resultados son resumidos en la Figura 7. Respecto a la evolución de los niveles de plomo en sangre, se puede apreciar que, luego de las acciones implementadas en la década pasada, los casos de niños con niveles elevados de plomo en sangre en el Callao se redujeron por debajo del 10%; sin embargo, dichos índices se han mantenido relativamente estables en los últimos 5 años, lo que indica que las acciones adoptadas no han sido suficientes.

Figura 7

Evolución de la población infantil del Callao según los Niveles de plomo en sangre en el periodo 2012 – 2021



Nota. De Diresa-Callao, 2022.

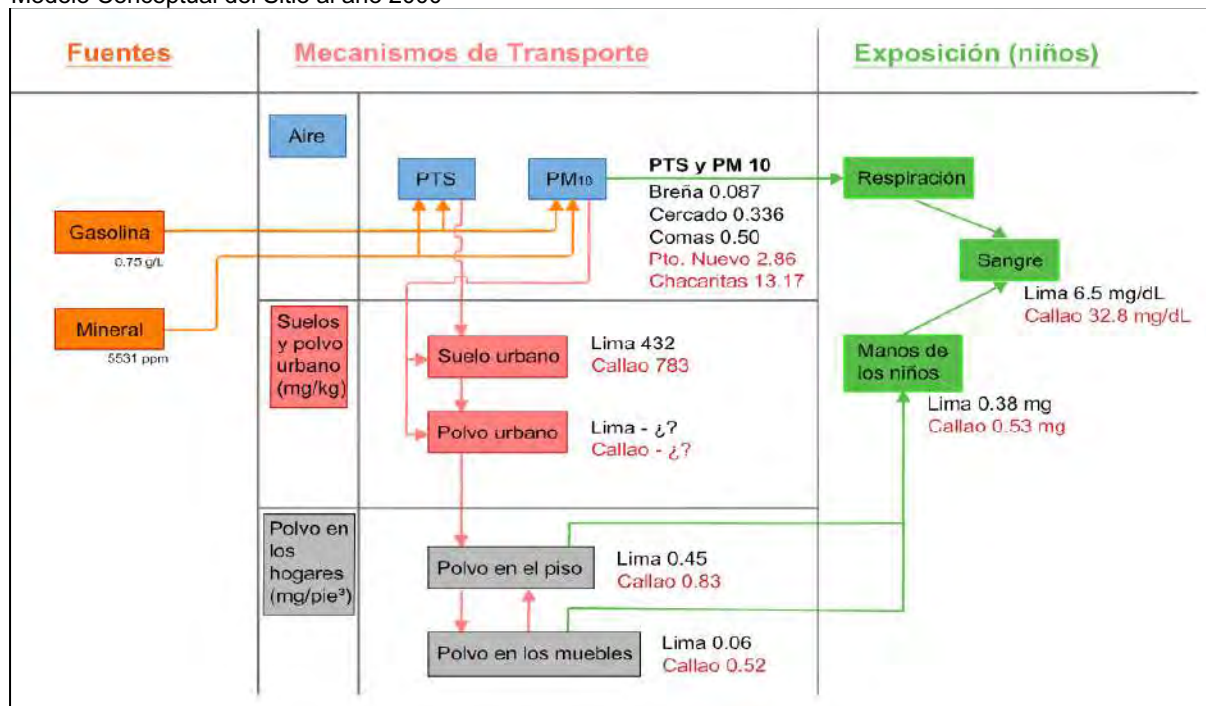
1.1.5 Integración de la información disponible del caso y construcción de un Modelo Conceptual del Sitio

Si bien el enfoque de atender prioritariamente a la población infantil del Callao aledaña a los depósitos de concentrados ha sido correcto to y ha brindado resultados al reducir la exposición, los resultados muestran que sigue habiendo un 10% de la población infantil del Callao monitoreada que presenta más de 10 $\mu\text{g}/\text{dL}$ de plomo en sangre. Cabe indicar que, en la actualidad, EE. UU. ha reducido su criterio de cohorte de 10 $\mu\text{g}/\text{dL}$ a 3.5 $\mu\text{g}/\text{dL}$ (CDC, 2021); con ello, se interpreta que la población expuesta en Perú es significativamente mayor a la que se está contabilizando en las estadísticas de la DIGESA. Esta persistencia ocurre a pesar de que los valores de Plomo en PM10 se encuentran dentro del ECA. Además de ello, los valores de plomo en el suelo siguen siendo excedentes a los estándares residenciales, y la exposición de la población infantil, así como sus efectos a la salud, continúa.

En la figura 8, se presenta una síntesis de los valores de plomo reportados por DIGESA el año 2000 presentados en la tabla 1; a efectos de esta síntesis, han sido organizados en un modelo conceptual preliminar (para una explicación de los modelos conceptuales, véase sección 3.1). Este permite evidenciar que, respecto a la valoración de la afectación del plomo proveniente de los concentrados de minerales,

esta distribución de los valores de plomo en conjunto con las diferencias isotópicas no ha sido adecuadamente valorada.

Figura 8
Modelo Conceptual del Sitio al año 2000



Nota. Desarrollado sobre la base de las concentraciones medias de plomo en diferentes matrices ambientales determinadas por DIGESA en el área de estudio para el año 2000 (DIGESA-USAID, 2000).

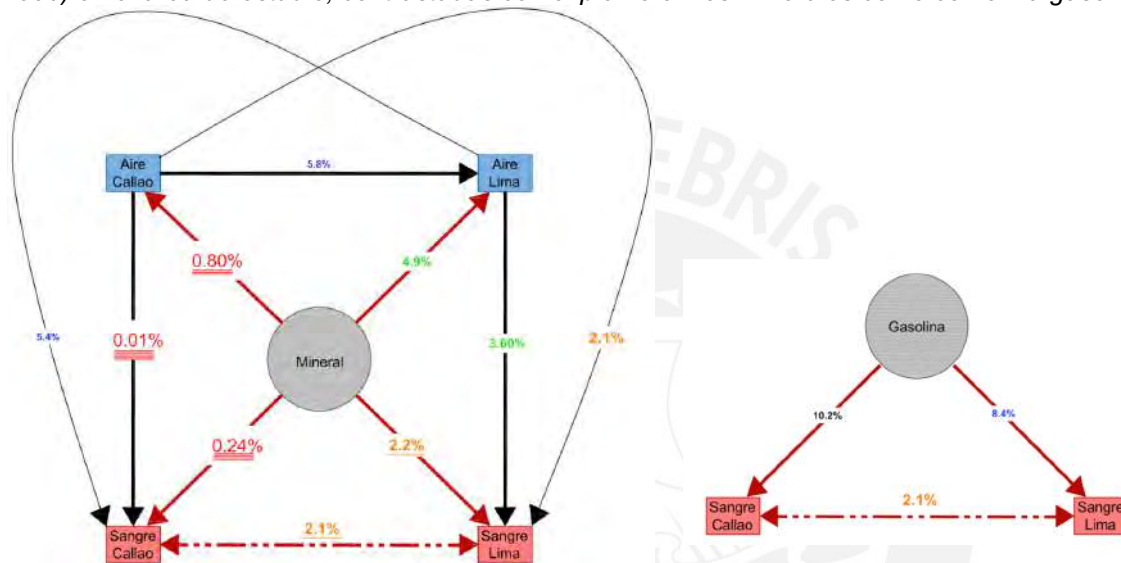
DIGESA-USAID (2000) estableció que el plomo en el aire de Lima resultaba de una mezcla entre el plomo de los concentrados de minerales y los correspondientes a la gasolina; y que el área de atención prioritaria era la zona aledaña a los depósitos de concentrados de minerales en un radio de 1200 m, en los cuales los suelos excedían los 140 mg/kg. Además, reportó una serie de hallazgos interesantes que requieren una revisión correspondiente a los valores isotópicos de las muestras de aire del distrito de Comas, localizadas a más de 10 km al noroeste, donde los valores isotópicos resultaron muy similares a los de los minerales y no se descartó una posible contaminación cruzada; sin embargo, recomendó una revisión más detallada.

Otros datos que no fueron abordados en dicho estudio fueron las semejanzas en las concentraciones entre el plomo en el polvo de los pisos de las casas en Lima y Callao, como en las manos de los niños; ni que la sangre de los niños de Lima en términos isotópicos es más semejante a la de los minerales, al aire del Callao y a la sangre de los niños del Callao, con una diferencia del 2.1% a 2.2% comparada con la del aire de Lima, con el que se reportó una diferencia del 3.6%; y menos aún con la gasolina, con la cual las diferencias llegaron al 8.4%. Como complemento del modelo conceptual inicial, la Figura 9 representa una síntesis de las diferencias isotópicas entre las muestras organizadas desde las fuentes potenciales evaluadas (minerales

y gasolina). Los datos isotópicos sugieren que los niños de Lima estaban más expuestos al plomo de los minerales que al de la gasolina, y que la vía de exposición a dicho plomo no está asociada principalmente con el aire de Lima. En tanto, la similitud en las concentraciones de plomo en el polvo de los hogares en contraste con la baja concentración de plomo en el aire de Lima sugiere que el plomo contenido en el polvo de los hogares de Lima ha llegado a estos por una ruta distinta de las partículas de aire monitoreadas.

Figura 9

Razón isotópica de plomo determinada entre las diferentes muestras evaluadas por DIGESA-USAID (2000) en el área de estudio, contrastadas con el plomo en los minerales como con en la gasolina



Nota. Elaborado a partir de DIGESA-USAID, 2000.

La evaluación de los concentrados de minerales muestreados corresponde a tres pilas de minerales dentro del almacén de CORMIN colindantes al colegio María Reiche. Este no ha sido un muestreo representativo de la composición de los concentrados de minerales. Dado que la concentración de plomo en dichos concentrados era menor de 10,000 ppm, se entiende que han muestreado concentrados de zinc y/o cobre con contenidos de plomo, dado que los concentrados de plomo tienen más del 25% de plomo. Eso podría explicar las diferencias isotópicas encontradas entre el mineral muestreado y el plomo en el aire, tanto como en el plomo en sangre de los niños del Callao.

Respecto a los resultados de los monitoreos actualizados de metales en los suelos del área contaminada realizados por el Gobierno regional, como parte del MCS se ha desarrollado una correlación entre los valores de plomo versus el resto de los elementos reportados. Se ha encontrado una correlación lineal elevada, superior al 70% respecto con los valores reportados de zinc y de arsénico (Véanse las figuras 10 y 11).

Figura 10

Relación entre el plomo y el zinc en los suelos del área contaminada

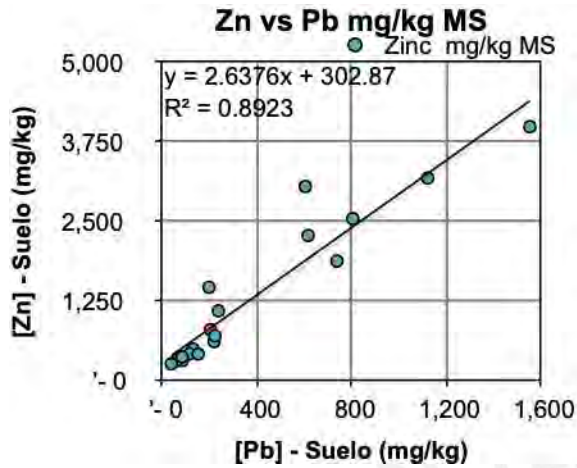
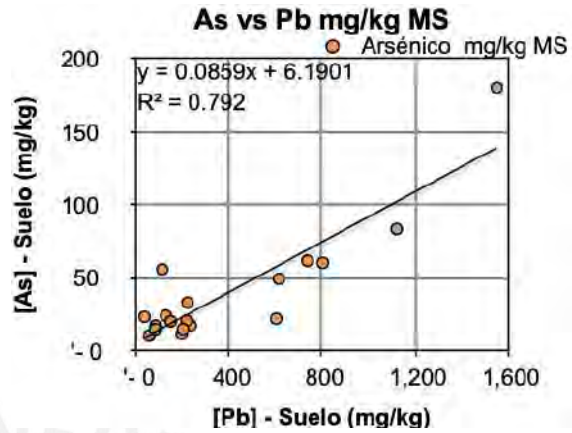


Figura 11

Relación entre el plomo y el arsénico en los suelos del área contaminada



Nota. Elaborado a partir de DIGESA-USAID, 2000.

Se espera que, al evaluar las diferentes matrices ambientales, se puedan encontrar correlaciones sólidas entre el plomo y diferentes elementos componentes de los concentrados de minerales que han contaminado el sitio. Estos ratios pueden servir de firma para analizar la dispersión de los contaminantes. Al presente, no queda claro si esas proporciones se mantendrán constantes o tenderán a variar en función de la movilidad de cada metal, pero, de ser el caso, se puede esperar que dicha variación presente un patrón en razón de la distancia.

El Estado se ha enfocado en la mejora del desempeño de los operadores actuales para minimizar las emisiones de plomo y metales pesados al ambiente, pero no se ha listado dentro de las prioridades la remediación de los suelos contaminados. Ello ocurre a pesar de que el Estado ha sido el operador del depósito de Concentrados de CORMIN, que gestionaba el almacenamiento de los concentrados producidos por CENTROMIN Perú desde varias minas localizadas en la sierra central del Perú. Como se expone más adelante (sección 2.4.1), este mismo modo de operar ha sido observado en el caso de La Oroya.

Según Hilts et al. (1995), Goulet et al. (1996) y Von Lindern et al. (2003), respecto a las estrategias para gestionar la contaminación por plomo en emisiones fugitivas, se recomienda que primero se controle la fuente minimizando las emisiones de plomo, sea por control de emisiones fugitivas, incorporación de tecnología de punta y/o el cierre de las instalaciones contaminantes; seguida de la remediación de los suelos y la colecta del polvo al interior de los hogares. Las acciones implementadas en el Callao se quedaron en la primera parte, que fue minimizar las emisiones.

1.2 Justificación de la tesis

A continuación, se desarrolla la justificación de la presente investigación desde las perspectivas teórica, académica y práctica.

1.2.1 Razones teóricas

El estado de la práctica para definir áreas contaminadas en entornos urbanos está enfocado en la calidad de los suelos y la calidad del aire respirable, y, sobre esta base, la evaluación de los riesgos a la salud. La presente perspectiva propone establecer las dimensiones de un área contaminada en función del polvo urbano como ruta potencial de transporte del contaminante, ofreciendo un enfoque que pueda complementar el actual enfoque de investigación de sitios contaminados.

Evaluar la movilización del plomo desde el depósito de concentrados a través del polvo implica:

- La aplicación de técnicas y desarrollos teóricos que no son el estándar en la investigación de sitios contaminados y
- Evidenciar la significancia de la calidad del polvo urbano para definir zonas contaminadas.

El Estado ha tomado acciones que han llevado a que los operadores de los almacenes de concentrados de minerales modifiquen sus instrumentos ambientales, instalaciones, y se implemente una faja transportadora de concentrados desde los almacenes hacia el puerto del Callao hace casi una década. Estas medidas han incidido en una mejora de la calidad del aire al punto de que el aire respirable cumple con el estándar de calidad ambiental para plomo respirable (DIRESA-Callao, 2022). Sin embargo, los casos de plomo en sangre en niños menores de 5 años siguen siendo reportados al presente. Esta investigación pone la atención en el polvo sedimentable como factor de exposición que requiere ser evaluado para mejorar la comprensión de la exposición en el lugar.

1.2.2 Razones académicas

Esta investigación reabre, con un nuevo enfoque que busca llenar vacíos de información respecto al comportamiento del plomo en el entorno urbano, un capítulo ya evaluado por DIGESA-USAID (2000) hace dos décadas, y que, posteriormente, también ha sido evaluado por Espinoza et al. (2003). Después de dichas evaluaciones, las acciones han estado enfocadas en el monitoreo, pero no en la revisión de las interpretaciones ni en atender los requerimientos del estudio de DIGESA-USAID (2000).

1.2.3 Razones prácticas

Al no haber construido DIGESA un Modelo Conceptual del Sitio a partir de los resultados obtenidos el año 2000 (véase sección 3.1), habría limitado su capacidad de valorar los resultados de forma integrada, de interpretar adecuadamente los mecanismos de transporte del plomo en el entorno urbano, de dimensionar adecuadamente la extensión de la afectación, de explicar la prevalencia de la afectación por plomo en el Callao luego de implementadas las acciones. Además de ello, la falta de integración de la información limita la capacidad de valorar la importancia de incorporar la disminución en los actuales niveles de cohorte recomendados por la OMS o el CDC-USA.

Para llenar dicho vacío, este trabajo busca aclarar en qué medida el polvo sedimentable con elevados contenidos de plomo está siendo transportado desde la zona contaminada hacia el entorno urbano, y determinar el radio de influencia de la movilización de dicho polvo. Esta cuestión no está abordada en nuestra legislación ambiental ni ha sido incorporada en los instrumentos ambientales para la regulación de los almacenes; ante este vacío de información, no se puede descartar que la población afectada pueda ser significativamente mayor que la que actualmente está siendo monitoreada por DIGESA en los centros de salud Alberto Barton, Ramón Castilla, San Juan Bosco y Puerto Nuevo.

Siendo que el nivel de cohorte que se aplica en Estados Unidos ha bajado de 10 $\mu\text{g}/\text{dL}$ a 3.5 $\mu\text{g}/\text{dL}$ (CDC, 2021), queda claro que hay una mayor cantidad de población expuesta al plomo con efectos perjudiciales a su salud y desarrollo. Es por ello por lo que es necesaria una reinterpretación del caso que permita mejorar el entendimiento de las rutas de transporte del contaminante. Además, los procesos de expansión urbana que se están dando en la conversión de predios industriales hacia conjuntos multifamiliares en la zona industrial del Callao representan el riesgo de un incremento significativo de una población infantil expuesta.

1.3 Objetivos de la tesis

1.3.1 Objetivo general

En este estudio se pretende evaluar la movilización del plomo, mediante partículas sedimentables, desde el entorno directo de los almacenes de concentrados de minerales del Puerto del Callao, con la finalidad de analizar su comportamiento y determinar su radio de influencia en el entorno urbano.

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar un muestreo representativo del suelo, del polvo sedimentable y del polvo urbano en el “**área contaminada**” en un radio de 1 km, así como del entorno urbano en un radio de 7 km en dos transectos
- Realizar la caracterización multi-elemental de las muestras obtenidas disgregada por tamaño de partículas

- Correlacionar resultados del entorno a 3 km, 5 km y 7 km respecto de los del “**área contaminada**” de las muestras disgregadas por tamaño de partícula
- Definir el radio de influencia de la movilización de plomo en el entorno urbano

1.4 Hipótesis

La hipótesis principal es que el plomo se moviliza desde la “zona contaminada” a través de la ciudad mediante el transporte del polvo urbano. Como consecuencias de este transporte:

- La composición del polvo en el área de estudio es más semejante al polvo de la zona contaminada que a los suelos circundantes
- Los niveles elevados de plomo identificados por DIGESA – USAID el 2000 en el suelo y el polvo deben ser equivalentes a los actuales
- En todas las matrices el plomo en el polvo es significativamente mayor en las fracciones medias y finas que en la fracción gruesa.
- El radio de influencia de la afectación es de, por lo menos, 5 km.
- Los niveles de plomo en la fracción fina del polvo urbano representan un riesgo de exposición.



2 Marco teórico

En la presente sección, se presenta información actualizada de los efectos a la salud de la exposición al plomo, que lo establecen como un contaminante de interés, así como los estándares de calidad ambiental aplicables; se brinda un marco teórico sobre el transporte de partículas que permite explicar la distribución del plomo mediante los mecanismos propuestos; se hace una revisión de otros casos de contaminación por plomo en el Perú, en Latinoamérica y en el Mundo, incluidos casos históricos que, en conjunto, son relevantes respecto del tiempo de residencia de la contaminación con plomo en el ambiente, las distancias a las que puede expandirse dicha contaminación por plomo y la capacidad de remobilizarse. Finalmente, se describe una serie de procesos que ha permitido que se invisibilice la contaminación en un contexto actual en el que se aprecia una migración de espacios industriales a urbanos en las inmediaciones del área de estudios, y que podrían generar un incremento significativo de la población expuesta al plomo.

2.1 El plomo como contaminante

En esta sección se presenta la revisión de literatura respecto a los efectos del plomo en la salud, la evolución de los valores de cohorte de plomo en sangre para definir la población e individuos afectados y la correlación de los niveles de plomo en sangre vs. las concentraciones del contaminante en el ambiente.

2.1.1 Resumen de efectos del plomo a la salud

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2022), el plomo es uno de 10 productos químicos causantes de graves problemas de salud pública que constituyen una preocupación para la salud pública global, por sus efectos a la salud de niños, mujeres gestantes y trabajadores. Needleman (2004) refiere que, hace un siglo, se reconoció a nivel científico los efectos diferenciados del plomo en la infancia. La CDC (2021) refiere que, si bien hace más de 2000 años se conoce que el plomo es tóxico, recién desde hace unas décadas se ha evaluado la exposición y los efectos a la salud y se han establecido criterios para controlar la exposición. La literatura corresponde a una amplia base de datos de efectos a la salud humana, incluidos niños, infantes y animales, entre ellos:

- Neurológicos diferenciados en niños y adultos
- Renales
- Cardiovasculares
- Hematológicos
- Inmunológicos
- Reproductivos diferenciados en hombres y mujeres
- Desarrollo físico y neurológico

Además, existe información menos extensa respecto de otros efectos:

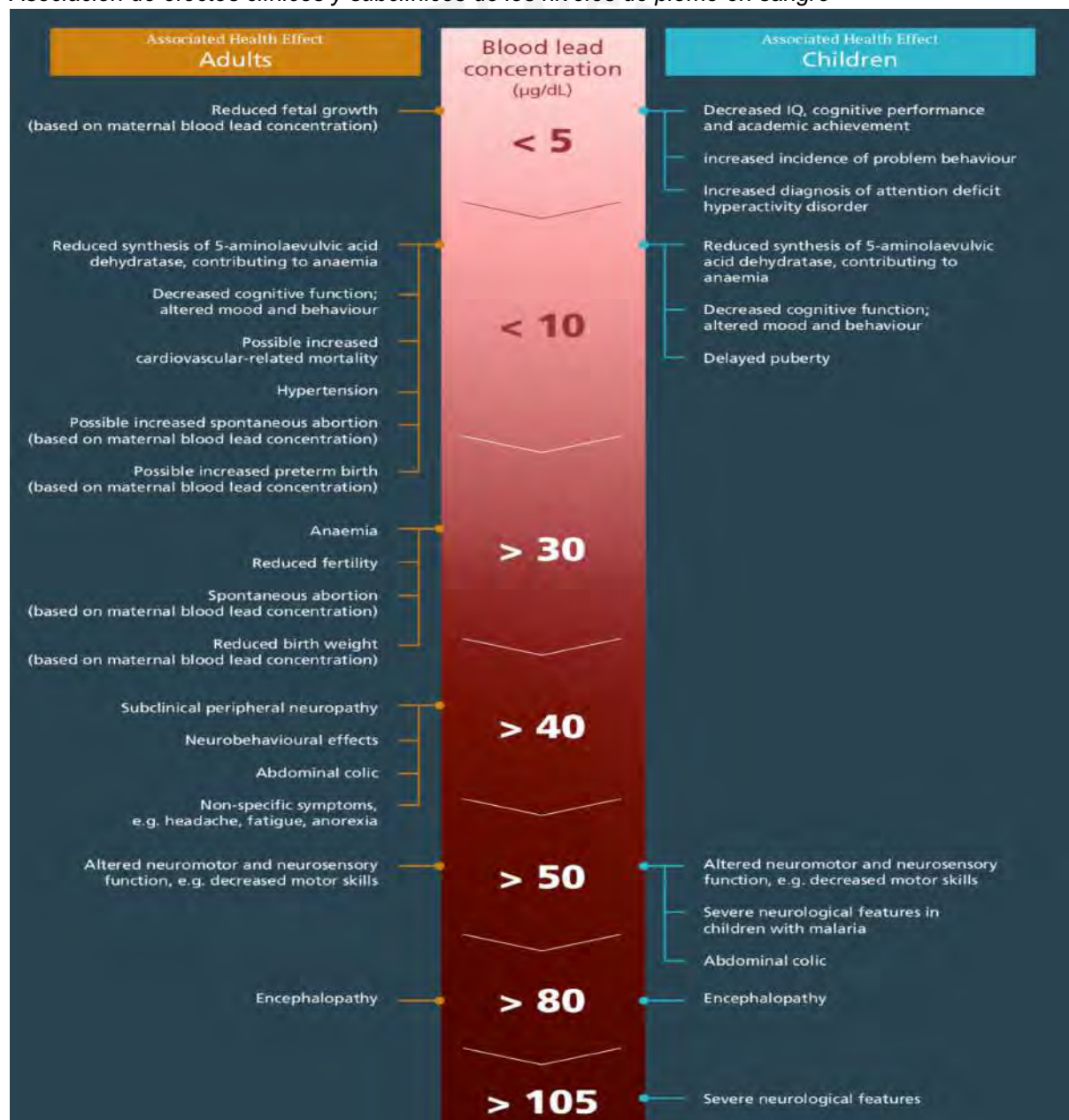
- Respiratorios
- Endocrinos
- Hepáticos

- Músculo esqueléticos
- Gastrointestinales
- Oculares
- De reducción del peso corporal

Además de ello, el plomo es considerado por la IARC (International Agency for Research on Cancer) como un probable carcinogénico para humanos (grupo 2A). La Figura 12 es desarrollada por la OMS (2021), y presenta un resumen de los efectos a la salud en niños y adultos asociados a los niveles de plomo en sangre en función de la concentración de plomo en la sangre.

Figura 12

Asociación de efectos clínicos y subclínicos de los niveles de plomo en sangre



Nota. De OMS, 2021.

2.1.2 La evolución de los niveles cohorte de plomo en sangre

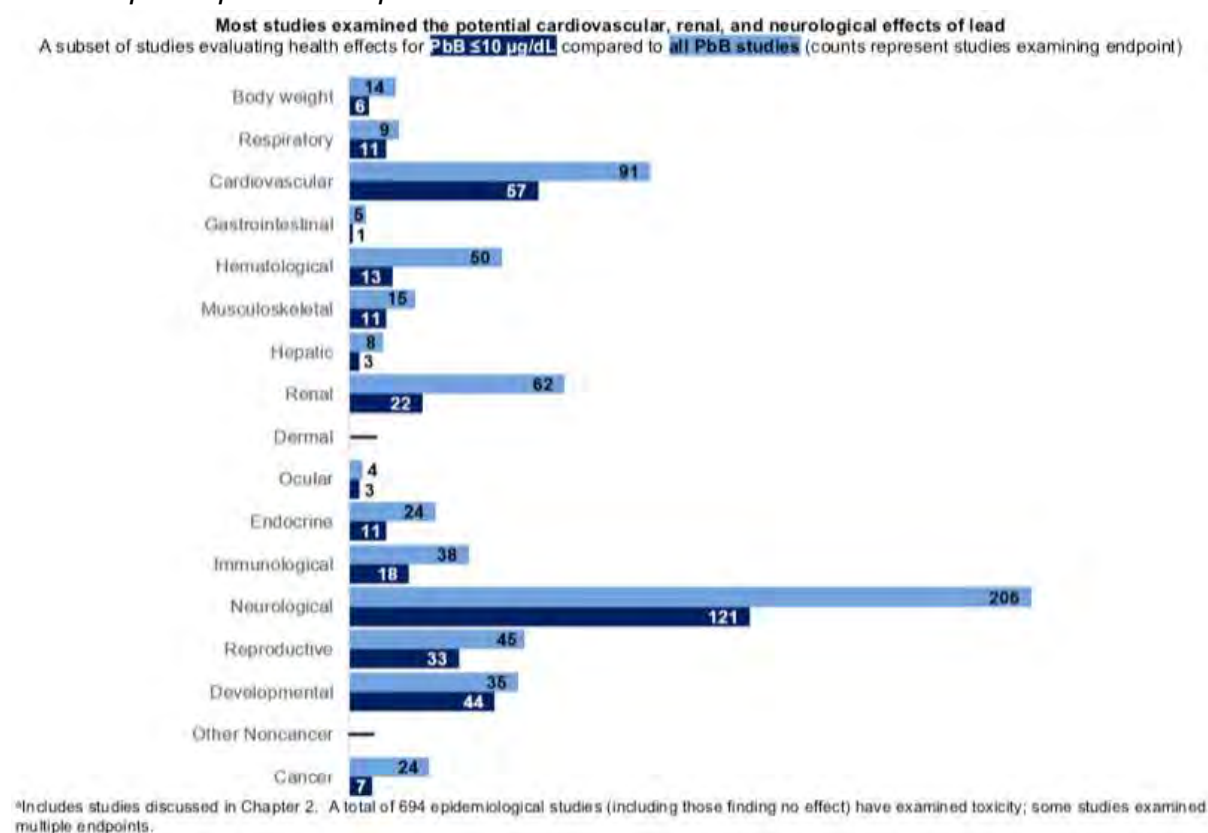
CDC (1992) documentó que, desde la década de 1980, en EE.UU. se desarrollaron diversos estudios para evaluar la exposición al plomo, los cuales fueron sistematizados por Reagan y Silbergeld (1990), quienes recomendaron establecer un valor de cohorte de 10 $\mu\text{g}/\text{dL}$ de plomo en sangre, valor que ha sido adoptado por Perú. Jan et al. (2015) indican que los efectos tóxicos de la exposición a metales pesados dependen de las formas en las que se presenta el contaminante (polvo, suelo, etc.), así como de las vías de exposición. La Agencia para las Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ASTDR, 2020) indica que la exposición de niños a altos niveles de plomo está asociada con vivir en áreas contaminadas por plomo y, además, precisa que la principal fuente de exposición de los niños a este elemento es el polvo que contiene Pb.

El Programa Nacional de Toxicología de los EE.UU. (NTP, 2012) publicó una monografía sobre los efectos a la salud asociados a los bajos niveles de plomo, denominando como niveles bajos a concentraciones menores de 10 $\mu\text{g}/\text{dL}$ de plomo en sangre, que fue el valor recomendado por Reagan y Silbergeld. Se indicó que existe suficiente evidencia para sostener que niveles por debajo de los 5 $\mu\text{g}/\text{dL}$ están asociados con problemas de atención, habilidades cognitivas y reducción del cociente intelectual, y, entre 5 $\mu\text{g}/\text{dL}$ y 10 $\mu\text{g}/\text{dL}$, un amplio rango de efectos fisiológicos desde reproductivos hasta renales, retraso en la pubertad, reducción del crecimiento post natal y disminución de la audición, entre otros muchos efectos.

La ASTDR (2020) ha actualizado el Perfil Toxicológico del Plomo diferenciando entre los efectos de exposición aguda, como la crónica, a dosis altas y bajas; desde efectos a la salud hasta la muerte. En la Figura 13, se muestra la distribución de 694 estudios epidemiológicos publicados relacionados con efectos a la salud por exposición al plomo, y particularmente a niveles bajos.

Figura 13

Distribución de estudios epidemiológicos publicados relacionados con los efectos a la salud por exposición al plomo



Nota. De ASTDR, 2020.

En función de la evidencia, el 2021 el LEPAC (Lead Exposure and Prevention Advisory Committee) del CDC aprobó reducir el nivel de cohorte en los Estados Unidos de 3.5 µg/dL (CDC, 2021). De ello se desprende que los niveles adoptados en Perú ameritan ser actualizados a la luz de los conocimientos actuales.

Tayalero et al (Talayero, 2023) indican que está demostrada la conexión entre la exposición al plomo y el comportamiento delictivo y conductas antisociales a nivel poblacional. Además de ello, el estado de la evidencia actual sugiere que los individuos que han estado expuestos al plomo al nacer o desde el vientre, tienen un riesgo muy alto de comportamiento delictivo.

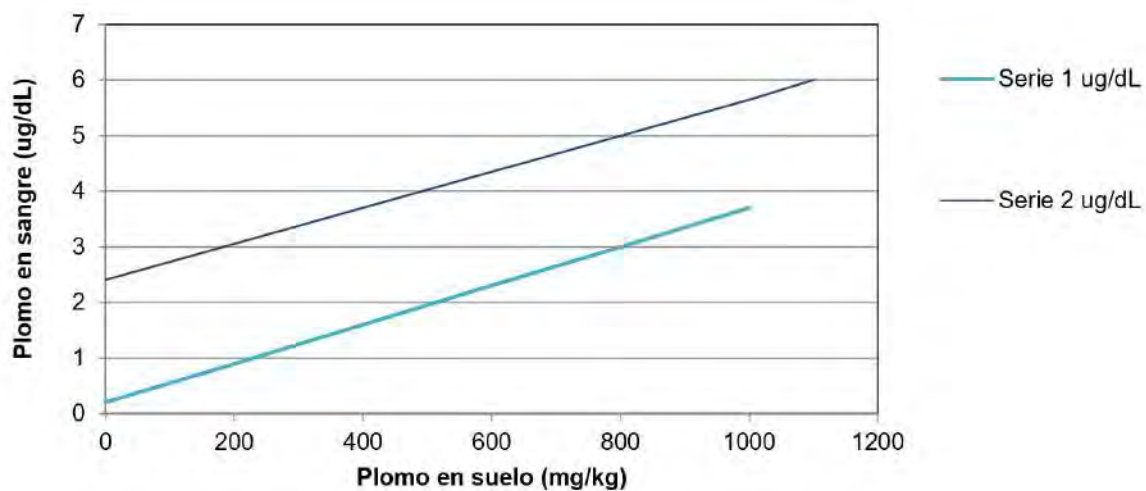
2.1.3 Correlación entre los niveles de plomo en sangre y su concentración en el ambiente

CDC (1992) documenta un modelo biocinético de absorción al plomo desarrollado por la EPA, que expone claramente la influencia de las condiciones ambientales en los niveles de plomo en sangre de la población infantil. La Figura 14 presenta los niveles modelados de dos grupos de infantes de 24 a 36 meses expuestos a diferentes entornos; para uno, la única fuente de exposición es el plomo en el suelo; para el otro,

se consideran concentraciones determinadas de plomo en el aire, ingesta, bebida, polvo al interior de las casas y madre con plomo en sangre, lo cual es considerado exposición a medios múltiples. En tanto, la Figura 15 presenta el porcentaje de la población que excede el valor de cohorte de 10 µg/dL para población expuesta a ambientes donde la concentración de plomo es equivalente en suelo y el polvo al interior de las casas. De acuerdo con dicho modelo, a partir de concentraciones de plomo en el suelo superiores a 250 mg/kg, se empieza a registrar un porcentaje de la población (superior al 0.1%) que empieza a exceder el valor de cohorte, mientras que, a valores superiores a 1000 mg/kg, el 45% de la población infantil supera dicho valor.

Figura 14

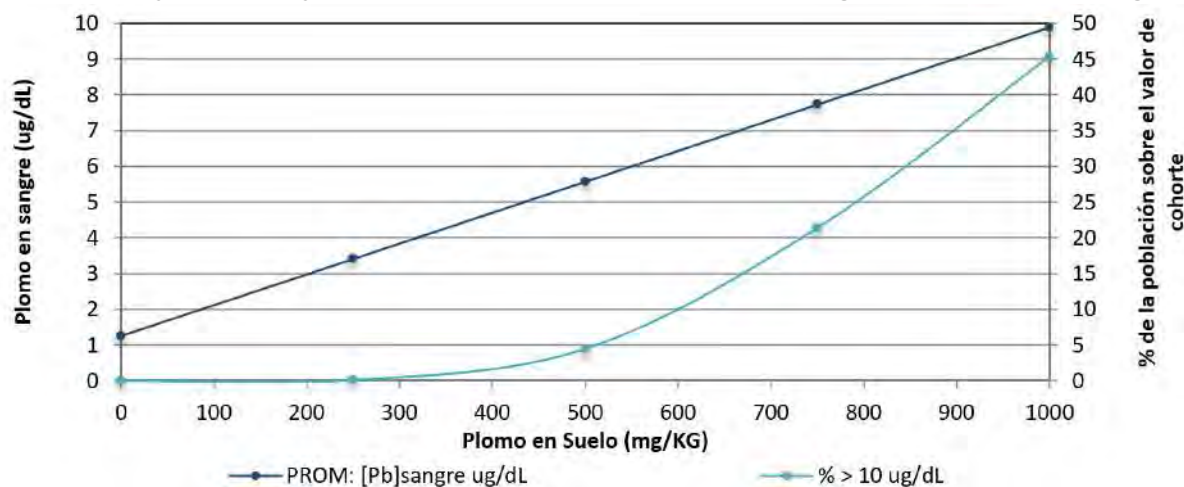
Correlación entre plomo en el suelo y la sangre: Modelo biocinético de absorción de plomo desarrollado por la EPA por exposición al suelo y otros medios



Variable	Unidad	Serie 1	Serie 2
Pb en aire	µg/m ³	0.00	0.20
Ingesta diaria	µg/d	0.00	6.79
Agua de beber	L/d	0.00	0.52
	µg/L	0.00	4.00
Polvo en el hogar	µg/g	0.00	200.00
Contribución materna	µg/dL	0.00	7.50

Nota. Adaptado de CDC, 1992.

Figura 15
Correlación del plomo en el suelo Vs. concentración media de plomo en sangre poblacional y porcentaje de la población que excede los 10 µg/dl de Plomo en sangre



Nota. Adaptado de CDC, 1992.

En la Figura 15, se establece que, en ambientes donde la concentración de plomo en el suelo y el polvo son equivalentes, concentraciones ambientales superiores a 250 mg/kg de plomo generan excedencias sobre el valor de cohorte de 10 µg/dL. Sin embargo, condiciones ambientales diferentes pueden generar una distribución significativamente distinta de los resultados, por lo que no es correcto generalizar un área como contaminada basándose exclusivamente en los valores de plomo en los suelos. Cabe resaltar que dicho valor de 250 mg/kg de plomo en el suelo está asociado, en dicho modelo biocinético, a un valor promedio poblacional de 3.41 µg/dL de plomo en sangre, que es equivalente al actual valor de cohorte de plomo en sangre en USA, establecido en 3.5 µg/dL (CDC, 2021). Esto significa que, a dicho valor de plomo en el suelo, aproximadamente el 50% de la población se encontraría por encima del valor de cohorte recomendado actualmente por CDC.

2.2 Estándares de calidad ambiental aplicables

En el entorno urbano, el plomo puede alojarse en el suelo o en el polvo. Tanto para el polvo respirable, denominado PM10, como para el plomo en el suelo, existen estándares de calidad ambiental que se encuentran resumidos en la Tabla 5. Los DS 074-2001-PCM y DS 069-2003 PCM para el ECA aire establecen un valor mensual de 1.5 µg Pb / m³ y promedio anual de 0.5 µg Pb / m³; mientras que el DS 011 2017 MINAM establece 140 mg Pb/kg para suelos de uso residencial¹. En contraste con el polvo respirable, el polvo sedimentable no está regulado en una norma en el Perú. Sin embargo, particularmente la EPA-USA sí ha definido estándares de plomo en el polvo urbano, que se acumula en las viviendas que son remediadas para poder ser

¹ Este valor proviene de la versión anterior de estándares de calidad ambiental para suelos (DS 003-2013-MINAM) que dio inicio a la obligación en Perú de desarrollar estudios específicos para caracterizar la contaminación asociada a las actividades económicas.

re-habitadas, requiriendo 40 µg Pb/pie² para el polvo acumulado en el piso y 10 µg Pb/pie² para el que se acumula en el marco de las ventanas.

Sobre los estándares de salud en el Perú, DIGESA (2007) estableció que se considera como población infantil afectada a aquella con más de 10 µg/dL de plomo en sangre, criterio que en dicho momento estaba vigente en otras partes del mundo, y que Perú mantiene hasta el presente. Cabe indicar que la OMS (2021) ha reducido el criterio hasta 5 µg Pb /dL de plomo en sangre, y CDC (2021) en 3.5 µg Pb /dL.

Tabla 5

Estándares de calidad ambiental aplicables o de referencia seleccionados

País	Norma	Comentario	Valor
Perú	MINAM - ECA Aire: Plomo en PM10*		ECA Aire µg Pb / m ³
	DS 074-2001-PCM	Frecuencia Mensual	1.5
	DS 069-2003 PCM	Frecuencia Anual	0.5
	MINAM -ECA Suelo: Plomo en el suelo		ECA Suelo mg Pb/kg
	DS 011 2017 MINAM	Uso Agrícola	70
		Uso Urbano	140
		Uso Comercial - Industrial	800
	DIGESA – Plomo en Sangre		Pb-Sangre µg Pb / dL
Valor de cohorte1.5		10	
USA	US-EPA Niveles de Autorización de Plomo en el Polvo de viviendas remediadas (Perú no tiene un estándar para plomo en el polvo.)		NA µg Pb/pie ²
	Rule 86 FR 983 - 40 CFR Part 745 (2021)	En el polvo del piso	40
	Review of Dust-Lead Post Abatement Clearance Levels	En el polvo del marco de las ventanas	10

Nota: PM10: partículas en el aire menores de 10 µm.

2.3 Erosión y transporte de contaminantes

Para entender el transporte de las partículas, se ha recurrido a la teoría de erosión de los suelos. Chepil (1945) y Lyles (1988) establecieron que existen diferentes fases que, para estos efectos, las vamos a separar en desprendimiento, transporte y sedimentación; Estas ocurren de forma diferencial según los tamaños de partículas. En el caso de las pilas de concentrados, las fuerzas que generen el desprendimiento pueden estar asociadas al viento, pero también al movimiento de materiales por métodos mecánicos para las operaciones de carga y descarga que ocurren en los depósitos.

Existen varios tipos de movimientos que pueden realizar las partículas como resultado de los procesos erosivos y están mediados principalmente por el diámetro de estas, aunque pueden variar por su peso y la intensidad del viento. Estos son rodamiento, saltación, suspensión y polvos fugitivos. De manera empírica, diversos autores han

establecido los diámetros aproximados que corresponden a cada tipo de movimiento. Al no ser uniforme esta categorización, en esta revisión se están presentando valores medios, los cuales son representados en la Figura 16.

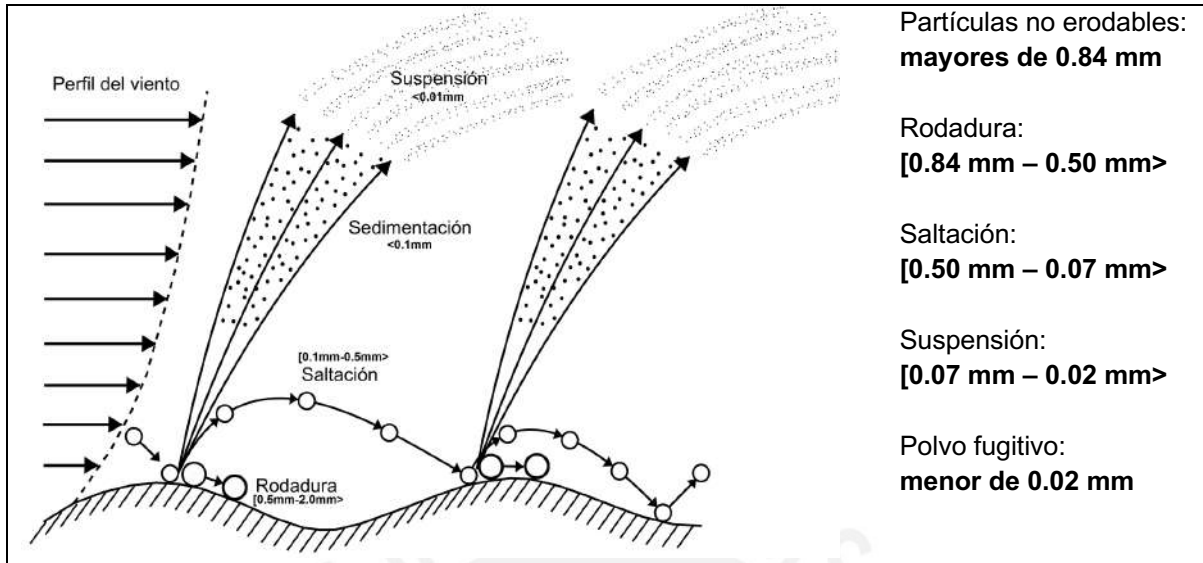
- Chepil (1945) estableció que partículas de diámetros mayores a 0.84 mm son estables en las pruebas de túnel, y se consideran no erodables y son consideradas inmóviles, en tanto los principales mecanismos de transporte actúan en las partículas de tamaño inferior a los 0.84 mm.
- Las de hasta 0.5 mm se movilizan por rodamiento. La deposición de las partículas es un proceso que está definido por el tamaño de estas. Seinfeld & Pandis (2016) indican que las partículas de polvo mayores de 0,50 mm responden a mecanismos de sedimentación gravitacional, para los cuales la ley de Stokes establece que la velocidad de deposición es directamente proporcional al cuadrado del diámetro de las partículas.
- Chepil et al. (1961) y Lyles (1988) establecieron que las partículas desde 500 μm hasta 70 μm se transportan por saltación. El ángulo de incidencia respecto de la horizontal varía según fuente de literatura consultada: Chepil (1945)² reporta ángulos de incidencia entre los 6° y 12°, con lo cual, desde la altura máxima que puedan alcanzar las partículas, se puede estimar un radio de deposición de las partículas mayores de 70 μm respecto de la fuente. Es decir, para alturas de 5 m, considerando un ángulo inicial de 12°, hay un radio de deposición de 25 m. Sin embargo, Lyles (1988) precisa que estas pueden rebotar y volver a saltar ampliando su radio de influencia.
- Según Chepil (1945) y Karaca et al. (2009), las partículas entre 70 μm y 20 μm se movilizan por un mecanismo denominado suspensión. Shao (2008) indica que estas partículas pueden quedar suspendidas por periodos de varias horas, con lo cual pueden viajar hasta cientos de kilómetros.
- Chepil (1945), y Gillette y Walker (1997) establecen que las partículas menores de 20 μm pueden quedar suspendidas por varios días, y son denominadas polvos fugitivos. Dentro de este grupo, está el denominado polvo respirable PM10, que corresponde a partículas de un diámetro aerodinámico de 10 μm . Fullen & Mitchell (1991) han reportado que el polvo proveniente de los desiertos de China se ha transportado por más de 5000 km hasta Hawái.

En este sentido, los resultados isotópicos del plomo en las islas de Groenlandia e Islandia, determinados por Hong et al. (1994), Renberg et al. (2001) y Bindler (2011), corresponderían a emisiones de polvos fugitivos de los antiguos asientos mineros y/o fundiciones del imperio romano.

² Chepil, W.S. (1945).

Figura 15

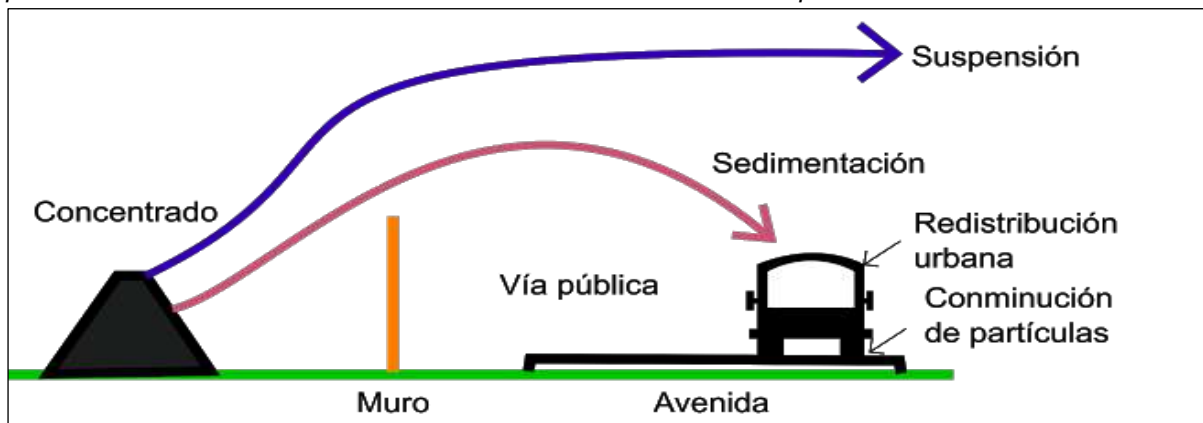
Mecanismos de transporte de partículas erodables por acción del viento debido al diámetro de las partículas



Respecto al área de estudio, cabe indicar que el desagregamiento de las partículas desde las rumas de minerales de los depósitos de concentrados de minerales, cuando estos no contaban con techo, no ha sido exclusivamente generado por el viento. Además, las acciones de carga y descarga asociadas al uso de maquinarias han aportado la energía necesaria para el movimiento de las partículas. En tal sentido, no se puede presuponer que los mismos rangos de tamaño de partícula descritos en la Figura 16 apliquen a la emisión histórica desde los depósitos de concentrados hacia el entorno urbano. Sin embargo, las emisiones sí deben responder a las mismas categorías de transporte. Por tal razón, y considerando que los depósitos han contado con muros, los mecanismos que han ocurrido en el caso de estudio serían los de suspensión y de emisión de polvos fugitivos, lo cual ha sido representado en la Figura 17.

Figura 16

Mecanismos de transporte de partículas erodables por acción del viento aplicables a las partículas de polvo de los concentrados de minerales antes de la existencia de aplicación de coberturas



Elaboración propia

En cuanto a la depositación, Fukushima y Zhang (2015) han comparado el polvo sedimentable con el polvo depositado en las costas del suroeste de Japón durante dos eventos de polvo asiático. Los resultados evidenciaron que, en el polvo sedimentable, los contenidos de sal marina y sulfatos ocuparon entre el 47% y el 67% con diámetros de 2 μm a 3 μm , mientras que en el polvo depositado estas oscilaron entre el 15% y el 26%, con diámetros de 3 μm a 5 μm . Estos resultados indican que el tamaño de partículas es un factor clave en el fraccionamiento de las partículas sedimentables, y establecen que la calidad del aire respirable no es un indicador determinante de la química del polvo urbano en las áreas evaluadas.

2.4 Revisión de estudios de contaminación con plomo

En esta revisión se presenta el caso de La Oroya en la sierra del Perú, considerada una de las ciudades más contaminadas del mundo; además de la contaminación por plomo generada por las minas del Imperio Romano en la antigüedad; así como una síntesis de los casos en América Latina y dos casos fuera del continente, que evidencian que la contaminación por plomo es un problema de escala global.

2.4.1 El caso de La Oroya

Bravo (1926) realizó una evaluación de la fundición de La Oroya a tres años de haber iniciado sus operaciones la Cerro de Pasco Copper Corporation (CPCC), la misma empresa que operó el principal almacén de concentrados de minerales del Callao hasta inicios de los 70s. Concluyó que en La Oroya se emitía 38 $\text{Mm}^3/\text{día}$ que contenían aproximadamente 80 T de sólidos con anhídrido sulfuroso, arsénico y plomo, y no habían instalado sistemas de contención de dichas partículas. Además de ello, se documentó una elevada presencia de plomo y arsénico en los suelos. Posterior a ello, según Tácunan Bonifacio (2012), el Dr. Cesar Amaya realizó una evaluación a la salud humana, como del ganado y la producción agropecuaria, y los efectos generados por la emisión de estos contaminantes, la cual fue publicada en 1927. Se documentaron efectos graves a la salud humana, animal y a la producción agrícola. Recién en 1932, se implementaron los primeros filtros Contrells para purificar el aire, que fueron recomendados por Bravo años atrás.

Tuvieron que pasar varias décadas para que el tema de la contaminación ambiental en La Oroya fuera re-abordado. Existe una serie de documentos publicados por la Dirección Regional de Salud – Junín (DIRESA-Junín), los Centros para el Control y Prevención de Enfermedades de los Estados Unidos (CDC USA), así como por Doe Run Perú (DRP) y el Consorcio Unión por el Desarrollo Sustentable de la Provincia de Yauli – La Oroya (UNES):

- DIGESA (1999), Estudio de plomo en sangre en una población seleccionada de La Oroya
- DRP (2001), Estudio de niveles de plomo en sangre de la población de La Oroya

- UNES (1999), Evaluación de niveles de plomo y factores de exposición en gestantes y niños menores de 3 años de la ciudad de La Oroya
- CDC USA (2005), Desarrollo de un Plan Integral para Reducir la Exposición al Plomo y Otros Contaminantes en el Centro Minero de La Oroya – Perú
- Pebe et al. (2008), Niveles de plomo sanguíneo en recién nacidos de La Oroya, 2004 - 2005

Los cinco estudios presentaron evidenciaron que los niveles de plomo en la sangre de la población infantil de La Oroya estaban altamente afectados. La Tabla 6 resume dichos resultados. Los niños de La Oroya Antigua, en un radio de 650 m de la refinería, nacían con valores de medios de 10.3 µg/dL (Pebe et al., 2008) y alcanzaban valores medios de 43 µg/dL entre los 3 y 10 años (DIGESA, 1999); mientras que, en la Oroya Nueva, a 2.5 km, nacían con valores de 8.4 µg/dL (Pebe et al., 2008) y alcanzaban valores de 26.6 µg/dL entre los 3 y 10 años (DIGESA, 1999). Ello indica que los recién nacidos, antes de exponerse a las condiciones ambientales, ya reciben de sus madres estos valores de plomo que, durante la niñez, expuestos al entorno, tienden a triplicarse o a cuadruplicarse en los primeros 10 años de vida. DIGESA también reveló que en un radio a 2.5 km en la Oroya Antigua y a 8.1 km en Santa Rosa de Saco superaban los 20 µg/dL. De acuerdo con dichos resultados, se puede observar que los valores alcanzados de plomo en sangre en los niños en Santa Rosa de Saco equivalen a más del 60% de los establecidos en La Oroya Antigua, lo que indica que los efectos poblacionales pueden extenderse por decenas de kilómetros.

Tabla 6
Resultados de plomo en sangre evaluados en la población infantil de La Oroya entre 1999 y 2005

Entidad o autor	Año de Muestreo	N	Rango	Sectores	Distancia	Media µg/dL
DIGESA	1999	139	3 a 10 años	La Oroya Antigua	650 m	43.5
		162	4 a 9 años	La Oroya Nueva	2500 m	26.6
		45	3 a 9 años	Santa Rosa de Saco	8100 m	28.7
UNES	1999	30	0 a 3 años	La Oroya Antigua y Santa Rosa de Saco	--	41.8
DRP	2001	252	0 a 3 años	Total	--	26.1
				La Oroya Antigua	--	36.7
				Buenos Aires/ Huaytamanta	--	27.1
				Santa Rosa de Saco	--	22.8
Pebe et al.	2004-2005	93	Recién nacidos	La Oroya antigua	650 m	10.28
				La Oroya Nueva	2500 m	8.39

Elaboración propia.

Fuentes: DIGESA (1999), DRP (2001), UNES (1999), CDC USA (2005) y Pebe et al. (2008)

El estado de la contaminación le ha valido estar dos veces en el ranking de la ONG Blacksmith (2007) en la lista de las ciudades más contaminadas del planeta. Según Activos Mineros (2012), y Arce y Calderón (2017), la concentración de plomo en el suelo de La Oroya Antigua fluctuaba entre 3000 mg/kg y 16000 mg/kg. Refieren que estudios previos estiman que la superficie afectada por las emisiones abarcaría una

extensión de 2300 km², lo cual incluiría sectores a más de 40 km de distancia de la refinera. Establecen que el área más afectada corresponde a La Oroya Antigua, y reportan que los efectos han llegado hasta ciudades como Tarma, Jauja y Junín.

La Comisión Interamericana de Derechos Humanos - CIDH (2021) ha solicitado, a la Corte Interamericana de Derechos Humanos (Corte IDH) que declare al Perú responsable por la violación de los derechos a la vida digna e integridad personal, y por no brindar un ambiente saludable debido a la inacción del gobierno peruano frente a la contaminación de La Oroya, en el caso No 12.718. El análisis incluye la documentación de acciones negligentes y la publicación de normas que permitieron a DRP la postergación de las acciones comprometidas en el Plan de Adecuación del Manejo Ambiental (PAMA) aprobado en 1997. (CENTROMIN PERU SA, 1996)

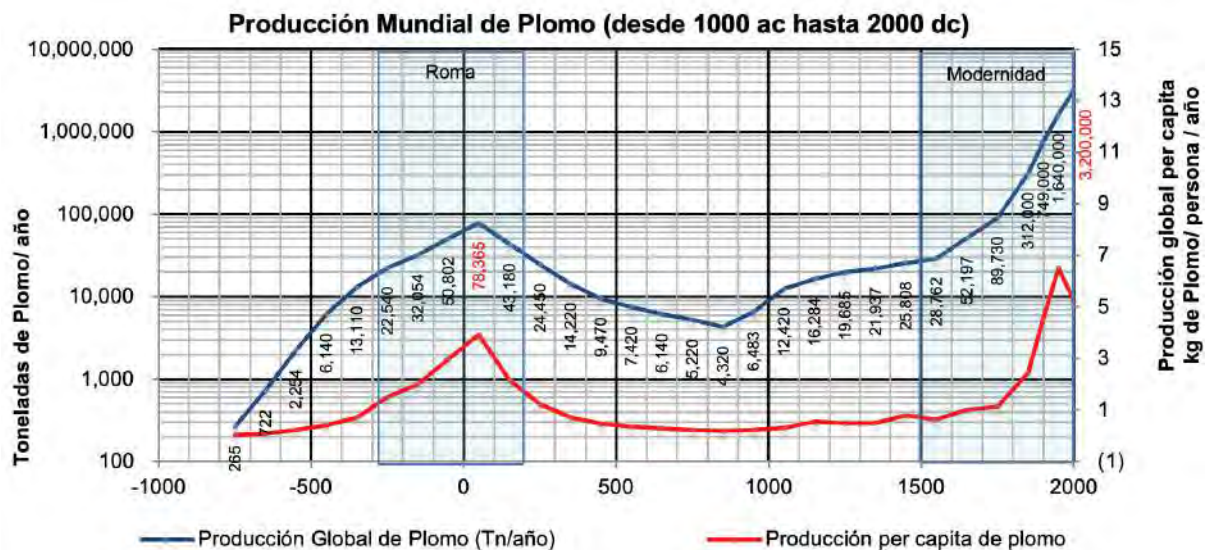
2.4.2 Estudios de transporte de contaminantes de las minas del antiguo Imperio Romano

Hong et al. (1994), así como Renberg et al. (2001), sobre la base de análisis isotópicos, han determinado la deposición del plomo atmosférico en turbas y sedimentos lacustres en Suecia, así como en otras regiones de Europa tanto como en los núcleos de hielo de Groenlandia. Este provenía de minas y fundiciones de las antiguas civilizaciones de Roma y Grecia en los periodos 500 aC. y 300 dC. Blinder (2011) ha hecho una síntesis recopilando diversas investigaciones que dan cuenta de evidencias del plomo emitido por las minas y fundiciones romanas en dicho período, abarcando lugares como Suiza, España, Francia, Bélgica, Suecia, Alemania, Reino Unido, Islandia y Groenlandia. Precisa Blinder que, en dicho periodo de tiempo, había varias unidades mineras distribuidas por todo Europa; sin embargo, ninguna de estas se localiza cerca de Groenlandia ni Islandia. Respecto de estos dos territorios en particular, donde se ha podido identificar dicho plomo antropogénico de la edad antigua, todas las minas localizadas en Europa se encontraban a más de 1000 km, cruzando el Atlántico Norte, lo que da cuenta tanto de la extensión que pueden representar estas plumas de contaminantes como de los tiempos de permanencia.

Hong et al. (1994) hacen un recuento de la producción global de plomo a lo largo de 3000 años para evidenciar la intensidad de esta actividad minera, que no se volvió a registrar en el mundo hasta mediados del siglo XVIII (véase Figura 17).

Figura 17

Producción mundial de plomo desde 1000 aC hasta 2000 dC



Nota. El valor del año 2000 fue proyectado; el resto son estimaciones globales sobre la base de data histórica. Adaptado de Hong et al, 1994.

2.4.3 Contaminación por plomo en los Andes como resultado de las actividades prehispánicas y coloniales

Cooke *et al.* (2008, 2009) han evaluado la deposición del plomo generada por los centros metalúrgicos de los Andes sudamericanos en Morococha, el Titicaca y Potosí. Han podido determinar que la evidencia más temprana de plomo antropogénico en el Titicaca data de las culturas Tiahuanaco y Wari, desde el 400 dC hasta el 1000 dC, donde se observa una caída asociada al colapso de estos imperios; mientras que, en las proximidades de Cerro de Pasco, en la laguna Llamacocha, a 65 km de distancia, ha sido datada la sedimentación de plomo antropogénico en el 600 dC, lo que confirma su origen por la composición isotópica del plomo de Cerro de Pasco. Además, la presencia de Hg en el 1600 dC es consistente con el cambio del método de amalgamación para la obtención de plata. En Morococha (Perú) y en Potosí (Bolivia), se aprecia un incremento de los niveles de plomo luego del 1000 dC, lo que coincide con el inicio de la metalurgia en dichas ubicaciones. Después de la conquista, se aprecia un significativo aumento de los niveles de plomo en diversos sitios de los Andes.

2.4.4 Exposición poblacional al plomo en Perú y Latinoamérica

Según Kaneshiro Olympio *et al.* (2017), los países desarrollados han implementado políticas exitosas para prevenir la exposición al plomo, incluidos estudios sistemáticos de prevalencia, que demuestran que los niveles de plomo en sangre en la población infantil han disminuido en general. En Latinoamérica, los estudios realizados generalmente están enfocados en sitios donde la exposición al plomo es conocida, y

solo en México y Perú se han desarrollado estudios con criterios poblacionales, lo cual limita la capacidad de evaluar la evolución de los niveles de plomo a nivel poblacional. En contraste con el caso de esta investigación, los datos poblacionales evaluados igualmente están influenciados por la evaluación del riesgo de una fuente potencial, por lo que no existe claridad sobre los niveles de base de la población en Lima y Callao, ni cómo es que los niveles han bajado en Lima Metropolitana luego de más de 20 años de haber removido el combustible de la gasolina.

Otros casos en Perú donde se ha reportado investigaciones poblacionales de plomo en sangre son Ventanilla – Callao (DIRESA-Callao, 2020, DIRESA-Callao 2022), La Oroya (Pebe et al., 2008), Cerro de Pasco (Astete, 2009), y la cuenca del río Amazonas (Anticona 2011, 2012). Estos casos están asociados a la producción de baterías, a operaciones mineras actuales e históricas y el transporte de concentrados de minerales, la operación de una refinería, así como a la producción y transporte de hidrocarburos. En este sentido, la problemática de la exposición al plomo no es un problema aislado de la población del Callao, sino que lo es para el Perú y la región latinoamericana.

2.4.5 Bioacumulación y removilización del plomo de la gasolina en entornos periurbanos de Australia

Kristensen et al. (2017) establecieron una correlación entre la emisión del plomo utilizado en la gasolina desde 1932 hasta el 2002 y el plomo ambiental; este último está representado tanto en la calidad del aire como en materia orgánica (líquenes y hongos, como en vinos producidos históricamente). Para evaluarlo, se analizó tanto las concentraciones como la firma isotópica de fuentes y receptores. Los resultados también mostraron que la eliminación de las emisiones no es suficiente para eliminar la exposición debida a la removilización del plomo que ya quedó acumulado en el ambiente. Wu et al. (2017) demostraron que cuatro bosques australianos próximos a ciudades importantes han acumulado el plomo emitido por la combustión de gasolina y que, en los incendios forestales, las cenizas permiten la desmovilización de dicho polvo transmitiéndolo al ambiente, lo cual fue corroborado por Faye & Patrick (2020).

Laidlaw et al. (2017) determinaron que los suelos urbanos de Sídney de un área despoblada están contaminados por el plomo de la gasolina, el uso del plomo en pinturas y por actividades industriales diversas, y que dichas concentraciones representan un riesgo para la habitabilidad. Utilizando un modelo de exposición “Integrated Exposure Uptake and Biokinetic” (IEUBK – US EPA), se predijo la concentración de los niveles de plomo que tendrían los niños de dos años en caso se habite dicha área. Sobre la base de los resultados de plomo en los suelos, se predijo una media geométrica de 2 µg/dL, un 6% sobre los 5 µg/dL y un 2% sobre los 10 µg/dL.

En Australia se aprecia lo siguiente:

- La contaminación por plomo proveniente del uso de combustible ha generado concentraciones elevadas de plomo en los suelos.
- Las medidas implementadas para reducir las emisiones no eliminan la exposición al plomo ya emitido, el cual tiene la capacidad de removilizarse.
- El plomo puede ser incorporado en los bosques y cultivos, y quedar acumulado y disponible para removilizarse.

2.4.6 Contaminación por plomo de la actividad Minero-Metalúrgica en China

China es el primer productor de plomo en el mundo. Según el New York Times (2011), en el periodo 2009 -2011:

(...) miles de trabajadores, aldeanos y niños en al menos 9 de las 31 regiones de provincia de China continental han sufrido niveles tóxicos de exposición al plomo. principalmente causados por la contaminación de las fábricas de baterías y metales y fundiciones.

En dicho artículo, se precisa que la causa es la negligencia gubernamental que prioriza el crecimiento de una industria sin salvaguardas. Particularmente, respecto del caso de la provincia de Yunnan, en el sudeste de China, Peizhong et al. (2015) presentaron la contaminación resultante de la operación de una fundición de plomo y zinc durante 60 años, que alcanzó un pico de 2500 ppm de plomo en el suelo superficial. Las concentraciones decrecieron con la distancia de la fundición a profundidades de hasta 40 cm y trazas reportadas a 1 m de profundidad, y favorecen la movilidad y biodisponibilidad del plomo; lo cual evidencia que el impacto principal de la deposición del plomo es en el suelo superficial.

Specht et al. (2018) evaluaron la exposición poblacional de largo plazo midiendo la concentración de plomo en los huesos de residentes ancianos de Shangay. Determinaron que el 40% de los individuos tenían niveles detectables de plomo en los huesos y un nivel promedio de concentración de 4.9 mg/g y plomo sanguíneo medio de 2.6 µg/dL.

When Ya-Han, (Robinson, 2012) et al. (2006) investigaron la escala y las causas de la contaminación por Pb en el té chino a partir de muestras en el periodo 1999 – 2001. Los valores fluctuaron de <0.2 a 97.9 ppm de peso seco; mientras que el 32% excedió la concentración máxima permisible nacional (MPC) de 2 ppm. Hubo una tendencia creciente en la concentración de Pb del té entre 1989 y 2000. Se encontró una correlación entre las elevadas concentraciones de plomo y la proximidad de los cultivos a las carreteras, y con la concentración de plomo en el suelo.

En China se aprecia lo siguiente:

- La contaminación por plomo proveniente de la industria de procesamiento del plomo, en la escala global de operación en China, puede generar contaminación en regiones extensas y exponer a miles de personas.
- El plomo tiene la capacidad de acumularse en sistemas vivos en sangre y huesos de las poblaciones expuestas, pero también en cultivos productivos como el té.

2.4.7 Aspectos para considerar de los casos revisados

Las evidencias de manera conjunta demuestran que la contaminación por plomo puede recorrer distancias significativamente grandes y residir en el ambiente por cientos a miles de años, como la de las emisiones del Imperio Romano que llegaron a Islandia a 1000 km de distancia del continente europeo; la de la laguna Llamacocha 65 km al sur este de Cerro de Pasco, afectada por la minería Prehispánica en el 600 dC; o La Oroya, donde se ha documentado efectos a 40 km de distancia. Así mismo, documentan efectos a la salud de la población infantil a más de 8 km de distancia de la refinera. Por otro lado, las investigaciones en Australia muestran que el plomo emitido desde las ciudades puede ser absorbido y acumulado por bosques o cultivos, y, de estos, removilizarse en caso de incendios.

2.5 Invisibilización de la contaminación en el Callao y desarrollo de proyectos residenciales

Según Bullard et al. (2007), existen importantes disparidades raciales y socioeconómicas en la distribución de las instalaciones de residuos peligrosos del país respecto de los lugares de residencia de las poblaciones afroamericanas y otras minorías étnicas y/o de bajos ingresos económicos, respecto del resto de la población; y dichas disparidades se pueden observar a lo largo del territorio norteamericano. Sobre la base de dichos hallazgos, cuestionan la capacidad de las políticas e instituciones actuales para proteger adecuadamente a las personas de color y a los pobres de las amenazas tóxicas. Este proceso fue denominado por Chavis y Lee (1987) como racismo ambiental. Según Pulido (2000), este proceso hace que la demanda y el precio de los terrenos de los suburbios, alejados de las actividades industriales sobre las que se sospecha la existencia de riesgos de contaminación, se eleven y sean accesibles solo a los más adinerados. Se enfoca en el “privilegio blanco” que refiere a una forma estructural y espacial de racismo. Este modelo describe cómo los sectores adinerados se han asegurado ambientes relativamente más limpios al alejarse de los antiguos núcleos industriales hacia los suburbios. Así, además de asociar el racismo a prácticas discriminatorias e intenciones maliciosas, también incluye estas formas menos conscientes pero hegemónicas de racismo: el “privilegio blanco”. Este pone atención en las relaciones funcionales entre los lugares industriales y los suburbios residenciales, y cómo su desarrollo refleja y reproduce una formación racista particular. En tal sentido los ambientes alejados de las

actividades industriales resultan más costosos y no accesibles a las poblaciones vulnerables; lo que explica entornos residenciales empobrecidos colindantes a las actividades industriales como es el caso de las inmediaciones de los vecindarios colindantes a los depósitos de concentrados de minerales del Callao.

En el caso específico del Callao y la contaminación por plomo, los almacenes de concentrados de minerales fueron desarrollados colindantes a zonas ya urbanizadas como el Barrio Frigorífico, localizado a la espalda del puerto del Callao; mientras que, hoy en día, hay un proceso de conversión de terrenos industriales a conjuntos habitacionales que se puede observar claramente a lo largo de la Av. Argentina. Se ha revisado el Google Earth (2023), y se han identificado 11 predios multifamiliares que se han desarrollado en los últimos 10 años sumando un total de aproximadamente 270 Ha, los cuales se localizan entre las avenidas Argentina, Venezuela y sus afluentes, así como dos terrenos que están en venta y suman aproximadamente 25 Ha. Estos están representados en la Figura 19.

Figura 18

Ubicación de complejos multifamiliares que se han desarrollado sobre antiguas instalaciones industriales en áreas industriales en la zona industrial del área de estudio



Nota. Elaborado a partir de **Google Earth, 2023.**

2.6 Factores económicos y sociales que condicional la ocurrencia de sitios altamente contaminados

Según O'Connor (2000), en sociedades de libre mercado, tanto el estado, como los actores económicos tienden a buscar una reducción de sus compromisos ambientales. Refiere que, dentro de los mismos estados, hay intereses que trabajan para sabotear las agendas ambientales debido a las presiones existentes para lograr recortes de costos y un incremento de la eficiencia. La falta de solidez de una agencia del ambiente permite que la negación del ambiente forme parte de la estrategia de "reducción de costos"; ejerciendo presiones para que las empresas sub-reporten los

resultados de sus responsabilidades económicas; y estén condicionados a no incorporar sus externalidades en las estructuras de costos.

De acuerdo con Acemoglu y Robinson (2012), más allá del libre mercado Las economías extractivistas se desarrollaron como una estrategia de adaptación de los grupos de poder en las excolonias latinoamericanas para seguir concentrando riqueza mediante la construcción de políticas que definen una institucionalidad débil. Esto incentiva a las empresas hacia favorecer el desarrollo de proyectos de aprovechamiento de recursos naturales con bajas regulaciones, bajos niveles de vigilancia y minimización de las responsabilidades ambientales. Este proceso no es ajeno a las empresas estatales como CENTROMIN Perú que ha resultado ser responsable de una diversidad de pasivos mineros a nivel nacional. Ello también puede explicar el que la privatización de los almacenes de concentrados de minerales no haya requerido una auditoría ambiental.

Eso puede ayudar a entender los hallazgos de Kaneshiro Olympio et al. (2017) respecto a la diferencia en las estrategias de prevención y control de la exposición al plomo que adoptan los países desarrollados y los extractivistas. Los primeros mantienen planes de vigilancia poblacional robustos que monitorean de forma regular los niveles de plomo en sangre en la población infantil y se reporta que los niveles de plomo están bajando en el tiempo, desarrollan evaluaciones detalladas de los efectos a la salud y se aprecia que van reduciendo progresivamente los niveles de cohorte. En contraste, en Latinoamérica no se cuenta con números confiables de los niveles poblacionales. Los estudios se focalizan en los lugares donde ha habido un antecedente confirmado de contaminación por plomo. En el caso del Callao, cuyo problema fue identificado en los 2000, a la fecha todavía un 10% de la población continúa reportando más de 10 $\mu\text{g}/\text{dL}$ de Plomo; y, siendo conocido que el plomo es tóxico en niveles más bajos, el Estado peruano no modifica dicho valor de cohorte.

Según Zimmer (2010), la modernidad ha acelerado la producción de un proceso denominado “purificación”, el cual contribuye a la represión del reconocimiento de dichos procesos de contaminación en los entornos urbanos. Esta represión se manifiesta mediante discursos que presentan a los híbridos como si fuesen la naturaleza pura o un ente totalmente artificial. Refirió el caso del agua potable en Delhi, que presenta problemas de escasez y calidad de agua que tiene como fuente el río Yamuna. La administración de la ciudad presentaba la escasez de agua como un problema de disponibilidad hídrica en la región invisibilizando el consumo excesivo en las zonas más ricas de la ciudad y de las pérdidas en los ductos; mientras que, respecto a la calidad, se indicaba que el problema de la escasez era la principal causa indicando que los bajos volúmenes de agua impiden la desinfección de las aguas residuales mediante procesos de autolimpieza, y se dejaba de lado el problema de las aguas residuales y las fuentes de contaminación.

En el contexto de los sitios contaminados urbanos, dicha “purificación” se manifiesta negando el sometimiento del espacio urbano a los procesos de la naturaleza y subrepresentando los procesos que acontecen mediante una parte de la realidad incompleta que oculta los procesos de contaminación. En el caso del Callao, esta negación puede explicar cómo es que las recomendaciones del estudio de DIGESA-USAID(2000) fueron desatendidas poniendo el foco solo en el control de las emisiones de las operaciones existentes y en la calidad del aire. Como se mencionó líneas atrás, este enfoque ha sido rebatido Kristensen, Taylor, & Flegal (2017) que ha demostrado que la eliminación de las emisiones de plomo no es suficiente para reducir la exposición poblacional debido a que este elemento queda acumulado en el ambiente.

De acuerdo con Beck (2000) y Giddens (2007) los riesgos de la segunda modernidad ya no son producto del destino y el operar de la naturaleza tanto como los que resultan de la toma de decisiones donde los actores son la ciencia, la política, la industria, los mercados y el capital. Beck denomina a los riesgos asociados a la operación del plomo como “riesgos globales”. Estos son riesgos que atraviesan fronteras y viajan a través del aire, agua y la cadena alimenticia; no son fácilmente calculables; son difíciles de controlar y en su peor escenario quedan fuera de cualquier cobertura. Son riesgos manufacturados y tienen un enorme potencial tóxico. En el caso del área de estudio El almacenamiento de concentrados de minerales es un riesgo absolutamente creado y altamente tóxico que responde a la atención de la demanda global de metales como el plomo.

Giddens (1999) refiere que la globalización no ha evolucionado de forma equitativa ni ha sido benigna en sus consecuencias. La globalización ha creado un mundo de ganadores y perdedores, unos pocos en el camino rápido hacia la prosperidad, la mayoría condenada a una vida de miseria y desesperación; generando, en lugar de una aldea global, un saqueo global. En este sentido a pesar de los beneficios que pueda generar una actividad económica, se genera una escasez de bienestar y oportunidades para los “perdedores” de forma que el mundo quede indefenso ante la naturaleza manufacturada.

Beck (2000) propone que el abordaje de dichos riesgos requiere el empoderamiento de entidades que enfrenten los citados riesgos sin embargo en la sociedad del riesgo global hay una metamorfosis del peligro que lo hace difícil de controlar, sin embargo, todos tratan de negarlo y nadie quiere asumirlo.

Buena parte del caso se puede explicar desde este enfoque de Sociedad del Riesgo tanto la extracción y manipulación del plomo sin las medidas necesarias tanto en las operaciones históricas de los almacenes, los vacíos en las decisiones del estado peruano durante el proceso de privatización, que las autoridades no hayan podido prever la potencialidad de que la afectación por la emisión de partículas con plomo se pueda extender por varios de km de distancia que la exposición poblacional al plomo

que continúa hasta el presente. Este riesgo se ha materializado en el Callao con consecuencias muy severas para la población y los efectos no han podido ser eliminados al presente. En países como el Perú con una institucionalidad débil, los riesgos asociados a un extractivismo no planificado pueden conllevar a la no implementación de controles como ha ocurrido con el almacenamiento de minerales en el Callao que por décadas no se ha implementado los controles para este riesgo manufacturado para atender a una demanda global de metales.

Como resultado de este almacenamiento ha devenido una serie de efectos no deseados como la exposición a la salud que afecta principalmente a la niñez. Sumado a ello, la ciencia está empezando a entender los efectos neurológicos y psicológicos que genera la exposición al plomo a edades tempranas, pero hay uno sobre el que hay que tener atención particular que es la correlación que se está exponiendo y la conducta criminal a nivel poblacional (Tayalero, 2023). Esta es una línea de investigación relevante en el caso del Callao debido a la alta criminalidad que existe justamente en este sector de la ciudad. Esta sociedad del riesgo puede ser más perniciosa cuando los riesgos locales aterrizan en países como el Perú, con baja institucionalidad democrática debido a que los mecanismos de defensa de los derechos ciudadanos son débiles y mayormente no quedan al alcance de las personas que justamente son, mayormente, los receptores de estos impactos negativos.

Sin embargo, el que las autoridades no hayan gestionado el reasentamiento poblacional y sobre todo el no haber reubicado el colegio estatal María Reiche colindante con los depósitos, al momento de la publicación de los estudios de DIGESA-USAID (2000) ni cuando Vega-Dienstmaier et al. (2006) evidencia los problemas cognitivos o cuando Guerrero Leiva (2009) demuestra los efectos neuropsicológico mostrando deficiencias a nivel de lenguaje comprensivo, psicomotricidad, estructuración espacial y visopercepción (estas dos últimas son las más afectadas). Además, el autor reporta que, de los niños evaluados, solo el 5% presentaron una inteligencia promedio; y el 80%, entre inteligencia límite y retraso mental; y propone que estos valores están asociados a la contaminación por plomo.

2.7 Limitaciones identificadas para gestionar el área contaminada asociada a los depósitos de concentrados de minerales

Aun cuando el caso del Callao fue identificado a fines de los 90's y existía amplia documentación sobre la afectación al ambiente y a la salud, hubo que esperar hasta el 2013 que en Perú se publique un estándar ambiental de calidad para suelos. En el año 2014, son publicados en Perú, mediante el DS No 002-2013-MINAM, los estándares de calidad de suelos (ECA_{Suelos}), que establecen valores diferenciados para suelos residenciales e industriales de 140 mg/kg y 1200 mg/kg respectivamente; estos han sido actualizados mediante el DS No 011-2017-MINAM reduciendo el ECA de plomo para suelos industriales a 800 mg/kg.

Entre 2014 y 2015, se publicaron normas complementarias que obligaban, entre otros, a toda actividad industrial a presentar ante la autoridad regulatoria sectorial correspondiente los Informes de Identificación de Sitios Contaminados realizando un muestreo de parte (sin la obligación de contratar a un tercero) al interior de sus áreas de operación; y, en función de los resultados, definir si existen o no sitios contaminados. No se ha podido acceder a dichos informes, pero el abordaje del problema en función de operaciones individuales, y la delegación a cada una de la identificación y cuantificación del área afectada, genera el riesgo del sub-reporte, de minimizar la documentación de sus propias externalidades. Esto se suma al riesgo de no contabilizar la responsabilidad de aquellos posibles operadores históricos que, ya no estando constituidos en el lugar, no generan ningún reporte. Ello incluye al Estado mismo y las responsabilidades de CENTROMIN, que quedan absolutamente invisibilizadas en este proceso.

De acuerdo con la revisión de la historia documentada, una cuota importante (no determinada al presente) de la contaminación proviene de la operación histórica de Centromin. La legislación actual propone que cada uno de los actuales operadores desarrolle un estudio de parte para caracterizar el sitio contaminado enfocado en cada uno de los predios donde se localizan los almacenes. Mi propuesta es que ello invisibiliza la obligación del Estado peruano de realizar el estudio correspondiente a CENTROMIN por la contaminación histórica, la discusión por la extensión de la contaminación por almacenes que comenzaron a gestionar plomo desde mediados de los 40s y la responsabilidad del Estado por permitir la superposición de áreas urbanas con industriales de almacenamiento de plomo, a pesar del conocimiento disponible de la toxicidad de este metal y de los casos ya registrados.

Las evidencias de removilización del plomo históricamente emitido determinadas por Kristensen et al. (2017) y por Wu et al (2017) cuestionan el planteamiento de DIGESA, que delimitó el área contaminada en el caso de Callao en un radio de 1200 m alrededor de los depósitos; y, más bien, proponen la idea de extensiones de contaminación significativamente mayores.

En la sección 1.5.5 presento un modelo conceptual inicial sobre la base del estudio de DIGESA -USAID (2000). En dicho modelo conceptual se evidencia que en dicho tiempo la concentración del plomo en el piso al interior de las casas en Lima y Callao no guardan una diferencia muy significativa; ello a pesar de la significativa reducción de la concentración del plomo en el suelo fuera del radio de 1.2 km. Cuestión similar se reportó en la cantidad de plomo en las manos de los niños de Lima y Callao. Teniendo en cuenta que el polvo que se acumula en los muebles y el que se adhiere a las manos de los niños es polvo sedimentable, estos resultados revelan la necesidad de estudiar el comportamiento del plomo en el polvo de la ciudad. Además de ello, la figura 9 hace evidente que, en términos isotópicos, el plomo en la sangre de los niños de Lima, en los distritos de Lima Cercado y Breña, resultó más similar al de los concentrados de minerales que a los de la gasolina a pesar de la distancia. A pesar

de que al presenta contamos con un estándar de calidad de suelos, la falta de estándar de calidad ambiental para polvo sedimentable y del para el polvo que se acumula al interior de las casas, sigue limitando el abordaje que se pueda desarrollar para lograr una adecuada gestión de estos sitios contaminados.

En tal sentido, más allá de los vacíos regulatorios que todavía existe; el plan de esta investigación es evaluar en que medique el plomo que está acumulado alrededor de los depósitos es removilizable en el ambiente por vías diferentes del aire respirable, como pueden ser:

- las partículas en suspensión y sedimentables,
- por efecto del parque automotor que removiliza el polvo con plomo desde el Callao hacia el resto de la ciudad.



3 Estado de la técnica

3.1 Modelos conceptuales y planeamiento de la investigación de sitios contaminados

3.1.1 Regulación en Perú para la investigación de sitios contaminados

La norma DS 012-2017-MINAM en su artículo 5 establece que existen tres (03) fases para la gestión de sitios contaminados:

- Fase de Identificación (con dos etapas)
- Evaluación preliminar: que colecta la información actual e histórica disponible para definir si es requerido realizar algún muestreo
- Muestreo de identificación: para verificar o descartar la presencia de un sitio contaminado
- Fase de Caracterización: para realizar un Muestreo de detalle que permita delimitar la extensión de la contaminación y, según sea necesario, desarrollar una evaluación de riesgos a la salud y al ambiente
- Fase de elaboración del plan dirigido a la remediación: para definir las medidas de descontaminación y/o contención de los contaminantes

El Ministerio del Ambiente publicó, entre el 2014 y el 2015, tres guías que establecieron los criterios normativos para la investigación de sitios contaminados, las cuales fueron publicadas como consecuencia del establecimiento de los estándares de calidad ambiental de suelos el 2013, conocidos como ECA Suelos (véase sección 2.2). Estas fueron la *Guía para la Elaboración de Planes de Descontaminación de Suelos* (MINAM 2014a), la *Guía de Muestreo de Suelos* (MINAM, 2014b) y la *Guía para la Elaboración de Estudios de Evaluación de Riesgos a la Salud y El Ambiente (ERSA) en Sitios Contaminados* (MINAM, 2015), las cuales tienen un enfoque fuerte en la calidad de los suelos.

La publicación de estas normas no ha significado la necesidad de reprocesar la información obtenida por DIGESA en los estudios iniciales y monitoreos en una investigación actualizada. Estas guías están enfocadas en la obligación del responsable de una actividad económica de realizar estos estudios de sitios contaminados. Sin embargo, no presentan un marco para el desarrollo de sitios contaminados para sitios con pasivos ambientales abandonados ni para áreas extensamente contaminadas por contaminantes múltiples ni zonas afectadas históricamente. Estas guías, además, establecen tres etapas:

- de identificación del sitio contaminado, con el objeto de definir si existe o no una afectación del operador actual deslindando responsabilidad por la contaminación histórica y estableciendo el contraste con los niveles de fondo;

- de caracterización, en que se determina la extensión de la afectada por el operador actual y se diseña el plan de remediación del sitio;
- la ejecución del plan y la verificación del cumplimiento. (US-EPA, 2011)

En estas guías se presenta una descripción sucinta de los criterios para el desarrollo de los Modelos Conceptuales de Sitio a ser utilizados en la etapa inicial de las investigaciones, y unas breves menciones a la actualización del modelo conceptual. Sin embargo, la práctica internacional refiere a un proceso mucho más dinámico entre el desarrollo de los modelos conceptuales y la ulterior obtención de información del sitio.

3.1.2 Las etapas en la gestión de sitios contaminados y el desarrollo de modelos conceptuales en la investigación de sitios contaminados

Según la Northern Territory Environment Protection Authority de Australia- NTEPA (2013), un Modelo Conceptual del Sitio –MCS - es *“Una representación de la naturaleza, destino y transporte de descargas, desechos o contaminantes que permite evaluar la exposición potencial y/o real a los contaminantes. Es una hipótesis que puede ser probada y refinada”* (p. 3). Según la ASTM (2014), en la Standard Guide for Developing Conceptual Site Models for Contaminated Sites, un MCS es *“una representación escrita o pictórica de un sistema ambiental y los procesos biológicos, físicos y químicos que determinan el transporte de contaminantes desde las fuentes a través de los medios ambientales hasta los receptores ambientales dentro del sistema”* (p. 1), concepto que ha sido recogido por el DS 012-2017-MINAM en su glosario. En esta guía, se establecen seis actividades básicas en el desarrollo de los MCS:

1. Identificar los contaminantes potenciales
2. Identificar y caracterizar las fuentes potenciales
3. Delimitar las posibles vías de migración
4. Establecer los niveles de fondo de los contaminantes potenciales en el área de evaluación
5. Identificar y caracterizar los receptores potenciales humanos y/o ecológicos
6. Delimitar los límites del área de estudio o sistema

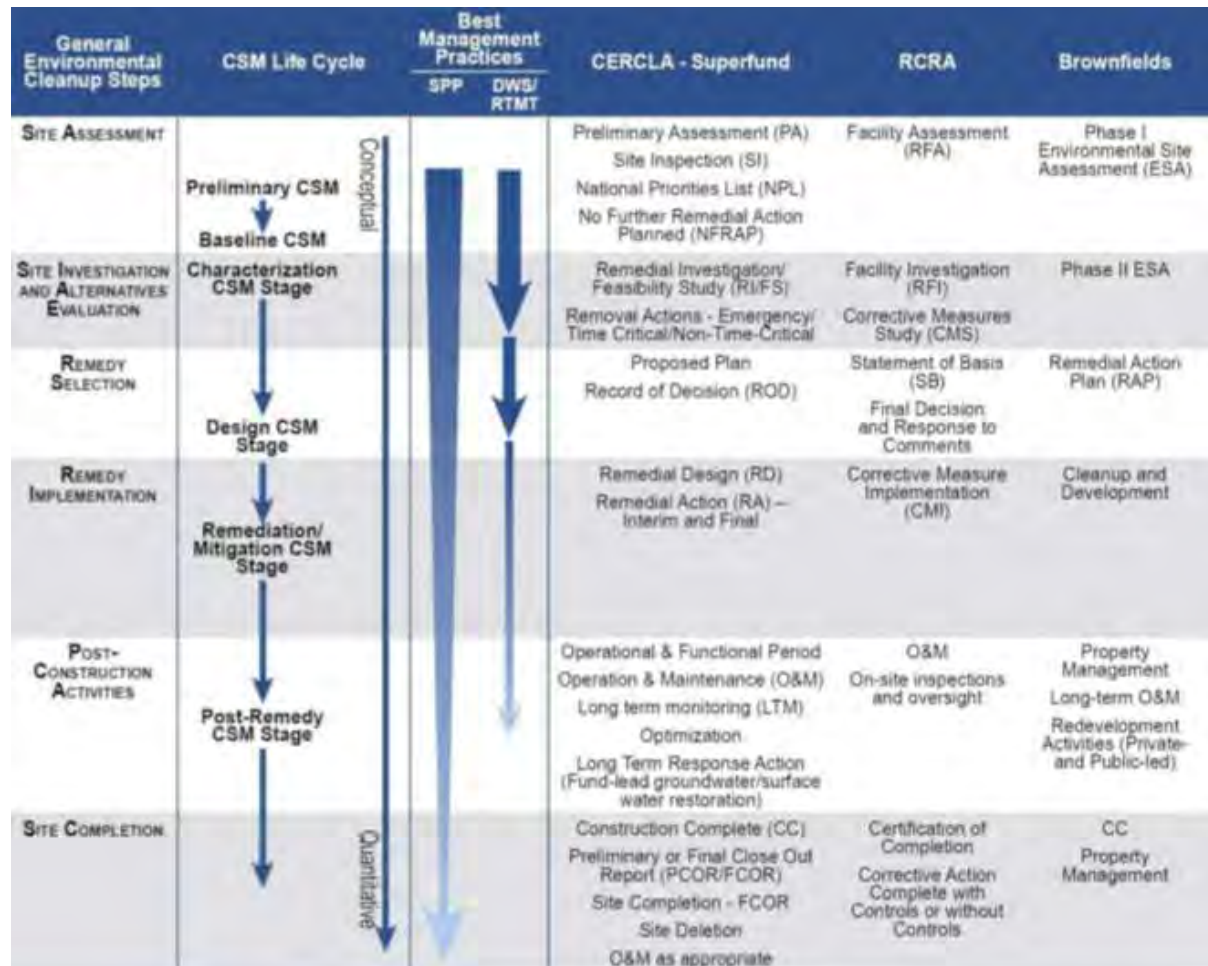
La US-EPA (2011) ha establecido diversas normas para la gestión de sitios contaminados, según respondan a sitios militares y/o afectados por municiones militares; programas de remediación voluntaria; asociados a tanques enterrados de almacenamiento de combustibles; para Brownfields³; para sitios potencialmente afectados por una posible inadecuada gestión o disposición final de residuos (RCRA); y los sitios declarados contaminados en el listado CERCLA, conocidos como Superfunds, que suelen relacionarse con zonas afectadas extensas. Si bien cada tipo de sitio está sometido a una legislación diferente, existe coherencia entre las etapas

³ Sitios que tiene registros de haber sido previamente impactados por contaminantes o de forma más general, zonas industriales donde se han manejado sustancias peligrosas que van a ser sometidos a cambios de uso.

de gestión de los sitios contaminados. En la Figura 20, se presenta una integración entre las etapas existentes para los Superfunds, RCRA y Brownfields, y su relación con el uso de modelos conceptuales.

Figura 19

Etapas del Programa regulatorio en USA para la gestión de sitios contaminados y las fases del ciclo de vida de los MCS



Fuente: EPA, 2011.
Traducción del autor

Siglas:

- SPP: Planeamiento Sistemático del Proyecto (de gestión del sitio contaminado)
- DWS: Estrategias dinámicas de trabajo
- RTMT: Tecnologías de medición en tiempo real
- CERCLA: Ley de Respuesta, Compensación y Responsabilidad Ambiental Integral (conocida como SUPERFUND).
- RCRA: Ley y Reglamentos de la ley de conservación y Recuperación de Recursos que brinda a la EPA la autoridad respecto de los efectos potenciales asociados a una inadecuada gestión de residuos

Etapas de la Gestión de Sitios contaminados:

- Site Assessment: Investigaciones iniciales para determinar si existe contaminación
- Site Investigation & Alternatives Evaluation: Evaluaciones para delimitar la extensión de la contaminación y conceptualizar las opciones
- Remedy Selection: Plan de Remediación que incluye la selección de las alternativas y diseños de ingeniería
- Remedy Implementation: Ejecución de las acciones de limpieza/descontaminación
- Post Constructive Activities: Uso del sitio post remediación
- Site Completion: Cuando se han culminado todas las acciones de descontaminación

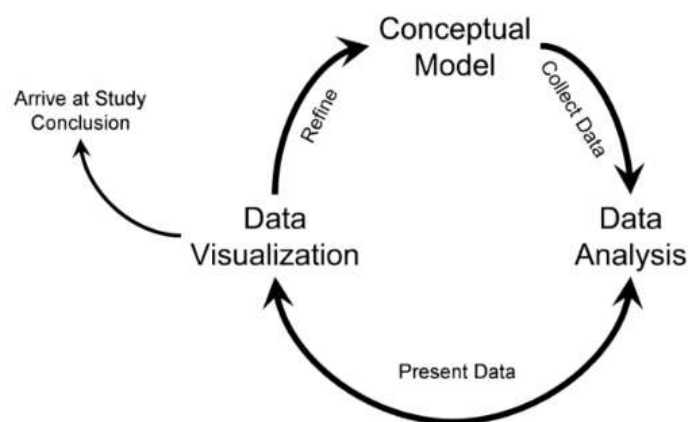
La US-EPA (2011) estableció que se requiere un MCS preliminar como punto de partida de las investigaciones de sitios contaminados que permita sintetizar la información existente, tanto a efectos de difundir la información ante los grupos de interés, como para identificar las incertidumbres y determinar la data que se requiere coleccionar, y responde a la primera etapa. Un MCS de la etapa de caracterización, partiendo del CMS inicial, debe sintetizar la data coleccionada y debe ser actualizado con los datos que vayan siendo generados. Puede ayudar a responder preguntas asociadas a la extensión de la contaminación, procesos de transporte, exposición y riesgos.

Respecto al paso del MCS preliminar hacia la etapa de caracterización, US-EPA (1995) señala que un modelo conceptual de sitio es *“una herramienta útil para seleccionar lugares de muestreo. Ayuda a garantizar que se hayan considerado las fuentes, vías y receptores en todo el sitio antes de elegir los lugares de muestreo”* (p. 1). Precisa que ayuda a evaluar las interacciones en el sitio y permite planificar la evaluación de riesgos.

La ASTM (2014) establece que un MCS es una herramienta iterativa y su complejidad debe ser consistente con la complejidad de la data disponible. Recomienda que este acompañe a la investigación inicial, y se retroalimente con los resultados de las investigaciones. En un concepto extrapolable de los MCS de la hidrogeología hacia los de gestión de sitios contaminados, Kresic y Mikszewski (2012) explican cómo, en la medida que la data coleccionada permite afinar la visualización del sistema, es que se puede llegar a conclusiones y/o refinar el modelo conceptual para identificar nueva data a coleccionar (véase Figura 21). Dicho refinamiento de la data permite el perfeccionamiento progresivo del MCS en sus partes: contaminante, fuente, vías de transporte, receptor y efectos a la salud y al ambiente.

Figura 20

Diagrama de flujo de la interacción entre el modelo conceptual, el análisis y visualización de la data



Nota. De Kresic y Mikszewski, 2012.

3.2 Técnicas de muestreo

El Ministerio del Ambiente (MINAM) ha publicado tres guías y un manual donde se enmarcan los procesos para identificar sitios contaminados en el Perú, para caracterizar el sitio y diseñar las acciones a seguir para gestionar la contaminación con el objetivo de proteger el ambiente y la salud humana. Dentro de ellas, la Guía de Muestreo de Suelos (MINAM, 2014b) presenta un listado de tipos de muestreo con su respectiva descripción, características y uso. A continuación, se presenta la clasificación expuesta en la guía:

- Muestreo de identificación
- Muestreo de detalle
- Muestreo de nivel de fondo
- Muestreo de comprobación de la remediación

La guía también menciona técnicas de muestreo dependiendo de si las muestras son superficiales, en profundidad o muestras en la fase gaseosa del suelo. Agregado a lo anterior, el documento presenta buenas prácticas para el manejo de muestras y, brevemente, aborda el tema del etiquetado y cadena de custodia de estas.

Sin embargo, las guías desarrolladas por el MINAM no abordan todos los tipos de contaminación, y tampoco todos los vectores por los cuales esta puede moverse, ni incluyen protocolos de muestreo de todos los componentes del ambiente donde esta puede alojarse. Tampoco incluyen una estructura sólida para la construcción de modelos conceptuales del sitio. Es por ello por lo que es recomendable complementar el uso de estas guías con otros estándares internacionales que han sido validados por un periodo de tiempo mayor.

Estos estándares internacionales son conocidos como estándares de la ASTM, y son referentes validados en miles de investigaciones de sitios contaminados a nivel global. A continuación, se presenta la lista de estándares ASTM que son relevantes para la presente investigación:

- ASTM D4700-15: Standard Guide for Soil Sampling from the Vadose Zone
- ASTM D2488-17: Standard Practice for Description and Identification of Soils (Visual-Manual Procedures)
- ASTM D1452/D1452M-16: Standard Practice for Soil Exploration and Sampling by Auger Borings
- ASTM D1739-98 (2004): Standard Test Method for Collection and Measurement of Dustfall (Settleable Particulate Matter)
- ASTM E1728-16: Standard Practice for Collection of Settled Dust Samples Using Wipe Sampling Methods for Subsequent Lead Determination

- ASTM D6966-18: Standard Practice for Collection of Settled Dust Samples Using Wipe Sampling Methods for Subsequent Determination of Metals

El estándar ASTM D4700-15: Standard Guide for Soil Sampling from the Vadose Zone es un protocolo que contiene los procedimientos que se pueden usar para obtener muestras de suelo de la zona vadosa (insaturada) del suelo (ASTM, 2015a). Se distinguen dos tipos de formas para tomar las muestras: muestras obtenidas usando equipos operados a mano y muestras obtenidas usando equipos de perforación de suelo. En el primer caso, son equipos de bajo costo y fáciles de transportar; sin embargo, este tipo de muestreo está limitado a zonas superficiales del suelo. Para el caso de la toma de muestras con equipos de perforación, si bien permiten obtener muestras a mayores profundidades, suponen un mayor costo y personal capacitado para manipular el equipo.

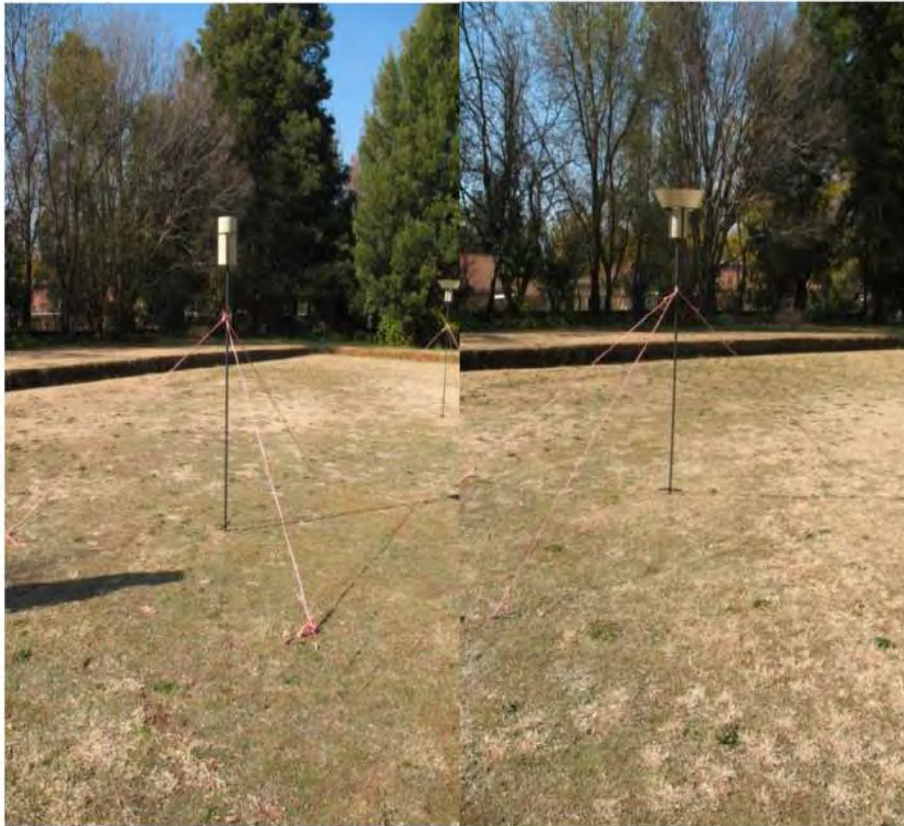
El estándar ASTM D2488-17: Standard Practice for Description and Identification of Soils (Visual-Manual Procedures) (ASTM, 2017a) describe los procedimientos para la descripción e identificación de suelos, sobre la base de una examinación visual y ensayos manuales. De esta forma, el documento brinda un criterio estandarizado a nivel internacional para la clasificación de suelos.

El estándar ASTM D1452/D1452M-16: Standard Practice for Soil Exploration and Sampling by Auger Borings es un protocolo que menciona los equipos y procedimientos para el uso de galenas de tierra en exploraciones geotécnicas superficiales. Acorde a la ASTM (2016), se menciona brevemente una descripción de cada tipo de equipo; si se desea conocer más o comparar características entre estos tipos de galenas descritos con otros que puedan llegar a más profundidad del suelo, entonces es recomendable leer el estándar ASTM D4700-15.

El estándar ASTM D1739-98: Standard Test Method for Collection and Measurement of Dustfall (Settleable Particulate Matter) es un protocolo que describe el procedimiento para recolectar la caída de polvo y proceder con su medición; es decir, se centra en la técnica para medir material particulado sedimentable (ASTM, 2004). El método consiste en utilizar contenedores de tamaño estándar y forma cilíndrica con un protector de viento alrededor del contenedor, y ubicarlos en lugares designados, donde se quedarán por 30 días en promedio para recolectar el polvo que se sedimenta durante ese lapso. Cabe indicar que la versión anterior del estándar, la ASTM D1739-82, no consideraba el cono deflector.

Figura 21

Comparación entre el muestreador MPS acorde al D1739-82 a la izquierda (sin cono deflector) y acorde al D1739-98 (2004) con cono deflector



Nota. De Kwata, 2014.

Kwata (2014) ha comparado el desempeño de los MPS con deflector y sin deflector, y documenta la existencia de otros tipos de muestreadores de polvo sedimentable de flujo vertical, que no cuentan con deflectores como los correspondientes al British Standard 1747 part 1, ISO deposit gauge (ISO/DIS 4222), entre otros. Refiere que, al 2014, a más de una década de implementados los deflectores, todavía continúa el uso de MPS sin deflectores, y que existen estándares de calidad vigentes que han sido definidos sobre la base de dichos muestreadores. Presenta un gráfico desarrollado por Illenberg el 2010, que compara las tasas de sedimentación entre los MPS con y sin conos deflectores, y encuentra que, en zonas costeras, la correlación de ambas tiene un R^2 del 88.4% y la tasa de sedimentación sin cono deflector cae aproximadamente a la mitad. Es decir, en zonas costeras, se estima que la muestra colectada con MPS sin conos deflectores tenga el 50% de la masa que se encuentra en los que sí llevan estos conos.

Los estándares ASTM D6966-18: Standard Practice for Collection of Settled Dust Samples Using Wipe Sampling Methods for Subsequent Determination of Metals y ASTM E1728-16: Standard Practice for Collection of Settled Dust Samples Using Wipe Sampling Methods for Subsequent Lead Determination son protocolos que contienen los procedimientos para la recolección de polvo urbano en superficies

usando el método de muestreo por medio de paños. En esencia, ambos protocolos presentan un similar tipo de muestreo; la principal diferencia entre uno y el otro es que el estándar ASTM D6966-18 describe la técnica teniendo en cuenta que las muestras serán usadas para la determinación de ciertos metales (ASTM, 2018b); mientras que, en el caso del estándar ASTM E1728-16, la técnica se aborda considerando que las muestras serán utilizadas para determinar solamente plomo (ASTM, 2020). En los estándares se presentan dos técnicas para proceder a tomar las muestras, dependiendo del tamaño de la zona de muestreo: procedimiento para zonas planas y amplias, y procedimiento para espacios pequeños como, por ejemplo, el marco de una ventana. Para el caso de la presente investigación, las condiciones de las zonas de muestreo indican que se debe optar por la primera opción y, para ello, existen dos modos de muestreo para zonas planas y amplias: al momento de tomar la muestra, se debe escoger uno de los dos patrones específicos estipulados en los documentos, en forma de S o Z. En las guías también se describe brevemente la forma correcta de almacenar y rotular las muestras para su manipulación posterior.

En esa línea, es importante señalar que, aunque se tengan buenas técnicas de muestreo, estas deben estar respaldadas por buenas guías de manejo de muestras previa y posteriormente a la toma de estas, puesto que una mala manipulación de las muestras podría suponer la contaminación de estas y la obtención de resultados no confiables. Es por ello por lo que, a continuación, se mencionan los dos estándares que serán utilizados en la presente investigación:

- ASTM D5088-15a: Standard Practice for Decontamination of Field Equipment Used at Waste Sites
- ASTM D4840-99 (Reapproved 2018): Standard Guide for Sample Chain-of-Custody Procedures

El estándar ASTM D5088-15a: Standard Practice for Decontamination of Field Equipment Used at Waste Sites es un protocolo que describe las prácticas adecuadas para descontaminar equipo de campo usado para la toma de muestras de suelos, suelo gaseoso, entre otros (ASTM, 2015b). En el documento, se detallan las formas de descontaminación de acuerdo con diferentes factores.

Por otro lado, el estándar ASTM D4840-99 (Reapproved 2018): Standard Guide for Sample Chain-of-Custody Procedures es un protocolo que contiene los procedimientos para la cadena de custodia de las muestras: es una documentación que registra datos de etiquetado de las muestras desde el momento en que estas fueron recolectadas hasta el momento en que se usen, con lo cual se busca que se mantenga la integridad de las muestras (ASTM, 2018a).

3.3 Técnicas de ensayo

3.3.1 Separación de partículas (tamizaje)

El suelo está compuesto por partículas de diferentes tamaños. Para garantizar que los ensayos que se hagan a las muestras no se vean alterados debido a la distribución desigual del tamaño de las partículas del suelo, se usa comúnmente la técnica de granulometría de suelos o separación de partículas por tamizaje.

El estándar ASTM D6913/D6913M-17: Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis es un protocolo, basado en estándares internacionales, que describe la técnica de granulometría del suelo o distribución por tamaño de partículas por medio del tamizaje (ASTM, 2017b).

El estándar ASTM D6913/D6913M-17 (2017b) presenta dos métodos, cuya diferencia es el número de dígitos significativos que se registran y el tamaño de muestra requerida para el ensayo. Estos métodos se clasifican de la siguiente forma:

- Método A: El porcentaje (por masa) que pasa por cada tamiz se registra al 1% más cercano. En caso de que haya dudas sobre cuál método usar, este es el método de referencia.
- Método B: El porcentaje (por masa) que pasa por cada tamiz se registra al 0.1% más cercano. Este método solo es aplicable cuando el tamaño máximo de la partícula es igual o menor que 4.75 mm.

3.3.2 Determinación de metales

Algunas técnicas para la determinación de metales en muestras son las siguientes:

- Absorción atómica
- Método de Plasma Acoplado Inductivamente (ICP)
- Fluorescencia de rayos X (XRF)

Las tres técnicas indicadas permiten medir la cantidad de elementos químicos presentes en una muestra ambiental. En el caso de la absorción atómica, esto se consigue al medir la radiación absorbida por el elemento químico de interés (García & Báez, 2011). Skoog et al. (2008) mencionan que los métodos de absorción atómica presentan ciertos tipos de interferencia que pueden alterar la confiabilidad de los resultados en los niveles trazas y ultratrazas.

Dentro de los ensayos de ICP, existen dos opciones: Plasma Acoplado Inductivamente con Espectrometría de Emisión Óptica (ICP-AES, por sus siglas en inglés) y Plasma Acoplado Inductivamente con Espectrometría de Masas (ICP-MS,

por sus siglas en inglés). Según Díaz Zamora (2017), el método ICP – MS es una variante de las técnicas de análisis por espectrometría de masas ya establecido de manera estándar en laboratorios, para analizar aguas, suelos, alimentos, muestras clínicas, entre otros. De la misma forma, Ammann (2007) refiere que el método ICP-MS no solo es usado para temas ambientales, sino también es útil en diversos campos de investigación, como, por ejemplo, las ciencias forenses, las ciencias de la vida, la industria de los alimentos, materiales, químicos, semiconductores y la industria nuclear. Señala, además, que, entre las ventajas de utilizar el método, están el bajo costo, los bajos límites de detección y la alta precisión; todo ello hace que sea la más exacta y precisa de las tres técnicas.

Con respecto al XRF este método, Skoog, Holler & Crouch (2008) indicaron que en esta metodología la absorción de rayos X produce iones excitados electrónicamente que al retorno a su nivel basal generan fluorescencia de ondas equivalentes a las absorbidas las cuales son características de cada elemento; lo cual es leído por los equipos para determinar los elementos y sus concentraciones.

En adición a ello, Margui et al. (2011) mencionan que este método es ventajoso debido a que es un análisis no destructivo y de uso común para la determinación de elementos mayoritarios y minoritarios en muestras ambientales. La técnica, además, brinda la posibilidad de realizar el análisis directamente en las muestras sólidas, lo cual es muy conveniente cuando se trata de muestras ambientales difíciles de disolver, tales como suelos, sedimentos y residuos mineros; y también cuando se requiere analizar muestras de baja masa y separar diferentes tamaños de partícula en estado sólido.

Este método ha demostrado ser una de las alternativas en cuanto a estudios de determinación de metales pesados en muestras. Por ejemplo, se utilizó esta técnica en un estudio de dispersión de metales en áreas mineras en España (Margui et al., 2011), y también se realizó un trabajo de determinación de metales pesados en sedimentos del río Chillón usando este método (Chui et al., 2009), por mencionar algunos estudios relacionados. En la revisión de las fichas técnicas de diversas marcas, se ha podido encontrar que estos equipos reportan límites inferiores de detección en el rango de los 2 mg/kg a 10 mg/kg, y límites superiores de detección en el rango de los 100 000 mg/kg de diversos metales.

4 Metodología y plan de trabajo

4.1 Enfoque metodológico y herramientas

Se ha optado por un enfoque de investigación que utiliza las siguientes opciones:

- Fuentes secundarias: revisión de literatura que permitió conocer los antecedentes de la contaminación y la exposición a la salud poblacional en el área afectada que han sido integrados en un MCS inicial (ver sección 1.1.5)

- Análisis documental: que incluyó normas documentos y textos que permitieron entender los estándares aplicables, así como las acciones implementadas en el sitio como resultado de los cambios en la regulación para reducir la emisión de plomo desde los depósitos concentrados de minerales
- Muestreos ambientales de suelos y polvo en dos transectos de 7 km en las avenidas Argentina y Guardia Chalaca – La Marina
- Análisis estadístico de la información y multifactorial de la información
- La actualización del MCS con los resultados de las investigaciones de campo.

4.2 Área de Estudio

El área de estudio incluye la zona donde se ubican los depósitos de concentrados de minerales “área contaminada”, así como dos transectos en una distancia de 7 km hacia el oeste definidos por el curso de las avenidas Argentina y La Marina.

4.3 Programa de muestreo

En la tabla 7 se presenta el programa de muestreo ejecutado entre noviembre del 2023 y enero del 2024 y ha incluido un total de 154 muestras en 77 puntos de muestreo además de cinco (05) duplicados. Cabe indicar que cuatro de los muestreadores MPS instalados en noviembre se extraviaron, por lo que fueron reubicados e instalados en diciembre del 2023 y colectados en enero del 2024.

Tabla 7

Programa de muestreo: cantidad de muestras por sector para las matrices ambientales suelo y polvo

Unidades de evaluación				Suelo		Polvo	
Unidad	Sub-Unidad	Comentario	Extensión	Suelos Superficiales	Sondajes Manuales a 1 m de profundidad	Polvo Sedimentable	Polvo urbano
				Cantidad de muestras (1 kg)	Cantidad de muestras (1 kg)	Sedimentación en 30 días	Masa por m ²
Z00		Zona de almacenes o “área contaminada”,	146.7 Ha	12	2	4	11
Transecto A: Av. Argentina	A03	Hasta 3 km	7 km	6	--	3	10
	A05	Hasta 5 km		6	2	2	10
	A07	Hasta 7 km		7	--	4	11
Transecto M: Av. La Marina	M03	Hasta 3 km	7 km	6	--	1	8
	M05	Hasta 5 km		5	2	3	10
	M07	Hasta 7 km		6	--	3	11
Zona Control (área no contaminada a más de 10 km)			--	4	1	1	3
Duplicados 5% de las muestras			--	1	--	--	4
Total, de Muestras			--	53	7	21	78
Estándar de Muestreo y observaciones de campo				Guía para el Muestreo de Suelos (MINAM, 2014)		ASTM D1739-98 (2004)	ASTM E1728/
				ASTM D4700 – 15			E1728M-20
				ASTM D2488 – 17			ASTM D6966-18
				ASTM D1452/D1452M – 16			
Estándar para evitar la contaminación cruzada				ASTM D5088 – 15 ^a			
Estándar de Custodia de muestras				ASTM D4840 – 99 (Reapproved 2018)			

Elaboración propia

4.4 Trabajo de campo

Para el desarrollo de esta investigación se ejecutó cinco (05) actividades descritas a continuación. Las técnicas de muestreo están descritas en el anexo 01 y en la tabla 7 se presenta el programa de muestreo ejecutado.

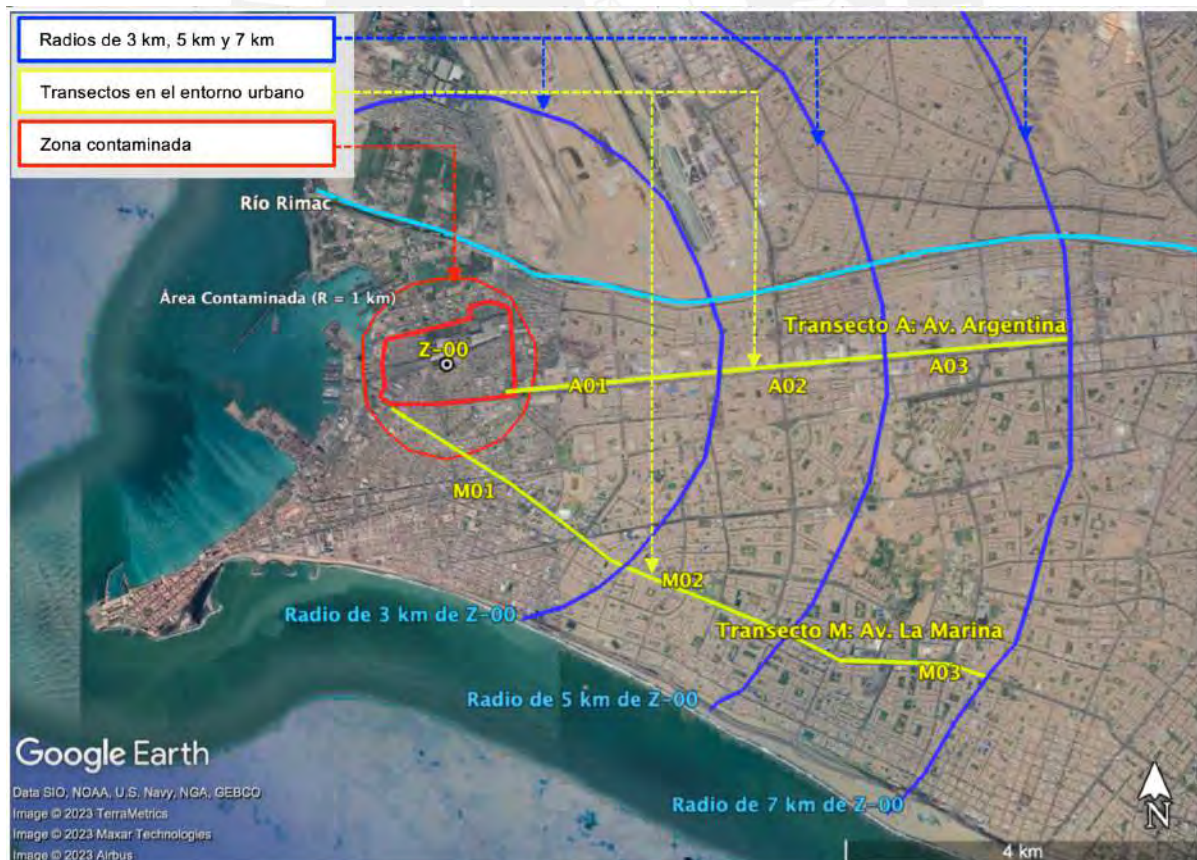
A) Tipos de muestras

- suelos superficiales:
- Suelos profundos mediante sondajes manuales a 1 m de profundidad (7 muestras)
- polvo sedimentable
- polvo urbano

B) Sectores - Esta incluye la evaluación de la zona de los almacenes de concentrados “**área contaminada**”; así como dos transectos de 7 km, uno en la Av. Argentina y otro en la Av. La Marina. Estas áreas son representadas en la figura 23. Además de ello se seleccionó una zona control localizada en el distrito de La Molina a aproximadamente 20 km de distancia y separados por el “Cerro Centinela” para minimizar la influencia que pueda recibir esta zona respecto de la Zona contaminada.

Figura 22

Área de estudio y ubicación del área de los transectos de evaluación



Fuente de la imagen – Google Earth

Nota:

El transecto A (Av. Argentina) tiene tres subunidades A03, A05 y A07; de igual manera, el transecto M (Av. La Marina y Guardia Chalaca)

C) Salidas de campo

- Primera salida - brigada de 4 personas realizó la colecta de muestras de suelos y polvo, así como la instalación de 25 muestreadores (MPS); los que se programaron para permanecer en el sitio por 30 +/- 2 días
- Segunda Salida – brigada de 2 personas por 1 día para la colecta de las muestras de polvo sedimentable.
- Tercera Salida – brigada de 2 personas por 1 día para la reubicación e instalación de cuatro muestreadores MPS
- Cuarta Salida – brigada de 2 personas por 1 día para la colecta de las muestras de polvo sedimentable de los cuatro muestreadores MPS reubicados.

4.5 Trabajo de Laboratorio:

Entre noviembre del 2023 y enero del 2024 se realizó el tamizaje de las muestras de polvo y se está iniciando el tamizaje de las de suelos. Las fracciones resultantes fueron pesadas y sometidas a la determinación elemental por medio de un espectrómetro de **fluorescencia de rayos X (XRF)**.

Tamizaje: Se realizó el tamizaje de las 138 muestras correspondientes a Polvo Urbano, Suelo superficial y Suelo en Profundidad; mientras que las muestras MPS no fueron tamizadas. Las muestras fueron tratadas con dos mallas desde los 1 mm y 0.1 mm de acuerdo con el estándar ASTM D6913/D6913M-17, para la obtención de tres (03) fracciones, las cuales han sido pesadas con una balanza analítica de por 3 decimales. A partir de ello se colectó 394 muestras en fracciones de acuerdo con lo siguiente:

- Suelo Superficial – 156 fracciones
- Suelo en profundidad – 21 fracciones
- Polvo urbano – 217 fracciones

Análisis por XRF: Tanto las muestras totales de MPS (21 muestras) como las 394 fracciones generadas luego del tamizaje han sido analizadas con una pistola XRF (fluorescencia de rayos X, modelo SciAps X-505 Mining Analyzer con número de serie X505-02450) para determinar el contenido multiememental de cada una de las muestras totales y de las fracciones evaluadas.

4.6 Control de calidad

Una muestra de suelo (SU80) y 4 de polvo urbano (P20, P25, P63 y P36.5) han sido seleccionadas para la toma de duplicados de campo para determinar la para ver la reproductibilidad de los resultados de muestra total y se calculó la diferencia

porcentual relativa (DPR) que evalúa la precisión metodológica. Para ello se aplicó la siguiente fórmula a cada uno de los resultados de la muestra duplicada.

$$DPR = \frac{2 \times |[X_i]_k - [X_i]_{k-d}|}{[X_i]_k + [X_i]_{k-d}} \%$$

Donde:

- DPR% Diferencia Porcentual
- $[X_i]_j$ Concentración del i-ésimo analito de la j-ésima muestra
- $[X_i]_{j-d}$ Concentración del i-ésimo analito del duplicado de la j-ésima muestra

De acuerdo con la CCME (2016) y al MINAM (2021) el criterio de calidad es que el DPR no debe superar el 60% de desviación para cada resultado sobre el límite de cuantificación.

4.7 Tratamiento de datos e interpretación de resultados

La presente investigación incluyó un diseño multifactorial considerando variables como distancia, tipo de uso del sitio (residencial/industrial), tipo de muestras (polvo vs suelo), tamaño de partículas y composición química multielemental de las partículas. Se realizó los tratamientos estadísticos considerando las cuatro dimensiones indicadas (matriz, tamaño de partícula, zona-distancia de la fuente y composición multielemental).

Debido a que los concentrados manejados en los depósitos de minerales del Callao corresponden a concentrados de plomo, zinc y cobre, y bajo la hipótesis de que esta es la principal fuente de plomo; se espera que, en estos tres elementos, el polvo como los suelos del Área Contaminada presenten valores consistentemente mayores de estos respecto de los encontrados en el entorno. Dado que estos elementos provienen de emisiones históricas en un periodo de más de 50 años se espera que estos se hayan mezclado y en la Zona Contaminada exista una proporción media entre la abundancia de estos cuatro elementos en las diferentes matrices ambientales; tal como se ha encontrado en el muestreo del 2019 en las relaciones del plomo con el zinc y con el arsénico. Esta proporción ha sido caracterizada y utilizada como firma de contraste con los datos de los transectos en las diferentes matrices ambientales y analizar así la movilidad del plomo en el suelo, el polvo sedimentable y el polvo urbano de forma diferenciada por tamaño de partícula. Se ha contrastado la influencia de las partículas medias y gruesas, representadas por las fracciones 1 y 2 del área contaminada respecto de cada uno de los sectores de ambos transectos.

Sobre la base de estos resultados se ha revisado el modelo conceptual elaborado a partir de los datos de DIGESA – USAID (2000) presentados en la tabla 1 y representados en las figuras 7 y 8. Además se ha planteado un modelo conceptual que explica el transporte diferenciado de partículas por saltación y rodamiento desde

el área contaminada vs. el transporte de partículas sedimentables y sobre la base de este modelo se ha reinterpretado los datos históricos reportados por DIGESA.

4.8 Toma de muestras

En total se tuvieron 77 puntos de muestreo, incluyendo entre los cuales el tipo de muestra varía entre muestra de polvo urbano, muestra de polvo sedimentable (muestreadores MPS), muestra de suelo superficial y muestra de suelo a profundidad. A continuación, se presenta la tabla 8 donde se resume las coordenadas de los puntos de muestreo por cada transecto en evaluación, así como también el tipo de muestra tomado en cada uno de ellos. En los Mapas 01, 02 y 03 (ver anexo 02) se presenta la ubicación de los puntos de muestreo para las matrices ambientales polvo sedimentable, polvo urbano y suelo superficial). El Mapa 04 presenta una vista detallada de los puntos de muestreo en el área Contaminada.

Tabla 8

Ubicación de puntos de muestreo y muestras colectadas

CLÚSTER	CÓDIGO DE PUNTO DE MUESTREO	Ubicación			Tipo de Muestras				Fecha de instalación del MPS
		Este	Norte	Distancia (m)	Suelos		Polvo		
Suelo Superficial	Suelo a Profundidad				Polvo urbano	Polvo Sedimentable (MPS)			
Área contaminada									
AC	16	267,654	8,666,968		x		x		
	17	267,613	8,667,174		x		x	x	7/11/23
	18	267,587	8,667,297		x		x	x	5/12/23
	19	267561	8667402					x	5/12/23
	20	267,758	8,667,718		x		X		
	21	267,473	8,667,783		x		x		
	22	267,453	8,667,877		x		x		
	23	267,330	8,667,718		x		x		
	24	267,983	8,666,867		x		x		
	25	268,582	8,667,765		x	x	x	x	7/11/23
	61	268,105	8,666,812		x	x	x	Perdido	7/11/23
62	267,239	8,667,815				x			
81	267,922	8,667,407		x			Perdido	7/11/23	
Transecto Av. La Marina									
M03	12	269,583	8,665,126	2,001.9	x		x		
	49	269,306	8,665,270	1,700.2	x		x		
	13	269,058	8,665,518	1,332.9	x		x	Perdido	9/11/23
	13.5	268,885	8,665,645	1,109.2			x		
	14	268,704	8,665,770	877.9	x		x		
	14.5	268,491	8,665,925	612.0			x		
	46	268,259	8,666,062	360.6	x		x	x	9/11/23
15	268,012	8,666,234	43.3	x		x			
M05	6.5	271,517	8,664,324	3,974.0			x		
	7	271,295	8,664,425	3,739.1	x		x		
	7.5	271,113	8,664,525	3,537.1			x		
	8	270,921	8,664,596	3,343.1	x		x	x	9/11/23
	8.5	270,709	8,664,683	3,117.4			x		
	9	270,511	8,664,754	2,917.3	x	x	x		
	9.5	270,413	8,664,797	2,794.8			x		
	10	270,178	8,664,883	2,509.5	x		x	x	9/11/23
10.5	270,046	8,664,953	2,416.7			x			
M07	11	269,806	8,665,027	2,169.7	x	x	x	x	9/11/23
	1	273,875	8,663,829	6,281.7	x		x	x	9/11/23
	1.5	273,621	8,663,927	6,056.9			x		
	2	273,385	8,663,945	5,840.9	x		x		
	2.5	273,071	8,663,956	5,557.3			x		
3	272,856	8,663,949	5,337.2	x		x	x	9/11/23	

CLÚSTER	CÓDIGO DE PUNTO DE MUESTREO	Ubicación			Tipo de Muestras				Fecha de instalación del MPS
		Este	Norte	Distancia (m)	Suelos		Polvo		
					Suelo Superficial	Suelo a Profundidad	Polvo urbano	Polvo Sedimentable (MPS)	
	3.5	272,622	8,663,966	5,101.4			x		
	4	272,404	8,663,961	4,955.1	x		x		
	4.5	272,282	8,663,994	4,813.4			x		
	5	272,062	8,664,053	4,668.5	x		x	Perdido	9/11/23
	5.5	271,809	8,664,186	4,299.0			x		
	6	271,638	8,664,258	4,114.8	x		x	x	9/11/23
Transecto Av. Argentina									
A03	26	269,066	8,666,966	361.4	x		x	x	7/11/23
	26.5	269,256	8,667,003	541.1			x		
	27	269,494	8,667,015	789.1	x		x		
	27.5	269,680	8,667,051	976.6			x		
	63	269,826	8,667,017	1,131.6	x		x	x	7/11/23
	28	269,932	8,667,014	1,232.4			x		
	28.5	270,120	8,667,088	1,414.7			x		
	29	270,301	8,667,085	1,600.6	x		x		
A05	31	270,533	8,667,122	1,838.8	x		x	x	7/11/23
	32	270,735	8,667,128	2,036.4	x		x		
	32.5	270,985	8,667,171	2,283.7			x		
	33	271,219	8,667,173	2,525.9	x		x	x	7/11/23
	34	271,481	8,667,201	2,786.1	x		x		
	34.5	271,660	8,667,236	2,966.1			x		
	35	271,853	8,667,239	3,159.2	x	x	x	x	7/11/23
	36	272,034	8,667,258	3,341.2	x		x		
A07	36.5	272,232	8,667,291	3,539.6			X		
	37	272,346	8,667,288	3,654.6	x	x	X		
	37.5	272,490	8,667,314	3,796.3			x		
	38	272,699	8,667,323	4,007.2	x		x		
	39	272,819	8,667,330	4,135.6	x		x	x	7/11/23
	38.5	272,915	8,667,361	4,225.8			x		
	40	273,151	8,667,368	4,458.4	x		x		
	40.5	273,405	8,667,403	4,713.8			x		
ZC	41	273,591	8,667,405	4,899.7	x		x	x	7/11/23
	41.5	273,909	8,667,452	5,217.1			x		
	45	274,163	8,667,460	5,476.7	x		x		
	42	274,357	8,667,481	5,675.9	x		x	x	7/11/23
	42.5	274,650	8,667,529	5,969.4			x		
	43	274,967	8,667,542	6,283.4	x		x		
	44	275,108	8,667,551	6,433.5	x		x	x	9/11/23
	Zona Control								
ZC	77	287,841	8,661,052		x	x	x	x	8/11/23
	78	287,857	8,661,427		x		x		
	79	287,803	8,661,535		x				
	80	287,351	8,664,124		x		x		

Elaboración propia.

Muestras seleccionadas para duplicado

Con respecto a la toma de muestras de polvo sedimentable, se mencionó anteriormente que se utilizarían muestreadores MPS con un cono reflector para que la toma de muestra sea más confiable. Debido a una cuestión de permisos, se optó por usar dos tipos de muestreadores: uno tal y como se especifica en la guía ASTM D1739-98 (ver foto 2), el cual se instaló en los lugares que dieron su autorización y el otro tipo son baldes (ver foto 3) sostenidos por precintos y atados a postes en la zona de estudio.



Foto 2
Muestreador MPS con cono reflector.
Fuente propia



Foto 3
Muestreador tipo balde.
Fuente propia

Para la toma de muestras de suelo, estas se dividen en las muestras de suelo superficial y muestras de suelo a profundidad. En algunos casos se aprovechó que para instalar los muestreadores MPS se tenía que hacer un hueco, por lo cual se podía extraer tanto una muestra superficial como una muestra de suelo a profundidad en el mismo punto, tal como se observa en la foto 4.



Foto 4
Toma de muestra de suelo superficial y suelo a profundidad.
Fuente propia



Foto 5
Toma de muestra de polvo urbano.
Fuente propia

Por último, con respecto a la toma de muestras de polvo urbano en las calles, a continuación, se puede observar la foto 5 donde se presenta parte del proceso de recolección de polvo. Cabe resaltar que las muestras obtenidas varían entre menos de 10 g hasta 60 g entre todas las muestras de polvo urbano tomadas. Además, para poder obtener una mayor cantidad de muestra posible, se seleccionaron áreas donde haya ranuras en la vereda, para que de esta forma sea recolectada la mayor cantidad de polvo posible.

En algunos casos se ha obtenido duplicados de alguna muestra, ya sea de polvo urbano o muestra de suelo superficial. Para la toma de muestras de duplicados, primero se tomó la muestra real y luego, a su costado, se tomó el duplicado teniendo en cuenta los mismos cuidados de como si se tratara de una muestra normal.

4.9 Ensayos de laboratorio

Entre diciembre del 2023 y enero del 2024 se realizó el tamizaje de 52 muestras de suelos superficiales, 07 de suelos en profundidad y 74 muestras de polvo urbano obteniendo un total de 394 fracciones. Del 10 al 14 de junio del 2024 se utilizó un equipo de difracción de rayos X modelo SciAps X-550 de la empresa SmartRock Knowledge para analizar la totalidad de las 394 fracciones obtenidas del tamizaje más las 21 muestras de polvo sedimentable obtenidos mediante los muestreadores MPS.

5 Presentación de Resultados

En esta sección se presenta los resultados gravimétricos, de análisis XRF y el cálculo ponderado de la concentración de plomo en las muestras de suelos y polvo urbano.

5.1 Control de Calidad

En esta sección se presenta los resultados gravimétricos, de análisis XRF y el cálculo ponderado de la concentración de plomo en las muestras de suelos y polvo urbano. En el anexo 05 se presenta en control de calidad, salvo el Niobio y el Níquel en la muestra P20, con valores en el rango del límite de cuantificación, el resto a cumplido con el DPR < 60% establecido por el MINAM (2021) y recomendado por la CCME (2016). En tal sentido la metodología de muestreo y ensayo han sido reproducibles y presentan un nivel de aceptable.

5.2 Resultados gravimétricos

A continuación, se presentan los resultados de pesos por cada una de las matrices evaluadas, organizados por Sectores. En el anexo 03 se presenta la data gravimétrica consolidada de todas las muestras.

5.2.1 Resultados gravimétricos del polvo sedimentable

En la tabla 09 se presenta los resultados gravimétricos de las 21 muestras de polvo sedimentable colectado en los muestreadores MPS organizados por sectores; los cuales incluyen la masa colectada por cada muestra y el cálculo de la tasa de sedimentación mensual en g/m²/mes.

Tabla 9

Peso de las muestras MPS y tasa de sedimentación del polvo

Clúster	Punto	Peso de la Muestra del MPS	Tasa de Sedimentación g/m ² /mes
AC	17	0.956	117.92
	18	0.522	64.39
	19	0.707	87.20
	25	0.496	61.18
A03	26	0.899	110.89
	31	0.899	110.89
	63	0.642	79.19
A05	33	1.200	148.01
	35	0.956	117.92
A07	39	0.768	94.73
	41	0.781	96.33
	42	0.698	86.09
	44	0.362	44.65
M03	46	0.611	75.36
M05	8	0.209	25.78
	10	0.148	18.26
	11	0.149	18.38
M07	1	0.071	8.76
	3	0.225	27.75
	6	0.295	36.39
ZC	77	0.353	43.54
Estadística – Valores Promedio			
AC		0.67	82.67
Transecto Av. Argentina	A03	0.81	100.32
	A05	1.08	132.97

Clúster	Punto	Peso de la Muestra del MPS	Tasa de Sedimentación g/m ² /mes
Transecto Av. La Marina	A07	0.65	80.45
	M03	0.61	75.36
	M05	0.17	20.80
	M07	0.20	24.30
ZC		0.35	43.54

Se puede apreciar que la tasa de sedimentación de polvo en el área contaminada y la Av. Argentina, así como el sector del transecto La Marina localizado en el Callao presentan tasas de sedimentación mensuales promedio de entre 80 g/m²/mes y 133 g/m²/mes mientras que en la Av. La Marina en los sectores a M05 y M07, así como en la zona control los valores promedio fluctúan entre 20 g/m²/mes y 45 g/m²/mes.

5.2.2 Resultados gravimétricos del polvo urbano

En tabla 10 se presenta los resultados gravimétricos de las 74 muestras de polvo urbano colectado en las veredas de la zona contaminada; así como el cálculo de abundancia del polvo por unidad de área.

Tabla 10

Peso de las muestras de polvo urbano, distribución porcentual abundancia en g/m²

Sector	Código de muestra	Resultados gravimétricos de las muestras de polvo			Polvo Urbano g/m ²	
		Peso de la Muestra	%F1	%F2		%F3
AC	P16	3.729	3%	38%	59%	41.4
	P17	7.012	4%	40%	56%	77.9
	P18	17.22	6%	57%	37%	191.3
	P20	1.677	6%	1%	93%	18.6
	P21	58.956	18%	40%	42%	655.1
	P22	41.322	17%	45%	38%	459.1
	P23	6.563	1%	26%	74%	72.9
	P24	38.123	10%	49%	41%	423.6
	P25	22.288	4%	38%	58%	247.6
	P61	15.447	10%	55%	35%	171.6
A03	P62	6.39	13%	65%	22%	71.0
	P26	13.346	14%	57%	29%	148.3
	P26.5	2.82	2%	35%	63%	31.3
	P27	11.445	17%	48%	35%	127.2
	P27.5	14.386	21%	30%	49%	159.8
	P28	2.478	6%	34%	61%	27.5
	P28.5	0.363	11%	22%	66%	4.0
	P29	3.657	0%	31%	69%	40.6
	P31	11.226	3%	52%	45%	124.7
	P32	14.86	6%	54%	40%	165.1
A05	P63	5.665	3%	30%	67%	62.9
	P32.5	25.391	17%	45%	38%	282.1
	P33	5.229	14%	58%	28%	58.1
	P34	10.696	2%	51%	47%	118.8
	P34.5	51.034	17%	56%	26%	567.0
	P35	5.57	1%	45%	54%	61.9
	P36	23.789	12%	56%	32%	264.3
	P36.5	5.956	5%	34%	61%	66.2
	P37	7.486	14%	52%	34%	83.2
	P37.5	5.929	5%	41%	54%	65.9
A07	P38	9.739	9%	49%	42%	108.2
	P38.5	1.117	0%	41%	59%	12.4
	P39	20.052	13%	39%	47%	222.8
	P40	2.692	4%	26%	69%	29.9
	P40.5	4.329	3%	16%	81%	48.1
	P41	1.082	6%	63%	31%	12.0
	P41.5	3.028	8%	62%	30%	33.6
P42	0.672	0%	25%	75%	7.5	

Sector	Código de muestra	Resultados gravimétricos de las muestras de polvo				Polvo Urbano g/m ²	
		Peso de la Muestra	%F1	%F2	%F3		
	P42.5	6.206	6%	40%	54%	69.0	
	P43	4.328	0%	25%	75%	48.1	
	P44	3.811	11%	24%	65%	42.3	
	P45	13.57	2%	33%	66%	150.8	
M03	P12	3.748	4%	64%	32%	41.6	
	P13	3.11	4%	50%	46%	34.6	
	P13.5	4.199	14%	47%	39%	46.7	
	P14	18.733	4%	34%	61%	208.1	
	P14.5	23.824	0%	20%	80%	264.7	
	P15	3.033	2%	43%	55%	33.7	
	P46	5.432	10%	42%	48%	60.4	
	P49	14.913	5%	41%	54%	165.7	
	M05	P10	5.654	2%	61%	37%	62.8
P10.5		53.76	9%	68%	23%	597.3	
P11		7.769	1%	66%	33%	86.3	
P6.5		11.875	4%	50%	47%	131.9	
P7		11.708	8%	53%	39%	130.1	
P7.5		7.704	10%	41%	49%	85.6	
P8		18.918	9%	51%	40%	210.2	
P8.5		29.697	7%	53%	40%	330.0	
P9		1.964	4%	52%	44%	21.8	
M07	P9.5	17.286	6%	51%	43%	192.1	
	P1	0.059	0%	78%	22%	0.7	
	P1.5	0.089	0%	58%	42%	1.0	
	P2	1.468	7%	64%	29%	16.3	
	P2.5	8.18	10%	53%	37%	90.9	
	P3	4.708	0%	41%	58%	52.3	
	P3.5	6.93	20%	52%	28%	77.0	
	P4	9.526	12%	47%	42%	105.8	
	P4.5	7.886	4%	57%	39%	87.6	
ZC	P5	1.396	0%	49%	51%	15.5	
	P5.5	7.325	10%	42%	47%	81.4	
	P6	11.177	11%	53%	36%	124.2	
	P77	3.026	34%	43%	23%	33.6	
	P78	2.268	0%	30%	70%	25.2	
	P80	15.514	5%	41%	55%	172.4	
	Estadística – Valores Promedio						
	-Área Contaminada - AC		19.88	12%	45%	43%	220.9
	Transecto Av. Argentina	A03	8.02	11%	45%	45%	89.2
A05		15.08	13%	51%	36%	167.6	
A07		5.54	7%	35%	58%	61.5	
Transecto Av. La Marina	M03	9.62	4%	35%	61%	106.9	
	M05	16.63	7%	57%	35%	184.8	
	M07	5.34	10%	50%	40%	59.3	
Zona Control - ZC		6.94	9%	40%	52%	77.1	

La abundancia del polvo más alta se ha registrado en el área contaminada con un valor medio de 220 g/m² con picos de 650 g/m². En los transectos de Av. Argentina y Av. La marina como media presentan valores más bajos, aunque en algunas estaciones se reportan picos equivalentes a los de la zona control. En cuanto a la composición granulométrica en los diferentes sectores se observa composiciones similares.

5.2.3 Resultados gravimétricos del suelo superficial y en profundidad

En la tabla 11 se presenta los resultados gravimétricos del suelo urbano polvo urbano. El detalle se encuentra en el anexo 03.

Tabla 11*Distribución porcentual promedio de las fracciones F1, F2 y F3 en las muestras de suelo*

Sector	Tipo de muestra	F1	F2	F3
AC	S-Superficial	19%	61%	20%
	S-Profundidad	4%	89%	7%
A03	S-Superficial	37%	42%	21%
A05	S-Superficial	25%	52%	23%
	S-Profundidad	29%	51%	20%
A07	S-Superficial	27%	48%	25%
M03	S-Superficial	18%	53%	29%
M05	S-Superficial	17%	54%	29%
	S-Profundidad	8%	73%	19%
M07	S-Superficial	13%	50%	36%
ZC	S-Superficial	12%	69%	19%
	S-Profundidad	54%	44%	3%

5.3 Resultados de plomo en las matrices ambientales

En el anexo 04 se presenta los resultados detallados de XRF de todas las muestras para los elementos característicos del concentrado (Pb, Zn y Cu) así como otros 10 elementos. En esta sección se presenta los resultados de plomo en las muestras de MPS, polvo urbano y de suelo. En el caso de las muestras de polvo urbano y de suelo, estos han sido determinados a ponderando las concentraciones analizadas en cada una de las fracciones, considerando el porcentaje en peso de cada fracción.

5.3.1 Plomo en el polvo sedimentable

En la tabla 12 y en el mapa 06 se presenta los resultados de XRF en las muestras de polvo sedimentable en ppm organizados por sectores.

Tabla 12*Concentración de plomo en el polvo sedimentable en ppm*

Sectores		PUNTO	Plomo en Polvo Sedimentable en ppm	Valor Promedio por Sector en ppm
Área Contaminada	AC	17	5899.0	4537.3
		18	2610.0	
		19	8153.0	
		25	1487.0	
Transecto Av. Argentina	A03	26	1720.0	1513.3
		31	1099.0	
		63	1721.0	
	A05	33	894.0	916.5
		35	939.0	
		39	1164.0	
A07	41	1076.0	1094.8	
	42	684.0		
	44	1455.0		
Transecto Av. La Marina	M03	46	159.0	159.0
		8	136.0	
	M05	10	89.0	127.7
		11	158.0	
	M07	1	268.0	308.7
		3	460.0	
6	198.0			
Zona Control	ZC	77	472.0	472.0

Se aprecia que la concentración de plomo en el polvo sedimentable en el área contaminada presenta picos de casi 6000 ppm y un promedio con 4537 ppm está un orden de magnitud por encima del plomo en la zona control y del transecto de la Av. La Marina. En tanto, en el transecto de la Av. Argentina se observa valores

intermedios en el rango entre 600 ppm y 1800 ppm inclusive a 7 km del área contaminada.

5.3.2 Plomo en el polvo urbano

En tabla 13 se presenta los resultados de XRF en las muestras de polvo urbano en ppm organizados por sectores incluyendo el valor desagregado por fracciones. Cabe indicar que no existe un criterio de calidad ambiental para el plomo presente en el polvo urbano.

Tabla 13
Concentración de plomo en las muestras de polvo urbano

Sectores		Punto	Plomo en fracciones - ppm			Pb en muestra de Polvo - ppm		
			F1	F2	F3			
Área Contaminada	AC	16	137.0	188.0	486.0	362.2		
		17	162.0	227.0	1,043.0	684.2		
		18	531.0	621.0	3,283.0	1588.9		
		20	385.0	369.0	6,519.0	6061.5		
		21	957.3	606.0	2,360.0	1413.2		
		22	409.3	694.0	2,125.0	1187.1		
		23	25.0	292.0	798.0	661.4		
		24	1,139.3	282.0	727.0	550.7		
		25	49.0	198.0	435.0	329.9		
		61	123.0	126.0	672.0	317.6		
		62	17.0	133.0	279.0	150.4		
		Transecto Av. Argentina	A03	26	31.5	65.0	465.0	177.4
				26.5	35.0	145.0	596.0	425.4
27	47.5			237.0	760.0	388.2		
27.5	26.0			72.0	529.0	286.9		
28	63.0			95.0	771.0	503.8		
28.5	918.0			520.0	968.0	862.4		
29	70.0			121.0	286.0	234.8		
31	38.0			42.0	157.0	93.4		
32	87.0			63.0	293.0	155.9		
63	19.0			194.0	718.0	538.8		
A05	32.5			39.3	49.0	238.0	119.2	
	33			117.0	130.0	448.0	217.9	
	34			72.0	78.0	213.0	141.3	
	34.5		14.0	55.0	231.0	94.4		
	35		23.0	94.0	632.0	382.0		
	36		27.0	66.0	445.0	184.4		
	36.5		166.0	97.0	402.0	287.8		
	37		28.0	44.0	326.0	138.9		
	37.5		133.0	166.0	481.0	334.8		
	38		92.0	80.0	337.0	189.0		
A07	38.5			235.0	1,134.0	765.4		
	39		51.0	79.0	407.0	230.9		
	40		34.0	154.0	829.0	616.5		
	40.5		20.0	151.0	550.0	471.6		
	41		48.0	86.0	706.0	278.1		
	41.5		21.0	190.0	575.0	293.2		
	42		126.0	126.0	479.0	389.2		
	42.5	43.0	149.0	276.0	211.1			
	43	74.0	249.0	300.0	286.9			
	44	24.0	231.0	376.0	303.2			
	45	38.0	91.0	192.0	156.5			
	Transecto Av. La Marina	M03	12					
			13	133.0	156.0	236.0	191.7	
			13.5	24.0	108.0	175.0	122.8	
14			20.0	47.0	224.0	154.6		
14.5			33.0	140.0	135.0	135.5		
15			51.0	160.0	246.0	205.4		
46			357.0	404.0	305.0	351.7		
49			3,183.0	422.0	271.0	479.9		

Sector		Punto	Plomo en fracciones - ppm			Pb en muestra de Polvo - ppm
			F1	F2	F3	
	M05	6.5	56.0	112.0	123.0	115.2
		7	19.0	77.0	89.0	77.3
		7.5	49.0	217.0	180.0	182.0
		8	25.5	275.0	105.0	185.1
		8.5	49.0	59.0	96.0	73.1
		9	38.0	243.0	127.0	183.3
		9.5	17.0	39.0	108.0	67.0
		10	13.0	73.0	157.0	102.9
		10.5	134.0	312.0	138.0	255.1
	M07	1		24.0	49.0	29.5
		1.5		23.0	128.0	66.7
		2	11.0	89.0	150.0	101.6
		2.5	17.0	55.0	128.0	78.0
		3	11.0	126.0	110.0	116.1
		3.5	68.0	562.0	115.0	335.7
		4	431.0	48.0	111.0	118.9
		4.5	10.0	102.0	111.0	101.7
		5		122.0	156.0	139.3
Zona Control	ZC	5.5	3.0	128.0	141.0	121.2
		6	30.0	75.0	116.0	84.6
		77	20.0	31.0	73.0	36.7
		78	53.0	50.0	67.0	61.9
		80	22.0	41.0	66.0	53.8
Valores Promedio en el polvo urbano						
Área Contaminada		AC	357.7	339.6	1,702.5	1,209.7
Transecto Av. Argentina		A03	133.5	155.4	554.3	366.7
		A05	71.1	85.9	375.3	209.0
		A07	47.9	158.3	529.5	363.9
Transecto Av. La Marina		M03	543.0	205.3	227.4	205.2
		M05	44.5	156.3	124.8	137.9
		M07	72.6	123.1	119.5	117.6
Zona Control		ZC	31.7	40.7	68.7	50.8

Se puede apreciar que la zona contaminada presenta un valor promedio de plomo en el polvo urbano de 1200 ppm, con registros de hasta 6000 ppm. En el transecto de la Av. Argentina se reportó un valor medio de 315 ppm, mientras que en el transecto de la Av. La Marina el valor medio es de 154 ppm con picos de hasta 500 ppm y en la zona control es de 50 ppm.

En cuanto a los resultados en fracciones, en el área contaminada los valores de plomo en la fracción 3 son como media 5 veces los correspondientes a la fracción 1; lo cual ocurre de manera similar con los resultados del transecto de la Av. Argentina y en la zona control los valores de la fracción 3 en promedio fluctúan entre 0.5 y 3 veces el de la fracción 1.

5.3.3 Plomo en el suelo superficial y en profundidad

En la tabla 14 y en el mapa 07 se presenta los resultados de XRF en las muestras de suelo superficial en ppm organizados por sectores incluyendo el valor desagregado por fracciones; mientras que en la tabla 15 se presentan los resultados para las muestras en profundidad. Cabe indicar que no existe un criterio de calidad ambiental para el plomo presente en el polvo urbano.

Tabla 14

Concentración de plomo en las muestras de suelo superficial en ppm

Sector		Punto	Polvo en fracciones - ppm			Pb en muestra de Suelo - ppm
			F1	F2	F3	
ECA Suelos de uso Doméstico						140
ECA Suelos de uso Industrial						800
Área Contaminada	AC	16	29.3	41.0	85.0	50.3
		17	248.9	580.0	1,518.0	684.5
		18	337.8	614.0	1,561.0	836.0
		19	393.5	1,285.0	2,616.0	1,817.9
		20	131.6	233.0	1,212.0	555.0
		21	162.0	358.0	1,601.0	780.2
		22	269.8	368.0	675.0	422.2
		23	67.9	139.0	277.0	136.2
		24	465.4	524.0	725.0	622.9
		25	62.8	159.0	180.5	140.7
		61	25.8	96.0	100.0	81.3
		81	641.3	1,347.0	1,600.0	1,392.8
Transecto Av. Argentina	A03	26	83.6	174.0	367.0	174.2
		27	42.9	50.0	130.0	55.0
		29	72.6	191.0	258.0	184.9
		31	323.9	380.8	970.4	533.6
		32	31.3	60.0	187.0	66.2
		63	22.1	40.1	87.0	42.5
	A05	33	139.4	259.0	699.0	320.7
		34	156.4	158.0	460.0	257.8
		35	28.9	33.0	80.0	41.2
		36	86.6	53.0	214.0	97.6
		37	29.6	16.0	256.0	74.5
		38	57.4	119.0	266.0	133.0
	A07	39	64.8	91.5	361.0	126.7
		40	99.0	91.0	418.0	176.6
		41	133.5	214.5	354.8	234.4
		42	44.9	83.0	127.0	86.0
		43	101.2	117.0	131.6	124.0
		44	359.0	171.0	310.0	242.9
		45	15.9	16.0	113.0	37.4
	Transecto Av. La Marina	M03	12	22.1	40.4	74.2
13			768.4	218.0	111.0	185.6
14			178.5	134.0	207.0	159.9
15			88.3	91.5	267.0	145.2
46			131.0	117.2	234.8	138.1
49			219.4	58.0	95.0	86.5
M05		7	140.8	208.0	87.0	162.4
		8	19.1	62.8	77.6	52.9
		9	130.6	128.0	209.0	151.0
		10	47.5	66.0	89.0	70.0
		11	43.3	32.0	51.0	40.9
M07		1	74.3	74.0	96.4	85.6
		2	299.9	48.0	127.0	145.1
		3	40.5	34.0	101.6	55.5
	4	108.0	48.0	82.0	71.1	
	5	44.5	102.0	137.0	113.7	
	6	1,167.8	165.0	117.0	215.9	
Zona Control	ZC	77	19.4	52.0	68.0	46.6
		78	18.3	33.0	37.0	33.3
		79	25.5	17.8	48.0	25.1
		80	31.6	57.0	88.0	59.6
Valores Promedio						
	Área Contaminada	AC	233.0	478.7	948.5	626.7
Transecto – Av. Argentina		A03	102.0	195.2	444.9	176.1
		A05	84.2	106.3	329.2	154.1
		A07	118.9	165.1	250.7	146.9
Transecto – Av. La marina		M03	222.5	97.0	158.9	125.2
		M05	74.3	83.1	91.6	95.4
		M07	336.4	78.5	103.8	114.5
	Zona Control	ZC	23.8	28.9	54.1	41.2

Nota:

Los valores en negrita exceden el ECA para suelos de uso doméstico

Los valores en rojo exceden el ECA para suelos de uso industrial

Tabla 15

Concentración de plomo en las muestras de suelo en profundidad en ppm

Sectores	Punto	Polvo en fracciones - ppm			Pb en muestra de Polvo - ppm
		F1	F2	F3	
ECA Suelos de uso doméstico					140
ECA Suelos de uso industrial					8''
AC	25	18.1	18.0	22.0	19.0
	61	19.9	26.0	44.0	28.1
A05	35	91.9	125.0	203.0	141.5
	37	175.7	428.0	703.0	535.2
M05	9	102.1	102.0	153.0	120.4
	11	128.1	126.0	276.0	178.3
ZC	77	5.9	13.0	27.0	15.1

Nota:

Los valores en negrita exceden el ECA para suelos de uso doméstico

Los valores en rojo exceden el ECA para suelos de uso industrial



6 Interpretación de resultados

6.1 Evaluación de la distribución del plomo y la calidad ambiental

En la presente sección se evalúa los resultados de concentración de plomo en los suelos de los diferentes sectores de estudio contrastados con los ECA para suelos de uso residencial e industrial establecidos en el DS No 011-2017-MINAM. Dado que la fracción de los suelos que genera mayor exposición es la fina de forma referencial, los resultados de las diferentes fracciones también son comparados contra los mismos ECA. En el mapa 07 se presenta la distribución de valores de plomo en los suelos incluyendo su distribución para las diferentes fracciones diferenciando el Área Contaminada, los transectos de las avenidas, La Marina, Argentina y la zona de control.

En la tabla 16 se contrasta las medidas de tendencia de los resultados de concentración de plomo en los suelos de la zona contaminada comparados con las de valores históricos de plomo en el suelo de los años 2000 y 2021 (ver tabla 1); contrastados contra los ECA. Dado que los valores históricos no se han desarrollado exactamente en los mismos puntos evaluados en esta investigación, se realiza un contraste referencial.

Tabla 16
Concentración de plomo en los suelos del área Contaminada

PUNTO	Profundidad	Muestra de Suelo	Fracciones		
			F1	F2	F3
ECA para suelos de uso doméstico		140			
ECA para Suelos de uso industrial		800			
Estadística - Muestras superficiales - 2024					
Máximo		1,935.6	641.3	1,347.0	2,616.0
Promedio		742.1	219.5	443.2	936.3
Desviación Estándar		597.6	195.5	435.3	810.7
Mínimo		20.9	18.1	18.0	22.0
Datos Históricos Barrio Frigorífico - 2019					
Promedio		709.55	-	-	-
Máximo		1553.3	-	-	-
Datos Históricos San Juan Bosco y Ciudadela Chalacas - 2019					
Promedio		431.26	-	-	-
Máximo		804.1	-	-	-
Datos Históricos Barrio Frigorífico - 2019					
Promedio		703	-	-	-

Nota:

Los valores en negrita exceden el ECA para suelos de uso doméstico

Los valores em rojo exceden el ECA para suelos de uso industrial

Se puede apreciar que el promedio obtenido el 2024 es similar al obtenido en el año 2000 y el observado en el Barrio Frigorífico el año 2000; con lo cual se establece que, como tendencia general, los valores de plomo en el suelo no se han reducido de manera significativa. Ello tiene sentido considerando que: a) las acciones implementadas se han enfocado principalmente en el control de las fuentes y no en la remediación del sitio y b) el plomo no es biodegradable por lo que se espera que su tiempo de residencia en el ambiente sea de muy largo plazo tal como se ha descrito en la sección 2.4 donde se da cuenta de la presencia actual del plomo emitido por

actividades minera y metalúrgicas hace más de 1000 años por el imperio romano en Europa así como por poblaciones preincaicas en los andes peruanos (ver Hong et al.- 1994, Renberg et al. – 2001, Binder -2011 y Cooke et al. – 2008, 2009). Como contraste las dos muestras control tomadas en profundidad (ver tabla 15), no presentan excedencias contra los ECA residencial e industrial.

En la tabla 17 se presenta los valores promedio de plomo en las muestras de suelo, polvo sedimentable y polvo urbano de los diferentes sectores. contrastados contra los ECA residencial y polvo urbano. En el caso del polvo urbano y el polvo sedimentable la comparación con los ECA para suelos es utilizado de forma referencial dado que no existe un estándar aplicable y además porque permite contrastar cuales e las matrices y fracciones presentan niveles más elevados de plomo.

Tabla 17
Resultados promedio de Plomo por sectores

Sectores		Polvo en fracciones - ppm			Pb en muestra total - ppm
		F1	F2	F3	
ECA Suelos de uso Doméstico					140
ECA Suelos de uso Industrial					800
Valores Promedio de Muestras de suelos					
Área Contaminada	AC	233.0	478.7	948.5	626.7
Transecto – Av. Argentina	A03	102.0	195.2	444.9	176.1
	A05	84.2	106.3	329.2	154.1
	A07	118.9	165.1	250.7	146.9
Transecto – Av. La marina	M03	222.5	97.0	158.9	125.2
	M05	74.3	83.1	91.6	95.4
	M07	336.4	78.5	103.8	114.5
Zona Control	ZC	23.8	28.9	54.1	41.2
Valores Promedio de muestras de polvo urbano					
Área Contaminada	AC	357.7	339.6	1,702.5	1,209.7
Transecto – Av. Argentina	A03	133.5	155.4	554.3	366.7
	A05	71.1	85.9	375.3	209
	A07	47.9	158.3	529.5	363.9
Transecto – Av. La marina	M03	543.0	205.3	227.4	205.2
	M05	44.5	156.3	124.8	137.9
	M07	72.6	123.1	119.5	117.6
Zona Control	ZC	31.7	40.7	68.7	50.8
Valores Promedio de muestras de polvo sedimentable					
Área Contaminada	AC			4537.3	4537.3
Transecto – Av. Argentina	A03			1513.3	1513.3
	A05			916.5	916.5
	A07			1094.8	1094.8
Transecto – Av. La marina	M03			159.0	159.0
	M05			127.7	127.7
	M07			308.7	308.7
Zona Control	ZC			472.0	472.0

Nota:

Los valores en negrita exceden el ECA para suelos de uso doméstico (aplicado de forma referencial al polvo sedimentable y polvo urbano)

Los valores em rojo exceden el ECA para suelos de uso industrial (aplicado de forma referencial al polvo sedimentable y polvo urbano)

En los resultados se puede apreciar como tendencia general que el plomo presenta concentraciones más elevadas en la fracción 3, seguido por la fracción 2 y los valores más bajos en la fracción 1. Además, se aprecia que el plomo es más elevado en el polvo sedimentable, seguido del polvo urbano y finalmente en el suelo. Respecto a

distribución espacial, para las tres matrices y para las diferentes fracciones se aprecia la siguiente tendencia, valores más elevados en la zona contaminada seguido del transecto de la Av. Argentina y luego de la av. La Marina siendo menores los valores en la zona Control.

De la revisión de datos de las tablas 12, 13 y 14 para el contraste de datos de plomo en las muestras de polvo sedimentable, sedimentado y suelo superficial, se puede apreciar que, en el caso del área contaminada, se puede apreciar que el pico de plomo en el polvo sedimentable alcanza las 8153 ppm mientras que en el polvo urbano se encuentra en 6519 y en el suelo llega a 2616 ppm; que es un patrón equivalente al de los valores promedio. En el transecto de la Av. Argentina, en los sectores A03, A05 y A07 se aprecia el polvo sedimentable en los valores promedio y pico tiende a estar 1.5 a 2 veces sobre los valores reportados para polvo urbano y suelo en la fracción 3. Sin embargo, en el caso del transecto de la Av. La Marina no se aprecia dicha diferencia, a la vez que las concentraciones de plomo en las diferentes matrices son significativamente menores que en el transecto de la Av. Argentina.

6.2 Evaluación de similitud de las muestras

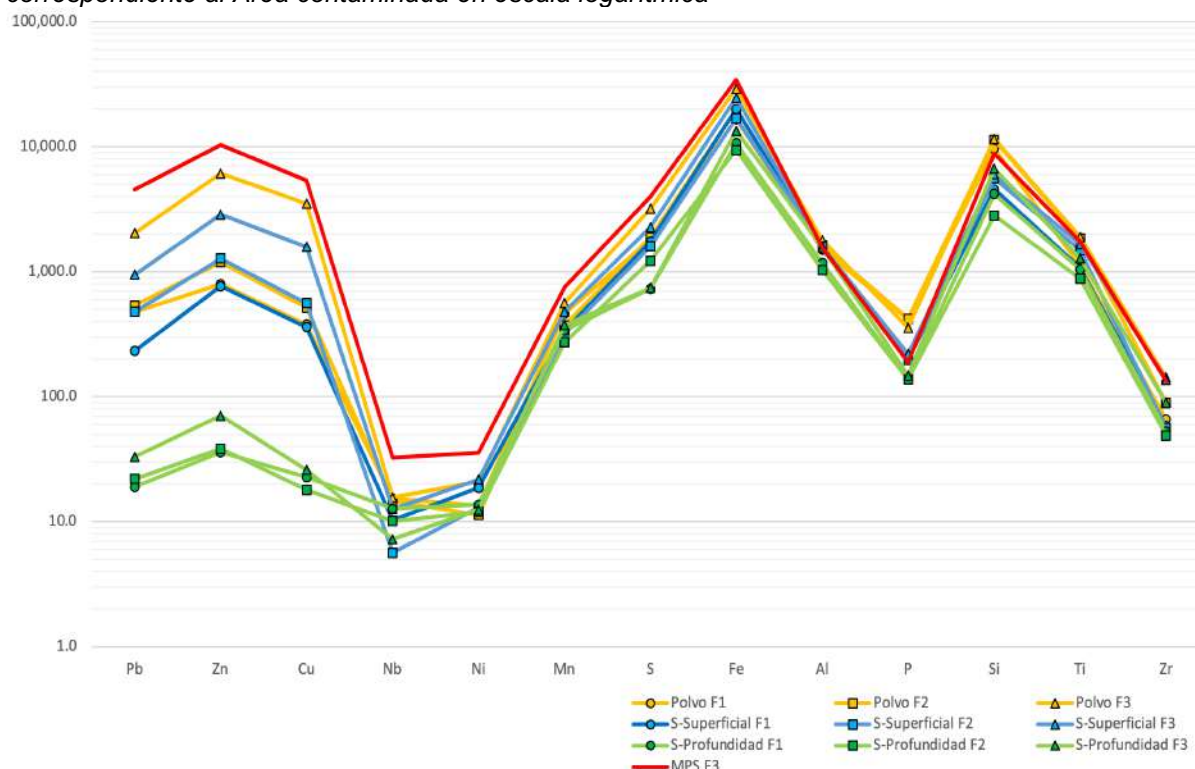
Adicionalmente al plomo se ha analizado por XRF las fracciones de las diferentes muestras otros 12 elementos: Zn, Cu, Nb, Ni, Mn, S, Fe, Al, P, Si, Ti, Zr. En esta sección se contrasta los valores promedio de plomo por cada una de las fracciones por cada uno de los sectores. Los resultados están estratificados por colores según el tipo de muestra y se utilizan figuras geométricas diferenciadas para los marcadores de cada fracción.

6.2.1 Evaluación multielemental del área contaminada

La figura 24 presenta los valores promedio de plomo por cada una de las fracciones de la zona contaminada.

Figura 23

Perfil multielemental de las muestras de polvo sedimentable, polvo urbano y suelos en fracciones correspondiente al Área contaminada en escala logarítmica



El perfil multielemental de la zona contaminada presenta valores promedio significativamente más elevados de Pb, Zn y Cu, Nb y Ni respecto de las muestras de suelos y polvo urbano. Sin embargo, en Fe, Al, P, Si, Ti y Zr se aprecia que presentan valores bastante similares; mientras que para para Mn y S, las muestras de polvo sedimentable presentan valores moderadamente superiores a las del resto. Además, se aprecia que para los elementos asociados a los concentrados de minerales: Zn y Cu existe un gradiente de concentración similar al descrito para el plomo en la sección 7.1; valor más elevado en el polvo sedimentable, seguido por la fracción 3 del polvo urbano y luego la fracción 3 del suelo. Sin embargo, en el suelo en profundidad no se aprecia dicha tendencia para ninguno de los tres elementos. En la proporción de los tres elementos (Pb, Zn y Cu) se aprecia que el Pb y Cu presentan valores similares mientras que el Zn reporta valores más elevados. Estas características constituyen la firma multielemental que es contrastada líneas adelante en los transectos de la Av. Argentina, Av. La Marina y la Zona Control.

6.2.2 Evaluación multielemental del transecto de la Av. Argentina

La figura 24 comprende un compósito de los tres sectores del transecto de la Av. Argentina donde se presenta los valores promedio de plomo por cada una de las fracciones de estos tres sectores.

En este se puede apreciar que la firma multielemental observada en el área contaminada también no se presenta con claridad en los tres sectores A03, A05 y A07, aun cuando en el sector A05 el suelo en profundidad presenta valores más

similares a los del suelo superficial, (ambos elevados para la fracción 3). En el sector A03 se presenta los valores más elevados de Pb, Zn y Cu en el polvo sedimentable respecto de los otros dos sectores mientras que en los sectores A05 y A07 los valores de polvo sedimentable en la fracción 3 se encuentran más próximos a los del suelo y reportan concentraciones similares. En los tres casos, el Pb, Cd y Zn reportan concentraciones significativamente mayores en el polvo sedimentable y luego en la fracción 3 del polvo urbano y/o del suelo superficial.

6.2.3 Evaluación multielemental del transecto de la Av. La Marina

La figura 25 comprende un compósito de los tres sectores del transecto de la Av. La Marina donde se presenta los valores promedio de plomo por cada una de las fracciones de estos tres sectores.

En este se puede apreciar que la firma multielemental observada en el área contaminada no se presenta con tanta claridad como en el transecto de la Av. Argentina. Por un lado, en las imágenes de los sectores M03 y M05 se aprecia un pico de Zinc bastante más marcado mientras que las concentraciones promedio de plomo y cobre son equivalentes principalmente a las encontradas en las fracciones 2 y 3 de los suelos. Tampoco se observa un descenso de la concentración de plomo con la distancia, aunque sí de zinc. En función de ello se establece que a diferencia de la Av. Argentina donde se aprecia una influencia significativa, en el caso de la Av. La Marina corresponden a una zona de mezcla entre el aporte de las partículas sedimentables provenientes del área contaminada y otras fuentes de polvo.

Considerando que la tasa de sedimentación de polvo en el área contaminada y la Av. Argentina y el sector M03 del transecto de La Marina fue de entre 80 g/m²/mes y 133 g/m²/mes; mientras que en los sectores M05 y M07 fueron de entre la mitad y la 4^a parte se entiende que la sedimentación de polvo tiene una menor incidencia en la calidad del polvo urbano y del contenido de finos en el suelo que respecto de lo que ocurre en la Av. La Marina.

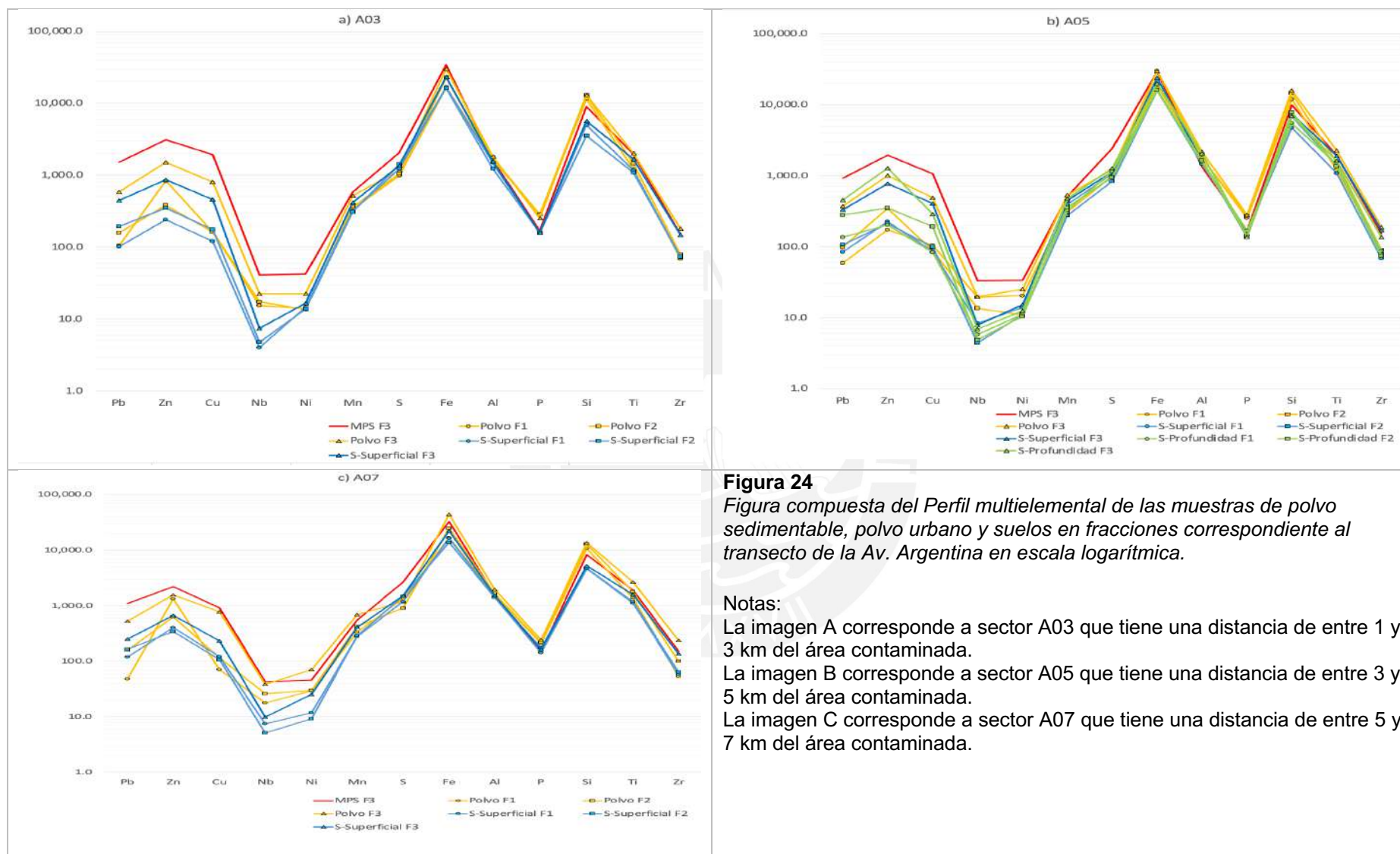


Figura 24

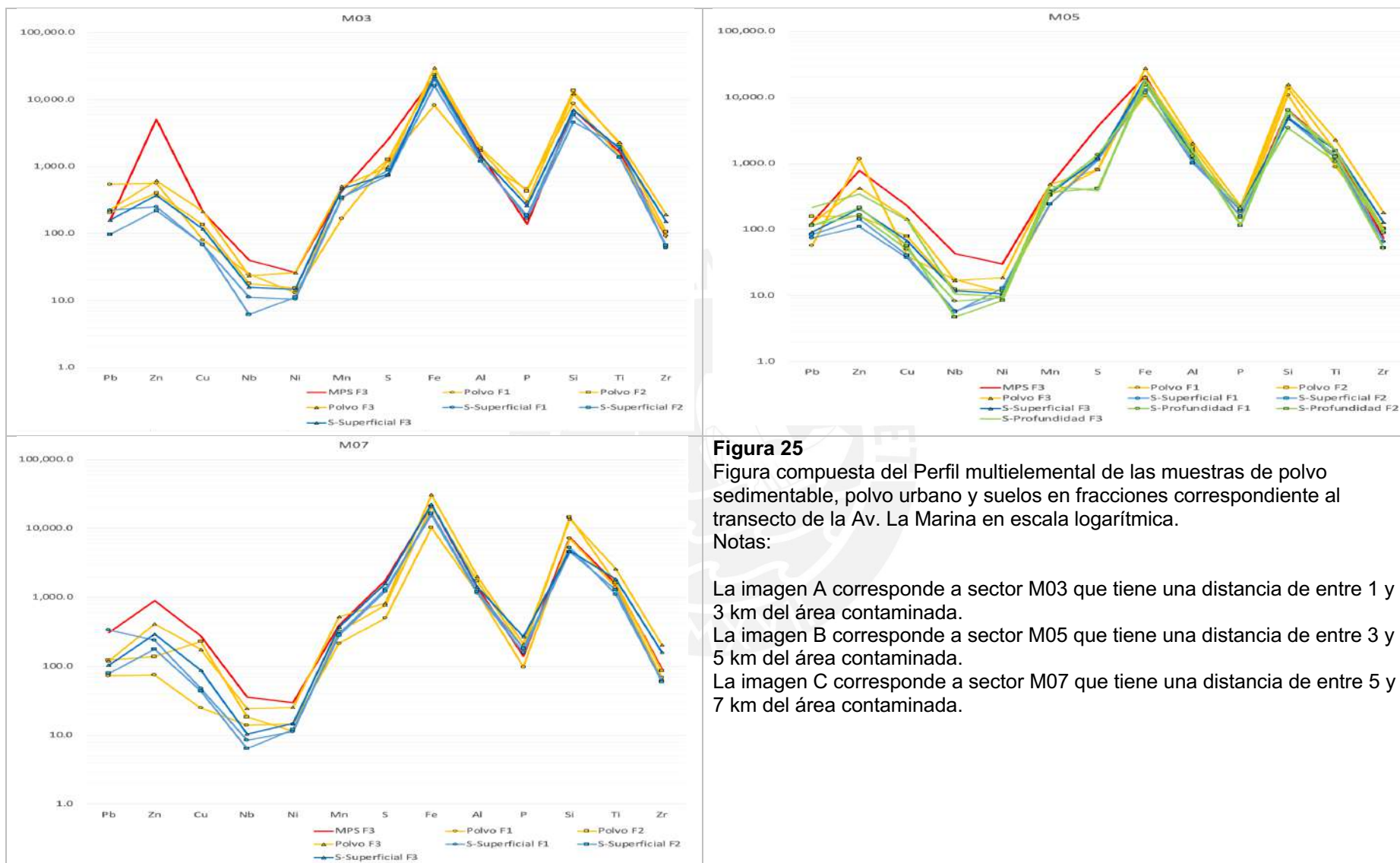
Figura compuesta del Perfil multielemental de las muestras de polvo sedimentable, polvo urbano y suelos en fracciones correspondiente al transecto de la Av. Argentina en escala logarítmica.

Notas:

La imagen A corresponde a sector A03 que tiene una distancia de entre 1 y 3 km del área contaminada.

La imagen B corresponde a sector A05 que tiene una distancia de entre 3 y 5 km del área contaminada.

La imagen C corresponde a sector A07 que tiene una distancia de entre 5 y 7 km del área contaminada.

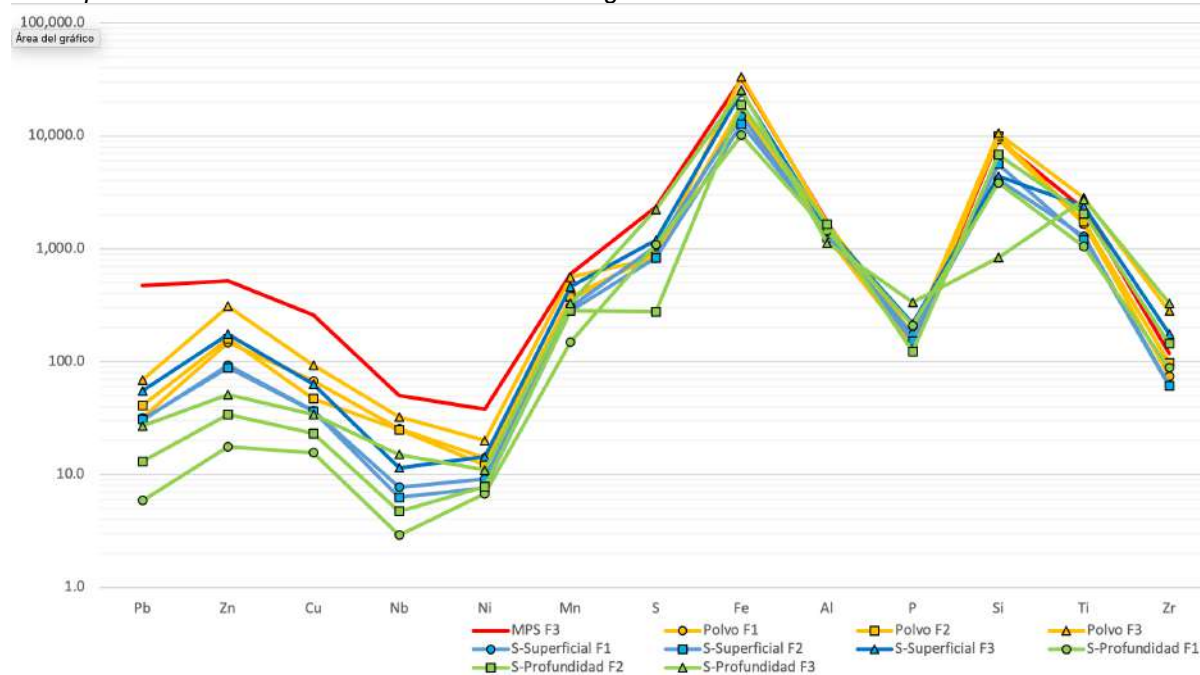


6.2.4 Evaluación multielemental de la zona control

La figura 23 presenta los valores promedio de plomo por cada una de las fracciones de la zona contaminada mientras que 26, los resultados para la Zona Control.

Figura 26:

Perfil multielemental de las muestras de polvo sedimentable, polvo urbano y suelos en fracciones correspondiente al Área contaminada en escala logarítmica



Lo primero que destaca en la revisión de este análisis multielemental es un resultado no esperado. Los valores de Pb, Zn y Cu en el polvo sedimentable son más elevados que en las fracciones finas de la fracción 3; seguidos de la fracción 3 del polvo urbano. Sin embargo, no se observa la proporción entre Pb, Zn y Cu encontrada en el Área Contaminada y en el transecto de la Av. Argentina, además del hecho de que los valores son significativamente menores. En el caso de las muestras de suelo superficial y en profundidad la diferencia de valores es menos significativa. En el caso del Mn y S que en las muestras del Área contaminada se apreciaban moderadamente elevados, en este caso, se observan dentro del patrón de resultados.

6.3 Actualización del modelo conceptual del sitio

Respecto a la conceptualización de la contaminación realizada por DIGESA – USAID el año 2000, el no haber construido un modelo conceptual del sitio durante las investigaciones del año 2000 (ver sección 3.1) ha limitado la capacidad de DIGESA en dicho momento, de:

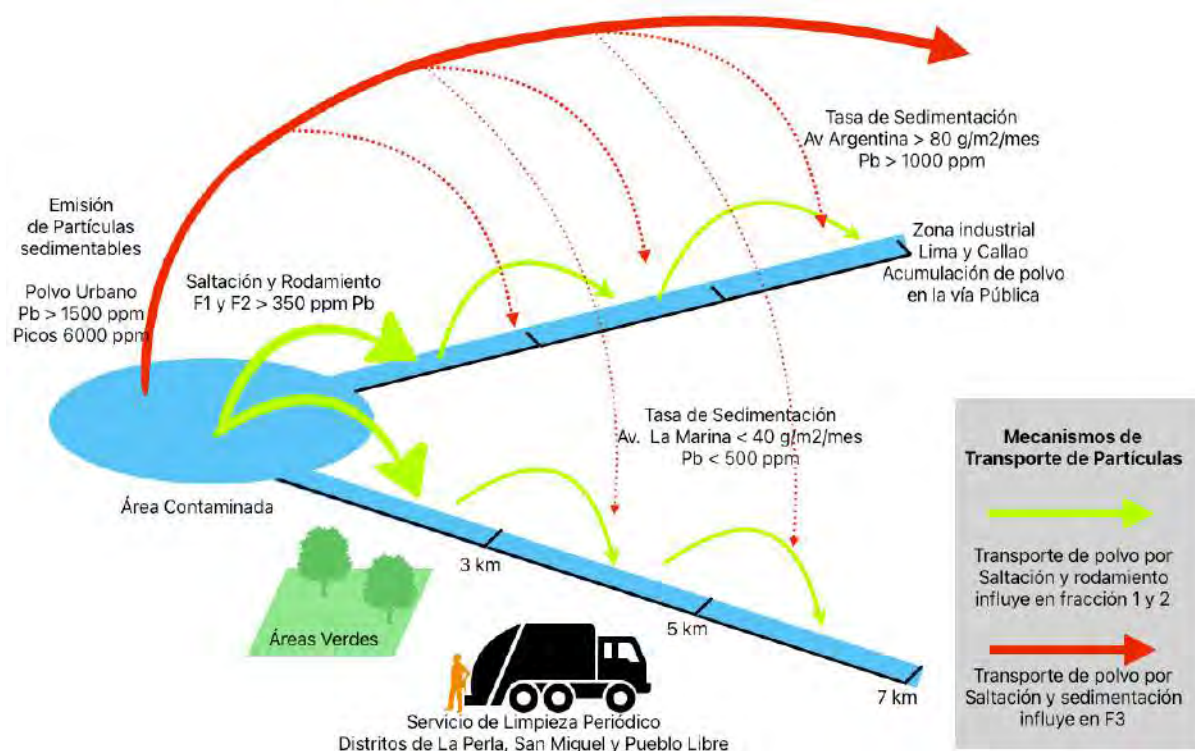
- valorar los resultados de forma integrada,
- interpretar adecuadamente los mecanismos de transporte del plomo en el entorno urbano,
- dimensionar adecuadamente la extensión de la afectación,

- explicar los resultados isotópicos del plomo que evidenciaron la presencia elevada de plomo de origen de minerales en el aire urbano y en la sangre de los niños
- Posteriormente la falta de dicho modelo contrasta con el hecho de seguir utilizando el mismo nivel de cohorte de $10 \mu\text{g/dL}$ en una ciudad donde hay registros históricos de niveles elevados fuera del área contaminada, que exceden los actuales niveles de cohorte recomendados por la OMS o el CDC-USA.

A partir de los resultados obtenidos en esta investigación se ha desarrollado un modelo conceptual de sitio que se encuentra representado en figura 27. Este incorpora mecanismos de transporte que son consistentes con los resultados observados en los datos del estudio de DIGESA - USAID (2000) para explicar la poca diferencia en las concentraciones de plomo entre Lima y Callao para a) el polvo acumulado el piso de las casas, b) las manos de los niños así como c) la similitud isotópica del plomo en la sangre de los niños de Lima con el plomo contenido en los minerales (ver sección 1.1.5, así como las figuras 8 y 9).

Figura 27

Modelo Conceptual de la movilización del plomo, mediante partículas sedimentables, proveniente del área contaminada de los almacenes de concentrados de minerales del Callao hacia el entorno urbano.



Desde el área contaminada se emite tanto partículas sedimentables (menores de 0.1 mm) y están reflejadas en la fracción 3; como partículas de mayor diámetro que se movilizan por saltación y rodamiento reflejadas en las fracciones 1 y 2. Las figuras 28

y 29 presentan las concentraciones medias de plomo para cada sector y matriz donde se puede apreciar en detalle que el gradiente de concentraciones es consistente en términos de la distancia del área contaminada, de un enriquecimiento en las partículas más finas y también se reduce en los suelos a profundidad.

Respecto al transporte de partículas sedimentables (menores de 0.1 mm); estas son emitidas con concentraciones que superan los 1500 ppm en la zona contaminada y picos de 6000 ppm. En la Av. Argentina se ha observado una mayor influencia con sedimentación de partículas con concentraciones que superan los 1000 ppm con tasas de sedimentación que superan los 80 g/m²/mes. En tanto en el sector de La Marina las partículas sedimentan en concentraciones de 100 ppm a 400 ppm a su vez que la tasa de sedimentación de 20 g/m²/mes a 40 g/m²/mes.

Respecto a las partículas de mayor diámetro (mayores de 0.1 mm) estas se movilizan por saltación y rodamiento. En el área contaminada los valores de plomo en el polvo urbano presentaron un promedio 350 ppm para las fracciones 1 y 2 que supera los 150 ppm observados como promedio en las fracciones 1 y 2 del polvo urbano de los sectores A03 y M03 que son los tramos colindantes de ambos transectos; mientras que en los sectores A05, A07, M05 y M07 el valor promedio es de aproximadamente 100 ppm de Pb; con lo cual se establece que la influencia de este mecanismo es mayor en los primeros 3 km de radio.

Se ha observado algunos factores que influyen de forma diferencial en la acumulación del plomo transportado desde el área contaminada hacia ambos transectos. La Av. Argentina se encuentra en una zona industrial con un mínimo de áreas verdes por lo que el polvo que sedimenta no tiene un suelo con el cual mezclarse y por lo tanto el polvo urbano va a ser más similar al sedimentado. En contraste, el transecto de la Av. La Marina, además del beneficio de mayores áreas verdes cuenta con un servicio de limpieza más eficiente, lo cual se puede apreciar de forma evidente en el estado de las vías. Ello permite que el plomo sedimentado sea removido periódicamente.

Estos resultados son consistentes con lo observado en La Oroya DIGESA (1999), DRP (2001), UNES (1999), CDC USA (2005) y Pebe et al. (2008), Hong et al. (1994), así como Renberg et al. (2001) respecto de que el plomo mediante partículas finas puede desplazarse a varios kilómetros de su fuente y generar impactos significativos al ambiente y a la salud. Es consistente con lo indicado por Cooke et al. (2008, 2009) Kristensen et al. (2017), Wu et al. (2017) respecto a los largos tiempos de residencia del plomo en el ambiente por lo que no ha sido suficiente con el encapsulamiento y el control de las fuentes. El proceso de cambio de uso industrial a residencial que se está observando en las inmediaciones de la av. Argentina merece particular atención en tanto ello tiene el potencial de incrementar la población expuesta a metales pesados.

Figura 28

Modelo Conceptual de la movilización del plomo, mediante partículas sedimentables, proveniente del área contaminada de los almacenes de concentrados de minerales del Callao hacia el entorno urbano – detalles del transecto de la Av. Argentina

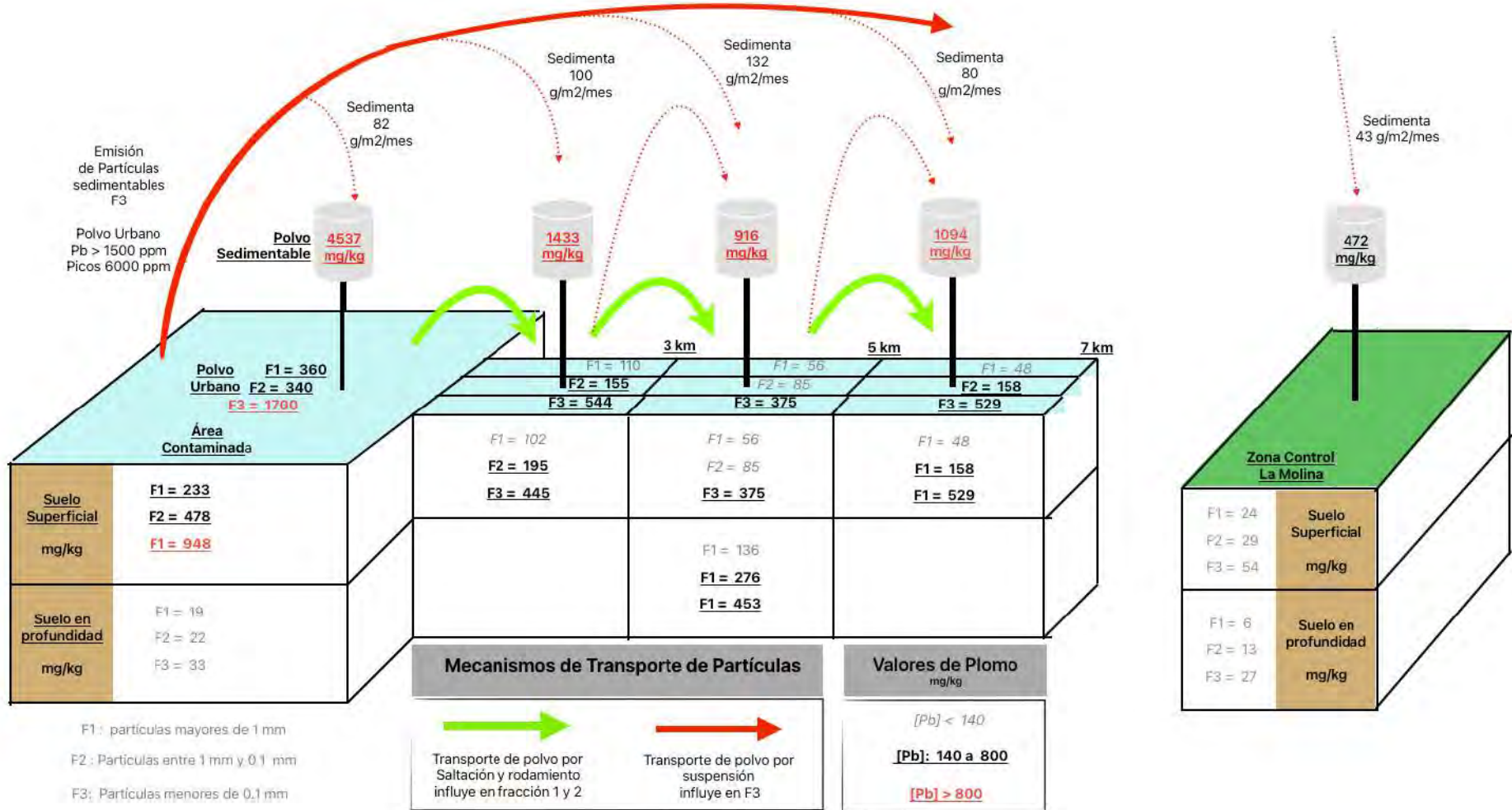
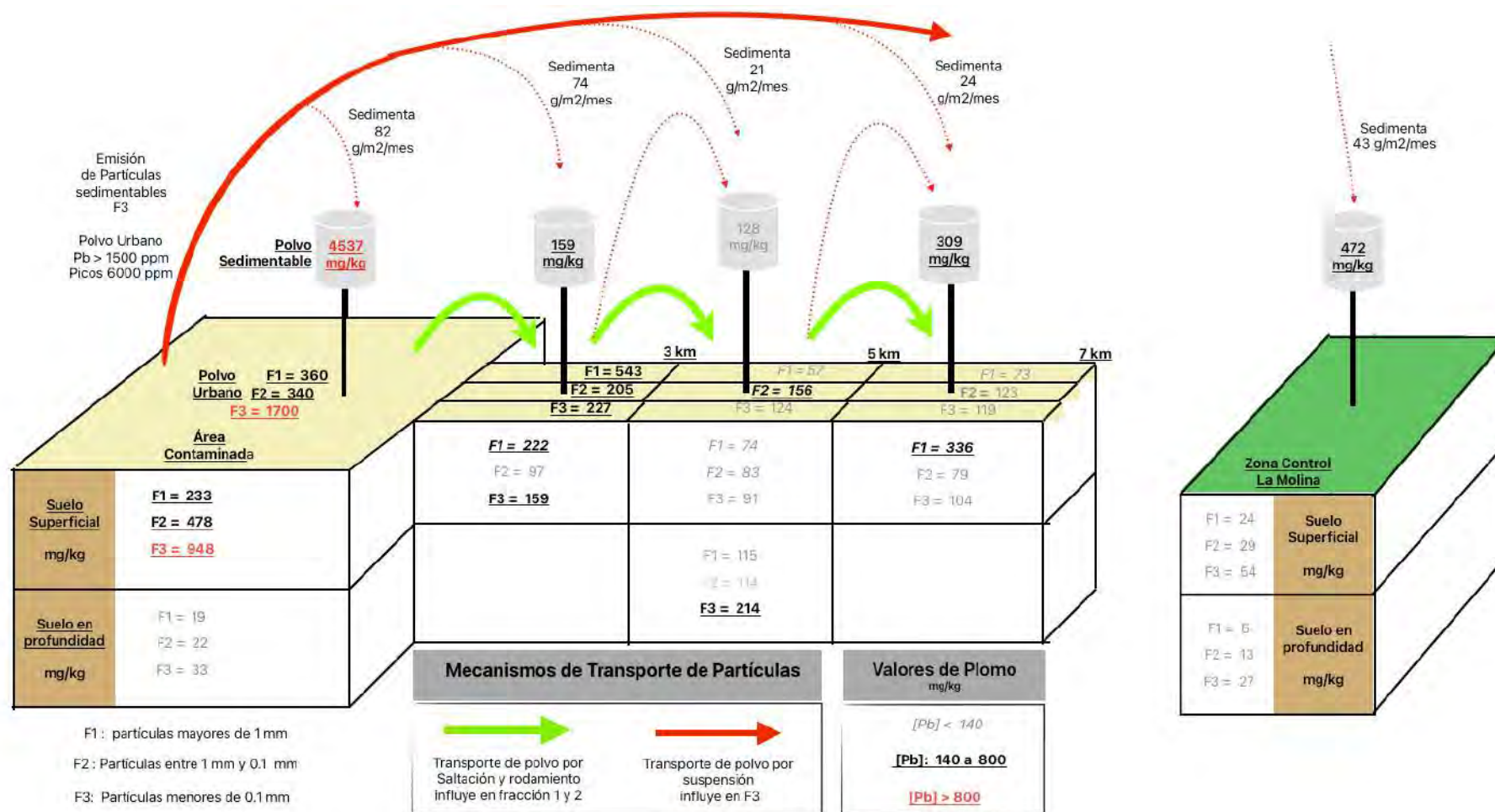


Figura 29

Modelo Conceptual de la movilización del plomo, mediante partículas sedimentables, proveniente del área contaminada de los almacenes de concentrados de minerales del Callao hacia el entorno urbano – detalles del transecto de la Av. Guardia Chalaca – La Marina



Los datos del estudio de DIGESA – USAID (2000) resumidos en la tabla 1 evidenciaban poca diferencia en las concentraciones de plomo entre Lima y Callao para las muestras suelos. Los valores de 783 ppm reportados en aquel momento como promedio del área contaminada no superaban el doble de las cuatro muestras tomadas en Lima (432 ppm). Un ratio similar se observaba en el polvo acumulado en el piso de los hogares $0.85 \mu\text{g}/\text{pie}^2$ en el Callao vs. $0.45 \mu\text{g}/\text{pie}^2$; mientras que la diferencia en el plomo reportado en las manos de los niños de Lima y Callao reportaban una diferencia mucho menor (0.53 g vs. 0.38 g). En este conjunto de datos el polvo acumulado en los hogares y adherido a las manos de los niños es clave porque suele corresponder a partículas menores de $0.07\mu\text{m}$. La presencia del plomo en concentraciones similares en las manos de los niños y la similitud isotópica del plomo en la sangre de los niños de Lima con los concentrados de minerales indica que es necesario encontrar una ruta de transporte del plomo desde el Callao hacia fuera del área que fue clasificada como contaminada por DIGESA. De acuerdo con los resultados de esta investigación representados en el modelo conceptual de movilización del plomo el mecanismo principal de transporte de plomo en la emisión de partículas menores de 0.1 mm y que sedimentan con concentraciones mayores de 1000 ppm en el transecto de la Av. Argentina y menores de 500 ppm en el transecto de la Av. La Marina.

Este mecanismo tiene la capacidad de transportar plomo a la vía pública como a los techos de las casas e ingresar como plomo urbano hacia el interior de las viviendas exponer a la población; lo cual puede explicar la similitud isotópica (ver figura 8). En el año 2000 con un nivel de cohorte internacional de $10 \mu\text{g}/\text{dL}$ para la población infantil, los resultados de plomo en sangre con un promedio de $6.7 \mu\text{g}/\text{dL}$ no hicieron ver como una prioridad estos niveles fuera del área que se declaró como contaminada. Al 2024 hay dos elementos que modifican esta valoración; el primero es que el nivel de cohorte ha sido reducido en a $3.5 \mu\text{g}/\text{dL}$ (ver CDC, 2021) y el segundo, que en la Av. Argentina se observa un cambio de uso de industrial a residencial que está representado por diversos conjuntos habitacionales y nuevas infraestructuras escolares; con lo cual se está incrementando de forma significativa la población expuesta.

7 Conclusiones y recomendaciones

7.1 Conclusiones

Respecto al área contaminada se concluye que:

- Los niveles elevados de plomo identificados por DIGESA - USAID en el 2000 en el suelo y el polvo del área contaminada son equivalentes a los valores reportados en el presente estudio
- Los valores de plomo identificados en las diferentes matrices ambientales establecen que sigue existiendo el riesgo de exposición a la salud poblacional al presentar suelos que exceden los ECAs residencial e industrial y encontrarse valores inclusive mayores en el polvo sedimentable

Respecto a los mecanismos de transporte analizados y el radio de influencia del transporte de plomo por los mecanismos de sedimentación y saltación y rodamiento se concluye que:

- La composición del polvo sedimentable en el transecto de la Av. Argentina de 7 km y en sector M03 (hasta los 3 km de distancia) es más semejante al polvo de la zona contaminada que a los suelos circundantes
- El plomo presenta niveles significativamente mayores en las fracciones finas del polvo urbano y del suelo superficial lo cual es consistente con el aporte de plomo hacia estas matrices mediante la sedimentación de partículas finas
- El plomo en el suelo representa un riesgo de exposición elevado en la Av. Argentina inclusive a distancias superiores a los 5 km mientras que en el transecto la Av. La Marina esta influencia es más relevante en los primeros 3 km
- El plomo se está movilizand mediante partículas sedimentables a varios km de distancia para partículas menores de 0.1 mm y en un radio menor, también por saltación y rodamiento para partículas en el rango de 1 mm a 0.1 mm.
- El criterio para definir un área afectada y los consecuentes riesgos a la salud no debe estar acotada solo a la calidad del aire y de los suelos, sino que debe incorporar el polvo acumulado en el entorno urbano y el sedimentable.

7.2 Recomendaciones

Este trabajo de investigación ha evidenciado la utilidad de incorporar la evaluación de partículas transportables por sedimentación, saltación y rodamiento en las evaluaciones de transporte de contaminantes por partículas. En este sentido es recomendable el uso de estas técnicas en otros casos de sitios contaminados por metales pesados asociados a la exposición de partículas.

Respecto al caso de la afectación por plomo emitido desde la zona circundante a los almacenes de concentrados de minerales es necesario que las autoridades reformulen la estrategia considerando a las partículas sedimentables como un mecanismo de transporte relevante e incorporen la evaluación de la acumulación de plomo en los hogares así como ampliar la red de seguimiento de los niveles de plomo en sangre; de forma prioritaria por lo menos considerando los 7 km evaluados en la Av. Argentina y sus alrededores.

Esta investigación ha estado enfocada en evaluar los mecanismos de transporte de partículas y no en definir la extensión del área afectada por lo que es recomendable que la autoridad reformule la estrategia para definir el área afectada y se pueda involucrar a los distritos de Lima Metropolitana aledaños para abordar estrategias que reduzcan la exposición poblacional y a la vez, que estas variables sean incorporadas en los planes de cambio de uso de los espacios de industrial a residencial que actualmente se aprecia en las inmediaciones de la Av. Argentina.

Un resultado inesperado de esta investigación que requiere una explicación es el de los elevados niveles de plomo en el polvo sedimentable reportado en la zona control. Se recomienda el desarrollo de futuras investigaciones para evaluar la tasa de sedimentación de partículas, trabajar con fracciones más finas de hasta 25 μm , evaluar el contenido de plomo en tramos más extensos y determinar la distribución de la tasa de sedimentación de plomo en la ciudad.

Siendo que el nivel de cohorte que se aplica en Estados Unidos ha bajado de 10 $\mu\text{g}/\text{dL}$ a 3.5 $\mu\text{g}/\text{dL}$ (ver CDC, 2021) queda claro que hay una mayor cantidad de población expuesta al plomo con efectos perjudiciales a su salud y desarrollo. Es por ello por lo que es necesaria una reinterpretación del caso que permita mejorar el entendimiento de las rutas de transporte del contaminante. Además, los procesos de expansión urbana que se están dando en la conversión de predios industriales hacia conjuntos multifamiliares en la zona industrial del Callao representa el riesgo de un incremento significativo de una población infantil expuesta.

8 Referencias bibliográficas

Ammann, A. (2007). Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP MS): a versatile tool. *Journal of Mass Spectrometry* , 419-427.

Acemoglu y Robinson (2012). Por qué fracasan los países. Los orígenes del poder, la prosperidad y la pobreza. Madrid: Deusto Ediciones, 2012, 608 pp. <https://doi.org/10.18800/economia.201301.007>

Anticona, C. (2011). Lead exposure among children from native communities of the Peruvian Amazon basin. *REv. Panam. Salud Pública* , 31, 296-302.

Anticona, C. (2012). Lead exposure in indigenoues communities of the Amazon basin, Peru. *Int. Hyg. Environ. Health* , 215, 59-63.

Arce, S., & Calderón, M. (2017). Suelos contaminados con plomo en la Ciudad de La Oroya- Junín y su impacto en las aguas del Río Mantaro. *Revista Del Instituto De investigación De La Facultad De Minas, Metalurgia Y Ciencias geográficas* , 48-55.

ASTDR. (2020). *Toxicological Profile of Lead*. Atlanta, Georgia, USA.

Astete, J. (2009) Intoxicación por plomo y otros problemas a la salud en niños de pobaciones aledañas a relaves mineros. *Rev. Peru. Med. Exp. Salud Pública* , 26, 15-19.

ASTM. (2004). D1739-98 (2004) "Standard Test Method for Collection and Measurement of Dustfall". Conshohocken, PA, USA: ASTM.

ASTM. (2008). E1589-95 (Reapproved 2008) "Standard Guide for Developing Conceptual Site Models for Contaminated Sites". West Conshohocken, PA, USA: ASTM.

ASTM. (2010). D5922-96 (Reapproved 2010) "Standard Guide for Analysis of Spatial Variation in Geoestatistical Site Investigations". West Conshohocken, PA, USA: ASTM.

ASTM. (2012). E1488-12 (Reapproved 2018) "An American National Standard Guide fo Statisitcal Procedures to Use in Developing an Applying Test Methods". West Conshohocken, PA, USA: ASTM.

ASTM. (2014). E1689-95 (Reapproved 2014). "Standard Guide for Developing Conceptual Site Models for Contaminated Sites". West Conshohocken, PA, USA.

ASTM. (2015a). D4700-15. "Standard Guide for Soil Sampling from the Vadose Zone". - . West Conshohocken, PA, USA.

ASTM. (2015b). D5088-15a "Standard Practice for Decontamination of Field Equipment Used at Waste Sites". West Conshohocken, PA, USA: ASTM.

ASTM. (2016). D1452-16 "Standard Practice for Soil Exploration and Sampling by Auger Borings". West Conshohocken, PA, USA: ASTM.

ASTM. (2017a). D2488-17 "Standard Practice for Description and Identification of Soils". West Conshohocken, PA, USA.

ASTM. (2017b). D6913/D6913M-17 "Standard Test Methods for Particle Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis". West Conshohocken, PA, USA: ASTM.

ASTM. (2018a). D4840-99 (Reapproved 2018) "Standard Guide for Sample Chain of Custody Procedures". West Conshohocken, PA, USA: ASTM.

ASTM. (2018b). D6966-18 "Standard Practice for Collection of Settled Dust Samples Using Wipe Sampling Methods for Subsequent Determination of Metals". West Conshohocken, PA, USA: ASTM.

ASTM. (2020). E1728M-20 "Standard Practice for Collection of Settled Dust Samples Using Wipe Sampling Methods for Subsequent Lead Determination". West Conshohocken, PA, USA: ASTM.

Bindler, R. (2011). Contaminated lead environments of man: reviewing the lead isotopic evidence in sediments, peat, and soils for the temporal and spatial patterns of atmospheric lead pollution in Sweden. *Environmental Geochemistry and Health*, 311-329.

Bravo, J. J. (1926). Informe sobre los humos de La Oroya. *Boletín del Cuerpo de Ingenieros de Minas del Perú*.

Bullard, R., Mohai, P., Saha, R., & Wright, B. (2007). Toxic Wastes and Race at Twenty 1987-2007. A Report Prepared for the United Church of Christ Justice & Witness Ministries. Cleveland: United Church of Christ. P16-19.

Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (01 de 05 de 1992). Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Obtenido de Centers for Disease Control and Prevention (CDC): <https://wonder.cdc.gov/wonder/prevguid/p0000015/p0000015.asp>

Centers for Disease Control and Prevention. (2005). Desarrollo de un Plan de Intervención Integral para Reducir la Exposición al Plomo y otros Contaminantes en el Centro Minero de La Oroya, Perú. Atlanta.

Centers for Disease Control and Prevention. (2021). Update of the Blood Lead Reference Value — United States, 2021.

CENTROMIN Perú S.A. (2001). Estudio de impacto ambiental de las operaciones de los depósitos de concentrados de minerales del puerto del Callao. Lima.

Chavis, B. F., & Lee, C. (1987). Toxic Wastes and Race in the United States: A National Report on the Racial and Socio-Economic Characteristics of Communities with Hazardous Waste Sites. New York: United Church of Christ.

Chepil, W. (1941). Relation of wind erosion to the dry aggregate structure of the soil. *Science of Agriculture* , 488-507.

Chepil, W. (1945). Dynamics of wind erosion: I. Nature of movement of soil by wind. *Soil Science* , 305-320.

Chepil, W. (1950). Properties of soil which influence wind erosion: II. Dry aggregate structure as an index of erodibility. *Soil Science* , 403-14.

Chepil, W., Woodruff, N., & Siddoway, F. (1961). How to control soil blowing. Washington D.C.: U.S. Department of Agriculture.

Chui B., H., Miramira T., B., Olivera L., P., & Jacay H., J. (2009). DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN SEDIMENTOS DEL RÍO CHILLÓN MEDIANTE LA TÉCNICA DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química* .

CIDH. (2020). Informe No. 330/20. Caso 12.718. Fondo. Comunidad de la Oroya. Perú..

CIDH. (30 de septiembre de 2021). Organización de los Estados Americanos. Obtenido de Organización de los Estados Americanos: https://www.oas.org/es/cidh/decisiones/corte/2021/pe_12.718_es.pdf

Cooke, C. A., Abbott, M. B., & Wolfe, A. P. (2008). Late-Holocene atmospheric lead deposition in the Peruvian and Bolivian Andes. *The Holocene* , 353-359.

Cooke, C. A., Wolfe, A. P., & Hobbs, W. O. (2009). Lake-sediment geochemistry reveals 1400 years of evolving extractive metallurgy at Cerro de Pasco, Peruvian Andes. *Geology* , 1019-1022.

Díaz Zamora, R. (2017). Instituto Nacional de Salud . Obtenido de Instituto Nacional de Salud : <https://boletin.ins.gob.pe/ventajas-y-desventajas-del-analisis-por-icp-ms-de-metales-pesados-en-muestras-biologicas/>

DIGESA - USAID. (2000). Estudio para Determinar las Fuentes de Exposición al Plomo en la Provincia Constitucional del Callao - Perú. P78.

DIGESA. (1999). Estudio de plomo en sangre en una población seleccionada de La Oroya. Lima: MINSA. P75.

DIGESA. (2007). Guía Práctica Clínica para el Manejo de Pacientes con Intoxicación por Plomo. Guía, Ministerio de Salud.

DIRESA-Callao. (2020). Plan Multianual para la Vigilancia, Prevención y Control de la Exposición por Metales Pesados Región Callao, 2020-2022. Plan, Gobierno Regional del Callao, Dirección Ejecutiva de Salud de las Personas (DESP) de la Dirección Regional del Callao (DIRESA-Callao), Callao.

Doe Run Perú. (2001). Estudio de Niveles de Plomo en la Sangre de la Población en La Oroya 2000-2001. Lima.

Espinoza, R. e. (2003). Determinants of blood-lead levels in children in Callaon and Lima metropolitan area. *Salud Pública de Mexico* , 45 (sup.2 - 2003), 209-219.

Fashola MO, M., VM, N.-J., & OO, B. (2016). Heavy Metal Pollution from Gold Mines: Environmental Effects and Bacterial Stategies for Resistance. *International Journal of Environmental Research and Public Health* , 13, 1047.

Fukushima, S., & Zhang, D. (2015). Comparison in size and elemental composition of dust particles deposited to the surface and suspended in the air on the southwest Japan coast. *Atmospheric Environment* , 157-163.

Fullen, M., & Mitchell, D. (1991). Taming the Shamo dragon. *Geographical Magazine* , 26-29.

García, R., & Báez, A. (2011). Atomic Absorption Spectrometry (AAS). En M. Akhyar, *Atomic Absorption Spectroscopy*. Rijeka, Croacia: InTech.

Gillette, D., & Walker, T. (1977). Characteristics of airborne particles produced by wind erosion of sandy soil, high plains of west Texas. *Soil Science* , 97-110.

Goldenwijk, K., & KeesFink Jensen, J. (14 de Diciembre de 2015). Lead Production Versión 1.0. Recuperado el 15 de Diciembre de 2022, de International Institute of Social History (IISH) - Data Collection: <https://datasets.iisg.amsterdam/dataset.xhtml?persistentId=hdl:10622/LKWIXZ>

Google Earth. (2023). Imagen Satelital.

Goulet, L., Gaudreau, J., & Messier, A. (1996). Results of a lead decontamination program. *Archives of Environmental Health: An International Journal* , 68-72.

Guerrero Leiva, M. K. (2009). The impact of the lead contamination in children of Callao - Peru. Lima: Fundación Cayetano Heredia.

Han, W.-Y., Zhao, F.-J., Shi, Y.-Z., Ma, L.-F., & Ruan, J.-Y. (2006). Scale and causes of lead contamination in Chinese tea. *Environmental Pollution* , 125-132.

Hernández-Avila, M., Espinoza Laín, R., & Carbajal, L. (1999). Estudio de Plomo en Sangre en Población seleccionada de Lima y el Callao (Junio 1998-Marzo 1999). Activity Report, US Agency for International Development (USAID), Environmental Health Project - Bureau for Global Programs, Field Support and Reseachl Office of Health and Nutrition, Washington DC, 20523.

Hilts, S., Hertzman, C., & Marion, S. (1995). A controlled trial of the effect of HEPA vacuuming on childhood lead exposure. *Canadian Journal of Public Health* , 345-350.

Hong, S., Candelone, J.-P., Patterson, C. C., & Boutron, C. F. (1994). Greenland Ice Evidence of Hemispheric Lead Pollution Two Millennia Ago by Greek and Roman Civilizations. *Science* , 1841-1843.

Jan et al. (2015). Heavy metals and human health: Mechanistic insight into toxicity and counter defense system of antioxidants. *International Journal of Molecular Science* , 16, 29592-29630.

Kaneshiro Olympio, K. P., Gaudência Gonçalves, C., Junqueira Salles, F., Sacone da Silva Ferreira, A. P., Silva Soares, A., Rabelo Buzalaf, M. A., y otros. (2017). What are the blood lead levels of children living in Latin America and the Caribbean? *Environment International* , 46-58.

Karaca, F., Anil, I., & Alagha, O. (2009). Long-range potential source contributions of episodic aerosol events to PM10 profile of a megacity. *Atmospheric Environment* , 5713-5722.

Kresic, N., & Mikszewski, A. (2012). *Hidrogeological Conceptual Models - Data Analysis and Visualization (Vol. 1)*. Boca Raton, Florida, USA: CRC Press.

Kristensen, L. J., Taylor, M. P., & Flegal, A. R. (2017). An odyssey of environmental pollution: The rise, fall and remobilisation of industrial lead in Australia. *Applied Geochemistry* , 3-13.

Kwata, M. G. (2014). *Comparision of Methods for Measurement of Dust Deposition in South African Mining Sectors*. Tesis de maestría, University of Pretoria, Faculty of Engineering, Built Environment and Information Technology, Pretoria.

LaFraniere, S. (15 de junio de 2011). *The New York Times*. Obtenido de *The New York Times*: <https://www.nytimes.com/2011/06/15/world/asia/15lead.html>

Laidlaw, M. A., Mohmmad, S. M., Gulson, B. L., Taylor, M. P., Kristensen , L. J., & Birch, G. (2017). Estimates of potential childhood lead exposure from contaminated soil using the US EPA IEUBK Model in Sydney, Australia. *Environmental Research* , 781-790.

Lead Exposure and Prevention Advisory Committee (LEPAC). (2021). Meeting Held: May 14, 2021.

Li, P., Lin, C., Cheng, H., Duan, X., & Lei, K. (2015). Contamination and health risks of soil heavy metals around a lead/zinc smelter in southwestern China. *Ecotoxicology and Environmental Safety* , 391-399.

Lyles, L. (1988). 4. Basic wind erosion processes. *Agriculture, Ecosystems & Environment* , 91-101.

Margui, E., González-Fernández, O., Hidalgo, M., Pardini, G., & Queralt, I. (2011). Aplicación de la técnica de espectrometría de fluorescencia de rayos-X en el estudio de la dispersión de metales en áreas mineras. *Boletín Geológico y Minero* , 273-286.

MINAM. (2014). *Guía para el Muestreo de Suelos en el Marco del Decreto Supremo No 002-2013-MINAM, Estándaresde Calidad Ambiental (ECA) para Suelo*. Ministerio del Ambiente, Dirección General de Calidad Ambiental - Vice Ministerio de Gestión Ambiental. Lima: -.

MINAM. (2014). Guía para la Elaboración de Planes de Descontaminación de Suelos. Ministerio del Ambiente, Dirección General de Calidad Ambiental - Viceministerio de Gestión Ambiental. Lima: --.

MINAM. (2015). Guía para la Elaboración de Estudios de Evaluación de Riesgos a la Salud y el Ambiente (ERSA) en Sitios Contaminados. Ministerio del Ambiente, Dirección de Calidad Ambiental - Vice Ministerio de Gestión Ambiental. Lima: --.

National Toxicology Program (NTP). (2012). NTP Monograph on Health Effects of Low-Level Lead. Monograph, National Toxicology Program , U.S. Department of Health and Human Services - National Institute of Health.

Needleman, H. (2004). Lead Poisoning. Annual Review of Medicine , 209-222.

New York Times. (15 de junio de 2011). Lead Poisoning in China: The hidden Scrouge.

NTEPA. (2013). Guidelines on Conceptual Site Models. Guideline, Northern Territory Environmental Protection Authority.

Observatorio Minero Energético (OME). (31 de diciembre de 2021). Perú en el Ranking Mundial de Producción Minera. Recuperado el 15 de diciembre de 2022, de Observatorio Minero Energético: <https://observatorio.osinergmin.gob.pe/peru-ranking-mundial>

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2021). WHO Guideline for Clinical Management of Exposure to Lead. OMS, Geneva.

Organización Mundial de la Salud (OMS). (31 de agosto de 2022). Intoxicación por Plomo y Salud. Recuperado el 15 de diciembre de 2022, de who: <https://who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>

Pebe, G. (2008). Niveles de Plomo Sanguíneo en Recién Nacidos de La Oroya, 2004-2005. REv. Med. Exp. Salud Pública , 25, 355-360.

Pulido, L. (2000). Rethinking Environmental Racism: White Privilege and Urban Development in Southern California. Annals of the Association of American Geographers , 12-40.

Pure Earth (antes Blacksmith Institute). (2007). Obtenido de Top 10 Most Polluted Places 2007: http://www.worstpolluted.org/projects_reports/display/41

Ramos, W., Munive, L., Alfaro, M., Calderón, M., Gonzáles, I., & Núñez, Y. (2009). Intoxicación plúmbica crónica: una revisión de la problemática ambiental en el Perú. Revista Peruana de Epidemiología , 1-8.

Renberg, I., Bindler, R., & Brännvall, M.-L. (2001). Using the historical atmospheric lead-deposition record as a chronological marker in sediment deposits in Europe. The Holocene , 511-516.

Seinfeld, J. H., & Pandis, S. N. (2016). Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change. New Jersey: John Wiley & Sons Inc.

Shao, Y. (2008). *Physics and Modelling of Wind Erosion*. Springer.

Skoog, D. A., Holler, F., & Crouch, S. (2008). *Principios de análisis instrumentales*. México D.F.: Cengage Learning.

Specht, A. J., Lin, Y., Xu, J., Weisskopf, M., & Nie, L. H. (2018). Bone lead levels in an environmentally exposed elderly population in shanghai, China. *Science of the Total Environment* , 96-98.

Tácuñan Bonifacio, S. (2012). Contaminación ambiental en el valle del Mantaro. Informe médico (La Oroya, 1926). *Investigaciones Sociales* , 75-88.

UNES. (1999). *Evaluación de Niveles de Plomo y Factores de Exposición en Gestantes y Niños Menores de 3 años de la ciudad de La Oroya*. Lima: Consorcio UNES.

US - EPA. (July de 2011). *Environmental Cleanup Best Management Practices: Effective Use of the Project Life Cycle Conceptual Site Model* .

US-EPA. (1995). *Superfund Program Representative Sampling Guidance - OSWARE Directive 9360.4.10*. United States - Environmental Protection Agency.

Vega Centeno, P. (2007). *El ocaso de un modelo de ciudad minera: Una mirada a Cerro de Pasco y La Oroya*. Cuadernos de Arquitectura y Ciudad - Edición.Digital_002 .

Vega-Dienstmaier, J. M., Salinas-Piélago, J. E., Gutiérrez-Campos, M., Mandamiento-Ayquiapa, R. D., Yara-Hokama, M., Ponce-Canchihuamán, J., y otros. (2006). Lead levels and cognitive abilities in Peruvian children. *Revista Brasileira de Psiquiatria* , 33-39.

von Lindern, I., Spalinger, S., Bero, B., Petrosyan, V., & von Braun, M. (2003). The influence of soil remediation on lead in house dust. *The Science of the Total Environment* , 59-78.

Wu, L., Taylor , M. P., & Handley, H. K. (2017). Remobilisation of industrial lead depositions in ash during Australian wildfires. *Science of The Total Environment* , 1233-1240.

Zimmer, A. (2010). *URBAN POLITICAL ECOLOGY: Theoretical concepts, challenges, and suggested future directions*. *Erdkunde* , 343-354.

Anexos



Anexo 01 – Técnicas de muestreo



Los tipos de muestreo a realizar son los siguientes:

2.1 Muestra de suelo – Puntos superficiales (Su):

- se colectará 1 kg de muestra de suelos superficiales en las bermas centrales o áreas aledañas a las aceras que puedan estar o no cubiertas por áreas verdes.
- Con una pequeña cuchara de muestreo se realizará una excavación de hasta 4 pulgadas de diámetro y hasta 30 cm para la muestra y luego se restaurará las excavaciones
- En los sectores donde exista cobertura vegetal, se separará el horizonte orgánico para poder realizar la restauración
- Representan los suelos de cada zona
- La toma de una muestra debe tomar un máximo de 15 minutos

2.2 Sondajes a 1 m de profundidad (Sp):

- excavaciones realizadas con un barreno manual para alcanzar una profundidad de 1 m
- Sirve para tomar muestras de suelos no afectados por el polvo superficial.
- se colectará 1 kg de muestra de suelos a 1 m de profundidad en las bermas centrales o áreas aledañas a las aceras que puedan estar o no cubiertas por áreas verdes.
- Luego de tomada la muestra, se restaurará la excavación
- En los sectores donde exista cobertura vegetal, se separará el horizonte orgánico para poder realizar la restauración
- En las fotos 1 a 3 se presenta una imagen de la toma de muestras con barreno.
- En la apertura de uno de estos puntos, la colecta de la muestra y cierre, se toma un máximo de una hora

Fotos 1, 2 y 3: se aprecia el uso del barreno manual, una muestra recuperada y el hueco de 4 pulgadas que deja el cual es fácilmente restaurado.



2.3 Muestreadores de partículas sedimentables (MPS)

- Son baldes elevados a una altura aproximada de 1.5 m que cuentan con un cono deflector.
- Capturan el polvo de la calle que va a precipitar en un periodo de un mes.
- Se instalan clavando un palo de madera en una profundidad de 40 cm y sobre este se acopla un balde que va enroscado para alcanzar la altura d 1.5 m
- Alternativamente, en los sectores donde sea factible, este puede ser amarrado hacia una reja
- A modo de ejemplo se presenta las fotos 03 y 04 que muestran este tipo de muestreadores instalados hace un par de años en un centro poblado en la región Junín
- La instalación de un punto demora 20 minutos y queda instalado por 30 días para la posterior colecta del polvo acumulado

Fotos 03 y 04: Muestreadores MPS instalados el 2020 en la región Junín



2.4 Muestra de Polvo urbano en el suelo:

- se recoge una muestra de una superficie de 30 cm x 30 cm
- No requiere la instalación de infraestructura
- La colecta de polvo se realizará en las aceras y/o zonas laterales
- La toma de muestra demora unos 15 minutos por punto

Debido a que el objetivo es separar la muestra en sus diferentes fracciones no se puede realizar la digestión acida de la muestra total; por lo que se ha reemplazado el uso de paños húmedos recomendado en los estándares ASTM E1728-16 y ASTM D6966-18 para la colecta de polvo urbano, por la utilización de brochas para la colecta de las muestras y así poder posteriormente separar las partículas según su diámetro.



7. Para la recolección de polvo urbano se necesita un marco de cartulina con dimensiones internas de 31cmx31cm, cinta adhesiva, guantes de nitrilo sin talco,



8. El primer paso es colocar el marco de cartulina en el piso y fijarlo con cinta adhesiva. Previamente, el marco fue marcado internamente para que, al

recogedores de papel, brochas, bolsas con cierre hermético y marcador permanente.

momento de colocar la cinta, las dimensiones finales fueran de 30cmx30cm.



9. Utilizando guantes de nitrilo, sin talco y una brocha, se empieza a juntar todo el polvo dentro del recuadro delimitado hacia uno de los lados.



10. Posterior a ello, se coloca el recogedor de papel dentro del marco y se sujeta con cinta adhesiva para que no se pierda muestra entre los bordes del recogedor de papel. Luego, se traslada toda la muestra recolectada en el paso anterior dentro del recogedor de papel.



11. La muestra dentro del recogedor de papel se traslada a una bolsa con cierre hermético previamente codificada con el código P## más el número de punto de muestreo y se guarda la muestra.

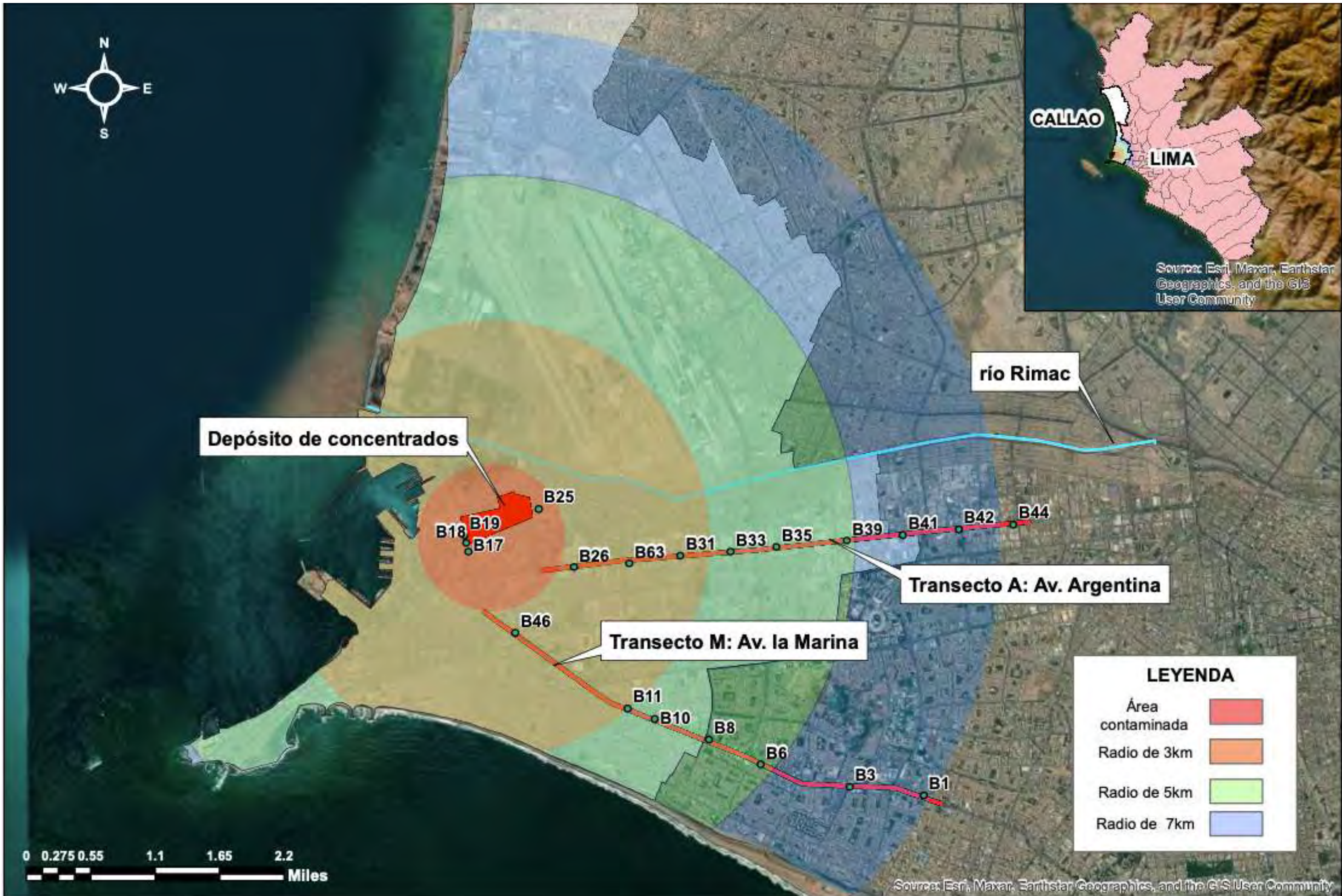


12. Para el caso de la toma de duplicados, el proceso ha variado ligeramente de acuerdo con las personas disponibles en cada brigada. Se ha optado por tomar la muestra una después de otra en caso la brigada sea de 2 personas y en caso de 3 personas, se han podido tomar las muestras simultáneamente tal como se muestra en la imagen.

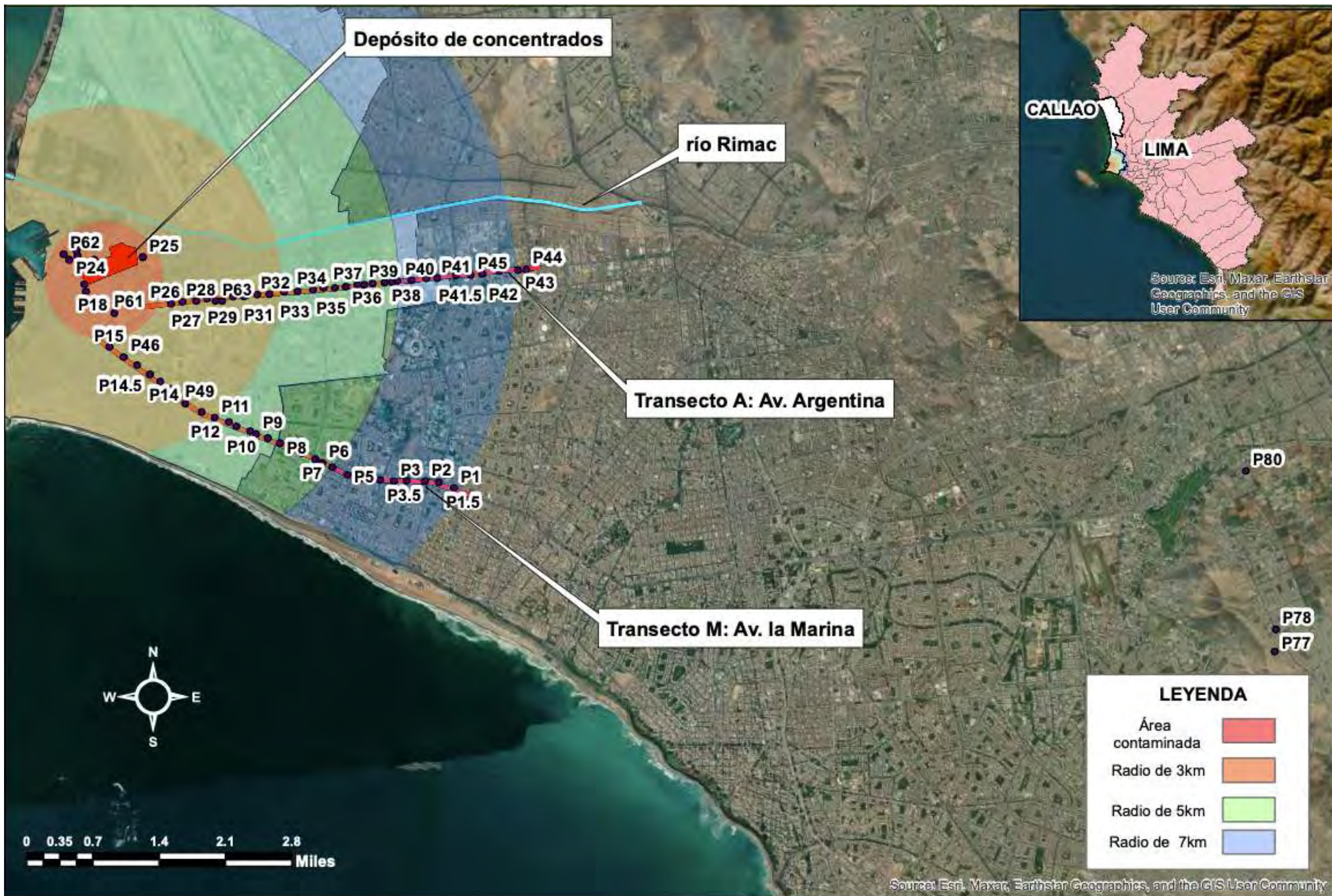
Anexo 02 - Mapas

Anexo 02: Ubicación de los puntos de muestreo

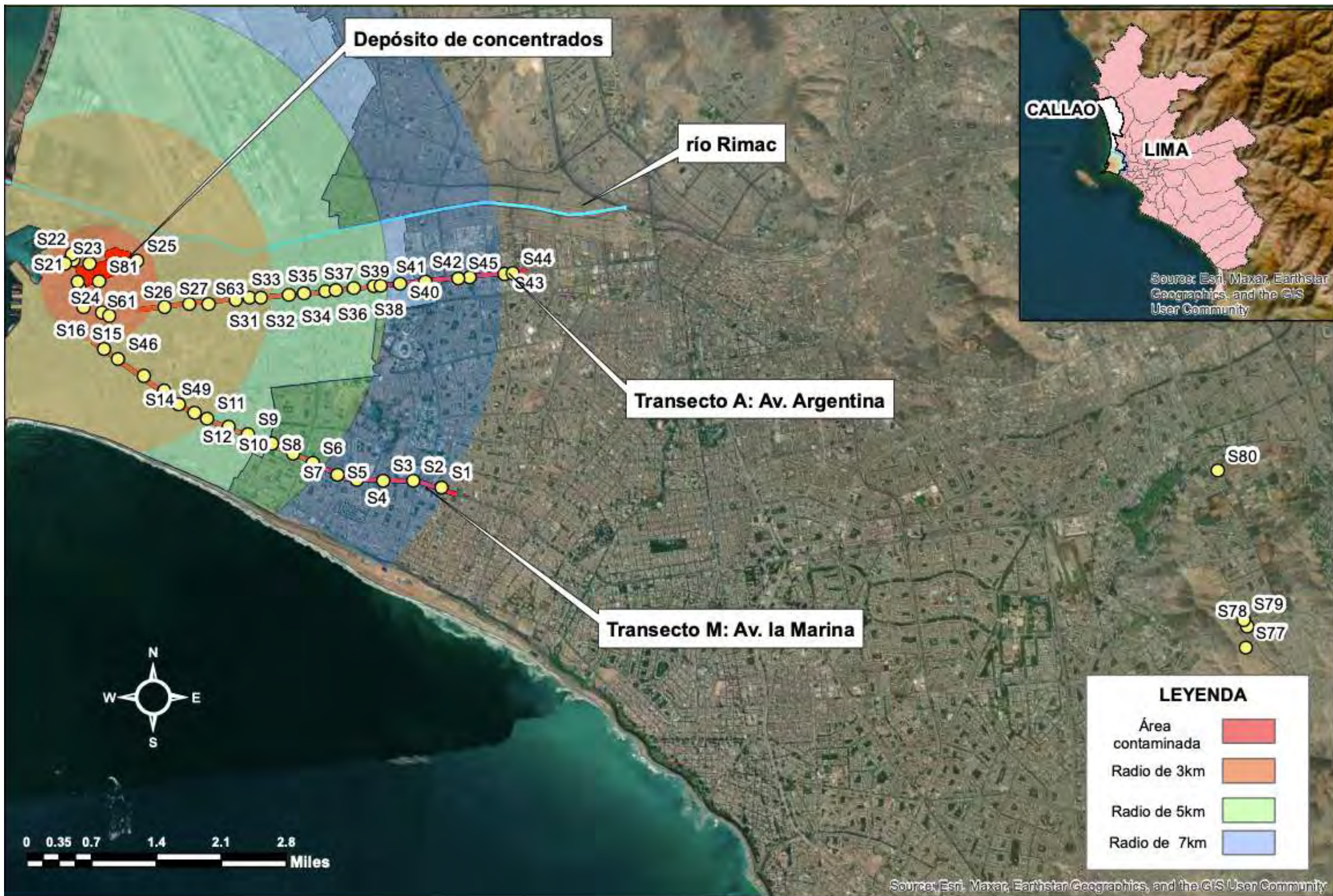




MAPA 01 – Ubicación de los Puntos de Muestreo de polvo Sedimentable (MPS)



MAPA 02 – Ubicación de Puntos de Muestreo de polvo Urbano



MAPA 03 – Ubicación de Puntos de Muestreo de Suelo Superficial



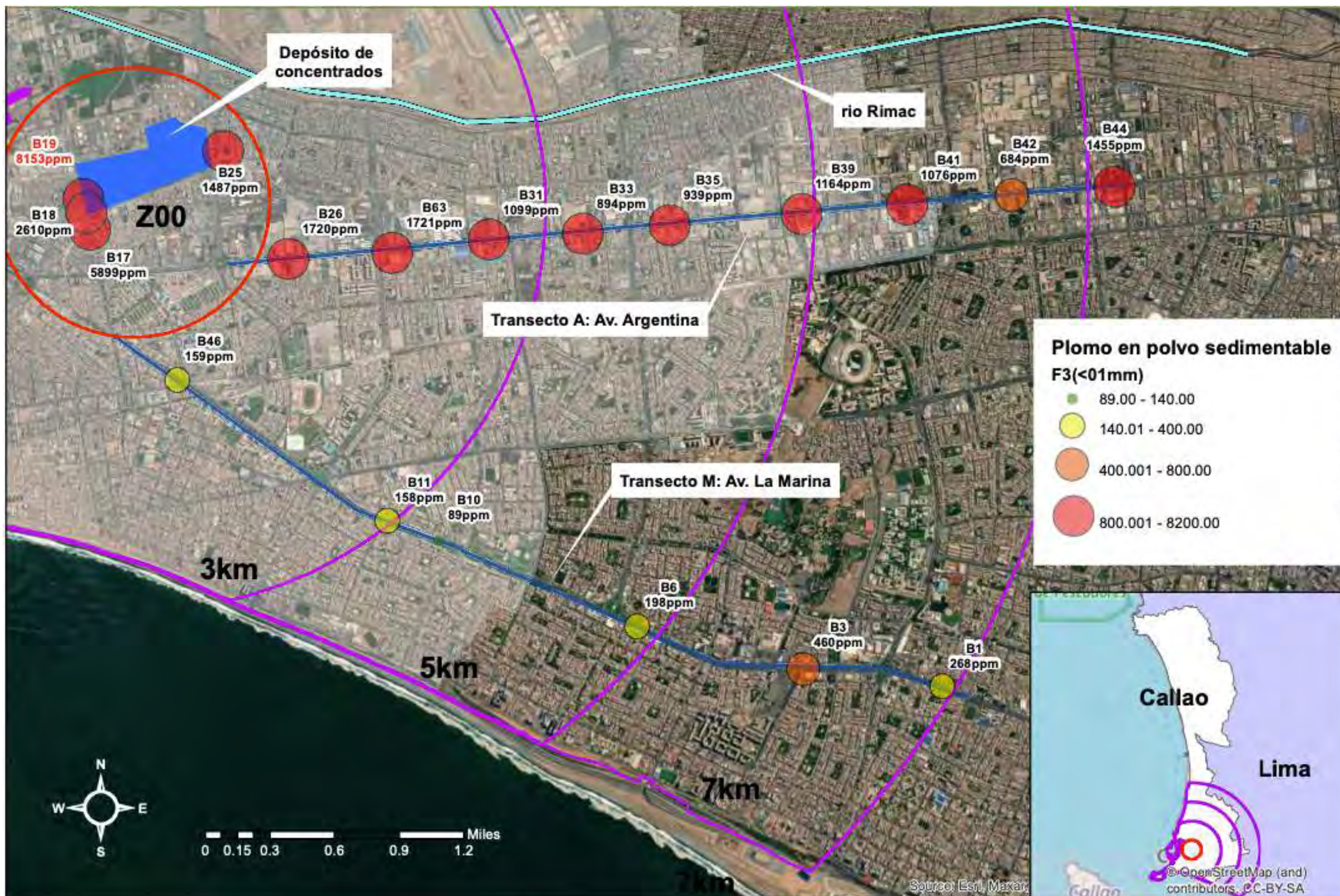
MAPA 04 – Ubicación detallada de los Puntos de Muestreo de en el área contaminada

Nótese que abordan los sectores: Barrio Frigorífico (P62, P21, P22, P23); Inmediaciones del Almacén de Concentrados (P16, P17, P18 y P20), sector próximo a av. Gambeta (P25) y zona de la Av. Argentina dentro del área contaminada (P24 y P61).



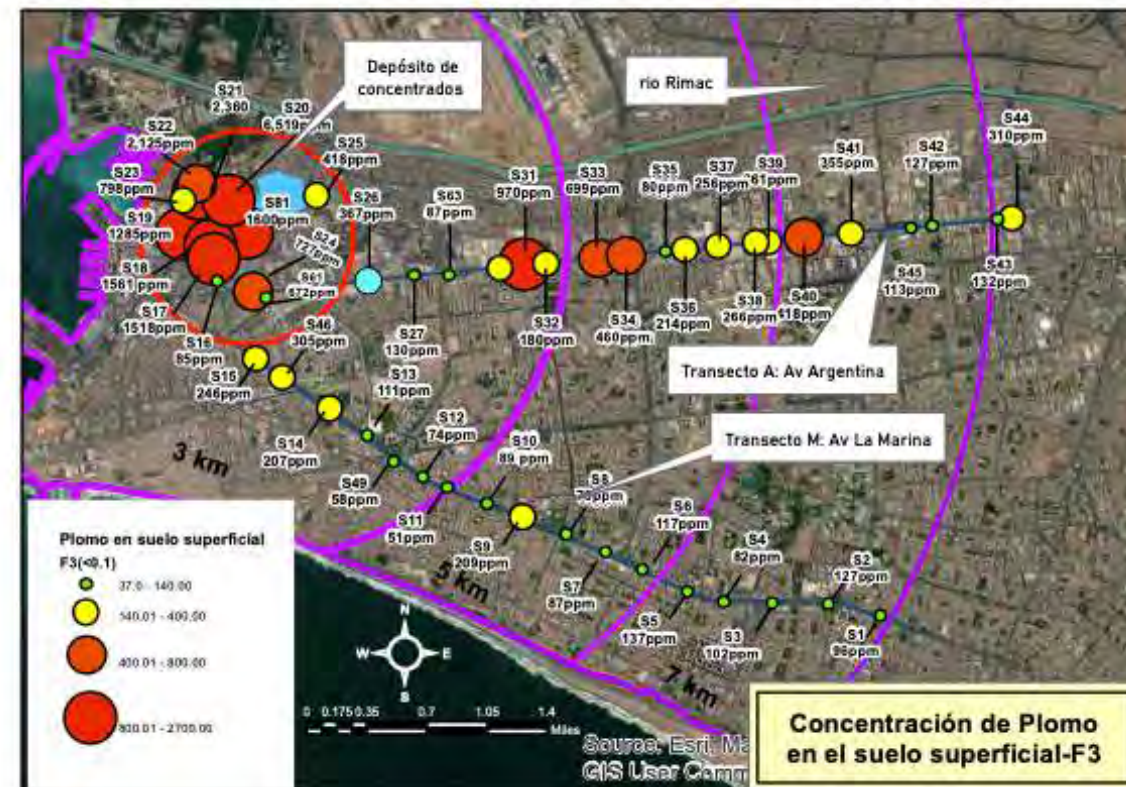
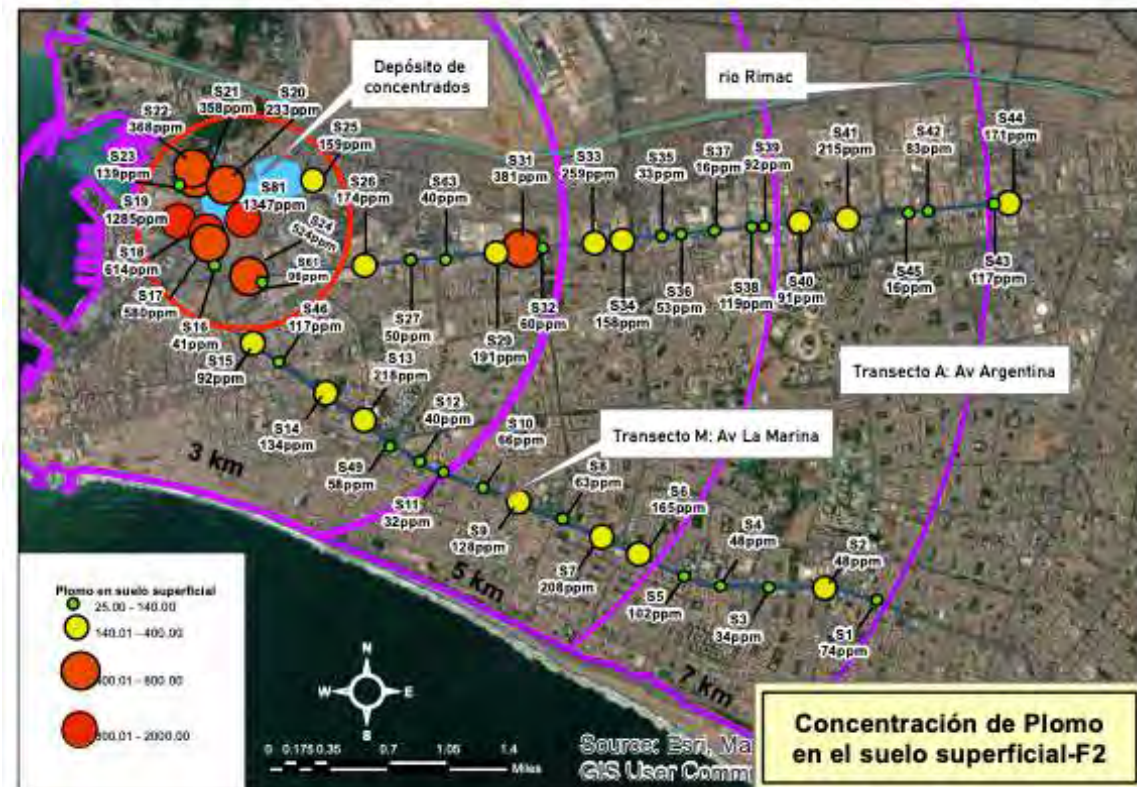
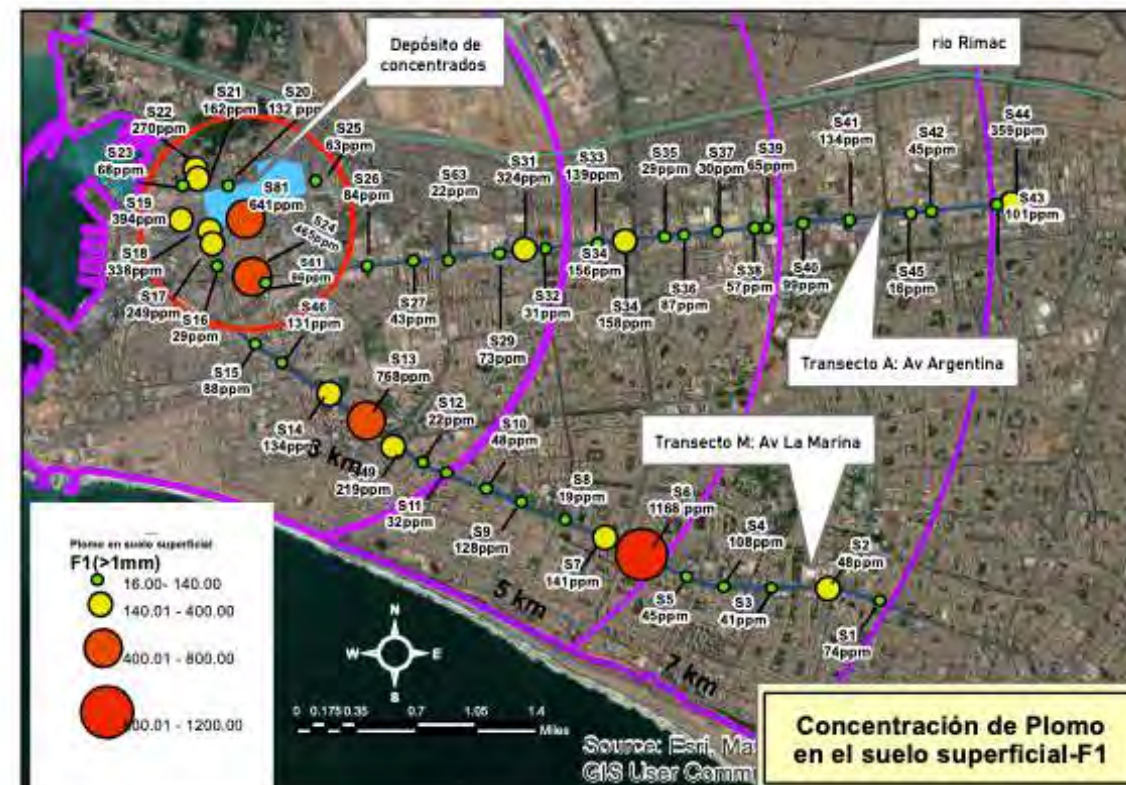
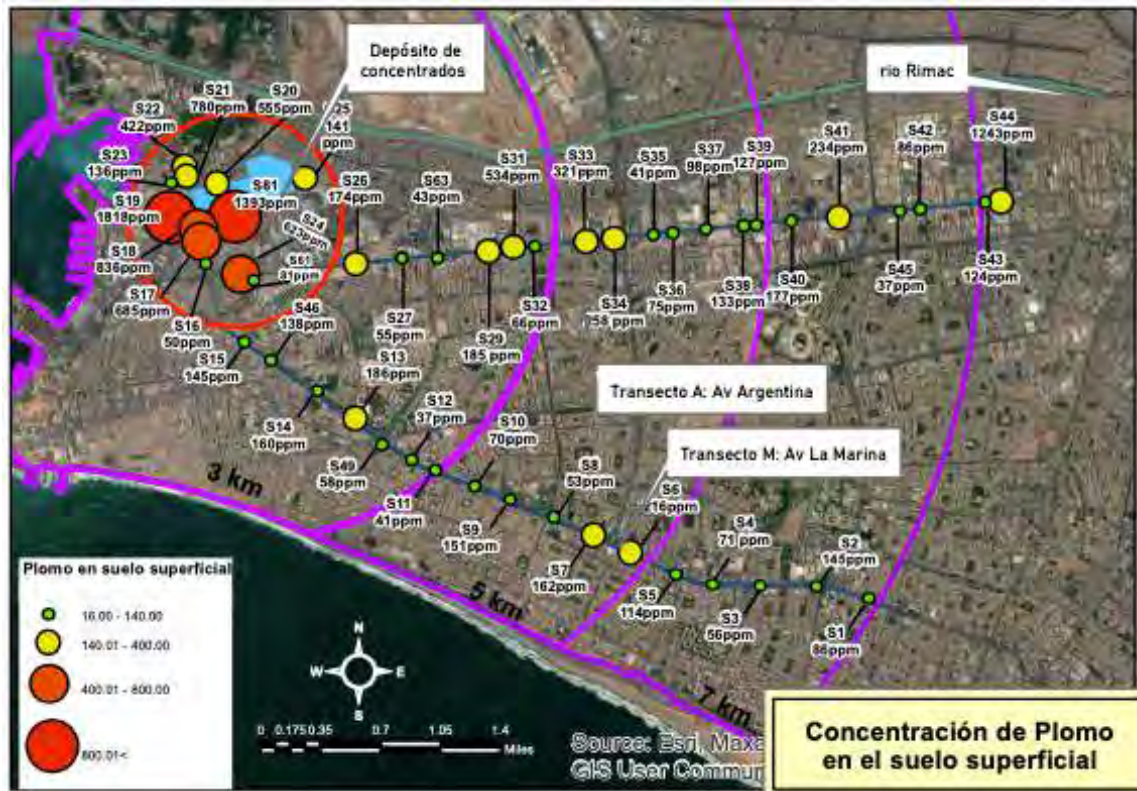
MAPA 05 – Ubicación de los Puntos de Muestreo de la zona control

Los cuatro (04) puntos de la Zona Control están localizados en el distrito de La Molina a aproximadamente a 20 km del área contaminada



MAPA 06 – Resultados de Plomo en el polvo sedimentable

Los resultados verdes están por debajo del ECA de Plomo para suelos de uso residencial mientras que los valores en rojo están sobre el del ECA de Plomo para suelos de uso Industrial lo cual es presentado como comparación referencial.



MAPA 07 – Multimapa de resultados de plomo en el suelo superficial para cada una de las 3 fracciones como de la muestra total

Los resultados verdes están por debajo del ECA de Plomo para suelos de uso residencial mientras que los valores en rojo están sobre el del ECA de Plomo para suelos de uso Industrial. El mismo criterio ha sido aplicado a la muestra total y referencialmente para las tres fracciones.

Anexo 03 – Resultados Granulométricos



C. TM	Clúster	PUNTO	Tipo de prueba	Código de muestra	Peso F1 (g)	Peso F2 (g)	Peso F3 (g)	Peso Total (g)	% F1	%F2	%F3
Suelo Superficial	A03	26			229.928	226.739	108.399	565.066	40.7%	40.1%	19.2%
		27			131.434	41.209	23.87	196.513	66.9%	21.0%	12.1%
		29			32.302	60.289	44.524	137.115	23.6%	44.0%	32.5%
		31			53.082	249.074	112.581	414.737	12.8%	60.1%	27.1%
		32			74.163	70.298	24.997	169.458	43.8%	41.5%	14.8%
		63			257.07	221.81	130.093	608.973	42.2%	36.4%	21.4%
	A05	33			139.11	358.12	125.142	622.372	22.4%	57.5%	20.1%
		34			49.83	98.228	73.512	221.57	22.5%	44.3%	33.2%
		35			143.512	264.584	101.93	510.026	28.1%	51.9%	20.0%
		36			29.214	112.615	45.979	187.808	15.6%	60.0%	24.5%
		37			38.001	114.179	46.154	198.334	19.2%	57.6%	23.3%
		38			108.321	99.238	71.993	279.552	38.7%	35.5%	25.8%
		39			427.211	277.792	154.587	859.59	49.7%	32.3%	18.0%
	A07	40			3.727	101.821	37.304	142.852	2.6%	71.3%	26.1%
		41			82.618	218.335	105.408	406.361	20.3%	53.7%	25.9%
		42			111.985	292.32	133.894	538.199	20.8%	54.3%	24.9%
		43			3.998	33.559	42.454	80.011	5.0%	41.9%	53.1%
		44			56.765	222.507	139.911	419.183	13.5%	53.1%	33.4%
		45			19.456	81.826	28.761	130.043	15.0%	62.9%	22.1%
		16			10.253	48.027	19.177	77.457	13.2%	62.0%	24.8%
		17			112.753	335.065	100.953	548.771	20.5%	61.1%	18.4%
	AC	18			22.076	67.305	35.772	125.153	17.6%	53.8%	28.6%
		19			5.278	65.284	53.016	123.578	4.3%	52.8%	42.9%
		20			39.54	43.312	46.711	129.563	30.5%	33.4%	36.1%
		21			5.794	67.832	39.251	112.877	5.1%	60.1%	34.8%
		22			64.921	252.058	93.12	410.099	15.8%	61.5%	22.7%
		23			129.561	256.374	57.73	443.665	29.2%	57.8%	13.0%
		24			8.069	40.3	51.456	99.825	8.1%	40.4%	51.5%
		25			90.922	287.564	45.908	424.394	21.4%	67.8%	10.8%
		61			87.998	293.85	30.603	412.451	21.3%	71.2%	7.4%
		81			4.602	60.179	30.013	94.794	4.9%	63.5%	31.7%
		12			72.81	58.79	18.59	150.19	48.5%	39.1%	12.4%
	M03	13			2.935	70.95	53.789	127.674	2.3%	55.6%	42.1%
		14			2.933	89.354	47.947	140.234	2.1%	63.7%	34.2%
		15			9.826	61.412	31.691	102.929	9.5%	59.7%	30.8%
		46			45.964	80.098	20.684	146.746	31.3%	54.6%	14.1%
		49			9.763	61.947	54.507	126.217	7.7%	49.1%	43.2%
		7			24.374	104.947	56.572	185.893	13.1%	56.5%	30.4%
		8			38.013	59.964	28.195	126.172	30.1%	47.5%	22.3%
	M05	9			66.689	228.699	114.111	409.499	16.3%	55.8%	27.9%
		10			22.9	90.893	45.921	159.714	14.3%	56.9%	28.8%
		11			12.782	53.624	44.233	110.639	11.6%	48.5%	40.0%
		1			8.428	57.104	70.541	136.073	6.2%	42.0%	51.8%
		2			56.567	82.1	43.208	181.875	31.1%	45.1%	23.8%
M07	3			14.642	68.479	36.76	119.881	12.2%	57.1%	30.7%	
	4			31.101	90.663	87.568	209.332	14.9%	43.3%	41.8%	
	5			6.141	80.909	58.722	145.772	4.2%	55.5%	40.3%	
	6			9.204	92.884	40.748	142.836	6.4%	65.0%	28.5%	
	77			74.5	346.988	7.883	429.371	17.4%	80.8%	1.8%	
ZC	78			19.671	145.044	93.464	258.179	7.6%	56.2%	36.2%	
	79			24.022	323.05	102.109	449.181	5.3%	71.9%	22.7%	
	80			82.594	317.601	110.239	510.434	16.2%	62.2%	21.6%	
	80-DU	Duplicad	S80-DU	74.964	254.124	117.383	446.471	16.8%	56.9%	26.3%	
Suelo en Profundidad	A05	35			151.353	232.899	93.197	477.449	31.7%	48.8%	19.5%
		37			94.344	194.256	78.567	367.167	25.7%	52.9%	21.4%
	AC	25			9.801	365.659	21.07	396.53	2.5%	92.2%	5.3%
		61			19.755	269.561	27.385	316.701	6.2%	85.1%	8.6%
	M05	9			20.505	237	60.505	318.01	6.4%	74.5%	19.0%
		11			34.595	263.09	68.74	366.425	9.4%	71.8%	18.8%
	ZC	77			227.785	186.589	10.873	425.247	53.6%	43.9%	2.6%
Polvo Sedimentable (MPS)	A03	26					0.899	0.899			
		31					0.899	0.899			
		63					0.642	0.642			
	A05	33					1.2	1.2			
		35					0.956	0.956			
	A07	39					0.768	0.768			
		41					0.781	0.781			
		42					0.698	0.698			
		44					0.362	0.362			
	AC	17					0.956	0.956			
		18					0.522	0.522			
		19					0.707	0.707			
	M03	25					0.496	0.496			
		46					0.611	0.611			
		8					0.209	0.209			
M05	10					0.148	0.148				
	11					0.149	0.149				
M07	1					0.071	0.071				
	3					0.225	0.225				

C. TM	Clúster	PUNTO	Tipo de prueba	Código de muestra	Peso F1 (g)	Peso F2 (g)	Peso F3 (g)	Peso Total (g)	% F1	%F2	%F3
Polvo Sedimentable (MPS	M07	6					0.295	0.295			
	ZC	77					0.353	0.353			
	PERDIDO		5					0			
			13					0			
			61					0			
			81					0			



C. TM	Clúster	PUNTO	Tipo de prueba	Código de muestra	Peso F1 (g)	Peso F2 (g)	Peso F3 (g)	Peso Total (g)	% F1	%F2	%F3
Polvo Urbano	A03	26			1.888	7.551	3.907	13.346	14.1%	56.6%	29.3%
		26.5			0.053	1.001	1.766	2.82	1.9%	35.5%	62.6%
		27			1.91	5.535	4	11.445	16.7%	48.4%	34.9%
		27.5			2.99	4.329	7.067	14.386	20.8%	30.1%	49.1%
		28			0.139	0.834	1.505	2.478	5.6%	33.7%	60.7%
		28.5			0.041	0.081	0.241	0.363	11.3%	22.3%	66.4%
		29			0.002	1.133	2.522	3.657	0.1%	31.0%	69.0%
		31			0.37	5.822	5.034	11.226	3.3%	51.9%	44.8%
	32			0.932	8.02	5.908	14.86	6.3%	54.0%	39.8%	
	63			0.188	1.687	3.79	5.665	3.3%	29.8%	66.9%	
	63-DU	Duplicadc	P63	0.108	1.018	2.099	3.225	3.3%	31.6%	65.1%	
	A05	32.5			4.295	11.439	9.657	25.391	16.9%	45.1%	38.0%
		33			0.711	3.044	1.474	5.229	13.6%	58.2%	28.2%
		34			0.233	5.439	5.024	10.696	2.2%	50.9%	47.0%
		34.5			8.908	28.64	13.486	51.034	17.5%	56.1%	26.4%
		35			0.059	2.522	2.989	5.57	1.1%	45.3%	53.7%
		36			2.736	13.34	7.713	23.789	11.5%	56.1%	32.4%
		36.5			0.283	2.011	3.662	5.956	4.8%	33.8%	61.5%
		37			1.034	3.874	2.578	7.486	13.8%	51.7%	34.4%
		37.5			0.291	2.431	3.207	5.929	4.9%	41.0%	54.1%
		38			0.84	4.807	4.092	9.739	8.6%	49.4%	42.0%
		36.5-DU	Duplicadc	P36.5	0.554	2.732	4.355	7.641	7.3%	35.8%	57.0%
		A07	38.5			0	0.458	0.659	1.117		41.0%
	39				2.674	7.866	9.512	20.052	13.3%	39.2%	47.4%
	40				0.115	0.712	1.865	2.692	4.3%	26.4%	69.3%
	40.5				0.13	0.678	3.521	4.329	3.0%	15.7%	81.3%
	41				0.061	0.682	0.339	1.082	5.6%	63.0%	31.3%
	41.5				0.234	1.88	0.914	3.028	7.7%	62.1%	30.2%
	42				0	0.171	0.501	0.672		25.4%	74.6%
	42.5				0.39	2.457	3.359	6.206	6.3%	39.6%	54.1%
	43				0.006	1.085	3.237	4.328	0.1%	25.1%	74.8%
	44				0.405	0.929	2.477	3.811	10.6%	24.4%	65.0%
	45				0.218	4.438	8.914	13.57	1.6%	32.7%	65.7%
	AC		16			0.116	1.413	2.2	3.729	3.1%	37.9%
		17			0.267	2.795	3.95	7.012	3.8%	39.9%	56.3%
		18			1.064	9.859	6.297	17.22	6.2%	57.3%	36.6%
		20			0.1	0.025	1.552	1.677	6.0%	1.5%	92.5%
		21			10.529	23.403	25.024	58.956	17.9%	39.7%	42.4%
		22			6.926	18.778	15.618	41.322	16.8%	45.4%	37.8%
		23			0.063	1.676	4.824	6.563	1.0%	25.5%	73.5%
		24			3.834	18.655	15.634	38.123	10.1%	48.9%	41.0%
		25			0.882	8.445	12.961	22.288	4.0%	37.9%	58.2%
		61			1.494	8.525	5.428	15.447	9.7%	55.2%	35.1%
		62			0.817	4.163	1.41	6.39	12.8%	65.1%	22.1%
		20-DU	Duplicadc	P20	0.072	0.046	2.478	2.596	2.8%	1.8%	95.5%
	25-DU	Duplicadc	P25	1.907	13.188	18.425	33.52	5.7%	39.3%	55.0%	
	M03	12			0.135	2.4	1.213	3.748	3.6%	64.0%	32.4%
		13			0.126	1.56	1.424	3.11	4.1%	50.2%	45.8%
		13.5			0.572	1.982	1.645	4.199	13.6%	47.2%	39.2%
		14			0.8	6.426	11.507	18.733	4.3%	34.3%	61.4%
		14.5			0.114	4.737	18.973	23.824	0.5%	19.9%	79.6%
		15			0.053	1.31	1.67	3.033	1.7%	43.2%	55.1%
		46			0.522	2.289	2.621	5.432	9.6%	42.1%	48.3%
		49			0.756	6.048	8.109	14.913	5.1%	40.6%	54.4%
	M05	6.5			0.418	5.889	5.568	11.875	3.5%	49.6%	46.9%
		7			0.896	6.225	4.587	11.708	7.7%	53.2%	39.2%
		7.5			0.776	3.164	3.764	7.704	10.1%	41.1%	48.9%
		8			1.627	9.674	7.617	18.918	8.6%	51.1%	40.3%
		8.5			2.11	15.727	11.86	29.697	7.1%	53.0%	39.9%
		9			0.082	1.016	0.866	1.964	4.2%	51.7%	44.1%
		9.5			1.089	8.843	7.354	17.286	6.3%	51.2%	42.5%
		10			0.11	3.455	2.089	5.654	1.9%	61.1%	36.9%
		10.5			4.974	36.294	12.492	53.76	9.3%	67.5%	23.2%
		11			0.11	5.131	2.528	7.769	1.4%	66.0%	32.5%
	M07	1			0	0.046	0.013	0.059		78.0%	22.0%
		1.5			0	0.052	0.037	0.089		58.4%	41.6%
		2			0.098	0.942	0.428	1.468	6.7%	64.2%	29.2%
		2.5			0.852	4.302	3.026	8.18	10.4%	52.6%	37.0%
		3			0.022	1.94	2.746	4.708	0.5%	41.2%	58.3%
		3.5			1.412	3.57	1.948	6.93	20.4%	51.5%	28.1%
		4			1.109	4.445	3.972	9.526	11.6%	46.7%	41.7%
		4.5			0.327	4.512	3.047	7.886	4.1%	57.2%	38.6%
		5			0	0.687	0.709	1.396		49.2%	50.8%
		5.5			0.76	3.107	3.458	7.325	10.4%	42.4%	47.2%
	ZC	6			1.238	5.97	3.969	11.177	11.1%	53.4%	35.5%
		77			1.043	1.299	0.684	3.026	34.5%	42.9%	22.6%
		78			0.011	0.678	1.579	2.268	0.5%	29.9%	69.6%
		80			0.73	6.308	8.476	15.514	4.7%	40.7%	54.6%

Anexo 04: Resultados XRF



VALORES OBTENIDOS POR CADA DISPARO. LA FRACCIÓN 1 HA SIDO SOMETIDA A VARIOS DISPAROS DEBIDO A QUE LAS PARTICULAS SON MÁS GRUESAS.

Promedio.						Elemento												
TIPO DE MUESTRA	Clúster	Disparo de mues	Fracción	Tipo de prueba	Disparo	Pb	Zn	Cu	S	Fe	Al	Mn	Nb	Ni	P	Si	Ti	Zr
MPS	AC	B17	F3		1	5,899.0	13,085.0	6,004.0	4,164.0	39,271.0	1,564.0	731.0	32.0	57.0	204.0	7,925.0	1,667.0	129.0
		B18	F3		1	2,610.0	6,997.0	2,750.0	3,421.0	28,872.0	1,571.0	655.0	32.0	28.0	204.0	8,643.0	1,764.0	150.0
		B19	F3		1	8,153.0	17,800.0	10,905.0	6,611.0	36,984.0	1,873.0	1,029.0	14.0	25.0	195.0	9,162.0	1,552.0	117.0
		B25	F3		1	1,487.0	3,559.0	1,928.0	1,813.0	31,876.0	1,256.0	606.0	52.0	33.0	149.0	9,461.0	2,036.0	136.0
	A03	B26	F3		1	1,720.0	3,747.0	2,366.0	1,987.0	34,336.0	1,350.0	534.0	34.0	42.0	147.0	8,149.0	1,751.0	164.0
		B31	F3		1	1,099.0	1,567.0	791.0	1,820.0	29,278.0	1,664.0	518.0	39.0	21.0	162.0	8,139.0	1,742.0	143.0
		B63	F3		1	1,721.0	3,999.0	2,686.0	2,341.0	39,815.0	1,866.0	694.0	50.0	63.0	192.0	10,960.0	2,405.0	142.0
	A05	B33	F3		1	894.0	1,932.0	879.0	2,106.0	26,388.0	1,483.0	466.0	27.0	21.0	146.0	10,530.0	1,816.0	142.0
		B35	F3		1	939.0	1,953.0	1,229.0	2,745.0	31,395.0	1,172.0	549.0	39.0	46.0	190.0	9,313.0	1,988.0	161.0
	A07	B39	F3		1	1,164.0	2,300.0	1,253.0	2,243.0	34,001.0	1,524.0	590.0	47.0	41.0	145.0	8,216.0	2,024.0	168.0
		B41	F3		1	1,076.0	2,090.0	1,223.0	3,437.0	32,779.0	1,212.0	520.0	41.0	39.0	125.0	7,840.0	1,843.0	162.0
		B42	F3		1	684.0	2,466.0	574.0	2,750.0	31,272.0	1,765.0	531.0	38.0	30.0	149.0	9,557.0	1,828.0	172.0
		B44	F3		1	1,455.0	1,995.0	600.0	2,146.0	33,137.0	1,649.0	557.0	44.0	74.0	185.0	7,532.0	1,943.0	102.0
	M03	B46	F3		1	159.0	5,088.0	209.0	2,532.0	22,016.0	1,508.0	431.0	40.0	26.0	138.0	7,081.0	1,613.0	87.0
	M05	B10	F3		1	89.0	420.0	162.0	7,034.0	16,664.0	1,214.0	464.0	48.0	22.0	140.0	5,259.0	1,539.0	69.0
		B11	F3		1	158.0	843.0	220.0	2,200.0	21,608.0	1,282.0	447.0	42.0	27.0	158.0	6,441.0	1,520.0	69.0
	M07	B8	F3		1	136.0	1,073.0	300.0	1,706.0	24,827.0	1,495.0	490.0	39.0	41.0	160.0	7,562.0	1,582.0	81.0
		B1	F3		1	268.0	258.0	104.0	1,617.0	10,216.0	1,250.0	209.0	20.0	24.0	116.0	6,797.0	941.0	24.0
		B3	F3		1	460.0	847.0	343.0	1,510.0	23,141.0	1,285.0	413.0	39.0	28.0	124.0	7,508.0	1,540.0	106.0
		B6	F3		1	198.0	1,580.0	378.0	2,210.0	31,004.0	1,656.0	559.0	48.0	37.0	182.0	8,023.0	2,227.0	145.0
B77		F3		1	472.0	518.0	259.0	2,336.0	32,139.0	1,723.0	602.0	50.0	38.0	134.0	9,229.0	2,236.0	118.0	
Polvo	AC	P16	F1		1	137.0	412.0	188.0	1,489.0	11,385.0	1,463.0	246.0	32.0	10.0	250.0	8,701.0	1,079.0	44.0
			F2		1	188.0	249.0	83.0	1,709.0	18,464.0	1,651.0	321.0	21.0	10.0	328.0	13,499.0	1,951.0	80.0
			F3		1	486.0	1,364.0	563.0	2,018.0	25,165.0	1,605.0	424.0	33.0	17.0	264.0	9,052.0	2,033.0	159.0
	P17	F1		1	162.0	655.0	127.0	1,001.0	13,456.0	1,011.0	255.0	15.0	9.2	130.0	6,434.0	1,159.0	56.0	
		F2		1	227.0	699.0	205.0	1,875.0	19,577.0	1,976.0	272.0	11.0	8.3	264.0	11,956.0	1,269.0	68.0	
		F3		1	1,043.0	2,759.0	1,025.0	2,639.0	28,110.0	1,507.0	487.0	18.0	19.0	205.0	9,644.0	1,795.0	129.0	
	P18	F1		1	531.0	1,068.0	268.0	1,732.0	19,896.0	1,454.0	375.0	3.1	15.0	237.0	8,611.0	1,186.0	82.0	
		F2		1	621.0	1,030.0	358.0	2,165.0	14,983.0	1,533.0	283.0		6.5	279.0	13,463.0	1,364.0	58.0	
		F3		1	3,283.0	7,070.0	3,543.0	3,695.0	30,196.0	1,776.0	644.0	4.7	11.0	217.0	9,654.0	1,878.0	182.0	
	P20	F1	Duplici		1	990.0	1,465.0	484.0	3,207.0	2,714.0	1,074.0	113.0	12.0		80.0	6,139.0	184.0	11.0
					1	385.0	1,585.0	1,390.0	3,846.0	11,784.0	1,521.0	153.0	7.3	8.0	82.0	7,608.0	881.0	50.0
		F2	Duplici		1	1,626.5	3,666.5	1,751.0	4,031.5	17,380.5	1,590.5	510.0	28.0	10.2	97.5	10,783.5	1,159.5	62.5
					1	7,192.0	22,226.0	14,217.0	8,921.0	32,905.0	1,762.0	768.0			131.0	11,997.0	1,663.0	114.0
	P21	F1			1	6,519.0	21,133.0	13,776.0	7,302.0	32,365.0	1,728.0	676.0	13.0		112.0	10,143.0	1,382.0	102.0
					2	961.0	1,445.0	861.0	2,470.0	21,399.0	1,501.0	481.0		12.0	282.0	9,414.0	1,398.0	83.0
					3	1,013.0	1,093.0	658.0	3,527.0	19,035.0	1,317.0	513.0		7.6	188.0	8,589.0	1,199.0	61.0
		F2			1	898.0	982.0	746.0	3,851.0	41,547.0	2,461.0	634.0		21.0	302.0	13,728.0	1,061.0	36.0
					1	606.0	611.0	423.0	1,936.0	15,918.0	1,403.0	303.0	3.4	7.3	221.0	9,249.0	1,711.0	63.0
	P22	F1			1	2,360.0	5,281.0	3,923.0	3,664.0	25,113.0	1,501.0	543.0			271.0	10,098.0	1,568.0	130.0
					2	569.0	685.0	330.0	1,514.0	14,968.0	1,126.0	328.0		34.0	117.0	8,460.0	928.0	60.0
				2	302.0	432.0	335.0	1,472.0	9,341.0	1,057.0	304.0		8.0	138.0	7,715.0	950.0	50.0	

VALORES OBTENIDOS POR CADA DISPARO. LA FRACCIÓN 1 HA SIDO SOMETIDA A VARIOS DISPAROS DEBIDO A QUE LAS PARTICULAS SON MÁS GRUESAS.

Promedio.						Elemento													
TIPO DE MUESTRA	Clúster	Jigo de mues	Fracción	Tipo de prueba	Disparo	Pb	Zn	Cu	S	Fe	Al	Mn	Nb	Ni	P	Si	Ti	Zr	
Polvo	AC	P22	F1		3	357.0	852.0	687.0	2,181.0	14,547.0	1,770.0	369.0	4.5	9.2	268.0	13,624.0	1,420.0	92.0	
			F2			694.0	1,322.0	442.0	1,648.0	17,917.0	1,471.0	350.0		8.0	248.0	10,916.0	2,181.0	54.0	
			F3		1	2,125.0	7,696.0	3,900.0	3,692.0	30,421.0	2,021.0	612.0	4.9	15.0	260.0	11,419.0	2,024.0	134.0	
		P23	F1		1	25.0	103.0	47.0	722.0	4,002.0	925.0	115.0	12.0	6.0	160.0	5,558.0	374.0	15.0	
			F2				292.0	875.0	276.0	1,238.0	22,025.0	2,024.0	372.0	23.0	19.0	560.0	13,332.0	1,983.0	128.0
			F3		1	798.0	2,709.0	1,125.0	1,353.0	26,698.0	1,633.0	486.0	13.0	28.0	366.0	9,970.0	1,971.0	129.0	
		P24	F1		1	366.0	509.0	162.0	1,290.0	25,531.0	1,431.0	437.0	5.8	13.0	268.0	7,810.0	1,560.0	76.0	
					2	2,910.0	975.0	204.0	1,356.0	15,769.0	1,279.0	341.0	23.0	14.0	352.0	5,447.0	944.0	73.0	
					3	142.0	370.0	206.0	2,139.0	29,967.0	1,774.0	484.0	4.7	15.0	391.0	10,648.0	2,075.0	92.0	
			F2				282.0	576.0	346.0	1,421.0	19,745.0	1,194.0	294.0	5.5	12.0	785.0	7,479.0	881.0	59.0
			F3		1	727.0	2,572.0	887.0	2,319.0	34,266.0	2,039.0	588.0	5.3	27.0	788.0	14,668.0	1,985.0	147.0	
			F1	Duplic:	1	276.0	2,354.0	720.0	1,355.0	33,396.0	2,210.0	600.0	14.0	18.0	460.0	16,341.0	2,159.0	155.0	
		P25			2	128.0	636.0	257.0	986.0	4,869.0	1,127.0	156.0	35.0	8.1	410.0	6,829.0	422.0	37.0	
					3	59.0	434.0	156.0	1,225.0	10,569.0	1,078.0	212.0	16.0	8.0	2,442.0	6,910.0	833.0	80.0	
					1	49.0	400.0	143.0	791.0	16,002.0	996.0	319.0	9.1	8.2	1,170.0	7,893.0	1,180.0	52.0	
			F2				278.5	974.5	396.0	1,316.5	19,293.5	1,944.0	375.0	7.3	11.0	990.0	14,376.0	2,388.5	77.5
			F3	Duplic:	1	562.0	2,068.0	915.0	1,316.0	24,406.0	1,814.0	454.0	8.3	19.0	518.0	15,289.0	1,960.0	159.0	
			F1		1	435.0	1,342.0	628.0	1,129.0	22,944.0	1,595.0	420.0	8.2	14.0	408.0	11,458.0	1,639.0	115.0	
	P61	F1		1	151.0	503.0	211.0	1,662.0	14,184.0	1,286.0	368.0	37.0	21.0	832.0	7,084.0	1,045.0	70.0		
				2	95.0	510.0	110.0	1,232.0	19,697.0	1,978.0	3,095.0	16.0	23.0	296.0	13,275.0	1,303.0	79.0		
		F2				126.0	357.0	104.0	883.0	18,187.0	1,206.0	377.0	7.7	23.0	334.0	9,069.0	1,297.0	88.0	
	P62	F3		1	672.0	2,315.0	827.0	1,606.0	37,002.0	1,740.0	551.0	23.0	40.0	411.0	12,615.0	2,226.0	194.0		
		F1		1	17.0	43.0	39.0	1,078.0	12,780.0	3,206.0	303.0	15.0	14.0	258.0	25,726.0	1,310.0	92.0		
		F2				133.0	528.0	212.0	877.0	37,614.0	1,611.0	504.0	20.0	11.0	281.0	8,592.0	4,164.0	279.0	
	A03	P26	F3		1	279.0	1,070.0	332.0	1,812.0	29,498.0	2,495.0	667.0	41.0	20.0	669.0	14,757.0	2,563.0	168.0	
			F1		1	34.0	82.0	12.0	535.0	18,879.0	2,059.0	528.0	10.0	9.0	193.0	13,720.0	1,824.0	195.0	
					2	29.0	86.0	53.0	829.0	17,468.0	1,822.0	415.0	8.7	9.5	219.0	14,818.0	1,466.0	78.0	
		P26.5	F2				65.0	454.0	53.0	989.0	21,750.0	1,846.0	311.0	3.4	13.0	385.0	12,862.0	1,394.0	65.0
			F3		1	465.0	1,394.0	685.0	1,092.0	30,401.0	1,407.0	461.0	11.0	17.0	231.0	10,051.0	2,208.0	274.0	
			F1		1	35.0	98.0	38.0	701.0	10,651.0	1,091.0	333.0	22.0	8.3	86.0	6,816.0	581.0	35.0	
		P27	F2				145.0	404.0	131.0	911.0	25,437.0	1,405.0	410.0	23.0	12.0	237.0	10,524.0	1,614.0	127.0
			F3		1	596.0	1,757.0	786.0	1,238.0	27,066.0	1,716.0	494.0	22.0	21.0	287.0	11,436.0	1,747.0	159.0	
			F1		1	46.0	183.0	115.0	1,143.0	22,723.0	1,931.0	440.0	4.9	21.0	164.0	13,215.0	1,490.0	48.0	
		P27.5			2	49.0	273.0	81.0	1,251.0	29,428.0	1,485.0	516.0	9.8	25.0	104.0	9,658.0	1,158.0	59.0	
			F2				237.0	294.0	89.0	936.0	24,172.0	2,482.0	380.0	4.8	13.0	266.0	16,385.0	1,646.0	75.0
			F3		1	760.0	2,116.0	1,001.0	1,262.0	33,443.0	2,414.0	597.0	34.0	31.0	307.0	17,330.0	2,471.0	163.0	
	P28	F1		1	35.0	95.0	49.0	575.0	12,865.0	2,075.0	273.0	5.8	11.0	215.0	16,220.0	1,506.0	72.0		
				2	17.0	68.0	27.0	394.0	4,529.0	818.0	124.0	7.8	4.9	78.0	15,404.0	653.0	78.0		
		F2				72.0	170.0	64.0	1,304.0	18,085.0	1,577.0	299.0	8.0	10.0	194.0	11,255.0	1,270.0	83.0	
	P28	F3		1	529.0	1,148.0	613.0	735.0	24,693.0	1,784.0	436.0	9.4	12.0	153.0	11,419.0	1,744.0	142.0		
		F1		1	63.0	7,558.0	46.0	1,675.0	7,946.0	1,257.0	190.0	22.0	9.0	105.0	6,814.0	537.0	55.0		
		F2				95.0	260.0	118.0	1,006.0	17,831.0	1,621.0	292.0	23.0	12.0	358.0	13,795.0	1,466.0	77.0	
			1	771.0	2,010.0	1,085.0	1,117.0	37,589.0	1,701.0	564.0	27.0	19.0	186.0	11,536.0	2,332.0	210.0			

VALORES OBTENIDOS POR CADA DISPARO. LA FRACCIÓN 1 HA SIDO SOMETIDA A VARIOS DISPAROS DEBIDO A QUE LAS PARTICULAS SON MÁS GRUESAS.

Promedio.						Elemento														
TIPO DE MUESTRA	Clúster	Jigo de mues	Fracción	Tipo de prueba	Disparo	Pb	Zn	Cu	S	Fe	Al	Mn	Nb	Ni	P	Si	Ti	Zr		
Polvo	A03	P28.5	F1		1	918.0	2,496.0	1,558.0	1,995.0	36,798.0	2,638.0	658.0	40.0	29.0	297.0	15,652.0	2,212.0	116.0		
			F2			520.0	1,578.0	848.0	2,157.0	53,158.0	2,102.0	616.0	48.0	40.0	272.0	12,405.0	1,778.0	74.0		
			F3		1	968.0	2,927.0	1,754.0	2,065.0	53,556.0	2,398.0	782.0	50.0	47.0	315.0	18,135.0	2,004.0	169.0		
		P29	F1		1	70.0	257.0	151.0	1,527.0	7,845.0	1,459.0	185.0	16.0	17.0	168.0	6,114.0	665.0	16.0		
			F2			121.0	163.0	84.0	966.0	20,617.0	1,754.0	346.0	25.0	9.1	314.0	14,242.0	1,476.0	81.0		
			F3		1	286.0	610.0	295.0	1,049.0	25,955.0	1,804.0	512.0	24.0	11.0	283.0	11,771.0	1,949.0	128.0		
		P31	F1		1	38.0	206.0	71.0	1,416.0	7,140.0	1,645.0	185.0	30.0	6.3	1,960.0	11,167.0	830.0	42.0		
			F2			42.0	102.0	45.0	906.0	15,716.0	1,825.0	219.0	11.0	7.1	443.0	14,302.0	1,585.0	69.0		
			F3		1	157.0	415.0	160.0	1,029.0	23,273.0	1,993.0	394.0	11.0	14.0	404.0	14,643.0	2,091.0	161.0		
		P32	F1		1	87.0	233.0	45.0	754.0	55,013.0	2,833.0	743.0	12.0	17.0	193.0	20,522.0	3,635.0	92.0		
			F2			63.0	113.0	53.0	803.0	18,116.0	2,210.0	377.0	8.3	15.0	273.0	19,015.0	1,123.0	73.0		
			F3		1	293.0	688.0	385.0	853.0	26,559.0	1,959.0	527.0	11.0	36.0	196.0	16,911.0	2,059.0	235.0		
	P63	F1	Duplici		1	18.0	20.0	20.0	503.0	2,713.0	993.0	56.0	17.0		92.0	4,439.0	178.0	37.0		
					1	19.0	39.0	27.0	507.0	2,199.0	1,026.0	62.0	9.6		114.0	6,855.0	227.0	42.0		
		F2	Duplici		1	195.5	334.0	158.0	747.5	17,882.0	1,158.5	359.0	18.5	8.9	175.0	8,937.0	1,285.5	68.0		
					1	896.0	1,832.0	1,093.0	1,148.0	25,953.0	1,391.0	440.0	17.0	19.0	193.0	10,765.0	1,782.0	183.0		
		F3	Duplici		1	718.0	1,747.0	996.0	1,298.0	24,541.0	1,462.0	448.0	29.0	21.0	209.0	10,628.0	1,801.0	159.0		
					1	38.0	84.0	39.0	1,158.0	9,181.0	1,485.0	240.0	12.0	7.8	162.0	14,917.0	899.0	55.0		
	A05	P32.5	F1		2	46.0	179.0	70.0	1,051.0	23,615.0	2,401.0	326.0	7.7	32.0	239.0	15,181.0	1,960.0	226.0		
					3	34.0	114.0	53.0	721.0	19,177.0	2,063.0	381.0		9.8	193.0	15,448.0	2,020.0	76.0		
					1	49.0	119.0	152.0	1,079.0	16,048.0	2,024.0	279.0		9.4	208.0	17,730.0	1,399.0	61.0		
			F3		1	238.0	551.0	343.0	826.0	27,052.0	2,550.0	476.0	24.0	12.0	220.0	20,054.0	2,353.0	226.0		
				P33	F1		1	117.0	160.0	198.0	1,353.0	196,157.0	3,137.0	905.0	30.0	63.0	233.0	10,857.0	556.0	76.0
					F2			130.0	155.0	84.0	1,160.0	28,604.0	1,588.0	338.0	18.0	15.0	183.0	11,603.0	1,293.0	70.0
			F3			1	448.0	935.0	650.0	1,481.0	30,344.0	2,017.0	551.0	32.0	31.0	261.0	16,016.0	2,305.0	208.0	
			P34	F1		1	72.0	191.0	102.0	1,244.0	13,993.0	1,859.0	241.0	25.0	22.0	347.0	11,624.0	1,551.0	69.0	
				F2			78.0	178.0	45.0	924.0	17,915.0	1,536.0	283.0	10.0	8.5	209.0	16,133.0	1,472.0	75.0	
				F3		1	213.0	621.0	240.0	1,098.0	26,400.0	1,910.0	472.0	13.0	24.0	271.0	14,534.0	2,340.0	201.0	
			P34.5	F1		1	14.0	56.0	31.0	664.0	13,114.0	1,455.0	289.0		12.0	143.0	12,542.0	1,183.0	66.0	
						2	16.0	34.0	38.0	414.0	15,435.0	1,406.0	351.0		8.7	81.0	10,839.0	1,008.0	71.0	
					3	12.0	53.0	21.0	393.0	12,580.0	1,135.0	270.0		8.5	105.0	8,941.0	1,008.0	46.0		
		F2				55.0	77.0	53.0	643.0	21,822.0	2,092.0	319.0		7.6	197.0	17,047.0	2,262.0	169.0		
				P35	F3		1	231.0	453.0	213.0	905.0	26,222.0	2,188.0	501.0	7.5	15.0	211.0	14,343.0	2,442.0	210.0
					F1		1	23.0	52.0	57.0	1,116.0	7,152.0	1,837.0	87.0	13.0		461.0	12,200.0	550.0	32.0
		F2				94.0	334.0	90.0	1,090.0	16,579.0	1,756.0	316.0	16.0	9.1	253.0	14,777.0	1,457.0	146.0		
		P36	F3		1	632.0	1,453.0	705.0	1,471.0	30,537.0	2,419.0	553.0	21.0	26.0	309.0	17,821.0	2,423.0	178.0		
			F1		1	14.0	33.0	13.0	486.0	9,059.0	1,401.0	187.0	5.9		90.0	11,396.0	704.0	81.0		
					2	40.0	80.0	42.0	682.0	21,339.0	1,320.0	420.0	3.0	9.2	157.0	10,598.0	1,883.0	125.0		
		P36.5	F2	Duplici		1	66.0	83.0	40.0	558.0	14,787.0	2,076.0	275.0	2.6		174.0	18,452.0	1,170.0	40.0	
						1	445.0	748.0	360.0	1,032.0	30,131.0	2,818.0	548.0	12.0	17.0	318.0	20,626.0	2,299.0	174.0	
			F1		1	97.0	438.0	209.0	1,832.0	20,079.0	1,577.0	445.0	22.0	16.0	467.0	10,553.0	1,329.0	83.0		
		F2	Duplici		1	166.0	427.0	289.0	2,302.0	17,849.0	1,718.0	317.0	51.0	17.0	880.0	11,153.0	1,441.0	106.0		
				1	159.5	235.0	118.0	1,185.5	16,508.5	1,965.5	308.5	17.0	11.4	607.0	16,228.5	1,575.5	91.5			

VALORES OBTENIDOS POR CADA DISPARO. LA FRACCIÓN 1 HA SIDO SOMETIDA A VARIOS DISPAROS DEBIDO A QUE LAS PARTICULAS SON MÁS GRUESAS.

Promedio.						Elemento												
TIPO DE MUESTRA	Clúster	Jugo de mues	Fracción	Tipo de prueba	Disparo	Pb	Zn	Cu	S	Fe	Al	Mn	Nb	Ni	P	Si	Ti	Zr
Polvo	A05	P36.5	F3	Duplici	1	333.0	955.0	542.0	1,603.0	28,121.0	2,433.0	474.0	12.0	16.0	440.0	17,621.0	1,919.0	155.0
					1	402.0	1,187.0	628.0	1,483.0	35,149.0	2,401.0	636.0	27.0	26.0	429.0	17,549.0	2,288.0	225.0
					1	28.0	87.0	56.0	466.0	5,262.0	2,564.0	126.0	12.0	8.6	168.0	16,445.0	625.0	45.0
	P37	F1	1	44.0	295.0	45.0	923.0	14,958.0	1,254.0	253.0	11.0	12.0	157.0	9,869.0	968.0	45.0		
			1	326.0	1,308.0	388.0	1,138.0	28,719.0	1,471.0	510.0	22.0	46.0	220.0	11,264.0	1,969.0	141.0		
			1	133.0	492.0	206.0	737.0	15,932.0	1,546.0	336.0	25.0	17.0	173.0	9,613.0	1,516.0	111.0		
	P37.5	F2	1	166.0	459.0	138.0	701.0	22,062.0	1,579.0	399.0	21.0	14.0	153.0	9,953.0	2,638.0	136.0		
			1	481.0	1,425.0	525.0	955.0	31,638.0	1,747.0	601.0	34.0	32.0	181.0	11,863.0	2,287.0	214.0		
			1	92.0	288.0	247.0	747.0	81,604.0	1,758.0	736.0	26.0	54.0	152.0	8,367.0	750.0	115.0		
	P38	F1	1	80.0	1,643.0	83.0	1,407.0	19,487.0	1,420.0	305.0	9.8	10.0	240.0	11,649.0	1,018.0	52.0		
			1	337.0	1,319.0	752.0	1,285.0	31,183.0	1,951.0	529.0	11.0	30.0	205.0	13,730.0	2,003.0	128.0		
			1	235.0	245.0	89.0	694.0	25,944.0	1,352.0	374.0	38.0	18.0	157.0	14,506.0	1,682.0	91.0		
	A07	P38.5	F2	1	1,134.0	2,455.0	1,567.0	2,011.0	70,409.0	3,080.0	1,004.0	52.0	59.0	321.0	22,033.0	4,494.0	406.0	
				1	34.0	127.0	57.0	847.0	16,531.0	1,990.0	297.0	11.0	13.0	427.0	16,568.0	1,670.0	74.0	
				2	68.0	291.0	112.0	1,046.0	24,215.0	1,768.0	539.0	4.7	26.0	430.0	11,035.0	2,901.0	96.0	
	P39	F1	1	79.0	595.0	65.0	681.0	19,507.0	2,010.0	416.0	5.8	14.0	391.0	18,081.0	1,873.0	78.0		
			1	407.0	1,112.0	606.0	959.0	29,667.0	1,533.0	490.0	10.0	24.0	311.0	12,319.0	1,892.0	172.0		
			1	34.0	109.0	28.0	1,286.0	17,091.0	1,429.0	415.0	12.0	7.5	170.0	10,530.0	1,080.0	66.0		
	P40	F1	1	154.0	2,233.0	171.0	695.0	37,773.0	1,687.0	499.0	35.0	16.0	167.0	11,984.0	1,489.0	107.0		
			1	829.0	2,097.0	1,048.0	1,161.0	41,464.0	2,032.0	656.0	35.0	53.0	254.0	11,730.0	2,228.0	192.0		
			1	20.0	62.0	34.0	3,046.0	8,745.0	1,177.0	260.0	5.7		116.0	7,361.0	472.0	49.0		
	P40.5	F2	1	151.0	683.0	125.0	836.0	25,483.0	1,479.0	405.0	36.0	41.0	282.0	11,668.0	1,442.0	98.0		
			1	550.0	1,601.0	786.0	1,208.0	36,704.0	1,832.0	723.0	34.0	42.0	262.0	12,301.0	2,190.0	207.0		
			1	48.0	11,561.0		2,086.0	4,653.0	1,678.0	211.0	34.0		102.0	9,776.0	261.0	67.0		
	P41	F1	1	86.0	213.0	112.0	920.0	20,994.0	1,586.0	431.0	27.0	44.0	117.0	12,932.0	2,376.0	73.0		
			1	706.0	2,055.0	1,339.0	1,314.0	63,334.0	2,140.0	930.0	65.0	58.0	213.0	15,226.0	4,380.0	267.0		
			1	21.0	69.0	11.0	500.0	25,958.0	1,747.0	546.0	6.1		107.0	7,996.0	1,650.0	19.0		
	P41.5	F1	1	190.0	688.0	98.0	1,014.0	21,582.0	1,542.0	363.0	21.0	20.0	302.0	10,786.0	1,400.0	109.0		
			1	575.0	1,716.0	890.0	1,036.0	51,343.0	2,014.0	806.0	60.0	71.0	271.0	13,346.0	3,182.0	279.0		
			1	126.0	348.0	207.0	1,220.0	24,789.0	1,460.0	425.0	42.0	34.0	198.0	10,124.0	2,442.0	80.0		
	P42	F2	1	479.0	1,898.0	642.0	1,129.0	44,127.0	1,745.0	699.0	55.0	121.0	172.0	11,149.0	2,839.0	382.0		
			1	43.0	180.0	54.0	910.0	14,428.0	1,468.0	304.0	14.0	23.0	139.0	7,587.0	1,461.0	50.0		
			1	149.0	279.0	83.0	681.0	24,551.0	1,499.0	466.0	11.0	10.0	128.0	9,284.0	1,568.0	150.0		
	P42.5	F2	1	276.0	1,026.0	459.0	905.0	41,916.0	1,870.0	616.0	35.0	91.0	201.0	11,322.0	2,173.0	188.0		
			1	74.0	1,456.0	112.0	1,587.0	14,462.0	1,596.0	229.0	37.0	104.0	192.0	6,839.0	713.0	25.0		
			1	249.0	781.0	131.0	902.0	29,488.0	1,433.0	411.0	29.0	91.0	227.0	9,718.0	2,117.0	116.0		
	P43	F1	1	300.0	1,242.0	639.0	814.0	41,342.0	1,541.0	650.0	30.0	189.0	205.0	11,019.0	2,039.0	178.0		
			1	24.0	104.0	43.0	989.0	7,373.0	1,234.0	156.0	16.0	6.9	227.0	15,132.0	810.0	19.0		
			1	231.0	483.0	123.0	995.0	20,041.0	1,528.0	396.0	33.0	27.0	274.0	12,509.0	1,630.0	117.0		
	P44	F1	1	376.0	1,032.0	403.0	1,227.0	35,879.0	1,554.0	523.0	30.0	46.0	289.0	12,540.0	2,061.0	208.0		
1			38.0	319.0	51.0	1,238.0	24,337.0	1,608.0	279.0	12.0	19.0	186.0	14,138.0	1,516.0	42.0			
1			91.0	428.0	65.0	1,335.0	21,329.0	2,461.0	436.0	8.0	15.0	162.0	19,363.0	1,579.0	73.0			
P45	F1	1	192.0	964.0	194.0	1,299.0	28,466.0	2,293.0	503.0	16.0	27.0	170.0	16,545.0	2,075.0	133.0			
		1																

VALORES OBTENIDOS POR CADA DISPARO. LA FRACCIÓN 1 HA SIDO SOMETIDA A VARIOS DISPAROS DEBIDO A QUE LAS PARTICULAS SON MÁS GRUESAS.

Promedio.						Elemento													
TIPO DE MUESTRA	Clúster	Jigo de mues	Fracción	Tipo de prueba	Disparo	Pb	Zn	Cu	S	Fe	Al	Mn	Nb	Ni	P	Si	Ti	Zr	
Polvo	M03	P12	F1		1		36.0	16.0		5,919.0	876.0	187.0	20.0	8.1		8,438.0	452.0	14.0	
			F2					135.0	34.0		19,692.0	1,580.0	354.0	16.0		12,899.0	1,900.0	99.0	
			F3		1			495.0	196.0		32,287.0	1,395.0	613.0	40.0	26.0		11,178.0	2,675.0	236.0
		P13	F1		1		133.0	483.0	148.0	1,182.0	17,559.0	1,281.0	280.0	36.0	16.0	327.0	7,791.0	1,151.0	55.0
			F2				156.0	512.0	159.0	2,044.0	25,272.0	1,863.0	311.0	36.0	22.0	352.0	8,446.0	4,862.0	86.0
			F3		1		236.0	762.0	227.0	1,029.0	31,123.0	1,359.0	493.0	41.0	25.0	256.0	10,545.0	2,215.0	156.0
		P13.5	F1		1		24.0	35.0	26.0	1,230.0	430.0	952.0	20.0	35.0	3.9	152.0	3,569.0		21.0
			F2				108.0	353.0	309.0	779.0	34,282.0	1,987.0	313.0	19.0	14.0	319.0	14,268.0	1,338.0	85.0
			F3		1		175.0	689.0	265.0	758.0	36,103.0	1,900.0	515.0	27.0	24.0	321.0	11,993.0	2,981.0	288.0
		P14	F1		1		20.0	33.0		678.0	2,863.0	1,102.0	68.0	4.3	6.5	134.0	16,471.0	656.0	38.0
			F2				47.0	589.0	44.0	735.0	22,881.0	1,983.0	270.0	6.1	8.6	251.0	16,699.0	1,368.0	84.0
			F3		1		224.0	698.0	283.0	925.0	29,620.0	1,504.0	490.0	10.0	23.0	287.0	11,460.0	2,097.0	174.0
		P14.5	F1		1		33.0	152.0	79.0	1,102.0	8,514.0	1,342.0	162.0	23.0	18.0	159.0	5,540.0	1,474.0	30.0
			F2				140.0	487.0	122.0	1,470.0	24,200.0	2,189.0	347.0	11.0	12.0	522.0	14,404.0	1,498.0	83.0
			F3		1		135.0	530.0	161.0	1,282.0	26,087.0	1,835.0	493.0	7.8	42.0	211.0	12,291.0	1,887.0	143.0
		P15	F1		1		51.0	556.0	97.0	1,454.0	6,596.0	942.0	237.0	37.0	12.0	1,611.0	5,402.0	4,142.0	28.0
			F2				160.0	323.0	106.0	1,235.0	26,241.0	2,109.0	472.0	32.0	15.0	590.0	15,864.0	2,507.0	257.0
			F3		1		246.0	576.0	196.0	1,225.0	30,027.0	2,395.0	582.0	25.0	27.0	386.0	14,591.0	2,191.0	192.0
	P46	F1		1		357.0	1,719.0	126.0	1,124.0	10,658.0	1,105.0	186.0	26.0	10.0	466.0	4,597.0	622.0	360.0	
		F2				404.0	555.0	134.0	1,560.0	16,648.0	1,354.0	298.0	15.0	10.0	480.0	10,127.0	1,847.0	84.0	
		F3		1		305.0	735.0	261.0	923.0	27,217.0	1,628.0	445.0	25.0	22.0	280.0	10,022.0	2,048.0	196.0	
	P49	F1		1		3,183.0	1,512.0	67.0	1,728.0	13,310.0	1,961.0	200.0	16.0	29.0	361.0	18,166.0	1,329.0	196.0	
		F2				422.0	246.0	175.0	1,118.0	17,980.0	1,927.0	265.0	8.0	26.0	456.0	15,641.0	1,628.0	65.0	
		F3		1		271.0	437.0	114.0	771.0	25,733.0	1,985.0	409.0	11.0	19.0	340.0	15,575.0	2,113.0	146.0	
	M05	P10	F1		1		13.0	16.0	26.0	362.0	5,525.0	847.0	144.0	14.0	7.6	56.0	11,345.0	272.0	35.0
			F2				73.0	104.0	30.0	1,086.0	18,349.0	2,294.0	317.0	22.0	13.0	229.0	19,894.0	1,561.0	71.0
			F3		1		157.0	429.0	177.0	1,016.0	25,764.0	1,805.0	463.0	19.0	23.0	198.0	14,898.0	2,021.0	190.0
		P10.5	F1		1		49.0	127.0	28.0	1,960.0	16,556.0	1,436.0	349.0		8.7	106.0	10,769.0	1,189.0	52.0
					2		32.0	78.0	34.0	1,417.0	12,001.0	1,648.0	310.0	11.0	6.9	156.0	13,568.0	1,077.0	90.0
					3		321.0	8,502.0	90.0	3,706.0	8,830.0	1,002.0	205.0	7.4	8.6	75.0	7,017.0	828.0	60.0
		P11	F2				312.0	130.0	39.0	2,011.0	14,219.0	2,639.0	306.0	2.7	9.8	249.0	18,541.0	1,193.0	64.0
			F3		1		138.0	318.0	106.0	916.0	23,607.0	1,646.0	430.0	8.9	15.0	183.0	12,414.0	1,898.0	144.0
			F1		1			36.0	26.0		1,011.0	1,074.0	47.0	15.0		11,524.0	109.0	25.0	
		P6.5	F2					201.0	35.0		18,720.0	1,571.0	340.0	17.0	24.0		13,381.0	1,125.0	97.0
			F3		1			680.0	118.0		28,377.0	1,976.0	478.0	27.0	15.0		16,278.0	2,346.0	144.0
			F1		1		56.0	101.0	47.0	928.0	4,209.0	1,329.0	95.0	41.0	5.7	252.0	5,594.0	435.0	31.0
	P7	F2				112.0	164.0	40.0	585.0	22,357.0	2,093.0	370.0	12.0	10.0	265.0	19,209.0	2,291.0	89.0	
		F3		1		123.0	317.0	185.0	755.0	27,711.0	1,899.0	463.0	10.0	9.7	297.0	17,503.0	2,238.0	248.0	
		F1		1		19.0	6,075.0	57.0	2,668.0	10,008.0	1,417.0	148.0	19.0	11.0	97.0	7,213.0	388.0	13.0	
	P7.5	F2				77.0	109.0	58.0	562.0	19,744.0	1,174.0	333.0	12.0	8.5	156.0	10,317.0	1,941.0	65.0	
		F3		1		89.0	325.0	115.0	620.0	24,283.0	1,765.0	388.0	11.0	17.0	214.0	12,332.0	2,123.0	153.0	
		F1		1		49.0	141.0	37.0	1,103.0	16,429.0	1,845.0	325.0	22.0	10.0	134.0	13,232.0	1,205.0	70.0	
			F2			217.0	313.0	75.0	631.0	17,341.0	1,340.0	263.0	12.0	9.4	112.0	7,837.0	1,332.0	186.0	

VALORES OBTENIDOS POR CADA DISPARO. LA FRACCIÓN 1 HA SIDO SOMETIDA A VARIOS DISPAROS DEBIDO A QUE LAS PARTICULAS SON MÁS GRUESAS.

Promedio.						Elemento													
TIPO DE MUESTRA	Clúster	Jigo de mues	Fracción	Tipo de prueba	Disparo	Pb	Zn	Cu	S	Fe	Al	Mn	Nb	Ni	P	Si	Ti	Zr	
Polvo	M05	P7.5	F3		1	180.0	573.0	244.0	771.0	30,597.0	2,477.0	526.0	19.0	35.0	309.0	18,705.0	2,356.0	191.0	
			F1		1	16.0	953.0	16.0	301.0	4,269.0	917.0	115.0	8.1	6.7	119.0	7,587.0	498.0	783.0	
		P8	F1		2	35.0	57.0	21.0	536.0	3,490.0	1,032.0	74.0	36.0	7.0	227.0	4,407.0	469.0	49.0	
			F2			275.0	182.0	85.0	555.0	22,706.0	1,448.0	344.0	6.0	14.0	160.0	10,902.0	1,704.0	109.0	
			F3		1	105.0	468.0	129.0	641.0	29,079.0	1,709.0	513.0	7.5	14.0	179.0	11,674.0	2,306.0	188.0	
			P8.5	F1		1	68.0	95.0	51.0	722.0	19,317.0	2,644.0	377.0	5.4	19.0	240.0	19,817.0	1,676.0	74.0
	F1				2	30.0	105.0	74.0	1,494.0	25,035.0	1,735.0	576.0	16.0	38.0	164.0	12,170.0	1,780.0	106.0	
	F2					59.0	108.0	38.0	691.0	20,054.0	1,804.0	321.0	5.5	11.0	221.0	13,082.0	1,493.0	187.0	
	P9	F3		1	96.0	274.0	84.0	976.0	27,139.0	2,435.0	471.0	7.6	18.0	225.0	17,810.0	1,968.0	167.0		
		F1		1	38.0	35.0	19.0	540.0	9,493.0	1,992.0	178.0	14.0		167.0	11,678.0	1,226.0	58.0		
		F2			243.0	147.0	32.0	520.0	22,830.0	1,387.0	399.0	27.0	11.0	85.0	10,830.0	1,159.0	79.0		
	P9.5	F3		1	127.0	487.0	177.0	682.0	36,264.0	2,358.0	625.0	47.0	23.0	162.0	18,360.0	3,359.0	226.0		
		F1		1	17.0	49.0	28.0	691.0	12,789.0	1,665.0	426.0	17.0	7.5	167.0	15,524.0	1,219.0	19.0		
		F2			39.0	144.0	352.0	564.0	16,753.0	1,710.0	279.0	7.1	8.7	184.0	13,888.0	1,629.0	80.0		
	M07	P1	F3		1	108.0	362.0	106.0	863.0	23,167.0	2,306.0	450.0	9.8	17.0	248.0	16,711.0	2,074.0	135.0	
			F2		1	24.0	78.0	29.0	1,302.0	10,744.0	1,499.0	227.0	20.0	12.0	188.0	9,553.0	903.0	59.0	
			F3		1	49.0	66.0	59.0	750.0	12,433.0	1,523.0	268.0	18.0	15.0	118.0	8,981.0	1,273.0	20.0	
		P1.5	F1		1														
			F2			23.0	58.0	112.0	919.0	12,870.0	1,953.0	244.0	22.0	15.0	132.0	15,403.0	877.0	35.0	
			F3		1	128.0	800.0	583.0	1,759.0	71,073.0	4,626.0	1,181.0	56.0	49.0	413.0	33,021.0	6,133.0	303.0	
		P2	F1		1	11.0	49.0	26.0	379.0	13,324.0	1,422.0	215.0	9.6	9.0	138.0	7,223.0	996.0	41.0	
			F2			89.0	141.0	35.0	547.0	18,526.0	1,235.0	325.0	26.0	9.0	187.0	12,293.0	1,518.0	82.0	
			F3		1	150.0	298.0	101.0	814.0	34,751.0	2,652.0	555.0	40.0	26.0	240.0	18,140.0	3,423.0	332.0	
		P2.5	F1		1	17.0	100.0	21.0	786.0	7,178.0	1,127.0	186.0	14.0		120.0	9,944.0	662.0	36.0	
			F2			55.0	168.0	35.0	884.0	27,119.0	1,771.0	331.0	12.0	9.7	149.0	18,104.0	1,313.0	112.0	
			F3		1	128.0	477.0	153.0	789.0	27,210.0	1,509.0	487.0	16.0	21.0	159.0	11,178.0	2,304.0	214.0	
		P3	F1		1	11.0	25.0	21.0	454.0	2,983.0	1,237.0	71.0	14.0	6.1	71.0	7,745.0	900.0	52.0	
			F2			126.0	272.0	42.0	606.0	18,219.0	1,593.0	284.0	19.0	13.0	194.0	15,035.0	1,575.0	88.0	
			F3		1	110.0	406.0	107.0	681.0	25,747.0	1,382.0	437.0	14.0	17.0	151.0	11,861.0	1,872.0	220.0	
		P3.5	F1		1	68.0	219.0	44.0	603.0	21,369.0	1,576.0	476.0	18.0	15.0	154.0	9,054.0	1,705.0	107.0	
			F2			562.0	189.0	75.0	554.0	22,533.0	1,299.0	329.0	15.0	11.0	170.0	11,745.0	1,655.0	67.0	
			F3		1	115.0	443.0	114.0	671.0	26,412.0	1,538.0	417.0	22.0	23.0	225.0	10,328.0	2,058.0	187.0	
	P4	F1		1	431.0	64.0	23.0	386.0	11,975.0	968.0	219.0	15.0	19.0	90.0	7,417.0	1,448.0	141.0		
		F2			48.0	100.0	31.0	500.0	18,427.0	1,626.0	284.0	10.0	12.0	114.0	14,132.0	1,632.0	74.0		
		F3		1	111.0	321.0	128.0	565.0	28,780.0	1,459.0	449.0	16.0	21.0	120.0	9,002.0	2,114.0	183.0		
	P4.5	F1		1	10.0	6.4	8.9	284.0	348.0	938.0	8.7	10.0		48.0	3,302.0		6.9		
		F2			102.0	103.0	55.0	683.0	21,339.0	1,855.0	358.0	11.0	8.0	139.0	15,731.0	1,977.0	136.0		
		F3		1	111.0	340.0	165.0	672.0	29,754.0	1,923.0	543.0	15.0	19.0	212.0	13,358.0	2,228.0	188.0		
	P5	F2			122.0	131.0	67.0	1,094.0	35,330.0	2,333.0	458.0	37.0	20.0	196.0	18,258.0	2,672.0	138.0		
		F3		1	156.0	483.0	181.0	804.0	34,880.0	2,200.0	537.0	38.0	25.0	173.0	12,483.0	2,850.0	275.0		
	P5.5	F1		1	3.0	20.0	11.0	332.0	5,146.0	871.0	156.0			46.0	4,852.0	408.0	22.0		
		F2			128.0	150.0	1,983.0	730.0	20,915.0	1,659.0	327.0	18.0	8.5	167.0	11,104.0	1,663.0	76.0		
F3			1	141.0	412.0	190.0	717.0	26,078.0	1,830.0	439.0	15.0	25.0	222.0	11,745.0	2,063.0	192.0			

VALORES OBTENIDOS POR CADA DISPARO. LA FRACCIÓN 1 HA SIDO SOMETIDA A VARIOS DISPAROS DEBIDO A QUE LAS PARTICULAS SON MÁS GRUESAS.

Promedio.						Elemento														
TIPO DE MUESTRA	Clúster	Ídigo de mues	Fracción	Tipo de prueba	Disparo	Pb	Zn	Cu	S	Fe	Al	Mn	Nb	Ni	P	Si	Ti	Zr		
Polvo	M07	P6	F1		1	30.0	113.0	44.0	773.0	19,835.0	1,162.0	391.0	17.0	23.0	117.0	8,233.0	3,725.0	141.0		
			F2			75.0	128.0	47.0	618.0	22,457.0	2,110.0	329.0	11.0	7.8	322.0	17,754.0	1,996.0	73.0		
			F3		1	116.0	488.0	145.0	836.0	22,715.0	1,515.0	416.0	17.0	39.0	255.0	11,708.0	2,026.0	123.0		
	ZC	P77	F1		1	20.0	71.0	37.0	929.0	20,244.0	1,568.0	462.0	21.0	17.0	132.0	11,953.0	2,322.0	159.0		
			F2			31.0	56.0	24.0	623.0	24,208.0	1,500.0	406.0	28.0	9.8	83.0	12,372.0	2,589.0	88.0		
			F3		1	73.0	246.0	90.0	783.0	48,120.0	1,606.0	740.0	45.0	26.0	141.0	8,731.0	4,243.0	505.0		
		P78	F1		1	53.0	298.0	100.0	1,269.0	14,122.0	1,578.0	302.0	34.0	13.0	251.0	6,851.0	1,647.0	38.0		
			F2			50.0	208.0	55.0	863.0	20,791.0	1,310.0	417.0	29.0	17.0	202.0	10,426.0	1,627.0	148.0		
			F3		1	67.0	319.0	108.0	774.0	28,392.0	1,830.0	499.0	39.0	21.0	188.0	11,281.0	2,209.0	195.0		
		P80	F1		1	22.0	74.0	66.0	585.0	14,949.0	1,350.0	290.0	21.0	12.0	134.0	9,286.0	998.0	26.0		
			F2			41.0	214.0	62.0	1,177.0	11,403.0	985.0	303.0	18.0	9.4	131.0	7,051.0	983.0	57.0		
			F3		1	66.0	363.0	81.0	946.0	23,963.0	1,586.0	436.0	13.0	13.0	201.0	11,612.0	2,031.0	143.0		
S-Superficial	AC	S16	F1		1	18.0	89.0	28.0	1,316.0	14,763.0	1,721.0	284.0			349.0	7,338.0	1,300.0	42.0		
					2	19.0	83.0	35.0	1,214.0	20,009.0	1,841.0	353.0		12.0	324.0	8,006.0	1,505.0	52.0		
					3	109.0	171.0	63.0	1,109.0	18,594.0	1,484.0	375.0	3.9		142.0	4,682.0	1,107.0	33.0		
				1	17.0	54.0	9.2	1,845.0	4,770.0	1,044.0	79.0	7.9	5.2	462.0	811.0	548.0	41.0			
				2	15.0	68.0	20.0	674.0	13,311.0	1,272.0	259.0	3.2	13.0	64.0	3,386.0	1,002.0	33.0			
				3	18.0	42.0	20.0	1,516.0	14,399.0	1,174.0	261.0	6.9	7.1	63.0	1,173.0	1,025.0	28.0			
				4	14.0	72.0	28.0	827.0	14,047.0	1,644.0	253.0	3.2	5.5	158.0	7,303.0	1,589.0	84.0			
				5	24.0	60.0	57.0	766.0	22,778.0	1,438.0	400.0	10.0	12.0	63.0	4,130.0	1,083.0	42.0			
				F2				41.0	83.0	37.0	1,968.0	12,862.0	1,698.0	260.0	3.8	6.7	192.0	6,020.0	1,285.0	47.0
				F3		1		85.0	208.0	93.0	1,114.0	16,255.0	1,193.0	280.0	7.7	12.0	106.0	4,602.0	1,606.0	117.0
				S17	F1		1	198.0	723.0	1,214.0	2,186.0	94,408.0	1,851.0	386.0	25.0	29.0	153.0	5,747.0	438.0	71.0
						2	24.0	23.0	17.0	791.0	2,259.0	1,128.0	27.0	14.0		103.0	19,465.0		52.0	
						3	372.0	924.0	1,012.0	1,763.0	89,020.0	2,113.0	1,016.0	20.0	43.0	129.0	4,021.0	692.0	70.0	
						1	455.0	885.0	1,086.0	2,803.0	66,800.0	1,481.0	644.0	14.0	50.0	325.0	762.0	829.0	64.0	
						2	84.0	695.0	205.0	1,201.0	25,666.0	1,440.0	475.0		15.0	104.0	4,624.0	2,003.0	31.0	
				3	350.0	1,492.0	2,345.0	2,108.0	196,297.0	2,253.0	1,279.0	24.0	364.0	189.0	5,166.0	776.0	80.0			
				4	84.0	260.0	106.0	607.0	5,657.0	620.0	59.0	6.3			1,327.0		15.0			
				5	424.0	902.0	987.0	2,202.0	83,522.0	1,542.0	848.0	7.5	73.0	105.0	3,647.0	432.0	39.0			
			F2			580.0	1,767.0	1,466.0	1,430.0	42,624.0	1,728.0	434.0	5.5	45.0	152.0	4,536.0	2,797.0	61.0		
			F3		1	1,518.0	3,743.0	4,505.0	3,409.0	52,930.0	2,081.0	640.0	8.1	112.0	227.0	5,707.0	1,744.0	193.0		
		S18	F1		1	247.0	1,083.0	250.0	3,080.0	20,294.0	1,922.0	426.0	4.5	6.4	178.0	7,770.0	1,900.0	109.0		
				2	120.0	665.0	186.0	1,950.0	8,684.0	1,514.0	177.0		5.9	120.0	4,703.0	858.0	51.0			
				3	267.0	830.0	185.0	3,124.0	9,816.0	1,197.0	224.0	3.6		292.0	1,006.0	798.0	61.0			
				4	145.0	673.0	103.0	1,215.0	13,330.0	1,013.0	191.0	2.9	9.6	79.0	2,036.0	592.0	12.0			
				5	910.0	2,675.0	443.0	2,787.0	14,291.0	1,608.0	247.0	4.3		126.0	5,014.0	792.0	54.0			
			F2			614.0	1,713.0	959.0	2,457.0	11,405.0	1,912.0	286.0	5.7	17.0	226.0	8,758.0	1,134.0	58.0		
			F3		1	1,561.0	4,433.0	1,345.0	3,723.0	20,198.0	1,389.0	480.0	6.5	9.2	199.0	6,784.0	1,380.0	95.0		
	S19	F1		1	307.0	1,264.0	453.0	2,865.0	8,196.0	1,126.0	218.0	7.8	5.9	393.0	885.0	748.0	57.0			
			2	595.0	2,002.0	776.0	3,048.0	13,811.0	1,431.0	296.0	8.3	9.5	375.0	790.0	778.0	64.0				
			3	302.0	1,017.0	364.0	2,124.0	8,240.0	1,697.0	252.0	9.8		407.0	6,187.0	952.0	72.0				
			1	905.0	2,299.0	538.0	1,624.0	10,503.0	1,563.0	327.0	26.0	13.0	244.0	3,994.0	882.0	51.0				

VALORES OBTENIDOS POR CADA DISPARO. LA FRACCIÓN 1 HA SIDO SOMETIDA A VARIOS DISPAROS DEBIDO A QUE LAS PARTICULAS SON MÁS GRUESAS.

Promedio.						Elemento																
TIPO DE MUESTRA	Clúster	Jigo de mues	Fracción	Tipo de prueba	Disparo	Pb	Zn	Cu	S	Fe	Al	Mn	Nb	Ni	P	Si	Ti	Zr				
S-Superficial	AC	S19	F1		2	301.0	1,408.0	509.0	1,793.0	22,629.0	1,755.0	489.0	6.3	12.0	252.0	5,699.0	1,428.0	62.0				
					3	143.5	486.5	179.0	1,448.5	10,134.5	1,128.5	215.0	13.5	5.7	318.5	1,899.0	778.0	41.0				
					4	451.0	3,467.0	609.0	2,621.0	42,263.0	1,702.0	479.0	17.0	23.0	470.0	825.0	553.0	111.0				
			F2		1,285.0	3,849.0	907.0	1,535.0	13,654.0	1,540.0	355.0	4.1	6.1	212.0	4,011.0	1,332.0	58.0					
				1	2,616.0	7,967.0	2,937.0	2,888.0	24,337.0	1,535.0	585.0	6.2		285.0	5,317.0	1,451.0	122.0					
		S20	F1	1	276.0	931.0	778.0	1,333.0	19,245.0	1,740.0	474.0		8.9	101.0	7,115.0	1,585.0	65.0					
				2	111.0	639.0	429.0	1,037.0	17,902.0	1,783.0	430.0	4.3		71.0	5,251.0	1,362.0	54.0					
				3	232.0	648.0	502.0	919.0	17,982.0	1,607.0	252.0		5.9	71.0	3,817.0	1,140.0	40.0					
				1	103.0	329.0	277.0	895.0	17,697.0	1,737.0	464.0	5.6	15.0	85.0	5,486.0	1,563.0	73.0					
				2	111.0	315.0	260.0	1,707.0	20,484.0	2,072.0	534.0		7.7	73.0	5,228.0	1,680.0	81.0					
		S21	F2			3	66.0	215.0	166.0	2,375.0	11,655.0	1,346.0	216.0	2.9	6.6	218.0	1,434.0	958.0	46.0			
						4	56.0	265.0	157.0	2,606.0	13,292.0	1,205.0	178.0	2.9	5.2	229.0	1,010.0	1,089.0	94.0			
						5	98.0	339.0	282.0	723.0	17,597.0	1,602.0	423.0		11.0	88.0	5,486.0	1,435.0	53.0			
						F2		233.0	424.0	302.0	820.0	16,500.0	1,459.0	388.0	3.9	7.4	83.0	6,604.0	1,412.0	60.0		
						F3	1	1,212.0	4,616.0	4,249.0	1,808.0	35,085.0	1,808.0	845.0	22.0	15.0	119.0	7,668.0	2,450.0	142.0		
	S22		F1	1	126.0	362.0	454.0	1,323.0	31,952.0	1,943.0	605.0	11.0	18.0	176.0	6,266.0	3,163.0	115.0					
				2	112.0	332.0	326.0	1,484.0	36,880.0	1,946.0	754.0	8.5	37.0	163.0	6,373.0	2,128.0	58.0					
				3	177.0	369.0	378.0	1,600.0	40,042.0	1,738.0	451.0		19.0	147.0	6,628.0	1,543.0	57.0					
				1	473.0	1,037.0	685.0	2,240.0	47,189.0	2,154.0	440.0	22.0	19.0	158.0	6,761.0	1,315.0	99.0					
				2	147.0	269.0	370.0	1,142.0	31,420.0	1,876.0	368.0	9.9	48.0	153.0	10,181.0	1,808.0	44.0					
				3	101.0	214.0	198.0	1,143.0	16,038.0	1,702.0	437.0	12.0	23.0	86.0	7,134.0	2,522.0	73.0					
				4	59.0	123.0	141.0	1,769.0	16,383.0	1,110.0	179.0	12.0	14.0	110.0	580.0	876.0	43.0					
				5	101.0	222.0	189.0	1,069.0	21,687.0	1,792.0	472.0	4.3	20.0	137.0	9,675.0	1,612.0	60.0					
				F2		358.0	650.0	320.0	1,352.0	12,381.0	1,483.0	243.0		16.0	108.0	7,549.0	1,194.0	52.0				
				F3	1	1,601.0	3,619.0	2,730.0	2,652.0	26,145.0	1,756.0	488.0	4.9	11.0	165.0	7,455.0	1,924.0	238.0				
	S23	F1			1	145.0	533.0	257.0	1,520.0	17,211.0	1,471.0	328.0	3.1	9.1	123.0	4,533.0	1,135.0	65.0				
					2	475.0	1,145.0	2,420.0	1,990.0	18,992.0	1,867.0	504.0		9.7	129.0	4,514.0	1,408.0	98.0				
					3	391.0	1,033.0	572.0	2,061.0	16,236.0	1,617.0	402.0	3.1	12.0	126.0	5,322.0	1,261.0	35.0				
					1	357.0	785.0	625.0	1,827.0	13,122.0	1,510.0	418.0	6.0	13.0	77.0	4,603.0	1,077.0	97.0				
					2	185.0	604.0	194.0	1,413.0	4,189.0	1,562.0	116.0	13.0	5.3	119.0	4,108.0	382.0	35.0				
S23		F1			3	160.0	606.0	275.0	2,369.0	8,079.0	924.0	167.0	12.0	4.7	250.0	680.0	689.0	67.0				
					4	305.0	735.0	394.0	2,136.0	12,946.0	1,521.0	293.0		9.7	145.0	4,720.0	1,129.0	43.0				
					5	140.0	491.0	282.0	1,513.0	8,556.0	1,527.0	240.0		8.7	105.0	4,723.0	1,084.0	69.0				
					F2		368.0	1,009.0	490.0	1,190.0	13,745.0	1,219.0	262.0	2.9	8.6	61.0	2,626.0	1,141.0	55.0			
					F3	1	675.0	2,369.0	1,238.0	2,882.0	21,979.0	1,665.0	411.0	6.8	14.0	160.0	6,340.0	1,672.0	134.0			
					S23	F1			1	69.0	177.0	89.0	1,533.0	7,309.0	1,871.0	276.0	17.0		288.0	4,815.0	618.0	22.0
									2	39.0	128.0	72.0	1,245.0	5,955.0	1,534.0	124.0	14.0	4.8	251.0	4,096.0	670.0	21.0
									3	145.0	309.0	73.0	2,754.0	4,665.0	1,117.0	124.0	8.5		396.0	598.0	386.0	42.0
									1	68.0	260.0	108.0	1,483.0	10,384.0	1,793.0	278.0		7.4	307.0	4,811.0	659.0	19.0
									2	64.0	244.0	104.0	1,146.0	18,807.0	1,659.0	414.0			302.0	4,078.0	1,175.0	31.0
S23	F1			3	33.0	153.0	64.0	2,413.0	8,217.0	1,436.0	259.0	3.5	8.7	361.0	3,853.0	758.0	50.0					
				4	51.0	168.0	86.0	2,552.0	11,191.0	1,474.0	232.0	5.3		583.0	774.0	461.0	15.0					
				5	74.0	242.0	134.0	1,347.0	14,216.0	1,880.0	279.0		11.0	342.0	5,335.0	898.0	22.0					

VALORES OBTENIDOS POR CADA DISPARO. LA FRACCIÓN 1 HA SIDO SOMETIDA A VARIOS DISPAROS DEBIDO A QUE LAS PARTICULAS SON MÁS GRUESAS.

Promedio.		Elemento																
TIPO DE MUESTRA	Clúster	Ídigo de mues	Fracción	Tipo de prueba	Disparo	Pb	Zn	Cu	S	Fe	Al	Mn	Nb	Ni	P	Si	Ti	Zr
S-Superficial	AC	S23	F2			139.0	377.0	162.0	1,831.0	14,486.0	1,856.0	275.0	4.5	9.7	378.0	5,356.0	1,750.0	32.0
			F3	1	277.0	1,033.0	499.0	2,372.0	23,272.0	1,716.0	449.0	10.0	11.0	471.0	5,900.0	1,528.0	120.0	
			F1	1	397.0	1,686.0	218.0	2,130.0	21,394.0	1,559.0	351.0		8.8	305.0	6,176.0	1,716.0	44.0	
		S24		2	68.0	237.0	95.0	1,288.0	11,659.0	1,686.0	263.0	5.2	10.0	268.0	7,619.0	718.0	53.0	
				3	2,772.0	6,815.0	995.0	1,959.0	16,585.0	1,516.0	347.0	5.1	11.0	230.0	3,922.0	1,046.0	76.0	
				1	154.0	467.0	153.0	1,630.0	7,618.0	1,519.0	161.0	33.0	5.6	257.0	3,661.0	626.0	48.0	
				2	118.0	397.0	171.0	1,151.0	13,874.0	1,521.0	218.0	23.0	14.0	232.0	4,479.0	860.0	58.0	
				3	94.0	338.0	104.0	2,381.0	13,888.0	1,204.0	308.0	8.7	42.0	263.0	1,022.0	858.0	31.0	
				4	89.0	346.0	114.0	2,234.0	5,227.0	1,278.0	145.0	17.0	9.4	190.0	1,771.0	455.0	18.0	
			5	31.0	96.0	20.0	966.0	4,742.0	916.0	123.0	3.5		52.0	330.0	301.0	29.0		
			F2		524.0	1,031.0	399.0	1,508.0	14,668.0	1,743.0	306.0	5.9	14.0	434.0	6,116.0	1,566.0	77.0	
			F3	1	725.0	1,827.0	539.0	1,269.0	21,897.0	1,411.0	404.0	7.5	20.0	358.0	6,769.0	1,451.0	141.0	
		S25	F1	1	51.0	216.0	79.0	510.0	13,774.0	1,486.0	337.0		8.6	231.0	6,839.0	1,400.0	108.0	
				2	151.0	562.0	248.0	527.0	20,376.0	1,716.0	433.0	5.2	13.0	253.0	7,953.0	2,003.0	89.0	
				3	37.0	149.0	62.0	418.0	10,396.0	1,411.0	220.0	2.5	6.0	143.0	4,667.0	1,232.0	68.0	
			1	39.0	172.0	49.0	295.0	14,617.0	1,292.0	289.0		5.4	94.0	3,648.0	818.0	57.0		
			2	32.0	157.0	60.0	486.0	14,638.0	1,351.0	139.0		6.4	145.0	5,082.0	944.0	47.0		
			3	30.0	129.0	46.0	2,269.0	12,971.0	1,238.0	236.0	4.4	6.9	278.0	905.0	1,115.0	171.0		
			4	55.0	219.0	71.0	632.0	29,722.0	2,523.0	1,150.0	5.2	16.0	311.0	12,512.0	2,241.0	171.0		
			5	107.0	279.0	79.0	441.0	18,583.0	1,750.0	317.0	2.8	10.0	186.0	8,216.0	1,160.0	90.0		
			F2		159.0	467.0	173.0	493.0	15,000.0	1,483.0	299.0	5.1	6.0	186.0	6,355.0	1,598.0	65.0	
			F3	1	180.5	502.0	179.5	838.5	19,800.0	1,634.0	394.5	15.0	14.0	231.5	6,731.5	1,854.5	138.0	
	S61		F1	1	29.0	111.0	47.0	3,049.0	15,566.0	1,322.0	251.0			102.0	3,977.0	1,070.0	63.0	
				2	17.0	356.0	17.0	3,090.0	9,725.0	1,425.0	196.0			98.0	6,286.0	781.0	98.0	
				3	19.0	64.0	20.0	2,333.0	9,582.0	1,404.0	192.0			81.0	3,981.0	1,017.0	58.0	
				1	15.0	62.0	18.0	2,478.0	13,272.0	1,886.0	355.0		6.7	108.0	6,397.0	779.0	36.0	
				2	43.0	110.0	46.0	1,865.0	29,830.0	1,176.0	323.0	7.2	9.1	121.0	3,684.0	1,205.0	135.0	
			3	40.0	137.0	50.0	3,872.0	11,794.0	1,562.0	267.0	3.0	10.0	101.0	5,272.0	920.0	47.0		
			4	29.0	91.0	32.0	2,826.0	12,599.0	1,017.0	162.0	5.2	8.3	288.0	586.0	669.0	30.0		
			5	14.0	40.0	12.0	2,819.0	3,667.0	1,050.0	85.0	3.4		54.0	5,449.0	379.0	32.0		
			F2		96.0	490.0	59.0	3,217.0	21,817.0	1,411.0	327.0		11.0	130.0	4,375.0	1,684.0	56.0	
			F3	1	100.0	304.0	77.0	4,487.0	15,905.0	1,127.0	332.0	11.0	11.0	107.0	3,846.0	1,213.0	90.0	
		S81	F1	1	705.0	2,991.0	1,115.0	1,920.0	17,645.0	1,673.0	429.0	10.0	20.0	238.0	6,575.0	1,233.0	78.0	
2				852.0	3,518.0	1,246.0	1,761.0	14,352.0	1,508.0	413.0	15.0	12.0	261.0	5,831.0	1,096.0	46.0		
3				1,316.0	4,187.0	1,594.0	2,267.0	18,446.0	1,949.0	478.0	21.0	14.0	321.0	7,552.0	1,680.0	82.0		
			1	1,072.0	3,359.0	1,548.0	2,495.0	17,617.0	1,685.0	466.0	33.0	30.0	215.0	5,735.0	1,147.0	59.0		
			2	54.0	203.0	86.0	1,222.0	1,961.0	1,537.0	57.0	13.0	8.5	135.0	3,410.0	216.0	13.0		
	3		144.0	861.0	274.0	1,461.0	9,532.0	888.0	178.0	8.8		45.0	512.0	591.0	73.0			
	4		369.0	1,409.0	578.0	1,132.0	8,455.0	959.0	274.0	18.0	11.0	120.0	2,603.0	597.0	30.0			
	5		618.0	2,317.0	934.0	3,562.0	13,057.0	1,091.0	360.0	21.0	9.8	131.0	4,437.0	953.0	38.0			
	F2			1,347.0	3,461.0	1,466.0	1,353.0	13,690.0	1,567.0	375.0	15.0	8.6	203.0	4,993.0	953.0	56.0		
	F3		1	1,600.0	6,097.0	2,049.0	1,301.0	23,129.0	1,579.0	535.0	44.0	18.0	194.0	4,848.0	1,532.0	106.0		
A03	S26		F1		1	118.0	277.0	78.0	1,417.0	16,935.0	1,601.0	360.0	6.3	13.0	144.0	4,870.0	1,564.0	87.0

VALORES OBTENIDOS POR CADA DISPARO. LA FRACCIÓN 1 HA SIDO SOMETIDA A VARIOS DISPAROS DEBIDO A QUE LAS PARTICULAS SON MÁS GRUESAS.

Promedio.						Elemento													
TIPO DE MUESTRA	Clúster	Jigo de mues	Fracción	Tipo de prueba	Disparo	Pb	Zn	Cu	S	Fe	Al	Mn	Nb	Ni	P	Si	Ti	Zr	
S-Superficial	A03	S26	F1	2	97.0	385.0	170.0	5,220.0	11,381.0	1,576.0	251.0			11.0	168.0	5,513.0	1,531.0	16.0	
				3	52.0	134.0	39.0	1,493.0	13,015.0	1,697.0	227.0	5.2	6.5	132.0	4,499.0	1,728.0	83.0		
				1	77.0	124.0	58.0	2,585.0	10,084.0	1,096.0	253.0		11.0	276.0	1,276.0	919.0	41.0		
				2	83.0	259.0	110.0	1,956.0	23,798.0	2,096.0	434.0		9.6	300.0	6,179.0	1,373.0	70.0		
				3	162.0	532.0	109.0	2,799.0	13,252.0	1,255.0	251.0	8.1	14.0	575.0	873.0	974.0	52.0		
		4	36.0	88.0	45.0	1,539.0	10,171.0	1,600.0	183.0	2.9	11.0	159.0	6,777.0	814.0	51.0				
		5	44.0	152.0	68.0	1,602.0	13,370.0	2,337.0	322.0		12.0	135.0	6,608.0	1,145.0	44.0				
					F2		174.0	389.0	103.0	2,747.0	15,086.0	1,580.0	281.0	3.7	7.7	193.0	6,488.0	1,383.0	83.0
					F3	1	367.0	1,180.0	261.0	3,375.0	23,373.0	1,716.0	396.0	9.3	15.0	224.0	6,716.0	1,838.0	151.0
				S27	F1	1	31.0	73.0	42.0	608.0	14,696.0	1,933.0	328.0		13.0	109.0	7,998.0	1,173.0	88.0
					2	16.0	69.0	15.0	679.0	16,678.0	1,658.0	303.0		17.0	128.0	6,165.0	1,043.0	92.0	
					3	27.0	49.0	72.0	696.0	8,823.0	1,690.0	188.0		6.5	156.0	10,726.0	1,251.0	60.0	
					1	98.0	69.0	72.0	2,470.0	23,159.0	1,517.0	177.0		8.4	260.0	1,580.0	1,043.0	142.0	
					2	35.0	57.0	57.0	633.0	12,296.0	1,646.0	259.0		11.0	92.0	8,402.0	961.0	76.0	
					3	47.0	83.0	48.0	1,157.0	18,272.0	2,240.0	329.0		18.0	121.0	8,085.0	1,390.0	97.0	
					4	45.0	178.0	83.0	2,561.0	25,404.0	1,200.0	423.0	6.1	35.0	345.0	1,015.0	1,534.0	53.0	
					5	44.0	116.0	119.0	663.0	19,515.0	2,106.0	364.0		24.0	121.0	7,356.0	2,496.0	122.0	
				F2		50.0	94.0	90.0	498.0	20,152.0	1,756.0	353.0	3.1	12.0	73.0	5,286.0	1,464.0	91.0	
				F3	1	130.0	381.0	144.0	931.0	20,714.0	1,769.0	414.0	7.8	12.0	102.0	6,333.0	1,509.0	100.0	
			S29	F1	1	43.0	91.0	56.0	541.0	14,913.0	1,434.0	278.0		5.6	125.0	4,506.0	1,381.0	94.0	
					2	87.0	135.0	66.0	1,034.0	18,690.0	1,371.0	517.0	7.2	20.0	173.0	6,755.0	1,553.0	86.0	
					3	52.0	81.0	108.0	655.0	11,860.0	1,424.0	382.0		6.5	119.0	4,933.0	912.0	58.0	
					1	123.0	218.0	97.0	1,056.0	15,308.0	1,907.0	316.0		7.8	114.0	6,748.0	1,336.0	68.0	
					2	48.0	102.0	65.0	703.0	13,056.0	1,899.0	222.0	3.9	9.0	117.0	5,511.0	987.0	87.0	
					3	33.0	79.0	18.0	854.0	9,257.0	1,336.0	258.0		6.8	82.0	8,123.0	737.0	60.0	
					4	18.0	38.0	26.0	2,046.0	4,949.0	1,050.0	146.0	2.9	4.8	139.0	636.0	555.0	38.0	
					5	177.0	171.0	69.0	784.0	8,485.0	1,525.0	227.0	2.2	5.4	97.0	4,967.0	696.0	37.0	
				F2		191.0	153.0	82.0	687.0	14,440.0	1,693.0	305.0	3.8	8.2	106.0	4,844.0	1,260.0	70.0	
				F3	1	258.0	559.0	234.0	1,375.0	22,979.0	1,603.0	448.0	11.0	13.0	158.0	8,714.0	1,977.0	136.0	
			S31	F1	1	424.0	921.0	484.0	938.0	20,237.0	1,136.0	422.0	3.0	7.0	148.0	4,667.0	1,573.0	149.0	
					2	172.0	355.0	190.0	732.0	10,814.0	914.0	153.0	0.0	12.0	112.0	8,451.0	805.0	46.0	
					3	532.0	1,319.0	536.0	809.0	21,300.0	1,343.0	412.0	8.0	16.0	126.0	4,156.0	1,460.0	151.0	
					4	87.0	247.0	79.0	799.0	6,779.0	1,141.0	135.0	6.0	7.0	110.0	7,026.0	1,148.0	74.0	
					5	303.0	682.0	301.0	2,363.0	16,235.0	988.0	282.0	0.0	8.0	269.0	891.0	1,093.0	60.0	
					6	408.0	929.0	535.0	596.0	15,135.0	1,325.0	263.0	5.0	11.0	92.0	3,165.0	1,093.0	55.0	
					7	458.0	916.0	569.0	600.0	19,181.0	1,302.0	309.0	5.0	15.0	96.0	3,196.0	1,336.0	53.0	
					8	193.0	440.0	191.0	2,336.0	10,329.0	1,047.0	181.0	11.0	8.0	318.0	735.0	858.0	49.0	
					9	347.0	853.0	369.0	540.0	14,924.0	1,346.0	238.0	0.0	0.0	77.0	2,978.0	1,176.0	71.0	
					10	315.0	500.0	345.0	2,616.0	14,560.0	1,164.0	250.0	4.0	14.0	304.0	698.0	1,060.0	59.0	
				F2		380.8	615.1	340.5	1,824.9	15,033.0	1,112.7	275.0	6.2	9.7	198.4	2,412.4	992.4	70.0	
			F3	1	1,049.0	1,500.0	1,141.0	972.0	26,548.0	1,399.0	414.0	6.0	9.0	136.0	3,942.0	1,725.0	217.0		
				2	985.0	1,940.0	959.0	1,315.0	26,681.0	1,523.0	417.0	6.0	15.0	198.0	6,868.0	1,853.0	167.0		
				3	964.0	1,566.0	889.0	1,118.0	25,124.0	1,430.0	410.0	5.0	10.0	163.0	5,127.0	1,564.0	180.0		

VALORES OBTENIDOS POR CADA DISPARO. LA FRACCIÓN 1 HA SIDO SOMETIDA A VARIOS DISPAROS DEBIDO A QUE LAS PARTICULAS SON MÁS GRUESAS.

Promedio.						Elemento															
TIPO DE MUESTRA	Clúster	Jugo de mues	Fracción	Tipo de prueba	Disparo	Pb	Zn	Cu	S	Fe	Al	Mn	Nb	Ni	P	Si	Ti	Zr			
S-Superficial	A03	S31	F3		4	852.0	1,358.0	899.0	1,996.0	22,812.0	1,138.0	364.0	10.0	10.0	216.0	588.0	1,273.0	173.0			
					5	1,002.0	1,848.0	994.0	1,653.0	26,058.0	1,608.0	435.0	8.0	17.0	142.0	3,034.0	1,704.0	188.0			
					S32	F1	1	17.0	77.0	109.0	918.0	16,613.0	1,904.0	430.0		9.3	114.0	7,294.0	1,503.0	21.0	
							2	28.0	120.0	65.0	921.0	18,496.0	1,541.0	390.0	13.0	21.0	115.0	5,499.0	1,362.0	41.0	
							3	20.0	64.0	27.0	503.0	33,426.0	1,937.0	457.0		14.0	113.0	4,660.0	615.0	81.0	
		1	86.0	76.0	53.0	533.0	19,681.0	1,779.0	320.0	6.9	12.0	118.0	8,245.0	1,125.0	119.0						
		2	36.0	120.0	34.0	1,016.0	18,037.0	1,655.0	411.0		11.0	133.0	8,366.0	1,408.0	91.0						
		3	11.0	22.0	17.0	1,351.0	6,306.0	878.0	110.0	6.1	5.3	120.0	445.0	613.0	32.0						
		4	14.0	38.0	32.0	759.0	11,335.0	1,108.0	218.0	6.1	11.0	66.0	4,576.0	776.0	43.0						
		5	38.0	96.0	44.0	635.0	35,806.0	2,097.0	451.0	4.1	9.2	101.0	6,837.0	1,502.0	197.0						
		S63			F2		1	60.0	113.0	43.0	607.0	21,614.0	1,755.0	495.0	7.4	14.0	123.0	8,108.0	1,110.0	89.0	
							F3	1	187.0	341.0	210.0	671.0	22,614.0	1,632.0	508.0	6.9	16.0	124.0	7,731.0	2,158.0	201.0
								F1	1	25.0	85.0	37.0	2,066.0	13,134.0	955.0	258.0	0.0	23.0	144.0	734.0	766.0
							2		46.0	173.0	72.0	480.0	28,691.0	1,531.0	564.0	0.0	55.0	110.0	7,133.0	1,631.0	53.0
							3		23.0	112.0	27.0	408.0	20,868.0	1,525.0	475.0	4.0	26.0	87.0	5,254.0	1,033.0	34.0
	4		17.0	99.0	44.0	367.0	15,008.0	1,498.0	495.0	0.0	17.0	94.0	6,017.0	1,120.0	87.0						
	5		12.0	75.0	29.0	285.0	12,671.0	1,164.0	242.0	0.0	16.0	84.0	5,088.0	784.0	21.0						
	6		14.0	82.0	45.0	2,209.0	17,002.0	934.0	368.0	0.0	38.0	493.0	737.0	1,013.0	49.0						
	7		23.0	251.0	56.0	627.0	23,403.0	1,717.0	407.0	5.0	33.0	143.0	10,491.0	1,579.0	88.0						
	8		19.0	119.0	44.0	460.0	14,782.0	1,297.0	333.0	0.0	26.0	72.0	5,987.0	1,310.0	42.0						
	9		15.0	79.0	38.0	252.0	15,561.0	1,084.0	255.0	0.0	20.0	0.0	3,417.0	1,007.0	45.0						
	10		27.0	163.0	180.0	1,596.0	55,142.0	1,781.0	556.0	4.0	24.0	231.0	2,357.0	1,330.0	159.0						
	F2		1	40.1	154.0	50.7	1,126.2	16,934.3	1,192.1	322.4	3.4	19.0	130.3	3,574.3	1,109.1	72.6					
			F3	1	83.0	267.0	133.0	844.0	22,197.0	1,690.0	416.0	5.0	18.0	117.0	7,994.0	1,665.0	102.0				
	2			89.0	299.0	150.0	860.0	23,245.0	1,794.0	424.0	7.0	23.0	118.0	8,188.0	1,766.0	108.0					
	3	107.0		271.0	160.0	999.0	23,761.0	1,885.0	420.0	7.0	28.0	132.0	8,695.0	1,614.0	129.0						
	4	81.0	317.0	131.0	2,385.0	19,992.0	1,244.0	363.0	9.0	22.0	329.0	610.0	1,373.0	117.0							
	5	75.0	276.0	121.0	572.0	20,423.0	1,473.0	390.0	5.0	25.0	73.0	4,694.0	1,507.0	96.0							
	A05	S33	F1		1	152.0	731.0	161.0	1,050.0	57,889.0	2,197.0	266.0			117.0	5,079.0	900.0	574.0			
					2	155.0	789.0	361.0	2,262.0	36,153.0	1,506.0	594.0	4.4	48.0	134.0	6,307.0	1,164.0	77.0			
3					97.0	209.0	124.0	1,012.0	15,790.0	1,454.0	291.0	5.1	14.0	93.0	4,103.0	1,343.0	73.0				
1					189.0	255.0	195.0	1,394.0	7,013.0	557.0	122.0		5.4	101.0	413.0	483.0	41.0				
2					85.0	86.0	88.0	613.0	15,144.0	1,340.0	1,399.0		9.0	108.0	4,260.0	1,040.0	20.0				
3					78.0	143.0	117.0	2,441.0	9,636.0	1,139.0	192.0	4.1	9.2	298.0	976.0	743.0	72.0				
4					239.0	234.0	229.0	1,821.0	10,643.0	1,647.0	210.0	11.0	10.0	155.0	6,709.0	1,049.0	95.0				
5					120.0	172.0	186.0	1,210.0	14,977.0	1,327.0	325.0	8.7	7.5	100.0	5,579.0	1,427.0	74.0				
F2					1	259.0	626.0	268.0	1,070.0	22,730.0	1,647.0	320.0	5.1	14.0	176.0	7,401.0	1,999.0	73.0			
					F3	1	699.0	1,319.0	1,066.0	1,336.0	26,258.0	1,649.0	458.0	4.6	15.0	151.0	6,778.0	1,760.0	204.0		
S34		F1	1	93.0		182.0	76.0	783.0	16,020.0	1,678.0	306.0		9.3	152.0	4,901.0	1,041.0	29.0				
			2	210.0		313.0	142.0	1,023.0	7,463.0	1,715.0	218.0	8.6	9.9	238.0	3,821.0	617.0	42.0				
3		404.0	838.0	127.0	649.0	9,807.0	1,620.0	304.0		7.2	199.0	3,736.0	871.0	72.0							
1		53.0	108.0	53.0	600.0	7,499.0	1,535.0	344.0	4.6	4.8	108.0	3,996.0	708.0	60.0							
2		50.0	168.0	59.0	811.0	17,934.0	1,612.0	325.0	5.2		101.0	5,811.0	1,312.0	54.0							

VALORES OBTENIDOS POR CADA DISPARO. LA FRACCIÓN 1 HA SIDO SOMETIDA A VARIOS DISPAROS DEBIDO A QUE LAS PARTICULAS SON MÁS GRUESAS.

Promedio.						Elemento												
TIPO DE MUESTRA	Clúster	Jigo de mues	Fracción	Tipo de prueba	Disparo	Pb	Zn	Cu	S	Fe	Al	Mn	Nb	Ni	P	Si	Ti	Zr
S-Superficial	A05	S34	F1	3	197.0	275.0	107.0	2,376.0	12,998.0	1,002.0	250.0		9.3	238.0	922.0	1,075.0	44.0	
				4	138.0	222.0	91.0	699.0	8,196.0	1,180.0	152.0		6.3	86.0	3,304.0	602.0	39.0	
				5	106.0	204.0	111.0	908.0	12,695.0	1,461.0	242.0	4.5	7.6	159.0	5,268.0	1,016.0	67.0	
					158.0	188.0	81.0	818.0	14,659.0	1,816.0	271.0	5.3	8.1	168.0	6,241.0	1,289.0	56.0	
					460.0	1,200.0	474.0	1,058.0	20,699.0	1,522.0	387.0	5.0	9.2	181.0	6,957.0	1,699.0	106.0	
			S35	F1	1	38.0	82.0	36.0	398.0	19,766.0	1,984.0	368.0	4.6	11.0	108.0	8,376.0	1,863.0	104.0
		2			21.0	49.0	40.0	366.0	15,098.0	1,510.0	304.0		10.0	95.0	6,888.0	1,411.0	89.0	
		3			25.0	50.0	21.0	2,532.0	14,133.0	843.0	275.0	13.0	9.3	349.0	675.0	1,218.0	66.0	
		1			28.0	57.0	29.0	2,198.0	14,984.0	1,025.0	280.0	10.0	6.5	233.0	947.0	1,223.0	71.0	
		2			25.0	73.0	39.0	355.0	19,688.0	1,638.0	398.0	3.4	13.0	99.0	6,388.0	1,719.0	72.0	
			S36	F1	3	42.0	91.0	36.0	633.0	17,941.0	1,957.0	371.0		10.0	94.0	9,457.0	1,666.0	83.0
		4			23.0	51.0	35.0	1,517.0	14,808.0	1,361.0	291.0	9.4	11.0	239.0	2,521.0	1,266.0	60.0	
		5			29.0	57.0	25.0	390.0	16,459.0	1,897.0	386.0	4.6	6.0	95.0	7,558.0	1,944.0	88.0	
					33.0	67.0	33.0	664.0	17,728.0	1,215.0	300.0	4.4	12.0	95.0	5,441.0	1,363.0	90.0	
		1			80.0	150.0	80.0	1,248.0	23,135.0	1,766.0	436.0	7.9	14.0	126.0	7,608.0	2,033.0	138.0	
		S37	F1	1	37.0	82.0	53.0	612.0	6,533.0	1,444.0	146.0	13.0	6.9	81.0	3,821.0	501.0	44.0	
	2			477.0	306.0	127.0	751.0	8,187.0	1,376.0	179.0	29.0	15.0	94.0	3,329.0	846.0	45.0		
	3			30.0	64.0	36.0	727.0	13,695.0	1,442.0	286.0		7.2	120.0	8,064.0	1,280.0	61.0		
	1			22.0	87.0	49.0	546.0	25,839.0	2,049.0	3,553.0		104.0	131.0	8,293.0	1,252.0	56.0		
	2			29.0	703.0	32.0	2,171.0	11,728.0	1,313.0	252.0	8.2	5.9	265.0	905.0	965.0	55.0		
		S38	F1	3	34.0	329.0	50.0	495.0	5,308.0	1,206.0	141.0	6.0	5.0	203.0	2,713.0	474.0	24.0	
	4			26.0	80.0	29.0	573.0	7,423.0	1,657.0	162.0	8.0		102.0	5,400.0	523.0	24.0		
	5			38.0	84.0	42.0	799.0	11,509.0	1,470.0	246.0	3.6		116.0	8,838.0	1,042.0	69.0		
				53.0	67.0	28.0	764.0	8,714.0	1,511.0	196.0	3.2	5.0	137.0	9,174.0	733.0	121.0		
	1			214.0	537.0	179.0	955.0	26,256.0	1,718.0	457.0	14.0	25.0	138.0	8,235.0	2,019.0	301.0		
		S38	F1	1	14.0	50.0	25.0	406.0	8,257.0	1,215.0	203.0		6.8	221.0	4,500.0	715.0	36.0	
	2			35.0	102.0	46.0	1,290.0	21,284.0	1,791.0	358.0	9.7	25.0	924.0	7,297.0	1,895.0	91.0		
	1			22.0	62.0	26.0	2,277.0	16,305.0	960.0	367.0	5.7	9.8	282.0	845.0	1,232.0	55.0		
	2			24.0	65.0	46.0	475.0	18,218.0	1,523.0	702.0		13.0	84.0	5,494.0	1,306.0	51.0		
	3			16.0	64.0	20.0	574.0	10,855.0	1,437.0	221.0		8.7	72.0	7,038.0	1,268.0	85.0		
		S38	F2	4	76.0	272.0	226.0	706.0	13,124.0	1,622.0	350.0	14.0	19.0	87.0	5,479.0	1,142.0	45.0	
	5			20.0	77.0	25.0	524.0	18,721.0	1,755.0	316.0		6.9	120.0	7,370.0	1,754.0	70.0		
				16.0	54.0	21.0	523.0	16,018.0	1,706.0	304.0	4.8	17.0	90.0	5,996.0	1,533.0	81.0		
	1			256.0	676.0	309.0	980.0	25,383.0	1,831.0	507.0	6.8	14.0	178.0	10,249.0	2,125.0	121.0		
	1			66.0	952.0	112.0	1,700.0	16,911.0	1,381.0	403.0		12.0	139.0	4,337.0	1,098.0	44.0		
	S38	F3	2	23.0	69.0	38.0	647.0	26,724.0	1,651.0	429.0		17.0	117.0	5,634.0	1,140.0	18.0		
3			26.0	81.0	38.0	553.0	14,788.0	1,258.0	284.0		5.9	88.0	4,151.0	600.0	18.0			
1			155.0	1,030.0	222.0	2,569.0	10,230.0	1,015.0	204.0	8.0	33.0	318.0	642.0	645.0	52.0			
2			39.0	81.0	61.0	706.0	7,595.0	1,192.0	276.0	5.0	15.0	92.0	4,408.0	834.0	23.0			
3			28.0	82.0	42.0	832.0	17,186.0	1,655.0	291.0		14.0	143.0	7,293.0	1,311.0	51.0			
	S38	F2	4	55.0	104.0	94.0	803.0	59,496.0	1,710.0	553.0	5.9	25.0	109.0	5,834.0	710.0	42.0		
5			67.0	294.0	100.0	1,076.0	9,083.0	1,484.0	209.0	15.0	9.4	119.0	4,462.0	557.0	63.0			
			119.0	262.0	160.0	1,147.0	14,990.0	1,633.0	261.0	3.6	9.8	157.0	6,688.0	1,402.0	52.0			

VALORES OBTENIDOS POR CADA DISPARO. LA FRACCIÓN 1 HA SIDO SOMETIDA A VARIOS DISPAROS DEBIDO A QUE LAS PARTICULAS SON MÁS GRUESAS.

Promedio.		Elemento																	
TIPO DE MUESTRA	Clúster	Jigo de mues	Fracción	Tipo de prueba	Disparo	Pb	Zn	Cu	S	Fe	Al	Mn	Nb	Ni	P	Si	Ti	Zr	
S-Superficial	A05	S38	F3		1	266.0	773.0	319.0	1,123.0	20,780.0	1,206.0	435.0	8.6	14.0	132.0	4,598.0	1,668.0	159.0	
			F1		1	76.0	240.0	134.0	770.0	47,021.0	2,054.0	452.0		12.0	127.0	6,885.0	1,076.0	63.0	
	A07	S39	F1		2	117.0	302.0	232.0	1,519.0	19,702.0	1,656.0	425.0		24.0	195.0	6,472.0	1,402.0	55.0	
					3	35.0	94.0	64.0	2,345.0	11,955.0	1,348.0	174.0			232.0	1,645.0	1,022.0	48.0	
						1	85.0	229.0	175.0	810.0	29,239.0	1,852.0	562.0		23.0	154.0	8,177.0	1,706.0	44.0
						2	72.0	265.0	148.0	1,576.0	9,206.0	2,051.0	181.0	6.3	28.0	285.0	7,518.0	1,112.0	37.0
						3	29.0	93.0	66.0	2,366.0	12,751.0	1,069.0	294.0		5.7	285.0	874.0	1,010.0	25.0
						4	34.0	266.0	760.0	2,243.0	23,107.0	1,206.0	359.0	3.1	13.0	242.0	845.0	1,146.0	37.0
						5	70.0	215.0	58.0	444.0	38,386.0	2,461.0	361.0	4.1	12.0	101.0	5,142.0	3,414.0	92.0
				F2			91.5	225.5	125.0	622.0	14,949.5	1,474.5	273.5	4.2	8.5	128.0	6,260.5	1,368.5	78.5
				F3		1	361.0	1,054.0	559.0	1,066.0	26,519.0	1,378.0	427.0	4.4	43.0	159.0	7,455.0	1,680.0	152.0
			S40	F1		1	44.0	104.0	84.0	1,173.0	4,711.0	1,302.0	207.0	7.6	6.9	104.0	5,910.0	346.0	17.0
						2	48.0	125.0	76.0	1,063.0	8,054.0	1,325.0	209.0		6.8	89.0	4,150.0	705.0	16.0
						3	47.0	124.0	78.0	1,047.0	8,108.0	1,393.0	221.0		9.1	86.0	3,985.0	723.0	15.0
						1	22.0	35.0	47.0	652.0	1,374.0	1,401.0	35.0	11.0	5.8	102.0	3,214.0	201.0	6.8
						2	9.2	5.2	17.0	358.0	68.0	1,390.0		9.2	3.6	85.0	2,669.0		5.6
						3	122.0	250.0	152.0	1,183.0	14,623.0	1,138.0	267.0	16.0	15.0	113.0	3,749.0	941.0	37.0
						4	163.0	220.0	200.0	1,038.0	4,777.0	1,269.0	90.0	22.0	12.0	123.0	3,532.0	849.0	16.0
						5	337.0	2,360.0	1,120.0	3,410.0	8,979.0	1,422.0	178.0	20.0	16.0	129.0	2,968.0	300.0	17.0
				F2			91.0	137.0	84.0	1,257.0	10,343.0	1,522.0	198.0	3.0	9.1	117.0	6,645.0	1,074.0	58.0
				F3		1	418.0	1,236.0	501.0	1,307.0	29,281.0	1,491.0	431.0	8.0	17.0	114.0	4,489.0	1,973.0	267.0
			S41	F1		1	195.0	548.0	115.0	1,656.0	15,896.0	1,318.0	324.0	5.0	11.0	109.0	4,958.0	1,485.0	87.0
						2	103.0	322.0	82.0	1,291.0	13,495.0	1,329.0	296.0	5.0	11.0	120.0	4,504.0	1,708.0	77.0
						3	62.0	177.0	48.0	1,512.0	11,632.0	1,599.0	291.0	0.0	9.0	131.0	7,896.0	996.0	58.0
						4	226.0	562.0	92.0	2,673.0	15,820.0	1,596.0	290.0	4.0	10.0	184.0	6,962.0	1,456.0	74.0
						5	54.0	151.0	25.0	874.0	7,002.0	776.0	162.0	4.0	0.0	50.0	1,857.0	603.0	42.0
						6	165.0	319.0	92.0	2,088.0	9,957.0	1,330.0	254.0	0.0	9.0	119.0	5,084.0	994.0	52.0
						7	198.0	500.0	115.0	1,898.0	13,870.0	1,303.0	373.0	6.0	10.0	111.0	5,360.0	1,260.0	70.0
						8	114.0	317.0	70.0	1,191.0	15,145.0	1,299.0	284.0	4.0	15.0	109.0	4,428.0	1,316.0	73.0
						9	102.0	285.0	54.0	2,116.0	11,167.0	1,534.0	280.0	0.0	9.0	129.0	6,906.0	1,215.0	87.0
						10	116.0	318.0	62.0	1,364.0	9,152.0	1,225.0	219.0	0.0	6.0	70.0	4,501.0	836.0	42.0
				F2			214.5	417.6	98.8	1,941.1	12,617.7	1,348.1	278.0	5.0	7.6	203.5	3,430.5	1,124.9	61.4
				F3		1	373.0	817.0	158.0	1,610.0	17,573.0	1,407.0	324.0	8.0	11.0	103.0	4,823.0	1,557.0	111.0
						2	400.0	928.0	153.0	2,417.0	20,373.0	1,677.0	417.0	9.0	16.0	157.0	7,655.0	1,885.0	122.0
						3	284.0	580.0	115.0	1,149.0	13,567.0	1,558.0	258.0	5.0	5.0	78.0	4,177.0	1,072.0	86.0
						4	377.0	907.0	152.0	2,424.0	19,424.0	1,610.0	390.0	7.0	16.0	148.0	7,289.0	1,533.0	126.0
					5	340.0	798.0	145.0	2,630.0	17,381.0	1,171.0	335.0	12.0	11.0	180.0	816.0	1,415.0	101.0	
		S42	F1		1	74.0	209.0	69.0	779.0	21,216.0	1,499.0	405.0	6.8	22.0	147.0	6,138.0	2,077.0	124.0	
					2	56.0	127.0	53.0	995.0	15,646.0	1,738.0	340.0	5.2	14.0	118.0	7,836.0	1,425.0	65.0	
					3	46.0	135.0	59.0	653.0	16,453.0	1,512.0	360.0	3.4	13.0	119.0	4,707.0	1,469.0	92.0	
					1	27.0	77.0	43.0	330.0	7,541.0	1,459.0	130.0	10.0	18.0	44.0	2,695.0	545.0	46.0	
					2	46.0	111.0	40.0	469.0	11,277.0	1,048.0	253.0	5.2	8.2		3,345.0	982.0	54.0	
					3	32.0	55.0	37.0	429.0	7,831.0	1,662.0	173.0	8.5	5.4	67.0	2,987.0	519.0	46.0	

VALORES OBTENIDOS POR CADA DISPARO. LA FRACCIÓN 1 HA SIDO SOMETIDA A VARIOS DISPAROS DEBIDO A QUE LAS PARTICULAS SON MÁS GRUESAS.

Promedio.						Elemento														
TIPO DE MUESTRA	Clúster	Jógo de mues	Fracción	Tipo de prueba	Disparo	Pb	Zn	Cu	S	Fe	Al	Mn	Nb	Ni	P	Si	Ti	Zr		
S-Superficial	A07	S42	F1	4	4	14.0	43.0	20.0	383.0	6,879.0	715.0	124.0	4.3		47.0	2,686.0	660.0	27.0		
				5	64.0	147.0	64.0	733.0	19,464.0	1,726.0	594.0		13.0	127.0	6,414.0	2,150.0	90.0			
				F2			83.0	125.0	51.0	810.0	13,362.0	1,435.0	275.0		9.5	106.0	5,651.0	1,392.0	43.0	
				F3		1	127.0	333.0	137.0	1,174.0	24,038.0	1,660.0	447.0	8.4	19.0	135.0	7,040.0	2,000.0	163.0	
				F1	S43	1	1	96.0	189.0	80.0	534.0	18,094.0	1,818.0	370.0	6.0	19.0	151.0	8,611.0	1,678.0	55.0
				2		2	118.0	164.0	68.0	466.0	15,256.0	1,357.0	338.0	7.0	11.0	148.0	7,530.0	1,526.0	63.0	
				3		3	69.0	201.0	91.0	733.0	17,250.0	1,745.0	309.0	8.0	8.0	140.0	8,403.0	1,483.0	84.0	
				4		4	176.0	196.0	61.0	2,083.0	12,929.0	959.0	234.0	6.0	12.0	275.0	680.0	791.0	47.0	
				5		5	111.0	246.0	269.0	445.0	16,353.0	1,037.0	288.0	6.0	14.0	100.0	4,671.0	1,135.0	69.0	
						6	6	93.0	153.0	73.0	2,185.0	20,966.0	1,001.0	242.0	8.0	22.0	282.0	468.0	926.0	51.0
						7	7	75.0	169.0	65.0	2,152.0	15,753.0	1,123.0	271.0	8.0	19.0	290.0	548.0	1,520.0	78.0
						8	8	69.0	164.0	85.0	459.0	16,527.0	1,211.0	309.0	5.0	14.0	107.0	5,947.0	1,270.0	58.0
						9	9	104.0	237.0	108.0	523.0	17,314.0	1,399.0	290.0	12.0	10.0	83.0	4,535.0	1,212.0	91.0
					F2			117.0	257.0	82.0	892.0	18,843.0	1,846.0	377.0	9.0	22.0	179.0	10,897.0	1,491.0	75.0
					F3		1	126.0	334.0	144.0	682.0	21,926.0	1,329.0	419.0	8.0	19.0	93.0	4,390.0	1,610.0	120.0
						2	128.0	369.0	177.0	519.0	22,572.0	1,636.0	432.0	6.0	31.0	145.0	5,971.0	1,661.0	121.0	
						3	162.0	445.0	191.0	614.0	26,569.0	1,676.0	508.0	16.0	38.0	130.0	7,310.0	1,768.0	140.0	
						4	113.0	283.0	118.0	2,055.0	16,916.0	1,429.0	320.0	8.0	19.0	229.0	482.0	1,100.0	86.0	
						5	129.0	367.0	161.0	2,395.0	23,296.0	1,371.0	436.0	13.0	86.0	376.0	798.0	1,438.0	110.0	
			S44	F1	1	1	51.0	258.0	133.0	783.0	34,446.0	1,544.0	270.0	3.4	15.0	144.0	4,629.0	994.0	75.0	
					2	2	2,283.0	323.0	148.0	342.0	25,073.0	1,728.0	478.0		12.0	120.0	4,752.0	1,890.0	125.0	
					3	3	97.0	7,304.0	235.0	1,451.0	12,261.0	1,780.0	244.0	25.0	13.0	230.0	5,646.0	950.0	83.0	
					1	1	80.0	2,265.0	194.0	1,024.0	22,440.0	1,337.0	322.0	8.1	12.0	165.0	4,366.0	825.0	72.0	
					2	2	17.0	153.0	46.0	1,014.0	10,744.0	1,486.0	209.0		6.6	138.0	8,515.0	1,123.0	54.0	
					3	3	214.0	529.0	219.0	2,584.0	109,867.0	1,814.0	630.0	16.0		308.0	916.0	564.0	91.0	
					4	4	68.0	413.0	126.0	1,090.0	33,744.0	1,664.0	282.0	5.3	13.0	238.0	7,006.0	1,054.0	47.0	
					5	5	62.0	372.0	87.0	769.0	11,525.0	1,424.0	261.0	3.7	8.7	127.0	6,233.0	908.0	70.0	
				F2			171.0	533.0	279.0	700.0	20,172.0	1,494.0	400.0	5.7	15.0	181.0	6,328.0	1,148.0	77.0	
				F3		1	310.0	1,017.0	483.0	881.0	26,109.0	1,657.0	451.0	7.7	18.0	237.0	7,474.0	1,481.0	142.0	
			S45	F1	1	1	11.0	73.0	61.0	751.0	8,095.0	1,355.0	138.0	4.2	12.0	105.0	5,881.0	800.0	41.0	
		2			2	11.0	43.0	35.0	645.0	4,206.0	860.0	136.0			44.0	2,530.0	367.0	20.0		
		1			1	18.0	93.0	59.0	671.0	5,160.0	1,149.0	99.0	12.0	5.2	67.0	2,191.0	407.0	19.0		
		2			2	14.0	78.0	96.0	1,166.0	26,877.0	1,751.0	476.0		9.3	203.0	8,281.0	1,945.0	96.0		
		3			3	29.0	97.0	73.0	2,400.0	12,564.0	1,411.0	227.0	15.0	9.5	294.0	824.0	1,061.0	73.0		
				4	4	20.0	302.0	39.0	603.0	8,854.0	940.0	157.0	5.5	6.0	71.0	4,101.0	552.0	27.0		
				5	5	8.1	62.0	47.0	494.0	12,849.0	1,182.0	219.0		9.9	86.0	3,474.0	1,105.0	85.0		
			F2			16.0	106.0	76.0	806.0	14,082.0	1,295.0	274.0	6.7	7.3	92.0	3,174.0	895.0	59.0		
			F3		1	113.0	572.0	280.0	1,448.0	28,484.0	1,760.0	516.0	28.0	32.0	167.0	8,653.0	1,640.0	196.0		
	M03	S12	F1	1	1	20.0	120.0	34.0	317.0	17,974.0	913.0	394.0	0.0	7.0	42.0	4,967.0	1,349.0	54.0		
					2	2	29.0	130.0	35.0	323.0	16,233.0	814.0	664.0	0.0	10.0	134.0	6,743.0	1,403.0	40.0	
					3	3	19.0	72.0	26.0	248.0	9,813.0	834.0	270.0	5.0	0.0	77.0	6,365.0	989.0	80.0	
					4	4	18.0	29.0	19.0	400.0	10,859.0	932.0	235.0	3.0	7.0	71.0	7,192.0	1,179.0	113.0	
					5	5	17.0	67.0	31.0	367.0	9,720.0	783.0	220.0	0.0	7.0	0.0	5,372.0	911.0	61.0	

VALORES OBTENIDOS POR CADA DISPARO. LA FRACCIÓN 1 HA SIDO SOMETIDA A VARIOS DISPAROS DEBIDO A QUE LAS PARTICULAS SON MÁS GRUESAS.

Promedio.						Elemento													
TIPO DE MUESTRA	Clúster	Jugo de mues	Fracción	Tipo de prueba	Disparo	Pb	Zn	Cu	S	Fe	Al	Mn	Nb	Ni	P	Si	Ti	Zr	
S-Superficial	M03	S12	F1	6	18.0	106.0	32.0	298.0	16,492.0	1,005.0	383.0	0.0	7.0	78.0	6,184.0	1,335.0	55.0		
				7	23.0	92.0	41.0	635.0	22,831.0	850.0	465.0	4.0	19.0	109.0	6,163.0	1,630.0	97.0		
				8	14.0	50.0	16.0	338.0	14,355.0	874.0	299.0	0.0	6.0	46.0	5,476.0	1,277.0	39.0		
				9	18.0	60.0	27.0	510.0	19,228.0	786.0	427.0	0.0	11.0	70.0	5,104.0	1,208.0	41.0		
				10	45.0	111.0	41.0	374.0	19,758.0	1,180.0	379.0	7.0	13.0	81.0	6,691.0	1,957.0	130.0		
					F2		40.4	143.6	61.6	400.0	16,743.8	1,048.4	350.2	4.4	11.8	103.6	6,973.4	1,342.0	71.2
					F3	1	68.0	183.0	84.0	470.0	23,661.0	1,009.0	513.0	20.0	16.0	123.0	7,137.0	1,936.0	165.0
						2	70.0	171.0	81.0	478.0	22,828.0	1,187.0	443.0	19.0	18.0	113.0	6,558.0	1,634.0	159.0
						3	68.0	168.0	76.0	2,163.0	20,171.0	1,648.0	422.0	16.0	15.0	325.0	2,426.0	1,481.0	138.0
						4	69.0	174.0	79.0	505.0	22,737.0	1,198.0	502.0	15.0	12.0	162.0	7,233.0	1,988.0	170.0
					5	96.0	205.0	111.0	520.0	26,020.0	1,183.0	542.0	32.0	14.0	126.0	7,908.0	2,074.0	195.0	
			S13	F1	1	55.0	511.0	89.0	633.0	27,043.0	1,159.0	439.0	17.0	11.0	216.0	5,398.0	2,064.0	72.0	
						2	45.0	153.0	25.0	592.0	18,649.0	1,191.0	321.0	9.5	10.0	176.0	6,370.0	1,558.0	52.0
						3	95.0	205.0	81.0	659.0	177,205.0	2,249.0	922.0	21.0	23.0	194.0	5,127.0	373.0	54.0
						1	11.0	13.0	21.0	593.0	611.0	1,803.0	21.0	9.2		153.0	5,804.0	92.0	6.1
						2	78.0	321.0	60.0	372.0	22,409.0	1,539.0	340.0	17.0	14.0	136.0	5,654.0	2,132.0	92.0
					3	6.4	5.3	12.0	372.0	199.0	1,161.0		6.5	3.6	46.0	3,146.0		4.2	
					4	4,932.0	3,153.0	38.0	1,414.0	72,348.0	2,494.0	700.0	21.0		417.0	1,087.0	37,821.0	78.0	
					5	925.0	1,042.0	113.0	2,586.0	124,711.0	2,312.0	1,122.0	35.0	18.0	577.0	1,148.0	2,121.0	61.0	
				F2		218.0	360.0	90.0	508.0	25,686.0	1,162.0	430.0	9.8	9.9	287.0	7,142.0	1,569.0	78.0	
				F3	1	111.0	305.0	88.0	399.0	19,755.0	1,186.0	422.0	8.2	12.0	206.0	6,432.0	1,587.0	127.0	
			S14	F1	1	1,055.0	293.0	113.0	1,263.0	16,135.0	1,175.0	344.0	24.0	8.3	375.0	1,079.0	1,248.0	64.0	
						2	117.0	295.0	111.0	1,511.0	12,439.0	1,172.0	248.0	24.0	11.0	279.0	3,350.0	1,122.0	47.0
						3	127.0	319.0	117.0	717.0	16,639.0	1,306.0	321.0	20.0	12.0	170.0	4,871.0	1,645.0	88.0
						1	7.9	7.2	16.0	553.0	432.0	1,596.0	13.0	8.8		102.0	3,464.0	106.0	5.1
						2	53.0	117.0	62.0	648.0	4,084.0	1,293.0	138.0	39.0	4.3	136.0	2,723.0	414.0	27.0
					3	26.0	107.0	43.0	505.0	3,229.0	709.0	84.0	16.0		43.0	1,482.0	319.0	13.0	
					4	17.0	55.0	29.0	1,885.0	1,832.0	909.0	39.0	12.0		157.0	681.0	229.0	8.1	
					5	25.0	65.0	48.0	1,914.0	1,778.0	919.0	76.0	14.0		114.0	513.0	188.0	9.6	
				F2		134.0	157.0	60.7	1,187.0	14,099.7	1,170.7	308.7	7.4	9.9	210.0	4,753.3	1,267.3	70.0	
			F3	1	207.0	444.0	128.0	653.0	21,297.0	1,592.0	408.0	9.7	11.0	251.0	7,128.0	1,676.0	103.0		
		S15	F1	1	118.0	343.0	117.0	1,765.0	22,720.0	1,511.0	413.0		13.0	236.0	6,588.0	1,887.0	66.0		
					2	149.0	432.0	154.0	1,864.0	19,473.0	1,708.0	461.0	5.7	13.0	243.0	6,879.0	1,808.0	93.0	
					3	164.0	428.0	146.0	2,019.0	21,290.0	1,420.0	424.0	6.8	14.0	338.0	6,914.0	1,742.0	81.0	
					1	45.0	106.0	45.0	1,427.0	17,570.0	1,407.0	411.0	7.0	10.0	119.0	5,282.0	1,106.0	106.0	
					2	128.0	423.0	424.0	1,268.0	9,646.0	1,484.0	265.0	33.0	23.0	161.0	3,641.0	927.0	45.0	
				3	30.0	94.0	71.0	1,589.0	10,652.0	761.0	216.0	8.9	7.6	79.0	506.0	756.0	42.0		
				4	39.0	123.0	79.0	1,578.0	13,351.0	1,345.0	299.0	14.0		239.0	5,642.0	908.0	34.0		
				5	33.0	115.0	63.0	1,087.0	14,137.0	1,404.0	303.0	11.0	8.1	130.0	3,726.0	1,000.0	52.0		
			F2		91.5	201.0	83.0	1,062.5	17,255.5	1,400.0	316.0	4.4	12.0	149.5	6,149.5	1,505.5	61.0		
			F3	1	267.0	695.0	219.0	1,867.0	24,945.0	1,660.0	474.0	11.0	21.0	244.0	7,086.0	2,155.0	148.0		
		S46	F1	1	411.0	218.0	55.0	312.0	14,732.0	896.0	327.0	5.0	11.0	106.0	4,025.0	1,460.0	56.0		
					2	57.0	128.0	39.0	92.0	7,147.0	608.0	136.0	0.0	4.0	0.0	1,311.0	578.0	42.0	

VALORES OBTENIDOS POR CADA DISPARO. LA FRACCIÓN 1 HA SIDO SOMETIDA A VARIOS DISPAROS DEBIDO A QUE LAS PARTICULAS SON MÁS GRUESAS.

Promedio.						Elemento												
TIPO DE MUESTRA	Clúster	Jugo de mues	Fracción	Tipo de prueba	Disparo	Pb	Zn	Cu	S	Fe	Al	Mn	Nb	Ni	P	Si	Ti	Zr
S-Superficial	M03	S46	F1	3	127.0	354.0	91.0	2,239.0	12,129.0	913.0	274.0	11.0	11.0	294.0	524.0	1,159.0	52.0	
				4	75.0	213.0	53.0	434.0	19,649.0	1,351.0	397.0	8.0	7.0	184.0	6,030.0	1,646.0	63.0	
				5	80.0	206.0	47.0	374.0	9,472.0	1,118.0	217.0	4.0	8.0	89.0	2,967.0	812.0	51.0	
				6	120.0	298.0	90.0	455.0	16,293.0	1,231.0	383.0	12.0	12.0	192.0	5,449.0	1,731.0	94.0	
				7	93.0	278.0	65.0	376.0	16,886.0	1,131.0	385.0	7.0	7.0	168.0	4,420.0	1,403.0	69.0	
				8	161.0	406.0	115.0	488.0	18,944.0	1,461.0	452.0	14.0	7.0	237.0	5,577.0	1,761.0	85.0	
				9	58.0	147.0	23.0	496.0	21,020.0	1,578.0	477.0	9.0	12.0	177.0	6,315.0	2,121.0	85.0	
				10	128.0	306.0	186.0	397.0	18,932.0	1,198.0	518.0	6.0	15.0	150.0	4,506.0	1,376.0	90.0	
				F2	117.2	330.2	66.6	716.8	14,526.0	1,291.2	363.6	6.8	10.2	262.0	5,401.6	1,377.0	62.6	
				F3	1	202.0	475.0	119.0	605.0	21,435.0	1,479.0	452.0	10.0	12.0	355.0	7,811.0	1,904.0	176.0
	2	290.0	585.0	161.0	666.0	22,566.0	1,431.0	549.0	25.0	19.0	410.0	8,560.0	1,977.0	158.0				
	3	223.0	501.0	130.0	637.0	20,497.0	1,587.0	439.0	14.0	16.0	379.0	7,729.0	1,601.0	143.0				
	4	231.0	516.0	135.0	631.0	21,796.0	1,654.0	454.0	16.0	14.0	369.0	7,750.0	1,773.0	146.0				
	5	228.0	556.0	142.0	624.0	21,465.0	1,441.0	473.0	18.0	16.0	407.0	8,127.0	1,803.0	128.0				
	S49	F1	1	53.0	162.0	81.0	912.0	16,161.0	930.0	424.0	12.0	16.0	231.0	6,361.0	1,176.0	41.0		
			2	43.0	83.0	18.0	622.0	21,048.0	1,401.0	235.0	5.2	13.0	189.0	8,969.0	1,495.0	150.0		
			1	16.0	49.0	17.0	455.0	9,826.0	1,251.0	197.0	4.1	7.0	140.0	7,231.0	1,039.0	82.0		
			2	12.0	61.0	19.0	550.0	15,488.0	1,364.0	244.0	7.2	7.6	179.0	9,740.0	1,870.0	121.0		
			3	1,362.0	145.0	73.0	379.0	13,862.0	990.0	397.0	27.0		163.0	5,454.0	3,916.0	72.0		
			4	27.0	73.0	58.0	2,277.0	5,357.0	1,282.0	191.0	18.0	13.0	286.0	883.0	514.0	20.0		
			5	23.0	63.0	43.0	1,792.0	9,801.0	1,151.0	243.0	9.3	8.2	202.0	2,971.0	654.0	26.0		
			F2	58.0	134.0	86.0	664.0	14,968.0	967.0	343.0	8.2	17.0	106.0	5,335.0	1,217.0	46.0		
			F3	1	95.0	218.0	78.0	484.0	23,910.0	1,332.0	469.0	7.4	10.0	168.0	6,502.0	1,894.0	158.0	
			M05	S10	F1	1	27.0	85.0	38.0	437.0	10,005.0	887.0	235.0	4.1	9.6	111.0	4,753.0	977.0
	2	37.0				131.0	36.0	632.0	10,372.0	1,024.0	300.0	8.6	9.7	243.0	4,992.0	867.0	38.0	
	3	46.0				129.0	37.0	530.0	12,885.0	1,099.0	288.0	2.8	10.0	99.0	5,993.0	1,103.0	70.0	
	1	34.0				144.0	36.0	717.0	10,129.0	1,388.0	253.0	8.2	13.0	94.0	5,228.0	899.0	41.0	
	2	66.0				134.0	40.0	567.0	18,648.0	1,059.0	378.0	4.8	13.0	138.0	6,186.0	1,047.0	60.0	
	3	46.0				125.0	42.0	2,544.0	18,940.0	1,161.0	394.0	12.0	14.0	358.0	950.0	1,257.0	48.0	
	4	68.0				161.0	56.0	575.0	16,113.0	1,110.0	376.0	8.1		137.0	5,377.0	1,351.0	96.0	
	5	56.0				150.0	47.0	2,387.0	13,007.0	1,349.0	289.0	8.9	10.0	298.0	1,164.0	1,082.0	60.0	
	F2	66.0				160.0	55.0	740.0	15,437.0	1,048.0	334.0	8.0	8.9	250.0	7,551.0	1,437.0	67.0	
F3	1	89.0				190.0	55.0	682.0	18,267.0	1,138.0	372.0	9.6	12.0	180.0	5,492.0	1,460.0	122.0	
S11	F1	1	47.0	83.0	36.0	918.0	46,931.0	1,280.0	812.0	7.8		160.0	5,159.0	1,222.0	76.0			
		2	31.0	80.0	24.0	1,111.0	16,869.0	826.0	321.0	4.5	12.0	104.0	5,019.0	1,264.0	94.0			
		1	88.0	411.0	36.0	762.0	14,801.0	1,155.0	286.0	7.8	10.0	84.0	5,356.0	1,238.0	86.0			
		2	50.0	125.0	46.0	962.0	16,839.0	1,096.0	405.0	7.8	9.5	141.0	7,432.0	2,135.0	71.0			
		3	23.0	51.0	41.0	759.0	23,513.0	1,378.0	505.0	8.9	13.0	142.0	8,630.0	1,343.0	84.0			
		4	17.0	57.0	35.0	2,413.0	20,013.0	1,107.0	475.0		7.6	264.0	795.0	1,271.0	42.0			
		5	47.0	106.0	53.0	2,434.0	14,600.0	1,348.0	454.0	18.0	12.0	324.0	692.0	1,100.0	71.0			
		F2	32.0	83.0	43.0	1,421.0	12,871.0	1,042.0	299.0	7.8	9.8	105.0	5,713.0	1,419.0	48.0			
		F3	1	51.0	121.0	44.0	661.0	18,596.0	1,108.0	428.0	8.2	6.7	120.0	5,780.0	1,724.0	99.0		
		S7	F1	1	78.0	31.0	23.0	2,477.0	7,825.0	1,020.0	194.0		7.7	336.0	625.0	750.0	46.0	

VALORES OBTENIDOS POR CADA DISPARO. LA FRACCIÓN 1 HA SIDO SOMETIDA A VARIOS DISPAROS DEBIDO A QUE LAS PARTICULAS SON MÁS GRUESAS.

Promedio.						Elemento																
TIPO DE MUESTRA	Clúster	Jigo de mues	Fracción	Tipo de prueba	Disparo	Pb	Zn	Cu	S	Fe	Al	Mn	Nb	Ni	P	Si	Ti	Zr				
S-Superficial	M05	S7	F1		2	13.0	34.0	20.0	662.0	8,790.0	1,079.0	141.0	2.8	7.4	76.0	6,214.0	682.0	30.0				
					3	22.0	68.0	35.0	456.0	18,556.0	1,011.0	623.0	5.6	8.3	64.0	5,667.0	1,347.0	64.0				
					1	27.0	87.0	76.0	2,872.0	36,186.0	1,312.0	614.0		12.0	91.0	6,386.0	2,236.0	36.0				
					2	29.0	117.0	23.0	847.0	33,743.0	1,358.0	978.0	4.5	21.0	94.0	6,493.0	1,370.0	117.0				
					3	905.0	40.0		1,825.0	10,972.0	971.0	245.0			73.0	5,896.0	789.0	47.0				
					4	17.0	72.0	11.0	634.0	20,528.0	908.0	424.0		8.1	77.0	5,894.0	1,274.0	111.0				
					5	35.0	117.0	81.0	2,637.0	41,504.0	1,515.0	697.0		18.0	97.0	6,481.0	2,669.0	44.0				
						F2				208.0	66.0	19.0	443.0	11,353.0	1,149.0	250.0	2.9	51.0	96.0	7,703.0	1,227.0	45.0
						F3				1	87.0	253.0	69.0	429.0	19,578.0	911.0	370.0	4.9	11.0	122.0	6,435.0	1,738.0
			F1	S8			1	42.0	26.0	22.0	1,176.0	8,584.0	1,280.0	469.0	0.0	8.0	142.0	6,672.0	1,494.0	55.0		
							2	20.0	77.0	14.0	2,414.0	15,918.0	1,184.0	385.0	7.0	13.0	295.0	524.0	600.0	64.0		
							3	21.0	61.0	44.0	768.0	20,298.0	1,157.0	354.0	5.0	10.0	140.0	5,300.0	1,337.0	81.0		
							4	17.0	79.0	26.0	994.0	17,142.0	1,084.0	568.0	5.0	0.0	163.0	6,122.0	1,670.0	85.0		
							5	20.0	50.0	23.0	2,387.0	8,014.0	985.0	167.0	9.0	8.0	302.0	564.0	650.0	82.0		
							6	22.0	33.0	51.0	600.0	21,705.0	1,038.0	288.0	0.0	11.0	117.0	5,295.0	1,217.0	42.0		
							7	14.0	46.0	31.0	834.0	12,567.0	1,152.0	286.0	0.0	17.0	116.0	4,331.0	741.0	14.0		
							8	11.0	14.0	21.0	376.0	5,713.0	733.0	27.0	0.0	0.0	67.0	3,642.0	240.0	13.0		
							9	11.0	40.0	7.0	1,405.0	6,687.0	837.0	81.0	0.0	7.0	165.0	5,932.0	431.0	82.0		
					10	13.0	37.0	27.0	791.0	12,156.0	977.0	932.0	7.0	10.0	159.0	5,886.0	984.0	88.0				
				F2			62.8	160.2	39.8	1,450.6	11,916.6	943.4	203.6	5.2	7.4	232.2	3,640.2	1,214.0	49.4			
				F3		1	75.0	221.0	64.0	1,283.0	18,247.0	1,308.0	350.0	15.0	14.0	192.0	5,596.0	1,685.0	158.0			
						2	87.0	196.0	65.0	1,354.0	20,900.0	1,523.0	336.0	14.0	11.0	230.0	5,705.0	1,776.0	141.0			
						3	85.0	201.0	68.0	2,485.0	17,586.0	1,306.0	295.0	21.0	10.0	390.0	642.0	1,331.0	142.0			
						4	69.0	190.0	69.0	2,376.0	16,276.0	1,236.0	289.0	13.0	10.0	329.0	674.0	1,294.0	111.0			
						5	72.0	180.0	107.0	1,281.0	18,535.0	1,602.0	317.0	11.0	11.0	190.0	5,572.0	1,564.0	117.0			
			S9	F1		1	119.0	150.0	38.0	307.0	16,616.0	1,260.0	394.0		9.7	146.0	7,747.0	1,469.0	89.0			
							2	103.0	255.0	53.0	375.0	13,784.0	1,179.0	291.0	13.0	8.2	112.0	5,702.0	1,208.0	58.0		
							3	147.0	187.0	41.0	346.0	13,349.0	805.0	286.0		8.4	121.0	5,725.0	1,450.0	64.0		
							1	145.0	189.0	42.0	2,309.0	17,504.0	1,242.0	333.0	3.3	9.1	388.0	1,108.0	972.0	65.0		
							2	155.0	202.0	51.0	317.0	15,689.0	1,527.0	328.0	7.4	7.9	118.0	7,633.0	1,595.0	93.0		
							3	131.0	192.0	47.0	298.0	13,536.0	1,305.0	272.0	4.9	7.5	116.0	5,157.0	1,241.0	59.0		
							4	120.0	169.0	33.0	372.0	11,841.0	1,119.0	227.0	3.1		102.0	5,203.0	1,114.0	81.0		
							5	125.0	164.0	39.0	211.0	12,102.0	907.0	210.0	3.1	9.1	97.0	4,834.0	1,106.0	70.0		
						F2			128.0	183.0	48.0	355.0	14,198.0	1,150.0	275.0	6.1	8.8	122.0	6,779.0	1,654.0	63.0	
				F3		1	209.0	288.0	59.0	334.0	17,624.0	1,207.0	368.0	8.7	9.4	133.0	6,812.0	1,661.0	125.0			
		M07	S1	F1		1	83.0	173.0	62.0	913.0	14,659.0	1,225.0	256.0	7.0	8.0	101.0	4,583.0	1,097.0	57.0			
							2	92.0	175.0	61.0	887.0	14,531.0	1,504.0	304.0	9.0	7.0	115.0	4,542.0	1,349.0	62.0		
							3	54.0	135.0	47.0	712.0	12,533.0	961.0	250.0	6.0	7.0	90.0	4,062.0	1,543.0	99.0		
							4	68.0	184.0	62.0	948.0	17,329.0	1,345.0	269.0	9.0	9.0	116.0	4,718.0	1,478.0	74.0		
						F2			74.0	188.0	67.0	933.0	16,020.0	1,189.0	280.0	11.0	14.0	114.0	4,485.0	1,136.0	58.0	
						F3		1	87.0	285.0	72.0	2,266.0	16,257.0	1,012.0	299.0	11.0	15.0	493.0	657.0	1,233.0	96.0	
								2	89.0	266.0	86.0	2,179.0	14,903.0	1,190.0	264.0	10.0	9.0	347.0	528.0	1,118.0	104.0	
								3	97.0	266.0	74.0	2,469.0	18,788.0	1,185.0	296.0	9.0	14.0	350.0	1,035.0	1,380.0	149.0	

VALORES OBTENIDOS POR CADA DISPARO. LA FRACCIÓN 1 HA SIDO SOMETIDA A VARIOS DISPAROS DEBIDO A QUE LAS PARTICULAS SON MÁS GRUESAS.

Promedio.						Elemento															
TIPO DE MUESTRA	Clúster	Jigo de mues	Fracción	Tipo de prueba	Disparo	Pb	Zn	Cu	S	Fe	Al	Mn	Nb	Ni	P	Si	Ti	Zr			
S-Superficial	M07	S1	F3		4	105.0	270.0	85.0	2,592.0	17,308.0	1,446.0	314.0	11.0	11.0	363.0	938.0	1,445.0	103.0			
					5	104.0	295.0	80.0	2,510.0	17,130.0	1,150.0	294.0	9.0	14.0	330.0	814.0	1,376.0	122.0			
					S2	F1		1	34.0	5,063.0	25.0	2,395.0	11,842.0	1,106.0	262.0	8.5	8.8	246.0	570.0	645.0	46.0
								2	29.0	65.0	22.0	2,315.0	15,021.0	1,157.0	267.0		8.1	362.0	864.0	964.0	45.0
								1	16.0	88.0	21.0	991.0	13,076.0	1,067.0	219.0	3.5	18.0	96.0	7,953.0	1,233.0	68.0
								2	1,967.0	66.0	46.0	840.0	21,280.0	1,026.0	481.0			74.0	4,997.0	1,150.0	39.0
		3	26.0	67.0	173.0	2,350.0	12,018.0	1,136.0	599.0	6.1	15.0	391.0	731.0	734.0	29.0						
		4	13.0	39.0	12.0	2,334.0	6,815.0	809.0	125.0		6.3	277.0	902.0	469.0	40.0						
		5	14.0	29.0	15.0	803.0	8,822.0	1,123.0	249.0		7.2	89.0	11,749.0	666.0	21.0						
		S3	F2		4	48.0	58.0	14.0	680.0	20,176.0	1,299.0	299.0		23.0	111.0	6,888.0	1,991.0	57.0			
					F3	1	127.0	311.0	79.0	2,306.0	23,503.0	1,256.0	374.0	16.0	9.5	280.0	816.0	1,932.0	186.0		
						F1	1	47.0	109.0	36.0	2,089.0	14,310.0	1,209.0	215.0	7.0	0.0	286.0	1,963.0	1,321.0	79.0	
	2				31.0		96.0	25.0	473.0	11,298.0	897.0	221.0	5.0	6.0	113.0	7,292.0	1,984.0	62.0			
	3				50.0		143.0	34.0	564.0	18,479.0	1,045.0	227.0	4.0	21.0	79.0	7,094.0	1,000.0	77.0			
	4				34.0		96.0	27.0	427.0	11,874.0	1,071.0	248.0	7.0	7.0	93.0	7,357.0	2,179.0	64.0			
	S4	F2		4	34.0	107.0	26.0	2,179.0	10,945.0	981.0	208.0	5.0	7.0	336.0	623.0	1,200.0	58.0				
				F3	1	98.0	270.0	75.0	785.0	29,330.0	1,957.0	435.0	9.0	15.0	208.0	10,645.0	2,363.0	204.0			
					2	104.0	272.0	115.0	2,352.0	25,307.0	1,197.0	378.0	19.0	15.0	359.0	982.0	1,851.0	166.0			
				3	96.0	294.0	81.0	763.0	28,039.0	1,919.0	453.0	8.0	16.0	174.0	9,657.0	2,579.0	231.0				
				4	95.0	308.0	91.0	805.0	28,814.0	1,954.0	449.0	9.0	17.0	215.0	10,457.0	2,493.0	194.0				
				5	115.0	297.0	99.0	763.0	28,402.0	1,788.0	426.0	12.0	13.0	187.0	9,586.0	2,558.0	209.0				
	S5	F1		1	12.0	48.0	27.0	439.0	8,985.0	987.0	244.0		6.5	130.0	6,792.0	771.0	29.0				
				2	17.0	105.0	18.0	656.0	12,502.0	1,450.0	296.0	11.0	6.7	137.0	10,661.0	1,316.0	76.0				
				3	39.0	182.0	63.0	1,321.0	21,011.0	1,134.0	415.0	15.0	14.0	141.0	5,526.0	1,333.0	60.0				
				1	24.0	74.0	20.0	600.0	15,917.0	1,332.0	491.0	4.0	11.0	114.0	6,990.0	1,102.0	68.0				
				2	52.0	310.0	188.0	1,066.0	61,894.0	1,640.0	1,015.0	12.0	27.0	144.0	7,102.0	1,115.0	44.0				
				3	695.0	54.0	37.0	2,468.0	17,380.0	1,304.0	436.0		8.6	661.0	1,016.0	937.0	51.0				
				4	13.0	45.0	19.0	680.0	14,098.0	1,340.0	274.0		13.0	114.0	8,726.0	1,174.0	107.0				
				5	12.0	65.0	20.0	580.0	7,280.0	1,312.0	168.0	13.0	5.1	142.0	9,563.0	764.0	58.0				
				S6	F2		4	48.0	107.0	38.0	507.0	17,390.0	1,565.0	289.0		8.5	107.0	7,443.0	1,361.0	53.0	
							F3	1	82.0	216.0	71.0	611.0	20,423.0	1,458.0	406.0	6.0	20.0	135.0	6,849.0	1,708.0	127.0
								F1	1	48.0	180.0	46.0	2,142.0	11,251.0	1,388.0	230.0	9.1	12.0	129.0	6,442.0	1,453.0
							2		20.0	59.0	58.0	594.0	17,817.0	1,431.0	301.0	6.3		122.0	6,571.0	1,487.0	87.0
	3	58.0	149.0				58.0		1,250.0	18,684.0	1,035.0	525.0	7.1	12.0	104.0	5,841.0	1,317.0	84.0			
	1	21.0	45.0				28.0		820.0	16,105.0	898.0	189.0	4.5			1,512.0	131.0	18.0			
	2	43.0	118.0	75.0	6,254.0	3,676.0	671.0	86.0	23.0	7.8		2,868.0	230.0	17.0							
3	53.0	63.0	31.0	917.0	5,125.0	926.0	118.0	7.0	6.4	78.0	5,345.0	471.0	31.0								
4	21.0	43.0	55.0	833.0	1,053.0	845.0	78.0	16.0		53.0	2,668.0		12.0								
5	92.0	120.0	30.0	1,846.0	7,645.0	855.0	182.0	11.0	11.0	92.0	5,872.0	1,509.0	73.0								
S6	F2		4	102.0	185.0	57.0	2,488.0	15,294.0	1,101.0	281.0	6.8	8.7	297.0	824.0	916.0	73.0					
			F3	1	137.0	402.0	115.0	1,215.0	21,826.0	1,182.0	423.0	7.5	23.0	160.0	6,265.0	1,908.0	181.0				
S6	F1			1	1,794.0	119.0	53.0	819.0	14,710.0	1,054.0	299.0		8.7	94.0	5,326.0	1,040.0	69.0				
			2	210.0	107.0	45.0	908.0	15,520.0	1,235.0	323.0	6.5	13.0	126.0	6,867.0	1,136.0	66.0					

VALORES OBTENIDOS POR CADA DISPARO. LA FRACCIÓN 1 HA SIDO SOMETIDA A VARIOS DISPAROS DEBIDO A QUE LAS PARTICULAS SON MÁS GRUESAS.

Promedio.						Elemento												
TIPO DE MUESTRA	Clúster	Jigo de mues	Fracción	Tipo de prueba	Disparo	Pb	Zn	Cu	S	Fe	Al	Mn	Nb	Ni	P	Si	Ti	Zr
S-Superficial	M07	S6	F1		3	57.0	179.0	55.0	1,567.0	17,320.0	1,361.0	322.0		19.0	149.0	6,327.0	1,492.0	78.0
					1	32.0	141.0	41.0	705.0	14,052.0	1,019.0	273.0	6.1	18.0	99.0	6,038.0	1,187.0	72.0
					2	222.0	111.0	34.0	813.0	14,515.0	1,510.0	239.0	5.5	15.0	96.0	6,813.0	1,425.0	98.0
					3	62.0	145.0	58.0	2,507.0	13,430.0	1,145.0	262.0	8.6	28.0	309.0	761.0	997.0	52.0
					4	4,307.0	197.0	77.0	1,665.0	12,897.0	985.0	357.0			120.0	4,918.0	941.0	99.0
					5	2,658.0	99.0	55.0	795.0	61,727.0	1,464.0	262.0	7.3		97.0	7,652.0	689.0	74.0
						165.0	418.0	60.0	577.0	20,043.0	1,160.0	320.0	2.8	11.0	120.0	7,149.0	1,124.0	59.0
						117.0	341.0	107.0	752.0	23,616.0	1,195.0	372.0	8.9	15.0	157.0	6,954.0	1,850.0	162.0
						24.0	81.0	31.0	343.0	20,641.0	1,461.0	334.0	3.6	13.0	136.0	5,764.0	1,770.0	66.0
						20.0	49.0	29.0	2,185.0	10,056.0	1,151.0	222.0	4.1	9.1	277.0	615.0	981.0	65.0
		20.0	76.0	27.0	350.0	15,717.0	1,612.0	274.0		13.0	114.0	6,048.0	1,109.0	58.0				
		13.0	36.0	27.0	2,230.0	10,181.0	1,171.0	192.0	3.0	8.9	389.0	668.0	871.0	97.0				
		17.0	58.0	35.0	402.0	15,109.0	1,175.0	332.0		12.0	104.0	4,575.0	1,310.0	42.0				
		34.0	116.0	41.0	342.0	14,797.0	1,350.0	370.0	7.5	11.0	96.0	5,270.0	1,226.0	63.0				
		14.0	45.0	21.0	487.0	15,593.0	1,378.0	272.0		6.8	105.0	5,911.0	1,233.0	98.0				
		13.0	54.0	25.0	335.0	15,425.0	1,257.0	230.0		13.0	108.0	5,119.0	1,339.0	66.0				
		52.0	105.0	45.0	331.0	18,445.0	1,803.0	386.0	6.7	13.0	126.0	6,609.0	1,592.0	74.0				
		68.0	157.0	72.0	338.0	23,798.0	1,551.0	506.0	16.0	19.0	113.0	6,475.0	2,073.0	109.0				
		23.0	116.0	37.0	903.0	20,528.0	1,451.0	408.0	4.0	17.0	195.0	6,830.0	1,678.0	96.0				
		22.0	162.0	46.0	1,010.0	21,605.0	1,681.0	418.0	9.5	17.0	192.0	6,869.0	1,825.0	111.0				
		21.0	76.0	42.0	1,004.0	20,125.0	1,445.0	410.0	4.2	11.0	185.0	6,417.0	1,741.0	56.0				
		14.0	41.0	16.0	995.0	9,100.0	1,348.0	185.0	12.0	11.0	137.0	7,498.0	696.0	52.0				
		15.0	93.0	35.0	1,116.0	13,621.0	1,648.0	296.0	4.7	9.0	187.0	6,552.0	1,170.0	84.0				
		16.0	41.0	27.0	1,950.0	8,561.0	996.0	241.0	11.0	8.1	384.0	517.0	1,251.0	51.0				
		16.0	46.0	25.0	669.0	26,995.0	1,496.0	315.0		6.3	147.0	5,752.0	1,127.0	43.0				
		19.0	59.0	25.0	912.0	15,713.0	1,431.0	290.0	2.5	7.8	158.0	4,984.0	1,001.0	74.0				
		33.0	165.0	71.0	919.0	12,178.0	1,169.0	367.0	15.0	13.0	174.0	3,702.0	915.0	48.0				
		37.0	126.0	50.0	981.0	22,601.0	1,716.0	421.0	7.3	8.8	217.0	6,464.0	1,925.0	110.0				
		13.0	37.0	23.0	2,178.0	6,714.0	851.0	157.0	10.0	5.0	276.0	551.0	551.0	12.0				
		20.0	96.0	41.0	2,327.0	11,712.0	933.0	283.0	14.0	0.0	319.0	808.0	1,428.0	47.0				
		30.0	111.0	53.0	2,235.0	11,697.0	1,216.0	257.0	22.0	14.0	300.0	544.0	1,001.0	43.0				
		23.0	74.0	31.0	956.0	11,281.0	1,197.0	319.0	8.0	8.0	100.0	4,172.0	1,197.0	52.0				
		28.0	101.0	51.0	522.0	17,925.0	1,034.0	329.0	13.0	7.0	95.0	3,654.0	1,187.0	41.0				
		31.0	71.0	43.0	543.0	9,847.0	1,045.0	208.0	11.0	0.0	60.0	3,414.0	811.0	45.0				
		20.0	97.0	48.0	641.0	15,845.0	1,384.0	323.0	7.0	9.0	111.0	4,823.0	1,601.0	36.0				
		38.0	155.0	58.0	687.0	23,471.0	1,322.0	436.0	3.0	13.0	180.0	7,248.0	2,202.0	72.0				
		26.0	96.0	37.0	623.0	17,305.0	1,009.0	368.0	8.0	7.0	117.0	5,776.0	1,768.0	42.0				
		26.0	92.0	42.0	1,564.0	13,192.0	1,007.0	233.0	12.0	7.0	108.0	1,186.0	1,294.0	38.0				
		17.8	49.4	22.6	1,053.0	10,310.4	1,290.2	208.0	4.8	4.6	152.2	5,216.6	1,017.0	57.6				
		49.0	171.0	64.0	2,253.0	25,270.0	1,195.0	440.0	14.0	15.0	304.0	562.0	2,507.0	179.0				
	49.0	174.0	67.0	703.0	29,089.0	1,594.0	535.0	11.0	12.0	168.0	5,633.0	2,911.0	275.0					
	51.0	198.0	61.0	644.0	31,609.0	1,681.0	539.0	14.0	24.0	202.0	5,560.0	3,716.0	226.0					
	46.0	160.0	65.0	2,277.0	25,654.0	1,066.0	435.0	12.0	11.0	329.0	582.0	2,401.0	282.0					

VALORES OBTENIDOS POR CADA DISPARO. LA FRACCIÓN 1 HA SIDO SOMETIDA A VARIOS DISPAROS DEBIDO A QUE LAS PARTICULAS SON MÁS GRUESAS.

Promedio.						Elemento																
TIPO DE MUESTRA	Clúster	Jigo de mues	Fracción	Tipo de prueba	Disparo	Pb	Zn	Cu	S	Fe	Al	Mn	Nb	Ni	P	Si	Ti	Zr				
S-Superficial	ZC	S79	F3		5	45.0	165.0	59.0	2,341.0	21,515.0	1,341.0	400.0	13.0	18.0	326.0	534.0	2,009.0	185.0				
			F1	1	49.0	123.0	42.0	378.0	19,656.0	1,415.0	457.0	2.6	11.0	150.0	7,175.0	2,122.0	108.0					
						2	40.0	82.0	37.0	355.0	14,869.0	1,324.0	269.0		5.7	111.0	4,619.0	1,303.0	54.0			
						3	19.0	56.0	46.0	2,204.0	14,387.0	1,207.0	269.0		7.6	278.0	658.0	1,101.0	32.0			
						1	23.0	55.0	21.0	2,355.0	12,425.0	1,215.0	300.0	3.3	6.6	329.0	941.0	953.0	40.0			
						2	14.0	51.0	16.0	341.0	11,586.0	1,327.0	230.0		10.0	76.0	3,782.0	1,261.0	68.0			
						3	42.0	103.0	39.0	2,540.0	15,696.0	1,487.0	309.0	3.4	9.7	344.0	1,112.0	1,321.0	56.0			
						4	46.0	133.0	37.0	317.0	17,492.0	1,400.0	474.0	4.0	12.0	96.0	4,203.0	1,349.0	91.0			
						5	20.0	57.0	38.0	445.0	13,282.0	1,785.0	295.0		6.5	89.0	7,470.0	1,158.0	64.0			
				F2			57.0	141.0	50.0	435.0	15,811.0	1,700.0	359.0	6.7	8.3	127.0	7,324.0	1,611.0	66.0			
				F3		1	88.0	232.0	75.0	483.0	20,537.0	1,535.0	425.0	9.1	9.9	134.0	4,838.0	1,918.0	91.0			
		S80-DU		F1	Duplici	1	63.5	145.5	40.0	1,442.0	14,042.5	1,226.5	304.5	6.1	6.9	205.0	2,921.5	1,154.5	62.0			
	2					50.5	119.5	43.0	565.0	15,378.0	1,492.0	312.5	8.2	8.2	114.0	5,953.0	1,363.0	70.0				
	3					70.0	210.0	52.0	1,523.5	14,421.5	1,487.0	343.0	9.0	11.5	217.5	2,772.5	1,179.0	68.5				
	4					45.0	111.0	36.0	466.0	17,668.0	1,642.0	385.0	5.7	8.7	125.0	5,764.0	2,014.0	84.0				
	5					47.0	98.0	48.0	287.0	11,836.0	1,664.0	245.0	15.0	6.9	67.0	2,608.0	774.0	56.0				
				F2			47.0	137.0	47.0	546.0	16,572.0	1,628.0	389.0	4.0	11.0	182.0	6,794.0	1,619.0	72.0			
				F3	Duplici	1	63.0	191.0	55.0	669.0	20,436.0	1,825.0	446.0	6.7	12.0	164.0	8,800.0	1,890.0	119.0			
	S-Profundidad	AC	W25	F1		1	16.0	27.0	22.0	294.5	8,392.0	1,066.5	268.0	13.9	13.0	182.0	4,822.0	1,751.0	50.0			
					2	19.5	51.5	19.5	203.0	16,599.0	1,472.0	328.5	17.0	17.5	117.0	5,599.0	1,697.5	76.5				
					3	18.0	26.0	19.0	228.0	9,924.0	1,295.0	286.0	7.5	9.2	58.0	3,229.0	996.0	41.0				
					4	9.8	12.0	14.0	437.0	3,800.0	1,371.0	112.0	7.9	7.2	78.0	3,080.0	427.0	9.3				
					5	28.0	37.0	39.0	606.0	12,633.0	1,182.0	331.0	38.0	23.0	100.0	4,641.0	1,669.0	46.0				
					F2			18.0	27.0	22.0	1,624.0	8,922.0	743.0	199.0	13.0	12.0	126.0	495.0	838.0	42.0		
					F3		1	22.0	50.0	23.0	154.0	15,230.0	1,821.0	288.0	4.5	11.0	132.0	7,239.0	1,487.0	85.0		
			W61	F1		1	17.0	52.0	29.0	712.0	11,700.5	1,141.0	345.5	7.4	17.0	149.5	5,851.0	1,243.0	89.0			
							2	19.5	37.0	19.0	1,016.0	10,416.0	1,233.5	462.5	7.7	8.5	164.0	4,750.5	656.5	50.5		
							3	25.5	39.5	19.5	927.5	12,203.0	1,145.0	473.5	11.0	11.0	136.0	3,948.5	885.5	44.5		
						4	28.0	39.0	35.0	2,363.0	12,080.0	1,021.0	367.0	23.0	10.0	337.0	592.0	631.0	51.0			
						5	6.9	13.0		485.0	3,367.0	599.0	168.0	5.4		55.0	1,414.0	220.0	20.0			
				F2			26.0	50.0	14.0	823.0	9,915.0	1,329.0	346.0	7.3		149.0	5,147.0	923.0	56.0			
				F3		1	44.0	91.0	29.0	1,331.0	11,640.0	1,321.0	461.0	10.0	14.0	163.0	6,127.0	1,080.0	94.0			
		A05	W35	F1		1	48.5	95.0	29.0	989.5	10,443.0	1,448.5	226.0	5.3	9.5	171.0	5,250.0	927.5	82.0			
							2	114.0	185.0	59.5	701.5	10,176.5	1,420.0	365.0	7.5	5.7	90.0	5,356.5	942.5	70.5		
							3	141.0	346.0	111.0	561.0	19,257.0	1,859.0	424.0	3.5	10.2	141.5	7,853.0	1,892.5	88.5		
							4	69.0	232.0	66.0	2,362.0	16,691.0	1,397.0	344.0	5.3	11.0	341.0	738.0	1,278.0	49.0		
							5	59.0	115.0	61.0	575.0	17,142.0	1,758.0	395.0	4.1	18.0	132.0	6,805.0	1,747.0	88.0		
							F2			125.0	202.0	69.0	512.0	15,427.0	1,835.0	367.0	4.8	11.0	122.0	7,644.0	1,481.0	76.0
							F3		1	203.0	355.0	102.0	1,080.0	18,787.0	2,371.0	544.0	8.3	11.0	142.0	8,112.0	1,555.0	129.0
					W37	F1		1	91.0	198.5	67.0	1,710.0	23,706.5	1,673.0	273.5	3.8	12.2	242.5	4,211.5	1,619.5	114.5	
									2	272.3	143.0	154.7	1,244.3	18,244.0	1,755.0	258.3	11.0	12.7	140.0	8,258.7	1,708.7	108.3
				3			156.5	290.5	70.5	1,716.5	13,205.0	1,243.5	385.0	6.9	9.3	215.0	2,675.5	1,398.5	79.0			
			4	132.0			197.0	85.0	726.0	14,439.0	1,346.0	304.0		20.0	127.0	5,108.0	1,518.0	76.0				

VALORES OBTENIDOS POR CADA DISPARO. LA FRACCIÓN 1 HA SIDO SOMETIDA A VARIOS DISPAROS DEBIDO A QUE LAS PARTICULAS SON MÁS GRUESAS.

Promedio.						Elemento														
TIPO DE MUESTRA	Clúster	Ídigo de mues	Fracción	Tipo de prueba	Disparo	Pb	Zn	Cu	S	Fe	Al	Mn	Nb	Ni	P	Si	Ti	Zr		
S-Profundidad	A05	W37	F1		5	137.0	250.0	62.0	847.0	13,736.0	1,294.0	276.0		5.9	97.0	4,934.0	1,335.0	59.0		
			F2			428.0	501.0	314.0	1,388.0	16,821.0	1,440.0	344.0	5.0	9.8	160.0	8,033.0	1,245.0	71.0		
			F3		1	703.0	2,195.0	468.0	1,436.0	21,203.0	1,729.0	403.0	5.5	14.0	134.0	5,756.0	1,681.0	143.0		
	M05	W11	F1		1	47.5	178.0	52.5	2,321.0	10,474.0	1,029.0	410.0	4.9	7.0	361.0	687.0	1,054.5	33.5		
					2	87.0	186.5	56.5	379.5	12,037.0	1,196.5	514.5		10.0	120.5	5,464.0	940.0	21.0		
					3	36.0	109.5	33.5	491.5	7,955.0	1,072.0	290.5	9.3	9.3	124.0	5,055.5	637.5	29.5		
					4	583.0	520.0	172.0	2,289.0	9,276.0	1,208.0	994.0	6.0	9.1	316.0	1,319.0	810.0	61.0		
					5	101.0	194.0	70.0	358.0	10,392.0	1,240.0	324.0	13.0	8.9	127.0	4,201.0	857.0	46.0		
				F2			126.0	267.0	68.0	624.0	14,817.0	1,586.0	450.0	3.5	8.7	128.0	6,898.0	1,040.0	68.0	
				F3		1	276.0	477.0	223.0	568.0	18,124.0	1,453.0	535.0	10.0	7.3	137.0	4,846.0	1,518.0	79.0	
				W9	F1		1	69.0	125.5	36.5	1,327.0	13,956.0	1,374.5	295.5	6.1	10.8	202.0	3,772.5	1,320.0	70.0
							2	122.0	147.0	45.0	2,411.0	12,536.0	1,315.0	256.5	5.8	9.6	263.5	1,133.5	1,225.0	55.0
							3	95.0	101.5	31.0	1,875.0	11,534.5	1,259.0	247.0	5.0	7.8	245.5	1,277.0	1,234.5	42.5
		4	40.0			71.0	22.0	2,029.0	7,808.0	1,082.0	163.0	4.8	13.0	227.0	768.0	544.0	24.0			
		5	205.0			161.0	26.0	314.0	22,631.0	2,150.0	396.0	27.0	7.8	160.0	11,315.0	1,939.0	196.0			
	ZC	W77	F1	F2			102.0	159.0	45.0	212.0	16,399.0	1,515.0	281.0	5.9	8.1	101.0	5,837.0	1,470.0	109.0	
				F3		1	153.0	213.0	53.0	202.0	18,988.0	1,567.0	368.0	11.0	12.0	99.0	7,159.0	1,668.0	109.0	
					1	7.4	24.5	25.0	1,317.0	13,425.5	1,397.5	171.5	3.0	7.6	317.0	3,276.0	1,189.0	105.5		
					2	3.2	13.0	7.5	292.0	7,385.0	1,629.0	137.0			118.0	5,944.0	910.0	115.0		
					3	7.7	15.0	24.0	1,575.0	9,163.5	1,169.0	139.5	2.8	7.3	211.0	1,550.0	926.5	52.0		
					4	4.5	14.0	13.0	1,271.0	9,212.0	2,010.0	133.0		6.4	181.0	5,717.0	882.0	85.0		
					5	3.3	17.0	8.4	268.0	9,152.0	1,279.0	148.0		4.9	110.0	5,492.0	1,298.0	101.0		
				F2			13.0	34.0	23.0	276.0	18,908.0	1,648.0	282.0	4.7	7.8	123.0	6,812.0	2,051.0	144.0	
F3		1	27.0	51.0	34.0	2,233.0	25,568.0	1,123.0	330.0	15.0	11.0	335.0	836.0	2,729.0	329.0					

VALORES PROMEDIO POR MUESTRA POR FRACCIÓN (SE PROMEDIA A PARTIR DEL TOTAL DE DISPAROS REALIZADOS A CADA FRACCIÓN)

Promedio.		Elemento																
TIPO DE MUESTRA	Clúster	Código de muestra		Fracción	Pb	Zn	Cu	S	Fe	Al	Mn	Nb	Ni	P	Si	Ti	Zr	
MPS	AC	B17	F3		5,899.0	13,085.0	6,004.0	4,164.0	39,271.0	1,564.0	731.0	32.0	57.0	204.0	7,925.0	1,667.0	129.0	
		B18	F3		2,610.0	6,997.0	2,750.0	3,421.0	28,872.0	1,571.0	655.0	32.0	28.0	204.0	8,643.0	1,764.0	150.0	
		B19	F3		8,153.0	17,800.0	10,905.0	6,611.0	36,984.0	1,873.0	1,029.0	14.0	25.0	195.0	9,162.0	1,552.0	117.0	
		B25	F3		1,487.0	3,559.0	1,928.0	1,813.0	31,876.0	1,256.0	606.0	52.0	33.0	149.0	9,461.0	2,036.0	136.0	
	A03	B26	F3		1,720.0	3,747.0	2,366.0	1,987.0	34,336.0	1,350.0	534.0	34.0	42.0	147.0	8,149.0	1,751.0	164.0	
		B31	F3		1,099.0	1,567.0	791.0	1,820.0	29,278.0	1,664.0	518.0	39.0	21.0	162.0	8,139.0	1,742.0	143.0	
		B63	F3		1,721.0	3,999.0	2,686.0	2,341.0	39,815.0	1,866.0	694.0	50.0	63.0	192.0	10,960.0	2,405.0	142.0	
	A05	B33	F3		894.0	1,932.0	879.0	2,106.0	26,388.0	1,483.0	466.0	27.0	21.0	146.0	10,530.0	1,816.0	142.0	
		B35	F3		939.0	1,953.0	1,229.0	2,745.0	31,395.0	1,172.0	549.0	39.0	46.0	190.0	9,313.0	1,988.0	161.0	
	A07	B39	F3		1,164.0	2,300.0	1,253.0	2,243.0	34,001.0	1,524.0	590.0	47.0	41.0	145.0	8,216.0	2,024.0	168.0	
		B41	F3		1,076.0	2,090.0	1,223.0	3,437.0	32,779.0	1,212.0	520.0	41.0	39.0	125.0	7,840.0	1,843.0	162.0	
		B42	F3		684.0	2,466.0	574.0	2,750.0	31,272.0	1,765.0	531.0	38.0	30.0	149.0	9,557.0	1,828.0	172.0	
	M03	B44	F3		1,455.0	1,995.0	600.0	2,146.0	33,137.0	1,649.0	557.0	44.0	74.0	185.0	7,532.0	1,943.0	102.0	
		B46	F3		159.0	5,088.0	209.0	2,532.0	22,016.0	1,508.0	431.0	40.0	26.0	138.0	7,081.0	1,613.0	87.0	
		B10	F3		89.0	420.0	162.0	7,034.0	16,664.0	1,214.0	464.0	48.0	22.0	140.0	5,259.0	1,539.0	69.0	
	M05	B11	F3		158.0	843.0	220.0	2,200.0	21,608.0	1,282.0	447.0	42.0	27.0	158.0	6,441.0	1,520.0	69.0	
		B8	F3		136.0	1,073.0	300.0	1,706.0	24,827.0	1,495.0	490.0	39.0	41.0	160.0	7,562.0	1,582.0	81.0	
	M07	B1	F3		268.0	258.0	104.0	1,617.0	10,216.0	1,250.0	209.0	20.0	24.0	116.0	6,797.0	941.0	24.0	
		B3	F3		460.0	847.0	343.0	1,510.0	23,141.0	1,285.0	413.0	39.0	28.0	124.0	7,508.0	1,540.0	106.0	
		B6	F3		198.0	1,580.0	378.0	2,210.0	31,004.0	1,656.0	559.0	48.0	37.0	182.0	8,023.0	2,227.0	145.0	
	ZC	B77	F3		472.0	518.0	259.0	2,336.0	32,139.0	1,723.0	602.0	50.0	38.0	134.0	9,229.0	2,236.0	118.0	
	Polvo	AC	P16	F1		137.0	412.0	188.0	1,489.0	11,385.0	1,463.0	246.0	32.0	10.0	250.0	8,701.0	1,079.0	44.0
				F2		188.0	249.0	83.0	1,709.0	18,464.0	1,651.0	321.0	21.0	10.0	328.0	13,499.0	1,951.0	80.0
				F3		486.0	1,364.0	563.0	2,018.0	25,165.0	1,605.0	424.0	33.0	17.0	264.0	9,052.0	2,033.0	159.0
P17			F1		162.0	655.0	127.0	1,001.0	13,456.0	1,011.0	255.0	15.0	9.2	130.0	6,434.0	1,159.0	56.0	
			F2		227.0	699.0	205.0	1,875.0	19,577.0	1,976.0	272.0	11.0	8.3	264.0	11,956.0	1,269.0	68.0	
			F3		1,043.0	2,759.0	1,025.0	2,639.0	28,110.0	1,507.0	487.0	18.0	19.0	205.0	9,644.0	1,795.0	129.0	
P18			F1		531.0	1,068.0	268.0	1,732.0	19,896.0	1,454.0	375.0	3.1	15.0	237.0	8,611.0	1,186.0	82.0	
			F2		621.0	1,030.0	358.0	2,165.0	14,983.0	1,533.0	283.0		6.5	279.0	13,463.0	1,364.0	58.0	
			F3		3,283.0	7,070.0	3,543.0	3,695.0	30,196.0	1,776.0	644.0	4.7	11.0	217.0	9,654.0	1,878.0	182.0	
P20			F1		687.5	1,525.0	937.0	3,526.5	7,249.0	1,297.5	133.0	9.7	8.0	81.0	6,873.5	532.5	30.5	
			F2		1,626.5	3,666.5	1,751.0	4,031.5	17,380.5	1,590.5	510.0	28.0	10.2	97.5	10,783.5	1,159.5	62.5	
			F3		6,855.5	21,679.5	13,996.5	8,111.5	32,635.0	1,745.0	722.0	13.0		121.5	11,070.0	1,522.5	108.0	
P21			F1		957.3	1,173.3	755.0	3,282.7	27,327.0	1,759.7	542.7			13.5	257.3	10,577.0	1,219.3	60.0
			F2		606.0	611.0	423.0	1,936.0	15,918.0	1,403.0	303.0	3.4	7.3	221.0	9,249.0	1,711.0	63.0	
			F3		2,360.0	5,281.0	3,923.0	3,664.0	25,113.0	1,501.0	543.0			271.0	10,098.0	1,568.0	130.0	
P22			F1		409.3	656.3	450.7	1,722.3	12,952.0	1,317.7	333.7	4.5	17.1	174.3	9,933.0	1,099.3	67.3	
			F2		694.0	1,322.0	442.0	1,648.0	17,917.0	1,471.0	350.0		8.0	248.0	10,916.0	2,181.0	54.0	
			F3		2,125.0	7,696.0	3,900.0	3,692.0	30,421.0	2,021.0	612.0	4.9	15.0	260.0	11,419.0	2,024.0	134.0	
P23			F1		25.0	103.0	47.0	722.0	4,002.0	925.0	115.0	12.0	6.0	160.0	5,558.0	374.0	15.0	
			F2		292.0	875.0	276.0	1,238.0	22,025.0	2,024.0	372.0	23.0	19.0	560.0	13,332.0	1,983.0	128.0	
			F3		798.0	2,709.0	1,125.0	1,353.0	26,698.0	1,633.0	486.0	13.0	28.0	366.0	9,970.0	1,971.0	129.0	
P24			F1		1,139.3	618.0	190.7	1,595.0	23,755.7	1,494.7	420.7	11.2	14.0	337.0	7,968.3	1,526.3	80.3	
			F2		282.0	576.0	346.0	1,421.0	19,745.0	1,194.0	294.0	5.5	12.0	785.0	7,479.0	881.0	59.0	
			F3		727.0	2,572.0	887.0	2,319.0	34,266.0	2,039.0	588.0	5.3	27.0	788.0	14,668.0	1,985.0	147.0	
P25			F1		128.0	956.0	319.0	1,089.3	16,209.0	1,352.8	321.8	18.5	10.6	1,120.5	9,493.3	1,148.5	81.0	
			F2		278.5	974.5	396.0	1,316.5	19,293.5	1,944.0	375.0	7.3	11.0	990.0	14,376.0	2,388.5	77.5	
			F3		498.5	1,705.0	771.5	1,222.5	23,675.0	1,704.5	437.0	8.3	16.5	463.0	13,373.5	1,799.5	137.0	
P61			F1		123.0	506.5	160.5	1,447.0	16,940.5	1,632.0	1,731.5	26.5	22.0	564.0	10,179.5	1,174.0	74.5	
			F2		126.0	357.0	104.0	883.0	18,187.0	1,206.0	377.0	7.7	23.0	334.0	9,069.0	1,297.0	88.0	
			F3		672.0	2,315.0	827.0	1,606.0	37,002.0	1,740.0	551.0	23.0	40.0	411.0	12,615.0	2,226.0	194.0	
P62			F1		17.0	43.0	39.0	1,078.0	12,780.0	3,206.0	303.0	15.0	14.0	258.0	25,726.0	1,310.0	92.0	
			F2		133.0	528.0	212.0	877.0	37,614.0	1,611.0	504.0	20.0	11.0	281.0	8,592.0	4,164.0	279.0	
			F3		279.0	1,070.0	332.0	1,812.0	29,498.0	2,495.0	667.0	41.0	20.0	669.0	14,757.0	2,563.0	168.0	
A03			P26	F1		31.5	84.0	32.5	682.0	18,173.5	1,940.5	471.5	9.4	9.3	206.0	14,269.0	1,645.0	136.5
				F2		65.0	454.0	53.0	989.0	21,750.0	1,846.0	311.0	3.4	13.0	385.0	12,862.0	1,394.0	65.0
				F3		465.0	1,394.0	685.0	1,092.0	30,401.0	1,407.0	461.0	11.0	17.0	231.0	10,051.0	2,208.0	274.0
			P26.5	F1		35.0	98.0	38.0	701.0	10,651.0	1,091.0	333.0	22.0	8.3	86.0	6,816.0	581.0	35.0
				F2		145.0	404.0	131.0	911.0	25,437.0	1,405.0	410.0	23.0	12.0	237.0	10,524.0	1,614.0	127.0
				F3		596.0	1,757.0	786.0	1,238.0	27,066.0	1,716.0	494.0	22.0	21.0	287.0	11,436.0	1,747.0	159.0
			P27	F1		47.5	228.0	98.0	1,197.0	26,075.5	1,708.0	478.0	7.4	23.0	134.0	11,436.5	1,324.0	53.5
				F2		237.0	294.0	89.0	936.0	24,172.0	2,482.0	380.0	4.8	13.0	266.0	16,385.0	1,646.0	75.0
				F3		760.0	2,116.0	1,001.0	1,262.0	33,443.0	2,414.0	597.0	34.0	31.0	307.0	17,330.0	2,471.0	163.0
			P27.5	F1		26.0	81.5	38.0	484.5	8,697.0	1,446.5	198.5	6.8	8.0	146.5	15,812.0	1,079.5	75.0
				F2		72.0	170.0	64.0	1,304.0	18,085.0	1,577.0	299.0	8.0	10.0	194.0	11,255.0	1,270.0	83.0
				F3		529.0	1,148.0	613.0	735.0	24,693.0	1,784.0	436.0	9.4	12.0	153.0	11,419.0	1,744.0	142.0
			P28	F1		63.0	7,558.0	46.0	1,675.0	7,946.0	1,257.0	190.0	22.0	9.0	105.0	6,814.0	537.0	55.0
				F2		95.0	260.0	118.0										

VALORES PROMEDIO POR MUESTRA POR FRACCIÓN (SE PROMEDIA A PARTIR DEL TOTAL DE DISPAROS REALIZADOS A CADA FRACCIÓN)

Promedio.				Elemento												
TIPO DE MUESTRA	Clúster	Código de muestra		Fracción												
				Pb	Zn	Cu	S	Fe	Al	Mn	Nb	Ni	P	Si	Ti	Zr
Polvo	A05	P38	F3	337.0	1,319.0	752.0	1,285.0	31,183.0	1,951.0	529.0	11.0	30.0	205.0	13,730.0	2,003.0	128.0



VALORES PROMEDIO POR MUESTRA POR FRACCIÓN (SE PROMEDIA A PARTIR DEL TOTAL DE DISPAROS REALIZADOS A CADA FRACCIÓN)

Promedio.		Elemento															
TIPO DE MUESTRA	Clúster	Código de muestra		Fracción	Pb	Zn	Cu	S	Fe	Al	Mn	Nb	Ni	P	Si	Ti	Zr
Polvo	A07	P38.5	F1														
			F2	235.0	245.0	89.0	694.0	25,944.0	1,352.0	374.0	38.0	18.0	157.0	14,506.0	1,682.0	91.0	
			F3	1,134.0	2,455.0	1,567.0	2,011.0	70,409.0	3,080.0	1,004.0	52.0	59.0	321.0	22,033.0	4,494.0	406.0	
		P39	F1	51.0	209.0	84.5	946.5	20,373.0	1,879.0	418.0	7.9	19.5	428.5	13,801.5	2,285.5	85.0	
			F2	79.0	595.0	65.0	681.0	19,507.0	2,010.0	416.0	5.8	14.0	391.0	18,081.0	1,873.0	78.0	
			F3	407.0	1,112.0	606.0	959.0	29,667.0	1,533.0	490.0	10.0	24.0	311.0	12,319.0	1,892.0	172.0	
		P40	F1	34.0	109.0	28.0	1,286.0	17,091.0	1,429.0	415.0	12.0	7.5	170.0	10,530.0	1,080.0	66.0	
			F2	154.0	2,233.0	171.0	695.0	37,773.0	1,687.0	499.0	35.0	16.0	167.0	11,984.0	1,489.0	107.0	
			F3	829.0	2,097.0	1,048.0	1,161.0	41,464.0	2,032.0	656.0	35.0	53.0	254.0	11,730.0	2,228.0	192.0	
		P40.5	F1	20.0	62.0	34.0	3,046.0	8,745.0	1,177.0	260.0	5.7	116.0	7,361.0	472.0	49.0		
			F2	151.0	683.0	125.0	836.0	25,483.0	1,479.0	405.0	36.0	41.0	282.0	11,668.0	1,442.0	98.0	
			F3	550.0	1,601.0	786.0	1,208.0	36,704.0	1,832.0	723.0	34.0	42.0	262.0	12,301.0	2,190.0	207.0	
		P41	F1	48.0	11,561.0		2,086.0	4,653.0	1,678.0	211.0	34.0	102.0	9,776.0	261.0	67.0		
			F2	86.0	213.0	112.0	920.0	20,994.0	1,586.0	431.0	27.0	44.0	117.0	12,932.0	2,376.0	73.0	
			F3	706.0	2,055.0	1,339.0	1,314.0	63,334.0	2,140.0	930.0	65.0	58.0	213.0	15,226.0	4,380.0	267.0	
		P41.5	F1	21.0	69.0	11.0	500.0	25,958.0	1,747.0	546.0	6.1	107.0	7,996.0	1,650.0	19.0		
			F2	190.0	688.0	98.0	1,014.0	21,582.0	1,542.0	363.0	21.0	20.0	302.0	10,786.0	1,400.0	109.0	
			F3	575.0	1,716.0	890.0	1,036.0	51,343.0	2,014.0	806.0	60.0	71.0	271.0	13,346.0	3,182.0	279.0	
		P42	F1	126.0	348.0	207.0	1,220.0	24,789.0	1,460.0	425.0	42.0	34.0	198.0	10,124.0	2,442.0	80.0	
			F2	126.0	348.0	207.0	1,220.0	24,789.0	1,460.0	425.0	42.0	34.0	198.0	10,124.0	2,442.0	80.0	
			F3	479.0	1,898.0	642.0	1,129.0	44,127.0	1,745.0	699.0	55.0	121.0	172.0	11,149.0	2,839.0	382.0	
		P42.5	F1	43.0	180.0	54.0	910.0	14,428.0	1,468.0	304.0	14.0	23.0	139.0	7,587.0	1,461.0	50.0	
			F2	149.0	279.0	83.0	681.0	24,551.0	1,499.0	466.0	11.0	10.0	128.0	9,284.0	1,568.0	150.0	
			F3	276.0	1,026.0	459.0	905.0	41,916.0	1,870.0	616.0	35.0	91.0	201.0	11,322.0	2,173.0	188.0	
		P43	F1	74.0	1,456.0	112.0	1,587.0	14,462.0	1,596.0	229.0	37.0	104.0	192.0	6,839.0	713.0	25.0	
			F2	249.0	781.0	131.0	902.0	29,488.0	1,433.0	411.0	29.0	91.0	227.0	9,718.0	2,117.0	116.0	
			F3	300.0	1,242.0	639.0	814.0	41,342.0	1,541.0	650.0	30.0	189.0	205.0	11,019.0	2,039.0	178.0	
		P44	F1	24.0	104.0	43.0	989.0	7,373.0	1,234.0	156.0	16.0	6.9	227.0	15,132.0	810.0	19.0	
			F2	231.0	483.0	123.0	995.0	20,041.0	1,528.0	396.0	33.0	27.0	274.0	12,509.0	1,630.0	117.0	
			F3	376.0	1,032.0	403.0	1,227.0	35,879.0	1,554.0	523.0	30.0	46.0	289.0	12,540.0	2,061.0	208.0	
	P45	F1	38.0	319.0	51.0	1,238.0	24,337.0	1,608.0	279.0	12.0	19.0	186.0	14,138.0	1,516.0	42.0		
		F2	91.0	428.0	65.0	1,335.0	21,329.0	2,461.0	436.0	8.0	15.0	162.0	19,363.0	1,579.0	73.0		
		F3	192.0	964.0	194.0	1,299.0	28,466.0	2,293.0	503.0	16.0	27.0	170.0	16,545.0	2,075.0	133.0		
	M03	P12	F1		36.0	16.0		5,919.0	876.0	187.0	20.0	8.1	8,438.0	452.0	14.0		
			F2		135.0	34.0		19,692.0	1,580.0	354.0	16.0		12,899.0	1,900.0	99.0		
			F3		495.0	196.0		32,287.0	1,395.0	613.0	40.0	26.0	11,178.0	2,675.0	236.0		
		P13	F1	133.0	483.0	148.0	1,182.0	17,559.0	1,281.0	280.0	36.0	16.0	327.0	7,791.0	1,151.0	55.0	
			F2	156.0	512.0	159.0	2,044.0	25,272.0	1,863.0	311.0	36.0	22.0	352.0	8,446.0	4,862.0	86.0	
			F3	236.0	762.0	227.0	1,029.0	31,123.0	1,359.0	493.0	41.0	25.0	256.0	10,545.0	2,215.0	156.0	
		P13.5	F1	24.0	35.0	26.0	1,230.0	430.0	952.0	20.0	35.0	3.9	152.0	3,569.0	21.0		
			F2	108.0	353.0	309.0	779.0	34,282.0	1,987.0	313.0	19.0	14.0	319.0	14,268.0	1,338.0	85.0	
			F3	175.0	689.0	265.0	758.0	36,103.0	1,900.0	515.0	27.0	24.0	321.0	11,993.0	2,981.0	288.0	
		P14	F1	20.0	33.0		678.0	2,863.0	1,102.0	68.0	4.3	6.5	134.0	16,471.0	656.0	38.0	
			F2	47.0	589.0	44.0	735.0	22,881.0	1,983.0	270.0	6.1	8.6	251.0	16,699.0	1,368.0	84.0	
			F3	224.0	698.0	283.0	925.0	29,620.0	1,504.0	490.0	10.0	23.0	287.0	11,460.0	2,097.0	174.0	
		P14.5	F1	33.0	152.0	79.0	1,102.0	8,514.0	1,342.0	162.0	23.0	18.0	159.0	5,540.0	1,474.0	30.0	
			F2	140.0	487.0	122.0	1,470.0	24,200.0	2,189.0	347.0	11.0	12.0	522.0	14,404.0	1,498.0	83.0	
			F3	135.0	530.0	161.0	1,282.0	26,087.0	1,835.0	493.0	7.8	42.0	211.0	12,291.0	1,887.0	143.0	
		P15	F1	51.0	556.0	97.0	1,454.0	6,596.0	942.0	237.0	37.0	12.0	1,611.0	5,402.0	4,142.0	28.0	
			F2	160.0	323.0	106.0	1,235.0	26,241.0	2,109.0	472.0	32.0	15.0	590.0	15,864.0	2,507.0	257.0	
			F3	246.0	576.0	196.0	1,225.0	30,027.0	2,395.0	582.0	25.0	27.0	386.0	14,591.0	2,191.0	192.0	
		P46	F1	357.0	1,719.0	126.0	1,124.0	10,658.0	1,105.0	186.0	26.0	10.0	466.0	4,597.0	622.0	360.0	
			F2	404.0	555.0	134.0	1,560.0	16,648.0	1,354.0	298.0	15.0	10.0	480.0	10,127.0	1,847.0	84.0	
			F3	305.0	735.0	261.0	923.0	27,217.0	1,628.0	445.0	25.0	22.0	280.0	10,022.0	2,048.0	196.0	
		P49	F1	3,183.0	1,512.0	67.0	1,728.0	13,310.0	1,961.0	200.0	16.0	29.0	361.0	18,166.0	3,329.0	196.0	
			F2	422.0	246.0	175.0	1,118.0	17,980.0	1,927.0	265.0	8.0	26.0	456.0	15,641.0	1,628.0	65.0	
			F3	271.0	437.0	114.0	771.0	25,733.0	1,985.0	409.0	11.0	19.0	340.0	15,575.0	2,113.0	146.0	
		M05	P10	F1	13.0	16.0	26.0	362.0	5,525.0	847.0	144.0	14.0	7.6	56.0	11,345.0	272.0	35.0
				F2	73.0	104.0	30.0	1,086.0	18,349.0	2,294.0	317.0	22.0	13.0	229.0	19,894.0	1,561.0	71.0
				F3	157.0	429.0	177.0	1,016.0	25,764.0	1,805.0	463.0	19.0	23.0	198.0	14,898.0	2,021.0	190.0
			P10.5	F1	134.0	2,902.3	50.7	2,361.0	12,462.3	1,362.0	288.0	9.2	8.1	112.3	10,451.3	1,031.3	67.3
				F2	312.0	130.0	39.0	2,011.0	14,219.0	2,639.0	306.0	2.7	9.8	249.0	18,541.0	1,193.0	64.0
				F3	138.0	318.0	106.0	916.0	23,607.0	1,646.0	430.0	8.9	15.0	183.0	12,414.0	1,898.0	144.0
	P11		F1		36.0	26.0		1,011.0	1,074.0	47.0	15.0		11,524.0	109.0	25.0		
			F2		201.0	35.0		18,720.0	1,571.0	340.0	17.0	24.0	13,381.0	1,125.0	97.0		
			F3		680.0	118.0		28,377.0	1,976.0	478.0	27.0	15.0	16,278.0	2,346.0	144.0		
	P6.5		F1	56.0	101.0	47.0	928.0	4,209.0	1,329.0	95.0	41.0	5.7	252.0	5,594.0	435.0	31.0	
			F2	112.0	164.0	40.0	585.0	22,357.0	2,093.0	370.0	12.0	10.0	265.0	19,209.0	2,291.0	89.0	
			F3	123.0	317.0	185.0	755.0	27,711.0	1,899.0	463.0	10.0	9.7	297.0	17,503.0	2,238.0	248.0	
	P7		F1	19.0	6,075.0	57.0	2,668.0	10,008.0	1,417.0	148.0	19.0	11.0	97.0	7,213.0	388.0	13.0	
			F2	77.0	109.0	58.0	562.0	19,744.0	1,174.0	333.0	12.0	8.5	156.0	10,317.0	1,941.0	65.0	
			F3	89.0	325.0	115.0	620.0	24,283.0	1,765.0	388.0	11.0	17.0	214.0	12,332.0	2,123.0	153.0	
	P7.5		F1	49.0	141.0	37.0	1,103.0	16,429.0	1,845.0	325.0	22.0	10.0	134.0	13,232			

VALORES PROMEDIO POR MUESTRA POR FRACCIÓN (SE PROMEDIA A PARTIR DEL TOTAL DE DISPAROS REALIZADOS A CADA FRACCIÓN)

Promedio.				Elemento													
TIPO DE MUESTRA	Clúster	Código de muestra		Fracción	Pb	Zn	Cu	S	Fe	Al	Mn	Nb	Ni	P	Si	Ti	Zr
Polvo	M07	P5	F3	156.0	483.0	181.0	804.0	34,880.0	2,200.0	537.0	38.0	25.0	173.0	12,483.0	2,850.0	275.0	
			F1	3.0	20.0	11.0	332.0	5,146.0	871.0	156.0	46.0	4,852.0	408.0	22.0			
			F2	128.0	150.0	1,983.0	730.0	20,915.0	1,659.0	327.0	18.0	8.5	167.0	11,104.0	1,663.0	76.0	
		P6	F3	141.0	412.0	190.0	717.0	26,078.0	1,830.0	439.0	15.0	25.0	222.0	11,745.0	2,063.0	192.0	
			F1	30.0	113.0	44.0	773.0	19,835.0	1,162.0	391.0	17.0	23.0	117.0	8,233.0	3,725.0	141.0	
			F2	75.0	128.0	47.0	618.0	22,457.0	2,110.0	329.0	11.0	7.8	322.0	17,754.0	1,996.0	73.0	
		F3	116.0	488.0	145.0	836.0	22,715.0	1,515.0	416.0	17.0	39.0	255.0	11,708.0	2,026.0	123.0		



VALORES PROMEDIO POR MUESTRA POR FRACCIÓN (SE PROMEDIA A PARTIR DEL TOTAL DE DISPAROS REALIZADOS A CADA FRACCIÓN)

Promedio.		Elemento																
TIPO DE MUESTRA	Clúster	Código de muestra		Fracción	Pb	Zn	Cu	S	Fe	Al	Mn	Nb	Ni	P	Si	Ti	Zr	
Polvo	ZC	P77	F1	20.0	71.0	37.0	929.0	20,244.0	1,568.0	462.0	21.0	17.0	132.0	11,953.0	2,322.0	159.0		
			F2	31.0	56.0	24.0	623.0	24,208.0	1,500.0	406.0	28.0	9.8	83.0	12,372.0	2,589.0	88.0		
			F3	73.0	246.0	90.0	783.0	48,120.0	1,606.0	740.0	45.0	26.0	141.0	8,731.0	4,243.0	505.0		
		P78	F1	53.0	298.0	100.0	1,269.0	14,122.0	1,578.0	302.0	34.0	13.0	251.0	6,851.0	1,647.0	38.0		
			F2	50.0	208.0	55.0	863.0	20,791.0	1,310.0	417.0	29.0	17.0	202.0	10,426.0	1,627.0	148.0		
			F3	67.0	319.0	108.0	774.0	28,392.0	1,830.0	499.0	39.0	21.0	188.0	11,281.0	2,209.0	195.0		
		P80	F1	22.0	74.0	66.0	585.0	14,949.0	1,350.0	290.0	21.0	12.0	134.0	9,286.0	998.0	26.0		
			F2	41.0	214.0	62.0	1,177.0	11,403.0	985.0	303.0	18.0	9.4	131.0	7,051.0	983.0	57.0		
			F3	66.0	363.0	81.0	946.0	23,963.0	1,586.0	436.0	13.0	13.0	201.0	11,612.0	2,031.0	143.0		
S-Superficial	AC	S16	F1	29.3	79.9	32.5	1,158.4	15,333.9	1,452.3	283.0	5.9	9.1	203.1	4,603.6	1,144.9	44.4		
			F2	41.0	83.0	37.0	1,968.0	12,862.0	1,698.0	260.0	3.8	6.7	192.0	6,020.0	1,285.0	47.0		
			F3	85.0	208.0	93.0	1,114.0	16,255.0	1,193.0	280.0	7.7	12.0	106.0	4,602.0	1,606.0	117.0		
		S17	F1	248.9	738.0	871.5	1,707.6	70,453.6	1,553.5	591.8	15.8	95.7	158.3	5,594.9	861.7	52.8		
			F2	580.0	1,767.0	1,466.0	1,430.0	42,624.0	1,728.0	434.0	5.5	45.0	152.0	4,536.0	2,797.0	61.0		
			F3	1,518.0	3,743.0	4,505.0	3,409.0	52,930.0	2,081.0	640.0	8.1	112.0	227.0	5,707.0	1,744.0	193.0		
		S18	F1	337.8	1,185.2	233.4	2,431.2	13,283.0	1,450.8	253.0	3.8	7.3	159.0	4,105.8	988.0	57.4		
			F2	614.0	1,713.0	959.0	2,457.0	11,405.0	1,912.0	286.0	5.7	17.0	226.0	8,758.0	1,134.0	58.0		
			F3	1,561.0	4,433.0	1,345.0	3,723.0	20,198.0	1,389.0	480.0	6.5	9.2	199.0	6,784.0	1,380.0	95.0		
		S19	F1	393.5	1,553.8	450.9	2,121.5	15,738.9	1,441.4	311.4	12.8	10.7	347.3	2,772.3	862.1	62.4		
			F2	1,285.0	3,849.0	907.0	1,535.0	13,654.0	1,540.0	355.0	4.1	6.1	212.0	4,011.0	1,332.0	58.0		
			F3	2,616.0	7,967.0	2,937.0	2,888.0	24,337.0	1,535.0	585.0	6.2	285.0	5,317.0	1,451.0	122.0			
		S20	F1	131.6	460.1	356.4	1,449.4	16,981.8	1,636.5	371.4	3.9	8.6	117.0	4,353.4	1,351.5	63.3		
			F2	233.0	424.0	302.0	820.0	16,500.0	1,459.0	388.0	3.9	7.4	83.0	6,604.0	1,412.0	60.0		
			F3	1,212.0	4,616.0	4,249.0	1,808.0	35,085.0	1,808.0	845.0	22.0	15.0	119.0	7,668.0	2,450.0	142.0		
		S21	F1	162.0	366.0	342.6	1,471.3	30,198.9	1,782.6	463.3	11.4	24.8	141.3	6,699.8	1,870.9	68.6		
			F2	358.0	650.0	320.0	1,352.0	12,381.0	1,483.0	243.0	16.0	10.8	108.0	7,549.0	1,194.0	52.0		
			F3	1,601.0	3,619.0	2,730.0	2,652.0	26,145.0	1,756.0	488.0	4.9	11.0	165.0	7,455.0	1,924.0	238.0		
		S22	F1	269.8	741.5	627.4	1,853.6	12,416.4	1,499.9	308.5	7.4	9.0	134.3	4,150.4	1,020.6	63.6		
			F2	368.0	1,009.0	490.0	1,190.0	13,745.0	1,219.0	262.0	2.9	8.6	61.0	2,626.0	1,141.0	55.0		
			F3	675.0	2,369.0	1,238.0	2,882.0	21,979.0	1,665.0	411.0	6.8	14.0	160.0	6,340.0	1,672.0	134.0		
		S23	F1	67.9	210.1	91.3	1,809.1	10,093.0	1,595.5	248.3	9.7	8.0	353.8	3,545.0	703.1	27.8		
			F2	139.0	377.0	162.0	1,831.0	14,486.0	1,856.0	275.0	4.5	9.7	378.0	5,356.0	1,750.0	32.0		
			F3	277.0	1,033.0	499.0	2,372.0	23,272.0	1,716.0	449.0	10.0	11.0	471.0	5,900.0	1,528.0	120.0		
		S24	F1	465.4	1,297.8	233.8	1,717.4	11,873.4	1,399.9	239.5	13.6	14.4	224.6	3,622.5	822.5	44.6		
			F2	524.0	1,031.0	399.0	1,508.0	14,668.0	1,743.0	306.0	5.9	14.0	434.0	6,116.0	1,566.0	77.0		
			F3	725.0	1,827.0	539.0	1,269.0	21,897.0	1,411.0	404.0	7.5	20.0	358.0	6,769.0	1,451.0	141.0		
		S25	F1	62.8	235.4	86.8	697.3	16,884.6	1,595.9	390.1	4.0	9.0	205.1	6,227.8	1,364.1	100.1		
			F2	159.0	467.0	173.0	493.0	15,000.0	1,483.0	299.0	5.1	6.0	186.0	6,355.0	1,598.0	65.0		
			F3	180.5	502.0	179.5	838.5	19,800.0	1,634.0	394.5	15.0	14.0	231.5	6,731.5	1,854.5	138.0		
		S61	F1	25.8	121.4	30.3	2,791.5	13,254.4	1,355.3	228.9	4.7	8.5	119.1	4,454.0	852.5	62.4		
			F2	96.0	490.0	59.0	3,217.0	21,817.0	1,411.0	327.0	11.0	11.0	130.0	4,375.0	1,684.0	56.0		
			F3	100.0	304.0	77.0	4,487.0	15,905.0	1,127.0	332.0	11.0	11.0	107.0	3,846.0	1,213.0	90.0		
		S81	F1	641.3	2,355.6	921.9	1,977.5	12,633.1	1,411.3	331.9	17.5	15.0	183.3	4,581.9	939.1	52.4		
			F2	1,347.0	3,461.0	1,466.0	1,353.0	13,690.0	1,567.0	375.0	15.0	8.6	203.0	4,993.0	953.0	56.0		
			F3	1,600.0	6,097.0	2,049.0	1,301.0	23,129.0	1,579.0	535.0	44.0	18.0	194.0	4,848.0	1,532.0	106.0		
		A03	S26	F1	83.6	243.9	84.6	2,326.4	14,000.8	1,657.3	285.1	5.6	11.0	236.1	4,574.4	1,256.0	55.5	
				F2	174.0	389.0	103.0	2,747.0	15,086.0	1,580.0	281.0	3.7	7.7	193.0	6,488.0	1,383.0	83.0	
				F3	367.0	1,180.0	261.0	3,375.0	23,373.0	1,716.0	396.0	9.3	15.0	224.0	6,716.0	1,838.0	151.0	
			S27	F1	42.9	86.8	63.5	1,183.4	17,355.4	1,748.8	296.4	6.1	16.6	166.5	6,415.9	1,361.4	91.3	
				F2	50.0	94.0	90.0	498.0	20,152.0	1,756.0	353.0	3.1	12.0	73.0	5,286.0	1,464.0	91.0	
				F3	130.0	381.0	144.0	931.0	20,714.0	1,769.0	414.0	7.8	12.0	102.0	6,333.0	1,509.0	100.0	
			S29	F1	72.6	114.4	63.1	959.1	12,064.8	1,493.3	293.3	4.1	8.2	120.8	5,272.4	1,019.6	66.0	
				F2	191.0	153.0	82.0	687.0	14,440.0	1,693.0	305.0	3.8	8.2	106.0	4,844.0	1,260.0	70.0	
				F3	258.0	559.0	234.0	1,375.0	22,979.0	1,603.0	448.0	11.0	13.0	158.0	8,714.0	1,977.0	136.0	
			S31	F1	323.9	716.2	359.9	1,232.9	14,949.4	1,170.6	264.5	4.2	9.8	165.2	3,596.3	1,160.2	76.7	
				F2	380.8	615.1	340.5	1,824.9	15,033.0	1,112.7	275.0	6.2	9.7	198.4	2,412.4	992.4	70.0	
				F3	970.4	1,642.4	976.4	1,410.8	25,444.6	1,419.6	408.0	7.0	12.2	171.0	3,911.8	1,623.8	185.0	
			S32	F1	31.3	76.6	47.6	829.5	19,962.5	1,612.4	348.4	7.2	11.6	110.0	5,740.3	1,113.0	78.1	
				F2	60.0	113.0	43.0	607.0	21,614.0	1,755.0	495.0	7.4	14.0	123.0	8,108.0	1,110.0	89.0	
				F3	187.0	341.0	210.0	671.0	22,614.0	1,632.0	508.0	6.9	16.0	124.0	7,731.0	2,158.0	201.0	
			S63	F1	22.1	123.8	57.2	875.0	21,626.2	1,348.6	395.3	1.3	27.8	145.8	4,721.5	1,157.3	62.5	
				F2	40.1	154.0	50.7	1,126.2	16,934.3	1,192.1	322.4	3.4	19.0	130.3	3,574.3	1,109.1	72.6	
				F3	87.0	286.0	139.0	1,132.0	21,923.6	1,617.2	402.6	6.6	23.2	153.8	6,036.2	1,585.0	110.4	
		A05	S33	F1	139.4	327.4	182.6	1,475.4	20,905.6	1,395.9	424.9	6.7	14.7	138.3	4,178.3	1,018.6	128.3	
				F2	259.0	626.0	268.0	1,070.0	22,730.0	1,647.0	320.0	5.1	14.0	176.0	7,401.0	1,999.0	73.0	
				F3	699.0	1,319.0	1,066.0	1,336.0	26,258.0	1,649.0	458.0	4.6	15.0	151.0	6,778.0	1,760.0	204.0	
			S34	F1	156.4	288.8	95.8	981.1	11,576.5	1,475.4	267.6	5.7	7.8	160.1	3,969.9	905.3	50.9	
				F2	158.0	188.0	81.0	818.0	14,659.0	1,816.0	271.0	5.3	8.1	168.0	6,241.0	1,289.0	56.0	
				F3	460.0	1,200.0	474.0	1,058.0	20,699.0	1,522.0	387.0	5.0	9.2	181.0	6,957.0	1,699.0	106.0	
			S35	F1	28.9	63.8	32.6											

VALORES PROMEDIO POR MUESTRA POR FRACCIÓN (SE PROMEDIA A PARTIR DEL TOTAL DE DISPAROS REALIZADOS A CADA FRACCIÓN)

Promedio.		Elemento																
TIPO DE MUESTRA	Clúster	Código de muestra		Fracción	Elemento													
		muestra	Fracción		Pb	Zn	Cu	S	Fe	Al	Mn	Nb	Ni	P	Si	Ti	Zr	
S-Superficial	M03	S15	F3		267.0	695.0	219.0	1,867.0	24,945.0	1,660.0	474.0	11.0	21.0	244.0	7,086.0	2,155.0	148.0	
				S46	F1	131.0	255.4	76.4	566.3	15,520.4	1,148.5	356.6	7.6	9.4	159.7	4,112.4	1,404.7	68.7
					F2	117.2	330.2	66.6	716.8	14,526.0	1,291.2	363.6	6.8	10.2	262.0	5,401.6	1,377.0	62.6
		S49	F3		234.8	526.6	137.4	632.6	21,551.8	1,518.4	473.4	16.6	15.4	384.0	7,995.4	1,811.6	150.2	
				F1		219.4	90.9	44.1	998.1	13,077.6	1,195.6	275.9	11.8	10.8	198.6	5,944.1	1,523.4	73.1
					F2	58.0	134.0	86.0	664.0	14,968.0	967.0	343.0	8.2	17.0	106.0	5,335.0	1,217.0	46.0
			F3		95.0	218.0	78.0	484.0	23,910.0	1,332.0	469.0	7.4	10.0	168.0	6,502.0	1,894.0	158.0	



VALORES PROMEDIO POR MUESTRA POR FRACCIÓN (SE PROMEDIA A PARTIR DEL TOTAL DE DISPAROS REALIZADOS A CADA FRACCIÓN)

Promedio.				Elemento													
TIPO DE MUESTRA	Clúster	Código de muestra		Fracción	Pb	Zn	Cu	S	Fe	Al	Mn	Nb	Ni	P	Si	Ti	Zr
S-Superficial	M05	S10	F1	47.5	132.4	41.5	1,048.6	13,762.4	1,134.6	314.1	7.2	11.3	184.8	4,330.4	1,072.9	56.5	
			F2	66.0	160.0	55.0	740.0	15,437.0	1,048.0	334.0	8.0	8.9	250.0	7,551.0	1,437.0	67.0	
			F3	89.0	190.0	55.0	682.0	18,267.0	1,138.0	372.0	9.6	12.0	180.0	5,492.0	1,460.0	122.0	
		S11	F1	43.3	130.4	38.7	1,337.0	21,938.0	1,170.0	465.4	9.1	10.7	174.1	4,726.1	1,367.6	74.9	
			F2	32.0	83.0	43.0	1,421.0	12,871.0	1,042.0	299.0	7.8	9.8	105.0	5,713.0	1,419.0	48.0	
			F3	51.0	121.0	44.0	661.0	18,596.0	1,108.0	428.0	8.2	6.7	120.0	5,780.0	1,724.0	99.0	
		S7	F1	140.8	70.8	38.4	1,551.3	22,263.0	1,146.8	489.5	4.3	11.8	113.5	5,457.0	1,389.6	61.9	
			F2	208.0	66.0	19.0	443.0	11,353.0	1,149.0	250.0	2.9	51.0	96.0	7,703.0	1,227.0	45.0	
			F3	87.0	253.0	69.0	429.0	19,578.0	911.0	370.0	4.9	11.0	122.0	6,435.0	1,738.0	125.0	
	S8	F1	19.1	46.3	26.6	1,174.5	12,878.4	1,042.7	355.7	3.3	8.4	166.6	4,426.8	936.4	60.6		
		F2	62.8	160.2	39.8	1,450.6	11,916.6	943.4	203.6	5.2	7.4	232.2	3,640.2	1,214.0	49.4		
		F3	77.6	197.6	74.6	1,755.8	18,308.8	1,395.0	317.4	14.8	11.2	266.2	3,637.8	1,530.0	133.8		
	S9	F1	130.6	188.5	43.0	566.9	14,302.6	1,168.0	292.6	5.8	8.6	150.0	5,388.6	1,269.4	72.4		
		F2	128.0	183.0	48.0	355.0	14,198.0	1,150.0	275.0	6.1	8.8	122.0	6,779.0	1,654.0	63.0		
		F3	209.0	288.0	59.0	334.0	17,624.0	1,207.0	368.0	8.7	9.4	133.0	6,812.0	1,661.0	125.0		
	M07	S1	F1	74.3	166.8	58.0	865.0	14,763.0	1,258.8	269.8	7.8	7.8	105.5	4,476.3	1,366.8	73.0	
			F2	74.0	188.0	67.0	933.0	16,020.0	1,189.0	280.0	11.0	14.0	114.0	4,485.0	1,136.0	58.0	
			F3	96.4	276.4	79.4	2,403.2	16,877.2	1,196.6	293.4	10.0	12.6	376.6	794.4	1,310.4	114.8	
		S2	F1	299.9	773.9	44.9	1,718.3	12,696.3	1,060.6	314.6	6.0	10.6	219.3	3,966.6	837.3	41.1	
			F2	48.0	58.0	14.0	680.0	20,176.0	1,299.0	299.0		23.0	111.0	6,888.0	1,991.0	57.0	
			F3	127.0	311.0	79.0	2,306.0	23,503.0	1,256.0	374.0	16.0	9.5	280.0	816.0	1,932.0	186.0	
		S3	F1	40.5	111.0	30.5	888.3	13,990.3	1,055.5	227.8	5.8	8.5	142.8	5,926.5	1,621.0	70.5	
			F2	34.0	107.0	26.0	2,179.0	10,945.0	981.0	208.0	5.0	7.0	336.0	623.0	1,200.0	58.0	
			F3	101.6	288.2	92.2	1,093.6	27,978.4	1,763.0	428.2	11.4	15.2	228.6	8,265.4	2,368.8	200.8	
		S4	F1	108.0	110.4	49.0	976.3	19,883.4	1,312.4	417.4	11.0	11.5	197.9	7,047.0	1,064.0	61.6	
			F2	48.0	107.0	38.0	507.0	17,390.0	1,565.0	289.0		8.5	107.0	7,443.0	1,361.0	53.0	
			F3	82.0	216.0	71.0	611.0	20,423.0	1,458.0	406.0	6.0	20.0	135.0	6,849.0	1,708.0	127.0	
		S5	F1	44.5	97.1	47.6	1,832.0	10,169.5	1,006.1	213.6	10.5	9.8	96.3	4,639.9	942.6	56.8	
			F2	102.0	185.0	57.0	2,488.0	15,294.0	1,101.0	281.0	6.8	8.7	297.0	824.0	916.0	73.0	
			F3	137.0	402.0	115.0	1,215.0	21,826.0	1,182.0	423.0	7.5	23.0	160.0	6,265.0	1,908.0	181.0	
		S6	F1	1,167.8	137.3	52.3	1,222.4	20,521.4	1,221.6	292.1	6.8	17.0	136.3	5,587.8	1,113.4	76.0	
			F2	165.0	418.0	60.0	577.0	20,043.0	1,160.0	320.0	2.8	11.0	120.0	7,149.0	1,124.0	59.0	
			F3	117.0	341.0	107.0	752.0	23,616.0	1,195.0	372.0	8.9	15.0	157.0	6,954.0	1,850.0	162.0	
	ZC	S77	F1	19.4	64.4	29.5	834.3	14,689.9	1,319.4	278.3	4.6	10.9	166.1	4,246.3	1,229.9	69.4	
			F2	52.0	105.0	45.0	331.0	18,445.0	1,803.0	386.0	6.7	13.0	126.0	6,609.0	1,592.0	74.0	
			F3	68.0	157.0	72.0	338.0	23,798.0	1,551.0	506.0	16.0	19.0	113.0	6,475.0	2,073.0	109.0	
		S78	F1	18.3	79.3	31.6	1,069.9	17,031.0	1,437.0	320.4	6.8	10.9	198.1	5,677.4	1,311.1	70.9	
			F2	33.0	165.0	71.0	919.0	12,178.0	1,169.0	367.0	15.0	13.0	174.0	3,702.0	915.0	48.0	
			F3	37.0	126.0	50.0	981.0	22,601.0	1,716.0	421.0	7.3	8.8	217.0	6,464.0	1,925.0	110.0	
		S79	F1	25.5	93.0	42.7	1,227.6	13,898.9	1,099.8	291.3	10.8	7.0	166.6	3,217.6	1,304.0	42.8	
			F2	17.8	49.4	22.6	1,053.0	10,310.4	1,290.2	208.0	4.8	4.6	152.2	5,216.6	1,017.0	57.6	
			F3	48.0	173.6	63.2	1,643.6	26,627.4	1,375.4	469.8	12.8	16.0	265.8	2,574.2	2,708.8	229.4	
		S80	F1	31.6	82.5	34.5	1,116.9	14,924.1	1,395.0	325.4	3.3	8.6	184.1	3,745.0	1,321.0	64.1	
			F2	57.0	141.0	50.0	435.0	15,811.0	1,700.0	359.0	6.7	8.3	127.0	7,324.0	1,611.0	66.0	
			F3	88.0	232.0	75.0	483.0	20,537.0	1,535.0	425.0	9.1	9.9	134.0	4,838.0	1,918.0	91.0	
S80-DU		F1	57.5	144.9	44.3	976.8	14,648.5	1,464.6	318.8	8.4	8.8	158.1	3,958.3	1,272.6	67.6		
		F2	47.0	137.0	47.0	546.0	16,572.0	1,628.0	389.0	4.0	11.0	182.0	6,794.0	1,619.0	72.0		
		F3	63.0	191.0	55.0	669.0	20,436.0	1,825.0	446.0	6.7	12.0	164.0	8,800.0	1,890.0	119.0		
S-Profundidad		AC	W25	F1	18.1	33.1	22.1	343.8	10,905.6	1,275.0	275.7	16.4	14.6	108.7	4,541.7	1,373.0	49.9
				F2	18.0	27.0	22.0	1,624.0	8,922.0	743.0	199.0	13.0	12.0	126.0	495.0	838.0	42.0
				F3	22.0	50.0	23.0	154.0	15,230.0	1,821.0	288.0	4.5	11.0	132.0	7,239.0	1,487.0	85.0
	W61		F1	19.9	38.6	23.5	1,019.9	10,510.8	1,082.4	387.3	10.1	12.7	161.4	3,888.3	802.6	54.9	
			F2	26.0	50.0	14.0	823.0	9,915.0	1,329.0	346.0	7.3		149.0	5,147.0	923.0	56.0	
			F3	44.0	91.0	29.0	1,331.0	11,640.0	1,321.0	461.0	10.0	14.0	163.0	6,127.0	1,080.0	94.0	
	A05	W35	F1	91.9	199.9	65.8	930.1	14,198.3	1,576.3	346.1	5.2	10.0	159.8	5,557.8	1,318.8	77.4	
			F2	125.0	202.0	69.0	512.0	15,427.0	1,835.0	367.0	4.8	11.0	122.0	7,644.0	1,481.0	76.0	
			F3	203.0	355.0	102.0	1,080.0	18,787.0	2,371.0	544.0	8.3	11.0	142.0	8,112.0	1,555.0	129.0	
	W37	F1	175.7	206.0	98.4	1,351.0	17,414.4	1,526.4	296.9	7.2	11.9	173.2	5,399.1	1,557.2	94.1		
		F2	428.0	501.0	314.0	1,388.0	16,821.0	1,440.0	344.0	5.0	9.8	160.0	8,033.0	1,245.0	71.0		
		F3	703.0	2,195.0	468.0	1,436.0	21,203.0	1,729.0	403.0	5.5	14.0	134.0	5,756.0	1,681.0	143.0		
	M05	W11	F1	128.1	207.8	65.9	958.6	10,075.0	1,144.9	468.5	8.3	8.9	184.7	3,892.3	866.4	34.4	
			F2	126.0	267.0	68.0	624.0	14,817.0	1,586.0	450.0	3.5	8.7	128.0	6,898.0	1,040.0	68.0	
			F3	276.0	477.0	223.0	568.0	18,124.0	1,453.0	535.0	10.0	7.3	137.0	4,846.0	1,518.0	79.0	
		W9	F1	102.1	122.5	34.1	1,696.1	13,311.5	1,391.1	269.6	8.2	9.7	226.1	3,056.1	1,255.3	69.4	
			F2	102.0	159.0	45.0	212.0	16,399.0	1,515.0	281.0	5.9	8.1	101.0	5,837.0	1,470.0	109.0	
			F3	153.0	213.0	53.0	202.0	18,988.0	1,567.0	368.0	11.0	12.0	99.0	7,159.0	1,668.0	109.0	
ZC	W77	F1	5.9	17.6	15.6	1,087.9	10,132.4	1,435.9	148.6	2.9	6.7	209.3	3,829.3	1,045.9	88.0		
		F2	13.0	34.0	23.0	276.0	18,908.0	1,648.0	282.0	4.7	7.8	123.0	6,812.0	2,051.0	144.0		
		F3	27.0	51.0	34.0	2,233.0	25,568.0	1,123.0	330.0	15.0	11.0	335.0	836.0	2,729.0	329.0		

Anexo 05: Control de Calidad



TIPO DE MUESTRA	Clúster	Código de muestra		Pb	Zn	Cu	S	Fe	Al	Mn	Nb	Ni	P	Si	Ti	Zr	
		muestra	Fracción	1	2	3	20	14	0	17	1	5	160	0	2	1	
LC	LD			1	2	3	20	14		17	1	5	160		2	1	
	LC			5	10	15	100	70	0	85	5	25	800	0	10	5	
CA Residencial				140													
Polvo	AC	P20	Muestra	Total	6,061.5	19,672.4	12,841.1	7,017.1	30,758.9	1,706.8	638.9	12.7	0.6	109.3	9,938.4	1,345.3	97.6
			Muestra	Total	6,943.7	21,362.4	13,635.5	8,711.6	31,977.3	1,747.9	749.4	1.0	0.2	129.8	11,887.9	1,617.2	111.0
					14%	8%	6%	22%	4%	2%	16%	171%	96%	17%	18%	18%	13%
Polvo	AC	P25	Muestra	Total	329.9	1,095.9	492.1	1,209.2	20,702.0	1,672.1	386.8	7.7	12.3	672.7	12,073.2	1,828.9	99.6
			Muestra	Total	476.5	1,787.1	753.1	1,420.8	24,390.8	1,878.3	464.8	11.3	17.1	848.1	14,993.2	2,290.2	132.0
					36%	48%	42%	16%	16%	12%	18%	39%	33%	23%	22%	22%	28%
Polvo	A03	P63	Muestra	Total	538.8	1,255.2	709.5	1,110.9	21,324.3	1,392.1	379.8	24.8	16.4	189.8	10,010.5	1,568.9	126.5
			Muestra	Total	646.0	1,313.6	767.0	996.7	23,148.8	1,267.2	432.2	17.9	15.5	190.2	9,964.1	1,599.5	143.4
					18%	5%	8%	11%	8%	9%	13%	32%	5%	0%	0%	2%	12%
Polvo	A05	P36.5	Muestra	Total	287.8	836.5	440.7	1,423.7	27,072.1	2,157.2	506.4	23.8	21.2	520.7	15,962.7	1,956.4	167.0
			Muestra	Total	276.2	652.6	365.2	1,468.0	24,403.7	2,271.9	416.8	15.6	13.8	490.9	17,496.5	1,807.2	134.8
					4%	25%	19%	3%	10%	5%	19%	42%	42%	6%	9%	8%	21%
S-Superficial	ZC	S80	Muestra	Total	95.4	244.6	92.0	1,820.8	33,592.4	1,615.0	736.4	8.3	18.5	346.3	6,208.0	3,126.6	143.7
			Muestra	Total	120.6	322.8	100.6	1,798.7	34,481.7	1,652.4	766.8	15.3	19.8	359.1	6,845.3	3,127.8	163.1
					23%	28%	9%	1%	3%	2%	4%	60%	7%	4%	10%	0%	13%

