

# Suelos contaminados con plomo en la Ciudad de La Oroya-Junín y su impacto en las aguas del Río Mantaro

## Lead Contaminated Soils in the city of La Oroya-JUNIN, and its impact on the quality of the waters of the Mantaro river

Siles Arce<sup>1</sup>, Marilú Calderón<sup>2</sup>

Recibido: Agosto 2015 - Aprobado: Diciembre 2015

### RESUMEN

La presente investigación es en respuesta al problema de contaminación generado por la presencia de la Fundición de La Oroya, cuyas actividades dieron como resultado la contaminación con plomo del aire y suelos de la Oroya por más de 90 años.

Por problemas ambientales y financieros, Doe Run Perú actual propietario de la Fundición ha dejado de operar desde el año 2009, sin embargo los pasivos ambientales aún persisten.

Como resultados del trabajo de investigación se ha comprobado que los suelos de la ciudad de La Oroya Antigua que están frente al Complejo Metalúrgico esta impactada con plomo llegando a valores tan altos que en algunos casos puntuales sobrepasan los 9000 mg/Kg. superando en todo sentido el Estándar de Calidad del suelo Peruano para vivienda y para suelos comerciales, industriales y extractivos que son de 140 mg/Kg, y 1200 mg/Kg. Respectivamente.

El contenido de plomo en el agua del río Mantaro llega hasta valores máximos de 1 mg Pb/L en la zona adyacente al depósito de escorias de Huanchan, luego de una fuerte precipitación pluvial, lo que indica que hay impacto de los suelos hacia el río, el cual estaría imposibilitando la vida en este medio acuático ya que el Estándar de Calidad Agua Peruano es de 1 ug Pb/L. Dada la capacidad de dilución del río por su gran caudal los contenidos de plomo en el río bajan a valores casi normales, sin embargo el daño ambiental se da de cada vez que se presentan las lluvias.

La Oroya necesita una urgente remediación de suelos para ser considerado apto para vivienda y para que el río recupere su capacidad de vida acuática, y/o sea apta para riego.

**Palabras clave:** Plomo; Suelos Contaminados; impacto; calidad de agua.

### ABSTRACT

This research is in response to the problem of pollution generated by the presence of the La Oroya smelter, whose activities resulted in lead contamination of air and soil in La Oroya for more than 90 years.

For environmental and financial problems, Doe Run Peru Smelter current owner, has ceased operations since 2009, however persist environmental liabilities.

As a result of the investigation it was found that the soils of the city of La Oroya Antigua this against the Metallurgical Complex is impacted with lead reaching as high values in some specific cases exceed 9000 mg / kg. surpassing all sense the Quality Standard Peruvian land for housing and commercial, industrial and extractive soil are 140 mg / kg and 1200 mg / kg. respectively.

The lead content in the water of the river Mantaro reaches maximum values of 1 mg Pb / L in the adjacent slag deposit Huanchan area after heavy rainfall, indicating that there is impact of soil to the river , which it would be impossible life in the aquatic environment and the Water Quality Standard Peruano is 1 ug Pb / L. Due to the high dilution capacity of the river by its high flow, the contents of lead in the river down to near normal, however environmental damage occurs each time the rains are presented.

1. Ing. Mg. Siles Nilo Arce Sancho Supervisor Senior Doe Run Perú SRL. Egresado Maestría Gestión y Control de la Contaminación UNMSM Email snarces@gmail.com

2. Dra. Julia Marilú Calderón Celis. Docente - Investigadora en la UNMSM. Auditor en Sistemas de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo. RD. N° 54-2015-MTPE/1/20.3 email jcalderond2@unmsm.edu.pe

La Oroya needs urgent soil remediation to be considered suitable for housing and for the river regains its aquatic life capacity, and / or is suitable for irrigation.

From this research it is concluded that La Oroya needs urgent soil remediation to be considered suitable for housing, and that the river can once again find their capacity to aquatic life, and / or is suitable for irrigation.

**Keyword:** Lead Contaminated Soil; impact; water quality.

## I. INTRODUCCION

La ciudad de La Oroya se encuentra en la sierra central del Perú a una altitud de 3700 msnm. y a una distancia de 175 km de Lima, es una ciudad que se ha desarrollado sin planificación al lado del complejo metalúrgico del mismo nombre. La contaminación de los suelos de La Oroya por metales pesados como el plomo se viene dando desde el año 1922 época en el que Complejo Metalúrgico de La Oroya (CMLO) inicia sus operaciones con la Empresa Cerro de Pasco Corporation (Anna & Barandiaran, 2002).

En el año 1997 el CMLO fue transferido a Doe Run Perú SRL. y de acuerdo con el contrato de compra venta, Centromin Perú S.A. tiene la responsabilidad de remediar las áreas afectadas por las emisiones de polvos y gases de la fundición, desde 1922 hasta 1997 ya que el estado peruano a través de Centromin Perú operó el complejo desde 1974 hasta 1997. (Doe Run Peru S.R.L., 2015).

Activos Mineros S.A. (quien fuera Centromin Perú) el año 1997 ha iniciado obras de remediación de suelos en convenio con la municipalidad de Yauli- La Oroya en los alrededores de la ciudad de La Oroya; pero aún no realizó ningún tipo de acción correctiva en los suelos de La Oroya Antigua. (Activos Mineros S.A.C., 2012)

Los suelos de La Oroya siguen contaminados a pesar que las operaciones del Complejo Metalúrgico se encuentran paralizados desde el año 2009, creando problemas de salud a los pobladores así como a los usuarios del río Mantaro, río que pasa por la ciudad de La Oroya (Mantaro Revive, 2015).

El presente trabajo de investigación da a conocer la distribución de la contaminación por plomo en la superficie de los suelos de La ciudad de La Oroya Antigua, donde se determina en qué medida el plomo se transfiere al río Mantaro, como afecta la temporada lluviosa al incremento de esta contaminación hacia el río Mantaro.

Se tienen los estudios realizados por las consultora Ground Water International, para Activos Mineros S.A. realizados entre junio de 2008 y marzo 2009, llegando a la siguiente conclusión: Las emisiones de plomo, cadmio y arsénico ocasionados por la fundición de La Oroya durante sus 87 años de vida productiva han afectado alrededor de 2300 kilómetros cuadrados de suelos de la región central. Como para tener una idea del impacto ambiental de las emisiones del CMLO, el área afectada equivale al 83% del área total de Lima Metropolitana, están afectadas no solo de la provincia de Yauli, donde se ubica la ciudad de La Oroya, sino también de Tarma, Jauja y Junín. (Activos Mineros S.A.C., 2012)

La zona más impactada se localiza a dos kilómetros al sur del CMLO, que comprende parte del área urbana conocida como La Oroya Antigua donde la concentración de plomo

esta entre 3000 a 16000 mg/kg en los suelos entre 7,5 a 40 veces más que el límite permitido y a que la concentración máxima en caso residencial es de 400 mg/kg según estándares canadienses. (Activos Mineros S.A.C., 2012)

El río Mantaro se ubica en la parte central del país, recorre 725 Km a través de los departamentos de Pasco, Junín, Huancavelica y Ayacucho. En la cuenca alta existe explotación de plomo, plata, cobre y zinc. La actividad minera es intensa, de modo que un gran volumen de vertimientos son evacuados; algunos de ellos vierten directamente a sus afluentes y otros usan canchas de relaves. (DIGESA, 2008)

La ONG. Mantaro revive los años 2007 y 2008 ha realizado estudios de las aguas del río Mantaro determinando que las partes más afectadas con Plomo es el tramo después del depósito de escorias en La Oroya Antigua con 1.097 mg/L y 0.877mg/L superando en más de 20 veces el ECA agua, (Mantaro Revive, 2015).

## II. MATERIALES Y METODOS

La unidad de análisis son los suelos superficiales de la ciudad de La Oroya La Antigua y el agua de río correspondiente al tramo del río Mantaro que pasa por la Oroya Antigua.

Para determinar las dimensiones del muestreo para suelos, se tomó en cuenta la guía de muestreo de suelos del Ministerio del Ambiente (MINAM), específicamente el tipo de muestreo de identificación de acuerdo a lo establecido en el D.S. N° 002-2013-MINAM. Los resultados fueron comparados con los ECA suelo.

El número total de muestras que se determinó en la investigación fue en función a la población de estudio. En el caso de La Oroya Antigua que tiene un área aproximadamente 10 hectáreas, se tomaron 30 muestras en 15 puntos de muestreo (ver figura N° 1) tomando en cuenta la accesibilidad. Asimismo, la cantidad de suelo fue de 1 Kg por muestra, según el procedimiento recomendado por el Ministerio del Ambiente Peruano.

Para minimizar la posibilidad de obtener muestras en áreas contaminadas por plomo proveniente de la gasolina, se obtuvieron muestras que se encuentren por lo menos a una cuadra de lugares con alto tráfico de automóviles como es la carretera central.

Para determinar las dimensiones del muestreo del agua se tomó en cuenta el protocolo de monitoreo de calidad sanitaria de los recursos hídricos de aguas superficiales de la Dirección General de Salud DIGESA. Se ha determinado tres puntos de muestreo, aguas arriba, en la zona de impacto y otra aguas abajo en el cuerpo de agua del río Mantaro esto para asegurarse que se haya mezclado completamente con el agua receptora.



Figura N° 1. Monitoreo puntual, Plomo.  
Fuente: Elaboración propia

El muestreo fue llevado a cabo, en dos periodos durante el año, periodo seco (mayo-octubre) y periodo lluvioso (noviembre- abril). Tanto en los periodos seco y lluviosos se hizo lo posible de tomar muestras de agua luego de una lluvia para evaluar su impacto más directamente. En los Tabla N° 1 y Tabla N° 2 se muestran los puntos de muestreo para suelo y agua de rio Mantaro respectivamente.

Tabla N° 1. Puntos de Muestreo de Suelo

Muestra Nro.	Coordenadas UTM 18T		altitud m.s.n.m.
	X	Y	
1	402365	8725698	3723
2	402227	8726097	3733
3	402083	8726086	3724
4	402111	8726351	3773
5	401707	8726211	3726
6	401415	8726259	3726
7	401504	8726401	3795
8	401714	8726427	3728
9	401887	8726277	3723
10	401967	8726373	3749
11	402096	8726469	3814
12	401860	8726614	3746
13	401804	8726746	3740
14	401950	8726966	3778
15	402035	8727247	3795

Fuente: Elaboración Propia (2016).

Tabla N° 2. Puntos de Muestreo Agua Rio Mantaro

Lugar muestreo	Coordenadas UTM	
	X	Y
Pt1: puente carretera	401707	8726211
Pt2: puente cascabel	401692	8726162
Pt3:puente huanchan	402353	8724646

Fuente: Elaboración Propia (2016).

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Resultados muestreo Suelos: De acuerdo al Tabla N° 1 se tomaron 15 muestras para análisis de plomo durante 5 veces en los años que duró la investigación, las cuales fueron llevadas al laboratorio, siguiendo el procedimiento descrito en por el Ministerio del Ambiente, los resultados se muestran en el Tabla N° 3.

**Tabla N° 3.** Resultados muestreo suelos

Muestra Nro.	altitud m.s.n.m.	Plomo suelo P.seco 2013 mg/Kg	Plomo suelo P.lluvia 2014 mg/Kg	Plomo suelo P.seco 2014 mg/Kg	Plomo suelo P.lluvia 2015 mg/Kg	Plomo suelo P.seco 2015 mg/Kg
1	3723	9900	9300	9800	9200	9850
2	3733	8900	8000	8900	7900	7900
3	3724	8100	7700	8050	7800	8100
4	3773	7200	7000	7300	7000	7200
5	3726	5900	5400	5950	5350	6050
6	3726	4900	4500	4900	4550	4800
7	3795	3900	3800	3800	3900	3900
8	3728	4100	3900	4200	3800	4300
9	3723	7900	7400	8100	7500	8400
10	3749	6200	5900	6050	4900	6300
11	3814	5700	5600	5800	5700	5600
12	3746	3100	3000	3300	3200	3100
13	3740	2300	2300	2400	2300	2200
14	3778	1100	1000	1100	1000	900
15	3795	750	700	800	700	600

Fuente: Elaboración Propia (2016).

**Resultados muestreo Agua.** Se tomaron 3 muestras para análisis de plomo durante 5 veces en los años que duró la investigación, siempre después de lluvias, en determinados periodos de tiempo, las cuales fueron llevadas al laboratorio para su análisis siguiendo el procedimiento recomendado por DIGESA, los resultados se muestran en el Tabla N° 4. También se analizaron en forma mensual el año 2013 los resultados se muestran en la Tabla N° 5.

Para el análisis de los resultados se han tomado como referencia las estadísticas de precipitación los registros de la Estación La Oroya. En el Tabla N° 6 se puede apreciar las comparaciones que desde los meses Mayo y Agosto se tienen los acumulados mensuales más bajos y mientras que entre los meses de Noviembre a Marzo se tienen los niveles más altos de precipitaciones.

**Tabla N° 4.** Resultados muestreo agua

Lugar muestreo	Pb mg/L P.seco 2013	Pb mg/L P.lluvia 2014	Pb mg/L P.seco 2014	Pb mg/L P.lluvia 2015	Pb mg/L P.seco 2015
Pt1: puente carretera	0.011	0.035	0.013	0.039	0.012
Pt2: puente cascabel	0.017	0.057	0.017	0.061	0.023
Pt3:puente huanchan	0.088	0.109	0.069	0.099	0.079

Fuente: Elaboración Propia (2016).

**Tabla N° 5.** Resultados muestreo agua área Huanchan por meses 2013

Mes	Pb mg/l.	Mes	Pb mg/l.
May-13	0.089	Nov-13	0.101
Jun-13	0.059	Dic-13	0.108
Jul-13	0.087	Ene-14	0.11
Ago-13	0.088	Feb-14	0.105
Set-13	0.091	Mar-14	0.119
Oct-13	0.095	Abr-14	0.094

Fuente: Elaboración Propia (2014).

Tabla N° 6. Precipitaciones Acumuladas Mensuales y Anuales (mm)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
2006	164.2	92.7	180.3	76.7	16.2	20.5	8.8	38	54.4	71.3	128.3	199	1050.7
2007	132.6	116.9	230.2	76	39	0	4.1	18.5	63.5	102	76	106	964.8
2008	190.5	125.6	116.1	37	6.9	7.4	4.7	16.4	26.1	119	42.2	110	801.9
2009	161.3	202.9	137.8	91.2	64.2	6.6	11.2	33.3	0	134	187.2	202	1231.7
2010	183.8	148.4	181.3	76.1	15.7	7.6	0.9	9.6	33.7	77.5	56.1	195	985.7
2011	201.2	169.7	194.6	122	22	0	13	19.6	103.1	51.7	139	168	1203.9
2012	124	177	140	123	22.4	17	18.2	11.9	52.5	82.3	124.2	165	1057.5
Promedio	165.4	147.6	168.6	86	26.6	8.4	8.7	21	47.6	91.1	107.6	163.6	1042.3

Fuente: IGAG Doe Run Perú (2012).

**Presentación de resultados.** Para la determinación de la distribución del plomo en la ciudad de La Oroya se usó el estadístico Kriging con el software SGEMS, el cual es representado en la siguiente Figura N° 2 donde se compara el mapa generado por el software SGEMS con el mapa real de muestras, la línea blanca representa el río Mantaro, de esta figura se concluye que las cantidades de plomo contenidas en el suelo de la ciudad de La Oroya se encuentran distribuidas en toda el área urbana superando los estándares de calidad de suelos.

**Análisis de Resultados.** De las 75 muestras de suelos tomadas en el lapso de 5 años el 100% supera el ECA suelo que es de 70 mg/Kg para viviendas dados por el D.S. N° 002-2013-MINAM, llegando a valores máximos extremos de más de 9000 mg/Kg de plomo que es el área ubicada frente al complejo metalúrgico salida a Huancayo. Por lo que se concluye que la ciudad de La Oroya no es apta para ser residencia de personas, de las 75 muestras de suelo 65 superan el ECA industrial, comercial y extractivo que es de 1200 mg/Kg de suelo, por lo que se concluye que la Oroya no es apta incluso para realizar actividades industriales ni comerciales. (Figura N° 2)

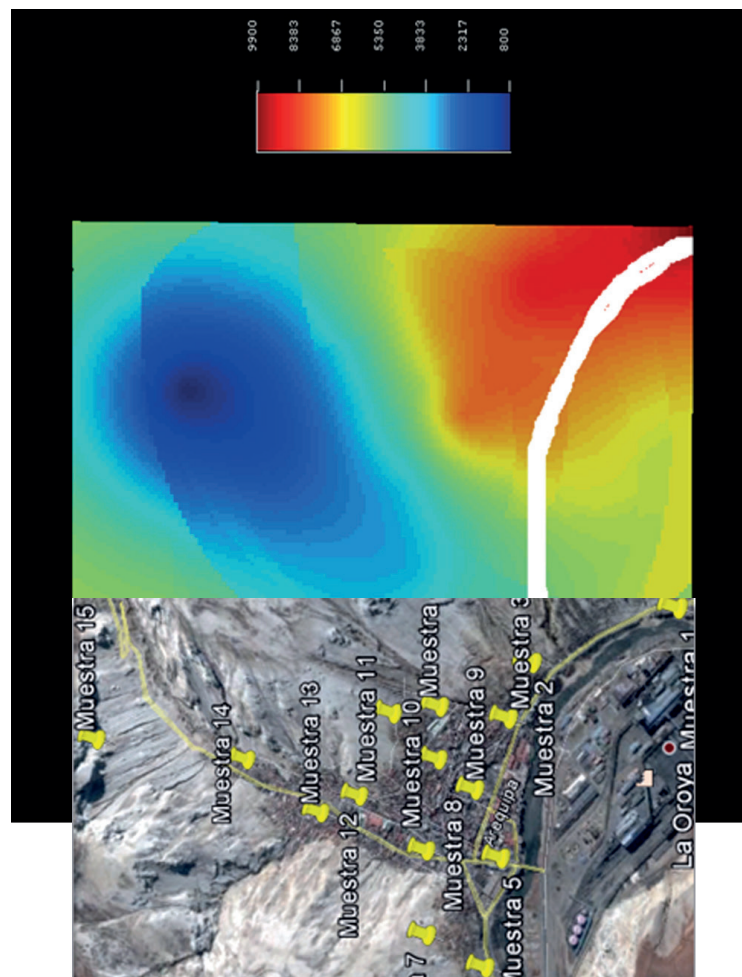


Figura N° 2: Distribución de Plomo en la ciudad de la oroya.

Todas las muestras tomadas del río Mantaro después de una lluvia indican que el río no es apto para conservar el medio de vida acuático superando el ECA agua que es de 0.001 mg/L., (D.S. N° 002-2008-MINAM ), se observa que hay impacto en la zona de la Oroya Antigua por arrastre de suelo superficial ya que el promedio aguas arriba el resultado es de 0.022 mg/L y en la zona de aguas abajo el resultado es de 0.089 mg/L. (Tabla N° 4)

Para la elaboración de las tablas N° 7 y N° 8 se realizaron en base a la tabla N° 4.

Del Tabla N° 7 se obtiene la Figura N° 3 y de la Tabla N° 8, se obtiene la Figura N° 4 donde se observa que el incremento de plomo en el río es proporcional a la cantidad de plomo presente en los suelos de la Oroya, y es mayor el contenido de plomo en el río cuando es periodo lluvioso, si se observa el coeficiente de correlación de las líneas

de tendencia se observa que 3 de las 4 es mayor 0.94 que significa que es un valor significativo estadísticamente por lo que se concluye que el suelo contaminado con plomo de la ciudad de La Oroya impacta en la calidad del agua del río Mantaro incrementando el contenido de este metal pesado en el agua y el medio de transferencia más común son las precipitaciones pluviales, ya que este fenómeno se da inmediatamente después de las lluvias.

Finalmente el plomo que se transfiere al río es ocasionado por las lluvias y depende de la cantidad de las lluvias que se dan en la zona. Para ellos se correlacionan los datos de la Tabla N° 5 y la Tabla N° 6 y se obtiene el grafico precipitación Vs Plomo en el agua río Mantaro que se muestra en la Figura N° 5 donde se tiene una línea de tendencia con correlación  $R^2 = 0.76$ , lo que demuestra que si hay una relación significativa entre la precipitación y el contenido de plomo en el río Mantaro.

**Tabla N° 7.** Incremento de plomo en el río en periodo seco

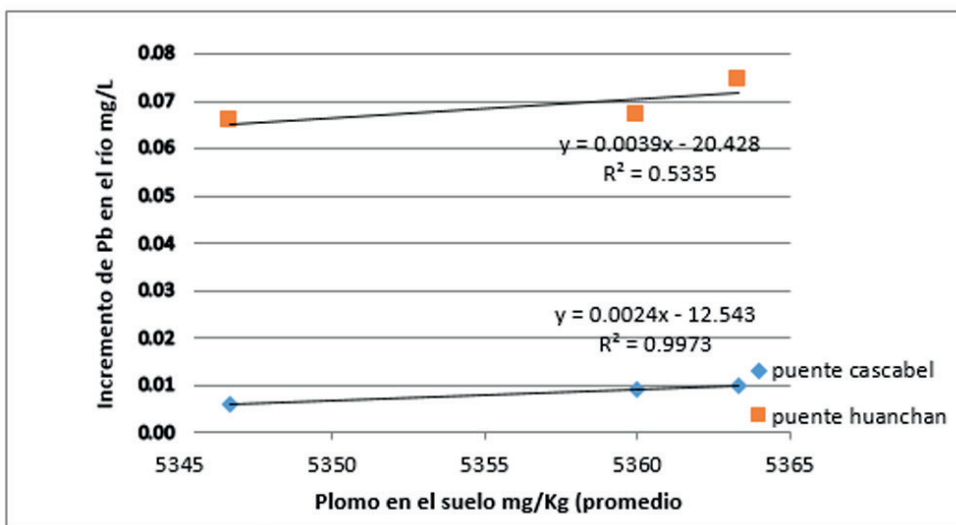
Año	Promedio mg/ Kg Pb	Incremento primer punto mg/L Pb	Incremento segundo punto mg/L Pb
2013	5360	0.009	0.067
2014	5363	0.01	0.075
2015	5347	0.006	0.066

Fuente: Elaboración Propia (2016).

**Tabla N° 8.** Incremento de plomo en el río en periodo lluvioso

Año	Promedio mg/ Kg Pb	Incremento primer punto mg/L Pb	Incremento segundo punto mg/L Pb
2013	5057	0.025	0.048
2014	5020	0.023	0.042
2015	5040	0.024	0.048

Fuente: Elaboración Propia (2016).



**Figura N° 3.** Incremento de plomo en periodo seco

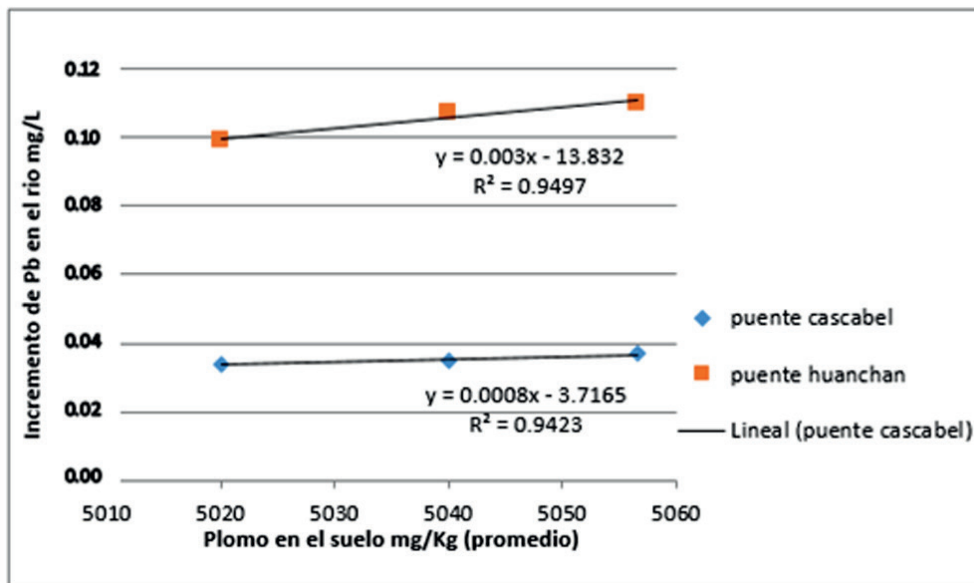


Figura N° 4. Incremento de plomo en periodo lluvioso

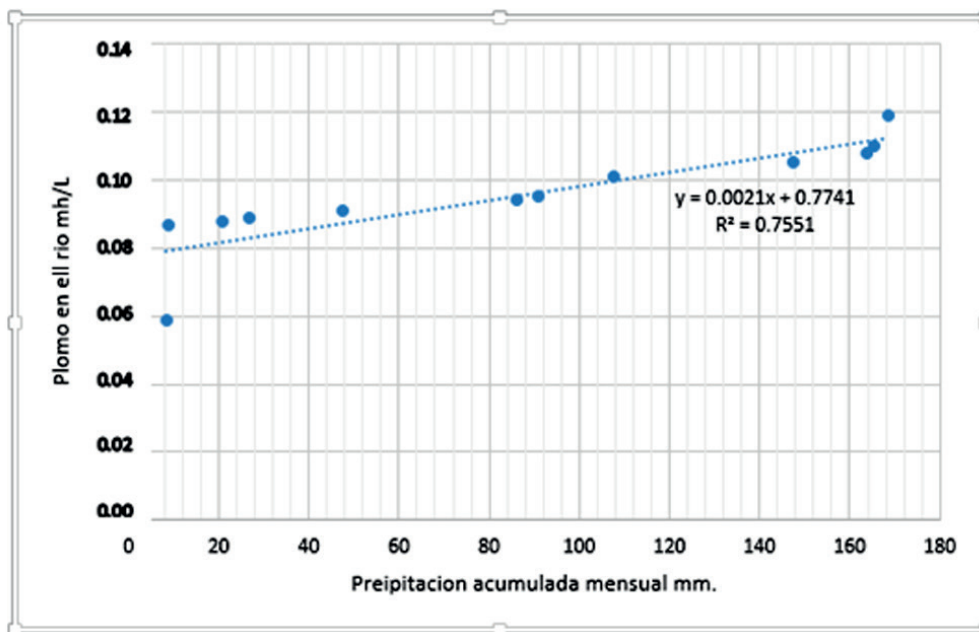


Figura N° 5. Relación entre precipitación y plomo en el río Mantaro

#### IV. CONCLUSIONES

- En los resultados de la investigación se ha comprobado que los suelos de la Oroya Antigua que esta frente al Complejo Metalúrgico esta impactada con plomo llegando a valores máximos tan altos que pasan los 9000 mg/kg de suelo superando en todo sentido el Estándar de Calidad del suelo Peruano para vivienda, inclusive superando en un 87% el Estándar de Calidad para suelos comerciales, industriales y extractivos como se demuestra en la Figura N° 2.
- El contenido de plomo en el agua del río Mantaro llegan a valores de más 0.1 mg Pb/L en la zona

del depósito de escorias de Huanchan, después de una lluvia lo que indica que si hay impacto de los suelos, imposibilitando la vida en este medio acuático ya que el Estándar de Calidad Agua Peruano es de 1 ug Pb/L, tampoco es apta para el riego y bebida de animales para lo cual se necesita que sea de 50 ug/L.

- De los Tabla N° 7 y Tabla N° 8 y de las Figura N° 3 y Figura N° 4 se concluye que hay impacto de los suelos al río Mantaro, ya que hay un incremento de plomo aguas abajo con respecto a aguas arriba tanto en periodo seco y lluvioso. En los periodos lluviosos el contenido de plomo en el río aumenta y el contenido de plomo en el

superficial disminuye ligeramente por lo que también se concluye que el plomo es transferido por las lluvias hacia el río.

- Finalmente de la Figura N° 5 se concluye que el plomo contenido en el agua del río Mantaro está en función de la cantidad de precipitación pluvial.

## V. AGRADECIMIENTOS.

- A los directivos y compañeros de trabajo de la empresa Doe Run Perú. S.R.L., por brindarme las facilidades de haberme permitido la recopilación de datos.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Activos Mineros S.A.C. (2012). Remediación de Suelos Contaminados. Recuperado de Activos Mineros S.A.C.: <http://www.activosmineros.com.pe /amsac /index .php/ proyectos-en-ejecucion>.
2. Anna, C. K., & Barandiaran, A. (2002). La Oroya No Espera. Lima: Sociedad Peruana de Derecho Ambiental.
3. DIGESA. (2007). Dirección General de Salud Ambiental. Recuperado de [www.digesa.gob.pe](http://www.digesa.gob.pe): <http://www.digesa.gob.pe>
4. DIGESA. (2008). Monitoreo del río San Juan - Mantaro y Principales Afluentes. Programa Nacional de Vigilancia de la Calidad de los Recursos Hídricos. Lima: Ministerio de Salud.
5. Doe Run Peru S.R.L. (Marzo de 2015). Complejo Metalúrgico de La Oroya. Recuperado de Doe Run Peru.: <http://www.doerun.com.pe>
6. Doe Run Peru S.R.L. (2015). Instrumento de Gestión Ambiental Correctivo. Lima.
7. Mantaro Revive. (2015). Evaluación del Contenido de Metales y Metaloides en Suelos de la Zona Alta y Media de la Cuenca Hidrográfica del Río Mantaro. Obtenido de Mantaro Revive: <http://elmantarorevive.blogspot.com/>
8. MINAM. (2014). Ministerio del Ambiente. Obtenido de [www.minam.gob.pe](http://www.minam.gob.pe): <http://www.minam.gob.pe>