



## **Efectos adversos de metales pesados en la agricultura Cuenca baja del río Huaura-provincia Huaura; Huacho 2014**

### **Adverse effect of heavy metals in agriculture lower basin of the Huaura river-province Huaura, Huacho 2014**

Flores Briceño, Ranulfo<sup>1</sup>, Guerra Iazo, Cayo E<sup>1</sup>; Ipanaque Roña, J. Manuel<sup>1</sup>; Rodríguez Espinoza, Ronald<sup>1</sup>; Vega Pereda, Nicanor<sup>1</sup>.

#### **RESUMEN**

**Objetivos:** determinar los efectos de metales pesados en el cultivo de maíz.

**Materiales y métodos:** Se determinó la concentración de los metales pesados Cu, Pb, Cd, Hg., en las aguas de la cuenca baja del río Huaura y se evaluó su acumulación y efecto en maíz amarillo duro. También se analizó el contenido del plomo en el suelo extraído con el fin de determinar el efecto residual y la movilidad de estos elementos en el suelo a lo largo del perfil. Las parcelas de maíz se regaron con una solución de plomo con concentraciones de Pb (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> al 0.005%. Por espacio de dos meses y las del área testigo con agua potable de la Universidad. Se realizó análisis descriptivo de los datos obtenidos, análisis de varianza y comparación de medias empleando la prueba de Duncan para un nivel de probabilidad del 95%. **Resultados:** la cantidades de plomo se encontraron distribuidas en la raíz, hojas y tallo; sus contenidos superaron el umbral de tolerancia que pudieran causar efectos tóxicos al ser consumido por las personas o por el ganado. La concentración en los metales asimilables en el suelo no mostró diferencias significativas con la solución de plomo. **Conclusiones:** La baja movilidad y biodisponibilidad de los metales pesados encontrados se debieron principalmente a las características físicas y químicas del suelo.

**Palabras clave:** Plomo, metal pesado, Industria minera



## ABSTRACT

**Objectives:** To determine the effects of heavy metals in the corn crop. **Materials and methods:** The concentration of heavy metals Cu, Pb, Cd, and Hg, in the waters of the river downstream Huaura was determined and their accumulation and effect on yellow corn was evaluated. Lead content was also analyzed in the extracted to determine the residual effects and mobility of these elements in the soil along the soil profile. The corn plots were irrigated with a solution of lead concentrations of Pb (NO<sub>3</sub>) 2 0.005%. for two months and witness the drinking water area of the University. Descriptive analysis of the data, analysis of variance and mean comparison using Duncan test for a probability level of 95% was performed. **Results:** The amounts of lead were found distributed in the root, leaf and stem; contents exceeded the threshold of tolerance that could cause toxic effects when consumed by people or livestock. The equivalent concentration in metals in the soil showed no significant differences with the lead solution. **Conclusions:** The low mobility and bioavailability of heavy metals found were mainly due to the physical and chemical characteristics of the soil. **Keywords:** Lead, Heavy Metal, Mining Industry

## INTRODUCCIÓN

La industria minera es una de las actividades económicas del Perú, desarrollándose actualmente la explotación minerales metálicos y no metálicos en la parte alta de la cuenca del río Huaura, esta actividad puede afectar el medio ambiente por los procesos de oxidación, el viento las lluvias y es común que en sitios cercanos a minas se encuentren áreas extensas con presencia de cobre, cadmio, arsénico, plomo entre otros, los cuales en altas concentraciones tienen efectos tóxicos y son considerados contaminantes ambientales capaces de alterar a los ecosistemas (Nedelkoska y Doran 2003, Chehregani *et al.* 2005, Wei *et al.* 2007, Yadav *et al.* 2009). Además, estos elementos, no son biodegradables y pueden bioacumularse (Boularbah *et al.*



2006). Las plantas han desarrollado mecanismos nutrientes (Lasat 2000); sin embargo, algunos metales y metaloides aunque no son esenciales para los vegetales son absorbidos, translocados y acumulados debido a que presentan un comportamiento electroquímico similar a los elementos nutritivos esenciales (Souza *et al.* 2005). La fitotoxicidad ocasionada por las altas concentraciones de metales pesados da como resultado clorosis, crecimiento débil de las plantas y puede incluso ocasionar reducción en la captación de los nutrientes así como desórdenes en el metabolismo (Chaudri *et al.* 2000, Broos *et al.* 2005, Dan *et al.* 2008). Así, los metales pesados causan estrés oxidante en las plantas (Fayiga *et al.* 2004). Además se ha reportado que el estrés por metales afecta a la fotosíntesis, a la fluorescencia de la clorofila y a la resistencia estomatal (Monni *et al.* 2001). Por ejemplo, el cobre inhibe la fotosíntesis y los procesos reproductores, el plomo reduce la producción de clorofila mientras que el arsénico interfiere con el proceso metabólico y disminuye la germinación de las semillas (Franco-Hernández *et al.* 2010, Smith *et al.* 2010). Consecuentemente, el crecimiento de las plantas se reduce o es total (Gardea-Torresdey *et al.* 2005). Todas las plantas absorben metales del suelo donde se encuentran, pero en distinto grado dependiendo de la especie vegetal y de las características y contenido de metales en el suelo. Las plantas pueden adoptar diversas estrategias frente a la presencia de metales en su entorno (Baker 1981, Barceló *et al.* 2003).

La acumulación de metales pesados en tejidos vegetales por absorción u otras formas de asociación natural, da la posibilidad de ser biodisponibles a los seres humanos y animales a través del consumo de estos productos (Brun *et al.* 2001, Gincchio *et al.* 2002, Prieto García *et al.* 2005, Friesl *et al.* 2006). Esta posible vía de exposición es particularmente relevante en el caso del maíz (*Zea mays* L.) ya que es un alimento básico de la dieta de los peruanos, y su cultivo constituye una actividad importante para la sobrevivencia de la familia campesina, por lo que el impacto generado por los residuos mineros representa un problema de salud, ambiental y social. En trabajos previos, Kabata-Pendias y Pendias (2001) reportaron valores de concentraciones de metales para granos de maíz dulce en el intervalo de Cu 1.4 a 2.1, Zn 25 a 36, As 0.03 a 0.4 y Pb 0.3 a 3.0 mg/kg. El desarrollo del maíz es afectado por algunos elementos



metálicos que se refleja en los diferentes órganos y tejidos que pueden presentar algunos cambios estructurales (Malkowski *et al.* 2002, Souza *et al.* 2005, Pál *et al.* 2006; Shen *et al.* 2006) lo que altera también su rendimiento.

En este trabajo se presentan los resultados de la acumulación de Pb en plantas de maíz (*Zea mays* L.) crecidas en sustratos y regados con solución de plomo preparadas a concentraciones encontradas en aguas de la cuenca baja del río Huaura influenciada por la actividad minera. La importancia de este trabajo radica en determinar sus efectos adversos de metales pesados en la planta de maíz. Este tipo de investigación no ha sido realizado en la zona, ni se encontraron referencias de artículos publicados similares para el maíz en esta área.

Los resultados en las aguas de la cuenca del río Huaura se encontraron evidencia de metales de cobre, cadmio, mercurio y plomo encontrándose su contenido por debajo de los límites máximos permisibles

Los resultados del contenido de metales pesados en el maíz se presentan en raíz, tallos y hojas.

## **1. MATERIAL Y MÉTODOS.**

### **2.1 El área de estudio y diseño experimental....**

La experiencia se realizó en el área de una parcela de la Facultad de Ciencias Agrarias, Ciencias Alimentarias y Ambiental en su sección de prácticas de campo. Los suelos no presentan un tipo de limitaciones de cultivo destacándose los cultivos herbáceos en regadío y estos el maíz. El río Huaura a través de sus acequias y ramales riega toda esta zona. La zona se caracteriza por ser una zona de clima templado, seco con evaporación muy alta en meses de verano.

El área de estudio fue dividida en dos partes lo más homogéneamente posible para evitar cualquier contaminación con la vecindad se realizaron espacio entre las dos áreas de estudio. Así mismo estas áreas de testigo y experimentación se distribuyeron en cinco surcos cada una para la siembra del maíz, descritas sus características en la tabla 1, diseño figura 1.

Tabla I. Características físicas de áreas de testigo y Experimento



Parcelas	Descripción
Parcela: Testigo	Área: 3.00 m x 4.80 m dividida en 5 surcos separados 70 cm entre surcos. Espacio entre planta es de 60cm. Experimento total de planta es de 20 plantas
Parcela: Experimento	Área: 3.00 m x 4.80 m dividida en 5 surcos separados 70 cm entre surcos. Espacio entre planta es de 60cm. Experimento total de planta es de 20 plantas

La preparación del terreno se inició el 14 de Agosto dividiéndose en dos áreas una para el testigo y otra para el experimento conforme a la tabla 1, se recogió muestras del suelo para determinar el contenido de metales pesados.

Las muestras del agua del río Huaura se realizaron el 20 de Agosto teniendo como referencia el puente de la panamericana norte Km 158- Huaura. Fig. 1., se embazo y se remitió al laboratorio de la Universidad de ingeniería para determinar la existencia de metales pesados conforme a la tabla 2, en la cual se encontró la existencia de metales pesados de plomo, cobre, cadmio y mercurio, notándose que el metal pesado de mayor porcentaje es el plomo, metal que se eligió como el metal pesado utilizado para la experimentación. Para la experimentación se utilizó el maíz amarillo duro que se obtuvo de INIA (DONOSO) distrito de Chancay-Provincia de Huaura. El día 14 de noviembre se realizó el sembrado de maíz, realizándose cuatro almácigos por surco, en un total de tres surcos a una distancia de 40 cm entre semilla y semilla, para el experimento y testigo. Se inició el riego el 8 de noviembre con un volumen de 8 litros de solución preparada con  $Pb(NO_3)_2$  al 0.005% para el experimental y con un volumen de 8 litros de agua potable para el testigo, efectuándose el regado cada 4 días por un tiempo de tres meses. El 17 de noviembre aparecieron las plántulas tanto del testigo como del experimental, tomándose las medidas de crecimiento cada 7 días..

## 2.2 Análisis estadístico



Se realizó un análisis descriptivo de todos los datos obtenidos, un análisis de varianza (ANOVA) y la correspondiente comparación de medidas empleando la prueba de Duncan para un nivel de probabilidad del 55 (P=0.05)

## 2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 2.1 Metales pesados en las aguas de la cuenca baja del río Haura ,

Las concentraciones de metales pesados encontrados en las aguas del río Huaura cuenca baja, se presentan en la Tabla II.

Tabla II Concentración de metales pesados en el río Huaura- cuenca baja

Parámetros	Unidad	Resultados	Método
Cadmio	mg/L.	0,0003	Absorción atómica
Cobre	mg/L.	0,001	Espectrofotométrico
Plomo	mg/L.	0,005	Espectrofotométrico
Mercurio	mg/L.	0,00002	Absorción atómica.

Según la tabla II, se verifica el contenido de metales pesados de Cd, Cu, Pb, Hg, en las aguas de la cuenca baja del río Huaura, donde se aprecia el plomo con un contenido mayor

### 2.2 Suelo

Las parcelas son de naturaleza arenosa no encontrándose mayor diferencia entre la parcela experimental y la parcela de testigo. De estas parcelas se tomaron muestras de suelo antes de la siembra tabla III., para determinar su contenido de metales pesados

Tabla III Metales pesados en suelos de cultivo del experimento y testigo

Muestra	% Cu	% Pb	% Ca	% Hg
Experimento(E) – Testigo (T)				



Suelo de cultivo	0,002	0,001	0,0001	0,00004
------------------	-------	-------	--------	---------

Observándose en la tabla III que el cobre es el de mayor concentración.

El primer muestreo se realizó con anterioridad a la siembra de maíz y el segundo después de sacar la planta de maíz. Se sacaron dos muestras una para el testigo y otra para el experimento. Cada muestra entre una profundidad de 0 a 20 cm .antes del análisis las muestras se homogenizaron, se secaron al aire y se tamizaron con una malla de 2 mm. los metales se determinaron por espectrometría de emisión de plasma CP (Perkin Elmer AEE 400). Encontrándose un contenido de metales pesados bajos

### 3.3 Tejidos vegetales.

De cada parcela se tomaron 2 planta de maíz al azar. Se separaron la raíz, tallo y hojas. Los tejidos vegetales primero fueron lavados con agua destilada para eliminar restos de suelo y polvo. Las diferentes partes de la planta de maíz, raíz, tallo y hojas fueron secadas a 60°C en estufa, las partes de la planta raíz, hoja fueron molidos en morteros, pesados, os y enviando para sus análisis a la universidad Nacional Agraria la Molina.

Las concentraciones de este elemento en los diferentes tejidos analizados se muestran en la tabla v.

Tabla V valores de las concentraciones de Pb (mg/g.) en los distintos tejidos vegetales.

Tejidos vegetales	Planta ( mg/kg. b.s.)
Raíz	17,99
Tallo	17,63
Hojas	13,10

En la tabla v se observa el porcentajes de plomo distribuido en los tejidos vegetativos de la planta de maíz, base seca (b.s) observándose que el



mayor contenido de plomo se encuentra en la raíz, indicándose su posible retención en la raíz

### 3.4 Materia seca en los diferentes tejidos de maíz

Su producción de materia seca de las distintas partes de la planta se encuentra en la tabla IV. Los valores representan el valor medio de las dos plantas tomadas al azar de cada parcela y están expresadas como gramos de materia seca por planta de maíz.

Tabla IV: Valores medios de materia seca (gramos por planta) producido en los distintos tejidos vegetales para tratamientos en un año.

Tejido vegetal	Testigo		Media compósito
	g/planta		
	1	2	
Raíz	0,78	1,70	1,24
Tallo	1,14	3,10	2,12
Hoja	8,74	17,30	13,02
Total	10,66	22,10	16,38

	Experimental		
	g/planta		
	1	2	
Raíz	1,28	1,04	1,16
Tallo	2,21	1,31	1,76
Hoja	8,00	9,23	8,62
Total	11,49	11,63	11,56

### 3.5 Metales pesados.



Para estudiar la distribución del metal pesado  $Pb(NO_3)_2$  en el maíz se determinó en los distintos tejidos de la planta. Los valores obtenidos para el Pb se encuentran reflejada en la tabla V.

### 3. CONCLUSIONES.

- Las concentraciones de metales pesados Cu, Pb, Cd, Hg, se encuentran en las aguas de la cuenca baja del río Huaura tabla III, siendo el Plomo el metal de mayor porcentaje.
- La producción de materia seca en las diferentes partes de la planta de maíz, obtenido en el testigo y experimental no fueron muy diferenciados.
- La absorción del Plomo en la raíz es el de mayor porcentaje.
- Se puede concluir que en nuestras condiciones experimentales el plomo es absorbido en mayor porcentaje por la raíz. Para determinar su incidencia es necesario seguir el estudio de la planta de maíz hasta su producción de granos.

### 4. Referencias Bibliográficas.

- Bidwell A.M. y Bowdy R.M. (1987). *Cadmium and zinc availability to corn following termination of sewage sludge applications*. J. Environ. Qual. 16, 438-442.
- Cobbing, J. (1973). *Geología de los cuadrángulos de Barranca (22h), Ambar (22-i), Oyón (22-j), Huacho (23-h), Huaral (23-i) y Canta (23-j)*. Boletín N.º 26 de la serie A: Carta Geológica Nacional. INGEMMET
- Förstner U. (1995). Metal speciation and contamination of soil. En: *Land contamination by metals: global scope and magnitude of problem*. (H.E. Allen, C.P. Huang, G.W. Bailey y A.R. Bowers, Eds.). Boca Raton, pp. 1-33.
- Palacios, O; Caldas, J; Vela, Ch. (1992). *Geología de los cuadrángulos de Lima (25-i), Lurín (25-j), Chancay (24-i) y Chosica (24-j)*. Boletín N.º 43 de la Serie A: Carta Geológica Nacional. INGEMMET
- Rivera, H. et al. (2007). *Dispersión secundaria de los metales pesados en los*



*sedimentos de los ríos Chillón, Rímac, Lurín. Dpto. de Lima. Revista del Instituto de Investigación, Vol. 10 N.º 20 de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica. UNMSM.*

Rivera, H. et al. (2009). *Análisis correlacional y caracterización geoquímica de la mineralización de las cuencas de los ríos Chilca, Mala, Omas, dpto. de Lima. Revista del Instituto de Investigación Vol.12 N.º 24. de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica. UNMSM.*

ANEXOS





Fig. 3 Sembrado del maíz



Fig.4 Semillas de maíz amarillo duro



Fig. 5. Regado con solución de metales pesados



Fig. 6 Plantas de maíz.



Fig. 7 Muestra de maíz para análisis de metales pesados