

**GEODISPONIBILIDAD DE METALES PESADOS EN SEDIMENTOS DE LOS RIOS
CHANCA Y HUAURA. DPTO DE LIMA**

**GEODISPONIBILITY OF HEAVY METALS IN STREAM SEDIMENTS FROM
CHANCA AND HUAURA RIVERS. DPTO. OF LIMA-PERU**

Rivera, Hugo*; Chira, Jorge*; Chacón, Italo*; Campian, Maritza*; Cotrina, Jimmy;
Rosales, Alan****

RESUMEN

El presente estudio comprende el análisis geoquímico-estadístico de catorce metales pesados en sedimentos activos de los ríos Huaura y Chancay en los cuales predominan las litologías intrusivas del Batolito de la Costa y en menor porcentaje las litologías del Grupo Calipuy y Volcánico Casma. Asimismo los metales que tienen una distribución normal son Fe y Cr y distribución lognormal As-Cu-Cd-Hg-Mo-Ni-Pb-Sb-Sn-V-W-Zn. La abundancia media muestra que el Zn, V, Cr, Pb, Cu son los metales más abundante y el Mo, Cd y Hg se presenta en pequeñas cantidades.

El análisis de correlación de Pearson en el Río Huaura los metales que mejor se correlacionan son el As con Cd, Cu, Pb, W, Zn y Cd con Cu y Zn, que nos indican que podría tener el mismo origen, mientras que en el Río Chancay los metales no tienen buena correlación lo que indicarían que no tienen un origen común, salvo el Cd con Zn y Fe con V.

El Análisis de Componentes Principales determinó que de los tres componentes en el Río Huaura la asociación más importante es As-Cu-Cd-Zn-Pb-W-Mo y en Río Chancay Cd- Zn-Mo-Ni.

Comparando con los límites establecidos para suelos en la Tabla Holandesa, los metales pesados en los sedimentos en los Ríos Huaura y Chancay, que sobrepasan los límites de intervención y por ende contaminando en arsénico. Comparando los valores de los ríos tanto al norte como al sur de la ciudad de Lima el río Rímac sobrepasa los valores de intervención en As, Cu, Zn, Sb, le sigue el Río Chillón en As, Hg, Sb; el Río Lurin en As, Sb; el Río Mala, Chilca, en As, y el Río Omas en Cu.

Palabras claves: Metales pesados, sedimentos de quebradas, estadística.

ABSTRACT

The current study consist the geochemical-statistical analysis of fourteen heavy metals on stream sediments in Huaura and Chancay rivers, where predominate the intrusive litologies from Batholith the Coast and in minor grade the litologies from Calipuy Group y Volcanic Casma. Also the metals that have a normal distribution are Fe and Cr and lognormal distribution As-Cu-Cd-Hg-Mo-Ni-Pb-Sb-Sn-V-W-Zn. The media abundance show that Zn, V, Cr, Pb, Cu are the most abundances and Mo, Cd y Hg are in small amounts.

The Pearson analysis of correlation shows that in Huaura River the metals witch have a better correlation are As with Cd, Cu, Pb, W, Zn y Cd with Cu y Zn indicate that might have same origin, while in the Chancay River the metals have a poor correlation indicating that they don't have a common origin.

The Analysis of the Principal Components, determines that from the three components in the Huaura River the most important association is As-Cu-Cd-Zn-Pb-W-Mo and in Chancay River is Cd- Zn-Mo-Ni.

Comparing with the established limits for the soils (Dutch Table) that surpasses the limits of intervention in Huaura and Chancay Rivers only is arsenic. Comparing with other rivers the north and south from Lima City, the Rímac river surpasses the limits in As, Cu, Zn, Sb the Chillón river in As, Hg, Sb; the Lurin river in As, Sb; the Mala, Chilca rivers in As, and the Omas river in Cu.

-
- *Docentes EAP Ingeniería Geológica UNMSM. hrivram@unmsm.edu.pe
 - ** Alumnos EAPIG-UNMSM

Key words: heavy metals, stream sediments, statistic.

Introducción

El alcance del presente trabajo involucra el tratamiento estadístico de los valores geoquímicos de los metales pesados potencialmente tóxicos a la salud humana y animal, en una región de la Cordillera Occidental que abarca las cuencas de los ríos Chancay y Huaura al norte del Departamento de Lima.

El objetivo general es determinar la abundancia de los metales pesados en los sedimentos de quebradas en la región seleccionada y su comparación con los aspectos geoquímicos con los demás ríos al sur de esta región que abarca los ríos Chillón, Rímac, Lurin, Mala, Chilca y Omas.

Mediante el uso del SOFTWARE SPSS versión 15 y Excel nos proporcionarán la información para interpretar las interrogantes.

Área de Estudio

El área de estudio comprende los cuadrángulos geológicos de Chancay (24-i), Huaral (23-i), Canta (23-j), Huacho (23-h), Barranca (22-h), Ambar (22-i), Oyón (22-j) en el departamento de Lima.

En esta área se colectó 183 muestras en el río Chancay y 242 muestras en el río Huaura de sedimentos activos de quebradas con una densidad de una muestra por cada 10 km² recolectados en malla 200 y analizados por Espectrometría de masa (ICP-MS) por el método del Plasma Acoplado Inductivamente, con digestión de agua regia para los 14 elementos (INGEMMET).

Los análisis están dados en ppm (partes por millón) a excepción del Fe que esta expresado en porcentaje (%).

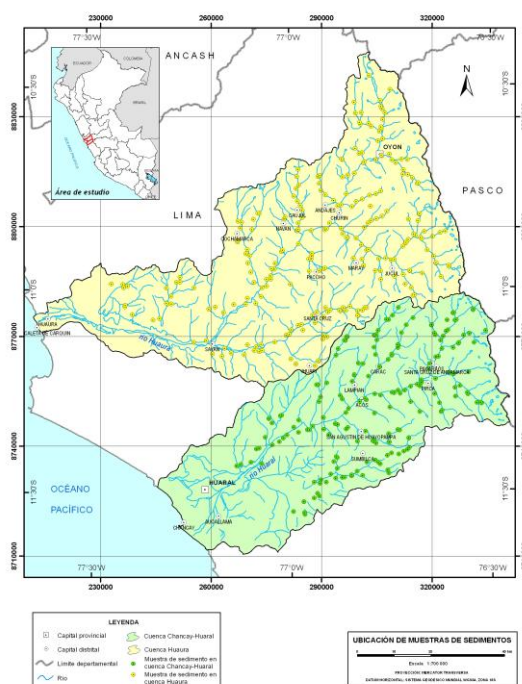


Fig. No.1 Ubicación del Proyecto y de las muestras de sedimentos.

Cuencas Hidrográficas Río Huaura

El Río Huaura nace en la vertiente Occidental de la Cordillera de los Andes a más de 5000 msnm y discurre en dirección Oeste para desembocar en el Océano Pacífico.

Políticamente forma parte de las provincias de Chancay y Cajatambo del departamento de Lima. Tiene un área de drenaje de 4,400 km² aproximadamente y su punto más elevado de esta cuenca alcanza los 5600 msnm. Tiene un perfil longitudinal de 156 Km. con una pendiente promedio de 3% las que se hace más pronunciada en la parte alta y en las quebradas que confluyen con el curso principal. En su curso superior presentan numerosas lagunas de evidente origen glacial.

- *Docentes EAP Ingeniería Geológica UNMSM. hriverram@unmsm.edu.pe
- ** Alumnos EAPIG-UNMSM

Río Chancay

El Río Chancay nace en la vertiente occidental de la Cordillera de los Andes y desemboca en el océano Pacífico a unos 60 Km. al norte de Lima y unos 6 Km. al sur del distrito de Chancay. Nace en el nevado de Raura, al noroeste de la provincia de Canta, en las lagunas de Verdococha, Acoscocha, Lichicocha, localizadas al pie del glaciar Alcoy.

En su primer tramo es conocido como Río Ragrampi. A partir de la confluencia del río Baños cambia de nombre y es llamado río Acos, hasta llegar a la localidad del mismo nombre, a partir de este punto pasa a denominarse río Chancay, (hoy distrito de Chancay). Tiene una longitud de aproximadamente 120 Km., y su cuenca tiene una superficie de 3.200 km².

Geología Regional

En el área que comprende las dos cuencas afloran rocas del **Batolito de la Costa** del Cretáceo-Terciario inferior, caracterizado por ser un complejo de diferentes rocas intrusivas cuya composición varía desde granito, diorita a gabro y se considera este magmatismo que se encuentra emplazado paralelo a la zona de subducción (Cobbing, J, 1973). El **Grupo Calipuy** (Paleógeno – Neógeno) litológicamente es extremadamente variada consistiendo principalmente de una serie de productos lávicos y piroclásticos emitidos por centros volcánicos de composición intermedia a ácida (andesitas basálticas a dacitas), dichas rocas son de naturaleza calcoalcalina a medianamente a potásica (andesitas basálticas a dacitas), siendo la más abundante un piroclástico grueso

de composición andesítica. El **Volcánico Casma** (Cretáceo inferior) consistente de una serie de volcánicos con sedimentarios intercalados que se encuentra en la faja costanera al Oeste del Batolito de la Costa, siendo en su mayor parte de grano fino y de composición andesítica masiva en forma de derrames e intrusivas por una serie de diques y sills de dolerita (Palacios, O; Caldas, J, et al 1992). El porcentaje de afloramiento de cada litología se da a continuación para así tener en cuenta la procedencia de cada sedimento como producto de la erosión y el intemperismo en la región.

Nombre de la Litología	Composición y Edad	%
Batolito de la Costa	Intrusivo Cretáceo-Neógeno	90
Grupo Calipuy	Tobas ácidas Paleógeno-Neógeno Andesita-dacita Paleógeno-Neógeno	5
Volcánico Casma	Andesitas Cretáceo inferior	5

Distribución de los Metales Pesados

Para ello, se han efectuado los histogramas en todos los elementos aplicando las pruebas Kolmogorov-Smirnov-Lilliefors para hallar su normalidad. El resultado de estas pruebas en los sedimentos del Río Chancay nos indican que de los 14 elementos, solo 2 elementos, Cr y Fe tienen una distribución normal y los 12 restantes tienen distribución lognormal: As, Cd, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Sn, V, W, Zn.

Mientras que en los sedimentos del Río Huaura, solo 1 elemento el Fe tienen una distribución normal y los 13 restantes tienen distribución lognormal: As, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Sn, V, W, Zn, implica que para calcular la media y los otros parámetros se debe

-
- *Docentes EAP Ingeniería Geológica UNMSM. hriveram@unmsm.edu.pe
 - ** Alumnos EAPIG-UNMSM

transformar sus valores de abundancia en logaritmos.

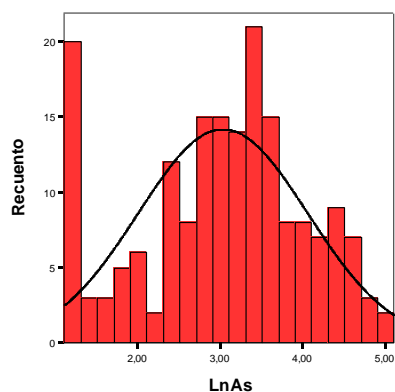
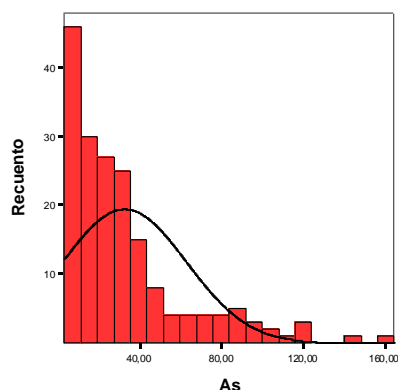


Fig. No 2 Distribución normal y lognormal del arsénico.

Abundancia o Background de los metales pesados

La abundancia media de los metales pesados en los sedimentos de cada río presenta la siguiente secuencia en orden decreciente:

Río Chancay:

Zn>V>Cr>Pb>Cu>As>Ni>Sn>W>Sb>Mo>Cd>Hg, el Fe=3.78%

Río Huaura:

Zn>V>Cr>Cu>Pb>As>Ni>W>Sn>Sb>Mo>Cd>Hg, el Fe=3.44%

Basados en el análisis se concluye que en los dos ríos predominan el Zn-V-Cr, y los menos abundantes Mo-Cd-Hg. Asimismo el

Zn es el metal que tiene la media más alta, mientras que el Hg presenta la media más baja en los dos ríos.

Asociaciones geoquímicas de los Metales Pesados

El análisis de correlación lineal de Pearson en los sedimentos de los ríos Chancay y Huaura, se ha realizado con el objetivo de establecer el grado de asociación entre las variables analizadas.

El tratamiento estadístico incluyó el análisis de componentes principales con el propósito de encontrar un patrón geoquímico regional determinándose tres componentes para cada cuenca

En el Río Huaura:

Componente Principal 1: Tiene una asociación As-Cu-Cd-Zn-Pb-W-Mo entre los cuales la correlación lineal es positiva ($r > 0.5$), lo que indica que podría tener el mismo origen.

En el Río Chancay:

Componente Principal 1: La asociación Cd-Zn-Mo-Ni con $r > 0,5$ positivo asociado con una menor correlación al Cu-Cr., mientras que los demás metales al tener baja correlación indicarían no tener un origen común.

Dispersión geoquímica de los metales pesados

En el Río Huaura los metales de alta dispersión son Ni-Pb-Zn-Cr, de mediana dispersión As-Cd-Cu-W-Mo-Sb-Hg y baja dispersión Fe-Sn-V.

En el Río Chancay los metales de alta dispersión son As-Cr-Cu-Mo, de mediana dispersión Ni-Fe-Zn-Sn y baja dispersión Cd-V-Hg-Pb-Sb-W.

- *Docentes EAP Ingeniería Geológica UNMSM. hriveram@unmsm.edu.pe
- ** Alumnos EAPIG-UNMSM

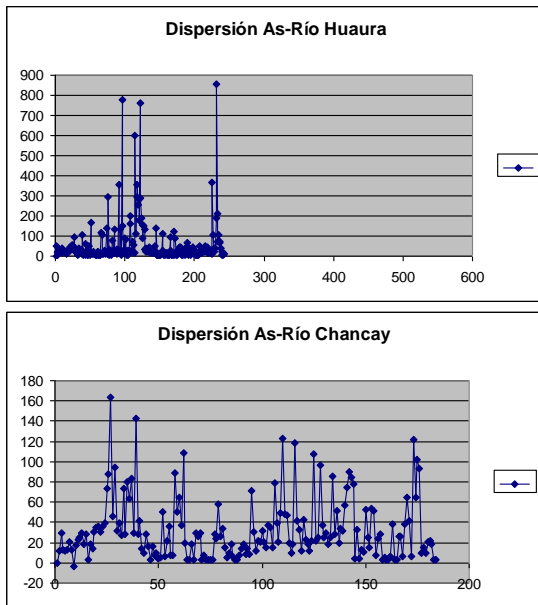


Fig. No.3 Dispersión del As en los Ríos Huaura y Chancay

Comparaciones con la Tabla Holandesa Ambiental

Ríos Huaura y Chancay

Los denominados Valores Target indican el nivel en el cual hay un sustento de la calidad del suelo, los Valores de Intervención indican cuando las propiedades funcionales para la vida del suelo están seriamente deterioradas o en peligro.

Comparando los contenidos de los metales en el Río Huaura y Chancay con la Tabla Holandesa se llega a la conclusión que estos ríos sobrepasan los niveles de intervención en lo que respecta al metal arsénico-As.

Tabla No. 1 Legislación Holandesa y Ríos Huaura y Chancay

Metal	1983		2001		Percentil 90	
	Valor Target	Valor Intervención	Valor Target	Valor Intervención	Río Huaura	Río Chancay
As	30	50	29	55	80	136
Cd	5	20	0,8	12	2	2
Cr	250	800	100	380	94	117
Cu	100	500	36	190	99	96
Pb	150	600	85	530	100	128
Hg	2	10	0,3	10	0,43	0,44
Mo	40	200	3	200	10	9
Ni	100	500	35	210	39	36
Sn	50	300	0	0	20	15
Zn	500	3000	140	720	261	513
Sb			3	15	10	14
V					231	187
W					10	14
Fe					6	6

Comparación ambiental con los ríos al norte y sur de la ciudad de Lima.

Comparando los valores de los ríos tanto al norte como al sur de la ciudad de Lima se llega a la conclusión que el río Rímac sobrepasa los valores

de intervención en As, Cu, Zn, Sb, le sigue el Río Chillón en As, Hg, Sb; el Río Lurin en As, Sb;(Rivera, H; Chira, J. et al 2007) el Río Mala, Chilca, Huaura y Chancay en As, y el Río Omas en Cu (Rivera, H; Chira, J et al 2009).

- *Docentes EAP Ingeniería Geológica UNMSM. hriveram@unmsm.edu.pe
- ** Alumnos EAPIG-UNMSM

Tabla No.2 Legislación Holandesa y Ríos Chancay y Huaura

Metal	2001	Percentil 90							
	Valor Intervención	Huaura	Chancay	Chillón	Rímac	Lurin	Chilca	Mala	Omas
As	55	80	136	68	231	63	133.6	74	43
Cd	12	2	2	2	3.4	0.9	0.9	0.9	2.6
Cr	380	94	117	107	106	154	100	125	101
Cu	190	99	96	105	209	98	170	129	274
Pb	530	100	128	69	356	57	51	51	43
Hg	10	0.43	0.44	22	59	9	0.1	0.15	0.26
Mo	200	10	9	7.6	9	7	6	5.3	9
Ni	210	39	36	38	26	19	29	19	28
Sn	0	20	15	9	16.4	15.5	9	9	9
Zn	720	261	513	269	786	199	273	132	207
Sb	15	10	14	69	356	57	10	6.3	6
V		231	187	317	274	167	330	215	177
W		10	14	9	20	14	9	9	9
Fe		6	6	6.6	7.2	5.8	8.5	5.14	6.76

Análisis y Discusión

La interrogante mas resaltante es como el contenido de metales pesados en los sedimentos pasan al ciclo hidrológicos, en que proporción y en que tiempo., para ello se requiere hacer mas investigación y hacer análisis de nuevas muestras para determinar la biodisponibilidad de estos metales, que viene a ser el grado de disponibilidad por el cual un metal en una fuente potencial se halla libre para ser captado por un organismo.

El problema en los estudios toxicológicos relacionados con la presencia de contaminantes en el medio es el siguiente: no todas las mismas formas de un determinado metal tienen los mismos efectos sobre el ecosistema. Por lo tanto, no es suficiente saber la geodisponibilidad de un metal pesado que contiene un sedimento o suelo o agua, sino que es necesario saber también en qué forma química se encuentra en el mismo. A este respecto resultan vitales los estudios de **especiación** de los elementos en cuestión.

Conclusiones

1.- Los metales pesados Fe y Cr tienen distribución normal y As-Cd-Cu-Hg-Mo-Ni-Pb-Sb-Sn-V-W-Zn tienen distribución lognormal.

2.- En los dos ríos predominan el Zn-V-Cr, y los menos abundantes Mo-Cd-Hg. Asimismo el Zn es el metal que tiene la media abundancia la más alta, mientras que el Hg presenta la más baja.

3.- El análisis de correlación de Pearson y el Análisis de los Componentes Principales determinó que en el Río Huaura la asociación más importante es As-Cu-Cd-Zn-Pb-W-Mo y en el Río Chancay la asociación Cd-Zn-Mo-Ni.

4.- En el Río Huaura los metales de alta dispersión son Ni-Pb-Zn-Cr, de mediana dispersión As-Cd-Cu-W-Mo-Sb-Hg y baja dispersión Fe-Sn-V. y en el Río Chancay los metales de alta dispersión son As-Cr-Cu-Mo, de mediana dispersión Ni-Fe-Zn-Sn y baja dispersión Cd-V-Hg-Pb-Sb-W.

- *Docentes EAP Ingeniería Geológica UNMSM. hriveram@unmsm.edu.pe
- ** Alumnos EAPIG-UNMSM

5.- Con respecto a la contaminación de los Ríos Chancay y Huaura sobrepasan los valores de intervención – peligro para la vida- en el metal arsénico.

6.- Comparando los valores de los ríos tanto al norte como al sur de la ciudad de Lima el río Rímac sobrepasa los valores de intervención en As, Cu, Zn, Sb, le sigue el Río Chillón en As, Hg, Sb; el Río Lurin en As, los Ríos Mala, Chilca, Huaura y Chancay en As, y el Río Omas en Cu.

Referencias Bibliográficas

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 No.26 de la serie A: Carta Geológica Nacional. INGEMMET

PALACIOS, O; CALDAS, J; VELA, CH (1992) *Geología de los cuadrángulos de Lima (25-i), Lurin (25-j), Chancay (24-i) y Chosica (24-j)*. Boletín No.43 de la Serie A: Carta Geológica Nacional. INGEMMET.

RIVERA, H, CHIRA, et al (2007) *Dispersión secundaria de los metales pesados en los sedimentos de los Ríos Chillón, Rímac, Lurin. Dpto. de Lima*. Revista del Instituto de Investigación Vol. 10 No. 20 de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica. UNMSM

RIVERA, H, CHIRA, J 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 No. 24. de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica. UNMSM.