



## HEAVY METALS IN THE SLUDGE OF THE HIGH BASIN OF THE BOGOTÁ RIVER, BETWEEN VILLAPINZÓN AND CHOCONTÁ

### METALES PESADOS EN LOS LODOS DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO BOGOTÁ, ENTRE VILLAPINZÓN Y CHOCONTÁ

**PINZON U. LUIS F.\***

*\*Ph. D. Luis Felipe Pinzón Uribe. Profesor Asociado, Programa de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada, Tel: 1 6500000 (ext.3244) e-mail: luis.pinzon@unimilitar.edu.co*

#### Entidad

Carrera 11# 101-80, Bogotá DC, Colombia.  
Tel: 57-1-6500000, Ext. 3244  
E-mail: [luis.pinzon@unimilitar.edu.co](mailto:luis.pinzon@unimilitar.edu.co)

#### Resumen

Actividades económicas como las curtiembres, agroindustria y minería, contaminan la cuenca alta del Río Bogotá; debido al vertimiento de algunos metales pesados (MP) como el Cromo (Cr), el Mercurio (Hg) y el Arsénico (As). Esta problemática la afronta el río Bogotá desde su incursión en el casco urbano del municipio de Villapinzón, a solo 8 kilómetros del páramo de Guacheneque en donde nace, hasta su desembocadura en el río Magdalena. Los municipios de Villapinzón y Chocontá son los primeros que realizan los vertimientos de Cr en el río Bogotá y subcuencas, producto de la industria de curtiembre. Este tramo de río entre estas dos poblaciones se caracterizó mediante la extracción de ocho kilogramos de lodo Bentónico o de fondo (LB) en puntos de fácil acceso, en los cuales se obtuvieron tres muestras en cada uno de estos, con un intervalo de tiempo de 20 días. Se presenta el análisis y la cuantificación de las concentraciones con el fin de rendir un informe del estado actual de contaminación de estos lodos en el área de estudio.

#### Palabras clave

metales pesados, río Bogotá, lodo bentónico.

#### Abstract

Economic activities such as tanneries, agroindustry and mining, contaminate the upper basin of the Bogotá River; due to the dumping of some heavy metals (MP) such as Chromium (Cr), Mercury (Hg) and Arsenic (As). This problem is faced by the Bogotá river from its foray into the urban area of the Villapinzón municipality,





just 8 kilometers from the Guacheneque paramo where it is born, to its mouth in the Magdalena river. The municipalities of Villapinzón and Chocontá are the first to discharge Cr in the Bogotá river and sub-basins, because of the tannery industry. This stretch of river between these two populations was characterized by the extraction of eight kilograms of Benthic or bottom mud (LB) at easily accessible points, in which three samples were obtained in each of these, with a time interval of 20 days. The analysis and quantification of concentrations are presented to provide a report on the status of contamination of these sludges in the study area.

**Keywords:** heavy metals, Bogotá river, benthic sludge.

## 1. INTRODUCCIÓN

El río Bogotá es una corriente importante que atraviesa parte de la zona centro de Colombia, exactamente en el departamento de Cundinamarca, y recorre los municipios de Villapinzón, Chocontá, Suesca, Sesquilé, Nemocón, Tocancipá, Zipaquirá, Cajicá, Cota, Funza, Bogotá, Soacha, San Antonio de Tequendama, El Colegio, La Mesa, Anapoima, Apulo, Tocaima, Agua de Dios, Ricaurte y Girardot, hasta su desembocadura en el río Magdalena.

La cuenca del río Bogotá es de gran importancia debido a que en toda su área se desarrollan actividades de orden urbano, agroindustrial e industrial que sirven sus aguas residuales al río (Sanabria A., Montenegro C., Castro M., Díaz M., 2014; Angulo et al, 2017), para luego verterse al río Magdalena, considerado el de mayor importancia en la región Andina Colombiana. Según Carranza, en 2008 el río Bogotá vertía diariamente en su desembocadura al Magdalena 79 kg de Pb, 70 kg de Cr, 20 de Fe, 5 ton de detergentes y 1.473 ton de sólidos en suspensión causando un proceso de contaminación difusa (Rivera et al, 2017).

En Colombia existen 737 curtiembres de las cuales solo 4 son consideradas grandes empresas donde se procesan aproximadamente 3,5 millones de pieles por año según la Corporación Autónoma Regional (CAR). Los municipios de Villapinzón y Chocontá cuentan con 110 y 50 curtiembres respectivamente, que a lo largo de 4 Km del cauce del río vierten aproximadamente 1.5 toneladas de desechos; estos durante décadas se han vertido directa y clandestinamente como aguas residuales del proceso y sin ningún tipo de tratamiento directamente al río Bogotá, haciendo que su Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) aumente.

En el proceso industrial de las curtiembres se aprovecha entre el 60% y el 70% del total de Cr en promedio, mientras que el remanente sale como desecho. En la actualidad existen una variedad de técnicas que permiten la recuperación del cromo y su reincorporación a la cadena productiva; procesos como precipitación, recirculación, uso de membranas, adsorción, reducción e intercambio iónico son alguno de ellos. (Chaves C, 2016; Gómez et al, 2017)

Igualmente, las actividades mineras presentes en zonas del páramo pueden incrementar la velocidad de liberación de Ar a partir de sulfuros minerales expuestos





a procesos de meteorización, durante las tareas de excavación.

Las concentraciones de arsénico (As), en suelos naturales no contaminados y sedimentos varían de 4 a 150 mg/kg. En aguas superficiales y subterráneas no contaminadas, la concentración de As varía de 0.001 a 0.005 mg/L.

La norma técnica colombiana NTC 631 de 2015, menciona que el máximo permisible para el vertimiento de As por extracción de carbón es de 0,10 mg/L, pero en los lodos bentónicos que se caracterizaron las tres muestras pasan del máximo permisible, generando problemáticas toxicológicas en el medio. (Fraser, 2012, Wang., Mullinga, 2006)

El arsénico potencialmente tóxico, una vez que se incorpora y acumula en los suelos, pasa disuelto al suelo y es absorbido por las plantas en cantidades que varían de acuerdo con la especie y con las variedades y/o biotipos, dando lugar a diferentes efectos tales como: alteraciones fisiológicas, cambios morfológicos en la planta, disminución de rendimientos, o a otros que aún no se conocen completamente. (Miranda, Carranza, Fischer, 2008).

Los compuestos de As más utilizados en la industria son: el anhídrido de arsénico  $As_2O_3$ , arseniato de calcio  $Ca_3(AsO_4)_2$ , tricloruro de arsénico  $AsCl_3$  y los arsenitos  $NaAsO_2$ . El As no es insoluble agua, pero sí en ácidos fuertes.

El Mercurio (Hg) es uno de los metales pesados más tóxicos para los organismos debido a su bioacumulación en órganos vitales y transporte en las cadenas tróficas, este presenta una baja concentración en los lodos bentónicos de Villapinzón y Chocontá, aunque sus concentraciones son bajas con respecto al cromo. Según otros estudios realizados aguas abajo por Pinzón (2018) en el

municipio de Cajicá, se encontraron concentraciones hasta de 18,5 mg/kg de Hg.

La contaminación del río Bogotá ha sido objeto de estudio anteriormente; estos han demostrado que los afluentes del río presentan trazas de MP como Hg, Pb, Cr y Cd, entre otros; además, se ha evidenciado el uso continuo de sus aguas para el riego de cultivos, dando como resultado su absorción y bioacumulación en plantas y suelos. (Camacho, Robles, 2009 y Vargas, 1995; Melo et al, 2017).

Según Miranda (2008), datos obtenidos por análisis de hortalizas como el apio y la acelga, cosechadas en fincas hortícolas de la Sabana de Bogotá, regadas tradicionalmente con esta agua, han reportado promedios de Hg entre 0,50 y 0,61 mg/L para acelga como para el apio entre 0,46 y 0,56 mg/L.

Caracterizadas las aguas del río en el sector del municipio de Chocontá, estas presentaron una coloración más oscura y olores fuertes con presencia de sulfuros, especialmente sulfuro de hidrógeno  $H_2S$ .

El Cromo ( $Cr^{+6}$ ) es el más importante toxicológicamente; se encuentra en forma de cromatos utilizados en las curtiembres para la fijación de los tintes, dicromatos y el ácido crómico. Es un oligoelemento presente en el organismo en forma trivalente  $Cr^{+3}$ , indispensable en el metabolismo de la glucosa, colesterol, ácidos grasos y cristalinos, involucrado en otros múltiples procesos biológicos.

Pero el  $Cr^{+6}$  presenta un mayor peligro en los organismos y está catalogado en el grupo I del International Agency for Research on Cancer - IARC. Esto se debe a que tiene una absorción mayor debido a que los eritrocitos lo toman rápidamente y son transportados por el sistema de sulfatos a las células (Cuberos, E., Rodríguez, A., Prieto, E – 2009).





## 2. METODOLOGIA

El presente estudio, busco cuantificar las concentraciones de Cr en los Lodos Bentónicos (LB), de la cuenca alta del río Bogotá. Para esto se realizó la extracción de 8 kg de lodos a una profundidad de 50 cm, aproximadamente, en 2 puntos ubicados entre los municipios de Villapinzón y Chocontá; este muestreo se realizó en 3 oportunidades en cada punto, con un lapso de separación de 20 días, durante los meses de junio y julio, periodo donde la temporada seca predomina y el caudal del río se encuentra al mínimo.

Los puntos se localizaron mediante georreferenciación con un GPS en los puntos: Longitud 73° 35' 32" Latitud 05° 13' 21" para Villapinzón y Longitud 73° 41' 32" Latitud 05° 08'56" para Chocontá. Esto permitió que las siguientes tomas se realizaran en los mismos puntos.

Los puntos de muestreo se caracterizan por estar localizados aguas abajo de cada uno de los municipios, lo que permitió determinar la diferencia en las concentraciones determinadas generadas por estos. Así mismo se busco que los lodos se obtuviesen a un metro y medio de la orilla como del centro del cauce, donde se estimó la mayor concentración de MP.

Para el punto localizado aguas abajo del municipio de Villapinzón, municipio localizado aguas abajo del páramo de Guacheneque, donde nace el río Bogotá, de presento una granulometría superior a 1 cm, generando problemas para el uso del muestreador de fondo, mientras que he; muestreo en el municipio de Chocontá se realizó sin inconvenientes.

El almacenamiento de las muestras se realizó en recipientes previamente esterilizados y almacenados en un lugar oscuro para su posterior análisis, mediante

un método adaptado del Manual of Water and Environmental Technology- ASTM

## 3. RESULTADOS

Como resultado se obtuvo la información dispuesta en la Tabla I. con los resultados para el Cromo (Cr).

**Tabla I.** Resultados muestreo Cromo

Municipio muestreado	Tiempo de muestreo	Cr (mg/kg)
Villapinzón	día 0	219,1
	día 20	62,1
	día 40	48,5
Chocontá	día 0	418,3
	día 20	695,6
	día 40	141,0

Fuente: el autor

La Tabla II. presenta los resultados del análisis realizado al Mercurio (Hg).

**Tabla II.** Resultados muestreo Mercurio

Municipio muestreado	Tiempo de muestreo	Hg (mg/kg)
Villapinzón	día 0	0,0674
	día 20	0,0526
	día 40	0,1895
Chocontá	día 0	0,0925
	día 20	0,0856
	día 40	0,1067

Fuente: el autor

La Tabla III. presenta los resultados del análisis realizado al Arsénico (As).

**Tabla III.** Resultados muestreo Mercurio

Municipio muestreado	Tiempo de muestreo	As (mg/kg)
Villapinzón	día 0	1,0792
	día 20	2,0307
	día 40	1,4464
Chocontá	día 0	1,6950
	día 20	2,7629
	día 40	1,9970

Fuente: el autor

Como información de base se asumió la Resolución 631 del 2015 del Ministerio de Ambiente de Colombia, que trata sobre vertimientos de aguas residuales en la fabricación de artículos de piel, curtido y





adobo de pieles, cuya concentración máxima permisible de Cr es 1.50 mg/L y se detectó que los valores obtenidos superan los máximos; los límites para actividades con uso de As son de 0,10 mg/L y para Hg de 0,002 mg/L, estos valores también son superados según los resultados obtenidos.

#### 4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Las concentraciones en los dos municipios evaluados se relacionan en las Tabla I, II y III. Para Villapinzón y Chocontá se muestran porcentajes de variación de 191%; 1120% y 291% respectivamente a cada muestra para Cr. Para As las variaciones porcentuales son de: 157%; 136%; 138%, mientras que el Hg presenta variaciones de: 137%; 163%; 56%.

En los lodos bentónicos de Villapinzón se obtuvieron concentraciones de 0,06 mg/kg de Hg en la muestra 1, de 0,05 mg/kg en la muestra 2 y de 0,18 mg/kg en la muestra 3. Para el municipio de Chocontá las concentraciones de Hg fueron de 0,09 mg/kg; 0,08 mg/kg y 0,10 mg/kg en las muestras 1, 2 y 3. Se evidencia como resultado que cada una de estas concentraciones sobrepasa las permisibles por la normativa colombiana evidenciando la problemática de metales pesados en los lodos bentónicos del río Bogotá.

En el análisis de As las concentraciones obtenidas en los lodos de Villapinzón evidencian la actividad minera que se presenta clandestinamente en el páramo de Guacheneque. Aunque el arsénico no es soluble en agua, por efectos de escorrentía es arrastrado a cuerpos de agua superficial sedimentándose en el lecho y aumentando las concentraciones.

El municipio de Villapinzón con las curtiembres a menos de 30 metros de la ronda del río presentó un aumento en las

precipitaciones a lo largo del año, como en los meses de muestreo (Julio-agosto), de hasta 85 mm de lluvia y los meses anteriores como abril, mayo y junio las precipitaciones promedio fueron de 95 mm.

Debido a esto las subcuencas que confluyen el río Bogotá antes de llegar al municipio de Chocontá el caudal del río aumenta, el arrastre aguas abajo de Cr, Hg y As genera un aumento en las concentraciones de MP en los lodos de Chocontá y demás municipios por donde el río pasa.

El municipio de Chocontá con menos de 50 curtiembres generadoras de subproductos a base de sales de Cr se une a las concentraciones que están siendo transportadas por la columna de agua desde Villapinzón. Conjuntamente Chocontá aún en temporada seca presenta precipitaciones promedio de 20 mm.

Los metales pesados en Chocontá se sedimentan antes de la desembocadura de río Tejar con un caudal de 1.68 m<sup>3</sup>/s que genera aumento de caudal y desprendimiento del sedimento hacia la columna de agua.

Ambos Municipios generan diariamente estos vertimientos clandestinos y en los lodos bentónicos las concentraciones aumentan conforme pasa el tiempo, aún más en la temporada seca de Chocontá debido a que el caudal disminuye y el Cr tiene más tiempo para sedimentarse. Estos primeros resultados no permiten evidenciar las concentraciones actuales reales que se almacenan en los lodos bentónicos del municipio de Chocontá ubicado a 13.3 Km aguas abajo del punto de muestreo en Villapinzón.

Las especies animales que se encuentran realizando actividades cerca de la ronda del río, respiran y consumen los metales





pesados que llegan a ellos a través del riego de pastos, cultivos y volatilización de éstos por efectos medio ambientales.

## 5. CONCLUSIÓN

El municipio de Villapinzón es el mayor generador de vertimientos de MP generados por las 110 curtiembres ubicadas en la ronda del río y los subproductos de sales de cromo son transportados al lecho del río, pero éstos no sedimentan al instante, por lo cual no se identifican concentraciones superiores a 219 mg/kg, aunque este valor sigue siendo superior a los máximos permisibles de la resolución 631 de 2015.

El municipio de Chocontá con menos de 50 empresas dedicadas a la curtiembre presenta concentraciones de Cr superiores a los 690 mg/kg, valor muy superior a Villapinzón por más de 633,5 mg/Kg Cr en la segunda toma de muestras, lo cual se debe al caudal del agua que aumenta conforme las condiciones meteorológicas cambian.

El arsénico en todas las muestras está por encima de 1,0 mg/kg y se sigue sedimentando conforme va llegando al cauce del río y es transportado por el caudal aguas abajo. Dada la presencia de ácidos fuertes puede ser soluble y reaccionar con compuestos halogenados que en cualquier momento pueden verse al río ocasionando compuestos con una toxicidad mayor.

Se evidenciaron los rastros que genera la minería ilegal en el nacimiento y ronda del río Bogotá en donde se encuentran muchos minerales importantes para la industria de la zona.

El mercurio no es el mayor problema en este río, el cromo con concentraciones tan altas es el principal problema de las autoridades ambientales y de la

comunidad debido a su alta afinidad con los organismos vivos generando bioacumulación e intoxicación de éstos.

Se evidenció la existencia de una problemática importante ambientalmente, debido a vertimientos directos y clandestinos de Cr al río; el Cr<sup>+6</sup> que es un subproducto tóxico del proceso de la curtiembre sigue trasportándose desde estos municipios hasta el río Magdalena, afectando la fauna y flora de ambas cuencas.

Partiendo de los resultados obtenidos, un primer diagnóstico para el municipio de Chocontá, en términos ambientales, no es muy alentador puesto que no se ven acciones de mejora en la industria de la curtiembre, en especial en las que operan de forma clandestina que diariamente siguen vertiendo estas sales de cromo al cauce del río Bogotá.

Estos resultados generan preocupación en la comunidad en general por la presencia de MP a pocos kilómetros del nacimiento del río, donde industrias de diversas características captan las aguas para realizar sus diferentes procesos.

## 6. AGRADECIMIENTO

Este producto es derivado del Proyecto de Investigación ING 2379 financiado por la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad Militar Nueva Granada-2017

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Angulo, W. J., Mendoza, J. A. y Uriel, H. U. (2017). Análisis de la vulnerabilidad por fenómenos de remoción en masa en la Cuenca Tanauca estudio de caso. Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo. ISSN 1900-9178. Volumen (8), Numero (2). DOI: <https://doi.org/10.24054/19009178.v2.n2.2017.3276>





- Artuz Luis., et al. (2011). Las industrias curtiembres y su incidencia en la contaminación del río Bogotá. Recuperado el abril de 2019, de <http://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/4973/1/Contaminaci%C3%B3n%20del%20r%C3%ADo%20Bogot%C3%A1.pdf>
- Cabrera A. Luis. (2017). Bioadsorción de iones de plomo y cromo procedentes de aguas residuales utilizando la cáscara de tomate de árbol (Solanum Bateceum). Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14460/1/UPS-CT007124.pdf>
- Camacho Jenny, L. R. (2009). Diagnóstico ambiental de la contaminación del suelo en el municipio de chocontá y prueba piloto con dos de los contaminantes mas representativos bioacumulados en arveja, haba y pasto ray grass. (U. d. Salle, Ed.) Obtenido de [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1081&context=ing\\_ambiental\\_sanitaria](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1081&context=ing_ambiental_sanitaria)
- Camargo, W. C. (2016). Modelación hidrológico-hidráulica de eventos de inundación en el Río Bogotá (sector tocanzipa-chia) usando HEC-RAS. Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo. ISSN 1900-9178. Volumen (7), Numero (2). DOI: <https://doi.org/10.24054/19009178.v2.n2.2016.3267>
- Carranza, C. (2008). Acumulación de metales pesados en el suelo y plantas de cuatro cultivos hortícolas, regados con agua del río Bogotá. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 2(2), 180-191. [https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias\\_hortícolas/article/view/1186/1185](https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias_hortícolas/article/view/1186/1185)
- Cuberos Esther. et al.(2009). Niveles de Cromo y Alteraciones de Salud en una Población Expuesta a las Actividades de Curtiembres en Bogotá, Colombia. Recuperado el 27 de Abril de 2019 <http://www.scielo.org.co/pdf/rsap/v11n2/v11n2a12.pdf>
- Chavez Q. Clara M. (2016). Caracterización y modelación del transporte de Cromo total en la cuenca alta del Río Bogotá tramo - Stock 440 – Puente Hacienda . Obtenido de <https://repositorio.uniandes.edu.co/filepaper/handle/1992/17966/u728627.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=1>
- Gómez, S. A., Mora, W. J. y Ramón, B. (2017). Caracterización física y química de la fibra natural de esparto (juncus ramboi subsp. colombianus) como alternativa de refuerzo en materiales compuestos. Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo. ISSN 1900-9178. Volumen (8), Numero (1). DOI: <https://doi.org/10.24054/19009178.v1.n1.2017.3273>
- Gutierrez, T., Castellanos, C. y Hernández, N. (2016). El ordenamiento territorial frente a las consecuencias de los cambios climáticos. Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo. ISSN 1900-9178. Volumen (7), Numero (2). DOI: <https://doi.org/10.24054/19009178.v2.n2.2016.3338>
- Quintero Diego.(2010). Prediagnóstico toxicológico de la cuenca alta del río Bogotá. [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1662&context=ing\\_ambiental\\_sanitaria](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1662&context=ing_ambiental_sanitaria)
- MADS Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (2015). Resolución 631 de 2015. Obtenido de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=70346>
- Melo, J., Saavedra, S. y Ramón, J. (2017). Evaluación de la adsorción de Cu<sup>2+</sup> y Zn<sup>2+</sup> de metileno en biosorbentes de bajo costo obtenidos a partir de





- biomasa residual de la agroindustria de cítricos. Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo. Volumen (8), Numero (2). DOI: <https://doi.org/10.24054/19009178.v2.n2.2017.3277>
- Meneses, V. B., Álzate, D. y Mosquera, J. (2016). Sistema de optimización de las técnicas de planificación en agricultura de precisión por medio de drones. Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo. ISSN 1900-9178. Volumen (7), Numero (2). DOI: <https://doi.org/10.24054/19009178.v2.n2.2016.3268>
- Moreno, C. y Rueda, L. (2016). La educación ambiental como herramienta para la recuperación de la cobertura vegetal, mediante prácticas agro-ecológicas en la comunidad minera asograstorres, asociación de gravilleros de Sabana de Torres. Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo. ISSN 1900-9178. Volumen (7), Numero (1). DOI: <https://doi.org/10.24054/19009178.v1.n1.2016.3260>
- Navas, A. (2015). Caracterización y modelación del transporte de sedimentos en la cuenca alta del Río Bogotá tramo Chingacio – Puente Santander. Obtenido de <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/17150>
- Rivera, H. U., Castellanos, C. y Ibarra, A. (2017). Caracterización y cuantificación de los residuos sólidos realizado en el municipio de pamplona, N de S, Colombia. Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo. ISSN 1900-9178. Volumen (8), Numero (1). DOI: <https://doi.org/10.24054/19009178.v2.n2.2017.3280>
- Suárez., et al. (2012). Identificación y evaluación de la contaminación del agua por curtiembres en el municipio de Villapinzón. Obtenido de <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/Tecnura/article/view/6823/8407>
- Wang Suiling, Mulligan Catherine (1 de Agosto de 2006). Occurrence of arsenic contamination in Canada: Sources, behavior and distribution. Science of the Total Environment, 366(2-3), 701-721. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.09.005>  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969705006170>

