

Artículo No. 09: Pinzón, L.F., *et al.* (2016). Transferencia de metales pesados entre la lámina de agua y los sedimentos del Río Bogotá – Bogotá D.C. Colombia. *Semilleros*, 3 (5), 93-98

Transferencia de metales pesados entre la lámina de agua y los sedimentos en el Río Bogotá– Bogotá D.C. Colombia.

Heavy metal exchange between sediment and water column in Bogota's river -
Bogota D.C. Colombia

Pinzón Uribe Luis Felipe¹, Sotelo Rojas Hernando², Casallas Ortega Nicolás³

Resumen. La presencia de contaminantes inorgánicos en el medio ambiente, conlleva una importante problemática, ya que estos contienen altas concentraciones de Metales Pesados, capaces de filtrarse a en los sedimentos de mares, ciénagas y ríos los cuales son pocas veces analizados, utilizando como objeto de estudio los sedimentos del río Bogotá, ubicado en el departamento de Cundinamarca, Colombia, donde fueron tomadas muestras de lodo y agua para su análisis físico químico mediante la implantación de las muestras en columnas de agua; una de características anaeróbicas completamente mezclado y otra de características aeróbicas. Los resultados mostraron la relación de patrones y su concentración por cada metal evaluado encontrando que la mayoría de estos se encuentran dentro de los límites establecidos por la Norma del Decreto 1594 de 1984.

Producto derivado del Proyecto de Investigación INV ING 2099 financiado por la vicerrectoría de investigaciones – Universidad Militar Nueva Granada Vigencia 2016

Palabras Clave: Metales Pesados, sedimentos, columnas de agua, proceso aeróbico, proceso anaeróbico.

Abstract. The presence of inorganic pollutants in the environment , leads to an important issue , as these contain high concentrations of heavy metals , It can seep sediments of seas , swamps and rivers which are rarely analyzed, using as an object of study Bogotá river sediments , located in the department of Cundinamarca, Colombia , where they were taken samples of mud and water for physical and chemical analysis by introducing samples in water columns ; features a completely mixed anaerobic and aerobic other features. The results showed the relationship of patterns and metal concentration for each evaluated finding that most of these are within the limits set by the Standard Decree 1594 of 1984.

Key Words: Heavy metals, sediments, water column, aerobic process, anaerobic process.

¹ Ingeniero Geógrafo, Ph.D., Profesor Asociado, Investigador Grupo PIT, Facultad de Ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá D.C., Colombia. Luis.pinzon@unimilitar.edu.co

² Ingeniero Industrial, Esp., Asistente de Investigación, Facultad de Ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada, Cajicá, Cundinamarca, Colombia. hernando.sotelo@unimilitar.edu.co

³ Ingeniero Ambiental, Esp., Asistente de Investigación Facultad de Ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá D.C., Colombia. tmp.nicolas.casallas@unimilitar.edu.co

INTRODUCCIÓN

La presencia de contaminantes inorgánicos en el medio natural, representa una importante problemática ambiental dada la dificultad de establecer su comportamiento; ya que estos contienen altas concentraciones de metales pesados, capaces de filtrarse a en los sedimentos de mares, ciénagas y ríos, los cuales son pocas veces analizados en cuanto a la interrelación con la columna de agua, teniendo en cuenta su potencial altamente peligroso, al no presentar ningún tipo de degradación biológica o química, además de ser bio-acumulados de forma inorgánica o como compuesto orgánico, permaneciendo en el organismo de los seres vivos por largos periodos de tiempo (Förstner y Müller, 1974).

Los sedimentos utilizados en este estudio tienen origen en el río Bogotá, localizado en el departamento de Cundinamarca, Colombia; este nace en el municipio de Villapinzón a 3200 msnm a los 5° 13' de latitud norte y 73° 32' de longitud oeste, para desembocar en el río Magdalena, por su margen derecha y al oriente de la ciudad de

Girardot, a los 4° 18' de latitud norte y 74° 48' de longitud al oeste de Greenwich su cauce se extiende por 255 km regando las tierras de 26 municipios del departamento (Instituto de Estudios Urbanos. 2016).

Las muestras de sedimento y agua para su análisis físico químico y estudio a escala, fueron tomadas en la cuenca alta e implantada en columnas o reactores; uno de características anaeróbicas completamente mezclado y otro de características aeróbicas con aireación extendida, teniendo en cuenta la actividad metanogénica de los mismos. Los resultados mostraron la relación de patrones y su concentración por cada metal y elaborados para la generación de las curvas de calibración de las aguas y los sedimentos. La mayoría de los metales se encuentran dentro de los límites establecidos por la Norma del Decreto 1594 de 1984. Aunque en algunos sectores se obtuvieron lecturas de concentración alta, las mismas están dentro de los parámetros establecidos por el decreto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo del estudio, se requirió de la toma de muestras de agua y de sedimento del río Bogotá a lo largo del cauce, en puntos donde se evidencia un gran aporte de contaminantes provenientes de las diferentes Industrias, con los que se quiere establecer el alcance de las concentraciones de algunas trazas de metales pesados presentes en estos sectores; estos puntos son: 1) Aguas abajo de Villapinzón; 2) Aguas abajo de Zipaquirá; 3) Sector de Engativá; 4) Aguas abajo de la desembocadura del río Fucha en Patio bonito.

Metodología para la modelación: Para el modelo se armaron dos columnas, una para cada una de las muestras, una aeróbica y una anaeróbica, con un período estimado de trabajo y análisis de un mes por cada muestra. Durante este período se estableció un control de producción de metano para la columna anaeróbica presente en el sedimento. Se extrajeron muestras de agua en volúmenes de 50 ml. para la fijación y digestión de trazas de metales pesados. Para los sedimentos se aplicó una técnica diferente.

Columna aeróbica: Esta columna presenta un suministro constante de aire mediante una bomba y una válvula de acceso en su tapa y una de escape; el aire se indujo dentro del medio líquido mediante una manguera, evitando cualquier tipo de disturbio en los sedimentos; tuvo un tamaño de 20 cm de alto y dos válvulas a 10 cm. y 25 cm. de la tapa; la primera sirvió para la extracción de agua durante el proceso de toma de muestras del líquido y la segunda para la toma de muestras de sedimento. La columna aeróbica transparente permitió el paso de la luz facilitando la actividad de algunas algas.

Columna anaeróbica: Esta columna presenta tres válvulas dispuestas a 10, 25 y 40 cm de la tapa, siendo la superior la salida de gases y las otras dos con el mismo fin que

las dispuestas para la columna aeróbica; esta presentó, a diferencia de la aeróbica, un sistema de rotación lenta, mediante un motor, que activó el giro de una hélice, produciendo un movimiento continuo y lento del líquido, que emula el producido por la corriente del río y tratando de evitar al máximo que el sedimento presente algún tipo de disturbio.

Tratamiento de las muestras: Para la determinación de los MP se estableció un sistema de muestreo, en el que se captaron volúmenes de agua y sedimento, de las muestras iniciales, y de las finales, durante el desarrollo de la prueba, tanto de la columna aeróbica como de la anaeróbica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los análisis físico químicos se expresan comúnmente en miligramos por litro (mg/l) o como parte por millón (ppm). Para las concentraciones menores de 1 mg/l, se puede utilizar el término de microgramos por litro (µg/l) o partes por billón (ppb) como se muestran en la Tabla 1.

El análisis del Cromo nos indica su presencia en todos los sedimentos analizados, en especial una gran concentración de Cr total en los sedimentos, tanto inicial, anaeróbico y aeróbico, del sector de Villapinzón, donde las mismas se encuentran con valores superiores al Estándar A, desarrollado por Moreno (1995), en el trabajo de modelación de metales pesados para el río Bogotá, en el que para este metal se estableció en 50 ppm; Los demás sectores presentan alguna presencia del mismo aunque con valores mínimos. Aunque los valores de concentración se encuentran por encima de los establecidos en el Estándar A, los mismos están por debajo

de lo establecido en los Estándares B y C, aunque estos no son basados en modelos locales.

El Cadmio se encuentra presente en todos los sedimentos analizados, las concentraciones se detectaron en todos los sectores, con valores por encima de lo señalado en el Estándar A, donde se establece un valor de 1 ppm de este metal en sedimentos, siendo los mayores valores de concentración los detectados en el sector Cajicá, donde se estableció, para la columna anaeróbica, un valor de 140 ppm mientras que el inicial se encuentra en 110 ppm. Estas concentraciones se encuentran por debajo de las establecidas en los Estándares B y C.

Las concentraciones de Plomo detectadas en los sedimentos de los cuatro sectores presentan valores muy altos, por encima de lo permitido en los tres Estándares, donde el A acepta 20 ppm, el B 4 ppm y el C 30 ppm, en especial las mayores concentraciones se detectaron en el sector de Patio Bonito,

donde los valores están sobre los 7000 ppm., seguido del S2 donde los valores son superiores a los 1000 ppm.

En el sector Villapinzón el sedimento se encuentra constituido por material grueso compuesto de arenisca y cuarzo, el material está compuesto por un 67,5 % de diámetro superior al tamiz 200, la Gs. del suelo mostró la presencia de mineral de Hierro, cosa que se comprobó durante el manejo de las muestras al utilizar un imán.

El sector Cajicá mostró un sedimento compuesto por limos y arcillas, aunque el material se homogeneizó antes de su instalación en las columnas, se encontró que el porcentaje de material, que era retenido en el tamiz 200, del reactor aeróbico era mucho

mayor que el de la columna anaeróbica, siendo el porcentaje de finos mayores en esta. En este sector se evidenció la presencia de hidrocarburos en el sedimento.

En el sector Engativá al igual que en sector Cajicá se evidencio en el sedimento del reactor anaeróbico, un mayor porcentaje de finos que pasa tamiz 200. En este sector se encontró, como en el Villapinzón que el sedimento tiene una conformación más o menos en igual proporción de finos (pasa Tamiz 200) y gruesos (no pasa Tamiz 200). En este sector se detectó nuevamente la presencia de hidrocarburos en el sedimento.

Tabla 1. Concentración de Metales Pesados Cromo, Cadmio y Plomo.

Sector	Muestra Sedimento	Cromo (ppb)	Cadmio (ppb)	Plomo (ppb)	Muestra de Agua	Cromo (ppb)	Cadmio (ppb)	Plomo (ppb)
Villapinzón	Sedimento Inicial	79	11	13	Agua Inicial	7	6	24
	Sedimento Final 1	78	11	13	Agua Final 1	3	3	4
	Sedimento Final 2	78	11	13	Agua Final 2	3	4	4
Cajicá	Sedimento Inicial	10	110	1200	Agua Inicial	3	3	37
	Sedimento Final 1	6	140	1590	Agua Final 1	3	2	4
	Sedimento Final 2	8	100	1300	Agua Final 2	3	3	4
Engativá (Bogotá)	Sedimento Inicial	4	30	210	Agua Inicial	3	3	4
	Sedimento Final 1	4	30	13	Agua Final 1	3	3	4
	Sedimento Final 2	6	20	13	Agua Final 2	3	3	4
Patiobonito (Bogotá)	Sedimento Inicial	22	40	7280	Agua Inicial	3	2	66
	Sedimento Final 1	18	30	6210	Agua Final 1	3	3	4
	Sedimento Final 2	21	60	6890	Agua Final 2	3	4	37

CONCLUSIONES

Según el análisis realizado a las muestras, la mayor concentración de MP como el Pb con valor de 251 ppb y Ni con valor de 187 ppb por encima los evidenciados en Cr, llegando a ser altamente perjudiciales para los organismos vivos presentes en el medio.

El intercambio de MP entre el sedimento y la columna de agua no parece presentarse de forma difusiva, pero en el volumen de agua de la columna, reemplazado por agua de dilución, es evidente una re suspensión y un aumento en las concentraciones, debido a la tendencia de los metales a fijarse en los sólidos suspendidos.

Se observó una tendencia en el Cd y el Pb a permanecer inmersos en el sedimento sin presentar transferencia, de forma natural, con la columna de agua; mientras que el Pb al profundizarse en el sedimento hace que los disturbios que se presentan de forma superficial no tienen la capacidad de liberar el metal, cosa contraria si se presenta una remoción profunda del lecho bentónico. Se podría decir que una de las alternativas para el manejo de los MP en el río Bogotá es el no tratar perturbar las capas de sedimento que funcionan como trampas para ellos.

El sector de Villapinzón se evidenciaron trazas de los cuatro metales analizados en la columna de agua, caso contrario a lo ocurrido con el contenido de sus sedimentos donde predominó la presencia de Cr, pero en apoyo a otros estudios se muestra que en este sector la corriente del río tiene la capacidad de arrastre para evitar una sedimentación de los mismos.

El sector menos afectado es el de Engativá, donde el problema primordial es la alta concentración de materia orgánica y compuestos químicos arrojados en este sector y se evidencia la presencia de Ni en el agua; mientras que en el sector de Patiobonito se presenta la mayor concentración de MP debido a que es una zona industrial mientras que el PB supera los valores de control establecidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] ALBA MORENO LEONARDO, "Modelación Matemática de metales pesados en la Cuenca del río Bogotá", Proyecto de Grado, Universidad de Los Andes, 1995.

[2] CALMANO W, J. HONG AND U. FORSTNER, "Binding and Mobilization of Heavy Metals in contaminated sediments

affected by pH. and Redox potencial", Water Science and Technology, Vol 28, 1993.

[3] FÖRSTNER, U. MÜLLER, G. Schwermetallen in Flüssen und Seen. Springer-Verlag, Berlin, p. 225. 1974.

[4] HORNE, R.A, "Marine Chemistry, Wiley-Interscience, New York, 1969.

[5] ILAM LTDA. "Programa de aforo y muestreo sobre el río Bogotá", realizado para la Corporación Autónoma Regional de La Sabana de Bogotá y Valle de Ubaté, CAR, 1992-1993.

[6] INGESERIES LTDA. "Programa de aforos y muestreos sobre el río Bogotá"; Estudio para la Corporación Autónoma Regional de La Sabana de Bogotá y Valle de Ubaté, CAR, 1990-1991.

[7] INSTITUTO DE ESTUDIOS URBANOS, SECRETARIA DE HACIENDA. Río Bogotá. 2016. Disponible en:

<http://institutodeestudiosurbanos.info/endatos/0100/0110/0112-hidro/011211.htm>

ISKANDAR and KEENEY D.R, Journal Water Polution Control Federation, 42, 318, 1970.

[8] LEE G.F. "Factors Affecting the Transfer of Materials Between Water and Sediment" University Wisconsin Water Resources Center Lit. Rev. No. 1 (July 1970).

[9] RUIZ S. JOSÉ E. "Los Metales Traza en el Río Magdalena". Pasado y presente del río grande de la Magdalena, Fundación Río Magdalena, Seminario, 1990.

[10] TOBAR, Aura. RABINOVICH, David. El cromo y el Medio Ambiente. En: Contaminación Ambiental: Revista del proyecto de Contaminación Ambiental, CIDI, Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín. Número 18, 1987.

[11] TURNER et al "Geochim, et Cosmochim" Acta, 45, pg 855-881, 1981