

Identificación y evaluación de la contaminación del agua por curtiembres en el municipio de Villapinzón

Water pollution by tannery process in Villapinzón: indentification and assessment

ANDRÉS FELIPE SUÁREZ ESCOBAR

Ingeniero Químico, Doctor en Ciencias. Docente Asociado y Director de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Libre. Bogotá, Colombia.

Contacto: andresf.suareze@unilibrebog.edu.co

CÉSAR AUGUSTO GARCÍA UBAQUE

Ingeniero Civil, Doctor en Ingeniería. Docente Asistente de la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia.

Contacto: cagarciau@udistrital.edu.co

MARTHA LUCÍA VACA BOHÓRQUEZ

Psicóloga, Magister en Administración y Negocios. Consultora e Investigadora de la Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia.

Contacto: ml.vaca68@uniandes.edu.co

Fecha de recepción: 14 de Julio de 2012

Clasificación del artículo: Investigación

Fecha de aceptación: 1 de Octubre de 2012

Grupo de Investigación: GIICUD

Palabras clave: *Calidad del agua, Control de la contaminación del agua, Residuos industriales*

Key words: *Wastewaters, Industrial pollution, Water pollution*

RESUMEN

En el presente trabajo se evaluó pH, turbiedad, oxígeno disuelto, alcalinidad, acidez, dureza, demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), sulfatos, nitritos, nitratos, sólidos suspendidos totales (SST) y cromo hexavalente del río Bogotá, en puntos ubicados aguas arriba, aguas abajo y en la zona de curtiembres del municipio de Villapinzón (Cundinamarca), mediante muestreo simple en diferentes meses del año. Los resultados obtenidos permitieron establecer el efecto de los vertimientos sobre los parámetros físicos y químicos del río Bogotá en el sector de Villapinzón. En particular se aprecia un

aumento significativo en la carga orgánica y una depleción del oxígeno disuelto de esta fuente. El cromo VI, usado en este tipo de industrias también muestra aumento en función de la posición del río, a pesar de estar presente en bajas cantidades, debido al empleo de cromo en forma trivalente o en la conversión del cromo hexavalente en trivalente y su precipitación en el afluente.

ABSTRACT

In this study three sites on Bogotá River basin were examined for pH, turbidity, dissolved oxygen (DO), alkalinity, acidity, hardness, chemical oxy-

gen demand (COD), biochemical oxygen demand (BOD), sulphates, nitrites, nitrates, total suspended solids (TSS) and hexavalent chromium in different months of the year. The results show effects of tannery wastewater on physical and chemical parameters in Bogotá River. It is remarkable the increase in organic contamination and diminution of DO in

this river. Chromium VI, used in tannery process also shows an increase besides the small amount of Chromium VI founded. This might be due to the usage of trivalent chromium on the industry, and the conversion of hexavalent chromium to trivalent chromium by reductive process.

* * *

1. INTRODUCCIÓN

El Río Bogotá es un recurso hídrico que en el transcurso del tiempo se ha constituido en la principal fuente de agua de la Sabana de Bogotá comprendiendo a la capital y a municipios cercanos como Chía, Cajicá, Tocancipá, Gachancipá, Sopó y Cota. Adicionalmente, debido a la problemática ambiental que este ha presentado, se han emprendido enormes esfuerzos y destinado recursos importantes para su descontaminación. Las autoridades han tomado medidas para sancionar a los responsables de esta contaminación, pero la solución a esta problemática es compleja, ya que la aplicación de sanciones generalmente afecta a la población más vulnerable que vive de la industria del cuero y cuyas áreas de trabajo se ubican en los alrededores del río.

Actualmente la disposición de aguas residuales, domésticas e industriales sobre los ríos es prácticamente inevitable y es legal, siempre y cuando sean tratadas con anterioridad. En los últimos años, muchos países, incluyendo Colombia, han desarrollado legislación de tipo ambiental que limitan los vertimientos que habían venido deteriorando a través del tiempo sus recursos hídricos. Generalmente los países elaboran esta clase de leyes teniendo en cuenta estudios preliminares realizados sobre las consecuencias que generan las descargas de contaminantes por sus elevadas concentraciones y, en general, el análisis del estado sanitario de sus ríos [1].

Estudios relevantes a la afectación de las fuentes hídricas por parte de la industria de la curtiembre se han realizado a nivel global. Un estudio en el

que se analizaron parámetros físicos y químicos, se llevó a cabo en el río Ganga, afectado por las curtiembres de Kanpuren (India), en el cual se realizó el monitoreo del mismo a través de un sistema denominado radiómetro de multibanda que mide parámetros específicos como DQO, OD y Turbiedad. Las mediciones se llevaron a cabo en 11 puntos y demostró la viabilidad del radiómetro para la vigilancia y control de la contaminación por el curtido llevado a cabo en dicha área [2]. De otra parte, en Turquía se realizó un estudio similar al de India en los ríos más importantes del país. En dicho estudio se determinaron los niveles de contaminación a través de un procedimiento analítico por extracción química secuencial para la división de las partículas de metales tales como cromo y manganeso, además de un análisis completo de la calidad de los ríos, que mostró que la contaminación reportada se debió a vertimientos de aguas residuales de tipo industrial, agrícola y doméstico [3].

En un estudio específico llevado a cabo en el río Danubio (Europa Central y Oriental) se determinaron las cantidades de sólidos suspendidos y sedimentables contaminados con metales pesados, llevando a cabo un muestreo espacio temporal desde la parte alta del Danubio hasta su desembocadura en el Mar Negro y se analizaron las ventajas y desventajas de la topografía del río y su afectación en los resultados encontrados [4].

En otros lugares como Peshawar, Pakistán se realizó un análisis multivariado de niveles de trazas de metales en los efluentes de curtiembres con relación al suelo y al agua, en el cual se evidenció que el agua subterránea y el suelo estaban siendo contaminadas por métodos tóxicos que emanan de los

efluentes de curtiembres de aquella Zona [5]. Así mismo, en Albania se realizó un estudio en el cual se identificó y se evaluó la contaminación del agua por curtiembres, en el que los datos mostraron que en definitiva las descargas de las curtiembres son fuentes potenciales de contaminación reflejado en los diferentes parámetros analizados [6].

La calidad de los ríos siempre ha sido un punto importante para todos los países tanto industrializados como no industrializados. Por esto China, tras haber realizado un estudio referente a las características del agua contaminada en la cuenca baja del río Haihe encontró un método específico para desarrollar un índice de calidad de agua. Éste identificó que los principales contaminantes son el nitrógeno total, nitrógeno amoniacal, DQO y DBO [7]. Otro estudio sobre la remoción de contaminantes metálicos, analizó diferentes iones como el cromo VI, que es un contaminante frecuente en aguas residuales industriales provenientes de procesos como galvanoplastia, tinte de cueros o manufactura de pinturas y debido a sus propiedades carcinogénicas y mutagénicas, su concentración en agua potable ha sido regulada en muchos países. Por ejemplo, el límite permisible en Suecia y Alemania es de 0,05 ppm. En este estudio se evidenció que el tratamiento convencional de eliminación del Cr6 es su reducción a Cr3, una especie menos tóxica y menos móvil en el medio ambiente [8].

Los municipios de Villapinzón y Chocontá con sus 150 curtiembres y que cuentan con 11.000 habitantes incluyendo la zona rural y el casco urbano, se encuentran localizados a 40 kilómetros de Bogotá, y a 6 km del nacimiento del Río Bogotá, que atraviesa la ciudad capital de Colombia. Tanto el municipio como las curtiembres vierten en él sus residuos sin tratamiento efectivo. Sin embargo la industria de estas curtiembres ofrece trabajo al 60% de la mano de obra disponible en la región. La mayoría de estas empresas son de tipo familiar y constituyen el vértice de la economía de la zona, generando alrededor de 700 empleos directos y 4.000 entre directos e indirectos [9].

Las primeras actividades del sector curtiembres en Colombia datan de los años 1920 en Antioquia y de los años 1950 con curtiembres establecidas en los municipios de Villapinzón y Chocontá en el departamento de Cundinamarca, posteriormente algunos productores de esta zona se desplazaron al barrio San Benito en Bogotá. Las curtiembres de este departamento representan la mayor concentración de curtiembres con el 81.3% del país [10]. Recientemente, la industria curtidora ha empezado a considerar los impactos ambientales de su operación como un aspecto estratégico para mejorar su productividad e incursionar en mercados internacionales. En este sentido, la reducción de impactos ambientales tiene también consecuencias positivas sobre aspectos que mejoran su competitividad, tales como: reducción de costos de producción y mejora de su imagen institucional ante las partes interesadas que impactan de una u otra manera su gestión [11].

El presente estudio fue desarrollado con el auspicio del programa de Ingeniería Ambiental de la Universidad Libre Sede Bogotá, dentro de su línea de investigación de calidad de agua, en cuyos laboratorios se llevaron a cabo los análisis correspondientes.

2. METODOLOGÍA

Se tomaron cinco muestreos puntuales o simples durante un periodo de seis (6) meses, entre el 26 de noviembre de 2010 hasta el 30 de abril de 2011. Los puntos de muestreo se determinaron de acuerdo con la información arrojada por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR sobre vertimientos en río Bogotá y específicamente en el sector de Villapinzón. Se seleccionaron tres (3) puntos de muestreo teniendo en cuenta aspectos topográficos favorables y que permitieran evaluar las condiciones antes, durante y después de las curtiembres ubicadas en la zona de estudio. La distancia entre los puntos seleccionados es de 1,5 Km, que corresponde a la distancia total entre la primera curtiembre ubicada en el casco urbano del

municipio de Villapinzón hasta la última ubicada en inmediaciones al municipio de Chocontá.

En la tabla 1, se presenta la ubicación de los puntos de toma de muestra:

Tabla 1. Puntos de toma de muestra en el Río Bogotá

Punto 1	Altitud: 2.758 m, 1053800 N, 1069295 W (Antes de las curtiembres)
Punto 2	Altitud: 2.733 m, 1052579 N, 10677905 W (Zona de las curtiembres)
Punto 3	Altitud: 2.686 m, 1048676 N, 1046317 W (Después de las curtiembres)

En cada punto se realizaron mediciones de profundidad, ancho y caudal del río y se tomaron muestras de agua en botellas de plástico (1 botella por punto de muestreo, cada una con un volumen de 2 litros) debidamente rotuladas. Los parámetros fueron medidos de acuerdo con los procedimientos establecidos en el Standard Methods for the Examination of *Water and Wastewater* [12]: pH, turbiedad, oxígeno disuelto, alcalinidad, acidez, dureza, DQO, DBO₅, sulfatos, nitritos, nitratos, sólidos suspendidos totales y cromo hexavalente.

Con el fin de expresar los resultados en función del tiempo se tomaron datos en un periodo de seis meses con la codificación presentada en la tabla 2.

Tabla 2. Codificación de los muestreos

Fechas	Muestreo número
26/11/2010	1
27/02/2011	2
20/03/2011	3
02/04/2011	4
30/04/2011	5

3. RESULTADOS

El caudal promedio del río se está entre 2,56 y 3,14 m³/s en las diferentes secciones evaluadas. Con respecto al pH, como se muestra en la figura 1, el punto 1, presentó un valor promedio de 6,90 a lo largo de los muestreos, siguiendo el punto 2 con

un promedio de 6,81 y el punto 3 con un promedio de 6,71. En la etapa de post-curtición a través de procesos mecánicos, se genera un efluente con bajo pH, el cual pudo haber desencadenado los bajos niveles de pH de los puntos 1 y 5.

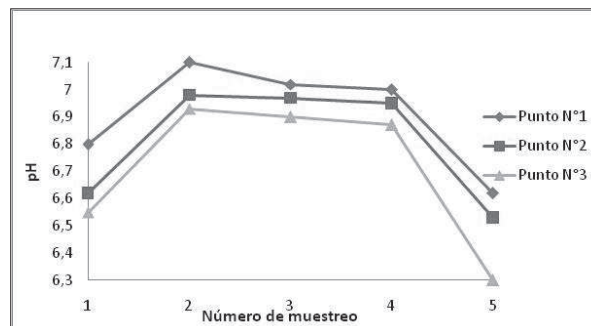


Figura 1. Variación de pH en diferentes puntos vs tiempo. Fuente: Elaboración propia.

La turbiedad reportó un valor promedio para el punto 1 de 12,57, para el punto 2 de 14,70 y para el punto tres de 17,95, mostrando una tendencia ascendente entre los puntos (Ver figura 2). Esto pudo presentarse debido a que el río va recibiendo una mayor contaminación a medida que avanza su curso, siendo el punto tres el más contaminado.

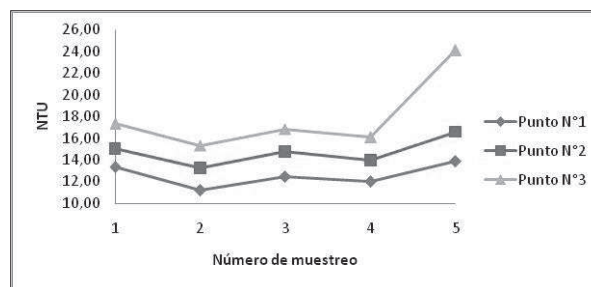


Figura 2. Variación de turbiedad en diferentes puntos vs tiempo. Fuente: Elaboración propia.

También se observa que en los muestreos 1 y 5 el valor de la turbiedad se incrementa y el pico más alto se presenta en el quinto muestreo en el punto tres, lo cual puede deberse al hecho que estos muestreos se realizaron en temporada de lluvias y el agua arrastra material coloidal y residual en suspensión al río.

Se aprecia un incremento en los valores de conductividad y en la concentración de sólidos disueltos (figuras 3 y 4 respectivamente), debido a la recepción de vertimientos tanto domésticos como industriales, especialmente del sector de curtiembres que emplea diferentes sales, ácidos y bases cada uno de sus procesos.

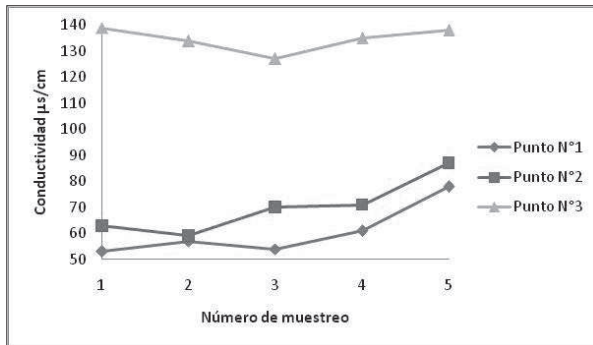


Figura 3. Variación de conductividad en diferentes puntos vs tiempo.
Fuente: Elaboración propia.

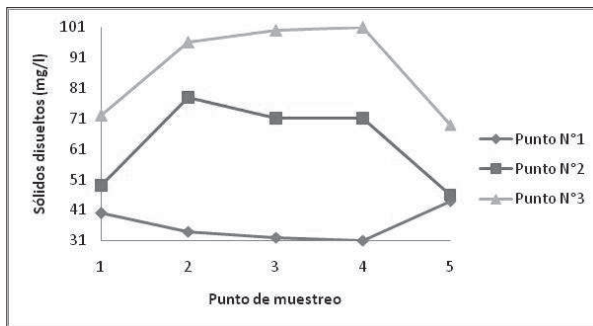


Figura 4. Variación de sólidos disueltos en diferentes puntos vs tiempo.
Fuente: Elaboración propia.

La concentración de oxígeno disuelto (figura 5) disminuye en la medida que el río se interna o pasa por el área urbana del municipio. La carga orgánica de los vertimientos genera una deflexión en la concentración de oxígeno disuelto del cuerpo receptor debido a la actividad bacteriana de la biota nativa en la corriente.

Un factor a favor de la capacidad de autodepuración del río es la topografía de la zona, que facilita la re-aireación atmosférica del agua, incremen-

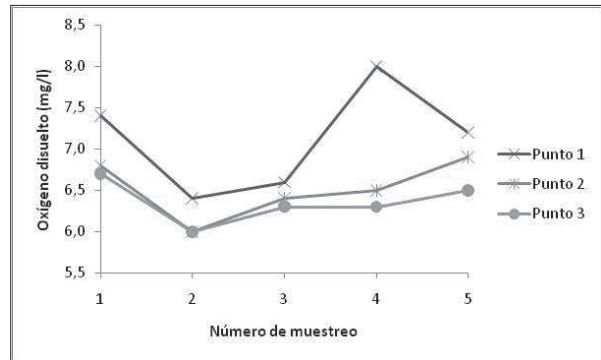


Figura 5. Variación de oxígeno disuelto en diferentes puntos vs tiempo.
Fuente: Elaboración propia.

tando la asimilación de materia orgánica, siendo esta característica típica de los ríos de alta y media montaña.

En las figuras 6 y 7, se puede apreciar que la alcalinidad y la acidez del agua se incrementan significativamente de un punto de muestreo al siguiente y durante cada uno de los muestreos. En el agua ambas características pueden coexistir indicando que tiene una alta capacidad para amortiguar cambios en su pH debido a la adición de ácidos o bases. Se considera como posible causa de este efecto el vertimiento de soluciones diluidas de ácidos y bases que son insumos esenciales dentro de la industria de curtiembres.

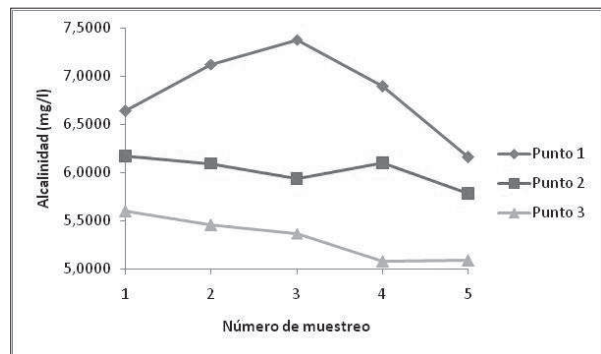


Figura 6. Variación de alcalinidad en diferentes puntos vs tiempo.
Fuente: Elaboración propia.

De igual manera que en los demás parámetros analizados, el incremento de sólidos suspendidos a lo

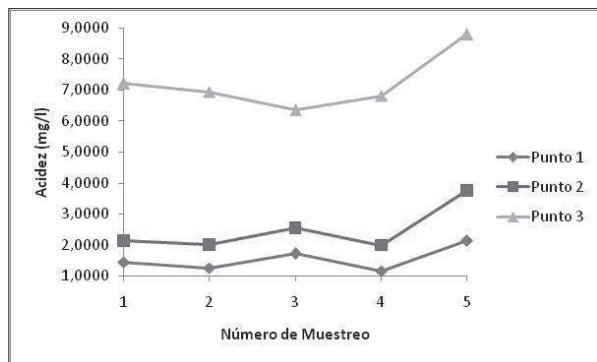


Figura 7. Variación de acidez en diferentes puntos vs tiempo.
Fuente: Elaboración propia.

largo del recorrido del río es notorio, aunque el valor no es muy alto (figura 8). Esta situación puede deberse a dos factores. En primer lugar, la capacidad erosiva del agua del río durante el recorrido en la zona. El río presenta una pendiente significativa que ocasiona una considerable velocidad de flujo y por ende una gran capacidad de arrastre y re-suspensión de partículas del lecho del río.

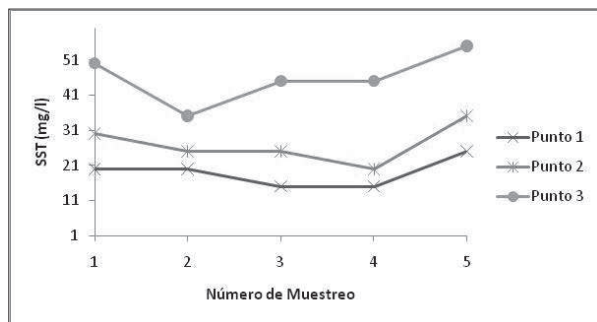


Figura 8. Variación de sólidos suspendidos totales en diferentes puntos vs tiempo.
Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, está el aporte de sólidos a causa de los vertimientos de aguas residuales domésticas e industriales, principalmente de la industria de curtiembres, que representa una de las principales actividades económicas del municipio de Villapinzón. El descarnado de los cueros genera efluentes con una elevada concentración de sólidos que al ser vertidos dan como resultado el incremento en la concentración de sólidos en el cuerpo de agua receptor.

Al analizar la relación existente entre DQO y DBO_5 se puede inferir que la causa más probable de la contaminación en los últimos tres puntos de muestreo son los vertimientos de origen industrial. En los puntos previos el agua presenta una relación DQO/ DBO_5 entre 2 y 4, indicando una biodegradabilidad aceptable de los residuos, pero para los últimos tres puntos de muestreo, la relación indica una baja capacidad de asimilación y por ende un mayor consumo de oxígeno para lograr la mineralización de la materia orgánica, situación que afecta directamente al concentración del oxígeno disuelto en el río. Ver figuras 9 y 10.

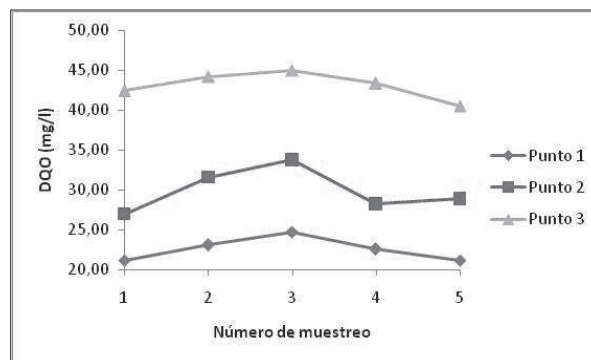


Figura 9. Variación de DQO en diferentes puntos vs tiempo.
Fuente: Elaboración propia

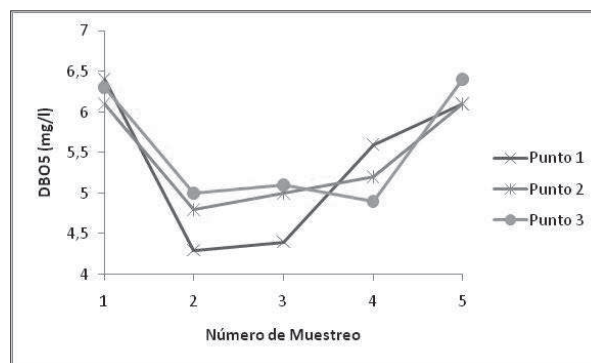


Figura 10. Variación de DBO en diferentes puntos vs tiempo.
Fuente: Elaboración propia

La concentración de sulfatos (figura 11) presenta un incremento gradual de una estación a otra, especialmente entre la estación 4 y 5. Este hecho se justifica porque los vertimientos de las curtiembres

presentan altas concentraciones de sulfatos a causa del ácido sulfúrico empleado como parte del proceso de descarnado de los cueros.

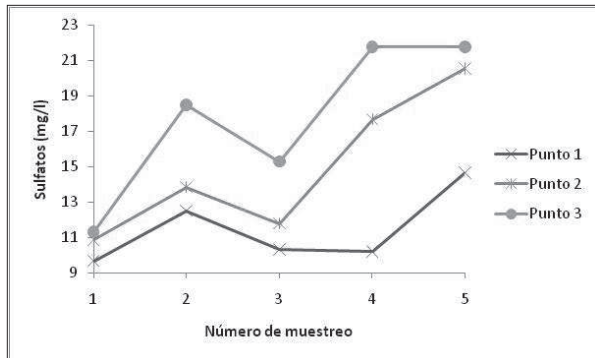


Figura 11. Variación de sulfatos en diferentes puntos vs tiempo.
Fuente: Elaboración propia

Las bajas concentraciones de nitratos y nitritos señalan que la contaminación del río es reciente (ver figuras 12 y 13). Es posible que se tenga una alta concentración de nitrógeno orgánico que pueda afectar el oxígeno disuelto del río y generar un incremento significativo los iones nitratos y nitritos.

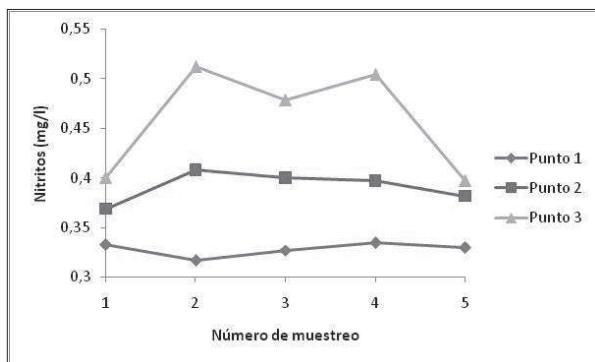


Figura 12. Variación de nitritos en diferentes puntos vs tiempo.
Fuente: Elaboración propia

A diferencia de los demás parámetros analizados, el cromo presenta una disminución gradual en su concentración (figura 14), lo cual puede deberse a que en los medios naturales de acuerdo con las condiciones de pH del agua, el cromo hexavalente tiende a precipitarse en forma de cromo +3.

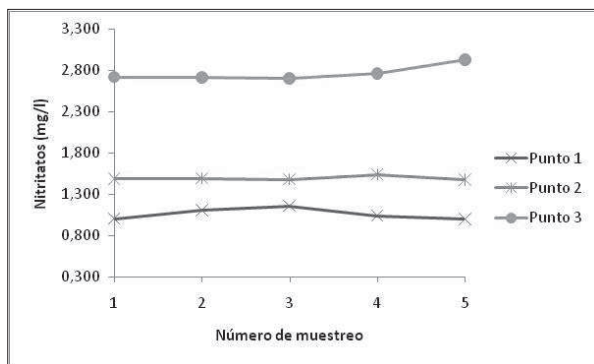


Figura 13. Variación de nitratos en diferentes puntos vs tiempo.
Fuente: Elaboración propia

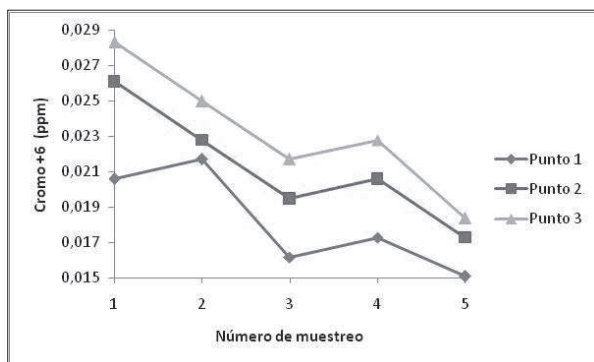


Figura 14. Variación de cromo hexavalente en diferentes puntos vs tiempo.
Fuente: Elaboración propia.

4. CONCLUSIONES

El caudal promedio del río encontrado en los puntos de monitoreo se encuentra dentro de los valores históricos reportados por la CAR.

Aunque los valores promedio de pH medidos se encuentran dentro del rango de neutralidad, se observa un descenso en los niveles encontrados en los puntos 2 y 3 en todos los muestreos realizados, que se asocian principalmente a la etapa de post-curtición.

Los valores encontrados de turbiedad, sólidos disueltos y conductividad presentan una tendencia ascendente en los puntos 1, 2 y 3, lo cual permite determinar como la causa al impacto que produce los vertimientos de la actividad de las curtiembres.

El comportamiento del Oxígeno Disuelto muestra cómo se presenta una reducción importante después de la descarga de vertimientos en el punto 2 y posteriormente una ligera re-aireación del río a la altura del punto 3, lo que favorece su capacidad de autodepuración.

En cuanto a los niveles encontrados de DBO_5 y DQO y su relación, se puede deducir que la contaminación del río a esa altura de la cuenca proviene mayoritariamente de los vertimientos de origen industrial. Como ya se mencionó, en los muestreos realizados en el punto 1 previo a las descargas de vertimientos, el agua presenta una relación DQO/ DBO_5 entre 2 y 4, indicando una bio-degradabilidad aceptable de los residuos, pero para los puntos de muestreo, la relación indica una baja capacidad de asimilación y por ende un mayor consumo de oxígeno para lograr la mineralización de la materia orgánica, situación que afecta directamente al concentración del oxígeno disuelto en el río.

La concentración de sulfatos presenta un incremento gradual de una estación a otra, debido a que los vertimientos de las curtiembres presentan altas concentraciones de sulfatos a causa del ácido sul-

fúrico empleado como parte del proceso de descarnado de los cueros.

Las bajas concentraciones de nitratos y nitritos señalan que la contaminación del río es reciente. A diferencia de los demás parámetros analizados, el cromo presenta una disminución gradual en su concentración, lo cual puede deberse a que en los medios naturales de acuerdo con las condiciones de pH del agua, el cromo hexavalente tiende a precipitarse en forma de cromo +3.

Dado que la principal causa de contaminación del río a esa altura de la cuenca proviene de la actividad de curtiembres, se hace necesario que las autoridades ambientales y la sociedad en general, orienten sus esfuerzos de control en esta zona hacia esa actividad, sin descuidar otras como la preservación de cauces, y la remoción de sedimentos.

5. FINANCIAMIENTO

El presente estudio fue avalado y financiado por el Programa de Ingeniería Ambiental de la Universidad Libre Sede Bogotá.

REFERENCIAS

- [1]. I. Mercado Martínez y S. Valencia Hurtado, "Evaluación Ambiental de un Río", *Análisis Ambiental*, Vol 6, No. 1, pp. 84-89, 2008.
- [2]. N. Kumar, C. Venkobachar, R. Kumar and S. P. Singh. "Monitoring the pollution of river Ganga by tanneries using the multiband ground truth radiometer", *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, Vol. 53, No. 4, pp. 204-216, 1998.
- [3]. H. Akcay, A. Oguz and C. Karapire, "Study of heavy metal pollution and speciation in Buyak Menderes and Gediz river sediments", *Water Res*, Vol. 37, No. 4, pp. 813-822, 2003.
- [4]. P. Woitke, J. Wellnitz, D. Helm, P. Kube and P. Lepom, "Analysis and assessment of heavy metal pollution in suspended solids and sediments of the river Danube", *Chemosphere*, Vol. 51, No. 8, pp.633-642, 2003.
- [5]. R. S. Tariq, M. Shah, N. Shaheen, A. Khalique, S. Manzoor and M. Jaffar, "Multivariate analysis of trace metal levels in tannery effluents in relation to soil and water: A case study from Peshawar, Pakistan", *Journal of Environmental Management*, Vol 79, pp. 20-29, 2006.
- [6]. T. Floqi, D. Vezi and I. Malollari, "Identification and evaluation of water pollution from Albanian tanneries". *Desalination*, Vol. 213, No. 1-3, pp. 56-64, 2007.

- [7]. X. Liu, G. Li, Z. Liu, W. Guo and N. Gao, "Water Pollution Characteristics and Assessment of Lower Reaches in Haihe River Basin", *Energy Policy*, Vol 2, pp. 199-206, 2010.
- [8]. X. Domènech, M. I. Litter y H. D. Mansilla. "Remoción de contaminantes metálicos", en *Eliminación de Contaminantes Metálicos*, La Plata, Argentina, Cyted, pp. 120-141, 2001.
- [9]. "Plan estratégico en las curtiembres de Villapinzón: Competitividad e innovación en la cadena productiva del cuero" [Online] en: <http://www.unal.edu.co/viceinvestigacion/nuevo/paginas/semanainvestigacion/idea/IDEA/IDEA/CURT1.htm>. Consultado: 08/mar/2011.
- [10]. A. M. Alzate, "*Diagnóstico y estrategias Proyecto Gestión Ambiental en el sector de curtiembres*", Centro Nacional de Producción Más Limpia, Bogotá, febrero de 2004.
- [11]. ACERCAR, Unidad de asistencia técnica ambiental para la pequeña y mediana empresa, *Curtiembres, Planes de acción para mejoramiento ambiental*, Artepel Impresores, Bogotá, 2000.
- [12]. A. D. Eaton, L. S. Clesceri, A. E. Greenberg, M. A. Franson, American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation, *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, Washington D.C., American Public Health Association, 1998.