

**EFFECTOS AMBIENTALES GENERADOS POR LOS VERTIMIENTOS DE LAS
INDUSTRIAS DE CURTIDO DE PIELS: IMPLICACIONES EN LA CUENCA
ALTA DEL RÍO BOGOTÁ**



SONIA CAROLINA SIERRA GARCIA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

**ESPECIALISTA EN PLANEACIÓN AMBIENTAL Y MANEJO INTEGRAL DE
LOS RECURSOS NATURALES**

Director:

ING. EDNA LINEY MONTAÑEZ HURTADO

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESPECIALIZACIÓN EN PLANEACIÓN AMBIENTAL Y MANEJO INTEGRAL DE
LOS RECURSOS NATURALES**

BOGOTÁ, JUNIO DE 2018

EFECTOS AMBIENTALES GENERADOS POR LOS VERTIMIENTOS DE LAS INDUSTRIAS DE CURTIDO DE PIELES: IMPLICACIONES EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO BOGOTÁ

ENVIRONMENTAL EFFECTS GENERATED BY THE DISCHARGES OF THE LEATHER TANNING INDUSTRIES: IMPLICATIONS IN THE HIGH BASIN OF THE BOGOTÁ RIVER

Sonia Carolina Sierra García

Ingeniera Ambiental y Especialista en Gerencia Pública. Bogotá, Colombia. Correo electrónico: sonyacaro4@hotmail.com.

RESUMEN

Las industrias de curtido de pieles localizadas en la cuenca alta del río Bogotá en los municipios de Chocontá y Villapinzón generan efluentes con altas cargas de materia orgánica (DBO_5 y DQO), pH elevado, Sólidos Suspendidos Totales (SST), Grasas y Aceites, Sulfuros (S^{2-}), Cloruros (Cl^-) y compuestos de cromo (Cr), entre otros, que son vertidos en su mayoría de forma directa al río Bogotá. Por esta razón se realizó un análisis del cumplimiento de la norma de vertimientos establecida mediante Resolución 631 de 2015 por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible para los parámetros fisicoquímicos del efluente de 20 empresas de curtido de pieles ubicadas en los municipios de Chocontá y Villapinzón.

Los resultados del análisis muestran que los parámetros fisicoquímicos del efluente de las curtiembres analizadas que se encuentran dentro de los valores máximos permisibles de la norma, corresponden a las industrias de curtido de pieles que cuentan con permisos de vertimientos; por el contrario, la concentración de estos parámetros en los efluentes provenientes de las curtiembres que no tienen permiso de vertimientos superan los límites de la norma, lo que conlleva a la generación de efectos ambientales negativos sobre la calidad del agua y el ecosistema acuático del río Bogotá.

Palabras clave: calidad del agua, efectos ambientales, industrias del curtido de pieles, parámetros fisicoquímicos, vertimientos.

ABSTRACT

The leather tanning industries located in the upper basin of the Bogotá River in the municipalities of Chocontá and Villapinzón generate effluents with high organic matter loads (BOD5 and COD), high pH, total suspended solids (TSS), fats and oils, sulphides (S²⁻), Chlorides (Cl⁻) and chromium compounds (Cr), among others, which are mostly discharged directly to the Bogotá River. For this reason, an analysis was made of compliance with the dumping standard established by Resolution 631 of 2015 by the Ministry of Environment and Sustainable Development for the physicochemical parameters of the effluent of 20 leather tanning companies located in the municipalities of Chocontá and Villapinzón.

The results of the analysis show that the physicalchemical parameters that are within the maximum permissible values of the standard, correspond to the leather tanning industries that have discharge permits; on the other hand, the concentration of these parameters in wastewater from tanneries that do not have discharge permits exceed the limits of the norm, which leads to the generation of negative environmental effects on water quality and the aquatic ecosystem of the Bogota river.

Keywords: water quality, environmental effects, leather tanning industries, physicalchemical parameters, discharges.

INTRODUCCIÓN

El río Bogotá nace en el páramo de Guacheneque en la Laguna del Valle, a 3.300 msnm, en jurisdicción del municipio de Villapinzón al norte de Cundinamarca, desde allí recorre 375 km, atraviesa la capital colombiana así como decenas de municipios vecinos, desemboca en el río Magdalena y es la principal arteria fluvial del país, este cuerpo de agua es uno de las más importantes de Colombia a pesar de no ser un río navegable ni caudaloso.

La importancia de esta cuenca radica en el desarrollo de actividades económicas del 20% de la población total del país, además de su riqueza en biodiversidad y patrimonio natural y el incalculable valor sociocultural e histórico que tiene para los pobladores; este río es reconocido como el segundo Efluente más importante del país, aporta el 31,7% del Producto Interno Bruto (PIB) y se estima que para el 2025 vivirán alrededor de 12 millones de personas en su zona de influencia [1].

Las principales actividades económicas de la subcuenca alta del río Bogotá corresponden a la ganadería, la agricultura y la industria de curtido de pieles [2]. La importancia de esta subcuenca radica no solo en el nacimiento del río Bogotá sino también porque es considerada la zona donde se inicia la afectación del recurso hídrico, debido a las descargas de desechos líquidos y sólidos que se

generan en la industria de las curtiembres que se encuentran localizadas en los municipios de Villapinzón y Chocontá [2]- [3].

La actividad del curtido del cuero se conoce desde mediados de los años 50 en los municipios de Chocontá y Villapinzón, Cundinamarca [4], en 1960 se desplazó hacia la ciudad de Bogotá, estableciéndose en su gran mayoría en el barrio San Benito en la localidad de Tunjuelito [8].

Anteriormente, las pieles eran curtidas en pozas durante varias semanas y se utilizaban curtientes vegetales como corteza de acacia negra, extracto de quebracho y la mimosa [9]. En la actualidad éste tipo de industrias curten las pieles en fulones rotativos en periodos de 12 horas, otras, en cambio, continúan curtiendo en pozas con técnicas de recirculación [9]- [10].

El proceso de curtido de pieles en fulones se caracteriza por la utilización de sustancias químicas orgánicas e inorgánicas, lo que conlleva a la generación de vertimientos [6] con altas cargas contaminantes que incluyen cantidades significativas de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), sólidos suspendidos, pH elevado, compuestos de nitrógeno, sulfuros, metales pesados, y compuestos de cromo [4]- [5] con la consecuente modificación de las características iniciales del cuerpo hídrico receptor [7].

La mayor carga contaminante se genera en las etapas de ribera (remojo y pelambre) y curtido [2], debido a que aportan un 90% del efluente final, por altas concentraciones de materia orgánica (DQO y DBO₅), grasas y aceites, sólidos, cromo y sulfuro, que en la mayoría de los casos son descargados sin un tratamiento adecuado [4] o incluso sin ningún tratamiento. La alta carga de materia orgánica crea condiciones anaerobias de biodegradación, como consecuencia del elevado consumo de oxígeno disuelto [9].

Por su parte, la etapa de acabados y los procesos de recurtido, tintura y engrase generan un 5% de la carga contaminante total del efluente, principalmente por el contenido de Demanda Química de Oxígeno – DQO. El 5% restante del efluente se genera en las actividades de lavado final y limpieza de maquinaria, equipos e instalaciones [4].

Sin embargo los efluentes de las industrias de curtido de pieles, al ser descargados directamente sobre el río Bogotá, generan afectación a la calidad del agua, así como impactos negativos sobre el ecosistema acuático [11], con la consecuente limitación del uso del recurso hídrico [12]- [13].

Por lo tanto, este documento presenta una base importante hacia el reconocimiento de los efectos ambientales producidos por la descarga de vertimientos líquidos generados por las curtiembres sobre el efluente del río Bogotá, así mismo el análisis de los parámetros físico – químicos que presentan límites máximos permisibles de conformidad con la Resolución 631 de 2015, con

la población de 20 empresas de curtido de pieles localizadas en la Cuenca Alta del río Bogotá en los municipios de Chocontá y Villapinzón

1. METODOLOGÍA

En el proceso de curtido de pieles de animales se lleva a cabo la estabilización de las fibras de colágeno de la piel para evitar su descomposición y facilitar su uso para la fabricación de productos de calzado, marroquinería, talabartería, tapizados, entre otros [4]- [14]. Las principales etapas adelantadas en el proceso de curtición son:

1.1. Etapa de pretratamiento y almacenamiento

Es ésta etapa inicia después del sacrificio del animal, cuando las pieles se almacenan por un tiempo prolongado deben recibir un tratamiento, con el fin de impedir el desarrollo de microorganismos y evitar la putrefacción de las mismas[4]- [14].

En esta etapa se aporta carga orgánica en los residuos líquidos generada por la sangre, estiércol y otras impurezas adheridas a la piel [9].

1.2. Etapa de ribera

En la etapa de ribera se realiza la limpieza y preparación de la piel (verde, salada, en sangre o seca), para facilitar el proceso de curtido [15]; esta etapa se compone de una serie de pasos intermedios rutinarios, tales como recepción, remojo, pelambre rutinaria (encalado y depilado), lavado, descarnado en rutinaria cal (en piel en tripa), dividido en cal, desencalado y rendido o purga enzimática [4]- [14].

El pelambre constituye el proceso que aporta la mayor parte de la contaminación; en una curtiembre se generan efluentes alcalinos con alta concentración de sólidos suspendidos y disueltos: materia orgánica animal, pelo, sulfuros, cal y carbonatos. Además, aporta el 70% de la carga orgánica al efluente, el 45% de los residuos sólidos sin cromo, el 35% del nitrógeno total, valores de pH superiores a 11 y el 50% del volumen del efluente [9]- [16].

1.3. Etapa de curtido

En esta etapa se realiza la estabilización de la piel, a través del proceso de desencalado, rendido (purga), piquelado y curtido; éste último paso se efectúa según el curtido empleado, ya sea vegetal (emplea taninos vegetales), mineral (emplea sales minerales) o sintético (emplea curtientes sintéticos). En el proceso de curtido se generan efluentes de ácidos minerales, orgánicos y sales que aumentan los valores de cloruros en el efluente [9]- [16].

1.4. Etapa de post curtido, teñido y engrase

Consiste en la realización de operaciones de neutralización que permitan aumentar el valor del pH del cuero, apto para continuar con el proceso de recurtido, mediante el cual se dará más cuerpo al cuero y, en algunos casos, más resistencia [15]. Posteriormente, se realiza el proceso de teñido, y finalmente, el proceso de engrasado, el cual tiene como finalidad restituir el contenido graso del cuero [4]- [14].

En el proceso de teñido se generan residuos líquidos con grasas emulsificadas, ácidos orgánicos y anilinas. Las altas cantidades de licores engrasantes, utilizados causan contaminación de los efluentes por la presencia de grasas, aceites y Demanda Química de Oxígeno (DQO) [9].

1.5. Etapa de acabado

En la etapa de acabado se mejora la presentación del cuero y se le proporciona protección contra daños mecánicos, la humedad y la suciedad, así como el efecto de moda deseado, entre otros [4]- [14].

Dado que en la Cuenca Alta del río Bogotá se ubican 110 industrias del curtido de pieles que realizan descarga de las aguas residuales al río Bogotá, 74 en el municipio de Villapinzón y 36 en el municipio de Chocontá [17], se efectuó una revisión de la información que reposa en la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR, relacionada con las caracterizaciones de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales generadas por las empresas de curtido de pieles localizadas en la Cuenca Alta del río Bogotá, se tomó una muestra de 20 caracterizaciones, correspondientes a 10 industrias de curtido de pieles con permiso de vertimientos y 10 empresas que no cuentan con permiso de vertimientos, ubicadas en los municipios de Villapinzón y Chocontá.

Los parámetros fisicoquímicos de calidad del agua evaluados son los siguientes: pH, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Sólidos Sedimentables (SSED), Grasas y Aceites, Sulfuros (S^{2-}), Cloruros (Cl) y Cromo (Cr).

Con los datos obtenidos se realizó una comparación con respecto a los límites máximos permisibles de los vertimientos a los cuerpos de agua superficiales, asociados con la fabricación de artículos de piel, curtido y adobo de pieles, establecidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, a través del Artículo 13 de la Resolución 631 de 2015 [18] ver Tabla 1, con el fin de determinar el cumplimiento o no de la norma por parte de las industrias de curtido de pieles, así como los diferentes efectos ambientales asociados, que se pueden generar sobre la calidad del agua del río Bogotá.

Tabla 1. Parámetros máximos permisibles de calidad de agua

Parámetro	Unidades	Límite máximo permisible
pH	Unidades de pH	6,00 – 9,00
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/LO ₂	1200,00
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ⁵)	mg/LO ₂	600,00
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	600,00
Sólidos Sedimentables (SSED)	mg/L	2,00
Grasas y Aceites	mg/L	60,00
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/L	Análisis y reporte
Hidrocarburos totales (HTP)	mg/L	10,00
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)	mg/L	Análisis y reporte
BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno)	mg/L	Análisis y reporte
Compuestos orgánicos halogenados adsorbentes (AOX)	mg/L	Análisis y reporte
Ortofósforos (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	Análisis y reporte
Fósforo Total (P)	mg/L	Análisis y reporte
Nitratos (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	Análisis y reporte
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)	mg/L	Análisis y reporte
Nitrógeno Total (N)	mg/L	Análisis y reporte
Cloruros (Cl ⁻)	mg/L	3000.00
Sulfatos (SO ₄ ⁻²)	mg/L	Análisis y reporte
Sulfuros (S ⁻²)	mg/L	3,00
Cadmio (Cd)	mg/L	-
Cinc (Zn)	mg/L	-
Cobre (Cu)	mg/L	-
Cromo (Cr)	mg/L	1,50
Níquel (Ni)	mg/L	-
Acidez Total	mg/L CaCO ₃	Análisis y reporte
Alcalinidad Total	mg/L CaCO ₃	Análisis y reporte

Parámetro	Unidades	Límite máximo permisible
Dureza Cálcica	mg/L CaCO ₃	Análisis y reporte
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	Análisis y reporte
Color Real (Medidas de absorbancia a las siguientes ondas: 436 nm, 525nm y 620nm)	m ⁻¹	Análisis y reporte

Fuente: Resolución No.631 de 2015 [18]

Para el análisis de la calidad de agua del río Bogotá se analizaron los parámetros fisicoquímicos que presentan límites máximos permisibles según la Resolución 631 de 2015; no se efectuaron cálculos estimativos de los datos faltantes, en aras de mantener la representatividad de los resultados obtenidos.

2. ANALISIS Y RESULTADOS

Para efectos del análisis de la información encontrada en las caracterizaciones de las aguas residuales, las 10 industrias de curtido de pieles con permiso de vertimientos se identifican con las letras de la A a la J, y las 10 empresas que no cuentan con permiso de vertimientos se identifican con las letras de la K a la T. De acuerdo a lo anterior, en la Tabla 2 se encuentran los parámetros fisicoquímicos objeto de análisis.

Tabla 2. Resultados de las caracterizaciones de las aguas residuales de 20 industrias de curtiembres de pieles

Industria de curtido de pieles	pH Unidades	Demanda Química de Oxígeno (DQO) mg/LO ₂	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅) mg/LO ₂	Sólidos Suspendidos Totales (SST) mg/L	Sólidos Sedimentables (SSED) mL/L	Grasas y Aceites mg/L	Cloruros (Cl ⁻) mg/L	Sulfuros (S ²⁻) mg/L	Cromo (Cr) mg/L
A	7,00	56,10	197	16,50	0,25	0,50	1.112	2,40	0,03
B	6,95	147	85	12	0,10	0,50	22,00	1,90	0,05
C	3,60	24,10	2,30	20	0,15	0,75	360	1,00	0,10
D	7,59	5,00	5,00	10	0,10	1,85	9,90	1,00	0,10
E	7,70	97	51,20	4,00	0,15	0,50	215	2,90	0,10
F	7,00	138	76	5,50	0,25	3,00	636	2,84	0,02
G	7,10	567	361	36	0,10	11	2.636	2,50	0,18
H	7,30	357	225	7,50	0,10	0,50	28,32	2,83	0,16
I	7,00	255	13,30	12	0,20	0,50	10,50	1,00	0,16
J	7,06	44,30	5,00	20	0,10	0,63	9,90	1,00	0,10

Industria de curtido de pieles	pH Unidades	Demanda Química de Oxígeno (DQO) mg/LO2	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) mg/LO2	Sólidos Suspendedos Totales (SST) mg/L/L	Sólidos Sedimentables (SSED) mL/L	Grasas y Aceites mg/L	Cloruros (Cl-) mg/L	Sulfuros (S ²⁻) mg/L	Cromo (Cr) mg/L
K	9,10	6,20	58,80	46,30	-	150	120	0,00	22,83
L	9,50	71,20	545	102	-	262	607	2,80	25,30
M	12,60	20.393	21.600	8.900	-	921	2.603	-	-
N	12,60	15.998	4.380	3.900	-	204	3.520	-	-
O	9,30	3.520	750	1.230	-	180	3.870	-	-
P	10,50	5.658	1.210	2.340	-	325	4.130	-	-
Q	9,80	10.452	3.564	1.125	-	378	3.489	-	-
R	9,30	15.327	8.247	2.860	-	415	3.109	-	-
S	9,20	14.360	7.650	1.520	-	401	3.980	-	-
T	9,80	17.245	9.340	3.560	-	723	4.123	-	-

Fuente: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR

Como se observa en la tabla 2, los resultados de las caracterizaciones de las aguas residuales para cada uno de los parámetros analizados presentan valores que fluctúan, sin embargo, no es posible determinar el comportamiento de los mismos, debido a que se desconoce la etapa del proceso del curtido de pieles en la cual se tomó la muestra de agua residual para la caracterización fisicoquímica, dado que esta información no se encuentra en los registros consultados en la CAR.

Los resultados del análisis realizado de los parámetros fisicoquímicos: pH, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendedos Totales (SST), Sólidos Sedimentables (SSED), Grasas y Aceites, Sulfuros (S²⁻), Cloruros (Cl) y Cromo (Cr), en relación con los niveles máximos permisibles de la Resolución 631 de 2015, se presentan a continuación:

2.1. Análisis de pH

En la Figura 1 se observa que el parámetro pH del efluente de las 10 industrias de curtido de pieles que cuentan con permisos de vertimientos cumple con el valor máximo permisible establecido en la norma de vertimientos, correspondiente a 6,00 - 9,00 unidades. Por el contrario las 10 empresas que no tienen permiso de vertimientos presentan valores superiores de pH, con valores entre 9,10 y 12,60 unidades.

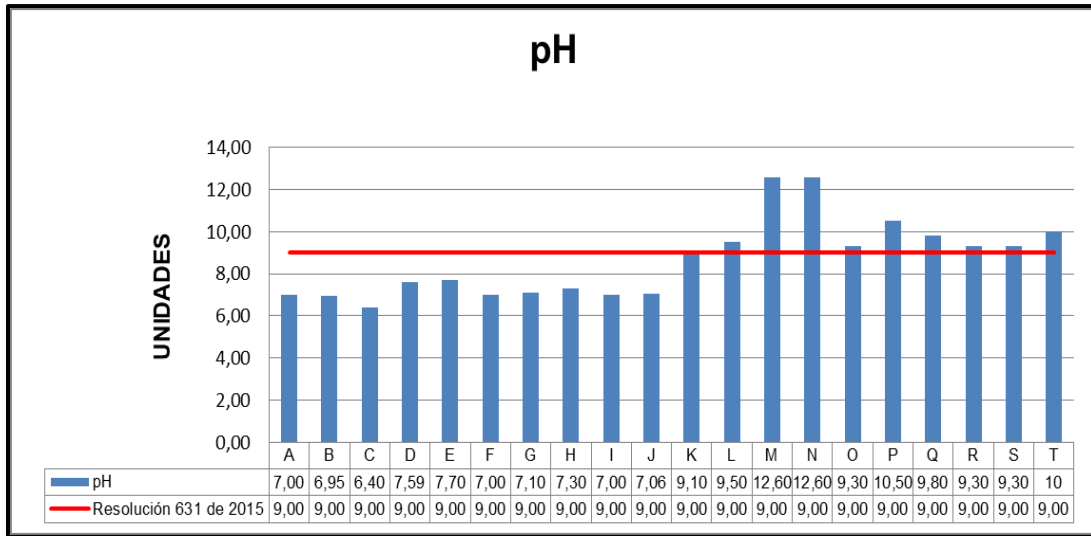


Fig.1.Análisis del pH

(A a la J: empresas con permiso de vertimientos, K a la T: empresas sin permiso de vertimientos)

Fuente: Elaboración propia.

Las aguas residuales de las curtiembres, generalmente, presentan variaciones de pH entre 2,5 y 12,0, las cuales afectan la vida acuática presente en los efluentes receptores, así mismo favorecen la producción de algunos gases nocivos como el Hidrógeno Sulfurado, Dióxido de Carbono y Metano [7].

De igual forma, los efluentes con carácter fuertemente alcalino afectan la vida acuática de los cuerpos hídricos receptores, lo cual limita su utilización para los diferentes usos potenciales del recurso hídrico [19].

De acuerdo con Barba-Ho *et al.* [20], los valores más altos de pH en el agua residual generados por la actividad de las curtiembres, se obtienen en los procesos de pre-remojo, pelambre y desencalado, como consecuencia del empleo de sustancias altamente alcalinas.

2.2. Análisis de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Los valores obtenidos en el parámetro DQO de las aguas residuales de las 10 industrias de curtido con permisos de vertimientos, se encuentran dentro del valor máximo permisible (1200 mg/LO₂) establecido en la Resolución 631 de 2015. Sin embargo, se evidenció que 8 empresas sin permiso de vertimientos presentan valores superiores de DQO con respecto a la norma de vertimientos, con valores entre los 3.520 y 20.393 mg/LO₂ ver Fig. 2.

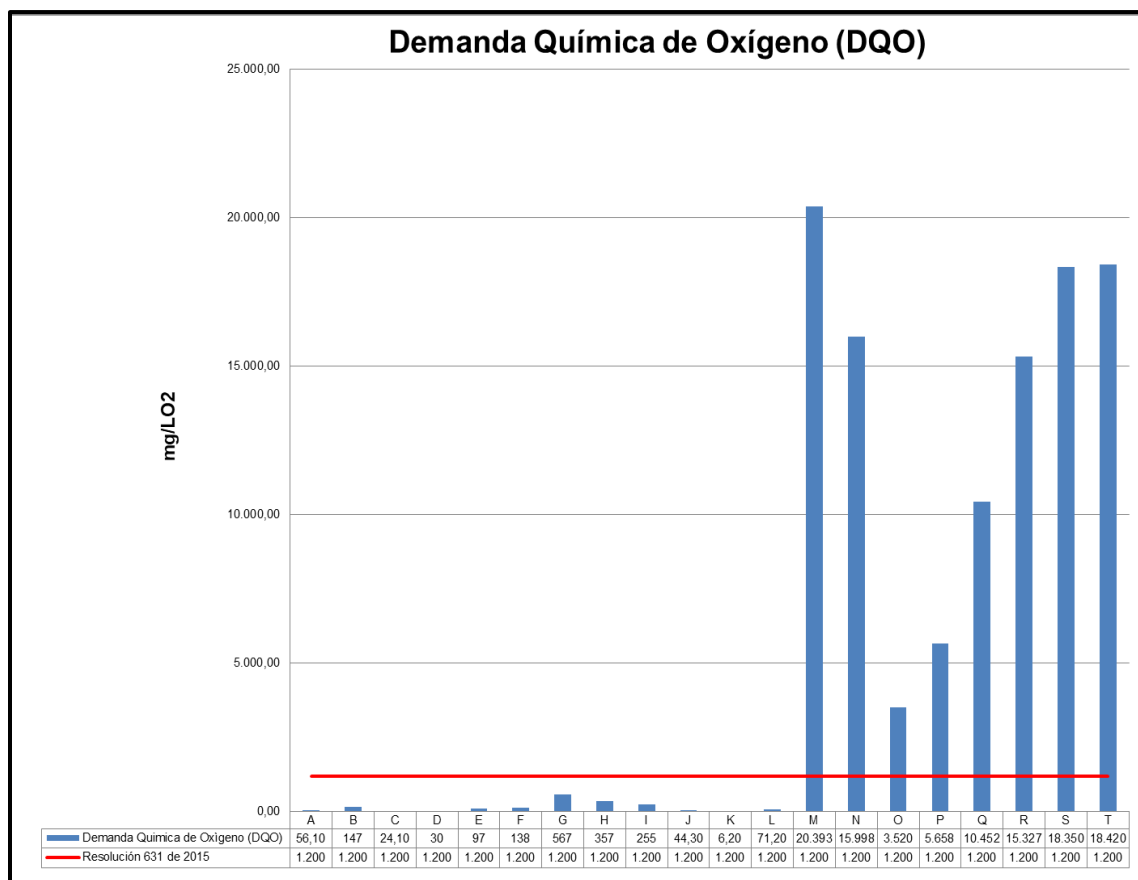


Fig.2. Análisis de la DQO

(A a la J: empresas con permiso de vertimientos, K a la T: empresas sin permiso de vertimientos)

Fuente: Elaboración propia.

Esta presencia de concentraciones altas de DQO en los cuerpos hídricos genera la desoxigenación de los mismos, la cual es la causa de malos olores y de la muerte de la fauna acuática. Por lo general, las etapas en las que se generan efluentes que requieren mayor cantidad de Oxígeno corresponden al teñido y depilado de pieles [19].

2.3. Análisis de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Como se observa en la Fig. 3, el agua residual de las 10 industrias de curtido de pieles que tienen permiso de vertimientos, de acuerdo con la información suministrada por CAR, presentan valores de DBO₅ inferiores a los 600 mg/LO₂, lo que significa que este parámetro se encuentran dentro del rango permitido, de conformidad con la norma de vertimientos; por el contrario, la caracterización química del agua residual de 8 empresas que no tienen permiso de vertimientos presenta un incremento significativo en los niveles de DBO₅.

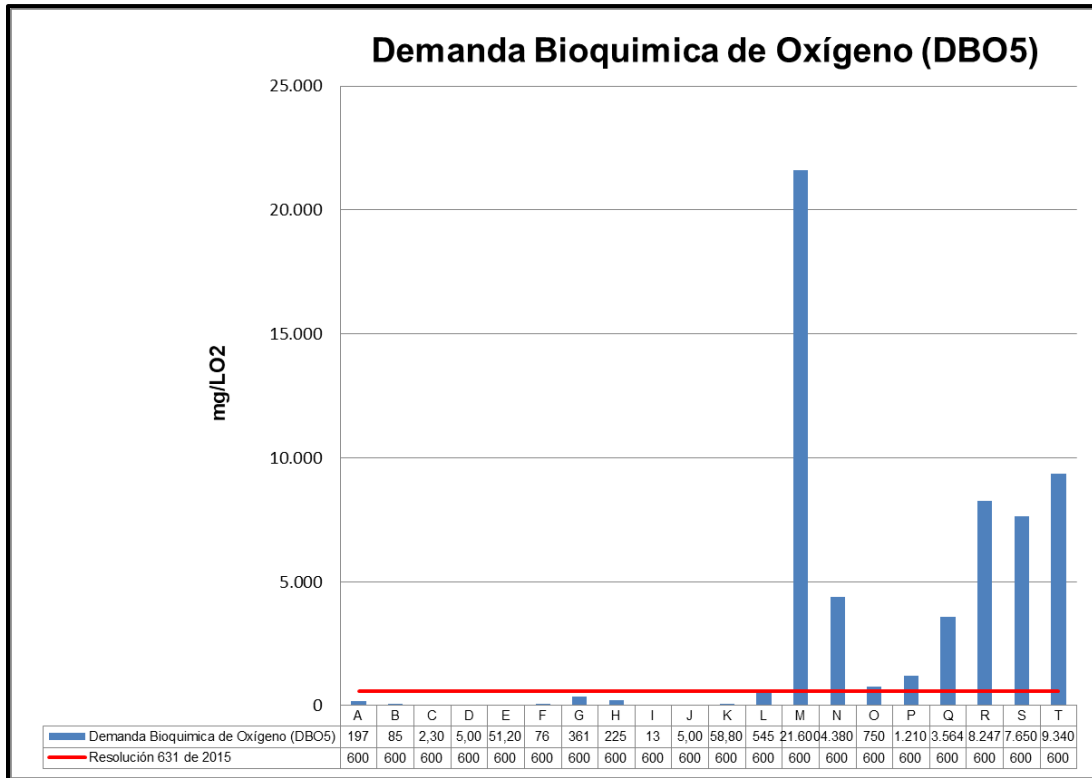


Fig.3. Análisis de la DBO₅
 (A a la J: empresas con permiso de vertimientos, K a la T: empresas sin permiso de vertimientos)
Fuente: Elaboración propia.

Este resultado concuerda con el estudio realizado por Cuesta-Parra *et al.* [6], quienes reportaron que el parámetro DBO₅ del agua residual proveniente de una de curtiembre localizada en la cuenca del río Aburrá excede los límites permisibles establecidos en la normatividad, en un 150%.

En las curtiembres, los valores altos de DBO, obtenidos en el proceso de pelambre y la curtiembre vegetal, se deben al contenido de materia orgánica y grasas animales [4] en el vertimiento; este incremento afecta la calidad del recurso agua y disminuye el oxígeno disuelto en la misma [6], lo cual genera estrés en el ecosistema. Como consecuencia, un alto DBO puede destruir toda la vida natural en el área del vertimiento [19], puesto que a mayor valor de DBO, mayor es la contaminación del agua [21].

2.4. Análisis de los Sólidos Suspendidos Totales (SST)

En la Fig. 4 se observa que la concentración de Sólidos Suspendidos Totales (SST) en el efluente de las 10 industrias de curtidos de pieles que cuentan con permiso de vertimientos al río Bogotá, se encuentra dentro del parámetro máximo permisible establecido en la Resolución 631 de 2015, correspondiente a 600 mg/L. En cuanto a los valores obtenidos de los SST en el agua residual de 8 empresas de curtido de pieles sin permiso de vertimientos, se evidencia un notable aumento

en su concentración, con valores que oscilan entre los 1.125 – 8.900 mg/L, lo cual genera el incumplimiento de la norma de vertimientos para este parámetro.

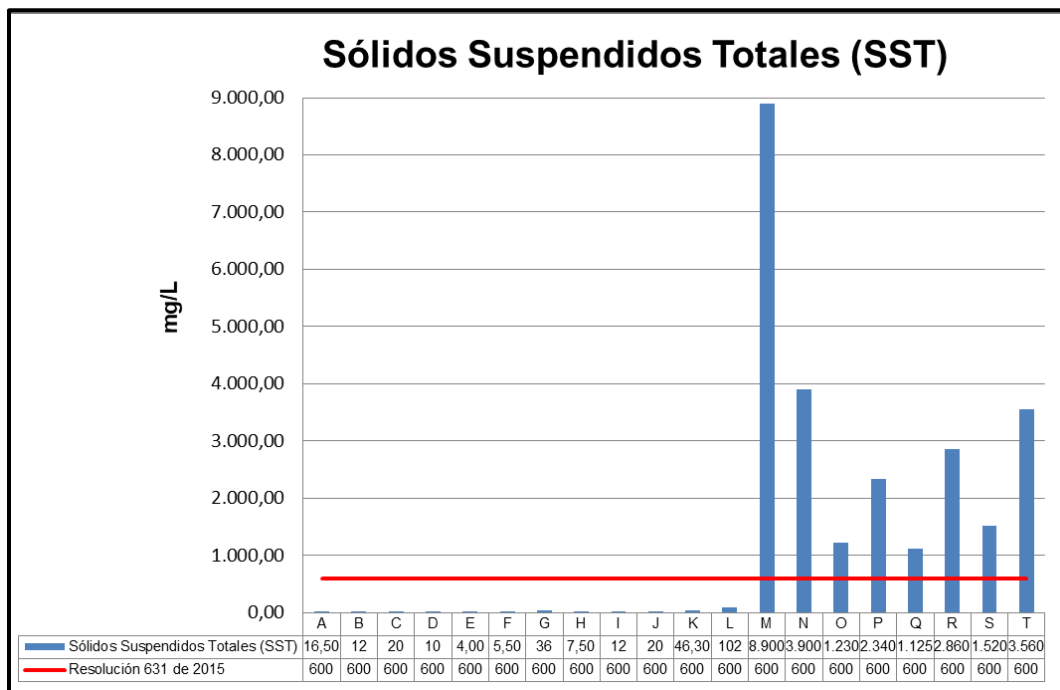


Fig.4. Análisis de los SST

(A a la J: empresas con permiso de vertimientos, K a la T: empresas sin permiso de vertimientos)

Fuente: Elaboración propia

Según la CAR [19] la presencia de sólidos en suspensión en las corrientes indica modificación de las condiciones hidrológicas; se evidencia que dicha presencia está directamente relacionada con los vertimientos de las aguas residuales de las industrias de curtido de pieles, especialmente aquellas que no cuentan con los permisos, de acuerdo con los resultados obtenidos.

Los sólidos se encuentran disueltos en porcentajes de alrededor del 68%, y en su mayoría son de naturaleza orgánica [19]; sin embargo, el alto contenido de sólidos en las aguas residuales de las curtiembres que no cuentan con permiso de vertimientos, se debe principalmente a las operaciones de depilado y curtido en cromo [19].

Adicionalmente, la concentración de Sólidos Suspendidos Totales tiene una relación directa con la turbiedad [19], con lo cual se infiere que el agua residual proveniente de las empresas de curtido de pieles sin permiso de vertimientos presenta mayor turbiedad, en comparación con las industrias que cuentan con dicho permiso.

2.5. Análisis de los Sólidos Sedimentables (SSED)

En la Fig. 5 se observa que el parámetro de Sólidos Sedimentables (SSED) del agua residual de las 10 empresas de curtidos de pieles con permiso de vertimientos, se encuentra dentro del rango permitido reglamentado en la norma, correspondiente a un valor de 2,00 mL/L.

Por otro lado, de acuerdo con la información obtenida en la CAR, no se evidenciaron reportes de concentración de SSED en el agua residual de las industrias de curtido de pieles que no cuentan con permiso de vertimientos.

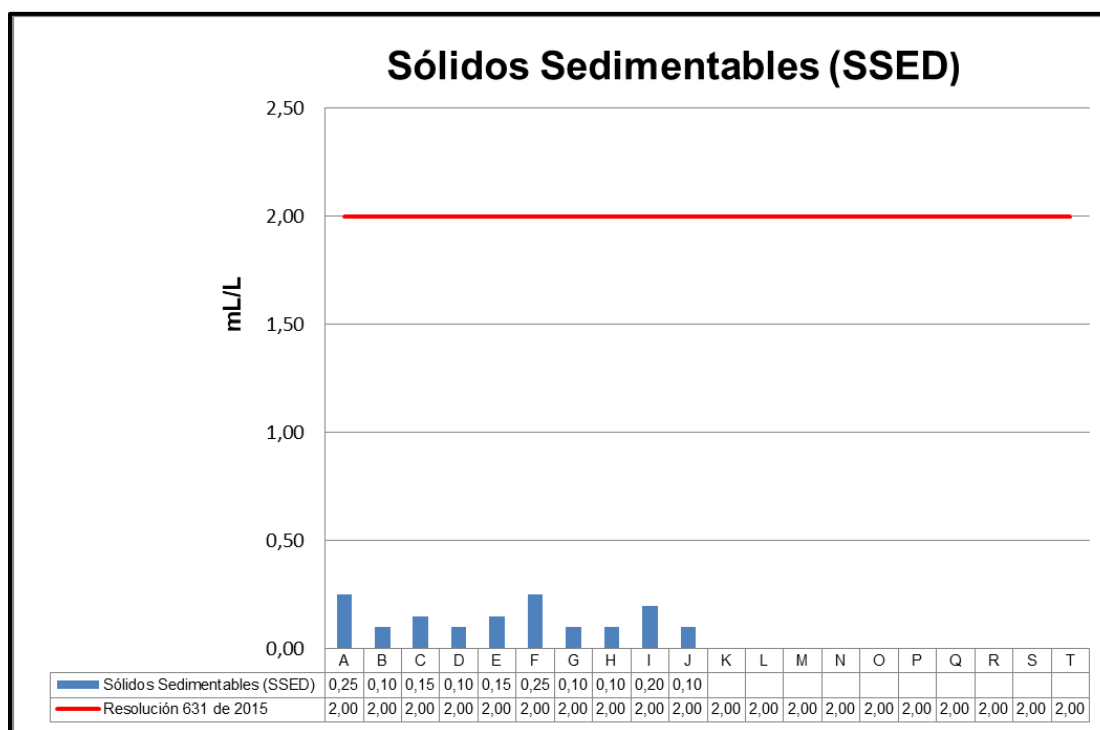


Fig.5. Análisis de los SSED

(A a la J: empresas con permiso de vertimientos, K a la T: empresas sin permiso de vertimientos)

Fuente: Elaboración propia.

2.6. Análisis de Grasas y Aceites

De acuerdo con la Fig. 6, la concentración de grasas y aceites en el efluente de las 10 industrias de curtido de pieles que cuentan con permiso de vertimientos, es inferior al valor máximo permisible reglamentado en la norma (60,00 mg/L), lo cual indica que estas empresas cumplen con el valor establecido para este parámetro. Por el contrario, el agua residual de las 10 empresas que no tienen permiso de vertimientos presenta concentraciones superiores de grasas y aceites en comparación con la norma.

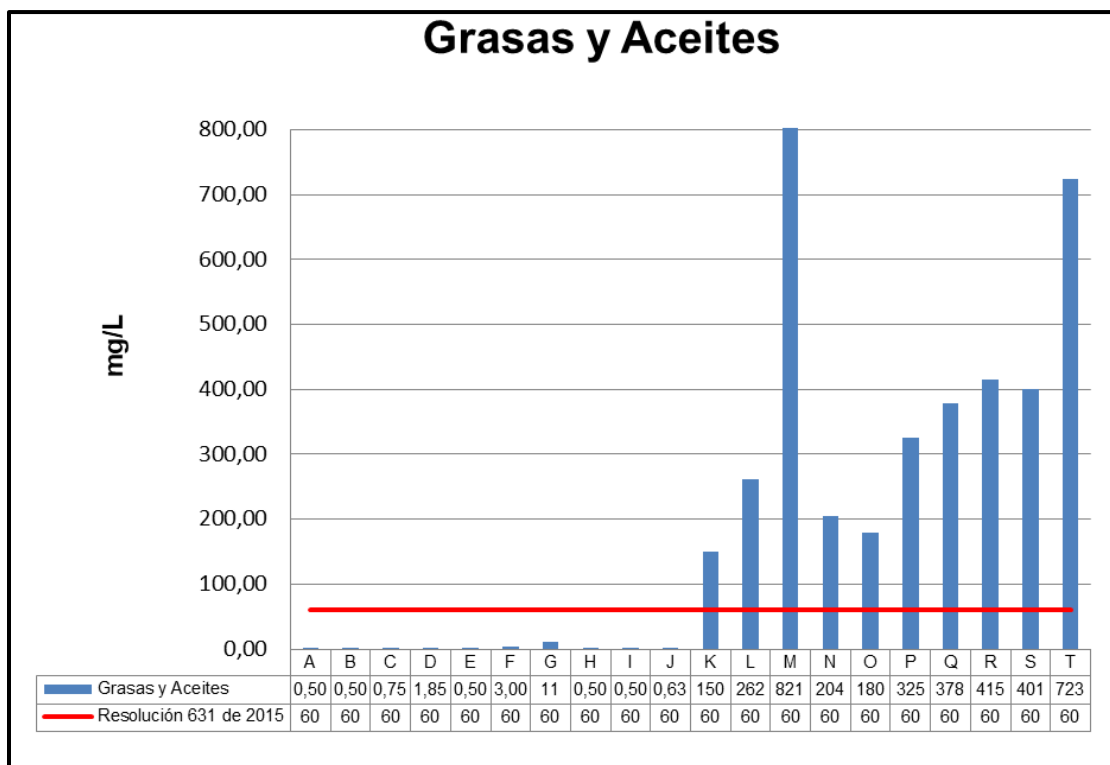


Fig.6. Análisis de las grasas y aceites
(A a la J: empresas con permiso de vertimientos, K a la T: empresas sin permiso de vertimientos)
Fuente: Elaboración propia.

Esta presencia de aceites y grasas en el agua residual de las industrias de curtido de pieles sin permiso de vertimientos, al ser descargada al río Bogotá, puede alterar su calidad estética, olor y apariencia [19].

2.7. Análisis de los Cloruros (Cl⁻)

Como se observa en la Fig. 7 la concentración de Cloruros en el agua residual de las 10 curtiembres con permiso de vertimientos, cumplen la norma establecida para este parámetro, según la Resolución 631 de 2015, cuyo valor máximo permisible es de 3.000 mg/L.

Por su parte, los valores de Cloruros encontrados en el agua residual de 7 empresas que no tienen permiso de vertimientos, superan la norma de vertimientos, dado que presentan valores entre los 3.109 – 4.130 mg/L.

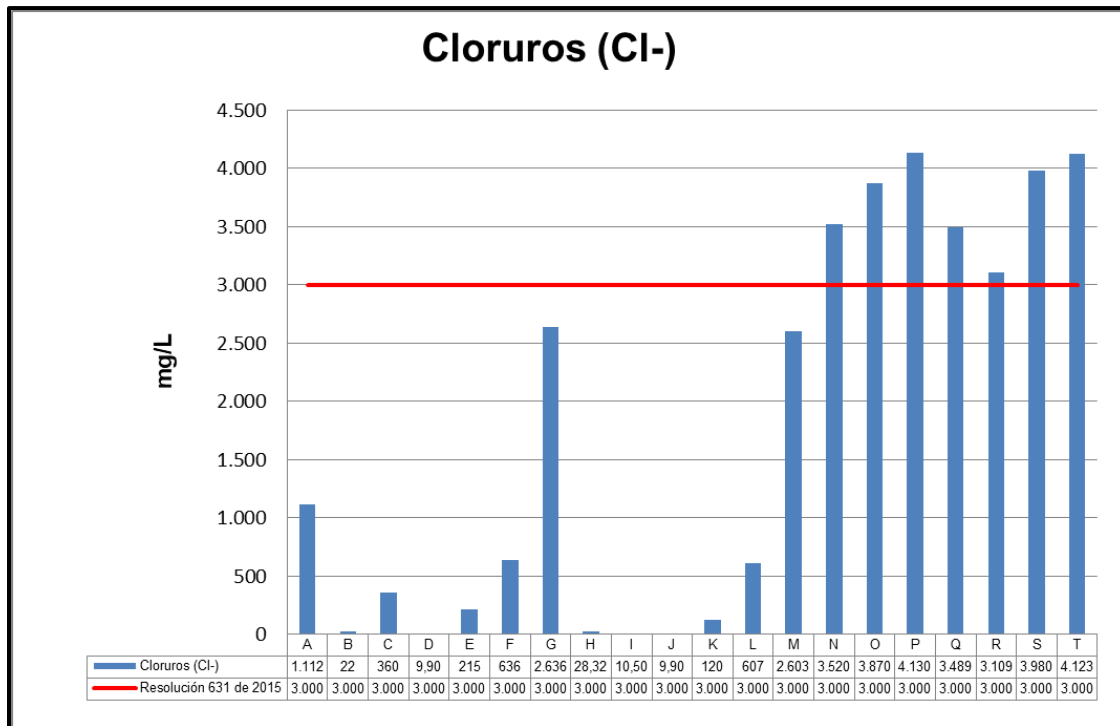


Fig.7. Análisis de los Cloruros

(A a la J: empresas con permiso de vertimientos, K a la T: empresas sin permiso de vertimientos)

Fuente: Elaboración propia.

Estos contenidos elevados de cloruros en el río Bogotá, como consecuencia de las descargas de las aguas residuales, interfiere en el desarrollo y crecimiento vegetal; además, su presencia hace que aumente la conductividad, lo que la convierte en un trazador o indicador ideal de afectación antrópica [19]. Los Cloruros son generados principalmente en las etapas de remojo, piquelado, curtido y recurtido [4].

2.8. Análisis de los Sulfuros (S²⁻)

Los valores de Sulfuros registrados en el agua residual de las 10 empresas de curtidos de pieles que cuentan con permiso de vertimientos, cumplen con el nivel máximo permisible reglamentado en la norma, correspondiente a un valor de 3,00 mg/L. Sin embargo, según la información obtenida en la CAR, no se encontraron reportes para este parámetro en el agua residual de las industrias de curtido de pieles que no tienen permiso de vertimientos (Fig. 8).

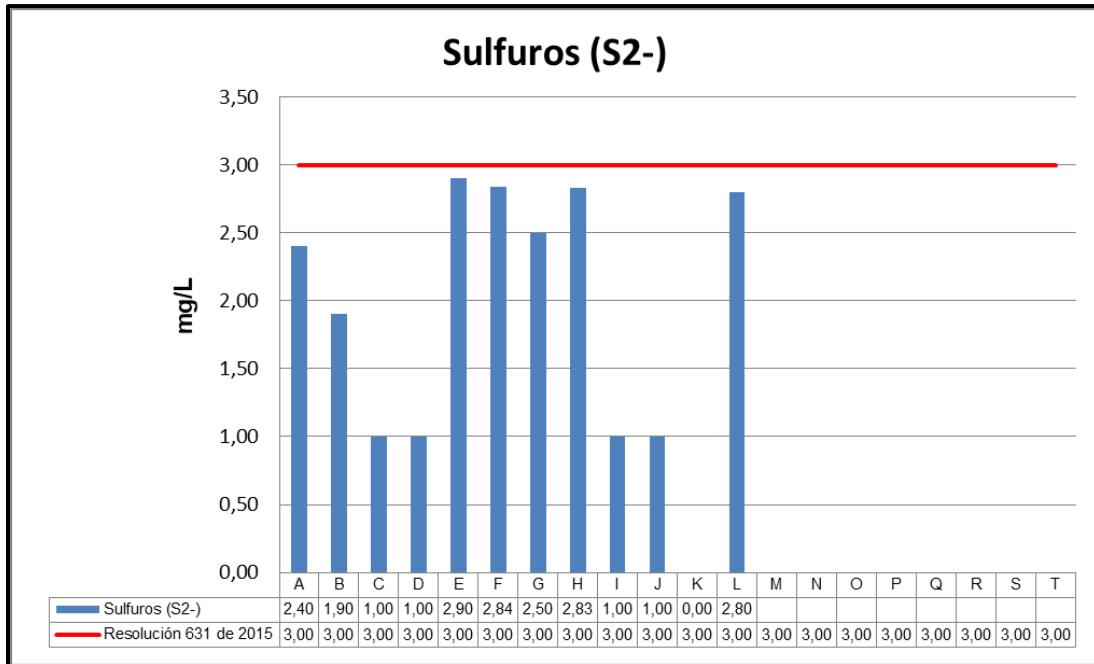


Fig.8. Análisis de los Sulfuros

(A a la J: empresas con permiso de vertimientos, K a la T: empresas sin permiso de vertimientos)

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la CAR [19], los sulfuros se encuentran en los efluentes del proceso de depilado de pieles; no obstante, pequeñas cantidades de sulfuros aparecen en los procesos posteriores, debido a un lavado inadecuado de las pieles. Este parámetro presenta riesgo de formación de gas sulfhídrico, el cual genera un olor desagradable en bajas concentraciones.

2.9. Análisis del Cromo (Cr)

Como se observa en la Fig. 9, el agua residual de las 10 industrias de curtido de pieles que tienen permiso de vertimientos, de acuerdo con la información obtenida en la CAR, presenta una concentración de Cromo inferior al valor máximo permisible que reglamenta la norma de vertimientos para este parámetro, el cual corresponde a un valor de 1,50 mg/L, mientras que la caracterización química del agua residual de 2 empresas que no tienen permiso de vertimientos señala un incremento significativo en los niveles de Cromo en comparación con la norma; con respecto a las 8 industrias restantes, sin permiso de vertimientos, es de indicar que no se encontraron datos disponibles en las caracterizaciones consultadas.

Adicionalmente, se observa una diferencia notable entre los valores de Cromo contenidos en el efluente de las 10 empresas con permisos de vertimientos, los cuales oscilan entre 0,02 – 0,18 mg/L, y los niveles de Cromo del agua residual de las 2 industrias sin permiso de vertimientos, con valores de 22,83 y 25,30 mg/L, lo

que evidencia una descarga de una concentración mayor de Cromo en el río Bogotá por parte de las curtiembres sin permiso de vertimientos.

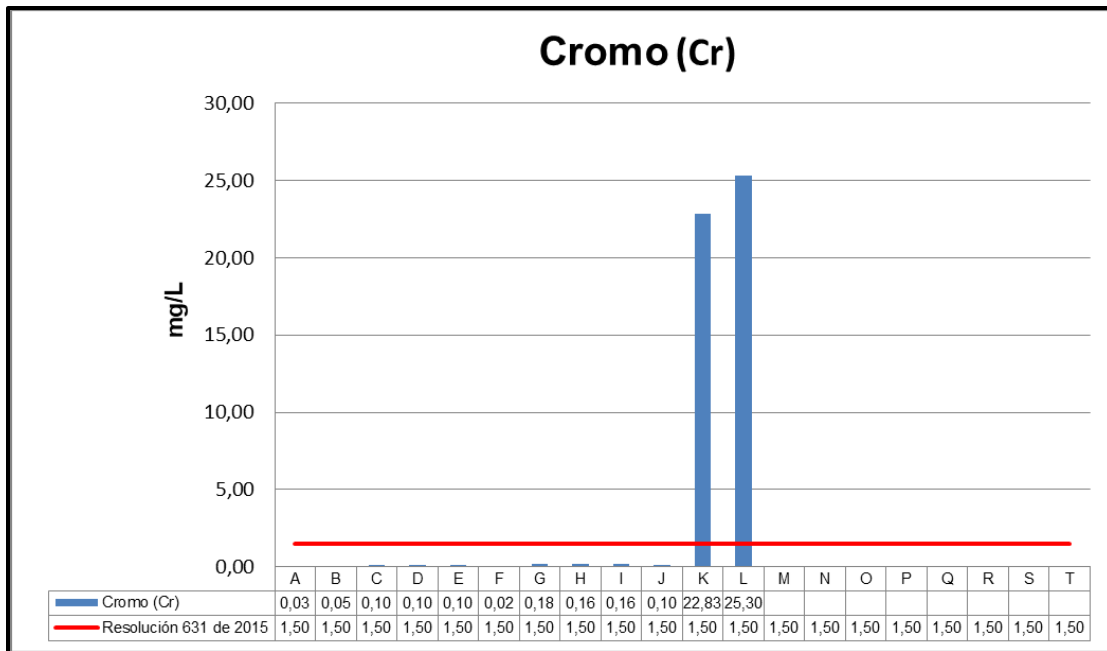


Fig.9. Análisis del Cromo

(A a la J: empresas con permiso de vertimientos, K a la T: empresas sin permiso de vertimientos)

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con lo anterior, se determina que uno de los efectos más significativos en este proceso industrial es la contaminación por cromo, originada en el proceso de curtido con curtiembres minerales [2]. Así mismo, el contenido de cromo trivalente, que es utilizado en el proceso de curtido, se convierte en hidróxidos insolubles en el agua y sólo una pequeña parte de estas sales puede ser absorbida por las plantas, lo que implica que el cromo acumulado en altas cantidades pueden generar serios riesgos para la salud humana [19].

Según el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial [9], si el efluente contiene cromo y sulfuro, puede interferir con el proceso biológico de las plantas de tratamiento; sin embargo, en los sitios donde no hay plantas de tratamiento, éste afecta la calidad de agua del cuerpo receptor y causan su deterioro.

Analizados los resultados de las caracterizaciones de los parámetros fisicoquímicos del agua residual, provenientes de las industrias de curtido de pieles que no tienen permiso de vertimientos, según la información consultada en la CAR, se evidencia que los mismos superan los valores máximos permisibles de la norma nacional de vertimientos (Resolución 631 de 2005), por lo que su descarga directa al río Bogotá, provoca efectos negativos en los usos posteriores de este, debido a que modifica la calidad del agua [12]-[22] y altera la flora y fauna

acuática asociadas, como consecuencia del alto contenido de compuestos químicos [20] en dichos vertimientos.

3. CONCLUSIONES

De acuerdo con la revisión realizada, se observa que los valores de DBO y DQO se encuentran alrededor de los 21.600 mg/L y 20.393 mg/L respectivamente; estos valores sobrepasan ampliamente los límites de DBO de 600 mg/l y DQO de 1.200 mg/L. Igualmente, la concentración de los Sólidos Suspendidos Totales en el agua residual presenta un significativo aumento, con valores entre los 1.125 – 8.900 mg/L, superando la norma de vertimientos para SST de 600 mg/L. En ese sentido se precisa que el incumplimiento de la normatividad establecida para el control de la carga contaminante de los vertimientos (Resolución 631 de 2015) ocasiona efectos ambientales negativos en la calidad del agua y en la vida acuática del ecosistema hídrico.

Como se puede observar en el presente análisis, los parámetros fisicoquímicos estudiados de los efluentes de las curtiembres que tienen permiso de vertimientos se encuentran en su mayoría dentro de los rangos establecidos en la normatividad.

Sin embargo se destaca que un alto porcentaje de las empresas de curtido de pieles ubicadas en la cuenca Alta del río Bogotá (municipios de Chocontá y Villapinzón) no cuentan con permisos de vertimientos, de manera que las descargas de las aguas residuales, con altos contenidos de carga contaminante: materia orgánica (DBO₅ y DQO), pH elevado, Sólidos Suspendidos Totales (SST), Sólidos Sedimentables (SSED), Grasas y Aceites, Sulfuros (S⁻²), Cloruros (Cl⁻), metales pesados y compuestos de cromo, entre otros, se realizan sin ningún tipo de control sobre el efluente.

Así mismo, estas empresas no tienen la infraestructura adecuada para el tratamiento de los residuos líquidos generados en la actividad y la disposición final de las mismas al río Bogotá; por ello se resalta la importancia del cumplimiento de la norma de vertimientos (Resolución 631 de 2.015), lo que conlleva a la disminución de la carga contaminante de los efluentes generados por las curtiembres sobre este cuerpo hídrico.

Aunado a lo anterior, en el municipio de Villapinzón algunas curtiembres se encuentran establecidas sobre la ronda de protección del río Bogotá, la cual está destinada únicamente para la conservación y protección del recurso hídrico y de los demás recursos naturales asociados, tales como los componentes: forestal, la fauna y el suelo.

REFERENCIAS

- [1] «<http://www.dinero.com/economia/articulo/la-contaminacion-del-rio-bogotaimpide-aprovechar-su-potencial/226565>,» Revista Dinero, 08 05 2016. [En línea].
- [2] P. E. Ltda, Elaboración del Diagnóstico, Prospectiva y Formulación de la Cuenca Hidrográfica del Río Bogotá Subcuenca Río Alto Bogotá 2120-19, Bogotá D.C, 2007.
- [3] M. d. C. Cundinamarca, *Documento Resumen Plan Básico de Ordenamiento Territorial Municipio de Chocontá*, Chocontá Cundinamarca, 2002.
- [4] S. D. d. Ambiente, Guía de producción más limpia para el sector curtiembres de Bogotá, enfoque en vertimientos y residuos, Bogotá D.C., 2015.
- [5] D. T. A. d. M. A. DAMA, Guía ambiental para el sector curtiembres, Bogotá D.C.: Cámara de Comercio de Bogotá, 2004.
- [6] D. Cuesta-Parra, C. Velazco-Rincón y J. Castro-Pardo, «Evaluación ambiental asociada a los vertimientos de agua residuales generados por una empresa de curtiembres en la cuenca del río Aburrá,» *Revista UIS Ingenierías*, vol. 17, nº 2, pp. 141-152, 2018.
- [7] M. d. O. P. y. Transporte, Depuración por lagunaje de aguas residuales. Manual de operadores., Madrid: Marfil S.L., 1991.
- [8] L. V. Daza, *Las curtiembres en el barrio San benito de Bogotá: Un análisis bioético en la perspectiva de Hans Jonas*, Bogotá D.C., 2012.
- [9] V. y. D. T. Ministerio de Ambiente, Guía ambiental para la industria del curtido y preparado de cueros, Bogotá D.C.: Segunda edición, 2006.
- [10] D. F. Latorre Torres, *Diagnóstico ambiental y programa de control y seguimiento al sector curtiembres del Barrio San Benito de la ciudad Bogotá*, Bogotá D.C., 2014.
- [11] L. A. Artuz, M. S. Martínez y C. J. Morales, *Las industrias curtiembres y su incidencia en la contaminación del río Bogotá*, Bogotá D.C., 2015.
- [12] M. d. V. Cundinamarca, *Esquema de Ordenamiento Territorial Municipio de Villapinzón Cundinamarca*, Villapinzón Cundinamarca, 2000.
- [13] E. R. Murcia Delgado, *Estrategias para la mejora de los sistemas de gestión ambiental en la industria de las curtiembres en el municipio de Villapinzón Cundinamarca*, Bogotá D.C, 2013.
- [14] Á. M. d. V. d. Aburrá, Evaluación Técnica y Económica de Tecnologías para Reuso de Aguas de Proceso en Industrias de los Sectores Alimentos, Textil, Curtiembres y Galvanoplastia, Medellín : Impregón S.A., 2005.

- [15] J. A. Ramirez Gómez, *Evaluación de la gestión integral de residuos sólidos en las curtiembres de San Benito*, Bogotá D.C., 2014.
- [16] J. C. Garcia Pantoja y G. R. J. Paola, *Impacto ambiental generado en el proceso productivo en la empresa de curtidos del oriente Barrio San Benito Bogotá 2006*, Bogotá D.C., 2006.
- [17] G. d. Cundinamarca, *Diagnóstico económico, ambiental y social de los curtidores de Chocontá y Villapinzón Cundinamarca*, Bogotá D.C., 2014.
- [18] M. d. A. y. D. Sostenible, *Resolución 631 de 2015*, 2015.
- [19] C. A. R. d. Cundinamarca, *Boletín de calidad de las cuencas de la jurisdicción CAR*, Bogotá D.C, 2012.
- [20] L. E. Barba-Ho, Y. Ballesteros, P. Patiño y C. Ramírez Callejas, «Impacto generado por los vertimientos de las curtiembres en corrientes superficiales usando pruebas de toxicidad,» *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*, nº 12, pp. 79-90, 2013.
- [21] O. Guarín-Villamizar, «Metodología para evaluación de la condición ambiental en microcuencas urbanas,» *Revista UIS Ingenierías*, vol. 16, nº 2, pp. 141-150, 2017.
- [22] K. Cooman, «Tannery wastewater characterization and toxicity effects on *Daphnia* spp.,» *Environmental toxicology*, vol. 18, nº 1, pp. 45-51, 2003.