

Evaluación ambiental asociada a los vertimientos de aguas residuales generados por una empresa de curtiembres en la cuenca del río Aburrá

Environmental assessment related to the sewage water discharge of a tannery company into Aburra river

Diana Marcela Cuesta-Parra¹, Carol Lorena Velazco-Rincón², Julián Camilo Castro-Pardo³

¹Grupo de procesos de separación no convencional, Programa de Ingeniería Química, Fundación Universidad de América, Colombia. Orcid: 0000-0001-9287-2452. Email: diana.cuesta@profesores.uamerica.edu.co

²Grupo de procesos de separación no convencional, Programa de Ingeniería Química, Fundación Universidad de América, Colombia. Orcid: 0000-0001-6155-2894. Email: carol.velazco@estudiantes.uamerica.edu.co

³Grupo de procesos de separación no convencional, Programa de Ingeniería Química, Fundación Universidad de América, Colombia. Orcid: 0000-0002-6190-1748. Email: julian.castro@estudiantes.uamerica.edu.co

Recibido: noviembre 10, 2017. Aceptado: enero 27, 2018. Versión final: marzo 30, 2018.

Resumen

Las industrias de curtiembre utilizan sustancias químicas orgánicas e inorgánicas para realizar sus operaciones, lo que genera vertimientos contaminantes que son descargados a las fuentes superficiales. En la presente investigación se evaluó el impacto ambiental asociado a los vertimientos de una empresa de curtiembres ubicada en el municipio de Copacabana, Antioquia, caracterizando el área de influencia directa e indirecta afectada por las descargas de la empresa al río Aburrá. Se aplicó el método Conesa (basado en el método de la matriz causa-efecto e involucrando la matriz de Leopold y el método Instituto Batelle-Columbus). Los resultados lograron identificar como impacto significativo el uso y la alteración fisicoquímica del recurso hídrico, especialmente en las etapas del proceso de la curtiembre, relacionados con el remojo, el pelambre, el descalcado, la purga, el piquelado, el curtido, el recurtido y el teñido. Con el fin de verificar la afectación de la descarga de los vertimientos de la empresa sobre la fuente hídrica, fueron simulados los parámetros de pH, la conductividad, la DBO (rápida y lenta), el caudal y la temperatura, usando el modelo QUAL2K de la EPA. En este estudio se determinó que la DBO rápida vertida aumenta la concentración de 167 mg O₂/L hasta 185 mg O₂/L en el tramo estudiado, se aleja significativamente del objetivo de calidad del río Aburrá de 50 mg O₂/L y supera los límites permisibles relacionados en la Resolución 631 del 2015 en los parámetros DQO y DBO₅, en un 203 % y 150 %. Los parámetros de conductividad y temperatura no mostraron afectación en la fuente.

Palabras clave: afectación; carga; cuenca; impacto; materia orgánica; modelación.

Abstract

Tannery industries use organic and inorganic chemicals to perform their operations by generating pollutant discharges that are discharged to surface sources. This study evaluated the environmental impact associated with the dumping of a tannery company located in the Municipality of Copacabana, Antioquia, characterizing the area of direct and indirect influence affected by the company's discharges in to river Aburrá. The Conesa method was applied (based on the cause-effect matrix method involving the Leopold matrix and the Batelle-Columbus Institute method). According to the results, it was possible to identify as a significant impact as a significant impact the use and physicochemical alteration of water resources, especially in the tanning process related to soaking, hair removal, dewatering, purging,

ISSN impreso: 1657-4583, ISSN en línea: 2145 - 8456

Este artículo puede compartirse bajo la licencia **CC BY-ND 4.0** y se referencia usando el siguiente formato: D. Cuesta-Parra, C. Velazco-Rincón, J. Castro-Pardo, "Evaluación ambiental asociada a los vertimientos de aguas residuales generados por una empresa de curtiembres en la cuenca del río Aburrá," *Rev. UIS Ing.*, vol. 17, no. 2, pp. 141-152, 2018. Doi: <https://doi.org/10.18273/revuin.v17n2-2018013>

pickling, tanning, retanning and dyeing. The parameters of pH, Conductivity, BOD (fast and slow), flow rate and temperature using the QUAL2K model of the EPA were simulated in order to verify the impact of the discharge of the company's spills on the water source. In this study, it was determined that the rapid BOD discharged increases the concentration of 167 mg O₂/L up to 185 mg O₂/L in the studied section, moving significantly away from the quality objective of the Aburra river of 50 mg O₂/L and exceeding the limits permissible in Resolution 631 of 2015 in the parameters COD and BOD₅, by 203% and 150%. The parameters of Conductivity and temperature did not show affectation in the source.

Keywords: affectation; impact; load; modeling; organic matter; watershed.

1. Introducción

El curtido de pieles es una actividad que se realiza con el fin de mejorar las propiedades de las pieles provenientes de especies animales. Para su tratamiento se usan sustancias químicas nocivas como hidrocarburos aromáticos policíclicos, sustancias halogenadas, metales pesados, taninos, azufre, entre otras, esto produce residuos tóxicos y materia orgánica como pelos y sangre. Esta industria se distingue por verter a las fuentes superficiales las cargas significativas de DBO y DQO, lo que reduce el oxígeno disuelto presente en estos efluentes.

En Colombia la actividad inició en los años 20, las curtiembres en Colombia están sectorizadas en Nariño (64), Quindío (27), Risaralda (1), Cundinamarca (190), Antioquia (7), Atlántico (2), Valle del Cauca (22), Bogotá (350), Tolima (8), Bolívar (1), Santander (4) y Huila (1) [1]. La afectación por parte de esta industria la reciben los ríos Pasto, Tunjuelo y Aburrá, entre otros.

De acuerdo con el artículo 42 del Decreto 3930 de 2010 emitido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, uno de los requisitos para solicitar el permiso de vertimientos a una fuente superficial es la Evaluación Ambiental del Vertimiento. La metodología aplicada permitió la valoración de la afectación producida por los vertimientos de una empresa de curtiembres al río Aburrá, en las inmediaciones del municipio de Copacabana, la cual incluye una evaluación de orden cualitativo y cuantitativo mediante el método de Conesa [2]. En el análisis de los resultados se realizó la comparación con los límites permisibles para el vertimiento incluidos en la legislación local y nacional. La modelación de calidad del agua en la fuente receptora se realizó con el Programa QUAL2K de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, con el fin de predecir el comportamiento de la carga orgánica proveniente en el vertimiento y su afectación sobre el recurso hídrico.

2. Marco teórico

El curtido de pieles se realiza desde la antigüedad, empleando sustancias para curtir, como grasas animales y minerales, humo, productos vegetales ricos en taninos, cereales, minerales, mezclas de estos, productos químicos, entre otros [3], para la transformación en cuero de las pieles de los animales [4] bovinos, ovinos, porcinos, caprinos y reptiles [5]. Estos materiales son empleados en prendas de vestir, muebles o calzado. Su transformación requiere una serie de etapas llevadas a cabo en las curtiembres: ribera, proceso de curtido, poscurtido y acabado.

La primera etapa es la ribera, esta se realiza en la curtiembre, después del descarte realizado en las centrales de sacrificio, el acondicionamiento en los proveedores, el traslado, el tiempo de almacenamiento, los tratamientos de conservación y el estado de la piel. En la ribera se realiza la limpieza y la preparación de la piel, para esto se remueve el pelo o la lana y la endodermis, según el animal del que proviene la materia prima, la piel es hidratada y se remueven impurezas [6]. La ribera está compuesta por varias subetapas, como el remojo, el pelambre, el desencalado, la purga enzimática y el lavado; en esta se usan sustancias como sulfuro de sodio, hidróxido de calcio, tensoactivos, sulfato de amonio, bisulfito de sodio, que quedan mezcladas en los residuos líquidos, así como el pelo, partes de la epidermis, fibras de colágeno, sangre y grasa [7].

El curtido es el proceso que permite la transformación de la piel en cuero. En esta se estabiliza el colágeno, usando agentes curtientes provenientes de vegetales o sales de cromo trivalente. En el curtido con sales de cromo se realizan cuatro subetapas: piquelado, curtido, basicado y neutralización. Durante el piquelado se prepara el cuero eliminando la cal combinada con el colágeno y se interrumpen completamente las reacciones de las enzimas adicionando ácidos y sales. Posteriormente la piel ingresa al curtido donde se emplean sales inorgánicas de cromo. Este proceso permite que la estructura adquiera estabilidad. Para que el cromo trivalente penetre en la piel, esta es sumergida en solución, con lo que se logra que los componentes orgánicos e inorgánicos

reaccionen; en esta operación se aumenta la temperatura. La acción del agente curtiente es facilitada por la adición de sales alcalinas (bicarbonato de sodio, óxido de magnesio, carbonato de sodio, entre otras) que aumentan el pH de la solución y favorecen la reacción con los ligantes orgánicos durante el basificado, para finalizar se lleva el cuero a un proceso de neutralización aumentando el pH para eliminar la acidez. En la etapa de poscurtido o recurtido se repite el proceso anterior, con el fin de mejorar la resistencia, la manejabilidad y la suavidad, para esto se complementa con procedimientos como teñido, engrase, escurrido y estirado, según sea necesario. Para el caso del terminado húmedo, cuando el cuero es curtido al cromo se requiere neutralizar para elevar el pH inicial, si el producto lo requiere se blanquea y se tiñe o tintura con colorantes directos que pueden ser ácido o básicos [5].

En el acabado se busca principalmente realizar operaciones de superficie. A este proceso ingresan los cueros provenientes de recurtido y pasan por un secado que reduce la humedad del material (16-22 %) [5], debido al procedimiento anterior, el cuero pierde flexibilidad, y de esta manera se requiere de un ablandamiento que permita obtener un producto con las características requeridas; posteriormente se somete el cuero al lijado para igualar y corregir defectos del lado de la flor. Esta actividad se conoce también con el nombre de esmerilado. Como es de esperarse, quedan residuos finos que deben ser removidos del cuero, y para ello se realiza un sacudido o desempolvado.

Para lograr remover la humedad y los solventes que estén impregnados en el cuero, se cuelgan y se evaporan los compuestos mencionados, lo que da lugar a una serie de procedimientos opcionales, como el esmerilado, el desempolvado y el pigmentado [8]; luego de estos pasos se prensa o plancha el cuero. Para proteger cada una de las modificaciones realizadas, es importante lacar el material, de manera que se logre un acabado de calidad, con las medidas requeridas para ser almacenado y comercializado.

Los vertimientos generados en la industria de curtido, al ser descargados de forma directa en los cuerpos receptores de agua, provocan efectos negativos en los usos posteriores de estos, lo que modifica la calidad del agua y afecta negativamente la vida acuática [9].

Las etapas convencionales de ribera y de curtido producen el 90 % de la contaminación total de una curtiembre [10]. En la etapa de precurtido o ribera se producen variaciones significativas en el pH, el aumento en la concentración de la DQO (Demanda Química de

Oxígeno), los STD (Sólidos Disueltos Totales), las sales como cloruros y sulfatos [11].

El proceso de pelambre representa el 84 % de la carga de DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno), el 75 % de la carga de DQO y el 92 % de los SST (Sólidos Suspendedos Totales) de una curtiembre [12]. Durante la ribera se consumen grandes cantidades de agua en relación con el peso de las pieles, entre los desechos líquidos generados en una curtiembre. Aproximadamente el 65 % [13] se producen en los procesos de esta etapa.

3. Metodología

La metodología aplicada para evaluación de impactos ambientales fue el método de Vicente Conesa [14]. Esta consiste en dos tipos de evaluaciones:

En la evaluación cualitativa, se identifican las acciones que pueden causar impactos sobre una serie de factores del medio, como la modificación del suelo, el cambio en las características fisicoquímicas del agua, la emisión de contaminantes, la generación y almacenamiento de residuos, la sobreexplotación de recursos, los cambios en el medio biótico y el deterioro del paisaje, relacionados con las actividades que se realizan en el proceso. El método requiere la aplicación de una matriz de doble entrada, en la que se cruzan los componentes del ambiente con las actividades del proyecto o del sistema de tratamiento [14].

La evaluación cuantitativa tiene como fin establecer a través de los factores ambientales considerados, los indicadores, la unidad de medida y la magnitud, para transformar estos valores en magnitudes representativas, no de su alteración, sino de su impacto neto sobre el ambiente. Los criterios de evaluación para determinar la importancia ambiental son la naturaleza, la extensión, la intensidad, el momento, la duración, la reversibilidad, la sinergia, la acumulación, el efecto, la periodicidad y la recuperabilidad. El resultado de la evaluación indica si un impacto es irrelevante, moderado, severo o crítico.

Para la modelación de las condiciones de afectación del río al recibir las descargas contaminantes del proceso de curtiembre, se utilizó el *software* QUAL2K desarrollado por la EPA (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos). El modelo QUAL2K emplea el *software* Excel como interfase gráfica y de acceso de datos. El modelo QUAL2K emplea el *software* Excel como interfase gráfica y de acceso de datos. El libro de Excel contiene varias hojas electrónicas desde donde se suministran los datos de entrada del modelo y desde donde este se ejecuta. Cada una de estas hojas electrónicas tiene un nombre que identifica el tipo de información que

contiene: información general, información de la frontera aguas arriba (cabecera), descripción de los tramos del río, condiciones climatológicas (temperatura del aire, temperatura del punto de rocío, velocidad del viento, nubosidad y sombra), los valores de las tasas de reacción o constantes de calibración del modelo, la información correspondiente a los tributarios y las captaciones puntuales y distribuidas y la información de las estaciones aguas abajo de la cabecera.

Los datos requeridos para la modelación aguas arriba y aguas abajo del punto de vertido fueron tomados de la información publicada en la red de monitoreo de la calidad del agua del río Aburrá. Se tuvieron en cuenta las estaciones de monitoreo más cercanas.

- Niquía (E21) coordenadas 6°20'17,73" N y 75°31'32,57" E, aguas arriba ubicada en el municipio de Bello.
- Ancón Norte (E12) coordenadas 6°22'16,21" N y 75°29'21,29" E, aguas abajo ubicada en el municipio de Copacabana [15].

Los resultados de la caracterización fisicoquímica del vertimiento en los parámetros son los siguientes: pH analizado por método SM-4500 H+ electrodo selectivo; DQO por reflujos cerrados SM-5220 D; DBO5 por Método Winkler; electrodo selectivo de O₂ SM-5210 B SM-4500 O G; grasas y aceites por extracción Soxhlet-Gravimetría SM-5520 D; sólidos suspendidos totales por gravimetría SM-2540 D; cromo total espectrofotometría de absorción atómica SM 3030H -3111D, y sulfuros por yodometría SM-4500 S₂-F, que fueron suministrados por la empresa, y el análisis de calidad del agua fue realizado por un laboratorio acreditado por el Ideam.

4. Resultados

4.1. Evaluación de impacto ambiental

Con el uso de la herramienta para la evaluación cualitativa se identificó que, en las etapas de remojo, pelambre, descalcado y purgado, piquelado, neutralizado, curtido, recurtido y teñido, el impacto común es el consumo de agua y modificación de la calidad del recurso.

En la evaluación cuantitativa cada impacto ambiental identificado en la matriz se valora según los criterios de evaluación descritos en la metodología, para el método de Conesa. El resultado de la evaluación cuantitativa se

analiza por componente en relación con las actividades del proceso productivo:

Para el componente agua las actividades de remojo, pelambre, descalcado y purga, piquelado, curtido y recurtido y teñido, los impactos ambientales asociados con el consumo de agua y la modificación de la calidad fisicoquímica del recurso hídrico se valoraron como significativos, por lo cual son prioritarias las actividades de mitigación, prevención y compensación. Para el componente suelo, el impacto valorado como significativo es la modificación de las características fisicoquímicas del suelo, por la producción, el almacenamiento, el transporte y la disposición de lodos y residuos peligrosos que se producen en el proceso y durante el tratamiento de aguas residuales. Dentro de las actividades de mitigación, se deben caracterizar los lodos con el fin de determinar su peligrosidad, cumpliendo con la normativa legal al respecto. Para el aire se determinó que, en las actividades de remojo, pelambre, descalcado y purga se producen olores provenientes de la descomposición de la materia orgánica, proteínas, sangre en las pieles cruda, además del uso de sulfuro de sodio. Pese a que se genera ruido, se tendría que realizar un estudio para determinar si ese ruido supera los límites permisibles; actualmente no hay quejas de la comunidad por emisiones de olores o de ruido. El componente fue calificado como moderado.

4.2 Modelación de la afectación por vertimientos al río Aburrá

Para la modelación de la afectación por la descarga de desechos líquidos provenientes de una curtiembre al río Aburrá, se tomó información de las estaciones de monitoreo de calidad del agua del área metropolitana del Valle de Aburrá, la estación previa al punto de descarga es Niquía (E21), ubicada en el municipio de Bello. La estación posterior al punto de descarga es Ancón Norte (E12), ubicada en el municipio de Copacabana. La distancia de separación entre las estaciones es 6,3 km en el cauce del río; el punto de vertimiento de la empresa se encuentra ubicado a 2,5 km de la estación Ancón Norte. La información de calidad del agua del río Aburrá, relacionada en la tabla 2, corresponde a las fechas 19 de febrero de 2014 y 26 de febrero de 2014.

Tabla 1. Identificación de impactos ambientales.

Actividad	Impactos ambientales cualitativos
Remojo	En la evaluación cualitativa se identificó consumo de agua, modificación a las condiciones fisicoquímicas del recurso. En el proceso se genera ruido por los motores de los bombos y hay afectación a la salud por residuos líquidos. La actividad produce activación de la economía.
Pelambre	En la actividad de pelambre se presenta consumo de agua, modificación a las condiciones fisicoquímicas del recurso, producción de residuos peligrosos, como lodos con sustancias químicas, envases y contenedores. El ruido se produce por los motores de los bombos y hay afectación a la salud por el tipo de sustancias a las que se expone el personal. La actividad produce activación de la economía
Descanardo	En esta actividad se generan residuos sólidos, peligrosos y biológicos, como el colágeno y los residuos de la separación de las capas de la piel (material orgánico). La presencia de material particulado es evidente en la operación, al igual que los olores por el contenido de sulfuros en el proceso. Hay afectación a la salud por el tipo de sustancias a las que se expone el personal.
Dividido	En el dividido se generan residuos sólidos que son dispuestos como ordinarios.
Desencalado y purga	En el desencalado se consume agua y se usan ácidos orgánicos que producen residuos líquidos y peligrosos, además de emisiones de nieblas ácidas, ruido y afectación a la salud del personal expuesto.
Piquelado	En el piquelado se utilizan sustancias químicas similares a las etapas anteriores, y el consumo de agua es equivalente. Los impactos generados son la producción de residuos líquidos y peligrosos, emisiones atmosféricas y ruido.
Curtido	En el curtido se usan sales de cromo, lo que genera transformación en la calidad del agua, residuos peligrosos, emisiones de metales pesados, ruido y afectación secundaria a suelos y ecosistemas.
Rebajado	En esta actividad no se usa agua, hay consumo de energía eléctrica y producción de residuos sólidos, retazos de la materia prima y virutas, que se entregan finalmente como residuos ordinarios
Neutralizado	En la actividad de neutralizado se usan sales de sodio, las cuales reducen la acidez del agua. En este caso específico, los residuos líquidos contienen sólidos disueltos que aumentan la DQO, residuos peligrosos. Se produce ruido en la operación y hay afectación indirecta a ecosistemas y suelo
Recurtido	En el recurtido se repiten las operaciones de curtido; se usan sales de cromo. Hay modificación en la calidad del agua vertida, se producen residuos peligrosos, emisiones de metales pesados, ruido, afectación secundaria a suelos y ecosistemas.
Teñido y Engrasado	En esta operación unitaria se aplican grasas y aceites vegetales, se producen residuos peligrosos y afectación a la salud y al medio por contaminación física. Hay ruido producido por el compresor y consumo de energía eléctrica
Secado	Durante el secado son emitidos al medio gases, olores y vapores procedentes del secado, consumo de energía eléctrica
Pintado y planchado	En el uso de pigmentos y colorantes para los procesos de teñido, se generan emisiones atmosféricas, residuos peligrosos, residuos sólidos de retazos y virutas de material terminado.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Parámetros de modelación.

Calidad del agua del río Aburrá				
Tipo de muestra	Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo
Fecha	2/19/2014	2/19/2014	2/26/2014	2/26/2014
Fase	4	4	4	4
Campaña	19	19	20	20
Estación	Niquía	Ancón Norte	Niquía	Ancón Norte
Código	E21	E12	E21	E12
Parámetro				
T Agua (°C)	22,05	21,91	22,55	22,09
pH (U de pH)	7,60	7,45	7,56	7,49
Oxígeno disuelto (mg/L)	0,76	0,63	1,02	0,35
Conductividad eléctrica (µs/cm)	451,00	450,00	514,00	521,00
Potencial redox (mV)		-70,00		-36,65
Turbiedad (NTU)		322,92		229,40
DBO5 (mg/L)	168	144	154,00	147,00
DQO (mg/L)	255	186	255,00	241,00
P-Total (mg P/L)	2,900	2,67	4,17	3,50
NTK (mg N/L)	21,400	19,20	21,60	20,90
SST (mg/L)	256,00	284,00	327,00	266,93
BMWP Col valor	1	1	8	1
BMWP Col Calidad	Muy crítica	Muy crítica	Muy crítica	Muy crítica
ICACOSU Valor	0,29	0,27	0,25	0,27
ICACOSU Calidad	Mala	Mala	Muy Mala	Mala
Coliormes Totales (UFC/100 ml)	5,90E+10	9,50E+10	5.40E+07	8.30E+07
Q(m3/s)	N/D	17,65	17,53	18,87
Clasificación Caudal	Medio	Medio	Bajo	Bajo
E - Coli (UFC/100 ml)	5.40E+06	5.70E+05	5.00E+06	4.00E+06

Fuente: elaboración propia.

El caudal promedio del río en la estación Ancón Norte fue de 21,23 m³/s, y para la estación de Niquía se tomó el caudal medio de 18,98 m³/s.

La empresa cuenta con un sistema de tratamiento de agua residual industrial compuesta por un sistema de pretratamiento que incluye cribado fijo y grueso, trapa de

grasas y homogenización, el sistema primario conformado por oxidación catalítica para las aguas provenientes de pelambre y el sistema de flotación y clarificación para la totalidad de los residuos líquidos producidos. En la modelación de la afectación de la calidad del agua del río Aburrá se tuvo en cuenta el punto de vertimiento de la empresa. En este el caudal promedio de descarga fue de 1,48 L/s, medido en la caracterización

de agua residual tratada por parte de los laboratorios acreditados por el Ideam.

Debido a que en la caracterización de la empresa fueron analizados los parámetros de interés sanitario según la normativa legal, se decide que los parámetros incluidos

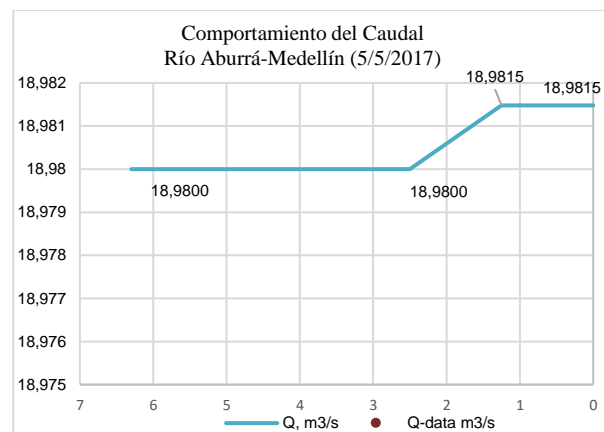
en la modelación serán cinco: la temperatura, la Demanda Bioquímica de Oxígeno, el pH, la Demanda Química de Oxígeno y la conductividad eléctrica, los resultados de los análisis de los parámetros mencionados en el agua residual tratada de la curtiembre están relacionados en la tabla 3.

Tabla 3. Parámetros de salida del agua residual tratada proveniente de la industria

Parámetro	Unidad	Conc.	Res. 631 2015	Res. 2016 2012
pH	Unidades pH	6,88-8,66	6-9	>6.5<8.5
DBO5	mg O ₂ /L	1502	600	<80
DQO	mg O ₂ /L	3633	1200	<150
Grasas y aceites	mg grasas/L	53	60	<20
Sólidos suspendidos totales	mg SST /L	683	600	<300
Cromo total	mg Cr/L	9,94	1.5	NA
Sulfuros totales	mg S/L	241	3	NA
Conductividad (promedio)	μs/cm	31.940	NA	>120

Los resultados obtenidos en la modelación fueron comparados con la legislación para el cumplimiento de objetivos de calidad en la cuenca y los límites permisibles para vertimientos en fuentes superficiales; es decir, se tendrán en cuenta la Resolución 2016 del año 2012, emitida por el área metropolitana del Valle de Aburrá y la Resolución 0631 del 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

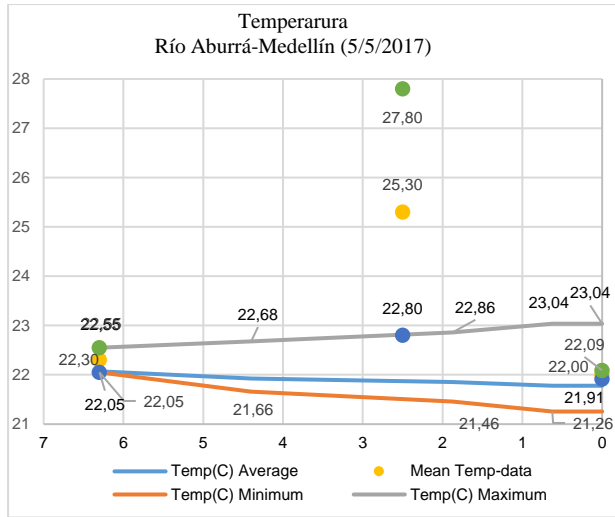
Para la simulación de la mezcla, se revisó el caudal en el tramo seleccionado, en la estación de Niquía. El caudal fue de 18,98 m³/s, este se toma como dato del cauce aguas arriba de la zona de descarga de efluentes líquidos de la empresa. La simulación muestra una fluctuación del caudal. En este se puede identificar la distancia a la que se realiza el vertimiento de las aguas residuales industriales de la curtiembre. Ubicado a los 2,5 km de la estación de monitoreo, el caudal del río Aburrá aumenta progresivamente hasta alcanzar los 18,98147 m³/s, como se muestra en la gráfica 1. El caudal en Ancón Norte es de 21.23 m³/s, lo que demuestra que no es el único flujo que puede estar recibiendo el río. El vertimiento aporta el 0,0077 % del caudal total del río aguas abajo de la descarga realizada por la empresa.



Gráfica 1. Caudal modelado para el río Aburrá (Medellín).

En algunos procesos industriales se requiere elevar la temperatura del agua. Si el agua residual es vertida en estas condiciones se producen efectos adversos a la vida acuática de los cuerpos de agua receptores, cambios en los coeficientes de transferencia de masa y en la concentración de oxígeno. La gráfica 2 representa la simulación realizada por el programa QUAL2K para la temperatura en el río Aburrá, específicamente en el tramo comprendido entre las estaciones de Niquía y de Ancón Norte. Según los reportes de las estaciones, la temperatura media del agua para el río es de 22,5 °C; el resultado reportado para el vertimiento fue una temperatura media de 25,2 °C.

En la simulación se demuestra que no hay afectación del vertimiento al afluente: por el contrario, aguas abajo acercándose al sitio de la estación de monitoreo de Ancón Norte existe una leve disminución de la temperatura del agua modelada para el cauce del río. El parámetro se encuentra entre el rango permitido, según el Área Metropolitana del Valle de Aburrá en sus informes de RedRío para una corriente de aguas superficiales cuyo rango de temperatura es de 18,5 °C a 28 °C [16].

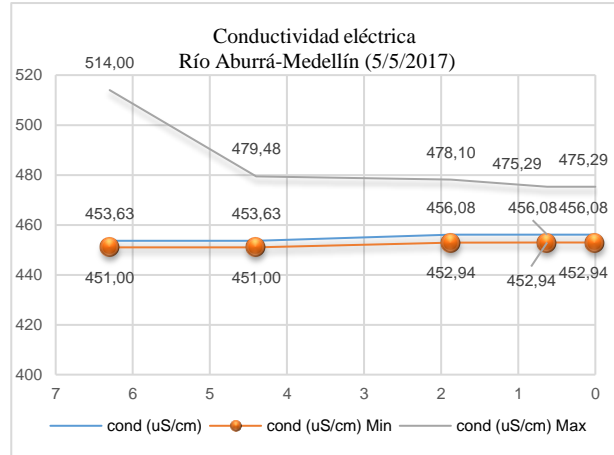


Gráfica 2. Temperatura modelada para el tramo Niquiá-Ancón Norte.

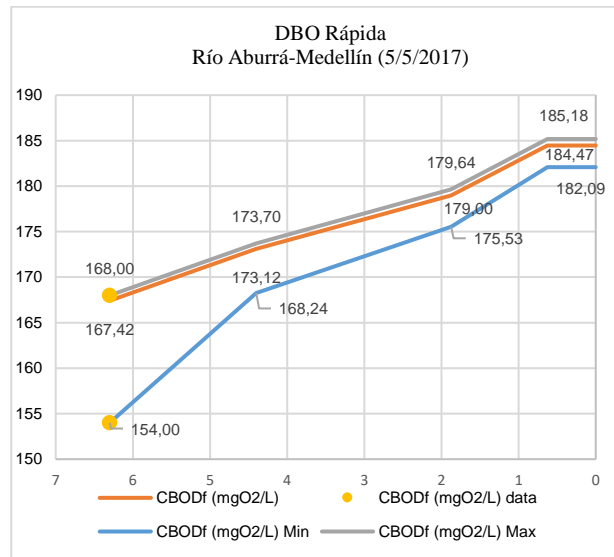
La conductividad eléctrica es una variable que está directamente relacionada con la cantidad de sólidos disueltos totales. En la información de conductividad entregada por la empresa de 31.940 $\mu\text{s}/\text{cm}$; sin embargo, el caudal que ingresa a la fuente superficial es inferior al caudal del río reportado en la estación de Niquiá, por lo tanto, ingresa al volumen de control, lo que significa que posteriormente es diluido en el cauce, como se muestra en la gráfica 3. El objetivo de recuperación del río establece para este parámetro que el vertimiento debe tener una conductividad menor a 120 $\mu\text{s}/\text{cm}$, pero actualmente el río no cumple con estas características. En la simulación se muestra como en la estación Ancón Norte no hay cambios significativos en la conductividad, los últimos kilómetros el valor se estabiliza en un valor de 456 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

La Demanda Bioquímica de Oxígeno es un parámetro que determina la carga contaminante que pueden generar los desechos de carácter biológico de la curtiembre, para el modelo se representa como el DBO₅ correspondiente a la materia orgánica que se oxida o se degrada de forma rápida. En la gráfica 4 se observa que la descarga de la empresa es 1,502 mgO₂/L. De acuerdo con los datos

tomados de la estación de monitoreo la concentración de DBO₅ aguas arriba al vertimiento es de 168 mgO₂/L. Al ingresar los datos de la concentración de DBO₅ del vertimiento, el modelo muestra un aumento significativo en el tramo pasando de 168 mgO₂/L en Niquiá (estación aguas arriba) hasta aproximadamente 185 mgO₂/L en Ancón Norte (estación aguas abajo).



Gráfica 3. Conductividad eléctrica modelada en el río Aburrá (Medellín).

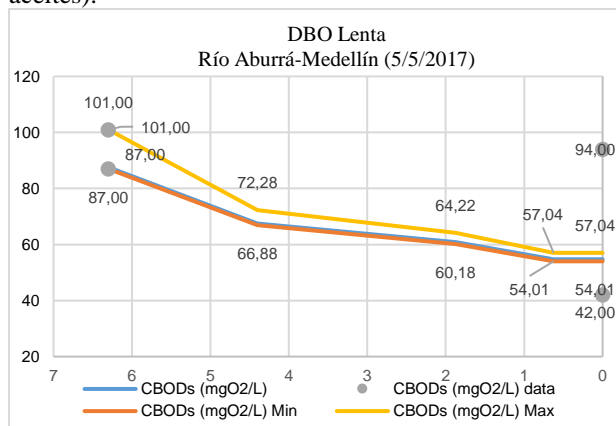


Gráfica 4. Ampliación DBO₅ modelada por el software.

El modelo muestra que después del vertimiento la pendiente de este parámetro se vuelve más pronunciada. La grafica 4 muestra la afectación producto de la descarga de materia orgánica de la empresa al río, debido al aumento de la concentración, A mayor valor de DBO, mayor es la contaminación del agua [18]. Cabe resaltar que cuando el cauce del río se acerca a la estación de Ancón Norte aproximadamente a 0,7 km aguas arriba de

esta la DBO₅ presenta un comportamiento constante de 185 mgO₂/L, lo cual demuestra la estabilización de la carga en este punto. El parámetro DBO₅ en el tramo de estudio está por encima del límite establecido por los objetivos de calidad de 5-10 años para este recurso hídrico, en la Resolución 2016 del Área Metropolitana del año 2012, debido a que su valor debe ser menor a 50 mgO₂/L.

La Demanda Química de Oxígeno se usa en el programa de modelación, para calcular la DBO lenta, la cual se obtiene restando la demanda química de oxígeno total menos la DBO₅. (Díaz, 2004) Esta DBO refleja el carbono de descomposición lenta (sales, grasas y aceites).

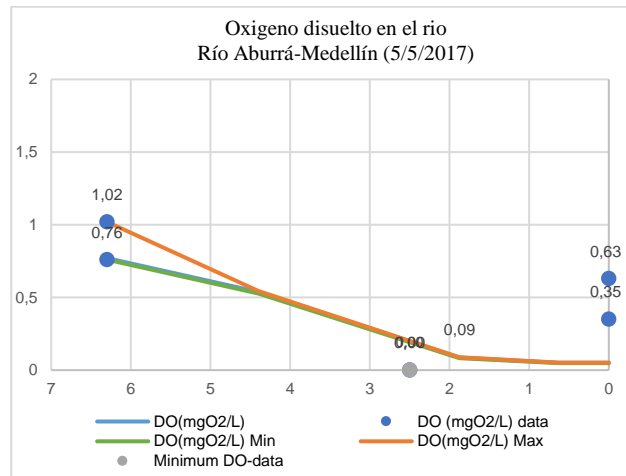


Gráfica 5. Ampliación DQO modelada por el modelo QUAL2K

Para el parámetro DQO, la gráfica 5 muestra que no hay afectación al tramo del cauce principal, teniendo en cuenta que este parámetro integra la DBO rápida y lenta, y se puede asociar con los resultados reportados en la gráfica 4, donde la concentración de materia orgánica oxidable aumenta la carga en el río, mientras que la DBO lenta probablemente procedente de sales inorgánicas oxidables se disuelven en el cauce. Al relacionar los resultados de la modelación de la demanda química de oxígeno con los objetivos de calidad para el tramo, se encuentran concentraciones superiores a 100 mgO₂/L.

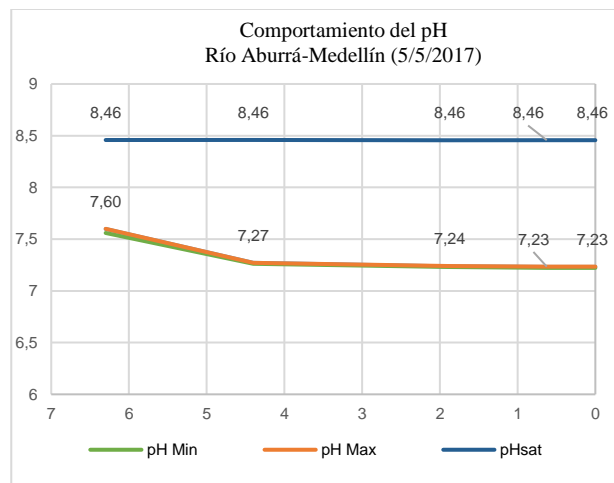
En la información de la concentración de oxígeno disuelto incluida en la modelación, los niveles más bajos de oxígeno disuelto del río se presentan en la gráfica 6, a los 6,3 km entre las dos estaciones, es posible que la carga orgánica de la empresa reduzca el oxígeno a los 2,5 km.

Las concentraciones inferiores a 4mgO₂ /L amenazan la vida acuática [17].



Gráfica 6. Oxígeno Disuelto modelado para el tramo Niquía-Ancón Norte.

El pH es un parámetro químico indicador de la calidad del agua que muestra la cantidad de hidrogeniones (H⁺) que posee el agua y puede afectar la vida de animales y plantas acuáticas. El pH en la salida de la PTARI arrojó valores entre 6,88 y 8,66 unidades de pH. El valor máximo está por fuera del rango de los límites establecidos en los objetivos de calidad del agua de la Resolución 2016 del Área Metropolitana. En la gráfica 7 se puede observar que una vez se realiza el vertimiento se genera un decrecimiento en el parámetro analizado; sin embargo, también es perceptible que no hay un cambio significativo, a pesar de que el vertimiento presenta un valor elevado, y, por el contrario, tiende a la neutralidad.



Gráfica 7. pH modelado para el tramo Niquía- Ancón Norte.

5. Conclusiones

Se realizó una evaluación de impacto ambiental relacionada con los vertimientos de una empresa de curtiembres usando el método Conesa. Para esta

evaluación se incluyó información referente a las materias primas, los equipos y los insumos requeridos en los procesos asociados a los residuos líquidos generados en cada etapa. El resultado de la evaluación demuestra que el impacto calificado como significativo fue el uso y la modificación fisicoquímica del recurso hídrico, especialmente en las actividades de remojo, pelambre, desescalado y purga, piquelado, curtido, recurtido y teñido. Seguido de los impactos al suelo por la generación de residuos peligrosos provenientes del proceso y lodos resultantes del tratamiento de aguas residuales.

Se aplicó el modelo de simulación QUAL2K para predecir las condiciones de afectación del río. Al recibir las cargas contaminantes de los vertimientos de una empresa de curtiembres, fueron relacionados los datos de las estaciones de monitoreo Niquía y Ancón Norte ubicadas en la zona de influencia y los análisis de calidad del agua residual tratada. Los parámetros simulados fueron pH, conductividad, DBO rápida y lenta, caudal y temperatura.

El pH del agua residual tratada se entrega a la fuente superficial con un valor de 8,5; según el modelo, no afecta el cauce, y con respecto al cumplimiento normativo, descrito en la Resolución 2016 del 2015, este se encuentra en el rango de cumplimiento de los objetivos de descontaminación.

El agua residual proveniente de la empresa excede los límites permisibles relacionados en la Resolución 0631 del 2015 en los parámetros DQO y DBO₅, en un 203 % y 150 %. En la simulación el resultado de la DBO rápida vertida, aumenta la concentración de 167 mg O₂/L hasta 185 mg O₂/L en el tramo estudiado, y se aleja significativamente del objetivo de calidad de 50 mg de O₂/L.

El vertimiento de la curtiembre tiene una leve afectación de la calidad del agua referente a materia orgánica, la cual disuelve debido a la diferencia que existe entre el caudal medio de 18,98 m³/s para el río y de 0,00147 m³/s del vertimiento. El flujo promedio del vertimiento representa el 0,0077 % del caudal total después de mezclarse con el cauce del río.

6. Recomendación

Se recomienda que las empresas del sector de las curtiembres ajusten sus tratamientos de agua residual con métodos biológicos, para cumplir con la Resolución 631 de 2015.

Referencias

- [1] Centro Nacional de Producción Más Limpia. Diagnóstico y Estrategias proyecto gestión ambiental en el sector de curtiembres. 2004. Disponible en: www.sirac.info/curtiembres/html/archivos/publicaciones/estrategiasdiagnostico.pdf
- [2] CONESA, V. Guía metodológica para la evaluación de impacto ambiental. Ed. Mundi- Prensa 3^{ra} edición, Madrid 2003. ISBN 84-7114-647-9
- [3] Caballero Escribano, C. Historia de los curtidos de las pieles. Alicante, España: Editorial Club Universitario 2013. ISBN 97-8849-948-749-6
- [4] Lofrano, Giusy, et al. Chemical and biological treatment technologies for leather tannery chemicals and wastewaters: A review. En: SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT. Septiembre, 2013. vol. 461-462, p. 265-281
- [5] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Guía ambiental para la industria del curtido y preparado de cueros. Segunda Edición ed. Bogotá D.C.: Print Digital Ltda 2006. ISBN 9789589778548
- [6] MCCANN, M. Capítulo 88 Cuero, pieles y calzado. En: enciclopedia de la OIT. D - INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo) 2012.
- [7] Salas, G. Eliminación de sulfuros por oxidación en el tratamiento del agua residual de una curtiembre. Revista Peruana de Química e Ingeniería Química. Vol. 8 N.º 1 2005. Inline ISSN. 1609-7599. PrintISSN: 1726-2208
- [8] Carabias, J; Provencio, E y Cortinas, C. Manual de Procedimientos para el Manejo Adecuado de los Residuos de la Curtiduría. Primera Edición ed. México D.F.: Instituto Nacional de Ecología 1999.
- [9] Cooman, K., et al. Tannery wastewater characterization and toxicity effects on Daphnia spp. En: Environmental Toxicology. vol. 18, No. 1, p. 45-51. 2003 <https://doi.org/10.1002/tox.10094>
- [10] Aloy, M.; Folachier, A. y Vulliermet, B. Tannery and pollution. Lyon (France): Centre Technique du Cuir. 306 p. 1976.
- [11] Thanikaivelan, P., Rao, J. R. y Nair, B. U. Development of leather processing method in narrow pH profile. Part 1: standardization of dehairing process, vol. 84, no. 6, p. 276-284. 2000.

[12] Marsal, A., et al. Oxidizing unhairing process with hair recovery. Part I: experiments on the prior hair immunization. vol. 83, No. 47, p. 310-315. 1999.

[13] Arango, C. Proyecto Gestión Ambiental en la Industria de Curtiembre en Colombia. Colombia. p. 5. 2004

[14] CONESA, V. Guía metodológica para la evaluación de impacto ambiental. Ed. Mundi- Prensa 3ra edición, Madrid. ISBN 84-7114-647-9. 2003

[15] Área Metropolitana del Valle De Aburrá. Red de monitoreo ambiental en la cuenca hidrográfica del río Aburrá en jurisdicción del área. convenio 368 de 2014 – adición I y II metropolitana. Septiembre 2016
<http://www.metropol.gov.co/recursohidrico/Documents/ParametrosCalidadRio/EstacionesAutomaticasMonitoreoAguaSuperficial.pdf>. Consultado el 12 de septiembre de 2017

[16] Universidad de Antioquia, et al. Red de monitoreo ambiental en la cuenca hidrográfica del río Aburrá - Medellín en jurisdicción del Área Metropolitana FASE IV - Informe de calidad. Medellín. p. 1249-1255. 2014.

[17] Diaz, B. Modelación de la calidad del agua en el interceptor río Bogotá en los tramos Fucha-Tunjuelo-Canoas. Universidad De Los Andes, 2004. p. 15-18

[18] O. Guarín-Villamizar, “Metodología para evaluación de la condición ambiental en microcuencas urbanas,” *Rev. UIS Ing.*, vol. 16, no. 2, pp. 141-150, 2017. Doi: <https://doi.org/10.18273/revuin.v16n2-2017013>.