

Diagnóstico del impacto ambiental generado y propuesta de alternativa de tratamiento para las aguas residuales industriales, caso curtiembre Pergamino Leather en El Cerrito, Valle del Cauca.

Anny Yuli Mosquera Ibarguen

Universidad Nacional Abierta y a distancia - UNAD
Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente
Palmira, Colombia
2022

Diagnóstico del impacto ambiental generado y propuesta de alternativa de tratamiento para las aguas residuales industriales, caso curtiembre Pergamino Leather en El Cerrito, Valle del Cauca.

Ancy Yuli Mosquera Ibarquen

Proyecto de grado aplicado como requisito para optar al título de:
Ingeniero Ambiental

Director:
Juan Guillermo PopayánHernández PhD

Universidad Nacional Abierta y a Distancia Escuela de Ciencias – UNAD
Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente Palmira, Colombia
2022

Dedicatoria

Este trabajo esta dedica a todas las madres que nunca se rinden, por ser ejemplo de perseverancia y resiliencia, especialmente a las más jóvenes que luchan cada día para lograr sus objetivos a pesar de las dificultades, porque saben que al final del día vale la pena cada gota de sudor, cada lagrima derramada, cada musculo agotado por el sobre esfuerzo que representa realizar tus sueños al mismo tiempo que trabajas por los de alguien más, los hijos.

Agradecimientos

Le agradezco primeramente a Dios por el regalo de la vida y la salud, por darme la fortaleza y la sabiduría para no desfallecer en los momentos críticos. A mi familia por ser ese apoyo incondicional durante todo el proceso, especialmente a mi hijo por motivarme a continuar hasta culminar.

La agradezco a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD por abrirme sus puertas con un equipo de trabajo de docente altamente calificados para transmitirme sus conocimientos, y en particular al tutor Juan Guillermo Popayán Hernández PhD por su apoyo y guía como asesor de este proyecto.

Agradezco a la curtiembre Pergamino Leather, especialmente a su administradora Astrid por abrirme las puertas de su empresa.

Resumen

El curtido es un proceso en el que pieles de animales son acondicionadas con la adición de agua y productos químicos para su posterior uso, especialmente en la industria de la marroquinería. Números estudios han documentado los efectos adversos sobre la salud humana y el medio ambiente causados por esta actividad que genera residuos sólidos, material particulado y efluentes, este último de mayor interés ambiental por su alto contenido de cromo que produce desde cáncer hasta mutaciones en animales por su alto nivel de toxicidad.

Este proyecto investigativo que tiene como objetivo diagnosticar los impactos ambientales que genera la curtiembre Pergamino Leather de El Cerrito, se desarrolla con un análisis inicial de las condiciones actuales del funcionamiento de la empresa comparando los valores de cargas contaminantes caracterizados con la normatividad vigente. El diagnóstico y valuación ambiental revela que gran parte de las actividades del proceso productivo de la empresa tienen un impacto significativo sobre el medio ambiente.

Se estudian diferentes alternativas de tratamiento de aguas residuales industriales para determinar la más adecuada para el caso de estudio, luego de lo cual se plantea una propuesta de tratamiento de los efluentes de la curtiembre en cuestión, que contribuya a una reducción significativa en los niveles de las cargas contaminantes que presenta la empresa, cumpliendo así con la normatividad vigente y contribuyendo al cuidado y la protección del medio ambiente.

Palabras clave: (Aguas residuales, STAR, contaminación hídrica, curtiembres, cromo).

Abstract

Tanning is a process in which animal hides are conditioned with the addition of water and chemicals for subsequent use, especially in the leather goods industry. Numerous studies have documented the adverse effects on human health and the environment caused by this activity that generates solid waste, particulate matter and effluents, the latter being of greater environmental interest due to its high chromium content that produces from cancer to mutations in animals due to its high level of toxicity.

The objective of this research project is to diagnose the environmental impacts generated by the Pergamino Leather tannery in El Cerrito. It is developed with an initial analysis of the current conditions of the company's operation, comparing the values of pollutant loads characterized with the current regulations. The diagnosis and environmental assessment reveals that most of the activities of the company's production process have a significant impact on the environment.

Different industrial wastewater treatment alternatives are studied to determine the most appropriate for the case study, after which a proposal for the treatment of the tannery's effluents is proposed, which will contribute to a significant reduction in the levels of pollutant loads presented by the company, thus complying with current regulations and contributing to the care and protection of the environment.

Keywords: (Wastewater, WTP, water pollution, tanneries, chrome).

Tabla de contenido

Lista de tablas	9
Lista de figuras	10
Lista de anexos.....	11
Introducción.....	12
Justificación y generalidades	15
Planteamiento del problema	17
Objetivos.....	18
Objetivo general.....	18
Objetivos específicos	18
Marco teórico.....	19
Colombia y la industria de las curtiembres	19
Curtiembres como foco de contaminación ambiental	20
Composición de las aguas residuales de curtiembres.....	23
Alternativas de tratamiento	25
Biológicas	28
Físico biológicas	29
Físico químicas	29
Reutilización de cromo	30
Gestión ambiental.....	32
Marco normativo de referencia	35
Metodología.....	37
Área de estudio.....	37

	8
Ubicación geográfica.....	37
Descripción de la empresa.....	38
Identificación del proceso productivo de la empresa	39
Pasos metodológicos	43
Resultados y discusión	46
Comparación de caracterización con normatividad vigente.....	46
Identificación y análisis de impactos.....	46
Identificación y evaluación de impactos ambientales	50
Comparación de alternativas de tratamiento	51
Propuesta de tratamiento para efluentes de la curtiembre Pergamino Leather	56
Conclusiones y recomendaciones	60
Conclusiones	60
Recomendaciones	61
Referencias	62
Anexos	69

Lista de tablas

Tabla 1. Impacto de los efluentes de curtiembres por etapas	24
Tabla 2. Rangos para la calificación del impacto	44
Tabla 3. Comparación resultados de caracterización con normatividad	47
Tabla 4. Identificación de aspectos e impactos ambientales	49
Tabla 5. Identificación y análisis de impactos al componente agua.....	51
Tabla 6. Comparación de alternativas de tratamiento para aguas residuales	53

Lista de figuras

Figura 1. Esquema general del proceso productivo de una curtiembre	22
Figura 2. Proceso de coagulación y floculación	30
Figura 3. Ciclo PHVA ISO 14001	34
Figura 4. Ubicación geográfica de El Cerrito, Valle del Cauca.....	37
Figura 5. Ubicación geográfica Pergamino Leather	38
Figura 6. Pieles saladas antes del proceso del proceso de pre-remojo y lavado.....	39
Figura 7. Carnaza.....	41
Figura 8. Pieles al final del proceso listas para comercializarse.....	42
Figura 9. Diagramas de entradas y salidas del proceso en la curtiembre Pergamino Leather	48
Figura 10. Diagrama de proceso propuesta de tratamiento.....	59

Lista de anexos

Anexos	69
Anexo A. Criterios de evaluación ambiental	70
Anexo B. Matriz de aspectos e impactos ambientales	71
Anexo C. Resultados de caracterización.....	73

Introducción

La gestión ambiental en las empresas debería ser parte de los pilares fundamentales de toda organización, especialmente de aquellas que impactan significativamente sobre el medio ambiente como resultado de sus procesos productivos, como es el caso de las curtiembres. Una adecuada gestión ambiental ayuda no solo a cumplir con la normatividad ambiental sino también a reducir los impactos generados por los procesos productos favoreciendo además el ámbito financiero de quienes lo implementan tanto por la evasión de multas ambientales como por posicionamiento en el mercado una vez se reconozca el compromiso ambiental de las mismas.

La industria de la curtiembre es catalogada como una de las más contaminantes del planeta por el impacto negativo de sus actividades, especialmente sobre el componente agua, por las altas cargas contaminantes de sus efluentes. En Colombia esta situación es preocupantes, pues de acuerdo con Benítez (2017) y Restrepo et al. (2011), más del 90% de las curtiembres son pequeñas y medianas empresas que, en muchos casos funcionan en sitios alquilados con limitaciones financieras que les limita la implementación de sistemas de tratamiento de las aguas residuales adecuados por los costos que implican tanto en la etapa de instalación como durante su vida útil. Para el caso puntual del municipio de El Cerrito, Benítez (2017) encontró que “solo el 25% de las curtiembres cuentan con un sistema de tratamiento completo, el 50% tiene una infraestructura intermedia y el 25% restante constituido por microempresas, tienen tecnologías incipientes compuestas únicamente por trampa de grasas y sólidos”. La curtiembre Pergamino Leather hace parte de ese 25% final, con un sistema de tratamiento compuesto solo por una trampa de grasa, que en la actualidad no funciona. Es por eso que nace este trabajo investigativo, como un punto de partida para la implementación de un sistema de manejo de las aguas residuales de la curtiembre en mención a partir de un diagnóstico y evaluación ambiental para identificar los puntos más críticos dentro del proceso productivo de la curtiembre, sabiendo que,

a pesar de ser una actividad que se maneja de manera similar en todas las curtiembres tienen particularidades entre sí.

Una revisión bibliográfica demostró el interés que ha habido en el mundo por buscar alternativas para el manejo de efluentes de este tipo de industria. Estudios como el de Durai & Rajasimman (2010) muestran alternativas biológicas con biorreactores, humedales y una combinación de estas con métodos fisicoquímicos que demostraron una alta eficiencia en remoción de los contaminantes. Aunque existen métodos fisicoquímicos empleando en la actualidad una cantidad significativa de las investigaciones encontradas se centran en el estudio de la eficiencia de métodos de biorremediación que involucran plantas, algas, restos de vegetales y frutas. En cuanto a los métodos fisicoquímicos el más común es el proceso de coagulación y floculación en el que se emplean polímeros que desestabilizan los coloides del agua, haciendo que se aglomeren y se precipiten o floten, dependiendo si el proceso se da con aireación o no. Sobre esto, Quiroga et al. (s.f) explican el funcionamiento de los biopolímeros como agentes coagulantes y floculantes que son efectivos utilizando técnicas como la aplicación de altos voltajes y mezclas de compuestos. Puenguenán & Segura (2013) y Pilco et al. (2018) realizaron investigaciones sobre tratamientos electroquímicos que no requiere de la adición de sustancias químicas con excelentes resultados para la remoción de contaminantes.

Por otro lado, se han estudiado alternativas de producción más limpia dentro de la gestión ambiental empresarial que se basan en sistemas de reincorporación de cromo, sobre lo que Cárdenas (2012), expone como beneficios reducción de la contaminación por cromo en el efluente, asegurando la misma calidad del en el cuero con la utilización de cromo recuperado que en los casos cuando se utiliza cromo directo del fabricante. Este proceso de recuperación de cromo garantiza, además, importante ahorro para la curtiembre.

De acuerdo con el objetivo del presente trabajo de investigación este documento se organiza en sesiones desde la justificación de la problemática, en las que se expone por qué es importante este proceso investigativo, seguido de la presentación de los objetivos y pregunta de investigación, que sirven como pilares para el planteamiento del marco teórico logrado a partir de un estudio de los principales temas y los subtemas que se originan con el desarrollo de este trabajo. Una vez concluido el marco teórico se enuncia la metodología a utilizar y los resultados que se esperan conseguir para finalmente realizar una interpretación en forma de conclusiones acompañadas de las recomendaciones finales.

Justificación y Generalidades

La fuerte contaminación que se presenta en el río Cerrito, evidenciada por un informe de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca – CVC – (2018), en el que los indicadores de intervención antrópica e indicador de riesgo están clasificados como “crítico” y “muy alta” respectivamente, y datos reportados por Benítez (2016), de un estudio realizado por la CVC en el 2006, donde reportan valores para turbiedad, DBO, DQO, cromo total, superiores de los índices admisibles por la normatividad en un punto de monitoreo en la salida de la cuenca a inmediaciones de su desembocadura en el Río Cauca; demuestran la fuerte presión que ejercen las diferentes actividades antrópicas dentro de la cabecera municipal que afectan la calidad de las aguas del río. Estas actividades abarcan tanto las cotidianidades de los pobladores como las de tipo industrial, como el procesamiento de los cueros, en las que, de acuerdo con Benítez (2016), “por cada 1000 kg de pies salada que entran al proceso se requieren de 15-40 m³ de agua y 450 kg de insumos químicos”, destacando el cromo como de especial interés ambiental por ser catalogado por la ATSDR (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades) entre otras cosas, como un agente cancerígeno [ATSDR, 2016]. Pabón & Rosas (2016), Cuberos et al. (2008) y Millán (2018) en sus investigaciones señalan la toxicidad del cromo, especialmente del Cr+6 que por su inestabilidad, solubilidad y capacidad de bioacumulación, dependiendo de las cantidades ingeridas y el tiempo de adsorción puede causar afecciones a la salud como daño renal agudo, daño hepático, cáncer pulmonar, dermatitis, entre otras. A nivel ambiental su efecto bioacumulativo “puede causar en los animales problemas respiratorios, malformaciones, infertilidad y formación de tumores” [Trujillo, 2015].

Para contribuir al mejoramiento y cuidado de la calidad de la cuenca del Río Cerrito y las demás cuencas involucradas, se busca implementar un sistema que trate las aguas residuales de

las diferentes actividades dentro del proceso de procesamiento de los cueros en la curtiembre Pergamino Leather, aportando desde el ámbito académico a la documentación de este tipo de sistemas que ayuden a futuros investigadores a realizar actividades similares que, además benefician a las comunidades en las que se desarrollan, en este caso a la comunidad del municipio de El Cerrito. La ejecución de este proyecto contribuye también con el fortalecimiento de los conocimientos y habilidades inculcados durante el proceso formativo de un profesional del área ambiental, al mismo tiempo que propicia una cercanía del mismo con las problemáticas ambientales y sociales de su entorno, sensibilizándolo para que como ciudadano de un ambiente común contribuya al cuidado de este.

Planteamiento del problema

La contaminación de las fuentes hídricas está constituida como uno de los principales problemas a nivel mundial, puesto que se trata del agua como fuente vital para todas las formas de vida existentes en el planeta. Cada día miles de personas utilizan en sus hogares aguas contaminadas para sus actividades causando afecciones a la salud relacionadas principalmente con su aparato digestivo y en el sistema inmunológico, ya sea porque se toman el líquido directamente o porque los contaminantes presentes en el agua llegan a ellos a través de la ingesta de alimentos lavados o regados (durante la siembra) con aguas contaminadas. Dicha contaminación es proveniente principalmente de las actividades industriales como el curtido de pieles, de cuyas actividades se vierten aguas residuales a los cuerpos de aguas superficiales o al alcantarillado público, los cuales son considerados, de acuerdo con un estudio realizado por Barba-Ho et al. (2013) como “muy tóxicos” por sus elevados niveles de toxicidad encontrados en pruebas de laboratorio, resaltando al cromo como el principal contaminante, en su estado de oxidación Cr^{6+} [Millán, 2018]. A esta problemática se suma el hecho de que en Colombia muchas empresas, como la curtiembre Pergamino Leather, catalogadas como pequeñas o medianas empresas no cuenta con los recursos necesarios para implementar debidamente sistemas de tratamiento de aguas que contribuyan a la reducción de la contaminación presente en sus aguas residuales.

Partiendo de lo anterior se busca implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales para la curtiembre Pergamino Leather en el municipio de El Cerrito, con niveles de cromo en sus vertimiento superiores a los 300 mg/L de acuerdo a su última caracterización de vertimiento realizada en el 2017, resolviendo la pregunta ¿Cuál es la alternativa más viable para implementar un sistema de tratamiento de las aguas residuales en la curtiembre Pergamino Leather, que contribuya a la reducción de los contaminantes generados en sus vertimientos?

OBJETIVOS

Objetivo general

Diagnosticar los impactos ambientales que genera la curtiembre Pergamino Leather de El Cerrito, Valle del Cauca.

Objetivos específicos

Comparar resultados de caracterización de vertimientos de las aguas residuales de la curtiembre Pergamino Leather con la normatividad vigente aplicable (Res. 0631/15, Art. 13).

Analizar los impactos generados por las actividades de la curtiembre sobre el medio ambiente.

Estudiar las diferentes alternativas de tratamiento para aguas residuales de curtiembres.

Marco teórico

La cuenca del río Cerrito desde su paso por la cabecera municipal y en adelante, se ha visto afectada por las altas cargas contaminantes que recibe de las actividades antrópicas, incluidas las curtiembres, que se encuentran en la ribera del río. Se hace indispensable que se preste mayor atención a esta problemática mediante una gestión integral del recurso hídrico, como lo propone Restrepo (2011), teniendo en cuenta la “crisis del agua” que ella misma nombra causante de efectos negativos a nivel global como el aumento de los niveles de pobreza.

En un esfuerzo por minimizar los impactos a las fuentes hídricas generados por la actividad curtidora, se han diseñado estrategias de gestión que se documentan en diferentes estudios.

Colombia y la industria de las curtiembres

La utilización del cuero para vestimenta es una actividad que se desarrolla en Colombia desde las épocas precolombina en la que no existía un negocio del cuero, sino que simplemente se utilizaba para satisfacción de las necesidades básicas. Benítez (2017) reporta que a partir de los años veinte nacen las primeras curtiembres en el departamento de Antioquia y posterior a esto, en los años 50, se crean en los departamentos de Cundinamarca, Nariño, Quindío, Risaralda, Atlántico, Valle del Cauca, Tolima, Bolívar, Santander y Huila. A partir de los años sesenta se dio un significativo incremento en la producción de cueros, con la incursión en el mercado internacional (encabezado por países como Italia, España y Argentina, de acuerdo con Martínez & Romero, (2018)), con exportaciones principalmente a países del continente europeo.

En la actualidad la industria del cuero se centra en Bogotá y Cundinamarca con un 80% de estas distribuidas especialmente en pequeñas y medianas empresas. El otro 20% restantes

están ubicadas en los departamentos de Nariño, Quindío, Valle del Cauca, Atlántico, Bolívar, Risaralda y Antioquia [Martínez & Romero, 2018]. En Colombia la industria curtidora se encuentra constituida principalmente por microempresas (77%), pequeñas industrias (19%), industrias medianas (3%), y gran industria (1%). En el caso del Valle del Cauca, donde las empresas curtidoras están ubicadas en los municipios de El Cerrito y Cartago, estas se clasifican en microempresas, pequeñas empresas, y empresas medianas [Benítez, 2017 citando a Centro Nacional de Producción más Limpia, 2004; Restrepo et al. 2006].

El panorama actual de las curtiembres en Colombia es de tendencia a la baja, presentándose este fenómeno desde mediados de 2012. Esto debido en gran parte, a las exigencias normativas en materia de gestión ambiental, especialmente relacionadas con el recurso hídrico, puesto que por la naturaleza de las empresas se les hace complicado la implementación de sistemas de tratamiento de los efluentes que generan, catalogados como de importancia ambiental por sus altas cargas contaminantes.

Curtiembres como foco de contaminación ambiental

Las pieles de los animales, especialmente ganado vacuno y lanar, utilizadas desde la prehistoria para la elaboración de prendas de vestir, una vez sacrificado el animal son sometidas a un proceso de acondicionamiento dividido en tres etapas de producción (véase la gráfica 1), rivera, donde se retira el exceso de sal de las pieles, se hidratan y se retira el exceso de carne que contiene, curtido, que da la propiedad a la piel de no putrescible y la etapa de acabado donde se realizan detalles finales como el suavizado y en algunos casos, pintado del cuero [Téllez et al., 2004]. Lazo (2017) y Pilco & Miranda (2020) aseguran que “por cada tonelada de cuero crudo se emplean 500 kilos de productos químicos, de los cuales solo el 15% queda en el cuero acabado y

el 85% restante se forma parte de los contaminantes ambientales”.

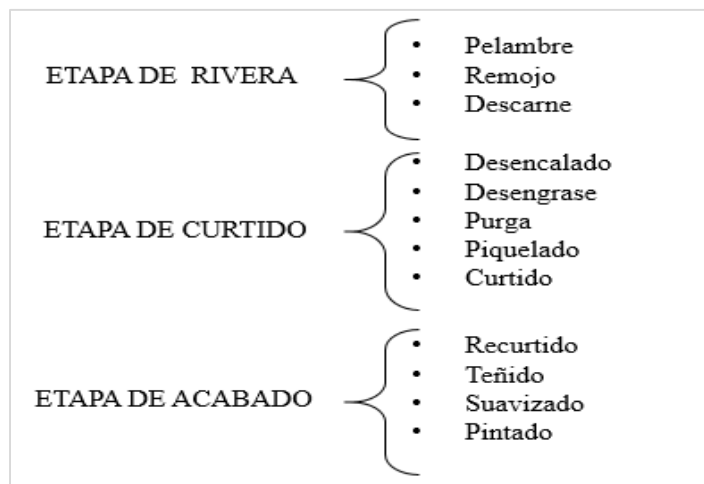
En el proceso productivo de una curtiembre se generan tres tipos de residuos básicamente: sólidos, gaseosos y líquidos. Los primeros están compuestos por residuos de piel y materia orgánica putrescible (grasa y pelos) provenientes especialmente de las etapas de pelambre y descarte. Las emisiones a la atmósfera que se presentan en esta industria están dadas por material particulado compuesto por una mezcla de restos de pelo y de químicos utilizados en el proceso, malos olores producto de la descomposición de la materia orgánica (pieles en tratamiento) y el sulfuro de hidrógeno (H₂S), que tiene un olor característico a huevo podrido, a causa de la unión de las aguas del proceso de pelambre con las aguas ácidas (con presencia de cromo) del proceso de curtido. En cuanto a los residuos líquidos, o efluentes, están compuestos principalmente de materia orgánica (grasas, pelo, sangre y restos de cuero), sales y residuos químicos como el cromo que las convierte en un contaminante de especial interés ambiental debido al impacto que se genera cuando estas aguas son liberadas al río, a través del alcantarillado público o directamente al cauce de un río o quebrada, sin tratamiento previo (Benítez, 2017).

La contaminación ambiental en una curtiembre se da desde el instante en el que las pieles de los animales ingresan, ya sea curadas o frescas, por el fuerte olor que emiten que causan malestar a los trabajadores y atraen moscas y roedores, cuando se dejan en almacenamiento. En el caso de las pieles frescas el primer paso es curarlas con la adición de sales; en el caso de llegar curadas son sometidas a remojo para eliminar el exceso de sal, humectarlas y devolverles elasticidad, es decir, se generan aguas residuales salinas. A partir de ese momento cada etapa por la que pasa el cuero en su proceso de transformación añade al agua más sales y ácidos que a su vez van generando reacciones químicas que le dan a las aguas de estas industrias el título de

potenciales contaminantes ambientales, al mismo tiempo que se generan residuos sólidos y se emiten a la atmosfera partículas que contaminan el ambiente y afectan especialmente a los operarios que realizan las actividades de transformación del cuero.

Figura 1.

Esquema general del proceso productivo de una curtiembre



Nota: El grafico muestra la organización del curtido de cuero por etapas. Fuente de elaboración propia

La cadena de transformación del cuero implica entradas y salidas en la que ingresan en cada etapa pieles en condiciones específicas, provenientes de la etapa inmediatamente anterior, y reactivos que tienen como función facilitar el proceso de acondicionamiento de las pieles hasta llegar al objetivo final, un cuero no putrescible que puede ser utilizado ampliamente. Junto con las entradas al sistema, por cada etapa y cada subproceso que se lleva a cabo en ella existen unas salidas comprendidas tanto por las pieles, que van avanzando en su proceso de transformación, como de residuos, en su mayoría contaminantes, que requieren tanta atención como los mismos cueros, que son el objetivo principal. Materia orgánica, tensoactivos, sales, ácidos, grasas y solidos componen los elementos de la salida de los diferentes procesos de curtido, que requieren

un adecuado tratamiento antes de ser vertidas al alcantarillado público o a un cuerpo de agua. Sin embargo, y para motivo de preocupación, no todas las curtiembres cuentan con sistemas de tratamiento de las aguas residuales que se generan en sus procesos, y sus vertimientos pasar a constituir un grave problema ambiental.

Composición de las aguas residuales de curtiembres

Las aguas residuales de las curtiembres están compuestas por materia orgánica, sales, tensoactivos y ácidos, resultantes de cada una de las etapas de acondicionamiento de las pieles que se llevan a cabo dentro de una curtiembre (véase tabla 1). Estos compuestos son los responsables del aumento de los sólidos en suspensión, la DBO, DQO, el cromo, cloruros, sulfuros, la reducción de oxígeno, entre otros, gracias a lo cual las curtiembres son señaladas como “altamente contaminantes del recurso hídrico” [Benítez, 2017].

Conocer la composición de las aguas residuales de las curtiembres por sí solo no tiene relevancia en un estudio medioambiental, es necesario identificar el impacto que los compuestos de estos efluentes pueden generar en si llegan a una cuenca hídrica, ya sea vertidos directamente o a través de los canales de los sistemas de alcantarillado público. Con el objetivo de ahondar más en los posibles efectos de las aguas residuales en el medio se analizan algunos parámetros de mayor interés.

La Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), entendida como la cantidad de oxígeno que utilizan los microorganismos en un medio para descomponer la materia orgánica, es uno de los parámetros de mayor interés en el estudio de la contaminación ambiental, pues niveles elevados de este parámetro en una cuenca hídrica indica que el oxígeno disuelto presente está siendo utilizado para la biodegradación de materia orgánica en exceso que está llegando al medio,

generando una reducción en los niveles de oxígeno indispensables para el normal desarrollo de la vida acuática. Es decir, que el aumento en los valores de DBO es directamente proporcional a la degradación ambiental de la cuenca. En el caso de las curtiembres, y de acuerdo con Lazo (2017), el aumento de este parámetro se da tanto en la etapa de rivera como de curtido y pos curtido. Por otro lado, los altos niveles de Demanda Química de Oxígeno (DQO) en las aguas residuales de las curtiembres indican la presencia de materia orgánica e inorgánica que debe ser oxidada, lo que, al igual que la DBO, demanda un mayor consumo de oxígeno en el medio receptor afectando la calidad del agua.

Tabla 1

Impacto de los efluentes de curtiembres por etapas

Etapa	Contaminante	Afectación hídrica
Etapa de rivera	Pelos y grasa	Aumento de los sólidos suspendidos y la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO ₅)
	Residuos de cal, sulfuro y alcalinos	
	Residuos de sales, nitrógeno amoniacal y tensoactivos	
Etapa de Piquelado y curtación	Cromo	Aumento de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)
	Ácido sulfúrico	
	Sales de sodio (bicarbonato y/o formiato)	
Etapa de post-curtido	Virutas, restos de cuero	Aumento en los sólidos suspendidos

Nota: Esta tabla resume lo los tipos de contaminantes de una curtiembre por etapas y cómo afectan el recurso hídrico. Fuente: <https://repository.ugc.edu.co/handle/11396/3458>

El cromo (Cr) hace parte del grupo de químicos utilizados en el proceso de curtido de pieles, siendo empleado en su forma menos toxica (Cr⁺³) para llevar los cueros tratados a un

estado no putrescible para ser empleados posteriormente en labores de marroquinería, artesanías y confección. Mediante un proceso de oxidación el Cr^{+3} se convierte en cromo hexavalente (Cr^{+6}) considerándose esta nueva forma como el contaminante de mayor importancia entre los efluentes de las curtiembres por su efecto en el medio ambiente y la salud humana [Pilco & Miranda, 2020]. Afectaciones al sistema respiratorio, retal e inmunológico en seres humanos son algunos de los efectos nocivos reportados por Téllez et al. (2004) y Lazo (2017) con respecto a los efectos nocivos en humanos.

La característica de solubilidad del cromo, un material anfótero, hacen que su dispersión por el medio acuático se dé a gran velocidad desde el momento en que es agregado a las pieles a curtir, que depende además del grado de pH que tenga el efluente, pues a mayor valor de pH más aumenta la solubilidad del cromo que se traduce en generación de compuestos por reacciones secundarias como el Cromo hexavalente (Cr^{+6}), que es bioacumulable, por tratarse de un metal pesado, y genera una alta cantidad de impactos al medio ambiente, incluida la afectación a la salud humana [Paredes, 2021]

Alternativas de tratamiento

Para el tratamiento de las aguas residuales industriales se utiliza diferentes métodos, utilizados en la mayoría de los casos de manera combinada. Los métodos clasificados como biológicos, físicos y químicos se combinan entre sí para una mayor eficiencia en el tratamiento de los efluentes, dicha combinación va a depender de factores como el caudal de agua a tratar, las cargas contaminantes, la disponibilidad de espacio, el objetivo del tratamiento, entre otros. En el caso de tratamiento de aguas de curtiembres comúnmente se utilizan tratamientos fisicoquímicos solos o combinados con tratamientos biológicos (estos en casos donde la

disponibilidad de espacio es alta). Para los tratamientos fisicoquímicos se utilizan agentes químicos y materiales específicos, mientras que para tratamientos biológicos se han hecho estudios donde se implementan desde plantas, como la *spirulina sp* [Meneses et al., 2019], *Eichhornia Crassipes* [Carreño, 2016], hasta restos de frutas y/o vegetales como en el estudio realizado por Morocho (2017) en el que se utilizó cascara de naranja y salvado de trigo como alternativa para la remoción de contaminantes de las aguas residuales de la industria curtidora.

Las diferentes alternativas de tratamiento de los efluentes industriales tienen un objetivo general, eliminar o reducir la carga contaminante de las aguas residuales que se manifiestas especialmente como DQO, DBO, metales pesados, sulfuros, cloruros y solidos disueltos. Independientemente del método a utilizar los tratamientos inician con un proceso físico de remoción de los sólidos de mayor tamaño, mediante el uso de rejillas a la entrada del canal de desagüe de las aguas residuales, y en el caso de tratamientos completos, finalizan con el tratamiento de los lodos resultantes del tratamiento elegido (especialmente en tratamiento fisicoquímicos). Al proceso completo de tratamiento de un efluente se le llama tren de tratamiento clasificado en tres fases, tratamiento inicial (rejillas), tratamiento secundario (fisicoquímicos o biológico), tratamiento terciario (en caso de tratamientos avanzados) y el tratamiento de lodos como complemento.

En un intento por contribuir a hacerle frente a la problemática del manejo de las aguas residuales de las curtiembres se han realiza diversas investigaciones que involucran alternativas biológicas como las presentadas por Sibaja, (2020), Paredes, (2021), Moreno & Téllez (2020), Pabón & Rosas (2016), enfocados principalmente en la remoción de Cr^{+6} con resultados satisfactorios. Monroy et al. (2021) desarrollaron, a escala piloto, una investigación en la que se diseñó un sistema de absorción del Cr^{+6} usando cascara de naranja y salvado de trigo con

significativo resultado que tuvo variación de acuerdo al pH de las muestras analizadas. Meneses et al. (2019) implementaron un sistema que implica tratamiento físico-biológico con remociones de Cr hasta del 96%, al mismo tiempo que Benítez & Peña (2019) en su estudio proponen una alternativa que además permite el reciclaje del cromo reduciendo los costos de operación de las curtiembres.

Méndez et al. (2017) realizaron estudios sobre diferentes procesos para el tratamiento clasificándolos en tres grupos:

- Procesos biológicos aeróbicos (oxidación de la materia orgánica, nitrificación, oxidación aerobia de sulfuro, desnitrificación heterótrofa, desnitrificación autótrofa) en los que se pueden conseguir porcentajes de remoción de DBO, DQO, sólidos suspendidos y Cromo del 25,9%, 37,7%, 75% y 71,2% respectivamente.
- Procesos biológicos anaeróbicos (digestión anaerobia, reactores con biopelícula) y
- Tratamientos avanzados (biorreactores de membrana) como alternativas de tratamiento de los efluentes de las curtiembres.

Existen otros autores que también han documentado alternativas para el tratamiento de las aguas residuales de las curtiembres, como Puenguenán & Segura (2013) que explican el proceso de electroflox, Morocho (2017) que planteó el tratamiento de las aguas en mención mediante la aplicación dosificada de EMAs, Pilco et al. (2018) que propone la remoción de cromo mediante electrodiálisis. Por otro lado, Fúquene et al. (2018) formularon una propuesta para la reducción de la contaminación ambiental por los efluentes de las curtiembres mediante la reutilización de las aguas de pelambre, reduciendo además los costos del proceso.

Durai & Rajasimman (2010) en un estudio denominado “biological treatment of tannery wastewater – a review” (“tratamiento biológico de las aguas residuales de las curtiembres – una

revisión”) en el que se analizó el impacto de los efluentes de las curtiembres y las alternativas de tratamiento físico, químico y biológico que existe, se tomaron en consideración sistemas aerobios y anaerobios en los que se medían Demanda Química de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, cromo, Sólidos Volátiles, entre otros. A partir de los resultados concluyeron que la aplicación de tratamientos combinados entre físico-químicos y biológicos dan mejores resultados que realizándolos de forma individual. Además, en cuanto a tecnologías empleadas, el reactor anaerobio de manto de lodos de flujo ascendente (UASB) presenta un mejor desempeño en comparación con otras tecnologías.

Biológicas

Los tratamientos biológicos de aguas residuales involucran principalmente plantas acuáticas (fitotratamiento) que tienen características acumulativas, que les permite extraer contaminantes, metales pesados en su mayoría, de los efluentes y absorberlos en sus raíces, tallos y hojas. Carreño, (2016) realizó un estudio a escala piloto para remoción de cromo en aguas residuales de curtiembre con la implementación de *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) en el que se presentaron excelentes resultados en remoción gracias a las características bioaculadora de metales que presentan esta especie de plantas. En el estudio se obtuvieron remociones hasta del 58% para cromo y 80% para DBO, lo que es un balance porque significa la reducción en el consumo de sustancias químicas utilizadas comúnmente para el tratamiento de las aguas residuales. Carreño, (2016) aclara que se debe hacer un buen manejo de las plantas utilizadas, pues contienen grandes cargas contaminantes de cromo y otras sustancias químicas presentes en el efluente.

Pero no solo las plantas acuáticas son utilizadas para tratamientos biológicos, en 1998 Gil

y Saldarriaga en un estudio llamado “uso de ceniza volcánica para la remoción de Cromo (III) de los efluentes líquidos de curtiembre” muestran la efectividad de una alternativa de tratamiento biológico para los efluentes de curtiembres, utilizando ceniza volcánica. Este estudio mostró altos porcentajes de remoción, demostrando su efectividad a bajos costos de tratamiento.

Físico biológicas

Por tratarse de efluentes con cargas contaminantes variadas, en la mayoría de los casos, a veces los tratamientos biológicos por si solos no es suficiente, por lo que se hace necesario la complementación del tratamiento con alternativas de pretratamiento como las rejillas y trampas de grasa que son tratamientos físicos que ayudan con la remoción de sólidos suspendidos (o partículas de mayor tamaño) que, de no tratarse, pueden llegar a reducir la efectividad del tratamiento biológico. Además, cuando se implementan plantas como fitorremediadoras, una vez cumplido su propósito se les debe dar una adecuada disposición a través de un tratamiento físico como la incineración.

Físico químicos

Los tratamientos químicos son con frecuencia los más utilizados en las empresas por ventajas como la implementación en espacios reducidos, la simplicidad de los sistemas y la poca mano de obra requerida. Este tipo de tratamientos incluyen la utilización de químicos como los polímeros coagulantes y floculantes que remueven sólidos y, en menor porcentaje, hasta metales pesados como el cromo.

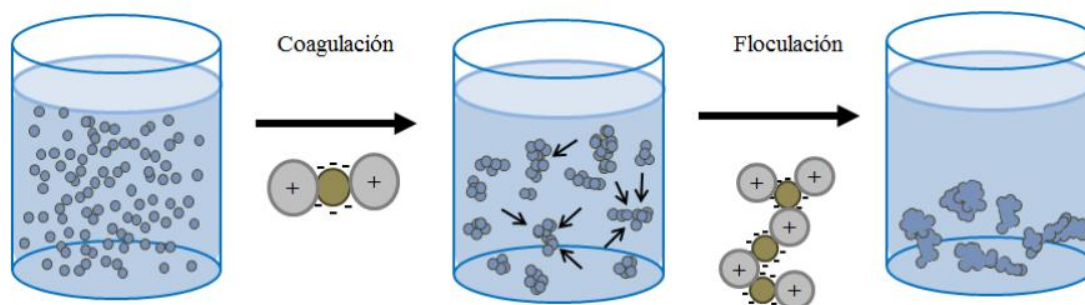
Este tipo de alternativa es idónea para implementar en las empresas sin disponibilidad de espacio, pues a diferencia de los métodos biológicos, se pueden instalar en espacios reducidos.

Implica el uso de tanques y la adición de ciertas sustancias químicas, como el hidróxido de calcio o cal ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), que ayudan a la floculación y precipitación de compuestos presentes en las aguas residuales y no tiene efectos adversos para el medio ambiente ni para la salud humana.

Entre los procesos más comunes en el tratamiento de efluentes industriales están la coagulación y la floculación. En la primera, de acuerdo con Vega (2020), se añade al efluente “sulfato o cloruro de aluminio con la intención de que los sólidos en suspensión se adhieran y se precipiten”. En el segundo, floculación, los sólidos precipitados se adhieren, gracias a la acción química de polímeros floculantes (figura 2).

Figura 2

Proceso de coagulación y floculación



Fuente: Quiroga et al. (s.f)

Reutilización de cromo

De acuerdo con Vega (2020), la reutilización de cromo dentro de una curtiembre se puede realizar instalando en la salida del bombo una bomba de extracción que lleve las aguas hasta un tanque de almacenamiento en el que se le adiciona hidróxido de sodio como agente precipitante. Una vez ocurrida la precipitación el agua sobrante es trasladada a un tanque para proceder a tratar el hidróxido de cromo obtenido del proceso anterior adicionando hidróxido de sodio y

ácido fórmico para la regeneración del cromo que podrá ser utilizado nuevamente en el proceso de curtido.

Esta es una alternativa propuesta por Cárdenas (2012) dentro de las estrategias de Producción Más Limpia para las curtiembres en el Valle del Cauca, representando un gran beneficio ambiental y financiero que puede ser implementado por todas las curtiembres encaminadas al desarrollo sostenible (teniendo en cuenta los tres pilares de la sostenibilidad: sociedad, economía y medio ambiente).

Finalmente, sobre las alternativas de tratamiento de aguas residuales es importante conocer las ventajas y desventajas de las mismas. Los tratamientos físicos tienen como ventajas que no requieren el uso de químicos, por tanto, no genera desperdicios que requieran un posterior tratamiento, previenen daños en los aparatos utilizados dentro de un sistema; pero con la desventaja de no ser suficientes para remover todos los contaminantes del agua, por tanto, siempre necesitan ser complementados con un tratamiento químico, biológico o una combinación de ambos. En cuanto a los tratamientos biológicos comparten la misma ventaja que los físicos en relación con el uso de químicos, son utilizados para generación de subproductos que benefician a las empresas (compost y biogás) por lo que suelen ser muy atractivos si de generar beneficios económicos se trata. Además, en casos como las lagunas, se incorporan naturalmente al paisaje. Desafortunadamente para la implementación de este tipo de alternativas de tratamiento se requiere de una amplia disposición de espacio, por lo que limita su aplicación para las medianas y pequeñas empresas que, en muchos casos, funcionan en sitios alquilados.

Finalmente están los tratamientos químicos, los más utilizados por la facilidad de operación de sus sistemas, la accesibilidad a los insumos, adaptabilidad a pequeños espacios y eficiencias demostradas en la remoción de la mayoría de los contaminantes de los efluentes.

Entre las desventajas de esta alternativa están los subproductos generados por el uso de químicos (recipientes que requieren de posterior tratamiento), y los costos que implican la compra constante de químicos.

Gestión ambiental

La Real Academia Española define gestionar como la acción de “manejar o conducir una situación problemática”, por tanto, se puede definir la gestión ambiental como la acción de manejar las situaciones problemáticas relacionadas con temas ambientales que abarcan los relacionados con la contaminación atmosférica, del suelo e hídrica. Teniendo en cuenta esta definición se toma como referencia normativa la NTC ISO 14001 de 2015 que sirve como directriz para todas aquellas empresas, sin importar su índole, tamaño o ubicación geográfica, que propenden por la sostenibilidad mediante la implementación de sistemas de gestión ambiental, es decir, proyectos en pro de la mitigación de los impactos ambientales identificados por cada aspecto ambiental de la organización.

Para la implementación de un sistema de gestión ambiental la norma utiliza la metodología PHVA (figura 3) incorporada con los principios básicos de la misma. Dicha metodología organiza la realización de un proyecto en cuatro pasos, tomando en consideración las condiciones internas y externas de la organización. A continuación, se describen las cuatro fases de la metodología

Planificar: Se establecen los objetivos de la organización en materia de gestión ambiental, teniendo en cuenta la política ambiental de la organización (considerando que la empresa no cuenta con una política ambiental clara, se procede al establecimiento de la misma de acuerdo con la NTC ISO 14001). El planteamiento de los objetivos se realiza con base en el

estado actual de la empresa, es decir, se debe conocer la misión, visión, objetivos de calidad y demás aspectos importantes como los estados financieros y las condiciones de mercado actuales. Siempre los objetivos deben ser alcanzables y formulados con fechas límites de realización.

Hacer: Una vez planteados los objetivos se procede a realizar las actividades que sean necesarias para el objetivo de los mismos, de acuerdo con los tiempos estipulados.

Verificar: Cuando se pone en marcha un proyecto se debe hacer un constante seguimiento a todas las operaciones que se desarrollan en el mismo buscando siempre oportunidades de mejora que garanticen la continuidad del proyecto con el tiempo, apuntando a la obtención de los mayores beneficios para las partes interesadas. Todas las novedades encontradas en esta fase deben ser registradas y notificadas a la alta gerencia para formular planes de acción.

Actuar: Listo el paso anterior y formulados los planes de acción se procede a la ejecución de los mismos, siempre en aras de la mejora continua.

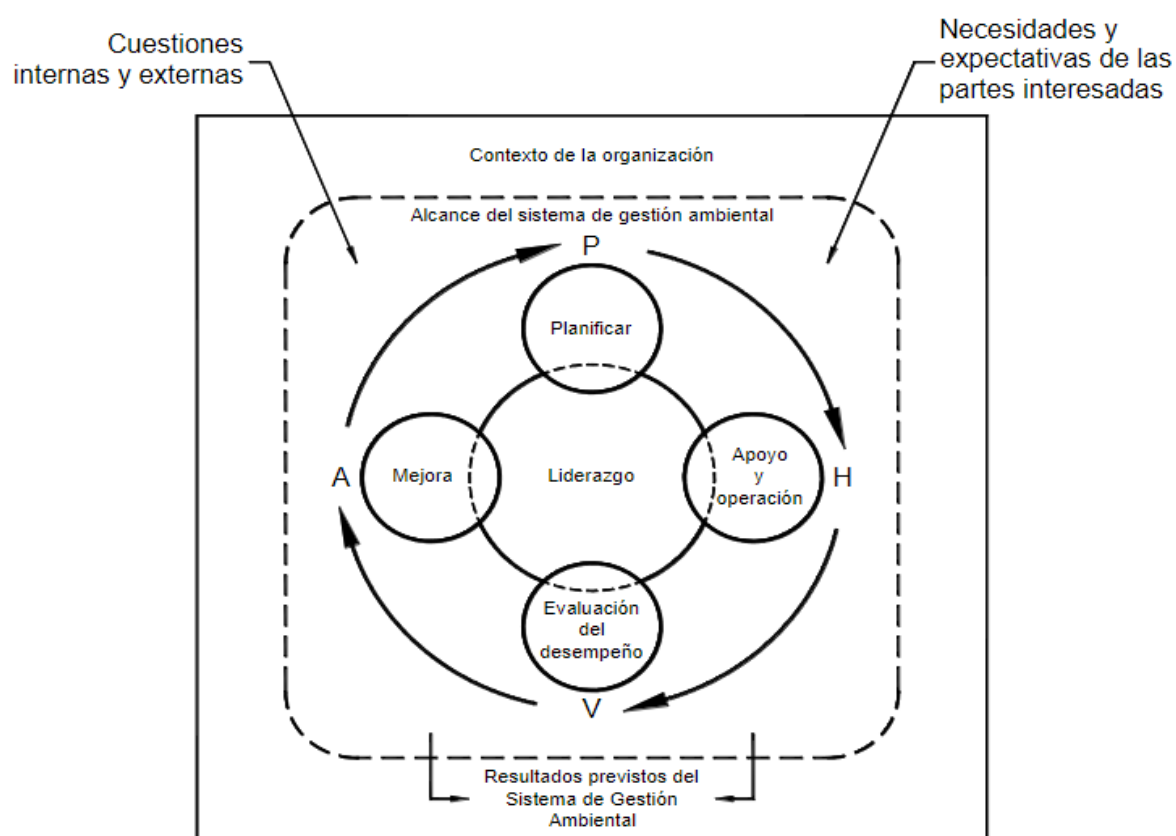
En el marco de la gestión ambiental se utiliza con frecuencia una terminología específica definida en la ISO 14001:2015, en la que hace referencia a un aspecto ambiental como elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que interactúa o puede interactuar con el medio ambiente y que se clasifican de acuerdo al número y severidad de impactos ambientales que causen, catalogando, así como aspectos ambientales significativos aquellos que tienen impacto ambiental significativo. A su vez aclara la diferencia entre este e impacto ambiental, definido como la modificación del componente ambiental, positiva o negativa, como consecuencia parcial o total de los aspectos ambientales de una organización.

Esta norma también entrega una definición del término auditoría, expuesta como “proceso sistemático, independiente y documentado para obtener evidencia del cumplimiento o

no cumplimiento de ciertos criterios establecidos por un grupo auditor, para determinados procesos o un proceso específico dentro de una organización y lo complementa definiendo lo que es una acción correctiva (estrategia para eliminar las causas de una no conformidad y evitar que vuelva a ocurrir, considerando que existe la posibilidad de que haya más de una causa para una no conformidad).

Figura 3.

Ciclo PHVA ISO 14001



Fuente: NTC ISO 14001.

Marco Normativo de Referencia

- **Constitución política de Colombia de 1991:** En esta, el principal referente normativo que se tiene en nuestro país, en el cual, en materia ambiental se dictamina lo siguiente:
 - Artículo 79. “Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano”.
 - Artículo 80. “El Estado deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados”.
 - Artículo 95 numeral 8. “Son deberes de la persona y el ciudadano proteger los recursos naturales del país y velar por la conservación de un ambiente sano”.

- **Ley 99 de 1993.** “Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones”.

- **Ley 373 de 1997.** “Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua”. Esta ley además establece el reuso del agua de acuerdo al tipo de proyecto, al mismo tiempo que habla sobre la implementación de tecnologías de bajo consumo de agua, entre otras disposiciones en relación con el recurso hídrico.

- **Resolución 0631 de 2015.** “Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a

los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones”. Esta es la norma con la cual se rigen las autoridades ambientales locales para ejercer el control de los vertimientos que generan las empresas en diferentes sectores productivos.

- **Decreto Único Reglamentario 1076 de 2015.** Por medio del cual se expide el decreto único reglamentario del sector ambiente y desarrollo sostenible. Este decreto copila la normatividad expedida por el Gobierno Nacional, y sus diferentes Instituciones, correspondiente al sector ambiental.
- **NTC-ISO 14001:2015. Sistema de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso.** En esta norma tiene como objetivo proporcionar a las empresas un marco de referencia para la implementación de un buen sistema de gestión ambiental. En ella se da orientación para la implementación de planes de manejo ambiental, basándose en el ciclo PHVA, y proporciona a la alta gerencia información para contribuir con la protección del medio ambiente a través de programas de mejoramiento ambiental que se traducen en acciones de prevención, corrección o mitigación de impactos ambientales adversos. Además, proporciona información relacionada con la obtención de beneficios financieros a los cuales puede acceder una empresa con el cumplimiento de la normatividad ambiental, al mismo tiempo que se hace visible ante las partes interesadas, aumentando sus posibilidades de éxito en el mercado.

Metodología

Área de estudio

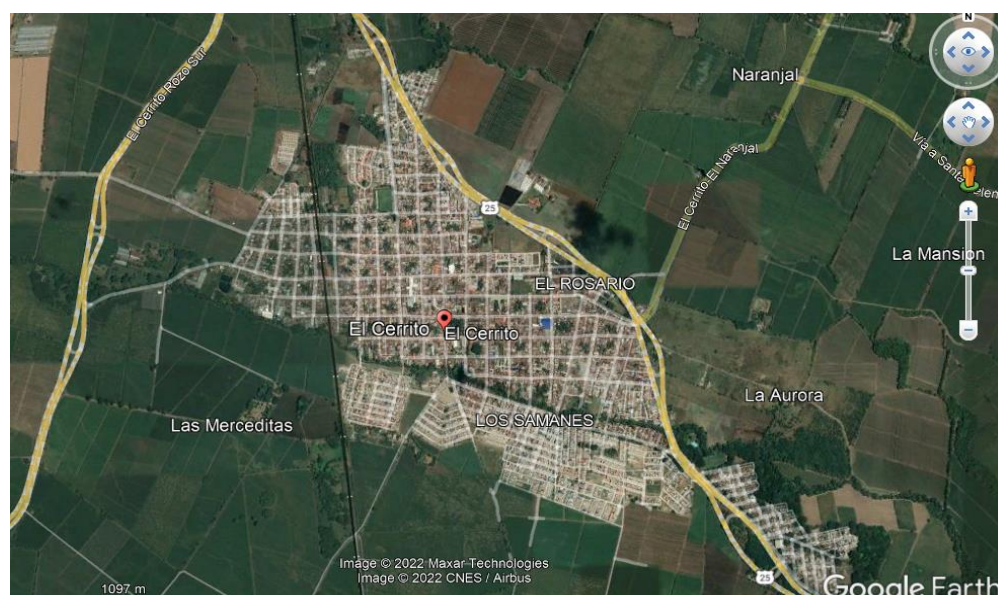
En el municipio de El Cerrito en el departamento del Valle del Cauca, en la cabecera municipal barrio Santa Bárbara, uno de los barrios más populares del municipio, se encuentra ubicada la curtiembre Pergamino Leather, una pequeña empresa dedicada a la actividad de curtido y comercialización de cuero vacuno.

Ubicación geográfica

En la figura 4 se representa el municipio de El Cerrito ubicado entre los municipios de Palmira, Guacarí y Ginebra, con coordenadas $3^{\circ}41'51''$ de latitud norte y $76^{\circ}20'33''$ de longitud al oeste. En la figura 5 se muestra la ubicación geográfica de la curtiembre Pergamino Leather.

Figura 4

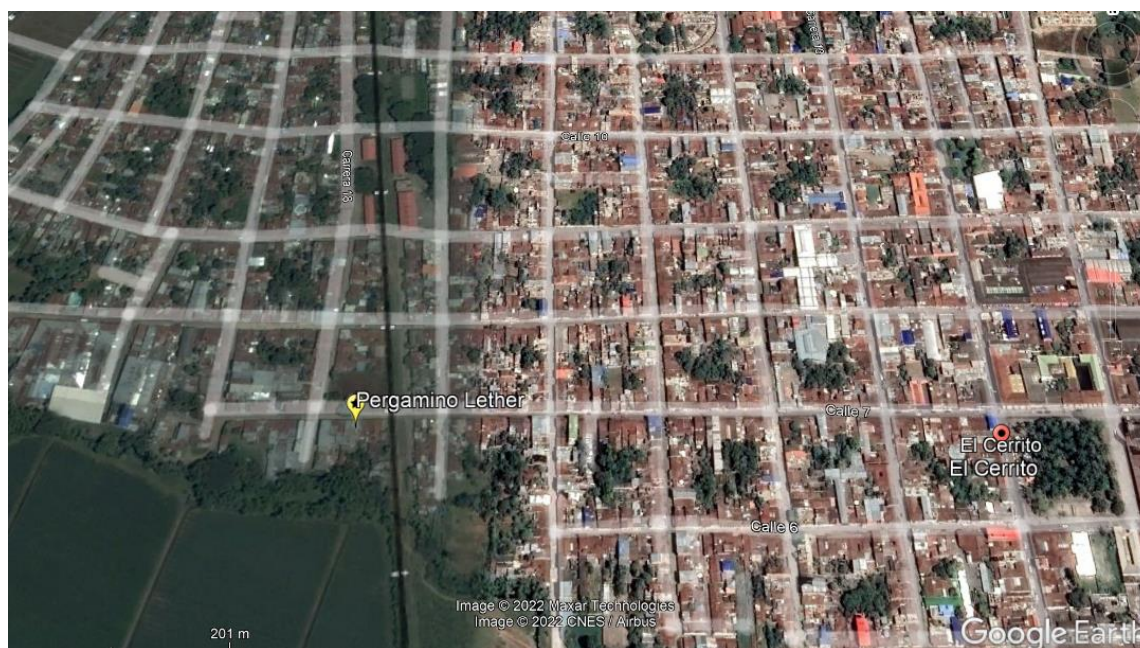
Ubicación Geográfica El Cerrito, Valle del Cauca



Nota: Ubicación del municipio de El Cerrito en el mapa. Fuente: (Google Earth Pro Desktop)

Figura 5

Ubicación Geográfica Pergamino Leather.



Nota: Ubicación de la curtiembre Pergamino Leather en el mapa del municipio de El Cerrito.

Fuente: (Google Earth Pro Desktop)

Descripción de la empresa

Pergamino Leather es una curtiembre ubicada en el municipio de El Cerrito catalogada como pequeña empresa que se dedica a las actividades de curtido y comercialización de cuero vacuno utilizando como método de producción la curtación al cromo. Pergamino Leather, con 11 trabajadores y 7 años en el mercado, se dedica a la curtación de pieles al pelo para posteriormente ser entregados al mercado internacional. De un promedio de 600 pieles que se procesan en el mes, la empresa comercializa a nivel local la carnaza y otros subproductos generados en el proceso.

Identificación del proceso de curtido del cuero de la empresa Pergamino Leather

En términos generales el tratamiento de pieles, conocido como curtido, va desde salar las pieles hasta tinturarlas para su comercialización y uso pasando por tres etapas con procedimientos específicos que le dan al cuero sus características de calidad. Sin embargo, no todas las curtiembres realizan esos procesos, dependiendo del tamaño de la misma y el tipo de cuero que comercialicen. Para el caso de la curtiembre Pergamino Leather se vende cuero al pelo, por lo tanto, no requiere un proceso de pelambre, tal como se indica en el desglose.

Pre - remojo.

Las pieles que llegan saladas a la empresa (figura 6) son sumergidas en aguas adicionando sal y bactericida como preparación de la piel para los procesos que van a continuación. Durante este proceso se dejan las pieles en los bombos durante aproximadamente un día, con el objetivo de garantizar la curación de la piel para que no se descomponga.

Figura 6

Pieles saladas antes del proceso de pre-remojo y lavado



Nota: Pieles saladas llevadas recientemente a la curtiembre. Fuente: elaboración propia

Lavado

El cuero que ha estado en pre-remojo es lavado con el objetivo de retirar el exceso de sal y bactericida aplicado mientras se humecta para devolverle la flexibilidad que ha perdido por la sal durante el proceso de curación. Esta etapa requiere un gran volumen de agua, que es adicionada a las pieles dentro de un bombo en un periodo comprendido entre 2 y 5 días, por tratarse de pieles conservadas (con adición de sales y bactericidas para prevenir el deterioro). Este proceso, de acuerdo con Cárdenas (2012), genera altas cargas de DBO (Demanda Biológica de Oxígeno) y de SS (sólidos disueltos) por la sal que contiene la piel y los bactericidas aplicados con el agua.

Para el caso de la curtiembre Pergamino Leather, su comercio es de pieles al cuero, por lo que pasan del proceso de lavado directamente al descarne, es decir, no existe un proceso de pelambre comúnmente conocido en otras curtiembres, cuyo objetivo es quitar los pelos de la piel antes de la curtición. Esto representa una ventaja para la curtiembre en cuestión, pues durante el proceso de pelambre se emplean grandes cantidades de químico (principalmente sulfuro) que incrementan los costos de operación y aumentan las cargas contaminantes de los efluentes.

Descarne

Una vez lavadas las pieles se realiza un proceso de descarne en el que se retira el exceso de carne de la piel que continua en el proceso y que puede dañar las pieles. El producto resultante de esta etapa es llamado carnaza (figura 7), que en el caso de la curtiembre Pergamino Leather, es vendida a terceros para procesos de marroquinería como elaboración de correas. Una vez finalizado este proceso cuero ha perdido peso y volumen, por lo que facilita más el manejo en las etapas posteriores.

Figura 7*Carnaza*

Nota: Carnaza resultante del procesos de descarne y lista para ser comercializada.

Fuente: elaboración propia

Piquelado

Esta etapa tiene como objetivo preparar las pieles para el proceso de curtido mediante un la acidificación en un medio salino, especialmente con la adición de ácido sulfúrico, bicarbonato y formiato de sodio, que son añadidos a las pieles dentro del bombo durante aproximadamente 2 horas y media, según especificaciones dada por operarios de la curtiembre Pergamino Leather. Las aguas procedentes de este proceso (salificadas en gran parte), son las responsables en gran parte del cloruro de las aguas residuales de las curtiembres, al igual que los efluentes del proceso de pre-lavado y lavado.

Curtido

En esta etapa se acidifican las aguas con la adición de curtientes vegetales, animales, sintéticos, etc., estando el cromo entre el “agente químico más utilizado por el 80% de las curtiembres en el mundo” [Cárdenas, 2012], especialmente en forma de Sulfato básico trivalente

de cromo (Cr_2O_3). Tiene como objetivo llevar las pieles a un estado no putrescible, mediante la reacción química entre el colágeno de la piel y el agente curtiente durante un tiempo estimado de 12 horas, dependiendo del grosor de las pieles que se están tratando. Aunque en este proceso el volumen de agua es menor que el de lavado, la carga contaminante es superior y de mayor impacto ambiental por las características ácidas del efluente y las propias del cromo como principal contaminante y cloruro de sodio, pues, de acuerdo con Cárdenas (2012), el curtido de las pieles se realiza en los bombos con el mismo licor procedente del Piquelado.

Engrase

Una vez que se curten los cueros y se realizan las operaciones de recurtido se aplican grasas con la intención de darle suavidad, elasticidad y brillo a los cueros. De este proceso sale un efluente de caudal bajo con un alto contenido de grasas y restos de sustancias utilizadas en el curtido y recurtido. A continuación, la piel se seca con adición de calor de forma mecánica y se acumula en el área de almacenamiento de la empresa, lista para ser comercializada como se observa en la *figura 8*.

Figura 8

Pieles al final del proceso listas para comercializarse



Nota: pieles procesadas listas para la venta. Fuente: elaboración propia

Pasos metodológicos

Objetivo 1. Comparar caracterización con Res. 0631 de 2015

A través de visitas a la empresa se conoció de primera mano el estado actual de la organización en relación al cumplimiento de la normatividad ambiental, que rige actualmente representada por la CVC en el departamento. Además, se conoció el proceso de tratamiento de cuero específico que realizan para tener una visión más clara de los posibles contaminantes que generan.

Se tuvo en cuenta la última caracterización (realizada en agosto de 2021) para comparar los valores reportados con los establecidos por la normatividad vigente encontrándose incumplimiento por parte de la empresa en la mayoría de los ítems comparados. Esto se realizó a través de una tabla comparativa (tabla 2) en la que se tomaron los parámetros de mayor relevancia, en cuanto a su impacto en el componente agua, y se confrontaron con los valores establecidos para este tipo de industria en la normatividad (Res. 0631 de 2015), tanto para vertimientos a cuerpos de aguas superficiales como a alcantarillado público.

Objetivo 2. Análisis de impactos

Para conocer el impacto que generan cada proceso dentro de la curtiembre se elaboró un diagrama de balance de masas indicando las entradas y salidas del sistema, a partir del cual se realizó un diagnóstico ambiental a través de una matriz de aspectos e impactos ambientales, para posteriormente realizar una evaluación de impactos ambientales de acuerdo con la metodología CONESA. Esta metodología, explicada por un documento oficial de la Alcaldía de Medellín (2013), propuesta por Vicente Conesa y colaboradores y simplificada por expertos para facilitar su uso sin dejar a un lado los criterios y algoritmos del original, es utilizada para la evaluación de

impactos ambientales teniendo en cuenta 8 criterios de evaluación, que sirven como base para planes de prevención, mitigación o restauración de daños ambientales causados por una actividad específica (ver anexo A). Esa misma metodología establece unos rangos para calificar los impactos con una semaforización de acuerdo a la calificación obtenida en la matriz de evolución de impactos, así pues, un impacto con una puntuación inferior o igual a 25 es considerada “poco significativa o irrelevante, mayor a 25 e igual o inferior a 50 “moderado” mayor a 50 e igual o inferior a 75 “significativo” y superior a 75 se considera como “muy significativo” (tabla 2). Esta es una manera rápida y fácil de identificar visualmente que tan grave son los impactos generados por la actividad de la curtiembre, así pues, una matriz con muchos impactos en naranja y rojo es causal para activar las alarmas inmediatamente, pues significa que requiere una pronta intervención.

Tabla 2

Rangos para calificación del impacto.

CALIFICACIÓN AMBIENTAL (puntos)	IMPORTANCIA DEL IMPACTO AMBIENTAL
≤ 25	Poco significativo o irrelevante
> 25 y ≤ 50	Moderado
> 50 y ≤ 75	Significativo
> 75	Muy significativo

Nota: Se muestran los rangos de calificación de impactos ambientales, por colores, de acuerdo con la metodología CONESA. Fuente <https://fonvalmed.gov.co/wp-content/uploads/2015/08/GuiaSociAmbiental2014.pdf>

Objetivo 3. Comparar alternativas

Luego del análisis de impactos se tomaron los relacionados con el componente agua,

afectada notablemente por las cargas contaminantes de los efluentes, para buscar alternativas de mitigación a esta problemática a través de una tabla comparativa.

Utilizando fuentes secundarias se realizó revisión bibliográfica para conocer las diferentes alternativas de tratamiento que se han desarrollado anteriormente en casos similares al caso de estudio, teniendo en cuenta variables como el tamaño de la empresa, las cargas contaminantes de sus efluentes, el poder adquisitivo y la ubicación geográfica de la misma. Esta revisión se llevó a cabo buscando en bases de datos confiables, especialmente tesis académicas, y estudios realizados por universidades o entidades confiables como la CVC.

Propuesta de una alternativa de tratamiento

Con base en el modelo PHVA por el cual se rige la NTC ISO 14001 , y teniendo en cuenta la normatividad ambiental colombiana, especialmente la Resolución 0631/15, y las exigencias de la CVC como autoridad ambiental en el Valle del Cauca, se formula un tren de tratamiento para la curtiembre Pergamino Leather, tomando en consideración la disponibilidad de espacio físico y la situación económica de la empresa, con el cual se pretende reducir la carga contaminantes de los efluentes de la misma contribuyendo con el cuidado y la protección de las fuentes hídricas que son las más afectadas por la actividad que desarrolla la empresa. Se pretende utilizar el modelo PHVA como guía para este proyecto de gestión ambiental que debe ser socializado a todos los miembros de la empresa en cabeza de la alta gerencia como líderes comprometidos por trabajar en armonía con el medio ambiente buscando la sostenibilidad de la empresa.

Resultados y discusión

Comparar caracterización con normatividad vigente

Se realizó caracterización de las aguas residuales de la curtiembre Pergamino Leather (ver anexo C), comparando posteriormente los resultados obtenidos con la normatividad ambiental vigente (Res. 0631 de 2015 en la que se establecen los valores máximos permisibles de vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y al alcantarillado público para diferentes actividades) para evaluar su nivel de cumplimiento. Los resultados presentados en la tabla 3 confirman los altos niveles de cargas contaminantes que existen normalmente en un efluente de curtiembre si no cuenta con ningún tratamiento, especialmente cloruro, DBO, BQO, cromo y sólidos totales, que son de especial interés ambiental. Estos resultados demuestran la urgente necesidad de la implementación de un sistema de tratamiento de las aguas residuales de la curtiembre en estudio, pues son aguas que están siendo arrojadas al sistema de alcantarillado público del municipio que finalmente llegan al río Cerrito sin tratamiento alguno por tratarse de un municipio en el que no existe un sistema de tratamiento de sus aguas residuales.

Esta comparación en evidencia el incumplimiento de la normatividad ambiental por parte de la curtiembre Pergamino Leather y despierta preocupación por el manejo que se le da a estas aguas sabiendo los posibles impactos sobre el medio ambiente, despierta el interés sobre las posibles alternativas que se pueden plantear para ayudar a prevenir, mitigar y/o reparar los impactos al medio ambiente causados por la actividad del curtido de pieles, mismas alternativas que son analizadas en este mismo documento.

Identificación y análisis de los impactos generados por las actividades de la curtiembre sobre el medio ambiente

Para la identificación de los impactos generados por la curtiembre Pergamino Leather al

medio ambiente se dividió el proceso por etapas (figura 9) para conocer cuáles son las salidas de cada proceso y poder hacer un análisis de los posibles impactos de estos, encontrando que en todas las etapas se generan efluentes, cuyo tratamiento ideal sería separando los licores de cada etapa y tratándolos por separado, pero que en nuestro caso de estudio no se hace, lo que contribuye al aumento en el impacto de las aguas residuales una vez llegan a su destino final (por las reacciones químicas que se dan cuando las aguas se juntan cargadas de diferentes sustancias químicas).

Tabla 3

Comparación resultados de caracterización con normatividad

Parámetro	Resultado obtenido	Límites permitidos por la Res. 631 de 2015 para vertimientos puntuales		Juicio de valor (Cumple / No Cumple)
		A cuerpos de agua superficiales	A alcantarillado público	
Caudal (L/s)	1,24			
Temperatura (°C)	25	40	40	Cumple
pH	6,67	6,0 – 9,0	5 – 9	Cumple
Hidrocarburos Totales (mg/L)	<0,59	10	10	Cumple
Sulfuros	14,10	3,00	3,00	No Cumple
Cloruros	23506	3000	3000	No Cumple
Cromo	1,71	1,50	1,50	No Cumple
DBO (mg/L)	2821	600	900	No Cumple
DQO (mg/L)	4478	1200	1800	No Cumple
SST (mg/L)	1680	600	900	No Cumple
Grasas y aceites	997,7	60	90	No Cumple

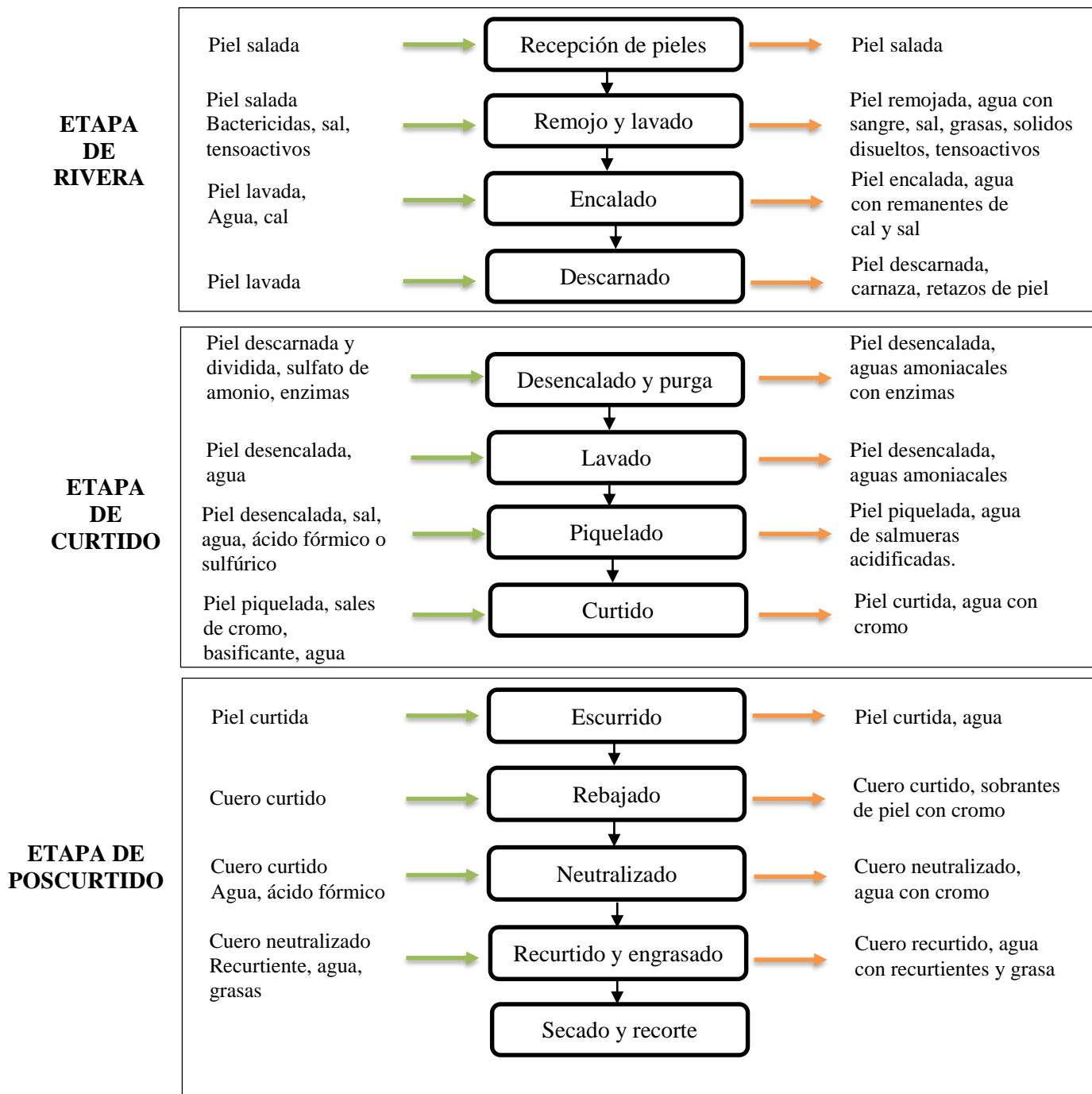
Nota: En la tabla se muestran los parámetros de mayor interés ambiental, haciendo una comparación entre los resultados obteniendo en la caracterización y los valores establecidos por la normatividad tanto para vertimiento a aguas superficiales como al alcantarillado público.

Fuente de elaboración propia.

Figura 9

Diagrama de entradas y salidas del proceso de curtido de pieles en la curtiembre Pergamino

Leather



Nota: Basado en el modelo de Romero (2018), se elaboró el anterior diagrama en que se muestran las entradas y salidas del proceso de curtido de cueros. Fuente de elaboración propia.

Con base en la metodología CONESA se realizó matriz de evaluación de impactos (*ver anexo B*), en la que se identificaron las actividades susceptibles de producir impacto, de acuerdo con los aspectos ambientales en el tratamiento de cueros en la curtiembre Pergamino Leather. Estos aspectos e impactos se enlistaron aparte (tabla 4), para tener una visión más clara en cuanto a los impactos ambientales, en general, de acuerdo a las actividades (etapas del proceso).

Tabla 4.

Identificación de aspectos e impactos ambientales

ASPI	Aspectos	Impacto
Recepción y almacenamiento de pieles	Generación de lixiviados	Contaminación hídrica
	Generación de olores	Alteración social
	Generación de partículas	Alteración de la calidad del aire
	Proliferación de vectores	Trasmisión de enfermedades (afectación social)
Pre remojo	Consumo energía eléctrica	Agotamiento de recursos
	Generación de vertimientos	Alteración de la calidad del agua
	Generación de residuos especiales (restos y envases de productos químicos)	Contaminación de aire, agua, suelo
	Generación de partículas	Alteración de la calidad del aire
Descarne	Generación de residuos orgánicos	Contaminación del suelo
	Generación de partículas (restos de pelo)	Afectación de a la calidad del aire
Enjuague	Consumo energía eléctrica	Agotamiento de recursos
	Generación de vertimientos	Alteración hídrica (eutrofización)
	Generación de residuos especiales (restos y envases de jabones)	Contaminación de aire, agua, suelo
Curtido	Consumo energía eléctrica	Agotamiento de recursos
	Generación de vertimientos	Contaminación hídrica
	Generación de residuos especiales (restos y envases de productos químicos)	Contaminación de aire, agua, suelo
Piquelado	Generación de vertimientos	Alteración hídrica
	Generación de residuos especiales (restos y envases de	Contaminación de aire, agua, suelo

	productos químicos)	
	Consumo energía eléctrica	Agotamiento de recursos
Engrase	Generación de vertimientos	Alteración hídrica
	Generación de residuos especiales (restos y envases con grasa)	Contaminación de aire, agua, suelo
	Consumo energía eléctrica	Agotamiento de recursos
Suavizado	Consumo energía eléctrica	Agotamiento de recursos

Nota: La tabla muestra los aspectos e impactos ambientales en todos los componentes de acuerdo a las diferentes actividades de la empresa. Fuente de elaboración propia

Identificación y evaluación de impactos ambientales

Para conocer la relevancia de los impactos ambientales se realizó la evaluación de impactos ambientales a través de la metodología CONESA (Alcaldía de Medellín, 2013). Para la evaluación los impactos analizados se dividieron de acuerdo a las actividades que se realizan en la empresa y que son susceptibles a causar impacto en el medio ambiente. Una vez identificados y analizados los impactos se separan aquellos que causan impacto directo sobre el componente agua, esto teniendo en cuenta la naturaleza del presente trabajo, la cual se centra en dicho componente.

La identificación y evaluación de los impactos generados por las actividades de la curtiembre Pergamino Leather se evidencian desde la etapa de pre-remojo hasta el engrase. La alteración en la calidad del agua marcada en rojo y, los demás impactos presentados en la tabla 5 (Identificación y análisis de impactos al componente agua), hacen referencia al aumento de parámetros como la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), los cloruros, el cromo, los sólidos en suspensión, que provocan degradación de la vida acuática.

De acuerdo con los rangos de calificación estipulados por la metodología CONESA los impactos de las actividades de la curtiembre al medio acuático están dentro del rango de moderados, significativos y muy significativos; entendiéndose como aquellos que obtuvieron alta calificación en criterios como la duración, magnitud, reversibilidad y extensión. Por ejemplo, la contaminación hídrica causada por los vertimientos que se generan durante el curtido obtuvo la máxima puntuación en el criterio de duración, extensión, reversibilidad y mitigabilidad, esto considerando que una vez el cromo llega a una cuenca hídrica permanece en el tiempo, se extiende porque pasa de un organismo a otro a través de la cadena alimenticia, es irreversible por la solubilidad del Cr+6 lo que finalmente hace casi imposible un proceso de mitigación.

Tabla 5

Identificación de impactos al componente agua.

Identificación de impacto ambiental		
ASPI	Aspecto ambiental	Impacto ambiental
Recepción y almacenamiento de las pieles	Generación de lixiviados	Contaminación hídrica
Pre – remojo	Generación de vertimientos	Alteración de la calidad del agua
Enjuague	Generación de vertimientos	Alteración hídrica (eutrofización)
Curtido	Generación de vertimientos	Contaminación hídrica
Piquelado	Generación de vertimientos	Alteración hídrica
Engrase	Generación de vertimientos	Alteración hídrica

Nota: Se presentan, con metodología de semáforo, los impactos sobre el componente agua identificados por las diferentes actividades susceptibles de producir impacto (ASPI) en la curtiembre, relacionados con sus respectivos aspectos. Fuente de elaboración propia.

Comparación de alternativas de tratamiento

Por medio de una tabla comparativa (tabla 6), se analizaron algunas alternativas de tratamiento para aguas de curtiembre, teniendo en cuentas las ventajas y desventajas que

presentan cada uno de ellos (físico, químico, biológico o combinado) y los recursos utilizados en los estudios documentados por diferentes autores. Esta comparación sirve como base para posteriormente proponer una alternativa de tratamiento para el caso de estudio en particular.

Para la definición de las ventajas y desventajas se tuvieron en cuenta los criterios del uso o no de compuestos químicos, la disponibilidad de espacio requerida para el montaje del sistema, los niveles de eficiencia reportados por los estudios, los posibles costos, el grado de dificultad en el mantenimiento del sistema, entre otros. Teniendo en cuenta las condiciones propias de la curtiembre objeto de estudio, los criterios de disponibilidad de espacio para el montaje del sistema y los posibles costos, son los más relevante.

Tabla 6.*Comparación de alternativas de tratamiento para aguas residuales*

Método	Recurso utilizado	Resumen	Ventaja	Desventaja	Autor (s)
Biológico (fitorremediación)	Eichhornia crassipes	Con el objetivo de comprobar la efectividad del Jacinto de agua (Eichhornia crassipes) en la remoción de cromo y carga organica de efluentes de curtiembres, se realizó un estudio a escala de laboratorio demostrando que es posible lograr remociones superiores al 60% y 80% para cromo y DBO respectivamente. Se concluyó que es una muy buena alternativa para tratar efluentes de curtiembres, pero es necesario que se combine con otra alternativa para lograr niveles de reducción aceptables, de acuerdo con la normativa.	No requiere del uso de químicos. Existe gran disponibilidad de este organismo en humedales, con un alto porcentaje de reproducción.	Para la implementación a escala real se requiere de disponibilidad de espacio para la implementación de esta alternativa. Además, es necesario realizar un manejo controlado de las plantas después del proceso de absorción. El estudio demuestra una absorción incompleta de cromo, por tanto, se debe complementar con otro tratamiento para cumplir con los valores de la normatividad.	Carreño, U.
Fisicoquímico (electroquímico)	Electrodos, agente oxidante, floculantes	Con aguas residuales de la curtiembre Curtipieles de El Cerrito Valle, se realizó un estudio en laboratorio utilizando la técnica de electroflox dividida en tres etapas: electrodisolución, oxidación y floculación. Se obtuvieron reducciones del 99%, 96% y 66% para turbidez, DQO y COT respectivamente, demostrando que	En casos de aplicación a escala real no es necesario gran disponibilidad de espacio. Se ahorra en gastos de productos químicos, pues los electrodos generan sustancias	Genera consumo eléctrico para el funcionamiento de las celdas eléctricas. Se generan lodos que deben ser tratados.	Puenguenán & Segura

		con la implementación de esta técnica en el tratamiento de efluentes de curtiembre es posible lograr reducciones de acuerdo a las exigencias de la normatividad ambiental vigente.	químicas que realizan las reacciones químicas, ahorrando en productos químicos.		
Biológico (fitorremediación)	<i>Chorella sp</i> y <i>scenedesmus obliquus</i>	Se tomaron muestras de musgos en rocas de la rivera del rio Bogotá para obtener las muestras de algas (dos encontradas) y realizar pruebas de laboratorio para comprobar el método de fitorremediación con algas para tratar aguas residuales de la industria curtidora. Los resultados de porcentajes de remoción se dieron en diferentes valores de acuerdo al tiempo de contacto. En el caso de la <i>Chorella sp</i> la remoción estuvo entre el 30 – 88 %, mientras en el caso de la <i>scenedesmus obliquus</i> la remoción del cromo se dio en 95% y 99,8% en 30 y 64 horas respectivamente.	No es necesario comprar sustancias químicas, pues las micro algas se consiguen en medios naturales. No se utilizan compuestos químicos y la remoción alcanza los valores admisibles de acuerdo con la normatividad.	Se generan lodos que deben ser tratados, al igual que las algas cargadas con los metales que absorbieron. Se requiere gran disponibilidad de espacio para la instalación de las piscinas de fitorremediación. El estudio realizado solo muestra resultados para remoción de cromo, pero no hay evidencia de remoción de otros componentes como los sulfuros.	Moreno & Téllez
Químico (coagulación – floculación)	Polímeros inorgánicos	Se analizó la acción de polímeros inorgánicos como coagulantes en el tratamiento de aguas residuales, teniendo en cuenta que la implementación de este tipo de sistemas resulta de baja inversión en comparación con otros sistemas. En los procesos de coagulación y floculación logrados por la acción de los polímeros los porcentajes de	Bajos costos de inversión y fácil manipulación de los sistemas, una vez instalados, que favorece la operación en las empresas. Este tipo de sistemas no requieren de mucho	Se generan lodos que deben ser tratados. El tratamiento es incompleto, por lo tanto, los autores sugieren complementar con otro tipo de tratamiento, que significa un aumento en los costos, mayor requerimiento de espacio y, posiblemente, uso de	Quiroga, Rodríguez, Rangel & Rangel.

remoción de materia orgánica, turbiedad y microorganismos. Los autores sugieren complementar con otra técnica de eliminación para garantizar una mejor calidad de las aguas tratadas.	espacio.	otros productos químicos.
---	----------	---------------------------

Nota: La tabla presenta una comparación entre diferentes alternativas de tratamiento de aguas residuales de curtiembre, teniendo en cuenta criterios como el tipo de tratamiento y los recursos utilizados. Se realizó teniendo en cuenta algunos autores, que se citan en la misma tabla.

Propuesta de alternativa de tratamiento para la curtiembre Pergamino Leather

Consideraciones

La implementación de un sistema de tratamiento requiere de un análisis previo de las condiciones específicas del efluente a tratar como punto de partida independientemente del método que se pretenda utilizar. Para eso se realizan en el laboratorio pruebas que indican los valores precisos de parámetros como el pH, la turbidez, DQO, DBO, entre otros. Además, antes de la puesta en marcha del sistema real se hacen pruebas en prototipos que evitan futuros fallos (desperdicio de tiempo, productos químicos y por supuesto dinero).

Alguna de las pruebas más utilizadas previo a la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales son las pruebas de jarra. En estas se determinan las cantidades de coagulantes y floculantes que se requiere para tratar una determinada agua residual, así como la combinación adecuada de los diferentes polímeros que existen en el mercado para procesos de coagulación y floculación.

Cuando se trata de tratamiento biológicos se deben realizar pruebas sobre el tipo de organismo idóneo para tratar un efluente específico, así como el tiempo que tardan los organismos en realizar el proceso de absorción y las condiciones ambientales que requieren para su supervivencia mientras se realiza el proceso.

Electrocoagulación

Para el caso de la curtiembre Pergamino Leather se contempla la electrocoagulación como una alternativa viable para el tratamiento de su efluente, posterior un tratamiento físico con rejillas para remoción de sólidos de gran tamaño y una trampa de grasas que realicen una limpieza previa de las aguas garantizando la eficiencia del sistema.

Esta tecnología en la que se produce una coagulación de las partículas coloidales solo con el uso de electrodos (sin aplicación de químicos), presenta, de acuerdo con Salas (2020), ventajas como una menor producción de lodos comparado con los sistemas químicos y biológicos, un menor tiempo de acción efectiva, menos espacio para su implementación y con un tratamiento de los lodos sedimentables generados que permite la reutilización del cromo, significando un ahorro significativo en el proceso productivo. En el caso de la curtiembre en cuestión el espacio disponible y el ahorro en los costos de insumos químicos son ventajas importantes, pues la empresa no cuenta con disponibilidad de espacio. Cuando se implementa esta tecnología se debe tener en cuenta el cambio frecuente de los ánodos del sistema que se consumen como parte del proceso, lo que representa una desventaja. Además, la falta de mantenimiento del sistema produce oxidación en los cátodos que reduce la eficiencia del proceso, que también requiere de una conductividad alta todo el tiempo para su correcto funcionamiento.

Como se menciona anteriormente antes de la implementación de un sistema es indispensable que se realicen pruebas piloto, en el caso de este sistema en particular se deben realizar pruebas para conocer la intensidad de la corriente necesaria para su correcto funcionamiento. Conociendo esa variable se puede hacer un estimado del costo de consumo de energía eléctrica que significaría el funcionamiento del sistema, lo cual determina si la empresa cuenta con los medios suficientes, o la responsabilidad social y ambiental, para decidir implementar dicho sistema.

Salas (2020), recomienda que “las aguas residuales de los procesos antes del curtido son básicas, por tanto, no deben mezclarse con las aguas resultantes del proceso de curtido que tienen un pH ácido por la presencia de sales de cromo. La unión de estos dos efluentes produce la formación de H₂S (sulfuro de hidrógeno o ácido sulfhídrico) que es altamente tóxico”; por tanto,

se recomienda separa las aguas de estas dos etapas para ser tratadas por separado y garantizar una mejor eficiencia del sistema.

Pre tratamiento

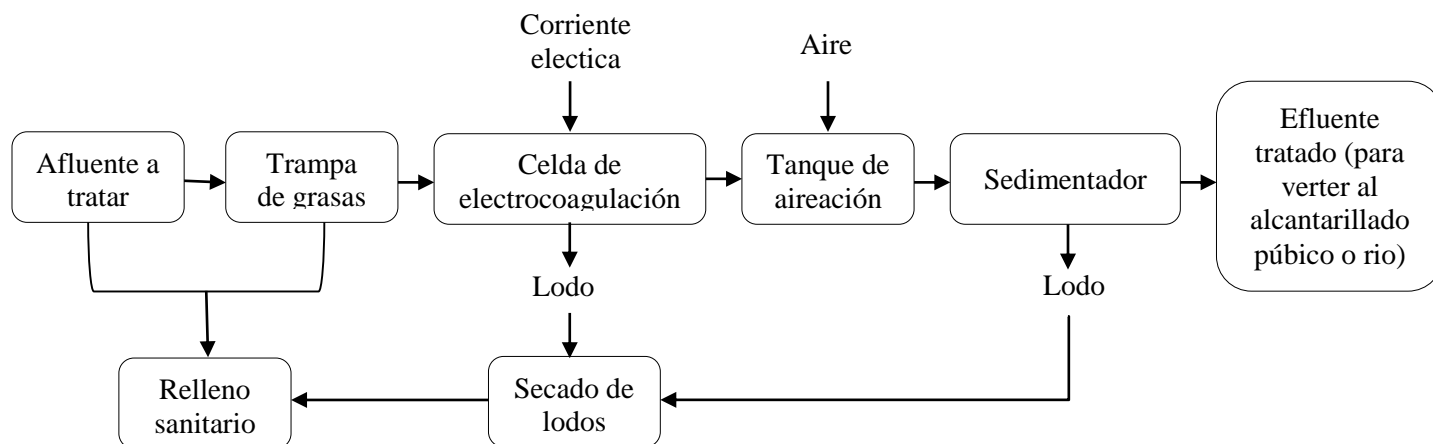
Como pretratamiento se sugiere la utilización de rejilla y trampa de grasa que se instalan al inicio del caudal a tratar con el objetivo de remover partículas de gran tamaño y grasas (solidos suspendidos). Se puede considerar esta etapa, de tratamiento físico, como una de las más importantes de un sistema de tratamiento de aguas residuales porque evita daños a las maquinas por partículas muy grandes y/o mayor consumo de compuestos químicos.

Manejo de lodos

Para los lodos generados en el proceso se propone estabilización con cal para su posterior disposición final. Los lodos recolectados de las celdas de electrocoagulación y del sedimentador son trasladados hasta el sitio destinado para el secado de los mismos y ser llevados entregados posteriormente una empresa recolectora que los depositara en un relleno sanitario. Este proceso se realiza con el objetivo de evitar la putrefacción de la materia orgánica presente en los lodos, que son responsables de la generación de malos olores y presencia de moscas y posibles roedores.

Figura 10.

Diagrama de proceso propuesta de tratamiento



Nota: Diagrama del sistema de tratamiento propuesto para la curtiembre Pergamino Leather.

Incluye pretratamiento, tratamiento y manejo de lodos. Fuente: elaboración propia

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

La contaminación ambiental a causa de la actividad de las curtiembres ha sido un tema de preocupación general desde hace algunas décadas, esto se ve reflejado por los números estudios que se han realizado sobre las posibles alternativas para el tratamiento de sus efluentes, porque aunque en estas industrias halla otro tipo de contaminación, como la atmosférica, su impacto es menor que el generado por la contaminación hídrica (especialmente por el efecto del cromo tanto en los medios naturales como en la salud humana).

En la comparación de la caracterización de la curtiembre frente a la normatividad vigente (Res, 0631/2015) se evidencio el no cumplimiento de gran parte de los parámetros establecidos, demostrando la urgente necesidad que tiene la empresa de incorporar una alternativa de tratamiento para aguas residuales a su proceso.

El estudio el diagnóstico ambiental es alarmante, pues gran parte de sus procesos son causantes de contaminación significativa, y los que es peor, la empresa no cuenta con alternativas para el control o mitigación de los impactos generados por su actividad.

Se propone una alternativa de tratamiento de los efluentes de la empresa que logre reducir las cargas contaminantes de sus aguas y cumpla con la normatividad ambiental vigente, sin embargo, no se realizó ningún tipo de pruebas que soportaran la propuesta.

Recomendaciones

Se sugiere la implementación de un sistema de tratamiento de las aguas residuales de la curtiembre con un estudio piloto previo que asegure la viabilidad del sistema para garantizar el funcionamiento el tiempo de la misma, pues son muchas las empresas que instalan costosos sistemas de tratamiento que al final terminan quedando archivados por falta de recursos para su funcionamiento.

Para la posible implementación del sistema se sugiere incluir, además, un sistema de recirculación de agua que permita reintegrar las aguas tratadas al proceso, reduciendo así los costos de operación y la presión ejercida por esta industria sobre el recurso hídrico.

Para futuras investigaciones se sugiere la incorporación de equipos de pruebas que aporten a la toma de decisiones basadas en datos reales, pues muchas de las investigaciones documentadas se basan en grandes empresas que tienen un sistema productivo completo dejando a un lado las pequeñas empresas que también aportan significativamente al aumento de la contaminación.

Referencias

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades – ATSDR – (2016).

Resúmenes de salud pública (Cromo).

https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs7.html

Alcaldía de Medellín (2013). *Guía de manejo socio ambiental para la construcción de obras de infraestructura pública*. Programa Medellín todos por la vida.

<https://fonvalmed.gov.co/wp-content/uploads/2015/08/GuiaSociAmbiental2014.pdf>

Barba-Ho, L., Ballesteros J., Patiño P., Ramírez-Callejas, C. (2013). *Impacto generado por los vertimientos de las curtiembres en corrientes superficiales usando pruebas de toxicidad*. Universidad del Valle.

<https://www.redalyc.org/pdf/2311/231130851008.pdf>

Benítez, N. (2017). *Realidad social, económica y ambiental de las curtiembres de El Cerrito*. Universidad del Valle [PDF].

<https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/xmlui/bitstream/handle/10893/10840/Realidad%20social%20economica%20y%20ambiental%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cárdenas, J. (2012). *Diseño de una metodología para la selección de esquemas de mejoramientos alcanzados con PML. Caso: cadena del cuero del Valle del Cauca* [Tesis para optar por el título de Ingeniero Industrial, Universidad del Valle].

Biblioteca digital Univalle.

<https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/8110/%20CB-0461302.pdf;jsessionid=45D3929BDF4B6008907F7AA57B66A948?sequence=1>

Carreño, U. (2016). *Diseño y evaluación de un biosistema de tratamiento a escala piloto de aguas de curtiembres a través de la Eichhornia crassipes*

<https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/52271/html>

Ley 373 de 1997. “*Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua*”. Congreso de la Republica, Colombia.

http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0373_1997.html

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (2018). *Evaluación regional del agua Valle del Cauca 2017*. CVC https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/2018-10/EVALUACION_REGIONAL_AGUA_Ajustes2018_2.pdf

Cuberos, E., Rodríguez, A. Prieto, E. (2008). *Niveles de cromo y alteraciones de salud en una población expuesta a las actividades de curtiembres en Bogotá, Colombia*. Universidad Nacional de Colombia.

<https://www.scielosp.org/article/rsap/2009.v11n2/278-289/>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2015). Decreto 1076. *Decreto único reglamentario 1076 de 2015*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. <https://unad-ambientalex-info.bibliotecavirtual.unad.edu.co/normativa/detalle/decreto-unico-reglamentario-1076-de-2015-43318/pdf>

Durai, G. y Rajasimman, M. (2010) *Biological treatment of tannery wastewater – A review* <https://scialert.net/fulltext/?doi=jest.2011.1.17#:~:text=Flocculation%20through%20the%20use%20of,using%20seawater%20flocculated%20tannery%20wastewater.>

Fúquene D., Manrique, J., Calle, L., Yate, A. (2018). *Reducing the environmental impact of unhairing process in Colombia tanneries*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD. Repositorio Institucional UNAD. <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/2197/2847>

- García, O. y Ramírez, L. (2019). *Evaluación de una propuesta para el sistema de tratamiento de aguas residuales de curtiembre y marroquinería F.B.* Fundación Universidad de América.
<https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7378/1/6132093-2019-1-IQ.pdf>
- Icontec (2021). *NTC-ISO 14001. Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso* <https://ecollection-icontec-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/pdfview/viewer.aspx?locale=es-419&Q=1775CD1AFBC53D94EE1A2F20F397F2CED9476F411A3F03A9&Req=>
- Lazo, E. (2017). *Evaluación de la contaminación ambiental generada por efluentes industriales en el proceso productivo de una curtiembre de mediana capacidad del parque industrial de Rio Seco, Arequipa.* [Tesis para optar por el título de Ingeniero ambiental, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio Institucional UNSA <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2413>
- Ley 99 de 1993. *Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones.*
https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/Sistema_Gestion_de_Calidad/Procesos%20y%20procedimientos%20Vigente/Normatividad_Gnl/Ley%2099%20DE%201993-Dic-22.pdf
- Martínez, S. y Romero, J. (2018). *Revisión del estado actual de la industria de las curtiembres en sus procesos y productos: un análisis de su competitividad.* Revista

facultad de ciencias económicas: investigación y reflexión.

https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfce/article/view/2357/2711#content/figure_reference_3

Méndez, R., Marqués, F., Lorber, K., Vidal, G. (2007). *Producción limpia en la industria de curtiembre*. Universidad de Santiago de Compostela. <http://www.eula.cl/giba/wp-content/uploads/2017/09/produccion-limpia-en-la-industria-de-curtiembre.pdf>

Meneses, Y., Patiño, P., Betancur, J. (2019). *Remoción de cromo en aguas residuales industriales mediante el uso de biomasa de Spirulina sp, sedimentación primaria y precipitación química*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Revista de Investigación Agraria y Ambiental <https://doi-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.22490/21456453.2326>

Millán, A. (2018). *Comparación y análisis de métodos de biorremediación en aguas residuales industriales para la extracción del cromo hexavalente*. [Monografía, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/20939>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2015). *Resolución 0631 por medio de la cual se establecen los parámetros y los valores máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones*. Bogotá D.C. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Colombia <https://www.leyex.info/leyes/Resolucionmads631de2015.pdf>

Monroy-Ávila, E., Echavarría-Pedraza, M., Gómez-Aguilar, D. (2021). *Diseño y validación de un sistema de adsorción de cromo hexavalente en efluentes de curtiembre usando*

cáscara de naranja y salvado de trigo: Design and validation of a system for hexavalent chromium adsorption in tannery effluents using orange peel and wheat bran. Tecnología y Ciencias Del Agua. <https://doi-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.24850/j-tyca-2021-03-01>

Moreno, C. y Téllez, E. (2020). *Evaluación del potencial de bioadsorción de Cromo mediante micro algas nativas aisladas del Rio Tunjuelito en Bogotá D.C, para descontaminación por cromo hexavalente.* [Proyecto de Investigación]. Repositorio Institucional UNAD.
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/36737/FicorremediacionRioTunjuelitoTellezMoreno2020.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Morocho, M. (2017). *Tratamiento de aguas residuales de una curtiembre en el Canton Cuenca mediante la aplicación dosificada de EMAs (Microorganismos Eficientes Autóctonos).* [Tesis de postgrado, Universidad de Cuenca]
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/26955/1/Tesis.pdf.pdf>

Pabón, J. y Rosas, W. (2016). *Determinación de la eficiencia de adsorción de la cáscara de café y cáscara de papa en la remoción de Cr (VI) presente en aguas residuales provenientes de una curtiembre de Pandiaco.* [Tesis de grado para optar al título de químico, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD]. Repositorio Institucional UNAD.
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/18067/1085249115.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Paredes, W. (2021). *Determinación de la bioadsorción de cromo VI de efluentes del parque industrial de Rio Seco (PIRS) mediante la microalga Desmodesmus quadricauda.*

- [Tesis para optar al título de Ingeniero Ambiental, Universidad Católica de Santa María]. Repositorio de tesis UCSM. <https://bibliotecadigital.oducal.com/Record/ir-UCSM-10578>
- Pilco, A., Tinoco, A., Mamami, P., Yallico, G. (2018). *Remoción de cromo de efluentes de la industria curtiembre mediante electrodiálisis*. Universidad Nacional de Ingeniería, Perú. <https://www.redalyc.org/journal/816/81658059004/>
- Pilco, J. y Miranda T. (2020). *Síntesis de partículas de óxido de cromo (Cr₂O₃) a partir de aguas residuales provenientes de la curtiembre Andalu de la ciudad de Ambato*. [Tesis de grado para optar al título de químico, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio institucional de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/14256/1/156T0013.pdf>
- Puenguenán, O. y Segura, K. (2013). *Proceso electroflor en el tratamiento de aguas residuales de curtiembre*. [Tesis para optar al título de Ingeniero Químico, Universidad del Valle]. Biblioteca digital Univalle. <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/7575/CB-0486617.pdf;sequence=1>
- Quiroga, A., Rodríguez, H., Rangel, P., Rangel, G. (s.f). *Polímeros inorgánicos como coagulantes en el tratamiento de aguas residuales* http://congresos.cio.mx/memorias_congreso_mujer/archivos/extensos/sesion2/S2-BYQ10.pdf
- Restrepo, I. (2011). *Tendencias Mundiales en la Gestión de Recursos Hídricos: Desafíos para la Ingeniería del Agua*. Universidad del Valle. https://revistaingenieria.univalle.edu.co/index.php/ingenieria_y_competitividad/artic

[e/view/2289/3039](https://www.youtube.com/watch?v=WOj0H7QLA-4)

- Romero, J. (2018). *Tratamiento de aguas residuales industriales*. Escuela colombiana de ingeniería. Primera edición.
- Salas, G. (s.f). *El uso de la electrocoagulación en el tratamiento de aguas*. (webinar sobre generalidades de la técnica de electrocoagulación en el tratamiento de aguas residuales industriales). <https://www.youtube.com/watch?v=WOj0H7QLA-4>
- Sibajo, C. (2020). *Identificación de las aplicaciones de la cascarilla de Arroz en tratamiento de Cromo (VI) en aguas residuales en el departamento de Casanare*. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/38805>
-
- Téllez, J., Carvajal, R., Gaitán, A. (2004). *Aspectos toxicológicos relacionados con la utilización del cromo en el proceso productivo de curtiembres*. (2004). Revista de La Facultad de Medicina; Vol. 52 Núm. 1 (2004); 50-61. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/revfacmed/article/view/43297/44595>
- Trujillo, M. (2015). *Eliminación de cromo (VI) de medios acuosos mediante biosorción con hueso de aceituna: escalado del proceso y aplicación a la depuración de aguas reales*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=57743>
- Vega, J. (2020). *Curtiembres en la localidad de san Benito, Bogotá; identificación de alternativas para reducción de impactos ambientales, generados por sus vertimientos*. [Monografía]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/36682>
-

ANEXOS

Anexo A.

Criterios de evaluación ambiental (metodología Conesa simplificada)

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
CRITERIO	DEFINICIÓN Y VALORACIÓN
Clase (C)	Define si el proyecto o actividad es benéfico o dañino, y se califica con signo – o +
Presencia (P)	Valora la posibilidad de que se dé o no el impacto. <ul style="list-style-type: none"> - Cierta (4) - Probable (2) - No probable (1)
Duración (D)	Tiempo de permanencia de la afectación del impacto hasta que este sea resuelto ya sea por medios naturales o por intervención. <ul style="list-style-type: none"> - Permanente (12) - Larga: > de 10 años (8) - Media: > de 2 años (4) - Corta: > de 6 meses (2) - Muy corta: < de 6 meses (1)
Evolución (Ev)	Velocidad de desarrollo del impacto, desde que inicia hasta que alcanza su máximo nivel. <ul style="list-style-type: none"> - Rápida: si es < de 12 meses (4) - Media: si es < de 36 meses (2) - Lenta: si es > de 36 meses (1)
Magnitud (M)	Intensidad de una afectación, que puede expresarse en términos de área perturbada, concentración de sustancias contaminantes, número de personas afectadas, etc. <ul style="list-style-type: none"> - Destrucción total (12) - Perturbación alta (radical) (8) - Perturbación media (evidente) (4) - Perturbación baja (parcial) (1)
Extensión (Ex)	Área de influencia teórica del impacto. <ul style="list-style-type: none"> - Total, o influencia general (8) - Extensa o regional (4) - Parcial, o un punto en la región de influencia (2) - Puntual o local (1)
Reversibilidad (Rv)	Posibilidad de reconstrucción del medio afectado por acción natural. <ul style="list-style-type: none"> - Largo plazo: recuperación en más de 10 años (4) - Mediano plazo: recuperación entre 2 y 10 años (2) - Corto plazo: recuperación en menos de 2 años (1)
Mitigabilidad (Mi)	Posibilidad de reconstrucción del medio afectado por intervención humana (implementación de medidas correctoras). <ul style="list-style-type: none"> - Irrecuperable: imposible de reparar (8) - Mitigable: parcialmente recuperable (4) - Recuperable: se puede recuperar (2 – 1)

Fuente: elaboración propia con datos de EPM

Anexo B.

Matriz de aspectos e impactos ambientales

MATRIZ DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES												
IDENTIFICACIÓN				EVALUACIÓN								
ASPI	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL		P	D	Ev	M	Ex	Rv	M	Ca	IMPORTANCIA
	DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN	CLASE (+/-)									
Recepción y almacenamiento de pieles	Generación de lixiviados	Contaminación hídrica	(-)	4	4	4	4	4	4	4	44	MODERADO
	Generación de olores	Alteración social	(-)	4	1	4	4	2	2	2	31	MODERADO
	Generación de partículas	Alteración de la calidad del aire	(-)	2	1	1	1	2	2	1	16	IRRELEVANTE
	Proliferación de vectores	Trasmisión de enfermedades (afectación social)	(-)	2	4	4	4	4	2	4	40	MODERADO
Pre - remojo	Consumo energía eléctrica	Agotamiento de recursos	(-)	4	12	4	8	8	4	4	76	MUY SIGNIFICATIVO
	Generación de vertimientos	Alteración de la calidad del agua	(-)	4	12	4	8	8	4	4	76	MUY SIGNIFICATIVO
	Generación de residuos especiales (restos y envases de productos químicos)	Contaminación de aire, agua, suelo	(-)	4	8	2	4	4	4	4	46	MODERADO
	Generación de partículas	Alteración de la calidad del aire	(-)	2	1	1	1	2	2	4	19	IRRELEVANTE
Descam e	Generación de residuos orgánicos	Contaminación del suelo	(-)	2	1	1	1	1	1	1	12	IRRELEVANTE
	Generación de partículas (restos de pelo)	Afectación de a la calidad del aire	(-)	2	1	1	1	1	1	1	12	IRRELEVANTE
Enjuague	Consumo energía eléctrica	Agotamiento de recursos	(-)	4	12	4	8	8	4	4	76	MUY SIGNIFICATIVO
	Generación de vertimientos	Alteración hídrica (eutrofización)	(-)	4	12	4	8	8	4	4	76	MUY SIGNIFICATIVO
	Generación de residuos especiales (restos y envases de jabones)	Contaminación de aire, agua, suelo	(-)	4	8	2	8	8	4	4	70	SIGNIFICATIVO
Curtido	Consumo energía eléctrica	Agotamiento de recursos	(-)	4	12	4	8	8	4	4	76	MUY SIGNIFICATIVO
	Generación de vertimientos	Contaminación hídrica	(-)	4	12	4	8	8	4	8	80	MUY SIGNIFICATIVO
	Generación de residuos especiales (restos y envases de productos químicos)	Contaminación de aire, agua, suelo	(-)	4	12	2	8	8	4	4	74	SIGNIFICATIVO
Piquelado	Generación de vertimientos	Alteración hídrica	(-)	2	4	2	4	8	4	4	52	SIGNIFICATIVO
	Generación de residuos especiales (restos y envases de productos químicos)	Contaminación de aire, agua, suelo	(-)	4	12	2	8	8	4	4	74	SIGNIFICATIVO
	Consumo energía eléctrica	Agotamiento de recursos	(-)	4	12	4	8	8	4	4	76	MUY SIGNIFICATIVO
Engrase	Generación de vertimientos	Alteración hídrica	(-)	2	8	1	8	8	2	4	65	SIGNIFICATIVO
	Generación de residuos especiales (restos y envases con grasa)	Contaminación de aire, agua, suelo	(-)	4	8	2	8	8	4	4	70	SIGNIFICATIVO
	Consumo energía eléctrica	Agotamiento de recursos	(-)	4	12	4	8	8	4	4	76	MUY SIGNIFICATIVO
Suavizado	Consumo energía eléctrica	Agotamiento de recursos	(-)	4	12	4	8	8	4	4	76	MUY SIGNIFICATIVO

Fuente: elaboración propia

Calificación del impacto.

Los impactos se califican de acuerdo con la siguiente ecuación:


$$Ca = (3 \times M + 3 \times Ex + P + Ev + D + Rv + Mi)$$

CALIFICACIÓN AMBIENTAL (puntos)	IMPORTANCIA DEL IMPACTO AMBIENTAL
≤ 25	Poco significativo o irrelevante
> 25 y ≤ 50	Moderado
> 50 y ≤ 75	Significativo
> 75	Muy significativo

Fuente: EPM

Anexo C.

Resultados caracterización



FUMINDUSTRIAL

ASESORES AMBIENTALES S.A.S.

NIT. 805.029.837-4

15 REP-3553-10-08/17


INFORME RESULTADOS DE LABORATORIO		
INFORME No:	INF- 3553-10-08/17	NÚMERO DE PÁGINAS: 3. de 5

PARÁMETROS DE INTERÉS SANITARIO

PARÁMETROS		PUNTO DE MUESTREO		NORMATIVIDAD
		Punto No. 1 Efluente Final Cód: 10230		
Tensoactivos (SAAM)		mg/L	2,89	—**
Hidrocarburos Totales		mg/L	2,30	10,0
AOX		mg/L	0,10	—**
Ortofosfatos		mg/L	0,399	—**
Fósforo Total		mg/L	<3,53°	—**
Nitratos		mg/L	<2,7°	—**
Nitrógeno Amoniacal		mg/L	38,5	—**
Nitrógeno Kjeldahl		mg/L	82,20	—**
Nitrógeno Total		mg/L	82,20	—**
Cloruros		mg/L	4099	3000
Sulfatos		mg/L	10013	—**
Sulfuros		mg/L	3,89	3,00
Cromo		mg/L	305,0	1,50
Acidez		mg/L	328,0	—**
Alcalinidad Total		mg/L	294,4	—**
Dureza Cálcica		mg/L	1089	—**
Dureza Total		mg/L	1962	—**
Color Real 436 nm		m ⁻¹	12,4	—**
Color Real 525 nm		m ⁻¹	7,40	—**
Color Real 620 nm		m ⁻¹	9,50	—**

Nota: °Límite de detección del Método: Fosforo Total (3,53 mg/L), Nitratos (2,70 mg/L) * Artículo 13: Fabricación de Artículos de Piel, Curtido y Adobo de Pieles, teniendo en cuenta las consideraciones establecidas en el Artículo 16. **Análisis y Reporte.

PARÁMETROS BTEX		PUNTO DE MUESTREO	
		Punto No. 1 Efluente Final Cód: 10230	
Benceno	mg/L	<0,460	
Tolueno	mg/L	<0,410	
Etilbenceno	mg/L	<0,400	
p-Xileno + m-Xileno	mg/L	<0,520	
o-Xileno	mg/L	<0,390	



ACREDITACIÓN IDEAM
17025 V. 2005

Carrera 31 No. 10-10 Barrio Colseguros - Cali - Colombia - Sur América.
PBX: 336 42 99 Fax: 336 14 89
Correo Electrónico: servicioalcliente@fumindustrial.com



FUMINDUSTRIAL

ASESORES AMBIENTALES S.A.S.

NIT. 805.029.837-4

16

REP-3553-10-08/17

INFORME RESULTADOS DE LABORATORIO

INFORME No:	INF- 3553-10-08/17	NÚMERO DE PÁGINAS:	4. de 5
-------------	--------------------	--------------------	---------

CARGAS CONTAMINANTES MES

PARÁMETROS HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICICLICOS		PUNTO DE MUESTREO	
		Punto No. 1 Efluente Final Cód: 10230	Punto No. 1
Naftaleno	mg/L	0,0072	
Acenaftileno	mg/L	<0,0026	
Acenafteno	mg/L	<0,0025	
Fluoreno	mg/L	<0,0026	
Fenantreno	mg/L	<0,0026	
Antraceno	mg/L	<0,0026	
Fluoranteno	mg/L	<0,0026	
Pireno	mg/L	<0,0026	
Benzo (a) antraceno	mg/L	<0,0026	
Criseno	mg/L	<0,0026	
Benzo (b) Fluoranteno	mg/L	<0,0026	
Benzo (k) Fluoranteno	mg/L	<0,0026	
Benzo (a) pireno	mg/L	<0,0026	
Dibenzo (a,h) antraceno	mg/L	<0,0026	
Indeno (1,2,3-cd) pireno	mg/L	<0,0026	
Benzo (g,hi) perileno	mg/L	<0,0026	

RESULTADOS DE CARGAS CONTAMINANTES Y COMBINADAS

PUNTO DE MUESTREO	CÓDIGO	PERÍODO DE MUESTREO	PARÁMETROS					CARGA COMBINADA (Kg)
			CAUDAL (L/s)	DBO5 (Kg)	DQO (Kg)	SST (Kg)	GRASAS (Kg)	
Punto No. 1 Efluente Final	10230	Muestreo de 6 horas	0,18	2,31	6,31	0,47	0,09	4,12
		Muestreo de 8 horas*	0,18	3,09	8,42	0,63	0,12	5,50

Nota:* Tiempo de vertimiento al alcantarillado según la jornada productiva.



FUMINDUSTRIAL

ASESORES AMBIENTALES S.A.S.

NIT. 805.029.837-4

17

REP-3553-10-08/17

INFORME RESULTADOS DE LABORATORIO

INFORME No:	INF- 3553-10-08/17	NÚMERO DE PÁGINAS:	5. de 5
-------------	--------------------	--------------------	---------

CARGAS CONTAMINANTES MES

CARGA CONTAMINANTE MENSUAL TOTAL	PUNTO DE MUESTREO Punto No. 1 Efluente Final Cód. 10230
I. CARACTERÍSTICAS DEL VERTIMIENTO	
1. Caudal Promedio Vertido (L/s)	0,18
2. Concentración Promedio del Vertimiento	
2.1 DBO(mg/L)	592,1
2.2 SST (mg/L)	121,0
II. TIEMPO DE DESCARGA AL ALCANTARILLADO	
3.1 Horas al Día	8
3.2 Días al Mes	26
III. CÁLCULO DE LA CARGA CONTAMINANTE VERTIDA MENSUAL	
4. Carga DBO (Kg/mes): (No.1) x (No.2.1) x 0.0864 x (No.3.1)/24x (No.3.2)	79,81
5. Carga SST (Kg/mes): (No.1) x (No.2.2) x 0.0864 x (No.3.1)/24x (No.3.2)	16,40

RESULTADOS DE CARGAS CONTAMINANTES MES

PUNTO DE MUESTREO	PARÁMETROS	
	DBO5 (Kg/mes)	SST (Kg/mes)
Punto No. 1 Efluente Final	79,81	16,40

ELABORÓ:

Andrea Utrago B.

JEFE DE CALIDAD

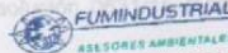
APROBÓ:

[Firma]

DIRECTOR TÉCNICO

SELLO DE LA

EMPRESA:



Fumindustrial S.A.S. NIT. 805.029.837-4
Cra. 31 No. 10-10 Colombia PBX: 326-4299